

COMUNE DI GOLFERENZO

Provincia di Pavia



Verifica di compatibilità a interventi edificatori e proposta di modifica della classe di fattibilità geologica dell'area di frana quiescente ID 180053900 in Comune di Golferenzo (Pv) nel rispetto di quanto previsto dall'art. 9 comma 3 delle N.d.A. del PAI.

marzo 2023



Dott. Angelo Scotti - geologo

n.763 OdG Lombardia ; P.IVA 01254410192; C.F. SCTNGL57T03C816P; Sdl: SU9YNJA
angelo.scotti.geol@gmail.com ; pec: angelo_scotti@pec.epap.it cell: 3292124308

Sommario

1	DESCRIZIONE GENERALE DELL'AREA E SCOPI DEL PRESENTE RAPPORTO TECNICO.....	3
2	LINEAMENTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI	14
3	INDAGINI GEOTECNICHE	17
4	INDAGINI GEOFISICHE	26
4.1	PREMESSA.....	26
4.2	TOMOGRAFIA SISMICA	28
4.2.1	Cenni metodologici.....	28
4.2.2	Modalità esecutive.....	28
4.2.3	Strumentazione utilizzata.....	28
4.2.4	Elaborazione.....	28
4.2.5	Analisi dei risultati.....	29
4.3	PROVE "MASW".....	31
4.3.1	Cenni metodologici.....	31
4.3.2	Modalità esecutive.....	31
4.3.3	Elaborazione dati.....	31
4.3.4	Analisi dei risultati.....	32
4.4	MISURA DEI RAPPORTI SPETTRALI HVSR – (IPOTESI DI NAKAMURA)	33
4.4.1	Cenni metodologici.....	33
4.4.2	Strumentazione utilizzata e modalità di acquisizione	34
4.4.3	Software di elaborazione utilizzato	34
4.4.4	Elaborazione ed analisi dei dati	34
5	VERIFICA DELLA STABILITÀ ATTUALE DEL PENDIO	36
5.1	PREMESSA.....	36
5.2	ELABORAZIONE	37
6	PROPOSTA DI MODIFICA DELLA CLASSE DI FATTIBILITÀ DELLA FRANA QUIESCENTE ID 180053900	43

1 Descrizione generale dell'area e scopi del presente rapporto tecnico

L'area oggetto della presente relazione è una superfice di forma circa ellittica di **0,9 ha**, che negli shape file del PAI e dell'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia – IFFI (Piattaforma IdroGEO di ISPRA) misura precisamente 8997 m², posta in prossimità del perimetro SE dell'abitato di Golferenzo, tra via Brevio a NE e via Case di Sotto/ SP 153 a SW, occupata per il 81 % circa da seminativi semplici (DUSAF 2018 (6.0), COD 2111),



Figura 1: panoramica vista da sud dell'abitato di Golferenzo, con perimetro indicativo dell'area di frana quiescente. Foto reperita nel web, di fonte non individuata.

ossia da coltivazioni erbacee soggette all'avvicendamento o alla monocoltura, per l'11 % da giardini e per il restante 8% (circa 720 m²), da una porzione lunga circa 75 metri della SP 153 e da via Casa di Sotto e per 240 m² da un vecchio lavatoio pubblico coperto e relativa superficie perimetrale di accesso.

Quest'ultimo fornisce acqua **NON** potabile, tramite la pompa posata di

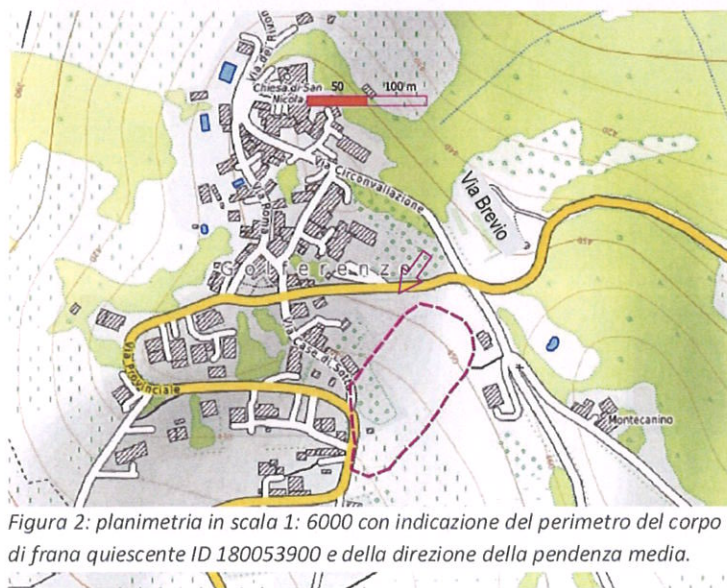
un pozzo in cemento che in base alle informazioni acquisite dovrebbe essere profondo 2,5 metri e largo 3 metri ed essere stato realizzato intorno agli anni '60 (non pare visibile nella foto aerea del 1954) in corrispondenza di

una antica risorgiva naturale comunque già impiegata negli anni '40.

La superficie perimetrata come frana quiescente si estende a partire da un'area posta 15 – 20 metri a SW di via Brevio individuabile come coronamento del corpo franoso e la SP 153 a SW dove la strada forma un tornante.

Si premette che in tale tratto di monte non sono mai state osservate durante i sopralluoghi effettuati dallo scrivente

Figura 2: planimetria in scala 1: 6000 con indicazione del perimetro del corpo di frana quiescente ID 180053900 e della direzione della pendenza media.



fessure imputabili a trazione, lobi o piccoli terrazzamenti superficiali prodotti da scivolamenti del suolo o dal soliflusso, come si può in parte vedere nella Figura 3.



Figura 3: ripresa da monte e perimetro approssimativo della porzione nordorientale della frana quiescente. Nota: le aree chiare presenti alla estremità destra della ripresa non sono state prodotte da erosione o solifluzione, ma del deposito di sabbie ghiaiose usate per la formazione del parcheggio da dove è stata scattata la foto. Nella ripresa si evidenzia anche la verticalità degli alberi e dei pali che rivela la stabilità dell'area.

La lunghezza dell'area in dissesto individuata dai documenti è compresa tra i 100 metri del suo fianco destro che termina in Via Case di Sotto, e i 150 metri del fianco sinistro, che si estende fino alla metà del tornante della SP 153. La larghezza del corpo di frana è compresa tra 65 e 72 metri.

Il dislivello massimo è di 23 metri, compreso tra i 452 m s.l.m. dell'estremità a nord est a monte dell'area di frana e i 429 m s.l.m. dell'estremità sud, individuabile ai piedi della scarpata di circa 1,5 metri di altezza che borda il lato est del tornante della SPP 153 fino al lavatoio pubblico.

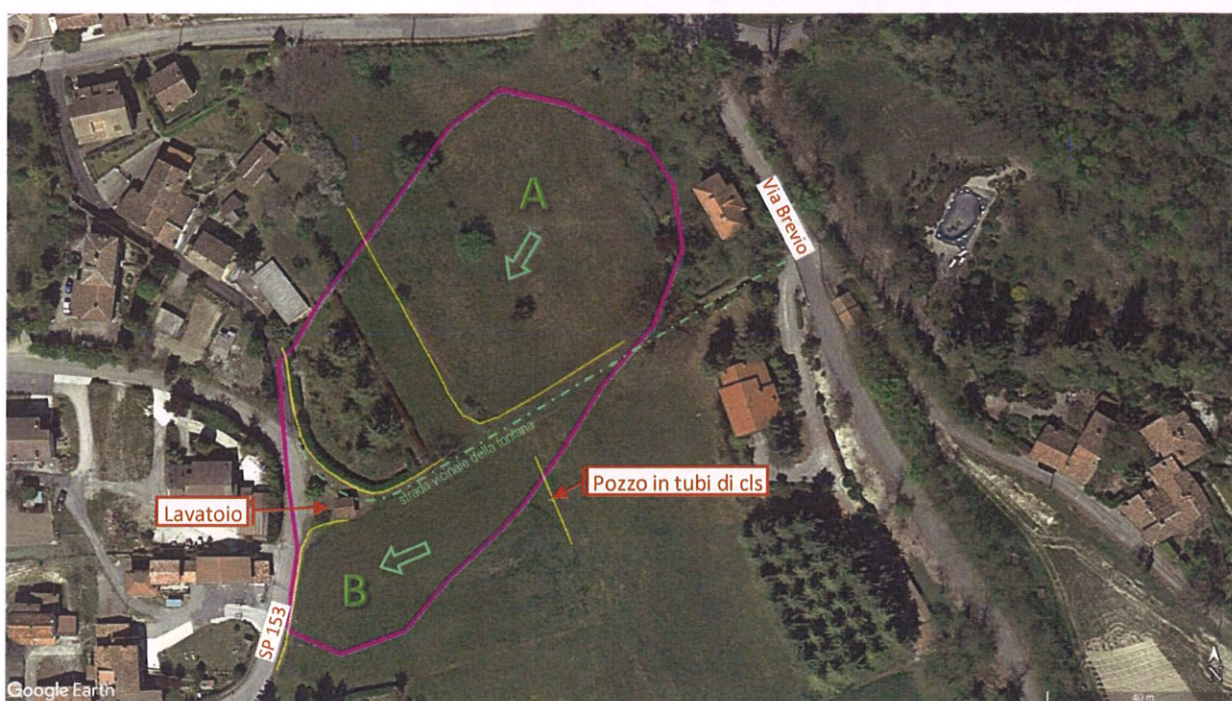


Figura 4: foto aerea ripresa a ottobre 2020 dell'area di frana in scala 1: 1500. In colore amaranto il perimetro della frana quiescente ID 180053900 e in colore giallo le piccole scarpate artificiali di altezza compresa tra 0,6 e 1,6 metri presenti a sud ovest e al centro dell'area. Le prime bordano il fianco est della SP 153 fino al lavatoio pubblico e poco a nord il giardino lungo via Casa di Sotto. Le scarpate presenti in posizione centrale potrebbero essere state realizzate prima degli anni 50 per favorire l'attività agricola, ma la cartografia IGM disponibile non consente di chiarire tale aspetto.

Le frecce verde chiaro indicano la direzione delle pendenze massime nelle due aree nelle quali può essere suddivisa la frana: la **A** dove l'acclività è in prevalenza verso SW e la **B** posta a sud della linea tratto punta verde chiaro (- - - -) che coincide con la "strada vicinale della fontana" riportata nei fogli catastali, dove l'acclività è uniformemente verso WSW.

La strada campestre è disposta ai piedi delle piccole scarpate artificiali che bordano a sud l'area **A**, dove scorre una fognatura al servizio delle acque miste provenienti da via Brevio e dalle abitazioni poste a est della strada stessa, che scarica in un collettore fognario collocato lungo la SP 153. Si precisa che in un documento fornito da Pavia Acqua S.c.a r.l. il 10.03.2021 è riportato il condotto fognario

lungo un percorso parallelo a quello qui indicato ma posto circa 20 metri più a nord, mentre nella tavola 4 del PGT, litologica, è riferito un percorso identico a quello qui indicato. Poiché nei sopralluoghi è stato individuato un pozzetto nella posizione indicata in Figura 5 in basso nel quale scorreva acqua pur in assenza di precipitazioni, mentre nessun pozzetto è parso presente nella parte meridionale dell'area **A**, è sembrato più ragionevole ipotizzarne un percorso coincidente con quello della "strada vicinale della fontana".

La pendenza media dell'intero corpo di frana è del 14,5 % (8,2°) da NE verso SW, ed è compresa tra un valore massimo del 31% (17,2°) che caratterizza la porzione nordorientale dell'area **A** e un minimo del 10,4% (6,0°) nell'area **B**, nei terreni a sud del vecchio lavatoio pubblico sopra accennato, mostrati nella Figura 5.



Figura 5: in alto riprese dell'area **B** a partire dal lavatoio fino al tratto a valle della SP 153. In basso riprese della porzione centro settentrionale dell'area **B** con evidenziata la "strada vicinale della fontana" e il pozzo privato in CLS di 1,0 metri di diametro tuttora in uso, dal quale è prelevata acqua al servizio della residenza visibile a monte del pozzo stesso. Nelle misure eseguite il 16 febbraio 2021 il fondo è apparso fangoso a -4,2 metri dalla superficie, pari a -3,5 metri dal piano campagna del tratto a monte della piccola scarpata. La lunghezza totale che è stata riferita dai residenti è di 5,0 metri. L'acqua è risultata presente a -0,98 m dal piano campagna. Le riprese evidenziano la verticalità dei pali delle linee elettriche e della vegetazione arborea presente, nonché la sostanziale assenza di fenomeni di instabilità della piccola scarpata lungo la SP 153, che presenta una pendenza di circa il 63% (32°).

A completamento di quanto riportato in calce alla Figura 5, si riferisce che i proprietari di parte delle aree hanno dichiarato allo scrivente quanto segue:

1. il pozzo in CLS ora impiegato per l'innaffio di orti e giardini, è stato realizzato negli anni '70 per favorire il drenaggio delle acque in eccesso;
2. in alcuni anni il pozzo resta asciutto nel mese di agosto;
3. i rivoli osservabili in alcune foto aeree nell'area **B** sono stati realizzati per favorire il drenaggio della parte superficiale del terreno;
4. l'area sopra indicata come area **A** non è mai stata interessata a ristagni d'acqua;
5. non c'è memoria di fenomeni di instabilità in tutta la superficie individuata come frana quiescente.

Lo scopo del lavoro è quello di indagare l'area della frana quiescente per valutare la pericolosità del fenomeno previsto dal PAI, individuando la presenza di eventuali manifestazioni in atto, recenti o potenziali

sulla base di informazioni e rilievi geomorfologici, stratigrafici, geotecnici e geofisici riguardanti il perimetro dell'area di frana e la porzione di versante che può avere effetti sull'area stessa.

L'attuale normativa predisposta nell'ambito dello studio geologico del PGT vigente, redatto dallo Studio Tecnico Guado di Godiasco Salice Terme (PV) a luglio 2006, colloca la superficie appartenente al corpo di frana quiescente ID 180053900 nella classe **4c** di fattibilità, disciplinata come segue (da paragrafo 13.2 della relazione geologica):

CLASSE 4: In linea generale, nelle aree ricadenti in tale classe, deve essere esclusa ogni nuova edificazione mentre è consentita esclusivamente la realizzazione di opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti. Per gli edifici esistenti sono consentite esclusivamente le opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti dall'art. 27, comma 1, lettere a), b), c) della L.R. 12/05 senza aumento di superficie o volume e senza aumento del carico insediativo. Sono consentite le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica. Eventuali infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico possono essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili; dovranno comunque essere puntualmente e attentamente valutate in funzione della tipologia di fenomeno di rischio caratterizzante i siti.

13.2.1 Obiettivi degli studi e delle indagini da espletarsi per gli interventi ammessi in classe 4. Per gli interventi ammissibili dovranno essere valutati, nelle diverse fasi di indagine, i potenziali impatti negativi sulla stabilità generale dei luoghi e delle opere già esistenti nonché di quelle di nuova realizzazione; in relazione a ciò dovranno essere definiti i criteri progettuali ed esecutivi e le eventuali varianti progettuali maggiormente idonei a garantire la difesa del suolo nel tempo ed il miglioramento o, quantomeno, la conservazione, già dalla fase di realizzazione delle opere, dell'equilibrio geomorfologico e idrogeologico o idraulico dei luoghi.

13.2.2 Studi e indagini da espletarsi per gli interventi ammessi in classe 4 Le indagini preventive di tipo geologico-tecnico s.l. necessarie per valutare l'effettiva compatibilità, degli interventi ammissibili, con lo stato dei luoghi ed i criteri cui la loro progettazione deve essere subordinata dovranno essere svolte, in relazione alla tipologia ed alle caratteristiche degli interventi previsti, per fasi successive di approfondimento che dovranno essere mirate ad accertamenti in sito di carattere geologico-morfologico, geotecnico, idrogeologico ed idraulico ed ambientale s.l., secondo quanto evidenziato dalle condizioni di rischio dei luoghi. Per le fasi di studio preliminari relative alla valutazione dell'assetto del suolo-sottosuolo a livello areale dovranno essere eseguiti rilievi geofisici di tipologia ed estensione commisurati ai fattori di rischio individuati ed alle caratteristiche degli interventi previsti. Oltre alla raccolta di dati pregressi ed al rilevamento di superficie dovranno essere eseguite indagini geognostiche e geotecniche in sito di tipo diretto e/o indiretto, possibilmente in conformità a quanto indicato dalle norme A.G.I.'77 e succ. mod. (la definizione delle indagini sarà effettuata dal professionista incaricato in relazione alla natura litologica dei terreni, alla tipologia e dimensione delle opere e degli interventi in progetto).

In particolare, le indagini geognostiche a livello puntuale, definite in numero, tipologia e profondità in relazione alla situazione geologica locale ed alle caratteristiche delle opere in progetto, dovranno consistere in apertura di trincee e sondaggi geognostici, eventualmente associati a prove penetrometriche e altre prove in sito (scissometriche, di permeabilità, etc.), spinti a profondità significativa; dovranno inoltre essere eseguite prove geotecniche di laboratorio su campioni di terreno da prelevare in litozone rappresentative del sottosuolo investigato. Tali indagini dovranno consentire una caratterizzazione fisico-meccanica del sottosuolo sufficientemente rappresentativa della situazione locale per tutta l'area e la porzione di sottosuolo interessati dagli effetti indotti dagli interventi in progetto. Nelle zone di versante le indagini dovranno essere sempre estese ad un intorno significativo in riferimento all'opera prevista ed alla situazione locale, al fine di evitare qualsiasi interferenza negativa tra l'opera e il pendio stesso. I risultati delle indagini eseguite per valutare la fattibilità delle opere ammissibili e supportarne la progettazione definitiva ed esecutiva dovranno tradursi in proposte e soluzioni progettuali, nonché prescrizioni cui subordinare la realizzazione stessa delle opere, nell'ottica di garantire la compatibilità degli interventi con la conservazione dell'equilibrio geostatico dei luoghi e con la stabilità del complesso opere-terreno, mitigandone o eliminandone i potenziali effetti negativi sulla pericolosità del sito o delle aree limitrofe; le indagini dovranno essere svolte rigorosamente nel rispetto delle prescrizioni contenute nelle normative di settore vigenti. Si dovrà inoltre far riferimento a quanto previsto dal D.M. n. 47 dell'11/03/1988 e relativa circolare applicativa e dal D.M. 14/09/2005 "Norme Tecniche per le costruzioni".

13.2.5 Interventi ammissibili in classe 4c In queste aree possono essere ammesse esclusivamente, solo se non risultano in contrasto con la normativa di classe 4, prevalente, in quanto più restrittiva, le opere e gli interventi consentiti dal comma 3 dell'art. 9 delle N.d.A. del P.A.I. per frane quiescenti (Fq), ovvero:

- interventi di demolizione senza ricostruzione;
- interventi di manutenzione ordinaria degli edifici, così come definiti alla lettera a) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978 n. 457;
- interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche o di interesse pubblico e gli interventi di consolidamento e restauro conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;

- opere di bonifica sistemazione e di monitoraggio dei movimenti franosi;
- opere di regimazione delle acque superficiali e sotterranee;
- ristrutturazione e realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto dello stato di dissesto in essere.
- interventi di manutenzione straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo così come definiti alle lettere b) e c) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978 n. 457 senza aumenti di superficie e volume;
- interventi di ampliamento degli edifici esistenti, **nonché di nuova costruzione**, fatto salvo quanto disposto dalle linee successive;
- realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue e l'ampliamento di quelli esistenti, previo studio di compatibilità dell'opera con lo stato di dissesto validato dall'Autorità competente; sono comunque escluse la realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti, l'ampliamento degli stessi impianti esistenti, l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti, così come definiti dal D. Lgs. Del 5 febbraio 1997 n. 22;
- esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ai sensi dello stesso D. Lgs. 22/1997 (o per le quali sia stata presentata comunicazione di inizio attività, nel rispetto delle norme tecniche e dei requisiti specificati all'art. 31 del D. Lgs. 22/97) alla data di entrata in vigore del PAI, limitatamente alla durata dell'autorizzazione stessa. Tale Autorizzazione può essere rinnovata fino ad esaurimento della capacità residua derivante dall'autorizzazione originaria per le discariche e fino al termine della vita tecnica degli impianti a tecnologia complessa, previo studio di compatibilità validato dall'Autorità competente. Alla scadenza devono essere effettuate le operazioni di messa in sicurezza e ripristino del sito, così come definite all'art. 6 del suddetto decreto legislativo e succ. modifiche.

Il citato comma 3 dell'articolo 9 del PAI riporta quanto segue:

Nelle aree Fq, oltre agli interventi di cui al precedente comma 2 ⁽¹⁾ sono consentiti:

- gli interventi di manutenzione straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo, così come definiti alle lettere b) e c) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457, senza aumenti di superficie e volume;
- gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti per adeguamento igienico-funzionale;
- gli interventi di ampliamento e ristrutturazione di edifici esistenti, **nonché di nuova costruzione**, purché consentiti dallo strumento urbanistico adeguato al presente Piano ai sensi e per gli effetti dell'art. 18 ⁽²⁾, fatto salvo quanto disposto dalle alinee successive;
- la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue e l'ampliamento di quelli esistenti, previo studio di compatibilità dell'opera con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente; sono comunque escluse la realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti, l'ampliamento degli stessi impianti esistenti, l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti, così come definiti dal D. Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22. E' consentito l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ai sensi dello stesso D. Lgs. 22/1997 (o per le quali sia stata presentata comunicazione di inizio attività, nel rispetto delle norme tecniche e dei requisiti specificati all'art. 31 del D. Lgs. 22/1997) alla data di entrata in vigore del Piano, limitatamente alla durata dell'autorizzazione stessa. Tale autorizzazione può essere rinnovata fino ad esaurimento della capacità residua derivante dalla autorizzazione originaria per le discariche e fino al termine della vita tecnica per gli impianti a

¹ In sintesi: demolizione senza ricostruzione, riparazione, rinnovamento e sostituzione delle finiture, interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo, la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche o di interesse pubblico e gli interventi di consolidamento e restauro conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela, le opere di bonifica, di sistemazione e di monitoraggio dei movimenti franosi, la regimazione delle acque, la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente...

² In sintesi:.... I Comuni effettuano una verifica della compatibilità idraulica e idrogeologica delle previsioni degli strumenti urbanistici vigenti con le condizioni di dissesto presenti o potenziali rilevate anche nella citata cartografia di Piano, avvalendosi, tra l'altro, di analisi di maggior dettaglio eventualmente disponibili in sede regionale, provinciale o della Comunità montana di appartenenza.

La verifica di compatibilità è effettuata con le seguenti modalità e contenuti:

- a) rilevazione e caratterizzazione dei fenomeni di dissesto idraulico e idrogeologico, attivi o potenzialmente attivi, che, sulla base delle risultanze dell'Elaborato 2 "Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici - Inventario dei centri abitati montani esposti a pericolo", ovvero sulla base di ulteriori accertamenti tecnici condotti in sede locale, interessano il territorio comunale, con particolare riferimento alle parti urbanizzate o soggette a previsioni di espansione urbanistica;
- b) delimitazione alla scala opportuna delle porzioni di territorio soggette a dissesti idraulici e idrogeologici, prendendo a riferimento quelle contenute nell'Elaborato 2 "Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici - Inventario dei centri abitati montani esposti a pericolo", in funzione delle risultanze degli accertamenti tecnici di cui alla precedente lett. a);
- c) descrizione, con elaborati adeguati e di maggior dettaglio, riferiti all'ambito territoriale ritenuto significativo, delle interferenze fra lo stato del dissesto presente o potenziale rilevato secondo le modalità di cui alla precedente lettera a) e le previsioni del piano regolatore generale ancorché assoggettate a strumenti di attuazione;
- d) indicazione delle misure da adottare al fine di rendere compatibili le previsioni degli strumenti urbanistici vigenti con lo stato dei dissesti presenti o potenziali, in relazione al loro grado di pericolosità, ai tempi necessari per gli interventi, agli oneri conseguenti.

tecnologia complessa, previo studio di compatibilità validato dall'Autorità competente. Alla scadenza devono essere effettuate le operazioni di messa in sicurezza e ripristino del sito, così come definite all'art. 6 del suddetto decreto legislativo.

Da quanto riportato emerge che per l'area di frana quiescente, sia l'articolo 9 delle Norme di attuazione del PAI Po con il comma 3, sia la norma di PGT relativa alla **classe 4c**, non proibiscono la realizzazioni di nuove costruzioni, anche se le prescrizioni generali della classe 4 avvisano che *"In linea generale deve essere esclusa ogni nuova edificazione"* ma prevedono anche che *"Eventuali infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico possono essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili"*.

Entrambe le norme citate presuppongono in ogni caso che sia le previsioni urbanistiche comprendenti nuove costruzioni, sia gli interventi specifici, comunque soggetti all'applicazione delle NTC 2018, debbano essere preceduti da una verifica della compatibilità con le condizioni di dissesto secondo le modalità riferite nell'articolo 18 del PAI sopra riportato in sintesi nella nota ⁽²⁾.

Nel proseguo del presente documento si riferiscono la descrizione degli aspetti geologici, geotecnici e sismici dell'area della frana quiescente e una verifica della pericolosità al dissesto, mentre di seguito si propone l'attribuzione della superficie nella classe **3b** di fattibilità, nella quale rientrano le aree circostanti quella della frana quiescente e che è normata come nel § 13.1.4 della relazione geologica di seguito riportato:

Interventi ammissibili in classe 3b In tali aree si considerano ammissibili in linea generale tutte le categorie di opere edificatorie ed interventi di trasformazione d'uso del suolo che non comportino peggioramenti alle condizioni di stabilità dei luoghi; la loro progettazione, oltre a quanto definito in fase di valutazione preliminare di fattibilità, dovrà essere supportata da indagini di carattere geologico-tecnico ed idrogeologico in sito, estese per un intorno significativo, di tipo diretto e/o indiretto in relazione alle caratteristiche litologiche dei terreni presenti nel sottosuolo; tali indagini, oltre a verificare la compatibilità degli interventi con le condizioni di stabilità dei luoghi, saranno mirate a definire le specifiche progettuali delle opere (criteri di intervento, caratteristiche generali delle fondazioni, drenaggio del sottosuolo, riporti e movimento terre, etc.).

Le indagini dovranno essere mirate in particolar modo a:

- caratterizzare dal punto fisico-meccanico attraverso specifiche prove geotecniche di laboratorio i terreni interessati direttamente e indirettamente dagli effetti indotti dalla realizzazione delle opere e di quelli utilizzati eventualmente come materiali di riempimento;
- verificare le condizioni di stabilità degli scavi e dei versanti anche in relazione alle modificazioni indotte dalle opere;
- valutare l'efficacia delle eventuali opere di sostegno proposte e l'interazione strutture-terreno;
- definire i criteri per la corretta regimazione delle acque superficiali sul pendio oggetto di intervento e di quelle sotterranee se intercettate.

Gli studi dovranno pertanto proporre razionali soluzioni tecniche nei confronti delle problematiche geologiche locali ed essere illustrati in un apposito "Studio di Fattibilità Geologica", redatto da professionista abilitato, i cui esiti costituiranno la base per la progettazione definitiva delle opere, anche in ottemperanza a quanto previsto dal D.M. n. 47 dell'11/03/1988 e relativa circolare applicativa e dal D.M. 14/09/2005 "Norme Tecniche per le costruzioni".

Le analisi e le verifiche sopra elencate riguardanti la classe 3b non differiscono dagli obiettivi definiti dalle vigenti NTC 2018, ma le prime non comprendono le nuove procedure relative al rischio sismico di base e locale da attuare secondo quanto previsto dalla D.G.R. 11 luglio 2014, n.2129 *"Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia"* che colloca Golferenzo nella zona 3.

La presenza di acqua a profondità inferiori a 1,0 metri osservata durante i sopralluoghi di febbraio – marzo 2021 nell'area B individuata in Figura 4 e la presenza di ristagni d'acqua testimoniata dai residenti e riferita nella nota a pag. 5, rendono necessario considerare per tale porzione dell'area di frana l'opportunità della collocazione di un piezometro per il controllo periodico del livello freatico in caso di costruzione di edifici, mentre più in generale si ritiene indispensabile che alle prescrizioni riguardanti l'area fino al crinale, debbano

essere aggiunte l'esclusione della pratica di infiltrazione delle acque pluviali nel sottosuolo, che è raccomandata dove possibile dal regolamento regionale 07/2017, aggiornato al RR 19 aprile 2019 n. 8 che disciplina l'applicazione del principio dell'invarianza idraulica e idrologica negli interventi edificatori.

Di seguito si riporta per completezza uno stralcio carta geomorfologica, tavola 3 del PGT di Golferenzo in scala 1: 10.000 e relativa legenda, dove sono distinte le aree a frana quiescente, tra cui quella in esame ST-C 35, e la carta della fattibilità geologica.

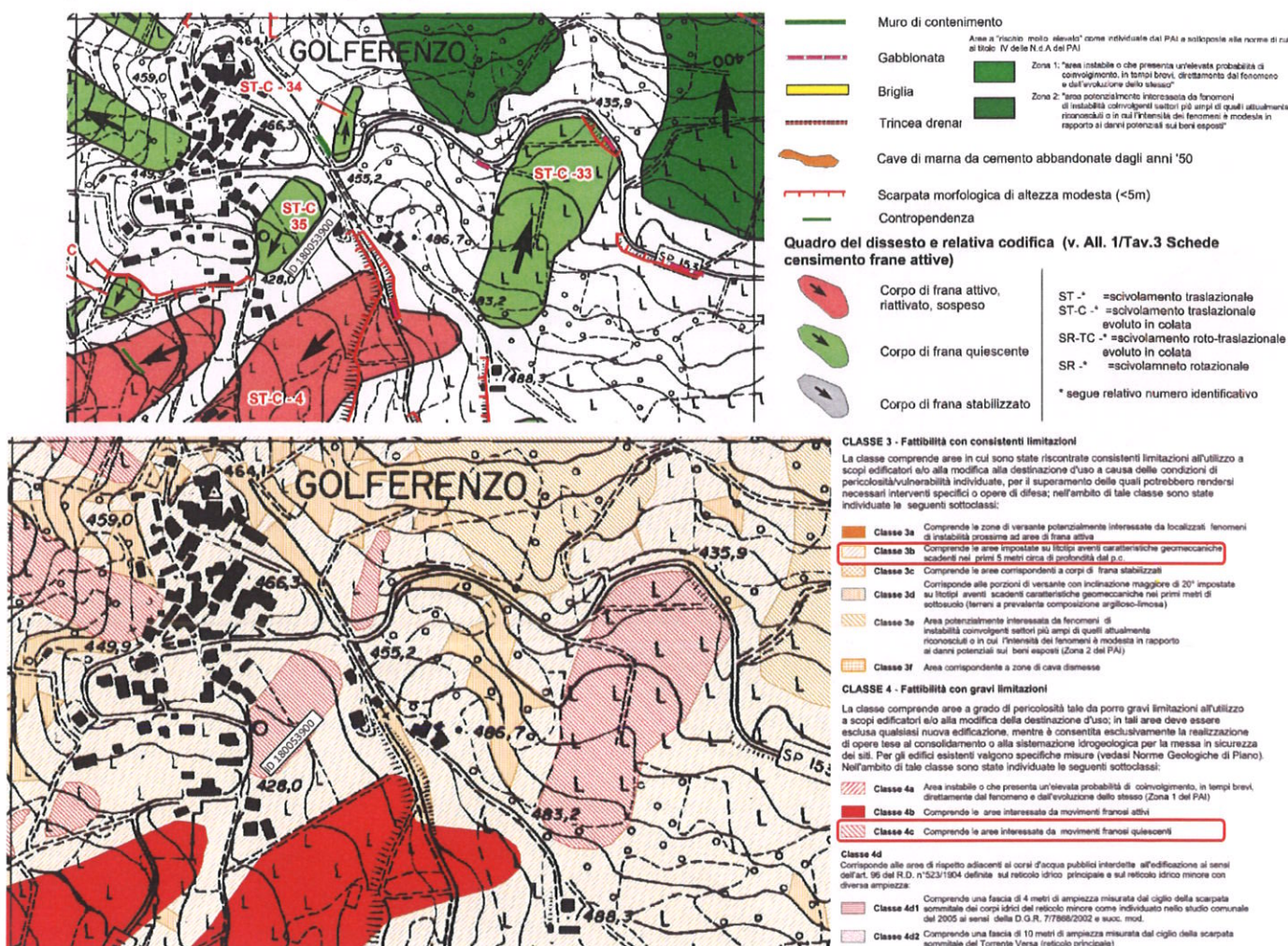


Figura 6: in alto Carta geomorfologica Tav.3 del PGT in scala 1: 10.000 e in basso Carta di Fattibilità delle Azioni di Piano Tav. 9 del PGT in scala 1: 7.500.

Come ulteriore elemento conoscitivo generale si riporta nella Figura 7 la conformazione dei corpi in frana riferiti nell'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (IFFI) - Mosaicatura nazionale 2020-2021 pericolosità frane, che è **riferito con il retino obliquo e dalla descrizione della tipologia di frana in grassetto**, mentre con il fondo uniforme in colore marrone chiaro sono riportati i corpi di frana del vigente PAI, la cui distribuzione e conformazione coincide con quella della Figura 6 in alto.

Si evidenzia che in alcuni tratti le nuove interpretazioni fornite dal documento IFFI

(<https://idrogeo.isprambiente.it/app/>), che è un aggiornamento tecnico localmente derivato da

fotointerpretazione che però non modifica i vincoli del PAI vigente, presentano perimetri che si differenziano di alcune decine di metri rispetto al PAI, mentre in altri casi non conferma la presenza di superfici in dissesto, come i due piccoli corpi posti all'estremità SW dell'abitato, in quello a nord del centro polisportivo che è fortemente ridotto e del grande corpo presente all'estremità est della mappa. L'area della frana quiescente in esame è invece confermata dal documento IFFI.

La planimetria riporta inoltre una serie di simboli puntuali con numeri e due isolinee. I triangoli arancioni riportano la velocità media del PS = Permanent Scatterers espressa in **mm/anno** (valutata rispetto al punto di riferimento) di ENVISAT_descending/PST2009_ENVISAT_T208_F2691_CL002_PACENZA. I punti viola gli analoghi dati di ERS_descending/PST_ERS_T208_F2691_CL003_PACENZA e quelli azzurri i dati di ERS_ascending/PST_ERS_T487_F891_CL002_AGAZZANO.

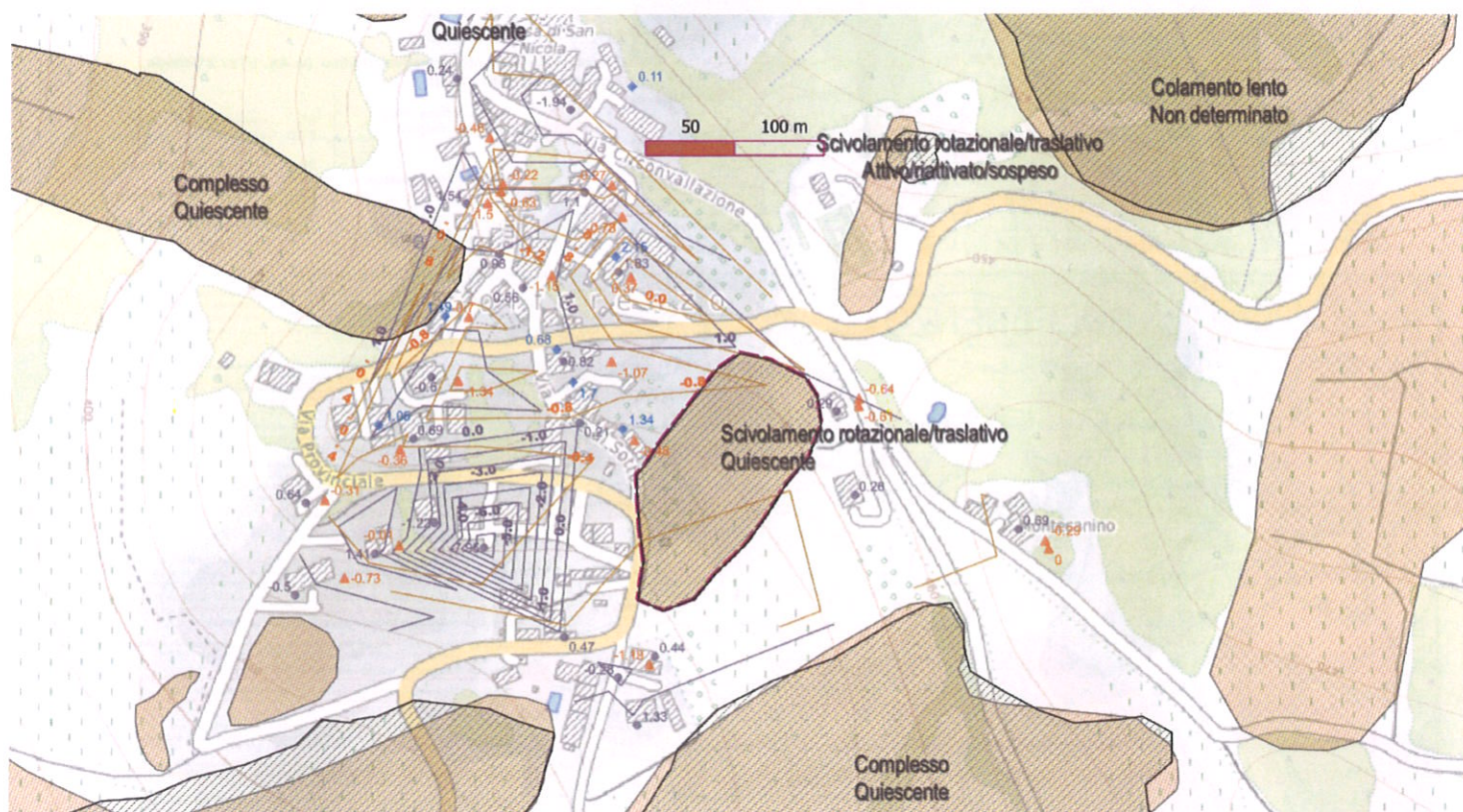
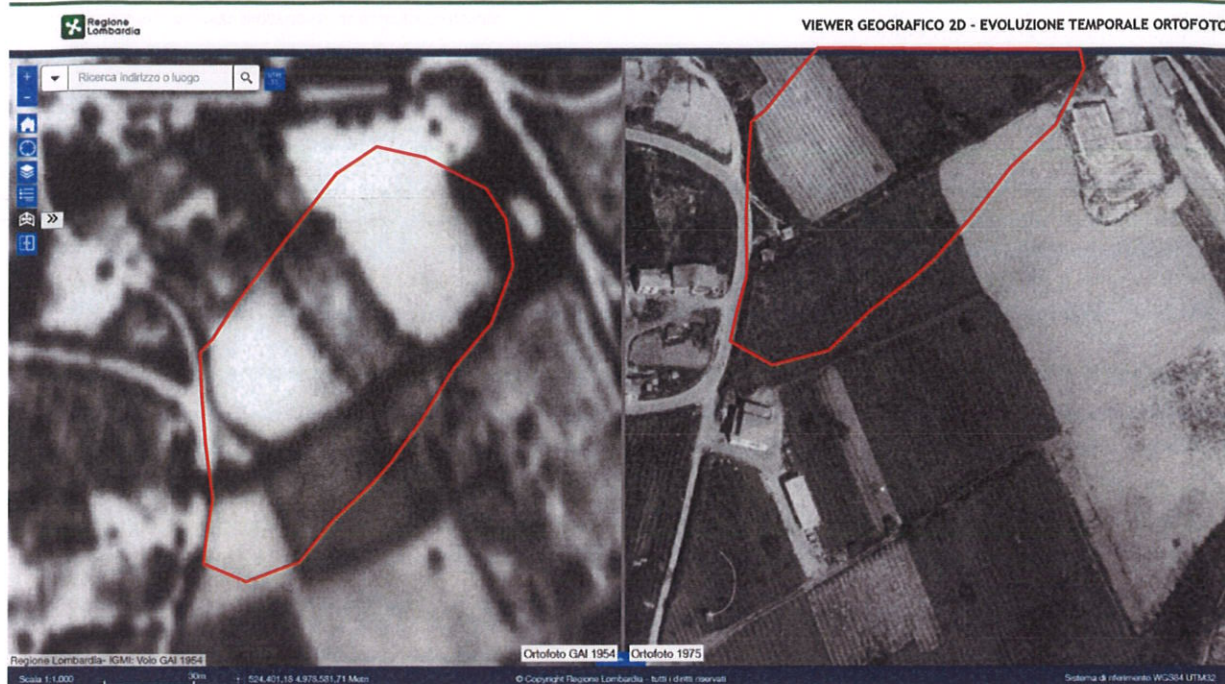


Figura 7: scala 1: 4000 corpi di frana PAI, IFFI 2020-2021 e misure interferometriche da immagini radar satellitari nel periodo dal 1992 al 2014.

I dati disponibili, tratti dal geoportale della Regione Lombardia e rilevati con immagini radar satellitari nel periodo dal 1992 al 2014, mostrano valori compresi nell'intervallo tra -1,19 e 2,15 mm/anno, con la sola eccezione di una variazione di un unico punto di -7,9 mm, informazione che nel quadro generale pare del tutto irrilevante. In conclusione, i dati attestano l'assenza di significativi spostamenti della superficie topografica.

L'ultima informazione di carattere generale sull'area è data dall'evoluzione temporale delle foto aeree disponibili sul geoportale regionale, che rivela l'assenza di variazioni evidenti negli anni considerati.

Verifica di compatibilità a interventi edificatori e proposta di modifica della classe di fattibilità geologica dell'area di frana quiescente ID 180053900 in Comune di Golferenzo (Pv) sulla base di quanto previsto dall'art. 9 comma 3 delle N.d.A. del PAI. - Marzo 2023



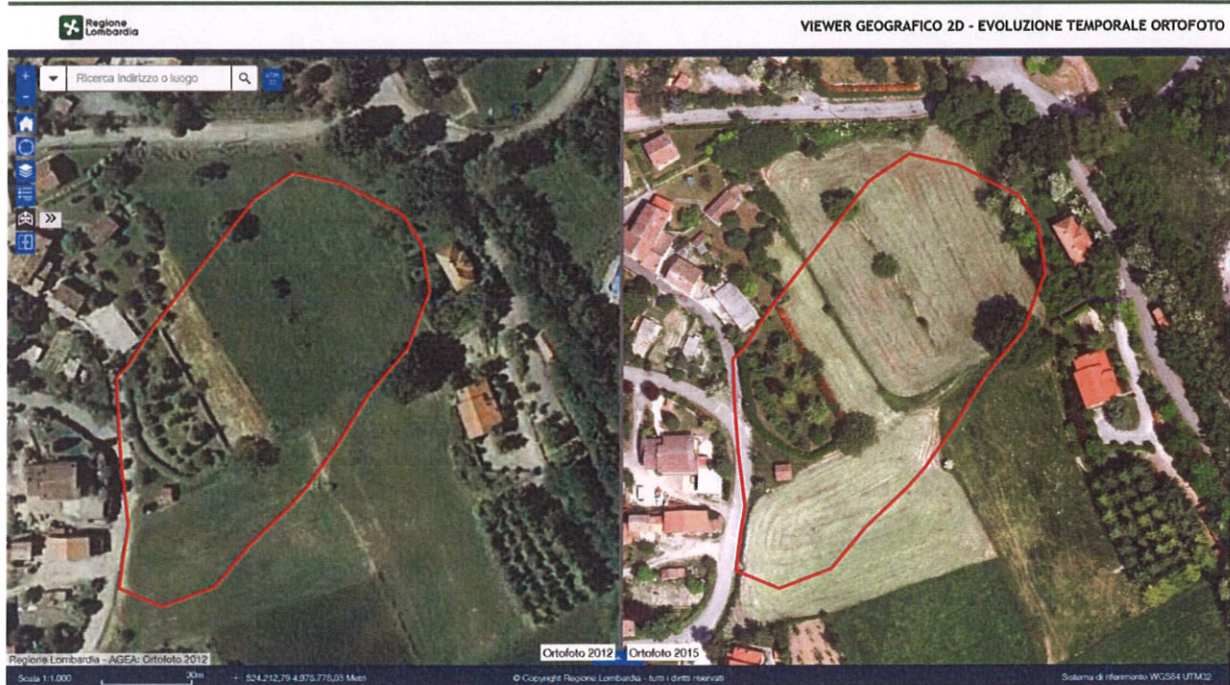




Figura 8 riprese aeree del 1954, 1975, 1998, 2003, 2007, 2012, 2015, 2018.

Si aggiunge infine un'informazione relativa al lavatoio pubblico alimentato da un pozzo descritto in precedenza e ubicato come indicato nelle Figura 4 e Figura 5.

La Tavola 5 del PGT, carta dei vincoli, riporta la presenza di una fascia di rispetto considerando le acque "destinate al consumo umano", ma tale condizione, probabilmente esistente al momento della redazione del PGT vigente (2006), pare ora del tutto superata essendo presente una chiara indicazione di acqua non potabile in corrispondenza della fonte. Conseguentemente il vincolo riportato nella cartografia dovrebbe non essere più vigente.

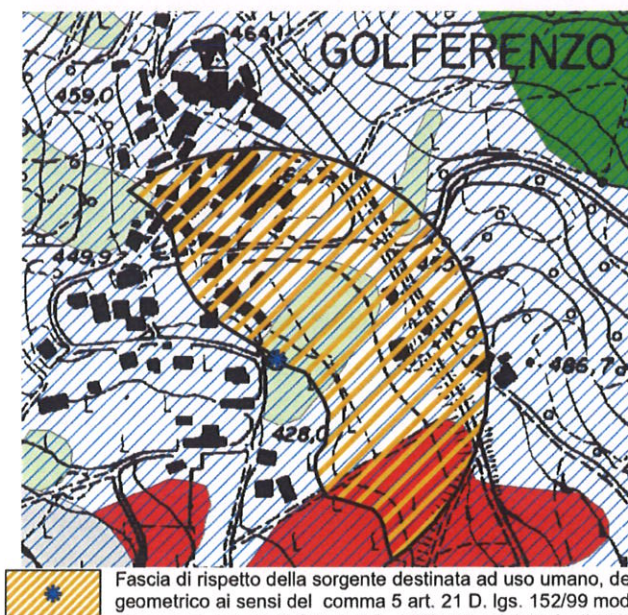


Figura 9: stralcio della carta dei vincoli, tav. 5 del PGT.

Fascia di rispetto della sorgente destinata ad uso umano, definita con criterio geometrico ai sensi del comma 5 art. 21 D. lgs. 152/99 mod. da 258/2000 e succ. mod. e della D.G.R. Lomb. n°7/12693 del 10 Aprile 2003

2 Lineamenti geologici e geomorfologici

L'area in esame è descritta nel foglio geologico CARG 178 VOGHERA redatto nel 2012 dal Servizio Geologico d'Italia – ISPRA e Regione Lombardia in collaborazione con ARPA Lombardia, ARPA Piemonte e con il Dipartimento di Scienze della Terra e dell'Ambiente dell'Università di Pavia.

La formazione affiorante sotto la coltre detritica è il membro di Poviago della formazione della Val Luretta (VLU₁). L'unità è indicata anche come "Calcari di Pietra de' Giorgi" (Braga, 1965) ed è costituita da torbiditi in strati arenaceo-marnosi e calcareo-marnosi di età Paleocene inferiore - Eocene medio, suddivisa in due membri, il Poviago alla base e il Monteventano al tetto (VLU₂), con l'aggiunta più recente di un membro sommitale denominato di Genepreto (VLU₃) (Cobianchi et alii, 1995).

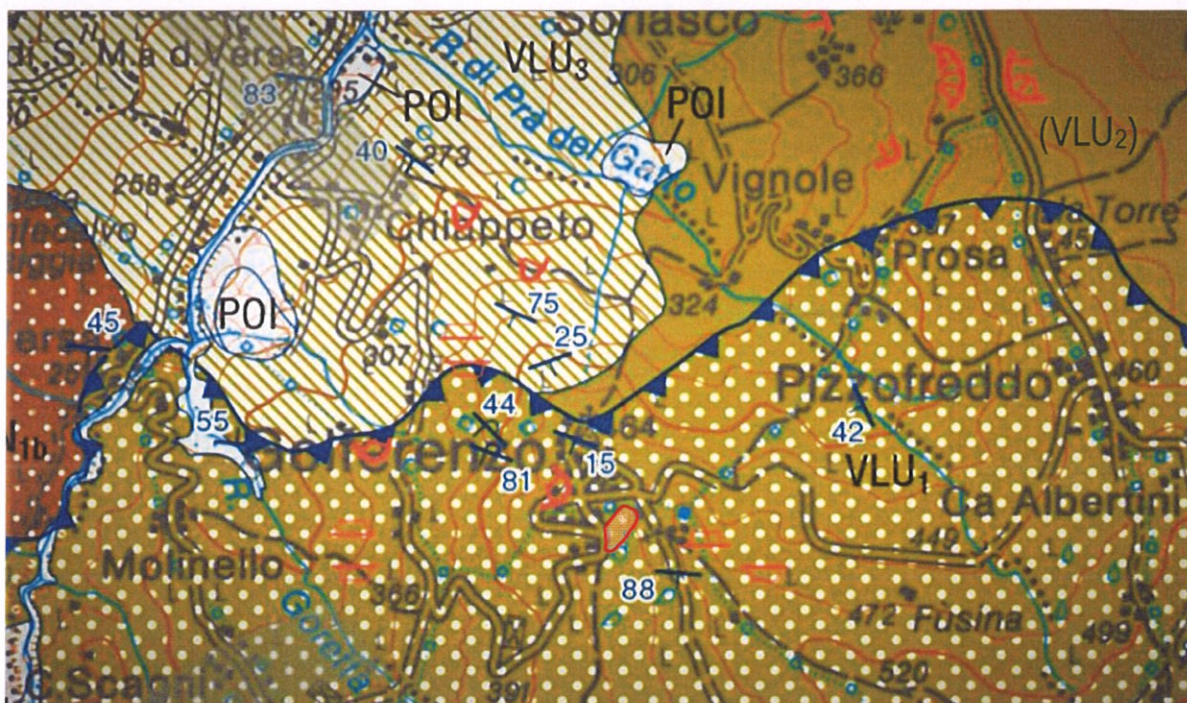


Figura 10: riproduzione in scala 1: 20.000 del foglio CARG 178 VOGHERA. L'area in esame è riferita dal poligono con perimetro rosso.

Il membro di Poviago si presenta in strati arenaceo-pelitici medi e spessi, localmente molto spessi, quasi sempre molto deformati, costituito da arenarie grigio-nocciola medie e fini e da marne e marne siltose grigio-verdastre, con un rapporto arenaria/pelite >1, cui sono intercalati 4 livelli di marne rosate in strati molto spessi e banchi. La base è caratterizzata dal passaggio al sottostante flysch di Bettola, calcari e calcari marnosi bianchi a base calcarenitica. Lo spessore è stimato tra i 200 e i 300 m.

Nello stralcio della carta geologica riportata in Figura 10, poco a SE del corpo di frana in esame è indicata anche una misura della giacitura degli strati che presentano una immersione verso SSW (circa 190°) e una inclinazione di 88°, configurando una possibile condizione di franapoggio più inclinato del pendio entro la superficie di frana. Lungo via Brevio, circa 150 metri a est del lavatoio pubblico, vi sono piccoli affioramenti che mostrano l'intensa alternanza di depositi marnosi e pelitici profondamente esfoliati.



Figura 11: fotografia del membro di Poviago riportato nelle note illustrative del foglio geologico 178, con evidenziata una piega rovesciata della formazione; a destra ripresa di un piccolo affioramento della formazione lungo via Brevio.

Per fornire una adeguata valutazione della morfologia dell'area, i primi giorni di marzo 2021 è stato eseguito un rilievo tramite GPS di gran parte della superficie interessata dal corpo di frana quiescente, ad esclusione dell'area di circa 1080 m² formata da un giardino privato non accessibile posto poco a nord del lavatoio pubblico indicato nelle Figura 4 e Figura 9. L'esito dei rilievi, elaborato con Surfer® 25.1.229 è riferito nella Figura 12.

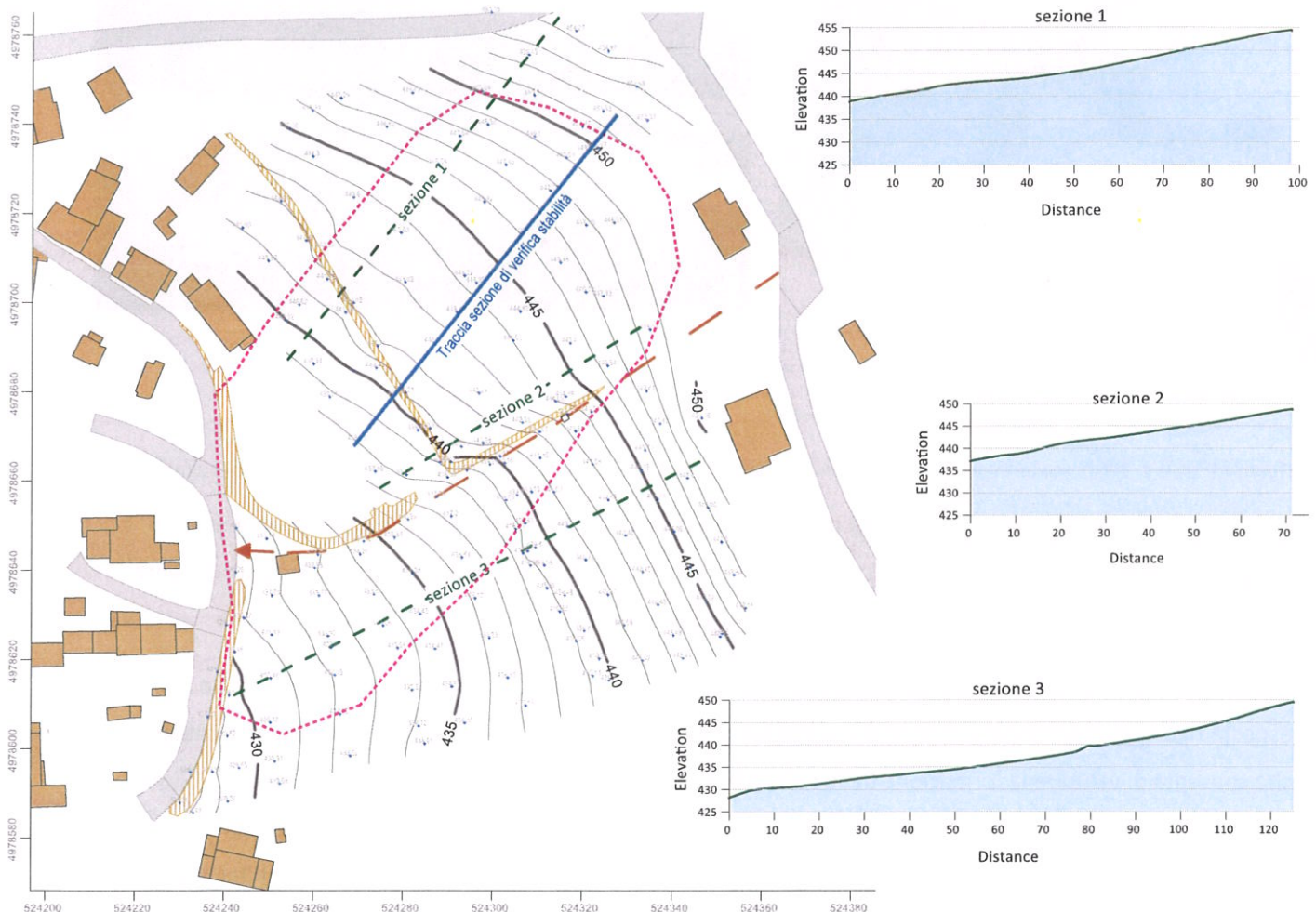


Figura 12: planimetria e sezioni in scala 1:1.500. Restituzione dei punti quotati e delle curve di livello dell'area della frana quiescente e del suo immediato intorno. Scarpate artificiali di 60 – 160 cm. Fognatura.

Impiegando i dati del rilievo è stato possibile elaborare una carta delle pendenze espresse in gradi sessagesimali, che consente di distinguere le aree a maggior pendenza ($8-12^\circ = 14-21\%$) dai tratti quasi piani ($4^\circ = 7\%$), da quelli formati da piccole scarpate, dove però il valore indicato ($17-24^\circ$) non è rappresentativo della reale pendenza, che come detto in calce alla Figura 5 è di circa 36° (63%) nelle scarpate di maggior dislivello, perché non si sono eseguite misure di dettaglio su tale morfologia ritenendola artificiale.

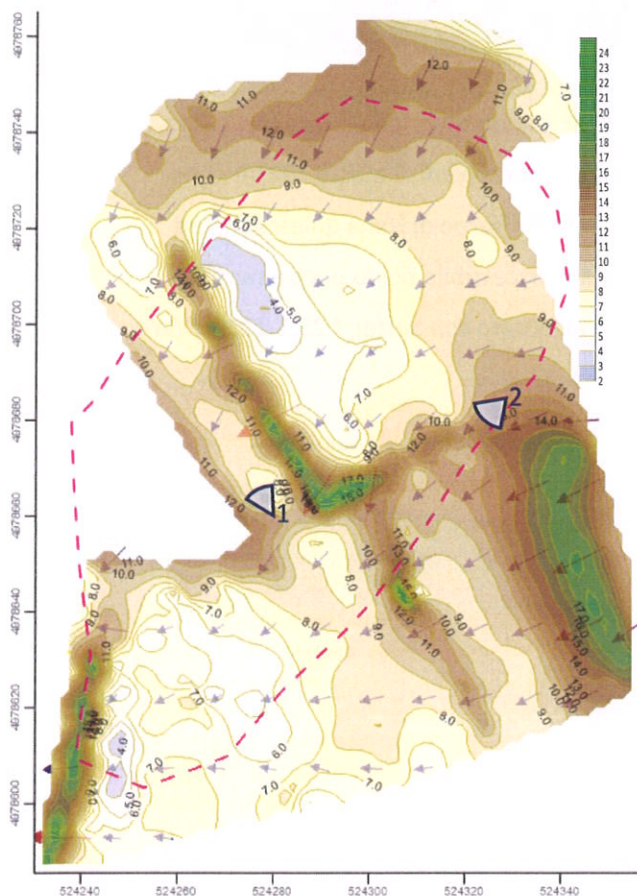


Figura 13: scala 1: 1.500. Valore in gradi sessagesimali della pendenza e relativa direzione. 1 e 2 sono i punti di ripresa delle scarpate.

La pendenza dell'area **A** individuata in Figura 4 è quindi compresa tra i 12° dell'estremità nord e i $4 - 6^\circ$ a monte della scarpata visibile nella foto 1 di Figura 13, mentre nell'area **B** di Figura 4 la pendenza è lievemente inferiore, con valori compresi tra i 10° e i 4° ma in prevalenza intorno ai 6° .

Pur senza disporre di tutti gli elementi conoscitivi necessari, perché l'indagine geofisica di seguito esposta riguarda quasi solo l'area **A** e non è risultata disponibile una cartografia storica di adeguato dettaglio che consenta di valutare la formazione delle scarpate, in base alla morfologia sopra descritta pare possibile ipotizzare, sia pur con riserva di disporre di ulteriori dati, che l'intera superficie **A** non rappresenti un corpo di frana ma il risultato di un'ordinaria erosione del versante, mentre l'area **B**, che presenta una morfologia più uniforme a valle del tratto acclive posto all'estremità SE della planimetria, che si estende al di fuori del perimetro della frana quiescente del PAI, sembra meglio configurarsi come superficie relitta prodotta da vari scivolamenti superficiali.

3 Indagini geotecniche

Il 16 febbraio 2021 sono state condotte indagini penetrometriche entro il perimetro dell'area individuata come frana quiescente dal PAI vigente nella posizione riferita nella Figura 14. Sono state quindi eseguite prove penetrometriche dinamiche continue (DP) con punta conica e standard Meardi - Agi, che presenta le seguenti caratteristiche tecniche:

- punta conica con angolo di apertura di 60° e base di 50,5 mm di diametro (superficie 20 cm^2);
- aste di manovre di 32 mm di diametro e peso di 6,25 Kg/m;
- altezza di caduta di 0,75 m; • massa del maglio di 73,0 Kg; • avanzamento punta : 0,3 m.

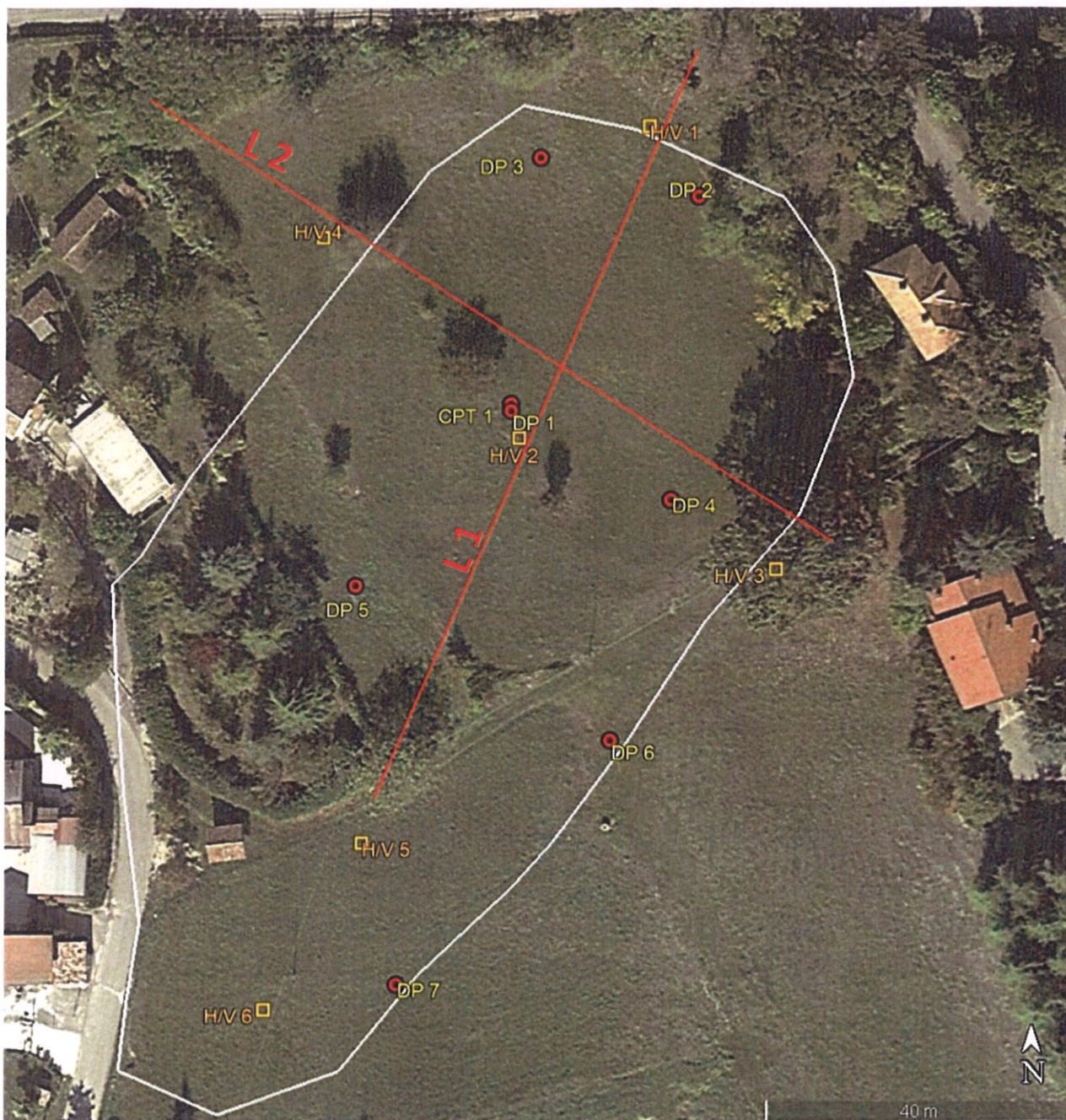


Figura 14: scala 1: 800; DP = prove penetrometriche dinamiche continue standard Meardi Agi; CPT = prove penetrometriche statiche con punta meccanica Begemann; L1 ed L2 linee sismiche per il profilo sismo tomografico; H/V = Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio (HVSR) misure di sismica passiva per la determinazione della frequenza di risonanza dei terreni.

È stata eseguita anche una prova penetrometrica statica (**CPT 1**) con punta meccanica Begemann per ottenere misure più affidabili del tratto superficiale formato da coltri di alterazione (depositi misti eluvio – colluviali), a pochi metri dalla quale è stata eseguita una prova dinamica continua (**DP 1**) per ottenere una diretta correlazione tra gli esiti dei due tipi di prova nello stesso deposito.

L'esito è stato confortante perché il profilo stratigrafico e i parametri geotecnici che si ottengono sono accettabilmente simili, considerando soprattutto che l'ambiente sedimentario esaminato comprende di norma intense e frequenti variazioni laterali dei depositi.

L'indagine sui terreni è proseguita con sole prove dinamiche (**DP 2, 3, 4, 5, 6 e 7**) perché l'ancoraggio tramite viti elicoidali della strumentazione al terreno necessaria per l'esecuzione della prova statica è parsa difficile e incerta, per la presenza entro i primi 150 cm di frammenti grossolani di rocce marnose. Si riporta di seguito l'elenco delle prove e le interpretazioni elaborate.

Per l'interpretazione geotecnica della prova **CPT** è stato impiegato il programma **CPeT-It v.3.9.2.13** della GeoLogismiki software company. Le procedure utilizzate per la stima dei parametri geotecnici, i limiti e le caratteristiche di affidabilità delle procedure adottate sono disponibili in letteratura, ad esempio nelle seguenti pubblicazioni:

- ✓ Eurocode 7 - Designers' Guide to EN 1997-1: Geotechnical design - General rules, R Frank, C Bauduin, R Driscoll, M Kavvas, N Krebs Ovesen, T Orr and B Schuppener;
- ✓ NATIONAL COOPERATIVE HIGHWAY RESEARCH PROGRAM - NCHRP SYNTHESIS 368 Cone Penetration Testing, a Synthesis of Highway Practice – CONSULTANT PAUL W. MAYNE Georgia Institute of Technology Atlanta, Georgia, Washington D.C., 2007;
- ✓ Can. Geotech. J. 46: 1337–1355 (2009) *Interpretation of cone penetration tests — a unified approach*. P.K. Robertson;
- ✓ Gregg Drilling & Testing Inc. *Guide to Cone Penetration Testing for Geotechnical Engineering* By P. K. Robertson and K.L. Cabal (Robertson), 6th Edition, December 2014.

È inoltre consultabile in rete il manuale del programma impiegato per l'interpretazione all'indirizzo [Support - GeoLogismiki](#).

Le prove penetrometriche dinamiche con punta conica (indicate come DP o DPSH per specificare che sono state condotte con maglio pesante “Super Heavy”) consentono di avere un'informazione quantitativa sulla resistenza opposta dal terreno ad essere perforato da parte di un cono sollecitato con un'energia fornita dalla caduta di un maglio (numero di colpi N_c), ed hanno due grossi vantaggi: essere eseguibili in quasi tutti i depositi non cementati ed avere un costo molto limitato. Di contro non forniscono alcuna informazione sulla composizione granulometrica, che deve essere accertata con altri mezzi (carotaggio continuo, prove SPT, trincee), ed in assenza di un sondaggio di taratura è possibile solo indicare la varia consistenza degli intervalli attraversati. La letteratura rende disponibile varie relazioni per giungere alla stima dei parametri geotecnici.

La densità relativa DR è qui ricavata a partire dai dati trasformati, utilizzando una relazione di Fardis e Veneziano riportata in Bowles (1984) “*Physical and Geotechnical Properties of Soils*”. Ed McGraw-Hill int. $Dr = e^{-(\ln N - 0,222 \cdot \ln N_{sv} - 2,67)/2,06}$, da un articolo in Estimation of SPT - N and relative density - ASCE, GT10, (1981).

La stima dell'angolo di resistenza al taglio in condizione drenate φ' è ottenuta dalla seguente relazione:

$\varphi' = 3,5 \sqrt{N_{1,60}} + 22,3 \pm \varepsilon$, ove ε è la deviazione standard dell'analisi di regressione, che ha media pari a zero e deviazione standard di 2,3. $N_{1,60} = N_{SPT} \cdot \left(\frac{100}{\sigma'_{1/3}} è il valore normalizzato ad uno sforzo efficace di confinamento di 100 kPa con un$

fattore di rendimento energetico 0,6 nell'esecuzione della prova.

CPT 1 – prova con punta meccanica Begemann - quota inizio prova 444,3 m s.l.m.; profondità 4,0 m; falda assente.

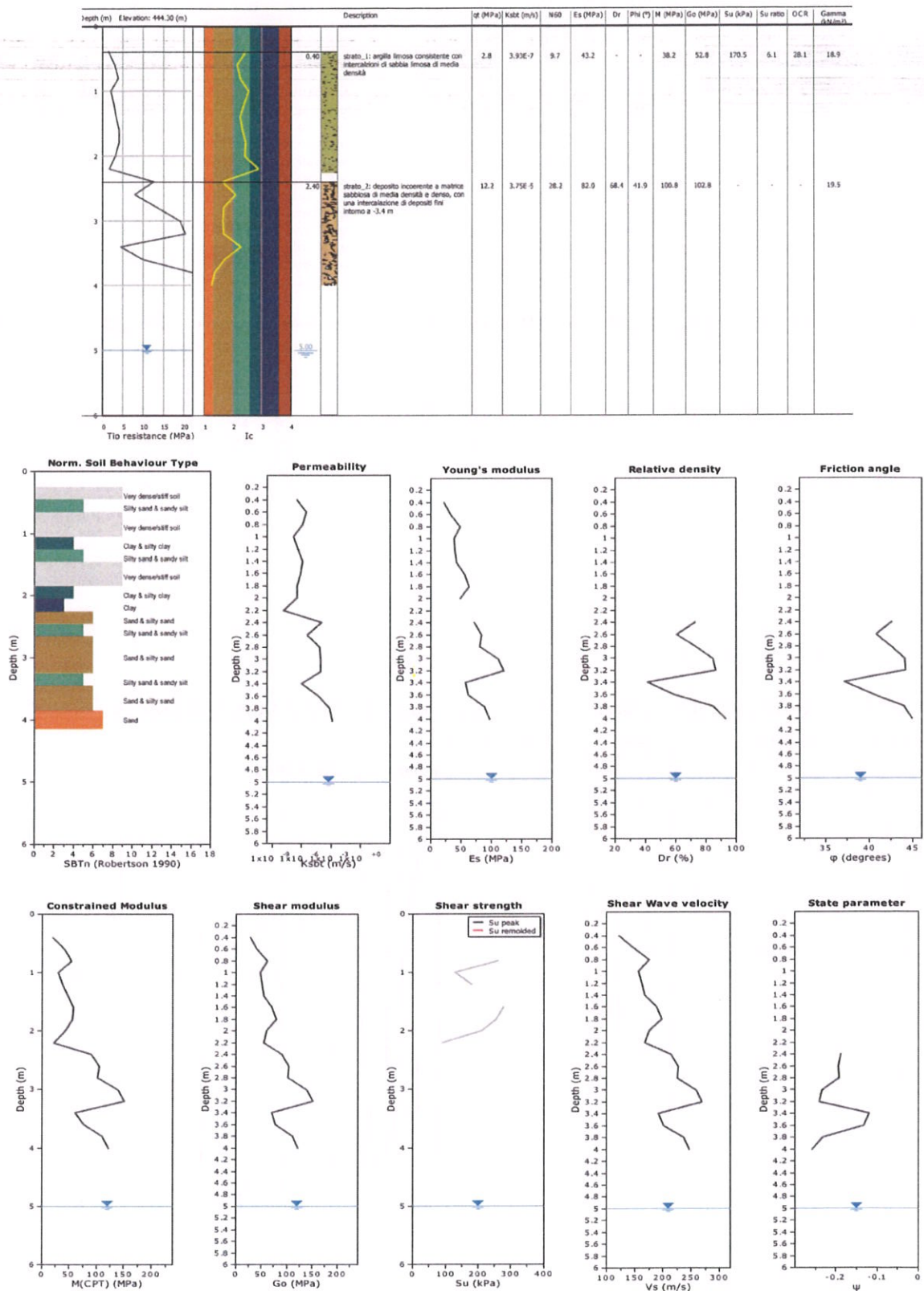


Tabelle dati prova e parametri geotecnici interpretativi.

Verifica di compatibilità a interventi edificatori e proposta di modifica della classe di fattibilità geologica dell'area di frana quiescente ID 180053900 in Comune di Golferenzo (Pv) sulla base di quanto previsto dall'art. 9 comma 3 delle N.d.A. del PAI. - Marzo 2023

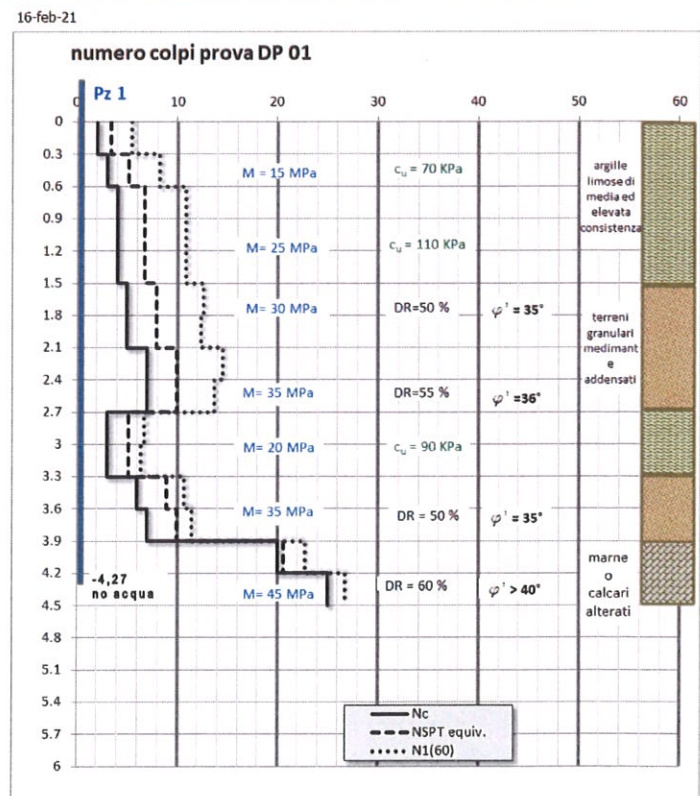
In situ data										Basic output data										
Depth (m)	qc (MPa)	fs (kPa)	u (kPa)	Other	qt (MPa)	Rf (%)	SBT	Ic SBT	γ (kN/m³)	$\sigma_{1,v}$ (kPa)	u0 (kPa)	$\sigma'_{1,v0}$ (kPa)	Qt1	Fr (%)	Bq	SBTn	n	Cn	Ic	Qtn
0.4	1.4	82.8	0	0	1.4	5.91	3	3.07	18.2	7.3	0	7.3	191.0	5.9	0	9	0.79	7.91	2.45	110.1
0.6	3	87.2	0	0	3	2.91	4	2.61	18.5	11.0	0	11.0	272.0	2.9	0	5	0.68	4.47	2.16	133.5
0.8	3.9	170	0	0	3.9	4.36	4	2.65	19.4	14.9	0	14.9	261.0	4.4	0	9	0.72	3.94	2.26	153.1
1	2.1	135.1	0	0	2.1	6.43	3	2.96	18.9	18.7	0	18.7	112.0	6.5	0	9	0.83	4.04	2.55	84.0
1.2	2.7	113.3	0	0	2.7	4.2	4	2.75	18.8	22.4	0	22.4	119.0	4.2	0	4	0.78	3.19	2.4	85
1.4	3.4	100.2	0	0	3.4	2.95	4	2.58	18.8	26.2	0	26.2	129.0	3	0	5	0.73	2.65	2.27	89.6
1.6	4.1	161.3	0	0	4.1	3.93	4	2.6	19.4	30.0	0	30.0	135.0	4	0	9	0.75	2.48	2.34	100.8
1.8	4	204.8	0	0	4	5.12	4	2.69	19.6	34.0	0	34.0	117.0	5.2	0	9	0.8	2.37	2.45	93.9
2	3.1	113.3	0	0	3.1	3.65	4	2.67	18.9	37.7	0	37.7	81.0	3.7	0	4	0.79	2.17	2.43	66.4
2.2	1.6	140	0	0	1.6	8.75	3	3.14	18.9	41.5	0	41.5	38.0	9	0	3	0.97	2.35	2.89	36.6
2.4	12.6	99.4	0	0	12.6	0.79	6	1.77	19.2	45.4	0	45.4	277.0	0.8	0	6	0.5	1.48	1.64	186.0
2.6	8	201.3	0	0	8	2.52	5	2.26	19.9	49.3	0	49.3	161.0	2.5	0	5	0.68	1.62	2.12	128.7
2.8	13.4	122.9	0	0	13.4	0.92	6	1.79	19.5	53.2	0	53.2	251.0	0.9	0	6	0.52	1.39	1.69	185.2
3	19	214.4	0	0	19	1.13	6	1.75	20.3	57.3	0	57.3	331.0	1.1	0	6	0.51	1.33	1.66	251.9
3.2	20.3	243.2	0	0	20.3	1.2	6	1.75	20.5	61.4	0	61.4	330.0	1.2	0	6	0.52	1.29	1.67	260.6
3.4	4.4	91.5	0	0	4.4	2.08	5	2.39	18.8	65.1	0	65.1	67.0	2.1	0	5	0.76	1.38	2.29	59.9
3.6	9.9	60.1	0	0	9.9	0.61	6	1.79	18.6	68.9	0	68.9	143.0	0.6	0	6	0.54	1.22	1.72	120.2
3.8	22	91.5	0	0	22	0.42	6	1.41	19.4	72.7	0	72.7	301.0	0.4	0	6	0.41	1.14	1.36	249.5
4	27.5	100	0	0	27.5	0.36	7	1.3	19.6	76.6	0	76.6	358.0	0.4	0	7	0.37	1.1	1.26	302.5

In situ data										Estimations									
Depth (m)	qc (MPa)	fs (kPa)	SBTn	Ksbt (m/s)	SPT N60 (blows/30cm)	Constrained Mod. (MPa)	Dr (%)	Friction angle (°)	Es (MPa)	Go (MPa)	Nkt	Su (kPa)	Su ratio	Kocr	OCR	Vs (m/s)	State parameter	Ko	Sensitivity
0.4	1.4	83	9	3.1E-07	5	19.5	0	0	22.3	28	15.9	87	12	0.33	36.3	123	0	2.25	1.2
0.6	3	87	5	2.5E-06	9	41.2	62	41	32.9	41.2	0	0	0	0.33	0	148	-0.21	0	0
0.8	3.9	170	9	1.2E-06	12	54.4	0	0	48.9	61.3	15	259	17.4	0.33	51	176	0	2.52	1.6
1	2.1	135	9	1.6E-07	8	29.1	0	0	37.9	47.5	16.2	129	6.9	0.33	28	157	0	2.05	1.1
1.2	2.7	113	4	4.4E-07	9	37.5	0	0	40.3	50.6	14.9	180	8	0.33	28	162	0	2.06	1.7
1.4	3.4	100	5	1.1E-06	11	47.2	51	39.1	43.1	54	0	0	0	0.33	0	168	-0.17	0	0
1.6	4.1	161	9	7.1E-07	14	57	0	0	56.3	70.5	14.7	277	9.2	0.33	33	189	0	2.18	1.8
1.8	4	205	9	3.3E-07	14	55.5	0	0	63	78.9	15.5	256	7.5	0.33	31	199	0	2.13	1.4
2	3.1	113	4	3.6E-07	11	42.9	0	0	47.8	59.9	14.5	212	5.6	0.33	22	177	0	1.89	1.9
2.2	1.6	140	3	1.5E-08	8	21.8	0	0	0	54.6	17.2	91	2.2	0.33	12	168	0	1.54	0.8
2.4	12.6	99	6	9.2E-05	27	90.2	73	42.6	72	90.2	0	0	0	0.33	0	214	-0.19	0	0
2.6	8	201	5	3.3E-06	23	104.6	61	40.8	83.5	104.6	0	0	0	0.33	0	227	-0.19	0	0
2.8	13.4	123	6	6.6E-05	30	101.8	73	42.5	81.2	101.8	0	0	0	0.33	0	226	-0.19	0	0
3	19	214	6	7.9E-05	41	140	85	44	111.7	140	0	0	0	0.33	0	260	-0.23	0	0
3.2	20.3	243	6	7.3E-05	44	151.6	86	44.2	121	151.6	0	0	0	0.33	0	270	-0.24	0	0
3.4	4.4	92	5	9.7E-07	14	60.7	41	37.2	56.7	71	0	0	0	0.33	0	193	-0.12	0	0
3.6	9.9	60	6	5.4E-05	22	77.7	99	40.5	62	77.7	0	0	0	0.33	0	203	-0.13	0	0
3.8	22	92	6	6.4E-04	39	110.9	84	44	88.4	110.9	0	0	0	0.33	0	237	-0.23	0	0
4	27.5	100	7	1.3E-03	46	121.8	93	44.9	97.2	121.8	0	0	0	0.33	0	247	-0.26	0	0

Figura 15: descrizione del profilo interpretato, dei valori medi dei principali parametri geotecnici

DP 1 – Prova Dinamica SCPT- quota inizio prova 444,3 m s.l.m.; profondità 4,8 m; falda assente.

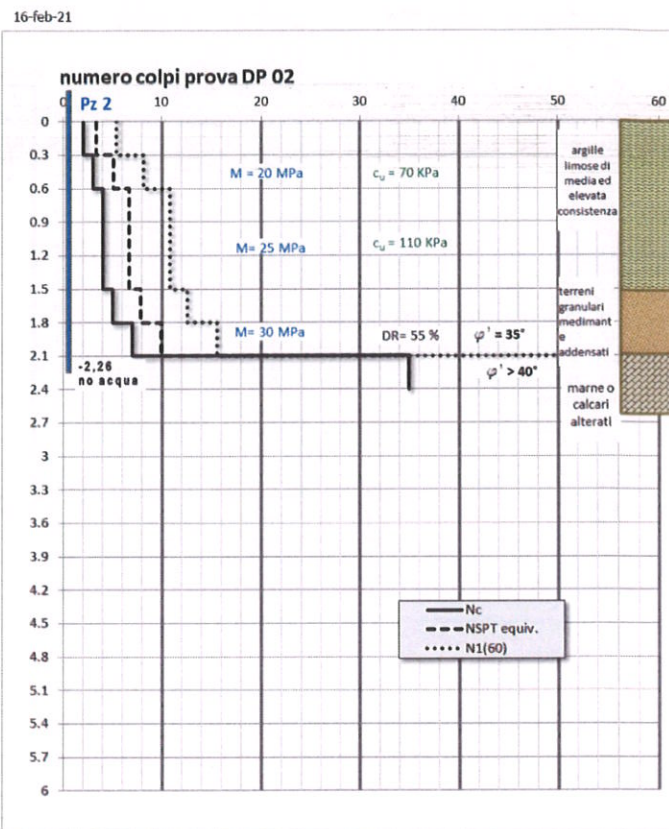
n°1/7 DP		quota 444.29		x 524296		y 4978704		16-feb-21	
Prof.	Nc	N _{SPT} equiv.	N ₁₍₆₀₎	19.5	C _N (<1.6)	stima modulo confinato	Densità relativa / Cu KPa	angolo di attrito interno	
m				γ in kN/m ³	fattore di normalizz.	M (MPa)	%	°	
0				σ'_{v0}					
0.3	2	3.4	5.4	5.9	1.60	16	69		
0.6	3	5.1	8.2	11.7	1.60	22	92		
0.9	4	6.7	10.8	17.6	1.60	27	112		
1.2	4	6.7	10.8	23.4	1.60	27	112		
1.5	4	6.7	10.8	29.3	1.60	27	112		
1.8	5	7.9	12.6	35.1	1.60	29	51	35.9	
2.1	5	7.9	12.3	41.0	1.56	29	50	35.7	
2.4	7	9.9	14.5	46.8	1.46	33	55	37.0	
2.7	7	9.9	13.7	52.7	1.38	33	54	36.6	
3	3	5	6.7	58.5	1.31	22	92		
3.3	3	5	6.4	64.4	1.25	22	92		
3.6	6	9	10.7	70.2	1.19	31	50	34.6	
3.9	7	10	11.4	76.1	1.15	33	52	35.1	
4.2	20	21	22.8	81.9	1.10	44	74	41.4	
4.5	25	25	26.7	87.8	1.07	47	81	43.1	
4.8	RIFIUTO								
5.1									
5.4									
5.7									
6									



Verifica di compatibilità a interventi edificatori e proposta di modifica della classe di fattibilità geologica dell'area di frana quiescente ID 180053900 in Comune di Golferenzo (Pv) sulla base di quanto previsto dall'art. 9 comma 3 delle N.d.A. del PAI. - Marzo 2023

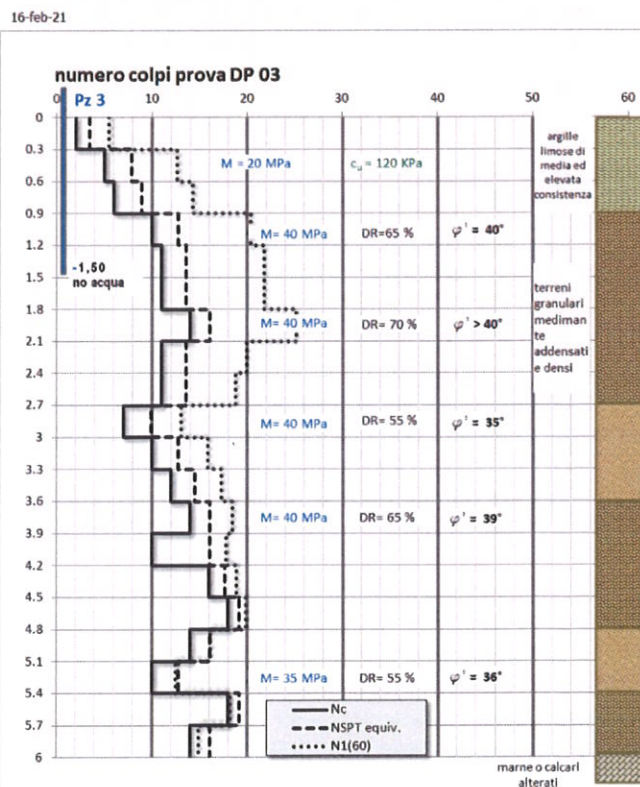
DP 2 – Prova Dinamica SCPT- quota inizio prova 449,6 m s.l.m.; profondità 2,7 m; falda assente.

n°2/7 DP		quota 449.56			x	524321	y	4978734
Prof.	No	N _{SPT} equiv.	N ₁₍₆₀₎	19.5	C _N (<1.6)	stima modulo confinato	Densità relativa / Cu KPa	angolo di attrito interno
m				γ in kN/m³	fattore di normalizz.	M (MPa)	%	°
0				σ'v0				
0.3	2	3	5.4	5.9	1.60	16	69	
0.6	3	5	8.2	11.7	1.60	22	92	
0.9	4	7	10.8	17.6	1.60	27	112	
1.2	4	7	10.8	23.4	1.60	27	112	
1.5	4	7	10.8	29.3	1.60	27	112	
1.8	5	8	12.6	35.1	1.60	29	51	35.9
2.1	7	10	15.5	41.0	1.56	33	56	37.6
2.4	35	35	51.2	46.8	1.46	53	95	45.0
2.7	RIFIUTO							
3								
3.3								
3.6								
3.9								
4.2								
4.5								
4.8								
5.1								
5.4								
5.7								
6								



DP 3 – Prova Dinamica SCPT- quota inizio prova 448,6 m s.l.m.; profondità 6,3 m; falda assente.

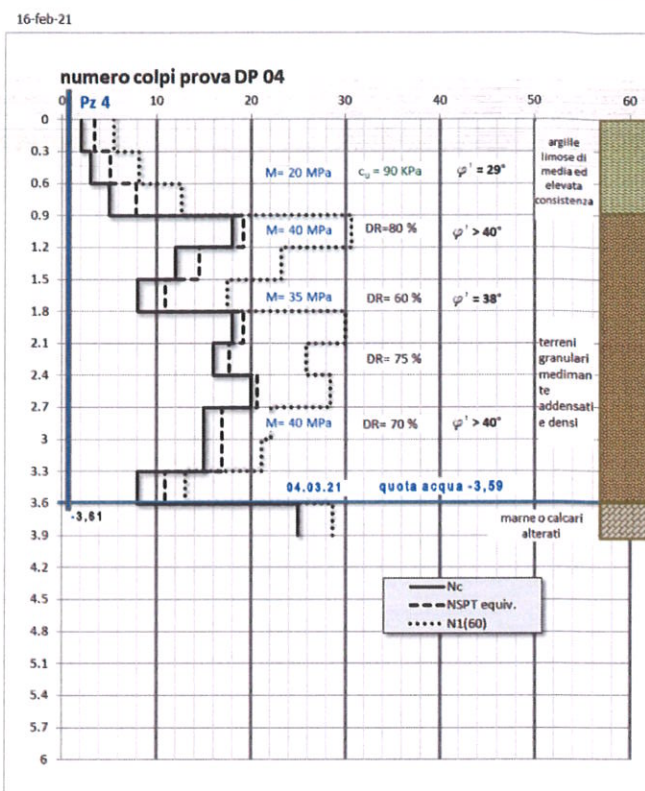
n°3/7 DP		quota 448.58 m s		x	524299	y	4978740	
Prof.	Nc	N _{SPR} equiv.	N ₁₍₈₀₎	19.5	C _N (<1.6)	stima modulo confinato	Densità relativa / Cu KPa	angolo d attrito interno
m				γ in kN/m ³	fattore di normalizz.	M (MPa)	%	°
0				$\sigma'_{1(0)}$				
0.3	2	3	5.4	5.9	1.60	16	69	
0.6	5	8	12.6	11.7	1.60	29	125	
0.9	6	9	14.3	17.6	1.60	31	137	
1.2	10	13	20.4	23.4	1.60	37	67	40.2
1.5	11	14	21.8	29.3	1.60	38	68	40.9
1.8	11	14	21.8	35.1	1.60	38	66	40.9
2.1	14	16	25.2	41.0	1.56	40	71	42.4
2.4	11	14	19.9	46.8	1.46	38	64	39.9
2.7	11	14	18.8	52.7	1.38	38	63	39.4
3	7	10	13.0	58.5	1.31	33	54	36.1
3.3	10	13	15.3	64.4	1.25	37	60	37.8
3.6	12	14	17.3	70.2	1.19	39	63	38.6
3.9	14	16	18.5	76.1	1.15	40	66	39.2
4.2	14	16	17.8	81.9	1.10	40	66	38.9
4.5	16	18	18.9	87.8	1.07	42	68	39.4
4.8	18	19	19.8	93.6	1.03	43	70	39.9
5.1	14	16	16.1	99.5	1.00	40	64	38.0
5.4	10	13	12.4	105.3	0.97	37	57	35.8
5.7	18	19	18.2	111.2	0.95	43	69	39.1
6	14	16	14.9	117.0	0.92	40	63	37.3
6.3 RIFIUTO								



Verifica di compatibilità a interventi edificatori e proposta di modifica della classe di fattibilità geologica dell'area di frana quiescente ID 180053900 in Comune di Golferenzo (Pv) sulla base di quanto previsto dall'art. 9 comma 3 delle N.d.A. del PAI. - Marzo 2023

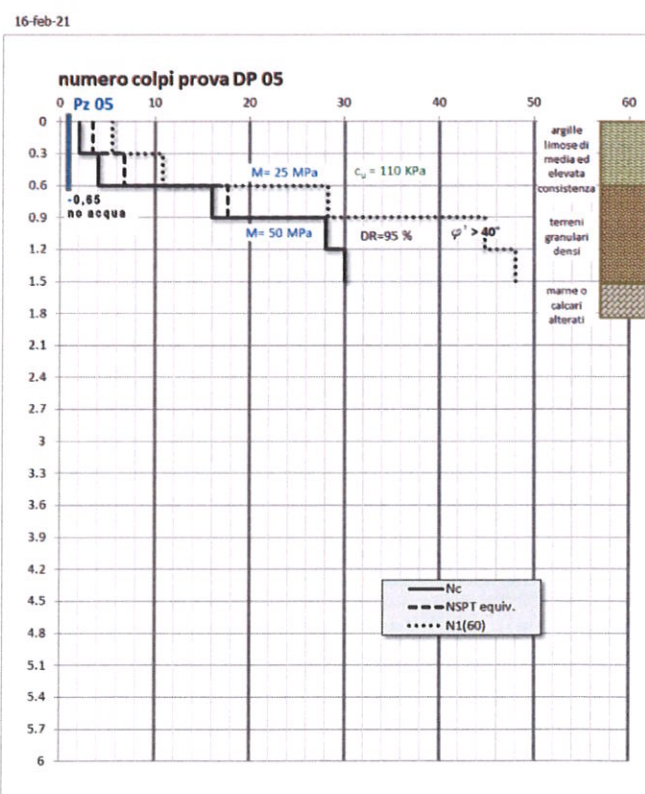
DP 4 – Prova Dinamica SCPT- quota inizio prova 445,4 m s.l.m.; profondità 4,2 m; falda a-3,6 m (441,9 s.l.m.)

n°4/7 DP		quota 445.4		x 524317		y 4978691		16-feb-21	
Prof.	No	N _{SPT} equiv.	N ₁₍₆₀₎	19.5	C _u (<1.6)	stima modulo confinato	Densità relativa / Cu KPa	angolo di attrito interno	
m				γ in kN/m ³	fattore di normalizz.	M (MPa)	%	°	
0				σ'_{v0}					
0.3	2	3	5.4	5.9	1.60	16	69		
0.6	3	5	8.2	11.7	1.60	22	92		
0.9	5	8	12.6	17.6	1.60	29	125		
1.2	18	19	30.7	23.4	1.60	43	82	44.8	
1.5	12	14	23.1	29.3	1.60	39	70	41.5	
1.8	8	11	17.5	35.1	1.60	34	59	38.7	
2.1	18	19	30.0	41.0	1.56	43	77	44.5	
2.4	16	18	25.0	46.8	1.46	42	73	42.7	
2.7	20	21	28.4	52.7	1.38	44	78	43.8	
3	15	17	22.1	58.5	1.31	41	70	41.0	
3.3	15	17	21.1	64.4	1.25	41	69	40.5	
3.6	8	11	13.0	70.2	1.19	34	55	36.1	
3.9	25	25	28.7	76.1	1.15	47	82	43.9	
4.2	RIFIUTO								
4.5									
4.8									
5.1									
5.4									
5.7									
6									



DP 5 – Prova Dinamica SCPT- quota inizio prova 439,4 m s.l.m.; profondità 1,8 m; falda assente

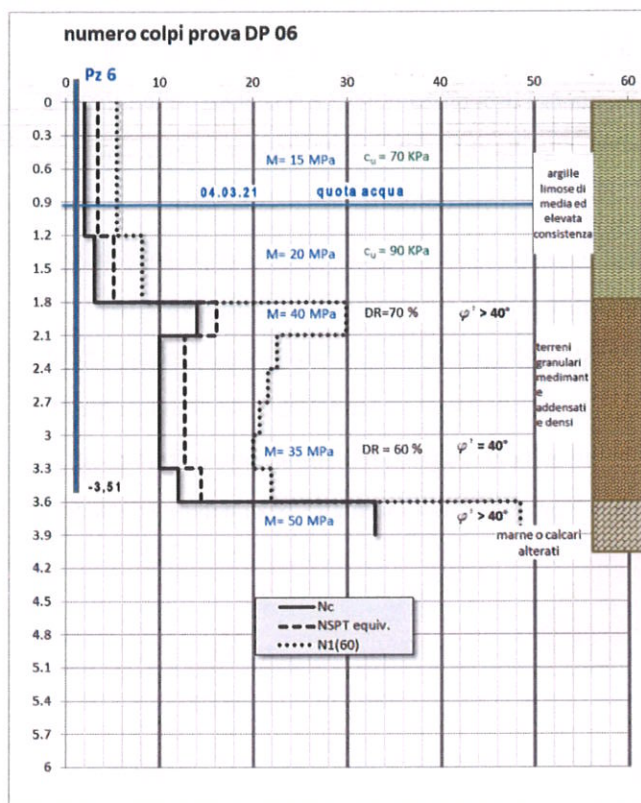
n°5/7 DP		quota 439.40 m s		x 524273		y 4978679		16-feb-21	
Prof.	No	N _{SPT} equiv.	N ₁₍₆₀₎	19.5	C _u (<1.6)	stima modulo confinato	Densità relativa / Cu KPa	angolo di attrito interno	
m				γ in kN/m ³	fattore di normalizz.	M (MPa)	%	°	
0				σ'_{v0}					
0.3	2	3	5.4	5.9	1.60	16	69		
0.6	4	7	10.8	11.7	1.60	27	112		
0.9	16	18	28.3	17.6	1.60	42	81	43.8	
1.2	28	28	44.8	23.4	1.60	49	95	45.0	
1.5	30	30	48.0	29.3	1.60	50	95	45.0	
1.8	RIFIUTO								
2.1									
2.4									
2.7									
3									
3.3									
3.6									
3.9									
4.2									
4.5									
4.8									
5.1									
5.4									
5.7									
6									
6.3									



Verifica di compatibilità a interventi edificatori e proposta di modifica della classe di fattibilità geologica dell'area di frana quiescente ID 180053900 in Comune di Golferenzo (Pv) sulla base di quanto previsto dall'art. 9 comma 3 delle N.d.A. del PAI. - Marzo 2023

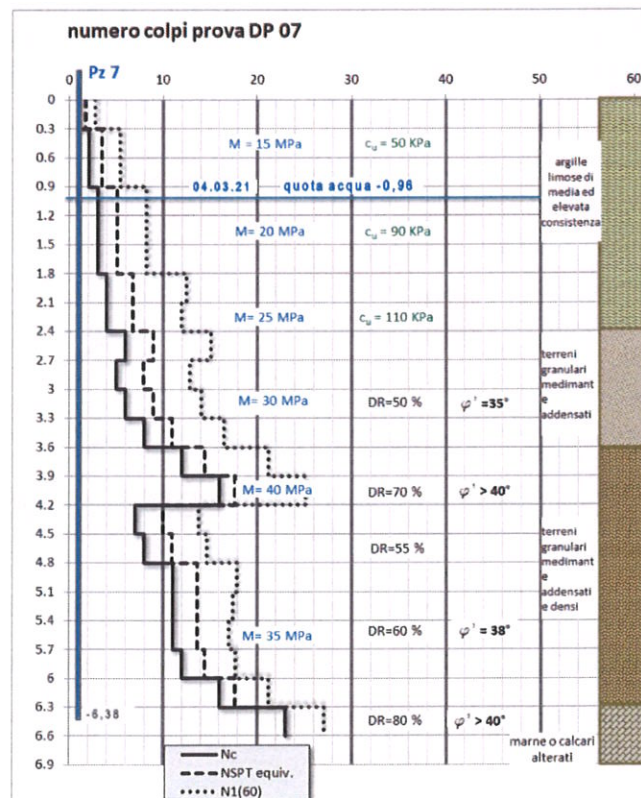
DP 6 – Prova Dinamica SCPT- quota inizio prova 440,2 m s.l.m.; profondità 4,2 m; falda a -0,91 m (439,3 s.l.m.)

n°6/7 DP			quota 440.19		x 524309		y 4978657	
Prof.	No	N _{spt} equiv.	N ₁₍₆₀₎	19.5	C _N (<1.6)	stima modulo confinato	Densità relativa / Cu KPa	angolo di attrito interno
m				γ in kN/m ³	fattore di normalizz.	M (MPa)	%	°
0				σ'_{v0}				
0.3	2	3.4	5.4	5.9	1.60	16	69	
0.6	2	3.4	5.4	11.7	1.60	16	69	
0.9	2	3.4	5.4	17.6	1.60	16	69	
1.2	2	3.4	5.4	20.4	1.60	16	69	
1.5	3	5.1	8.2	23.3	1.60	22	92	
1.8	3	5.1	8.2	26.2	1.60	22	92	
2.1	14	16.1	29.8	29.1	1.85	40	73	44.4
2.4	10	12.7	22.5	32.0	1.77	37	65	41.2
2.7	10	12.7	21.6	34.9	1.69	37	64	40.8
3	10	12.7	20.7	37.8	1.63	37	64	40.4
3.3	10	12.7	20.0	40.7	1.57	37	63	40.0
3.6	12	14.5	21.9	43.6	1.51	39	67	40.9
3.9	33	33	48.4	46.5	1.47	52	95	45.0
4.2	RIFIUTO							
4.5								
4.8								
5.1								
5.4								
5.7								
6								



DP 7 – Prova Dinamica SCPT- quota inizio prova 433,6 m s.l.m.; profondità 6,9 m; falda a -0,96 m (432,6 s.l.m.)

n°7/7 DP		quota 433.55		x 524279		y 4978622		
Prof.	No	N _{spt} equiv.	N ₁₍₆₀₎	19.5	C _N (<1.6)	stima modulo confinato	Densità relativa / Cu KPa	angolo d attrito interno
m				γ in kN/m ³	fattore di normalizz.	M (MPa)	%	°
0				σ'_{v0}				
0.3	1	1.7	2.7	5.9	1.60	5	42	
0.6	2	3.4	5.4	11.7	1.60	16	69	
0.9	2	3.4	5.4	17.6	1.60	16	69	
1.2	3	5.1	8.2	20.4	1.60	22	92	
1.5	3	5.1	8.2	23.3	1.60	22	92	
1.8	3	5.1	8.2	26.2	1.60	22	92	
2.1	4	6.7	12.5	29.1	1.85	27	112	
2.4	4	6.7	11.9	32.0	1.77	27	112	
2.7	6	8.9	15.1	34.9	1.69	31	54	37.4
3	5	7.9	12.8	37.8	1.63	29	50	36.0
3.3	6	8.9	14.0	40.7	1.57	31	53	36.7
3.6	8	10.9	16.5	43.6	1.51	34	58	38.2
3.9	12	14	21.2	46.5	1.47	39	66	40.6
4.2	16	18	25.1	49.4	1.42	42	72	42.4
4.5	7	10	13.8	52.3	1.38	33	54	36.6
4.8	8	11	14.7	55.1	1.35	34	57	37.1
5.1	11	14	17.9	58.0	1.31	38	63	38.9
5.4	11	14	17.4	60.9	1.28	38	62	38.7
5.7	11	14	17.0	63.8	1.25	38	62	38.5
6	12	14	17.7	66.7	1.22	39	64	38.8
6.3	16	18	21.2	69.6	1.20	42	70	40.6
6.6	23	23	27.0	72.5	1.17	46	79	43.2
6.9	RIFIUTO							



Ordinando i dati della quota del suolo a partire da monte è possibile sintetizzare le informazioni delle prove come riferito nella tabella a fianco. Utilizzando le tre misure del livello dell'acqua nei tubi piezometrici è possibile delineare una preliminare bozza della circolazione idrica sotterranea, che risulta essere pellicolare al contatto con il substrato impermeabile, caratterizzata da un gradiente verso **SW del 12** %.

La ricostruzione fornita mostra in alcuni casi, a valle del piezometro posto nella prova DP 6, la presenza di acqua a quote coincidenti con quella topografica, ma tale circostanza, che come detto in precedenza (pag. 5) ha costituito il motivo della formazione dei fossetti destinati a favorire il drenaggio del terreno, non è stata osservata e la ricostruzione fornita in Figura 16, è probabilmente il prodotto dell'inadeguatezza dell'interpolazione lineare tra le misure.

prova	quota suolo (m)	profondità a prova (m)	quota fondo prova (m)	quota acqua (m)
DP 2	449.6	2.4	447.2	< 447.2
DP 3	448.6	6	442.6	< 442.6
DP 4	445.4	3.9	441.5	441.8
CPT 1	444.3	4	440.3	< 440.3
DP 1	444.3	4.5	439.8	< 439.8
DP 6	440.2	3.9	436.3	439.3
DP 5	439.4	1.5	437.9	< 437.9
DP 7	433.6	6.6	427.0	432.6

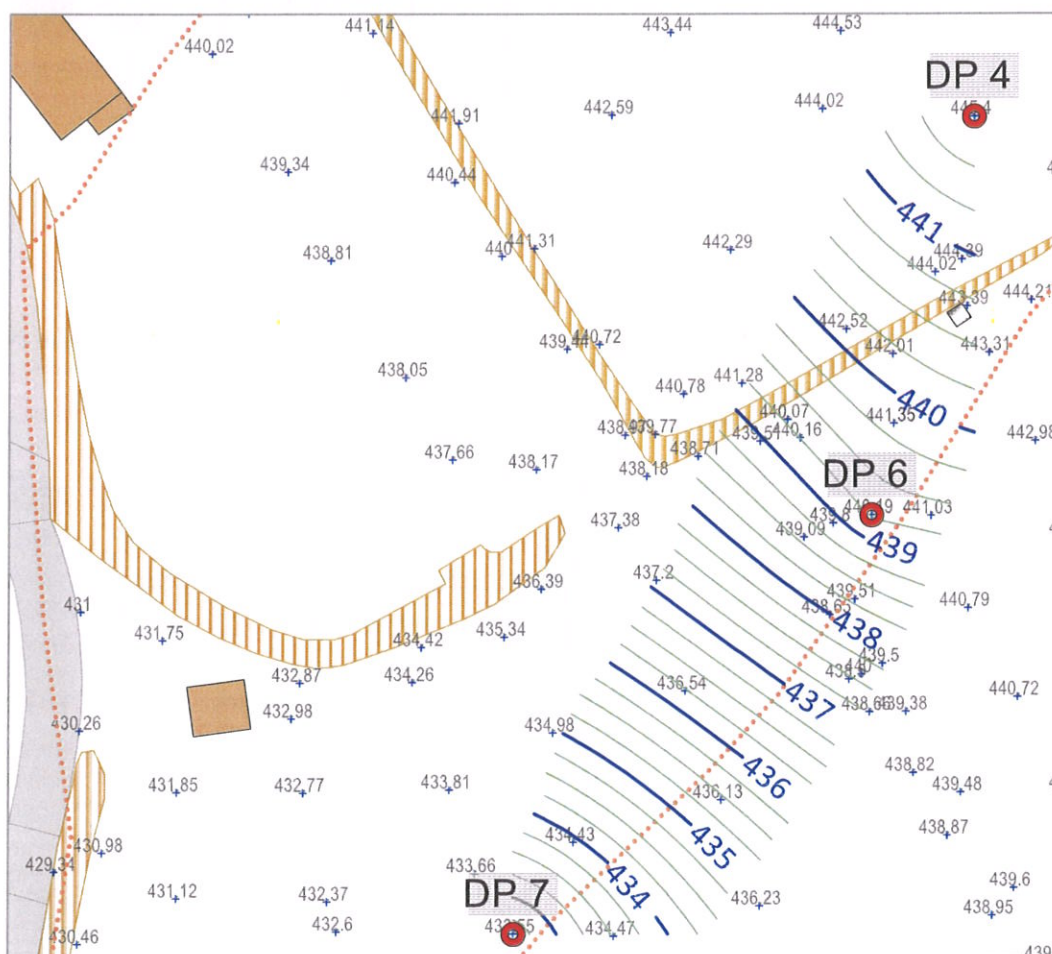


Figura 16 : dettaglio in scala 1: 600 con ricostruzione del deflusso delle acque sotterranee dove ne è stata rilevata la presenza nei micropiezometri.

Il comportamento dei corpi acquiferi dell'appennino settentrionale comunemente determina quote massime nel periodo tardo primaverile e minimi in quello tardo estivo o autunnale.

Verifica di compatibilità a interventi edificatori e proposta di modifica della classe di fattibilità geologica dell'area di frana quiescente ID 180053900 in Comune di Golferenzo (Pv) sulla base di quanto previsto dall'art. 9 comma 3 delle N.d.A. del PAI. - Marzo 2023



Figura 17: iniziando da in alto a sinistra, esecuzione delle prove penetrometriche CPT 1, DP 2, DP 3 e DP 5

4 Indagini geofisiche

4.1 PREMESSA

Il rapporto illustra e commenta l'esito dell'indagine sismica realizzata il 19 Gennaio 2021 su terreni coltivati posti in prossimità del perimetro SE dell'abitato di Golferenzo (Pv), individuati come frana quiescente nel Pai vigente (ID 180053900). L'area si estende per 0,9 ha nella parte sommitale di un versante rivolto a SW, dalla quota di 455 m s.l.m. fino a 430 m s.l.m., e presenta pendenza media del 14,5 % (9,1°) da NE verso SW, tra un valore massimo del 31% (19,1°) nella porzione nordorientale del corpo di frana e minimo del 10,4% (6,6°) all'estremità sud occidentale, nei terreni a sud di un vecchio lavatoio che eroga acqua non potabile tramite una pompa e un pozzo superficie.



Figura 18: ripresa aerea e su OpenTopoMap dell'abitato di Golferenzo e del corpo di frana quiescente ID 180053900. A destra il lavatoio con la presenza della fontana e del cartello per acqua non potabile (freccia bianca)

La prospezione geofisica è consistita nella realizzazione delle seguenti prove:

- 2 profili "Sismo-tomografici" per la ricostruzione della geometria e del grado di addensamento delle unità presenti nel sottosuolo dell'area d'interesse;
- 4 prove "Masw" in corrispondenza dei profili sismo-tomografici (2 prove per ogni profilo), per la determinazione del terreno di fondazione, in base alle NTC 2018-2019, e del grado di addensamento dei materiali;
- 6 prove HVSR (Microtremori tipo Nakamura), finalizzate sia alla definizione delle frequenze di vibrazione principali che alla ricostruzione dell'assetto sismo-stratigrafico dell'area.

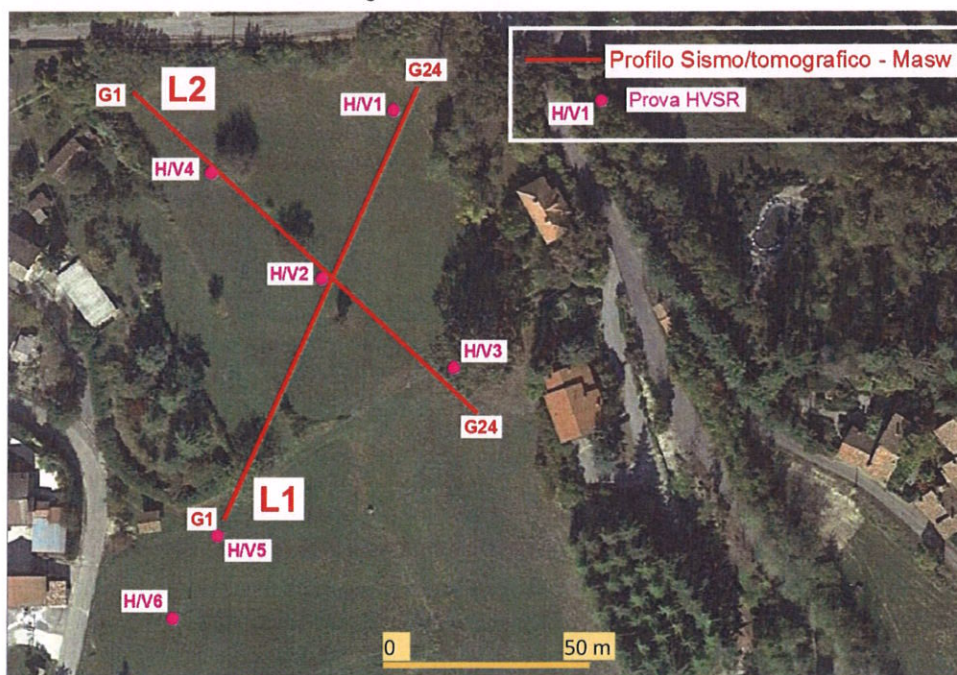


Figura 19:
Ubicazione dei profili
sismo-stratigrafici, delle
relative prove "Masw" e
delle misure H/V.



Figura 20: Fasi esecutive del profilo sismico **L1**



Figura 21: Fasi esecutive del profilo sismico **L2**



Figura 22 esecuzione prova Hvsr 1



prova Hvsr 4



prova Hvsr 6

4.2 TOMOGRAFIA SISMICA

4.2.1 Cenni metodologici

Il metodo sismico a rifrazione si basa sulla misura dei tempi di percorso delle onde sismiche di volume (P o S) dirette e rifratte (i cosiddetti primi arrivi) che, partendo in un istante noto da una sorgente artificiale di posizione nota, arrivano ai diversi geofoni. Le onde dirette sono quelle che si propagano direttamente dalla sorgente ai geofoni, senza scendere in profondità, invece, le onde rifratte sono quelle che, dopo essere penetrate in profondità nel sottosuolo, incontrano un rifrattore dove si verifica un aumento brusco della velocità di propagazione, vengono da esso trasmesse in superficie dall'incidenza critica dei raggi sismici. I dati ricavati da tale tipo di indagine consentono di determinare un modello bidimensionale del sottosuolo. Utilizzando le distanze tra il punto di scoppio e i geofoni nonché i tempi di arrivo del segnale sismico, si ricavano delle curve tempo-distanza, le dromocrone, e da quelle dei primi arrivi si risale al modello di velocità sismica del sottosuolo, fino alla base del rifrattore più profondo individuato. L'indagine di sismica a rifrazione consente di valutare le caratteristiche meccaniche dei terreni indagati e di definire il loro grado di fatturazione, nonché la geometria delle stratificazioni immediatamente sottostanti la coltre superficiale, individuando la profondità del basamento (bedrock).

4.2.2 Modalità esecutive

Sono stati registrati 2 profili sismici, costituiti da allineamenti di 24 geofoni spazati di 5 metri per una lunghezza totale di 115 metri. In punti predefiniti del profilo disposti simmetricamente allo stendimento, 2 agli estremi del profilo ed ogni 3/4 geofoni, sono stati creati degli impulsi elastici utilizzando una massa battente.

La registrazione dei sismogrammi è stata effettuata mediante un sismografo Geode della Geometrics a 24 canali ad elevata dinamica (24 bit).

4.2.3 Strumentazione utilizzata

Il "Geode" è un sismografo modulare a 24 bit che rappresenta l'ultima frontiera dei sistemi di registrazione sismica combinando il meglio dei tradizionali sismografi Geometrics con la flessibilità di un sistema distribuito. Geode è un sismografo ad elevata dinamica (144 dB di range dinamico totale – 105 dB istantanei a 2 msec di campionamento). Grazie all'ampia banda d'ingresso (1.75 Hz – 20 kHz, con velocità di campionamento da 0.02 msec a 16 msec), esso è perfettamente idoneo per un'ampia gamma di applicazioni: sismica a rifrazione, sismica a riflessione (anche ad altissima risoluzione), monitoraggio di vibrazioni, applicazioni sismologiche, downhole e VSP. In acquisizione sono disponibili tutte le funzioni di filtri, pre-amplificazione, line-test e instrument-test, tipiche dei sistemi di registrazioni evoluti.

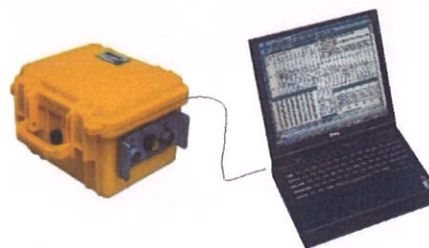


Figura 23: Sismografo "Geode" collegato al pc

- L'attrezzatura utilizzata è composta da:
- Sismografo modulare Geode 3-1000+ canali,
 - Massa battente da 10 Kg,
 - Piastra di battuta in alluminio 15x15x2,5cm,
 - Batteria ricaricabile 12 V,
 - Cavo per sismica a rifrazione stranded, 130 mt con 24 takeouts SPT-21 a 5 metri di intervallo e due code da 7.5 mt l'una terminate con connettore Bendix 61S,
 - Geofoni GS20DX, 4.5 Hz verticali, 395 Ohm con puntale da 3" ed 1,5 mt di cavo terminato con mueller clip singola MC-20-SP,
 - Computer portatile ACER. Elaborazione dati

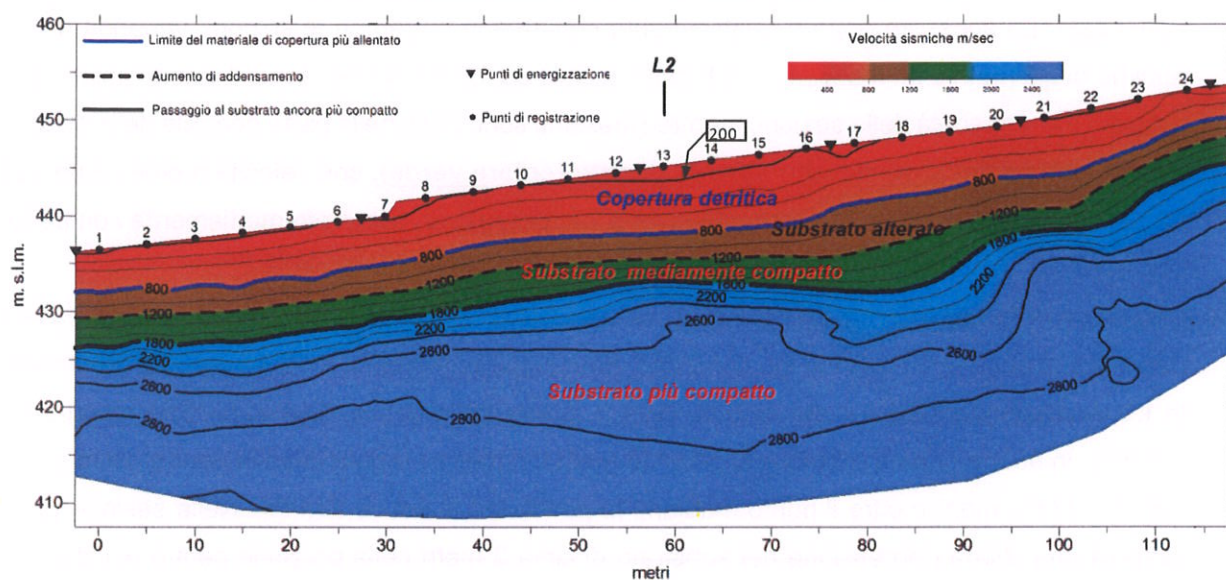
4.2.4 Elaborazione

I dati acquisiti sono stati interpretati secondo un metodo sismico-tomografico utilizzando il software **SeisOpt@2D v4.0** prodotto dalla OPTIM. La procedura d'elaborazione ha comportato in una prima fase la lettura dei tempi dei primi arrivi sui sismogrammi e la ricostruzione dei percorsi dei raggi sismici attraverso il terreno. In linea teorica, ogni punto del mezzo investigato è attraversato in

tutte le direzioni, dai raggi sismici. Di ogni raggio è quindi calcolata la traiettoria e, sul confronto fra tutti i possibili percorsi e tempi impiegati, è stabilita per ogni punto (o cella di dimensioni 1x0.5 m, in questo caso) la sua velocità sismica caratteristica. Il risultato finale dell'elaborazione consiste in sezioni di velocità sismiche, rappresentate sia con il valore numerico di velocità sia tramite colori, che vanno dal rosso per i valori più bassi, al blu per i valori più elevati. La scala cromatica evidenzia i cambiamenti di velocità ritenuti più significativi.

4.2.5 Analisi dei risultati

Loc. GOLFERENZO - Tomografia sismica - L1



Loc. GOLFERENZO - Tomografia sismica - L2

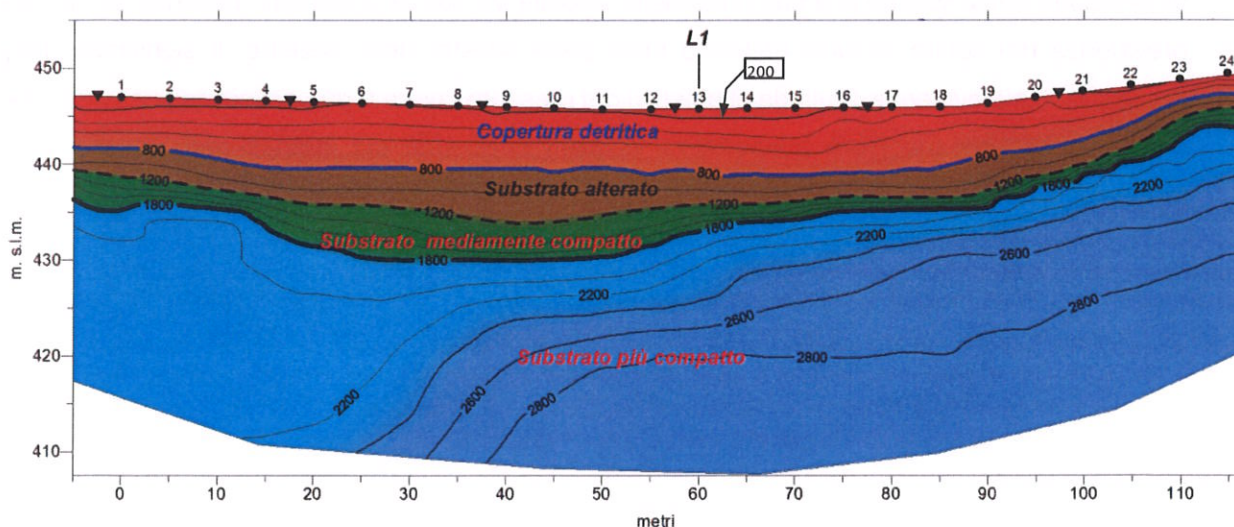


Figura 24: Sezioni sismiche ottenute dall'elaborazione: scala orizzontale = verticale 1: 750. L'intervallo tra gli isovalori di V_p è di 200 m/s.

Sono state distinte le seguenti unità sismiche:

- **Unità superficiale (colore rosso)**, con velocità inferiori a 800 m/sec, a partire da valori inferiori a 200 m/s che caratterizzano il primo metro circa dalla superficie topografica, ma che in alcuni

tratti sono assenti. L'unità è riconducibile al materiale di copertura meno addensato e presenta spessori medi di 5/6 metri e una riduzione significativa nella parte SE della sezione L2 dove l'unità presenta spessori prossimi a 2,0 metri e dove il substrato roccioso (colore azzurro) appare a profondità prossime ai 5 metri dalla superficie topografica, contro i 10 – 17 metri della restante parte di entrambi i profili. L'unità superficiale appare lievemente ridotta anche alle estremità della sezione L1, dove gli spessori sono di 3,4 a NE e di 4,3 m a SW, e all'estremità NW di L2 dove lo spessore è prossimo a 5,0 metri.

- **Strato intermedio a medio addensamento (colore marrone)**, con velocità medie di 1000-1100 m/s; tale orizzonte può essere considerato un substrato parzialmente alterato e/o un detrito molto addensato. Lo spessore appare relativamente costante in entrambe le sezioni, variando da un minimo di 2,2 metri a un massimo di 4,8 metri in S1 e da 1,5 a 5,5 metri in L2. I valori minimi sono presenti alle estremità delle sezioni, mentre i massimi sono posti nella parte centrale delle stesse.
- **Strato intermedio a medio-alto addensamento (colore verde)**, con velocità medie comprese tra 1400 e 1500 m/s; tale orizzonte può essere considerato un substrato mediamente compatto, i cui spessori sono analoghi a quelli sopra descritti per lo strato marrone.
- **Orizzonte di fondo (colore azzurro-blu)**, con velocità di 2200-2600 m/s. L'orizzonte può essere associato al substrato roccioso più compatto, rinvenuto mediamente a 10-13 metri di profondità. In L1 la pendenza media è del 16,5 % (10,4°), prossima a quella della superficie topografica (14,5%), in buona parte attribuibile ai primi 35 metri del tratto a monte dove la pendenza media è del 38% (23°), mentre oltre il punto mediano la pendenza si riduce all'11%. Nella sezione L2 si osserva una chiara depressione del substrato di circa 3 metri nella porzione centro occidentale del profilo di circa 60 metri di estensione, che sembra potersi associare ad una evidente diminuzione del gradiente di incremento delle velocità Vp con la profondità, descritta dall'ampia prevalenza del colore azzurro uniforme nella parte sinistra della sezione. Il significato della presenza di tale evidenza esula dagli obiettivi del presente lavoro e può essere ragionevolmente connessa ad una maggiore abbondanza di peliti o ad una più intensa fratturazione della formazione.

4.3 PROVE "MASW"

4.3.1 Cenni metodologici

Il metodo "MASW" è una tecnica di indagine non invasiva che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze e d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. Tale natura è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi.

Il metodo di indagine MASW si distingue in metodo attivo e metodo passivo (Zywicki, D.J.1999) o in una combinazione di entrambi. Nel metodo attivo le onde superficiali sono artificialmente generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. Nel metodo passivo lo stendimento dei sensori può essere sia lineare, sia circolare e si misura il rumore ambientale di fondo esistente. Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi 30-50m in funzione della rigidità del suolo. Il metodo passivo in genere consente di tracciare una velocità di fase apparente sperimentale compresa tra 0 Hz e 10Hz, quindi dà informazioni sugli strati più profondi del suolo, generalmente al di sotto dei 50m, in funzione della rigidità del suolo.

Nel seguito faremo riferimento al metodo MASW attivo che consente la classificazione sismica dei suoli, perché fornisce il profilo di velocità entro i primi 30m di profondità. Il metodo passivo è più usato quando si ha interesse ad avere informazioni, comunque meno precise, sugli strati più profondi. L'elaborazione dei dati con il metodo MASW prevede tre fasi di lavoro:

- 1) la prima fase prevede il calcolo della velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale;
- 2) la seconda fase consiste nel calcolare la velocità di fase apparente numerica;
- 3) la terza fase consiste nell'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , modificando opportunamente lo spessore h , le velocità delle onde di taglio V_s e di compressione V_p (o in maniera alternativa alle velocità V_p è possibile assegnare il coefficiente di Poisson), la densità di massa degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra lo spettro di velocità di fase sperimentale e lo spettro di velocità di fase corrispondente al modello di suolo assegnato.

4.3.2 Modalità esecutive

Per le prove "Masw" sono stati utilizzati gli **stessi stendimenti utilizzati per la tomografia sismica**. L'energizzazione è stata ottenuta con una **massa battente di 10 Kg**. La lunghezza delle registrazioni è stata di 1 sec, con un passo di campionamento di 0.250 ms.

Per ogni profilo sono state estratte 2 prove Masw considerando separatamente i tratti compresi fra i geofoni 1-12 (M1A e M2A) e quello fra i geofoni 13-24 (M1B e M2B): Si ricorda che il punto di determinazione del profilo delle V_s in profondità, **si riferisce al centro dello stendimento geofonico considerato**.

4.3.3 Elaborazione dati

Il software utilizzato per l'elaborazione dei dati è il **"winMASW"** della EliaSoft. L'approccio utilizzato non prevede la determinazione di una curva di dispersione (scelta soggettiva), ma l'analisi di diretta di tutto lo spettro di velocità (approccio FVS Full Velocity Spectrum).

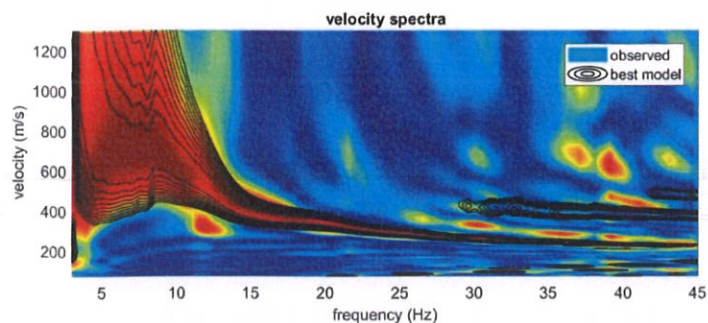
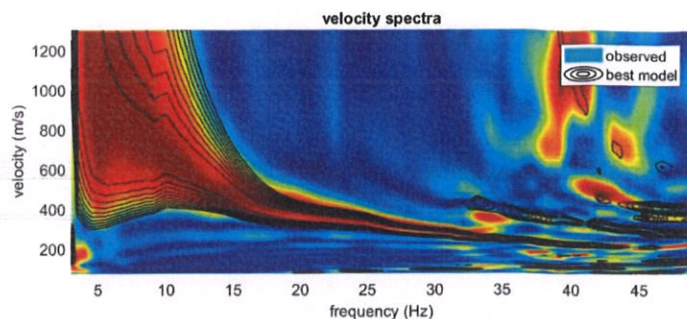


Figura 25: Spettro velocità di fase-frequenza – Prove M1A



e M1 B

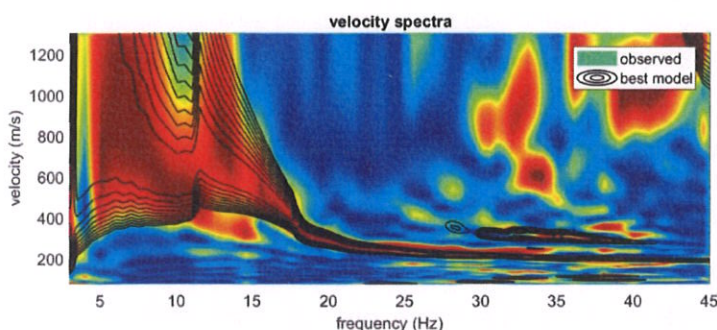
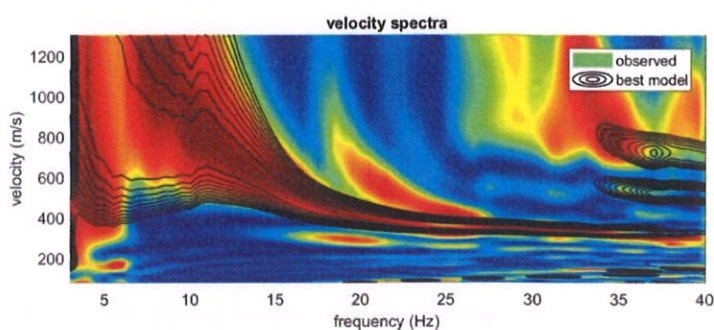


Figura 26: Spettro velocità di fase-frequenza – Prove M2A



e M2 B

4.3.4 Analisi dei risultati

I dati sismici acquisiti ed elaborati hanno consentito di determinare i 4 profili di velocità delle onde “S” dell'area, qui riassunte in Figura 27 limitando la rappresentazione alle due prove che sono apparse più chiaramente interpretabili.

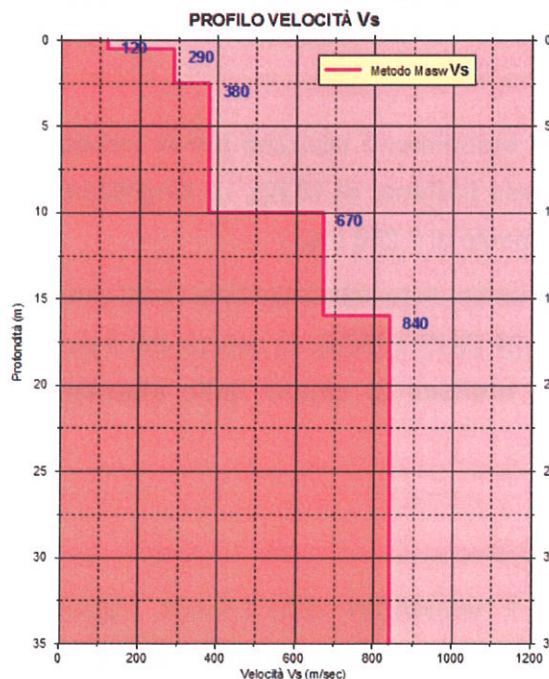
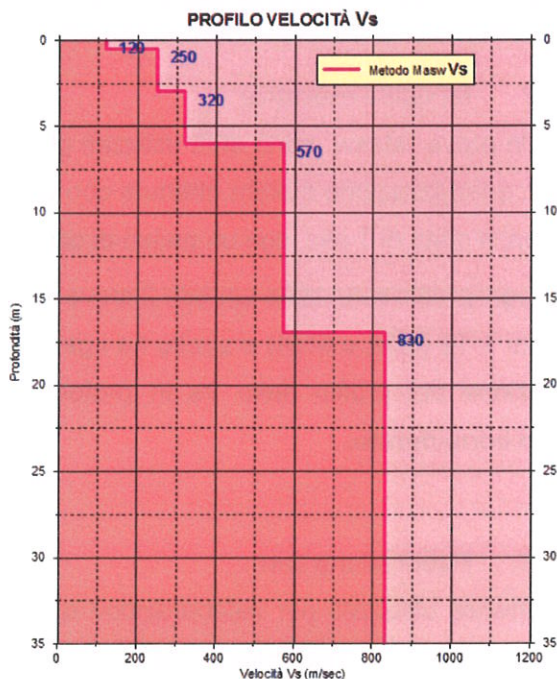


Figura 27: esito Prova M1A



e Prova M2B

I risultati della prova consentono di fare le seguenti considerazioni:

- ✓ I profili sismici presentano un andamento sostanzialmente analogo testimoniando una buona omogeneità sismo-stratigrafica dell'area;
- ✓ Lo spessore del materiale a medio-bassa velocità ($V_s < 300$ m/s) è di circa 2,5 metri;
- ✓ Più in profondità fino a 6/11 m le velocità si alzano leggermente portandosi sui 320/430 m/s;
- ✓ Oltre i 6/11 metri si ha un netto aumento di velocità con il passaggio a un'unità progressivamente più compatta che mostra valori medi di 570/670 m/s;
- ✓ Il "Bedrok" sismico ($V_s > 800$ m/s) alla base dello strato precedente è stato individuato a 16/17 metri dal p.c.;
- ✓ La categoria del suolo di fondazione è di tipo "B" per tutte le prove, con valori di V_{s_eq} variabili da 367 m/s (M1B) a 402 m/s (M2B).

4.4 MISURA DEI RAPPORTI SPETTRALI HVSR – (IPOTESI DI NAKAMURA)

4.4.1 Cenni metodologici

Il metodo dei rapporti spettrali di singola stazione (HVSR) è largamente utilizzato in paesi con elevato rischio sismico quali il Giappone per la stima degli effetti di amplificazione di sito. Il microtremore, un'impercettibile oscillazione naturale del suolo, è presente in qualsiasi punto della superficie terrestre e consiste per lo più nelle onde sismiche prodotte dal vento e dal moto ondoso marino negli strati superficiali della Terra. Anche le attività umane (industrie, traffico stradale ecc.) possono produrre localmente microtremore, ma in genere tale segnale viene attenuato piuttosto rapidamente a causa delle sue caratteristiche di alta frequenza.

Il microtremore agisce da oscillatore naturale e permette la misura diretta delle frequenze di vibrazione dei terreni e dei manufatti. La tecnica utilizzata, proposta da Nakamura (Nakamura, Y., 1989. *A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface*. QR of RTRI, Vol. 30, No.1, 25-33) per lo studio delle amplificazioni di sito, assume che i microtremori consistano principalmente di onde di Rayleigh che si propagano in un singolo strato sovrapposto su semispazio e che la presenza di questo strato sia la causa dell'amplificazione al sito. Tale tecnica permette di separare i termini di sorgente-percorso e di sito tramite i rapporti tra le componenti del moto, senza utilizzare alcun sito di riferimento. Le ipotesi su cui si basa la tecnica di Nakamura sono le seguenti:

- I microtremori sono generati da sorgenti superficiali, e non da sorgenti profonde i cui contributi sono trascurabili;
- Le sorgenti dei microtremori in superficie non influenzano i microtremori alla base dello strato considerato;
- La componente verticale del moto non risente di effetti di amplificazione locale.

Il picco visibile nei rapporti H/V (rapporto tra l'ampiezza spettrale della componente orizzontale e l'ampiezza spettrale della componente verticale) è indipendente dalle caratteristiche della sorgente del rumore ed è invece fortemente dipendente dalle condizioni stratigrafico-litologiche del terreno. Tale picco è inoltre ben correlato con la frequenza fondamentale di vibrazione del terreno soggetto alla propagazione di onde S verticali e con il picco fondamentale delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh.

Le principali applicazioni delle prove H/V si possono così sintetizzare:

- ✓ Misura delle frequenze di risonanza dei suoli;
- ✓ Effetti di sito e microzonazione sismica (curve H/V, metodo di Nakamura);
- ✓ **Stratigrafia sismica passiva;**
- ✓ V_{s30} da fit vincolato della curva H/V;
- ✓ Segnalazione dei possibili fenomeni di doppia risonanza suolo-struttura.

Di particolare importanza è la frequenza di vibrazione del sito, caratterizzata dal maggiore rapporto di ampiezze H/V, nell'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico (frequenze generalmente inferiori a 15 Hz), denominata frequenza fondamentale di vibrazione f_0 .

E' possibile poi determinare la profondità degli strati sismici mediante la misura diretta delle frequenze di vibrazione, associata alla misura delle velocità delle onde S tramite la relazione: $f_0 = V_s/4H$

dove V_s è la velocità media delle onde di taglio, e H è la profondità della discontinuità sismo-stratigrafica.

Nella presente indagine le prove HVSR sono state utilizzate per la ricostruzione dell'assetto litostratigrafico dell'area (Stratigrafia sismica passiva).

4.4.2 Strumentazione utilizzata e modalità di acquisizione

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un tromografo digitale della ditta Micromed S.r.L modello "Tromino ENGY".

Lo strumento racchiude al suo interno 3 terne (2 di velocimetri e l'altra di accelerometri) di sensori ortogonali tra loro e con possibilità di campionamento nell'intervallo di frequenze compreso tra 0.1 e 256 Hz. In questo caso le registrazioni (6 prove) hanno avuto una lunghezza di 20-16 minuti, con un campionamento a 128 Hz.



4.4.3 Software di elaborazione utilizzato

Per l'elaborazione dei dati è stato utilizzato il software "Grilla" che consente di effettuare:

- Analisi spettrale completa delle tracce, calcolo delle curve H/V per la determinazione delle frequenze di risonanza del sottosuolo;
- Procedure di pulizia delle tracce nel dominio del tempo e delle frequenze;
- Test sulla significatività dei picchi secondo le linee guida europee (Criteri Sesame);
- Determinazione delle frequenze dei modi di vibrare delle strutture, con rimozione dell'effetto di sottosuolo;
- Creazione di un report automatico con tabelle e illustrazioni.

4.4.4 Elaborazione ed analisi dei dati

L'elaborazione delle prove si è articolata attraverso le seguenti fasi:

- Calcolo del rapporto H/V in funzione della frequenza;
- Determinazione del profilo di velocità Vs, tramite l'inversione della curva H/V.

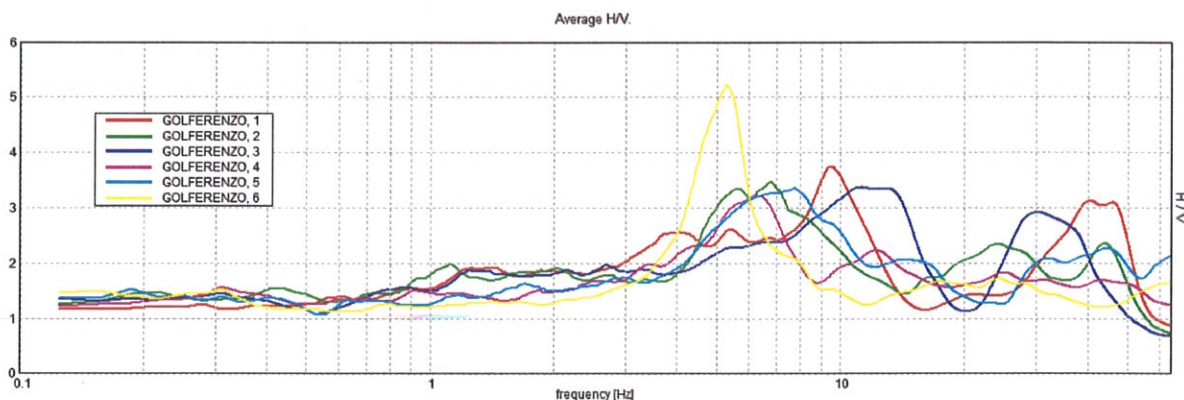


Figura 28: Quadro d'insieme delle prove Hvsr

Per consentire un più agevole confronto fra le prove, i risultati delle stesse sono stati riportati in un unico grafico, che consente di fare le seguenti considerazioni:

- L'andamento delle prove è nel complesso simile, evidenziando una sostanziale uniformità sismo-stratigrafica del sito;
- La frequenza di vibrazione caratteristica si colloca in prevalenza (prove 2, 4 e 5) nell'intervallo 6.2-7.7 Hz, mentre le n. 1 e 3 presentano frequenze di risonanza maggiori (9

- e 11 Hz) e quindi spessori della copertura detritica minori, in coerenza con quanto illustrato e commentato nelle sezioni di Figura 24 a pag. 29;
- La prova 6 presenta una frequenza di vibrazione minore (5 Hz) e quindi uno spessore della copertura maggiore, circostanza che non appare confermata dall'estremità a valle della sezione L1, che però termina 35 metri a NNE del punto di prova. La presenza di un maggiore spessore dei depositi di copertura detritica in prossimità di tale area appare confermata dalla prova vicina penetrometrica DP 7 che mostra la presenza di un deposito almeno fino alla profondità di -6,6 metri;
 - Il valore del rapporto H/V delle frequenze di risonanza, che è mediamente compreso fra 3 e 4, indica una successione litostratigrafica con significativi contrasti d'impedenza sismica, che appare ben confermato dalle variazioni di velocità delle onde di taglio a profondità comprese tra 5 e 10 metri come evidenziato in Figura 27.

5 Verifica della stabilità attuale del pendio

5.1 PREMESSA

La verifica è stata eseguita impiegando il software **SSAP 2010**, sviluppato da oltre trenta anni dal Dr. Lorenzo Borselli aggiornata alla versione 5.1 del 17 ottobre 2022. La ricerca del fattore di sicurezza avviene con i metodi analitici dell'equilibrio limite impiegando tecniche iterative su ipotetiche su perfici di scivolamento, al fine di individuare quella con il valore minimo del fattore di sicurezza FS.

In tutti i procedimenti disponibili in letteratura e che possono essere impiegati dal software, BISHOP (1955), MORGESTERN & PRICE (1965), SPENCER (1967), JANBU (1973), la massa potenzialmente instabile è suddivisa in "conci" delimitati da superfici verticali e su ogni concio sono valutate singolarmente le forze agenti e resistenti.

Le condizioni di pericolosità sismica di base sono ricavate per il sito in esame dal software on line della Geostru, che ha fornito il risultato riferito in Figura 29.

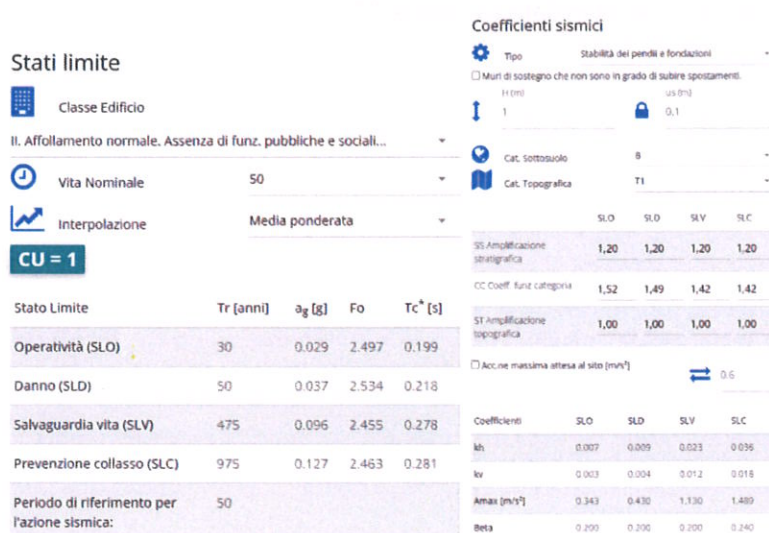


Figura 29: individuazione della pericolosità sismica di base e dei coefficienti sismici per la categoria di sottosuolo B riconosciuta mediante l'indagine sismica.

La geometria della scarpata è stata determinata lungo la traccia n. 4 riportata in Figura 12 a pag. 15.

L'aspetto più problematico affrontato è stato quello di trasformare le informazioni delle misure geofisiche e delle osservazioni di superficie in parametri di resistenza delle rocce.

Tra le metodiche disponibili si è valutato opportuno impiegare il metodo pubblicato da Hoek et al. (2002)³ destinato alla caratterizzazione della resistenza al taglio degli ammassi rocciosi fratturati, che è utilizzabile direttamente in SSAP2010. Con questo criterio si sono potute impiegare sia le informazioni geofisiche riferite nel § 4 sia le osservazioni sulle condizioni delle rocce in affioramento lungo via Brevio (Figura 11) descritte nella letteratura, di cui si è dato conto nel § 2.

Una delle caratteristiche del criterio di rottura di Hoek è che esso definisce per l'ammasso nel suo insieme un involucro di rottura curvo all'interno del diagramma degli sforzi normali e tangenziali, e la

³ Hoek, E., & Diederichs, M. S. (2006). Empirical estimation of rock mass modulus. International journal of rock mechanics and mining sciences, 43(2), 203-215. Hoek, E., Carter, T. G., & Diederichs, M. S. (2013, January). Quantification of the geological strength index chart. In 47th US rock mechanics/geomechanics symposium. American Rock Mechanics Association.

definizione dei parametri φ' e c' equivalenti passa attraverso la valutazione locale dello stato tensionale. I parametri sono quindi definiti attraverso la retta tangente l'involuppo nel punto considerato.

L'applicazione del criterio Hoek et al (2002), anche detto "**metodo GSI**" (*Geological Strenght Index*), richiede la determinazione o la stima di quattro parametri di base riguardanti l'ammasso:

- 1) La resistenza a compressione uniassiale σ_{ci} (MPa) degli elementi di roccia intatta, valutata solitamente mediante prove Point Load o simili.
- 2) L'indice geologico di resistenza **GSI** (adimensionale) che sintetizza le caratteristiche strutturali essenziali dell'ammasso.
- 3) La costante litologica m_i (adimensionale) che dipende dalla litologia dell'ammasso stimabile da apposite tabelle.
- 4) Il fattore di disturbo **D** (adimensionale) che variando da 0 a 1 rappresenta il grado di disturbo indotto da operazioni di scavo meccanico o esplosivi.

I parametri possono essere stimati con l'ausilio di grafici o tabelle, oppure attraverso un software disponibile come pagina WEB, la cui schermata è riportata nella Figura 30.

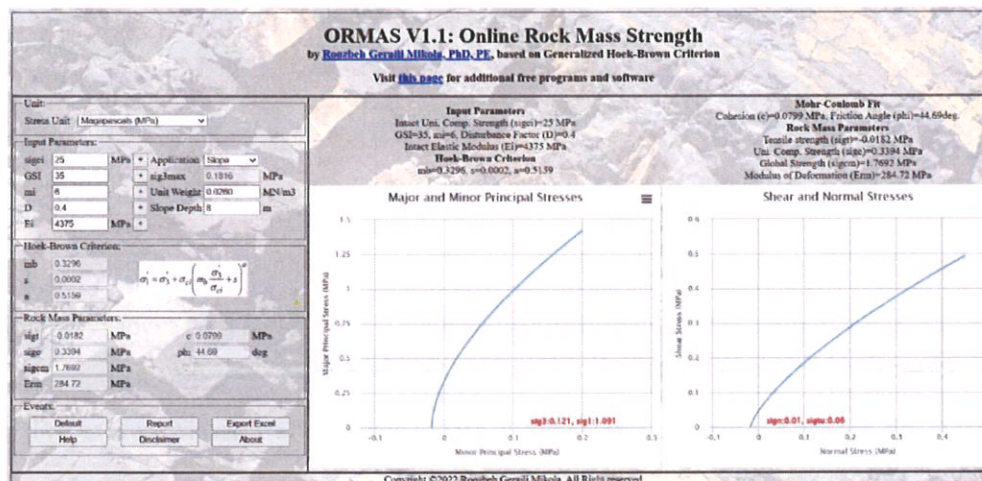


Figura 30: software impiegato per la stima dei parametri φ' e c' equivalenti. <http://www.roozbehqm.com/codes/ormas/ormas.html>

Il parametro D è stato stimato partendo dai valori di V_p superficiale e profonda ottenuta mediante la tomografia sismica, mentre altri parametri sono stati ottenuti in modo indiretto mediante valutazione dei valori e distribuzione della Vs.

5.2 ELABORAZIONE

L'elaborazione è stata eseguita con il modello di calcolo di Morgenstern, nel rispetto delle procedure delle NTC 2018, considerando la presenza della falda alle profondità suggerirete nell'area della sezione da quanto riferito in Figura 16.

Lo strato 1 è quello dell'unità argilloso limosa risultante dalle misure geotecniche nei primi 2-6 metri dalla superficie e dai parametri geofisici riferiti nelle Figura 24 e Figura 27, lo strato 2 rappresenta il substrato marnoso pelitico nella sua parte superficiale che presenta Vs di 320-570 m/s.

E' da rilevare che lo strato 1, composto da depositi in netta prevalenza coesivi di media ed elevata resistenza ($c_u = 70-120$ KPa), per coerenza con i criteri adottati per stimare i parametri del substrato

Verifica di compatibilità a interventi edificatori e proposta di modifica della classe di fattibilità geologica dell'area di frana quiescente ID 180053900 in Comune di Golferenzo (Pv) sulla base di quanto previsto dall'art. 9 comma 3 delle N.d.A. del PAI. - Marzo 2023

roccioso alterato, è stato decritto assumendo valori molto cautelativi del comportamento in condizioni drenate ($\varphi' = 24^\circ$ e $c' = 5$ KPa).

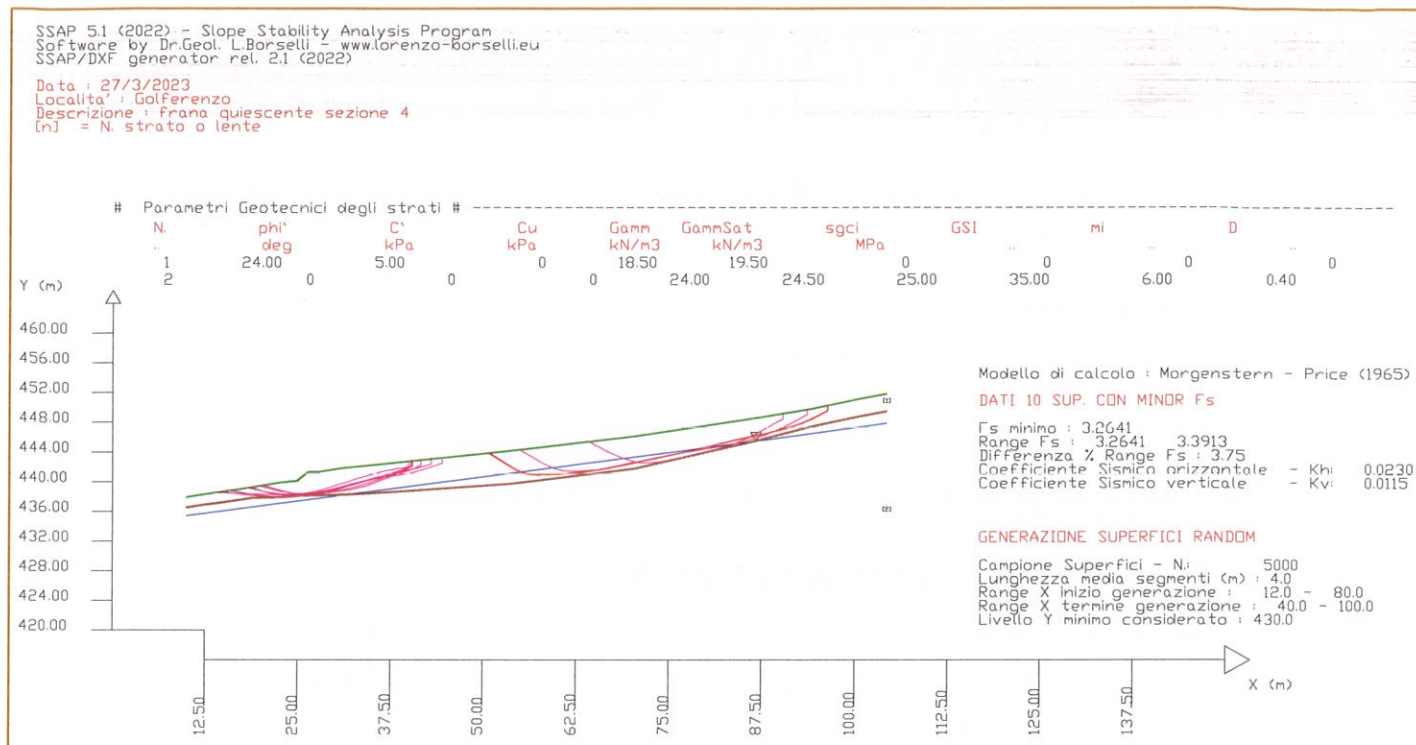


Figura 31 : esito dell'elaborazione in condizioni sismiche.

I fattori di sicurezza minimi ottenuti **sono superiori a 3** e nelle ipotesi più sfavorevoli scorrimento lambiscono ma non si approfondiscono mai oltre la parte superiore del substrato.

Gli elaborati che seguono mostrano i dettaglio di alcuni aspetti che possono essere utili per approfondimenti. Il significato è rilevabile dai titoli e dalle legende.

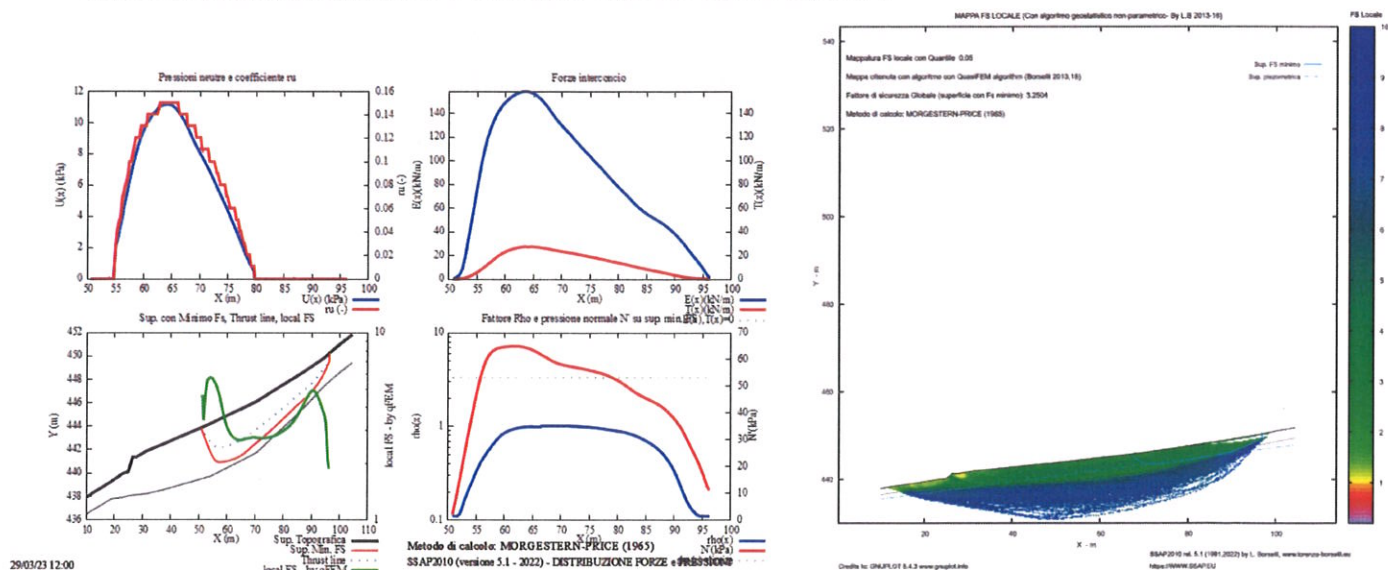


Figura 32: grafici dei principali parametri rappresentativi della verifica considerata.

#

REPORT ELABORAZIONI

SSAP 5.1 - Slope Stability Analysis Program (1991,2022)

WWW.SSAP.EU

Build No. 12804

BY

Dr. Geol. LORENZO BORSELLI

UASLP, San Luis Potosi, Mexico

e-mail: lborselli@gmail.com

CV e WEB page personale: WWW.LORENZO-BORSELLI.EU

Ricercatore Associato CNR-IRPI

Ultima Revisione struttura tabelle del report: 4 giugno 2022

File report: C:\SSAP2010\Golferenzo\risultati Golferenzo 5.txt

Data: 27/3/2023

Localita' : Golferenzo

Descrizione: frana quiescente sezione 4

Modello pendio: Golferenzo.mod

----- PARAMETRI DEL MODELLO DEL PENDIO -----

____ PARAMETRI GEOMETRICI - Coordinate X,Y (in m) ____

SUP T.		SUP 2		SUP 3		SUP 4	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
10.00	437.90	10.00	436.47	-	-	-	-
12.06	438.25	11.94	436.78	-	-	-	-
14.13	438.55	14.13	437.07	-	-	-	-
18.26	439.15	19.00	437.78	-	-	-	-
22.98	439.93	22.98	437.89	-	-	-	-
25.00	440.11	25.55	438.06	-	-	-	-
26.50	441.34	31.45	438.22	-	-	-	-
27.94	441.34	38.09	438.60	-	-	-	-
31.24	441.85	54.00	439.70	-	-	-	-
38.09	442.55	70.43	441.71	-	-	-	-
53.43	444.13	86.85	445.45	-	-	-	-
70.42	446.11	94.26	447.39	-	-	-	-
86.71	448.57	100.64	448.73	-	-	-	-
94.26	449.79	104.41	449.43	-	-	-	-
100.64	451.13	-	-	-	-	-	-
104.41	451.83	-	-	-	-	-	-

SUP FALDA

X	Y
10.00	435.40
31.45	438.22
86.85	445.45
104.41	447.83

----- GESTIONE ACQUIFERI -----

Strati esclusi da acquifero e effetto pressione dei pori:

Esclusione sovraccarico pendio sommerso: NON ATTIVATA

EFFETTO TENSION CRACK IN TESTA RIEMPITO DI ACQUA: ----> DISATTIVATO

In caso di superfici con tension crack in testa, la frattura di tensione puo' venir viene considerata completamente riempita di acqua per la sua intera profondita'.

Viene quindi considerato una forza in testa, prodotta dalla pressione idrostatica.

La forza applicata ha un effetto destabilizzante aggiuntivo alle altre forze destabilizzanti agenti.

Peso unitario fluido (kN/m³): 9.81

Parametri funzione dissipazione superficiale pressione dei fluidi:

Coefficiente A 0
 Coefficiente K 0.000800
 Pressione minima fluidi Uo_Min (kPa) 0.01
 Coefficiente di soprapressione oltre pressione idrostatica 1.00
 Limitazione dissipazione a Pressione Idrostatica = ATTIVA
 STABILITE CONDIZIONI PER LA VERIFICA CON SOVRAPPRESSIONE ACQUIFERI

CON DISSIPAZIONE IN DIREZIONE DELLA SUPERFICIE

CALCOLO EFFETTO DI FILTRAZIONE NON ATTIVATO

----- PARAMETRI GEOMECCANICI -----

	fi'	C'	Cu	Gamm	Gamm_sat	STR_IDX	sgci	GSI	mi	D
STRATO 1	24.00	5.00	0.00	18.50	19.50	1.478	0.00	0.00	0.00	0.00
STRATO 2	0.00	0.00	0.00	24.00	24.50	6.362	25.00	35.00	6.00	0.40

LEGENDA: fi' Angolo di attrito interno efficace (in gradi)
 C' Coesione efficace (in Kpa)
 Cu Resistenza al taglio Non drenata (in Kpa)
 Gamm Peso di volume terreno fuori falda (in KN/m³)
 Gamm_sat Peso di volume terreno immerso (in KN/m³)
 STR_IDX Indice di resistenza (usato in solo in 'SNIFF

SEARCH) (adimensionale)

----- SOLO Per AMMASSI ROCCIOSI FRATTURATI - Parametri Criterio di Rottura di Hoek (2002) -
 sigci Resistenza Compressione Uniassiale Roccia Intatta (in MPa)

GSI Geological Strenght Index ammasso (adimensionale)
 mi Indice litologico ammasso (adimensionale)
 D Fattore di disturbo ammasso (adimensionale)
 Fattore di riduzione NTC2018: gammaPHI=1.25 e gammaC=1.25 -

ATTIVATO (solo per ROCCE)

Dai parametri sopra indicati, relativi al criterio di rottura Hoek et alii (2002),

sono stati ricavati i parametri equivalenti geomeccanici CARATTERISTICI di resistenza al taglio dell'ammasso roccioso considerato (c',Phi')⁰⁰; tali parametri equivalenti sono stati infine ridotti, per ricavare i valori di PROGETTO, tramite i coefficienti parziali di cui alla tab. 6.2.II delle NTC 2018.

Uso CRITERIO DI ROTTURA Hoek et al. (2002,2006) - non-lineare - Generalizzato, secondo Carranza-Torres (2004)

----- INFORMAZIONI GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM -----

*** PARAMETRI PER LA GENERAZIONE DELLE SUPERFICI

MOTORE DI RICERCA: RANDOM SEARCH - Siegel (1981)

FILTRAGGIO SUPERFICI : ATTIVATO

COORDINATE X1,X2,Y OSTACOLO : 0.00 0.00 0.00

LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI (m)*: 4.0 (+/-) 50%

INTERVALLO ASCISSE RANDOM STARTING POINT (Xmin .. Xmax): 12.00 80.00

LIVELLO MINIMO CONSIDERATO (Ymin): 430.00

INTERVALLO ASCISSE AMMESSO PER LA TERMINAZIONE (Xmin .. Xmax): 40.00 100.00

TOTALE SUPERFICI GENERATE : 5000

*NOTA IMPORTANTE: La lunghezza media dei segmenti non viene considerata nel caso di uso del motore di ricerca NEW RANOM SEARCH

----- INFORMAZIONI PARAMETRI DI CALCOLO -----

METODO DI CALCOLO : MORGENSTERN - PRICE (Morgenstern & Price, 1965)
 METODO DI ESPLORAZIONE CAMPO VALORI (lambda0,Fs0) ADOTTATO : A (rapido)
 COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kh : 0.0230
 COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kv (assunto Positivo): 0.0115
 COEFFICIENTE c=Kv/Kh UTILIZZATO : 0.5000
 FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE IN TESTA (kN/m): 0.00
 FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE ALLA BASE (kN/m): 0.00

N.B. Le forze orizzontali addizionali in testa e alla base sono poste uguali a 0 durante le tutte le verifiche globali.

I valori >0 impostati dall'utente sono utilizzati solo in caso di verifica singola

----- RISULTATO FINALE ELABORAZIONI -----

DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR Fs

X(m)	Y(m)	#Superficie N.1	#FS_minimo	#Fattore di	
sicurezza(FS)= 3.2504 #Lambda= 0.1970					
66.329	445.633	78.251	443.954	88.157	445.846
68.001	444.629	78.702	444.025	88.610	445.953
68.781	444.182	79.155	444.098	89.067	446.062
69.298	443.920	79.607	444.172	89.534	446.176
69.721	443.739	80.057	444.246	90.017	446.295
70.143	443.602	80.507	444.320	90.461	446.415
70.518	443.510	80.956	444.396	90.894	446.545
70.931	443.441	81.406	444.472	91.313	446.685
71.379	443.397	81.857	444.550	91.752	446.844
71.934	443.369	82.311	444.629	92.175	447.011
72.422	443.354	82.766	444.709	92.613	447.197
72.876	443.350	83.216	444.791	93.068	447.404
73.310	443.357	83.663	444.874	93.565	447.643
73.750	443.376	84.109	444.960	94.028	447.874
74.174	443.404	84.556	445.049	94.476	448.107
74.609	443.443	85.001	445.140	94.912	448.344
75.055	443.494	85.449	445.234	95.356	448.594
75.534	443.558	85.899	445.332	95.842	448.882
75.999	443.622	86.356	445.433	96.393	449.221
76.455	443.687	86.810	445.535	97.022	449.621
76.907	443.752	87.260	445.637	97.022	450.370
77.355	443.818	87.709	445.741		
77.803	443.885				

Si omettono per brevità i risultati delle altre 9 superficie

----- ANALISI DEFICIT DI RESISTENZA -----

DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR Fs *

Analisi Deficit in riferimento a FS(progetto) = 1.200

Sup N.	FS	FTR(kN/m)	FTA(kN/m)	Bilancio(kN/m)	ESITO
1	3.250	829.9	255.3	523.5	Surplus
2	3.282	728.4	221.9	462.1	Surplus
3	3.345	781.3	233.6	501.1	Surplus
4	3.358	725.7	216.1	466.3	Surplus
5	3.393	1031.6	304.0	666.7	Surplus
6	3.395	1342.6	395.5	868.0	Surplus
7	3.420	641.9	187.7	416.7	Surplus
8	3.421	406.7	118.9	264.0	Surplus
9	3.434	1020.8	297.3	664.1	Surplus

10 3.437 874.1 254.3 568.9 Surplus

Esito analisi: SURPLUS di RESISTENZA!

Valore minimo di SURPLUS di RESISTENZA (kN/m): 264.0

Note: FTR --> Forza totale Resistente lungo la superficie di scivolamento

FTA --> Forza totale Agente lungo la superficie di scivolamento

IMPORTANTE! : Il Deficit o il Surplus di resistenza viene espresso in kN per metro di LARGHEZZA rispetto al fronte della scarpata, ovvero in kN/m

TABELLA PARAMETRI CONCI DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

Dati omessi per brevità ma disponibili nei grafici di Figura 32

TABELLA SFORZI DI TAGLIO DISTRIBUITI LUNGO SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

Dati omessi per brevità ma disponibili nei grafici di Figura 32

Strato 2 -- Parametri di resistenza al taglio equivalenti dell'ammasso roccioso stimati secondo criterio di rottura non lineare Hoek et al.(2002)

CRITERIO DI ROTTURA Hoek et al.(2002,2006) - Generalizzato secondo Carranza-Torres(2004)

Fattore di riduzione NTC2018 gammaPHI=1.25 e gammaC=1.25 - ATTIVATO

SigmaN' (kPa)	TauStrength(kPa)	Phi' (deg)	c' (kPa)
25.00	88.89	50.45	40.84
50.00	124.23	46.80	46.14
75.00	155.98	44.21	51.82
100.00	185.32	42.21	57.55
125.00	212.82	40.57	63.23
150.00	238.88	39.19	68.81
175.00	263.89	37.99	74.44
200.00	287.84	36.94	79.90
225.00	310.89	36.00	85.24
250.00	333.30	35.15	90.62
275.00	354.93	34.38	95.78
300.00	376.05	33.67	100.98
325.00	396.59	33.02	106.04
350.00	416.59	32.42	111.00
375.00	436.26	31.85	116.02
400.00	455.49	31.32	120.96
425.00	474.31	30.83	125.82
450.00	492.71	30.36	130.54
475.00	510.96	29.92	135.42
500.00	528.76	29.50	140.11
600.00	597.29	28.02	158.53
700.00	662.04	26.78	176.35
800.00	723.51	25.72	193.49
900.00	782.52	24.79	210.37
1000.00	839.37	23.96	227.00
1100.00	893.72	23.23	242.72
1200.00	946.57	22.57	258.42
1300.00	997.80	21.97	273.79
1400.00	1047.61	21.42	288.90
1500.00	1096.02	20.91	303.64
2000.00	1321.13	18.87	373.35

6 Proposta di modifica della classe di fattibilità della frana quiescente ID 180053900

Alle luce di quanto esposto, ed in considerazione dell'interesse a proporre modifiche alla classe di fattibilità dell'area in esame consentite dall'art. 9 comma 3 delle N.d.A. del PAI, richiamate nella Tabella 2 *"Correlazione tra classi di Pericolosità, classi di Fattibilità geologica per le azioni di piano e voci della legenda PAI"* del paragrafo 3.2 della D.g.r. 30 novembre 2011 - n. IX/2616, si ritiene possibile suggerire di variare per l'area in esame la classificazione di fattibilità geologica prevista dal PGT dalla 4c alla **3b**, uniformando le norme di tale superficie a quelle delle aree circostanti la frana quiescente come mostrato nella Carta di Fattibilità delle Azioni di Piano Tav. 9 del PGT, riferita in stralcio nella Figura 6 a pagina 9 del presente rapporto.

Le modifiche alle norme di tutela dell'area devono comprendere, oltre il rispetto delle prescrizioni della citata classe 3b ed a quanto previsto per le opere dalle NTC 2018 e dalla normativa regionale, l'obbligo di elaborare un adeguato progetto di regimazione delle acque meteoriche e di superficie che possano interferire sugli eventuali interventi, con il convogliamento delle stesse verso un recapito fognario che consenta di evitare nel modo tecnicamente più opportuno la loro dispersione nel sottosuolo.

La normativa dell'area in esame e del suo intorno deve quindi escludere l'impiego di tali superfici per la realizzazione delle opere di infiltrazione previste dall'articolo 5, comma 3, punto b), del Regolamento regionale 23 novembre 2017 - n. 7, recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica, aggiornato con il RR n. 8 del 19 aprile 2019.

In allegato, con tavola in formato A3, si riporta la cartografia in scala 1:2000 recante l'indicazione della pericolosità iniziale (**H3**) e della pericolosità finale (**H2**) proposta a seguito delle conclusioni della relazione tecnica dell'area di frana quiescente, nonché la classe di fattibilità geologica nella quale si propone di inserire l'area (**3b**).

Comune di Golferenzo (Pv)



Allegato unico alla verifica di compatibilità a interventi edificatori e proposta di modifica della classe di fattibilità geologica dell'area di frana quiescente ID 180053900 in Comune di Golferenzo (Pv) sulla base di quanto previsto dall'art. 9 comma 3 delle N.d.A. del PAI.
cartografie in scala 1: 2.000 - Marzo 2023

