COMUNE DI

# PIZZOFERRATO

Provincia di Chieti

# LAVORI DI SISTEMAZIONE MOVIMENTO FRANOSO IN LOCALITA' CASALE LUIGIOTTI

**O.C.D.P.C. n. 441/2017**
**Danni eccezionali eventi metereologici seconda decade gennaio 2017**
D.P.C.M. del 27.02.2019 Piano Investimenti Finanziamento seconda annualità

## PROGETTO ESECUTIVO

| | | |
|---|---|---|
| Elab. | h | Relazione Geologica e Relazione sulle Indagini e Modellazione Sismica |
| Data: | Dicembre 2020 | IL PROGETTISTA<br>Ing. Nicola Masciarelli<br>Via D. Spezioli 16, 66100 Chieti (CH)<br>tel. 3343416560<br>nicola.masciarelli@ingpec.eu |
| Rev: | | COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN PROGETTAZIONE<br>Ing. Nicola Masciarelli |
| | | ATTIVITA' GEOLOGICA<br>Geol. Domenico Pellicciotta |
| | | |

| | | |
|---|---|---|
| | IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO | |

GEOPROGETTI
DOTT. GEOL. DOMENICO PELLICCIOTTA
Via Quadroni, 117 - 66040 PERANO (Chieti)
- Tel e Fax 0872.856019 - Cell. 347.9533083
- e-mail: domenic.pellicciotta@virgilio.it

- CONSULENZA GEOLOGICA
- IDROGEOLOGIA – SISMICA – GEOTECNICA
- INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO
- SONDAGGI – PROVE PENETROMETRICHE
- INDAGINI SISMICHE

# Comune di PIZZOFERRATO

(PROVINCIA DI CHIETI)

| | |
|---|---|
| | *Relazioni Specialistiche* |
| *All.I.1* | *RELAZIONE GEOLOGICA* |
| *All.I.2* | *RELAZIONE SULLE INDAGINI E MODELLAZIONE SISMICA* |
| ***PROGETTO:*** | ***LAVORI DI SISTEMAZIONE MOVIMENTO FRANOSO IN LOCALITÀ CASALE LUIGIOTTI*** |
| ***COMMITTENTE:*** | **AMMINISTRAZIONE COMUNALE** |
| ***DATA***: | 26.11.2020 |

*IL TECNICO*
*Geol. Domenico PELLICCIOTTA*

| | |
|---|---|
| *Facciate Testo relazione* | *39* |
| *Facciate Allegati* | *51* |
| *Facciate elaborato TOT* | *90* |

# INDICE

**CAP.1 - PREMESSA ..... 3**
**CAP.2 – CARATTERISTICHE GEOLOGICHE ..... 4**
2.1 – Inquadramento geologico Generale. ..... 4
2.2 – Assetto Geologico-Strutturale dell'Appennino Centrale. ..... 4
2.3 – Aspetti Geologici locali. ..... 6
**CAP.3 – CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE ..... 6**
3.1 – Analisi del dissesto ..... 7
3.2 – Variante PAI ..... 11
**CAP.4 - CARATTERI IDROGEOLOGICI ..... 14**
**CAP.5 – CARATTERI STRATIGRAFICI E GEOTECNICI ..... 15**
5.1 –Scopo delle indagini. ..... 15
5.2 –Mezzi di indagine. ..... 15
**CAP. 6 – RISULTATI DELLE INDAGINI – MODELLO GEOLOGICO ..... 23**
**CAP. 7 – CARATTERI SISMICI DEL SITO ..... 33**
7.1 – Normativa vigente ..... 33
7.2 – Accelerazione orizzontale massima attesa $a_g$ ..... 34
7.3 – Categoria di suolo di fondazione ..... 35
7.4 – Definizione dell'azione sismica ..... 37
**CAP.8 – INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO ..... 38**

# ALLEGATI

| | |
|---|---|
| COROGRAFIA GENERALE | Scala 1:25.000 |
| CARTA GEOLOGICA "Ghisetti e Vezzani" | Scala 1:50.000 |
| CARTA GEOMORFOLOGICA *Proposta di variante* | Scala 1:5.000 |
| CARTA DELLA PERICOLOSITA' DA FRANA *Proposta di variante* | Scala 1:5.000 |
| CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA | Scala 1:25.000 |
| STRALCIO CARTA DELLE MOPS | |
| UBICAZIONE INDAGINI | Scala 1:1.000 |
| STRATIGRAFIE SONDAGGI | |
| DIAGRAFIE PROVE PENETROMETRICHE DPSH | |
| ELABORAZIONE MASW 1-2-3 | |
| SEZIONE GEOLOGICA-TECNICA N°3 | Scala 1:300 |
| SEZIONE GEOLOGICA-TECNICA N°5 | Scala 1:300 |
| SEZIONE GEOLOGICA-TECNICA N°9 | Scala 1:300 |
| SEZIONE GEOLOGICA-TECNICA N°12 | Scala 1:500 |
| SEZIONE GEOLOGICA-TECNICA Profilo 1 | Scala 1:500 |
| SEZIONE GEOLOGICA-TECNICA Profilo 2 | Scala 1:300 |
| DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA | |

## CAP.1 - PREMESSA

Su incarico dell'AMMINISTRAZIONE COMUNALE, è stato eseguito uno studio Geologico-Geotecnico in relazione al progetto ***"Consolidamento in località Casale Luigiotti"***, nel Comune di Pizzoferrato.

***Fig. 1**. Immagine da satellite del sito in esame (Google earth).*

Il progetto prevede l'esecuzione di opere di consolidamento in *località Casale Luigiotti*. Le forme di dissesto si sono manifestate negli ultimi anni, attraverso lo sviluppo di nicchie di distacco legate a superfici di taglio e dissesti alle strutture che si sono accentuale dal 2018 fino ad oggi. L'osservazione dell'evoluzione dei dissesto ed i risultati delle prime indagini sono state relazionate ai fini della variante del PAI con l'inserimento di un processo gravitativo attivo (Pericolosità P3) e grado di rischio molto elevato (Rischio R4).
ed alla richiesta dei finanziamenti necessari per interventi di mitigazione del rischio

Il presente studio, basato sul rilevamento geologico e geomorfologico della zona, sull'analisi della letteratura specifica e di indagini in sito, è teso, quindi, alla comprensione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e geotecniche dei terreni interessati dal progetto e alle dinamiche ad esse connesse, al fine di poter valutare le condizioni di stabilità dell'area e dare indicazioni sugli interventi tecnici atti alla risoluzione dei problemi incontrati.

Quanto eseguito risponde a:

- **L.R. n. 28/11.**
- **Ordinanza 3274 del 20 marzo 2003** della Presidenza del Consiglio dei Ministri.
- **D.M 17/01/2018**.
- **PAI**

# CAP.2 – CARATTERISTICHE GEOLOGICHE

## *2.1 – Inquadramento geologico Generale.*

L'area in esame si trova nell'Appennino Centro-Meridionale la cui evoluzione è stata studiata da diversi Autori. In particolare, Moscardini e Merlini, nel 1986 hanno proposto uno schema basato sull'evoluzione di *piattaforme* carbonatiche e dei relativi bacini tra esse interconnessi. Nel summenzionato schema sono stati individuati i seguenti domini, procedendo da ovest verso est: *Bacino Tirrenico, Piattaforma Appenninica, Bacino Lagonegrese-Molisano, Piattaforma Apula interna, Bacino Apulo, Piattaforma Apula esterna*.

Ghisetti e Vezzani propongono uno schema della distribuzione delle unità paleogeografiche Giurassico-Cretacee nelle zone esterne del margine africano. In tale schema è presente una piattaforma Laziale-Abruzzese nella zona occidentale ed una piattaforma Apula che caratterizza la porzione orientale, separate da un corridoio pelagico appartenente a nord al bacino Marchigiano e a sud al bacino Lagonegrese. A NW della piattaforma Laziale-Abruzzese si instaura un terzo bacino Umbro-Sabino.

Alla piattaforma Appenninica, i due Autori attribuiscono la quasi totalità dei carbonati (Trias medio-superiore-Miocene inferiore) affioranti nell'ambito della catena appenninica, tranne quelli della Maiella, la quale costituirebbe il settore settentrionale della piattaforma Apula interna.

## *2.2 – Assetto Geologico-Strutturale dell'Appennino Centrale.*

La catena Appenninica costituisce un sistema collisionale e post-collisionale, sviluppatosi dall'Oligocene superiore in seguito alla chiusura (Eocene medio-superiore) dell'Oceano Ligure-Piemontese (Carmignani e Kligfield, 1990).

Essa si costituisce di un originario prisma accrezionale (unità liguri) connesso alla fase iniziale subduttiva, coinvolto nella storia evolutiva successiva e posto al di sopra delle unità appenniniche s.s. sviluppate per deformazione del margine continentale della placca africana (Adria). Dal punto di vista strutturale la catena Appenninica centrale è rappresentata da strutture a pieghe e sovrascorrimenti le cui caratteristiche essenziali sono da tempo note in letteratura (Scarsella, 1951; Accordi, 1966; Parlotto & Praturlon, 1975); l'assetto tettonico è interpretato secondo uno stile deformativo pellicolare (Bally et al., 1986; Calamita & Deiana, 1986; La vecchia et al., 1987; Casentino & Parlotto, 1991) o

considerando coinvolto nella deformazione anche il basamento (La vecchia et al., 1987; Calamita et al., 1991; Minelli, 1992; Calamita & Deiana, 1995; Barchi et al., 1998).

Nel regime tettonico compressivo post-collisionale la deformazione procede, secondo fasi discrete, in una determinata direzione (polarità orogenica) conseguente alla regionale distribuzione degli sforzi. In tale ottica si sviluppa ed evolve un sistema orogenico (sistema catena-avanfossa-avampaese) costituito da una fascia deformata (catena), da un bacino sedimentario caratterizzato da un'elevata subsidenza, ubicato a ridosso della porzione frontale della catena (avanfossa) e, al di là di questo bacino, da una zona crostale non ancora interessata da deformazione (avampaese). Nell'avanfossa, ubicata tra la catena e l'avampaese, si depongono forti spessori di sedimenti torbiditici silicoclastici, derivanti dall'erosione di settori della catena caratterizzati dalla presenza di rocce cristalline (rocce ignee intrusive, rocce metamorfiche, ecc.).L'analisi biostratigrafia sistematica, condotta sui depositi torbiditici dell'Appennino, ha mostrato una migrazione nel tempo del sistema orogenico dai settori occidentali verso quelli orientali. Pertanto, si riscontra l'età progressivamente più giovane dei depositi di avanfossa progredendo dai settori occidentali verso quelli più orientali.

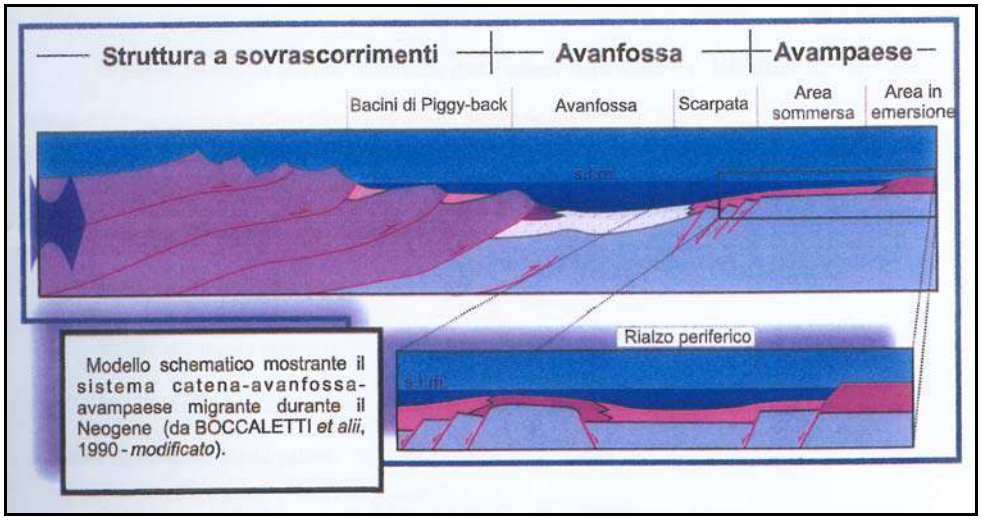



***Fig 2.*** *Modello schematico del sistema catena-avanfossa-avampaese (Boccaletti et alii, 1990).*

## *2.3 – Aspetti Geologici locali.*

L'area in esame, come riportato nell'allegata Corografia, è ubicata a SSE dal centro urbano del comune di Pizzoferrato. Le caratteristiche geologiche e strutturali dell'area sono state desunte dalla Carta Geologica d'Abruzzo foglio Est (scala 1:100.000) di L. Vezzani & F. Ghisetti, mentre la definizione di dettaglio, delle caratteristiche stratigrafiche sono state acquisite da sopralluoghi ed indagini effettuate in sito. L'area in esame è ubicata sul ***Flysch di Agnone*** *(Messiniano),* costituita da un'alternanza argilloso-arenacea in strati sottili, con livelli arenacei che tendono ad aumentare in spessore e frequenza verso l'alto.

Tale formazione è posta a contatto ad Est, a Nord e ad Ovest, con le argille marnose, con le Marne ad Orbulina, costituite da marne e calcari marnosi con rara selce in liste e noduli (Messiniano inferiore – Miocene medio) e con la Formazione di Gamberale – Pizzoferrato contraddistinto da un'alternanza di conglomerati ben cementati in banchi da 1 a 2 m, e marne argillose rosse e verdi (Miocene medio – inferiore).

# CAP.3 – CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

La geomorfologia locale è influenzata dalla natura litologica delle formazioni affioranti. In corrispondenza delle aree di cresta affiorano litologie a prevalente composizione calcareo-marnosa che mostrano una elevata resistenza all'azione erosiva da cui ne deriva una morfologia ad elevata energia di rilievo con lineamenti dettati dall'assetto strutturale. Immediatamente a valle delle aree di cresta si rilevano formazioni argilloso-marnose che danno luogo a morfologie più arrotondate ed interrotte localmente da specifici processi erosivi con sviluppo di fossi di erosione a diverso grado di evoluzione che costituiscono il reticolo idrografico locale.

Particolare importanza rivestono i depositi eluvio-colluviali di versante, formatisi per erosione delle aree di cresta. Tali depositi presentano una composizione detritica in corrispondenza delle aree di cresta mentre più a valle prevalgono litotipi argillosi e marnosi rimaneggiati, con sporadico detrito. Il grado di rimaneggiamento di questi depositi, unito alla presenza di acqua, determina movimenti gravitativi di tipo plastico (soliflusso, creep) che, in determinate condizioni di saturazione, può evolvere in colate di fango e detrito.

Nell'intorno dell'area esame sono presenti forme e depositi gravitativi di versante, quali versanti interessati da deformazioni superficiali lente, corpi di frana da colamento e orli di scarpata di degradazione e/o di frana. I processi di instabilità geomorfologica si localizzano in modo particolare sui depositi argilloso – sabbiosi ed eluvio-colluviali rimaneggiati collocati su versanti a medio ed alto angolo. L'equilibrio dei pendii in formazioni fortemente consolidate e diagenizzate come quella in esame, è molto frequentemente condizionato dalla presenza di coltri eluviali e colluviali derivate dalle formazioni stesse (ESU, 1977). Queste coltri sono presenti soprattutto sui pendii "maturi", nei quali i processi erosivi in senso lato sono ormai attenuati (Hutchinson, 1967; Gray e Gardner, 1977) e possiedono caratteristiche meccaniche sensibilmente inferiori rispetto a quelle delle formazioni di provenienza (Chandler, 1972; D'Elia ed ESU, 1974; A.G.I. 1979).

In genere, i movimenti che si verificano su questi pendii sono molto lenti (soliflusso) e possono interessare la sola coltre o anche la sottostante porzione degradata del substrato, tuttavia il fattore acqua, soprattutto nei casi di carenza di sistemi di drenaggio, può determinare il passaggio da movimenti di tipo "plastico" (lente) a movimenti di "taglio" (rotazionale e traslazionale) o di tipo "colate" (veloci), spesso l'evoluzione gravitativa delle coltri di alterazione presentano simultaneamente diversi cinematismi (frane complesse).

## *3.1 – Analisi del dissesto*

Il sito in esame si trova a SSE del centro abitato di Pizzoferrato su un versante collinare a media pendenza, immergente verso SE e caratterizzato da numerosi elementi geomorfologici riconducibili ad un ***processo gravitativo allo stato attivo***.

I primi rilevamenti di forme di dissesto (lesioni) presenti su fabbricati ed infrastrutture risalgono al mese di ottobre del 2017. Nel mese di maggio 2018, un nuovo sopralluogo ha evidenziato un incremento di criticità dei dissesti già rilevati in precedenza: tali dissesti hanno subìto un'evoluzione, con incremento delle lesioni e dei movimenti, in alcuni casi dell'ordine di 5-10 cm. Infatti, oltre alle lesioni a pozioni di fabbricato e ai terreni, sono evidenti lesioni a muri di sostegno (anche su pali), lesioni a pavimentazioni, con tratti rotti e traslati, e rotazione dei pali di sostegno della rete elettrica con conseguente aumento della tensione dei fili e rischio di rottura

***Fig.3**: Gradini morfologici, di altezza di cm. 9 – 12, riconducibili ad una superficie di taglio.*

***Fig.4**: Rete elettrica in tensione per traslazione pali di sostegno. La potenziale rottura dei cavi elettrici rappresenta una grave minaccia ai numerosi residenti.*

***Fig.5-6**: Presenza di gradini morfologici riconducibili a superfici di taglio.*

***Fig.7***

***Fig.8***

***Fig.9***

***Fig.10***

***Fig. n.7-8-9-10*** *Dissesti subìti dalle strutture esistenti.*

La natura prettamente argillosa delle coperture superficiali, unita alla presenza di inadeguati sistemi per i drenaggi superficiali, è stata causa predisponente per l'*aggravarsi delle piccole lesioni* già presenti con conseguente sviluppo di processi gravitativi significativi. Si osservano *superfici di taglio multiple* che interessano il versante a valle dei fabbricati e le aree esterne agli stessi fabbricati, a prevalente componente traslazionale. Ad essi si sommano *movimenti di tipo colata* che interessano la coltre argillosa alterata. Pertanto, considerando le molteplici genesi del processo in atto, esso viene cartografato come complesso ed è da considerarsi allo **stato attivo**

## 3.2 – Variante PAI

A seguito dei rilievi effettuati in località Casale Luigiotti, che hanno consentito di cartografare un esteso movimento gravitativo, documentato da dissesti evidenti su infrastrutture e fabbricati, è stata presentata una proposta di "***modifica della perimetrazione di aree pericolose del Piano",*** ai sensi dell'Art. 24 punto 4 lett b delle Norme di Attuazione in adozione del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico.

Più nel dettaglio, è stato perimetrato **un nuovo corpo di frana attivo** (corpo di frana complessa) e un **orlo di scarpata di frana attivo** (vedi cartografia allegata), a cui associare rispettivamente un grado di **pericolosità molto elevato P3 e un grado di pericolosità da scarpata**; di conseguenza, anche la classe di rischio è stata valutata proponendo un grado di **rischio elevato R3** in corrispondenza delle abitazioni ed un grado di **rischio medio R2** lungo la viabilità comunale.

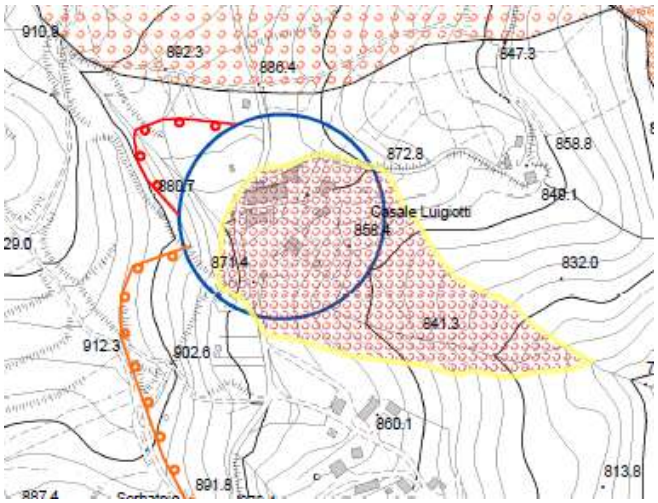
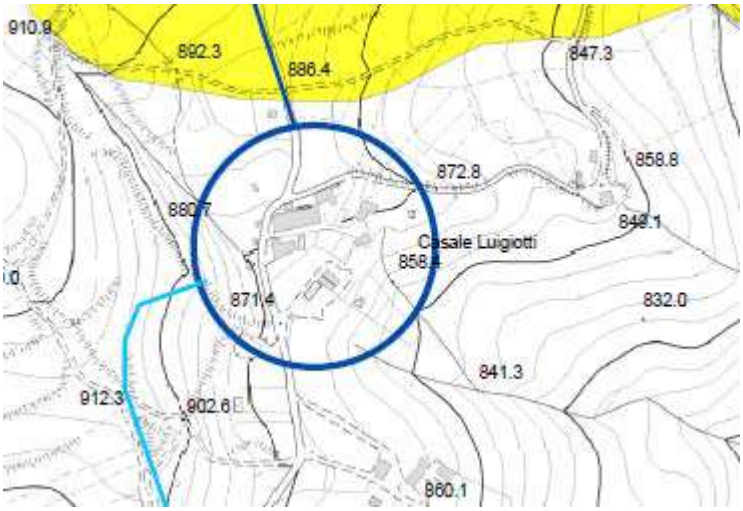
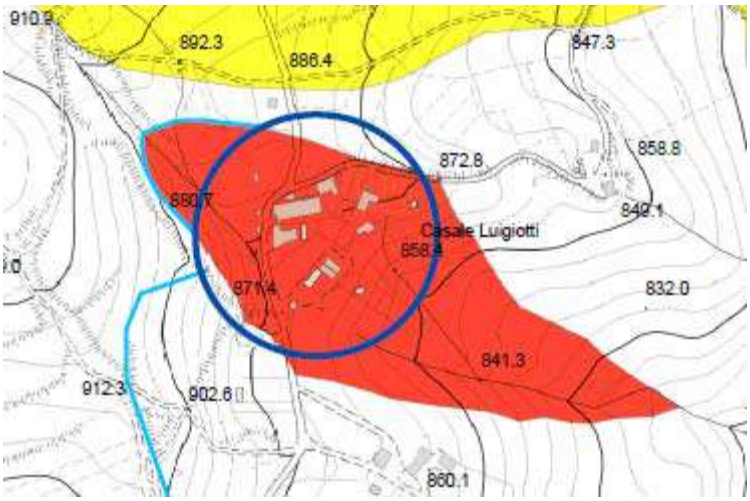



***Fig. n.11*** *Carta geomorfologica con variante.*

La presenza di un ***corpo di frana di genesi complessa*** ha motivato la proposta di variante della cartografia PAI, ossia la carta della Pericolosità e la carta del Rischio.



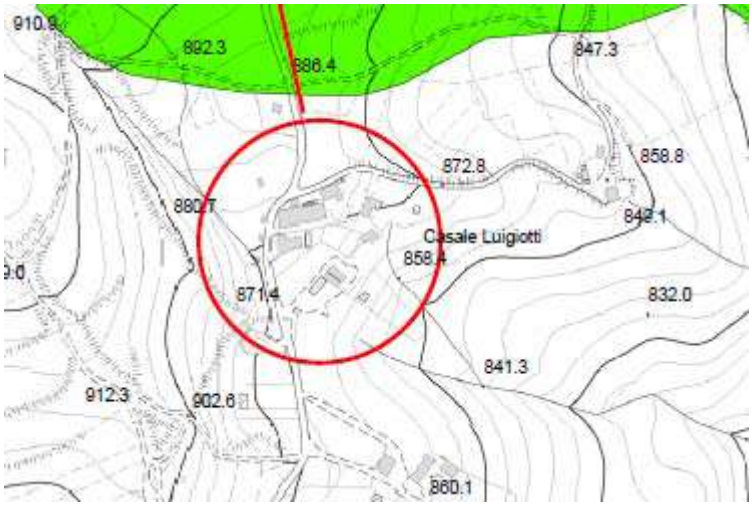

STATO ATTUALE



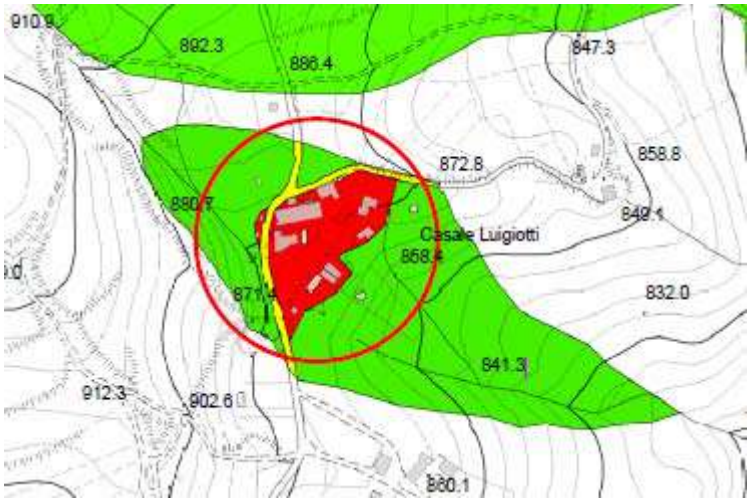

PROPOSTA DI VARIANTE

Pertanto, a tali processi è stato associato un **grado di pericolosità molto elevato, P3,** e proposta una nuova perimetrazione come indicato sopra e nella cartografia allegata.

Per quanto riguarda il rischio idrogeologico, la presenza di un elemento di pericolosità così grave ed importante come il corpo di frana attualmente attivo e di elementi di valore classificabili come <u>infrastruttura di rilievo locale e nuclei di edificazione diffusa (contrada)</u> mette nelle condizioni di associare ragionevolmente al tratto stradale coinvolto un grado di **rischio medio R2**, all'agglomerato di abitazioni che costituisce la contrada Luigiotti un grado di **rischio molto elevato R4**. Nei tratti di versante soprastante e sottostante il grado di rischio stimato è **moderato, R1**.




STATO ATTUALE




PROPOSTA DI VARIANTE

## CAP.4 - CARATTERI IDROGEOLOGICI

Il reticolo idrografico presente nei dintorni dell'area in esame è caratterizzato da un deflusso tipicamente stagionale, con presenze idriche limitate a periodi distinti da particolare piovosità, pertanto, si può asserire che il sistema di alimentazione dell'acquifero locale può subire oscillazioni in funzione delle variazioni degli apporti idrici provenienti da monte. Per lo più sono presenti fossi d'incisione più o meno evoluti che costituiscono delle vie di drenaggio in cui vengono convogliate le acque piovane ricadenti a monte del sito. L'idrogeologia dell'area in esame, si basa sui risultati delle indagini geognostiche e dai rilievi dell'assetto geomorfologico.

L'elemento stratigrafico di rilevo dal punto di vista idrogeologico è dato dalla presenza di un **orizzonte superficiale colluviale costituito da un'alternanza di litotipi limo argilloso sabbiosi.** La discreta permeabilità di questi livelli, permettono la formazione **livelli litologici imbibiti** derivanti da infiltrazioni provenienti da monte, con ristagni proprio in corrispondenza del passaggio litologico con il substrato di natura argillosa che è da ritenersi impermeabile.

Durante la campagna d'indagine sono stati installati dei piezometri nei seguenti punti di indagine: S1, S2, S3, P3, P5.

Pur precisando che una campagna di monitoraggio della falda necessita di un tempo di osservazione maggiore ed il ricorso ad operazioni di spurgo, propedeutiche alla misurazione, si riportano le osservazioni acquisite durante l'esecuzione delle indagini e le misurazioni eseguite:

- La presenza di acqua durante le indagini è stata riscontrata nella porzione valle dell'area in studio, lungo l'asse S1, P1, P2, P5, mentre nella la porzione monte e in fase di esecuzione delle indagini non sono state rilevate presenze significative di acqua;
- La misurazione eseguita nel mese di novembre c.a. ha confermato la presenza di acqua a quote superiori (da m. 1.0 a m. 1.8 rispetto al p.c.) in corrispondenza di S1, P1, P2 e P5, in corrispondenza dei piezometri S2 e S3 è stata riscontrata acqua rispettivamente alle quote m. 3.8 (S2) e m. 7.0 (S3) dal p.c.;
- Le superfici piezometriche riportate nelle sezioni sono di carattere interpretativo, infatti non si riscontra una uniformità nei risultati delle misurazioni, il dato più costante è la presenza idrica significativa e a quote superiori nella porzione mediana e valliva dell'area di studio.

# CAP.5 – CARATTERI STRATIGRAFICI E GEOTECNICI

## *5.1 –Scopo delle indagini.*

Le indagini geognostiche sono state programmate al fine di verificare i dati di carattere geologico acquisiti dalla Letteratura specifica e dal rilevamento di campagna. Nella programmazione si è tenuto conto della tipologia delle opere previste in progetto e delle caratteristiche geomorfologiche dell'area. Le indagini in sito si propongono:

- di ricostruire la stratigrafia del sito;
- la valutazione delle caratteristiche geotecniche;
- il rilevamento di falde freatiche.

## *5.2 –Mezzi di indagine.*

Per la presente relazione sono state considerate le indagini eseguite per precedenti progetti di consolidamento nella stessa area e comprendenti:

- ***n° 3 sondaggi geognostici;***
- ***n° 6 prove SPT in foro di sondaggio;***
- ***n° 6 prove penetrometriche dinamiche (DPSH);***
- ***n° 3 indagini sismiche MASW***

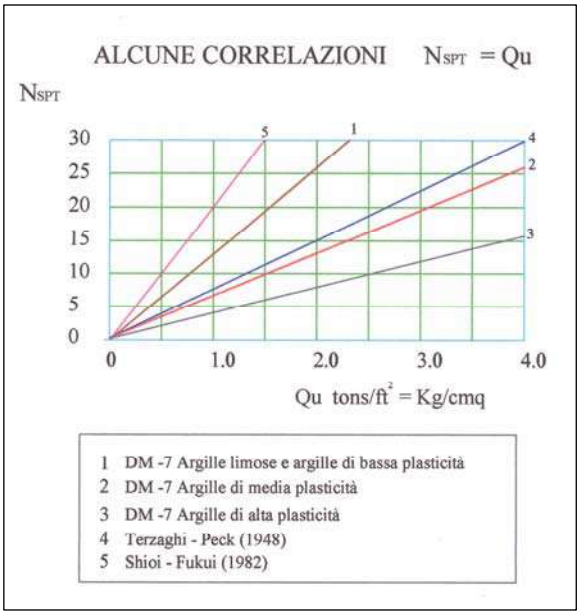
**SONDAGGIO GEOGNOSTICO**

I sondaggi sono stati eseguiti con il metodo a *carotaggio continuo* mediante trivella idraulica polifunzionale. La profondità di indagine massima è stata di mt. 20.0 ed il diametro di perforazione è stato mm 101; il sondaggio si è spinto fino all'interno del substrato argilloso, che in genere è distinto da notevoli spessori.

Il metodo del carotaggio continuo ha consentito la ricostruzione stratigrafica del sito e l'esecuzione di prove speditive mediante pocket penetrometer; le carote estratte sono state depositate in apposite cassette catalogatrici per consentire la documentazione fotografica.

All'interno dei fori di sondaggio sono state eseguite della prove S.P.T. (*Standard Penetration Test*), n° 2 per ogni foro di sondaggio, previa pulizia del fondo foro, nel rispetto di quanto previsto nelle "*raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche*" dell'Associazione Geotecnica Italiana. L'attrezzatura usata, secondo lo standard internazionale, presenta le seguenti caratteristiche tecniche:

- maglio d'acciaio da 63.5 Kg con dispositivo di guida e di sganciamento automatico;
- corsa del maglio 76 cm;
- punta conica Φ = 51 mm, angolo di 60°




Nella tavola a fianco sono sovrapposti i risultati di varie correlazioni *N.s.p.t.---Qu*, studiate da *Hoston W.N. (1960), Flecher (1965), Terzaghi Peck (1948) e da Shio Fukui (1982*), e relativi a litologie argillose (coesive), dove:

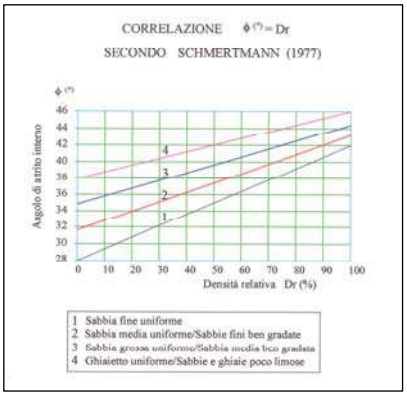
- $N_{s.p.t.}$ = numero colpi prova S.P.T.;
- Qu = resistenza alla compressione non confinata;
- C = coesione.

Per la stima dei parametri geomeccanici dei terreni a prevalente comportamento granulare nella tavola qui a fianco si riportano le principali correlazioni tra la densità relativa della sabbie ed i valori di $N_{SPT}$, in particolare si riportano le correlazioni proposta da *Terzaghi - Peck (1948) e Gibbs – Holtz (1957)*.

ASSOCIAZIONE TRA LA DENSITÀ RELATIVA DELLE SABBIE ED I VALORI DI $N_{SPT}$

| $N_{SPT}$ COLPI/30cm | DENSITÀ RELATIVA TERZAGHI-PECK (1948) | DENSITÀ RELATIVA GIBBS-HOLTZ (1957) |
|---|---|---|
| 0 – 4 | MOLTO SCIOLTA | 0 – 15 % |
| 4 – 10 | SCIOLTA | 15 – 35 % |
| 10 – 30 | MEDIA | 35 – 65 % |
| 30 – 50 | DENSA | 65 – 85 % |
| OLTRE – 50 | MOLTO DENSA | 85 – 100 % |

Sulla base dei valori della densità relativa Dr % si possono stimare i valori dell'angolo di attrito Φ secondo le correlazioni proposta da Schmertmann (1977).



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA (PAGANI TG63-100)**

Le prove penetrometriche dinamiche, spinta fino alla profondità massima di mt. 20.0 dall'attuale piano campagna, sono state eseguite con **Penetrometro Pagani TG63-100KN dinamico** (DPSH).

Di seguito si riportano alcune tabelle con le principali caratteristiche dello strumento.

| | | DPL (light) | DPM (medium) | DPH (heavy) | DPSH (super heavy) |
|---|---|---|---|---|---|
| Maglio | Massa M (kg) | 10 | 30 | 50 | 63,5 |
| | Altezza di caduta H (mm) | 500 | 500 | 500 | 750 |
| Cono | Angolo di apertura (°) | 90 | 90 | 90 | 90 |
| | Area di base A ($cm^2$) | 10 | 10 | 15 | 20 |
| | Diametro di base D (mm) | 35,7 | 35,7 | 43,7 | 50,5 |
| | Altezza cilindro di base cono (mm) | 35,7 | 35,7 | 43,7 | 50,5 |
| | Rastremazione (parte alta) (°) | 11 | 11 | 11 | 11 |
| | Altezza parte conica (mm) | 17,9 | 17,9 | 21,9 | 25,3 |
| Aste | Massa massima (kg/m) | 3 | 6 | 6 | 6 |
| | Diametro esterno massimo (mm) | 22 | 32 | 32 | 32 |
| | Lunghezza aste (mm) | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 |
| Penetrazione | Numero colpi penetrazione | $N_{10}$ | $N_{10}$ | $N_{10}$ | $N_{20}$ |
| | Campo di valori standard | 3 ÷ 50 | 3 ÷ 50 | 3 ÷ 50 | 5 ÷ 100 |
| Lavoro specifico per colpo M* g * H / A ($kJ/m^2$) | | 49 | 147 | 164 | 234 |

Il penetrometro TG63-100/150 è un penetrometro dinamico automatico super pesante DPSH (Dynamic Probing Super Heavy).

***Certificazioni***:

Documento certificato: VEC000029 come richiesto dalla normativa in vigore, direttiva 98/37/CE e 2006/42/CE;

Matricola strumento: P000955;

Dichiarazione di conformità: documento CON000086

Attestazione marchiatura CE: sullo strumento con matricola P000955 è presente la targhetta CE, come previsto dall'art. 10 della direttiva 98/37/CE e dall'art. 5 c.1 1.f e dall'art. 16 della direttiva 2006/42/CE;

Controlli per la sicurezza: verifica installazione di adesivi, targhette e dispositivi di sicurezza;

Dichiarazione fonometria: livello di potenza sonora $L_{wa}$ =104,7 (dB), livello sonoro medio $L_{pm}$=88,8 (dB).

***Correlazione con SPT.***

Poiché le correlazioni empiriche esistenti in letteratura tra i risultati di una prova penetrometrica dinamica ed i principali parametri geotecnici del terreno fanno riferimento essenzialmente alle prove SPT, occorrerebbe in teoria applicare una correzione ai risultati delle prove SCPT, per tenere conto delle diverse modalità esecutive.

Ciò può essere fatto secondo due criteri differenti:

- correzione sulla base delle differenti modalità esecutive: penetrometri con caratteristiche differenti rispetto all' SPT (peso del maglio, volata, area della punta, ecc.) comportano energie di infissione ovviamente differenti; per rapportare il numero di colpi dell' SPT con quelli del dinamico continuo diversi Autori propongono l'applicazione del seguente fattore correttivo:

$$Cf = \frac{M1 \cdot H1 \cdot P11 \cdot Ap1}{M2 \cdot H2 \cdot P12 \cdot Ap2}$$

dove:

M2 = peso del maglio SPT (63.5 kg);
H2 = volata del maglio SPT (75 cm);
Pl2 = passo di lettura SPT (15 cm);
Ap2 = area della punta SPT (20.4 cmq);
M1 = peso del maglio del dinamico continuo;
H1 = volata del maglio del dinamico continuo;
Pl1 = passo di lettura del dinamico continuo;
Ap1 = area della punta del dinamico continuo.

Il numero di colpi da utilizzare nel calcolo dei parametri geotecnici sarà dato da:

$$Nspt = CfNscpt$$

- correzione sulla base delle litologie incontrate: si è dimostrato, nelle correlazioni SPT-SCPT, che generalmente il rapporto fra il numero dei colpi misurato con i due strumenti (Nspt/Nscpt) tende a 1 per granulometrie grossolane, mentre tende a crescere per granulometrie più fini; si suggeriscono le seguenti correlazioni proposte in letteratura:

| Correlazione | Litologia |
|---|---|
| $N_{SPT}$ = 1 x $N_{SCPT}$ | Ghiaie e ghiaie sabbiose |
| $N_{SPT}$ = 1.25 x $N_{SCPT}$ | Sabbie e ghiaie con fine plastico |
| $N_{SPT}$ = 1.5 x $N_{SCPT}$ | Sabbie con molto fine |
| $N_{SPT}$ = 2 x $N_{SCPT}$ | Limi |
| $N_{SPT}$ = 2.5 x $N_{SCPT}$ | Argille limose/sabbiose |
| $N_{SPT}$ = 3 x $N_{SCPT}$ | Argille |

In ogni caso si tratta di correlazioni empiriche che vanno utilizzate con cautela. In particolare, per quanto riguarda la correzione in funzione della litologia, questa andrà calibrata sulla base delle caratteristiche litologiche locali.

Poiché esistono molti tipi di penetrometri dinamici con diverse caratteristiche, per poter utilizzare i metodi di interpretazione calibrati per la SPT è necessario apportare delle correzioni ai risultati ottenuti.

Muromachi e Kobayashi (1981) hanno presentato una correlazione fra $N_{30}$ (colpi per 30 cm di penetrazione) ed Nspt. Il penetrometro usato è l'RTRI-HEAVY, giapponese, con maglio di 63,5 Kg, caduta 75 cm, $d_{punta}$ = 5,08 cm, il quale è simile al pemetrometro italiano tipo **EMILIA-DPSH**. I due autori trovano che i dati, rilevati in materiali compresi in un'ampia gamma granulometrica e senza tenere conto dell'attrito laterale lungo la batteria delle aste, consentono la seguente relazione :

$$\frac{N_{30}}{Nspt} = 1.15$$

Tenendo invece conto dell'influenza dell'attrito laterale la relazione diventa :

$$\frac{N_{30}}{Nspt} = 1 \ ,$$

i risultati quindi in questo caso possono essere utilizzati senza alcuna correzione.

Da alcune indagini italiane la relazione tra N30 e Nspt diventa :

$$\frac{N_{30}}{Nspt} = 0.57 \ ,$$

## ***Determinazione della litologia e della resistenza dinamica.***

### *Litologia*

Non esiste attualmente in letteratura una correlazione fra il numero di colpi misurato con il penetrometro dinamico e la litologia degli strati attraversati. Una correlazione può essere effettuata assimilando la procedura d'infissione delle aste e del rivestimento nella prova SCPT a quella di pali battuti di piccolo diametro. Per tali tipologie di palo esistono in letteratura delle indicazioni dei valori di resistenza laterale all'infissione in funzione delle diverse litologie. Sulla base di questi dati e di un'ampia casistica relativa all'esecuzione di prove SCPT in litologie differenti, vengono proposte le seguenti correlazioni in funzione del rapporto n.colpi della punta / n.colpi del rivestimento:

| Rapporto Npunta/Nrivestimento | Litologia |
|---|---|
| < 0,25 | Argilla |
| 0,25 - 0,40 | Argilla con limo o sabbia |
| 0,40 - 0,70 | Limo |
| 0,70 - 2,25 | Sabbia con limo o limosa |
| 2,25 – 4 | Sabbia o ghiaia con matrice plastica |
| > 4 | Ghiaia o ghiaia + sabbia |

***Resistenza dinamica***

La resistenza dinamica viene calcolata con la seguente relazione :

$$Rd(Kg/cmq) = \frac{P^2 H}{ApRf\,(P + Pa + Pt)}$$

dove:

P (kg) = peso del maglio;

H (cm) = volata del maglio;

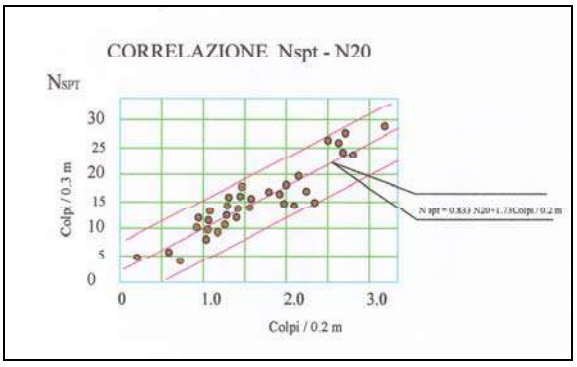
Ap (cmq) = area della punta;

Rf (cm) = rifiuto medio, dato dal rapporto fra lunghezza del tratto d'avanzamento e numero di colpi per tratto d'avanzamento (30/Nspt);

Pa (kg) = peso della colonna di aste;

Pt (kg) = Peso della testa di battuta.

Nella seguente Tavola si riporta relazione tra $N_{SPT}$ e $N_{20}$ ottenuta da Borowczyck e Frankowski (1981).



## INDAGINE GEOFISICA DEL TIPO MASW

MASW è l'acronimo di *Multi-channel Analysis of Surface Waves* (Analisi Multi-canale di Onde di Superficie) e permette di stimare la velocità delle onde sismiche superficiali e con essa classificare, secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni, il substrato su cui poggiano le strutture e quindi caratterizzare sismicamente il suolo stesso.

La tecnica MASW è una tecnica di prospezione sismica che, attraverso la registrazione della modalità di propagazione delle onde di superficie nel sottosuolo (*specificatamente delle onde di Rayleigh*), permette di risalire alla velocità di propagazione delle onde di taglio lungo un profilo verticale posizionato al centro dello stendimento. La media ponderata delle velocità calcolate per i singoli orizzonti sismici consente di determinare il parametro $V_{seq}$ ovvero la velocità media di propagazione delle onde $S_v$ nei primi 30 metri di profondità del terreno.

L'indagine geofisica con tecnica MASW viene realizzata mediante uno stendimento sismico costituito da 12 a 48 geofoni allineati e separati tra loro da una distanza intergeofonica costante. I geofoni registrano l'arrivo delle onde sismiche generate in corrispondenza di un punto di energizzazione posizionato esternamente allo stendimento (offset) ad una distanza compresa tra 4 e 10 mt dal primo geofono ed in allineamento con i geofoni stessi.

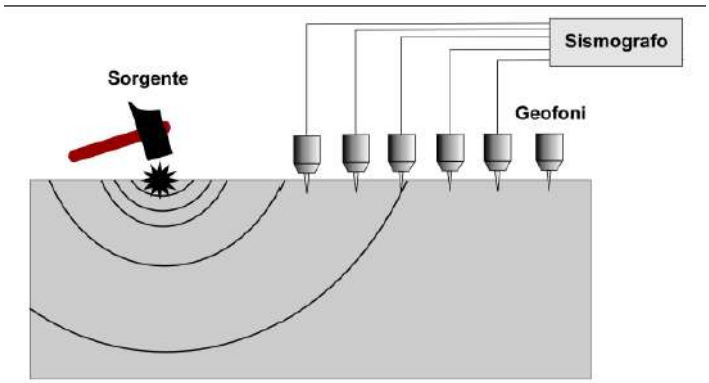



***Fig. 12:*** *Indagine sismica MASW*

Ogni geofono trasmette il segnale sismico rilevato tramite un cavo collegato alla stazione di ricezione, nella quale avviene la registrazione del treno d'onda su cui procedere per le successive elaborazioni ed interpretazioni.

*La profondità massima di penetrazione* è determinata dalla relazione fra velocità di propagazione dell'onda e la sua frequenza. Tali caratteristiche quindi, non dipendono

direttamente dalla geometria dello stendimento, ma dalle caratteristiche della successione litostratigrafica del terreno attraversato.

L'obiettivo della registrazione è *l'individuazione del treno d'onde superficiali (onde di Rayleigh)* che, attraversando il mezzo, subisce una dispersione le cui modalità sono direttamente correlate con la velocità di propagazione delle onde di taglio.

Dal sismogramma (elaborato mediante software specifici), nota la geometria di acquisizione, a partire dai "dati grezzi" si ricava il diagramma "*velocità di fase - frequenza*" sul quale l'operatore individua la curva di dispersione. Quest'ultima viene sottoposta ad un processo di inversione basato su complessi algoritmi genetici che lavorano in un campo di variazione di velocità $\Delta v$ e di variazione di spessore di terreno a velocità costante $\Delta p$ assegnato dall'operatore. Il processo di inversione porta all'elaborazione di un modello del sottosuolo espresso nel grafico "*Profondità – Velocità delle onde* $S_H$" con il relativo calcolo della $V_{seq}$ (verificata attraverso uno schema stratigrafico da indagine diretta).

L'attendibilità e l'affidabilità del modello matematico viene espressa in termini di deviazione standard del valore di velocità delle onde S e del rispettivo spessore assegnato a ciascuno strato, ed in termini di "*misfit*", indice di qualità del processo di elaborazione matematica.

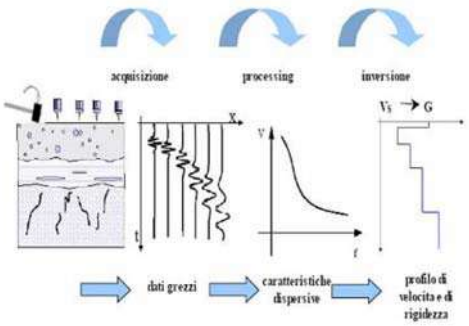



***Fig. 13:*** *Step di elaborazione indagine MASW*

L'acquisizione dei dati è avvenuta mediante registrazione della propagazione delle onde di RAYLEIGH generate da una sorgente ad impatto (martellata), tramite uno stendimento sismico di 12 geofoni a componente verticale ed un sismografo multicanale.

L'ubicazione e la lunghezza dello stendimento è stata scelta in funzione della logistica dei luoghi e dell'ingombro dell'edifico esistente nell'area di progetto. L'allineamento sismico per l'acquisizione delle onde di Rayleigh ha previsto una distanza tra i geofoni pari a **1.5**

**m** ed una serie di scoppi esterni all'ultimo geofono con offest variabili (di 3.0 e 6.0 m) a diversa intensità di energizzazione.

La ***strumentazione utilizzata*** si compone nello specifico:

- **Sorgente** meccanica in grado di generare onde elastiche direzionali e ricche di energia realizzata mediante la battuta verticale di una mazza battente di 10 Kg su piastra;
- Un **sistema di acquisizione** e **memorizzazione** costituito da un sismografo da 24 canali in grado di registrare in modo digitale le forme d'onda generate (***PASI Gea 24***), il sistema di acquisizione è completato da 12 geofoni, dispositivo trigger, computer per l'analisi e la memorizzazione del segnale e apposito cavo di collegamento
- Il **programma di elaborazione** costituito dal ***software winMASW Lite 2019***, che permette dapprima di sfruttare il "modo sequenziale" con cui è possibile sommare due dataset (da 12 tracce) registrate per ottenere un unico dataset che "simula" un'acquisizione a 24 tracce, per poi, attraverso le fasi di Processing e Inversione, determinare il profilo di velocità dell'onda di taglio nel terreno e il parametro Vseq.

## CAP. 6 – RISULTATI DELLE INDAGINI – MODELLO GEOLOGICO

### *CARATTERI STRATIGRAFICI*

**Orizzonte A** (spessore variabile come da sezioni geologiche: da circa m.5.0 a m.8.0)

Terreno vegetale e colluvi limo argillosi e sabbiosi rimaneggiati di consistenza da bassa a bassissima.

**Orizzonte B** (spessore variabile come da sezioni geologiche: da circa m.2.8 a m.5.4)
Argille limose di media consistenza, presenza di livelli marnosi. Consistenza media.

**Orizzonte C** (dall'orizzonte precedente per spessori > m. 30)
Alternanza di argille e argille marnose con livelli arenacei. Buona consistenza.

# *CARATTERI GEOTECNICI*

## Orizzonte A

Comportamento geotecnico di tipo coesivo, bassa consistenza.

*Condizioni non drenate*:

Coesione non drenata……Cu = 0.2 – 0.35 Kg/cm$^2$

Angolo di attrito …….$\phi$ = 0°

*Condizioni drenate:*

Coesione efficace…….....c' = 0.09 - 0.11 Kg/cm$^2$

Angolo di attrito interno…….……..…..……..$\phi$' = 18° – 20°

Peso di volume…….……..$\gamma$ = 1.85-1.95 T/m$^3$

Modulo Edometrico……..……..…Ed = 20 –35 Kg/cm$^2$

Modulo di Winkler.....K = 1.8 – 2.5 Kg/cm$^3$

Poissson……. $\nu = 0.1$

OCR……= 1 (debolm. consolid)

$K_{0...}$……= 0.5

## Orizzonte B

Comportamento geotecnico di tipo coesivo, media consistenza.

*Condizioni non drenate*:

Coesione non drenata……Cu = 0.6 – 0.75 Kg/cm$^2$

Angolo di attrito …….$\phi$ = 0°

*Condizioni drenate:*

Coesione efficace…….....c' = 0.12 - 0.15 Kg/cm$^2$

Angolo di attrito interno…….……..…..……..$\phi$' = 22° – 24°

Peso di volume…….……..$\gamma$ = 1.9 - 2.1 T/m$^3$

Modulo Edometrico……..……..…Ed = 50 –75 Kg/cm$^2$

Modulo di Winkler.....K = 2.8 – 3.5 Kg/cm$^3$

Poissson……. $\nu = 0.2$

OCR……..……= 4 (sovraconsolid)

$K_{0...}$……= 0.71

## Orizzonte C

Comportamento geotecnico di tipo coesivo, molto consistente.

*Condizioni non drenate*:

Coesione non drenata……Cu = 1.6 – 1.7 Kg/cm$^2$

Angolo di attrito …….$\phi$ = 0°

*Condizioni drenate:*

Coesione efficace…….....c' = 0.16 - 0.19 Kg/cm$^2$

Angolo di attrito interno…….……..…..…….…..$\phi$' = 23° – 25°

Peso di volume…….……..$\gamma$ = 2.0 - 2.2 T/m$^3$

Modulo Edometrico……..……..…Ed = 150 –185 Kg/cm$^2$

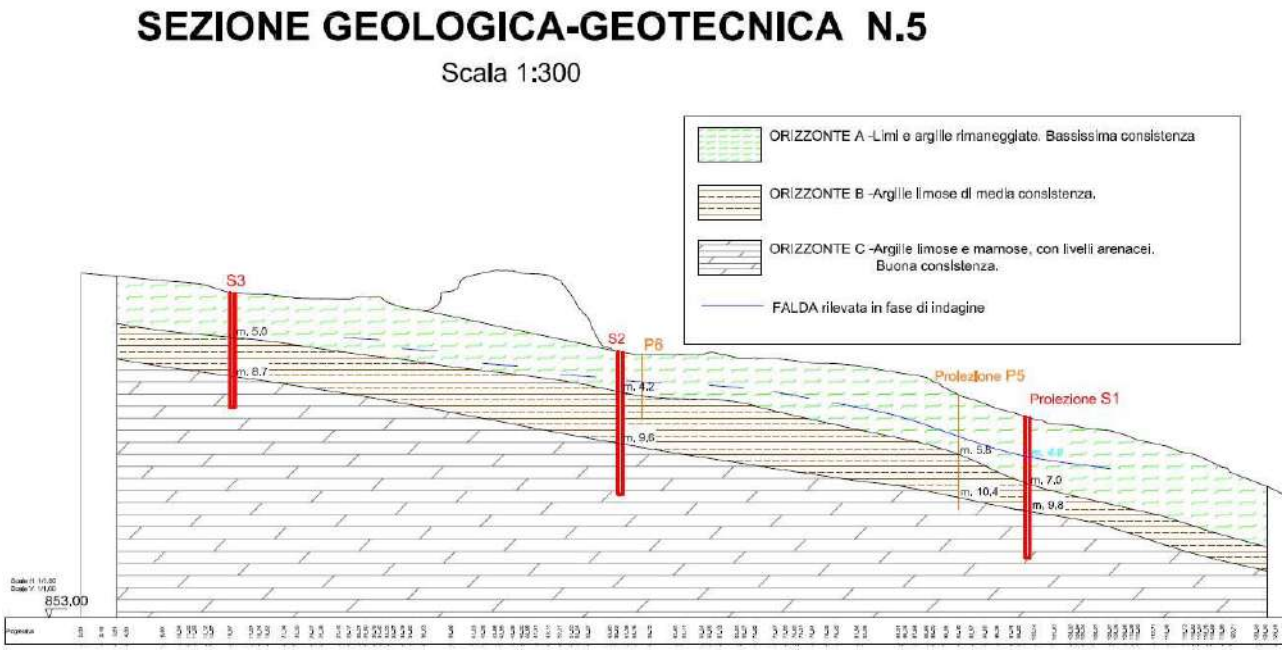
Modulo di Winkler.....K = 4.8 – 6.5 Kg/cm$^3$

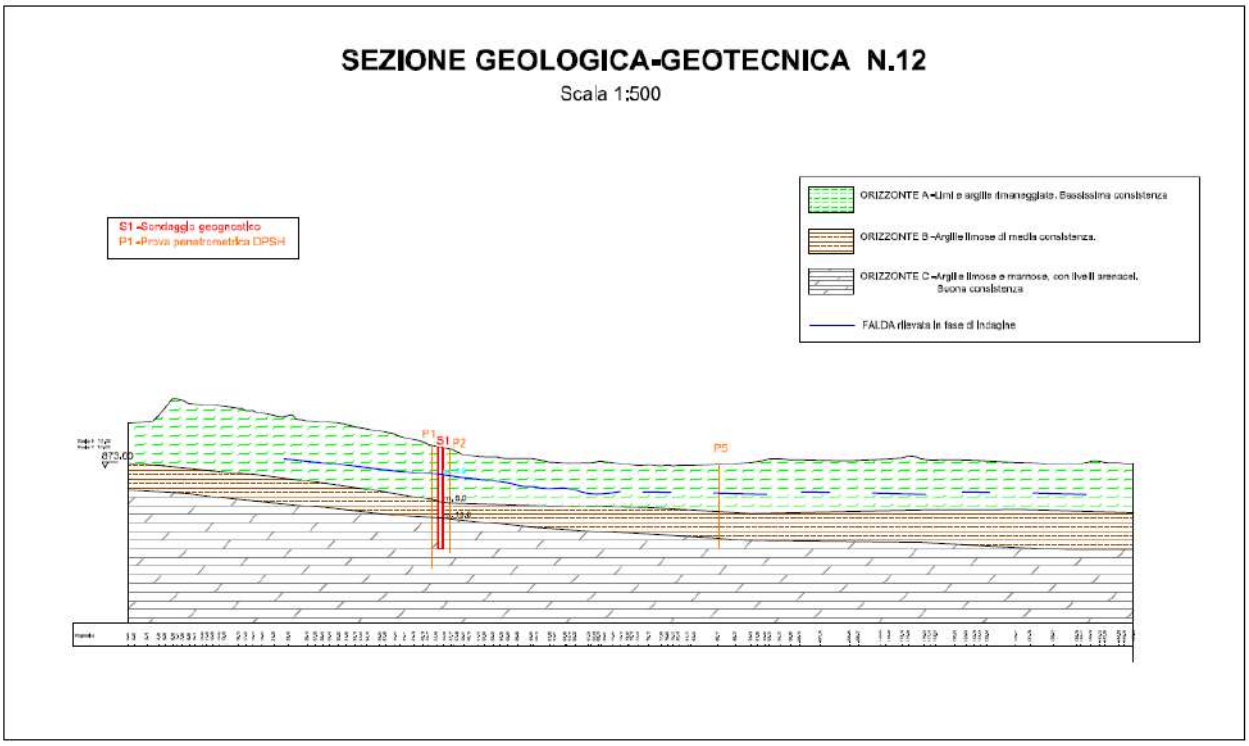
Poissson……..…. $\nu$ = 0.3

OCR……= 7 (fortem. sovraconsolid)

$K_0$…….= 1.35

Tenuto conto dell'estensione dell'area, in ordine ai **rapporti stratigrafici** si rimanda alle ***sezioni geologiche – geotecniche*** riportate in allegato, e di cui alcuni esempi sono riportati di seguito.




***Fig,14**: Sezioni geologico tecniche 5 e 12 (trasversali tra loro). Le restanti sezioni sono riportate in allegato*

# *ELABORAZIONI MASW*

## - MASW 1

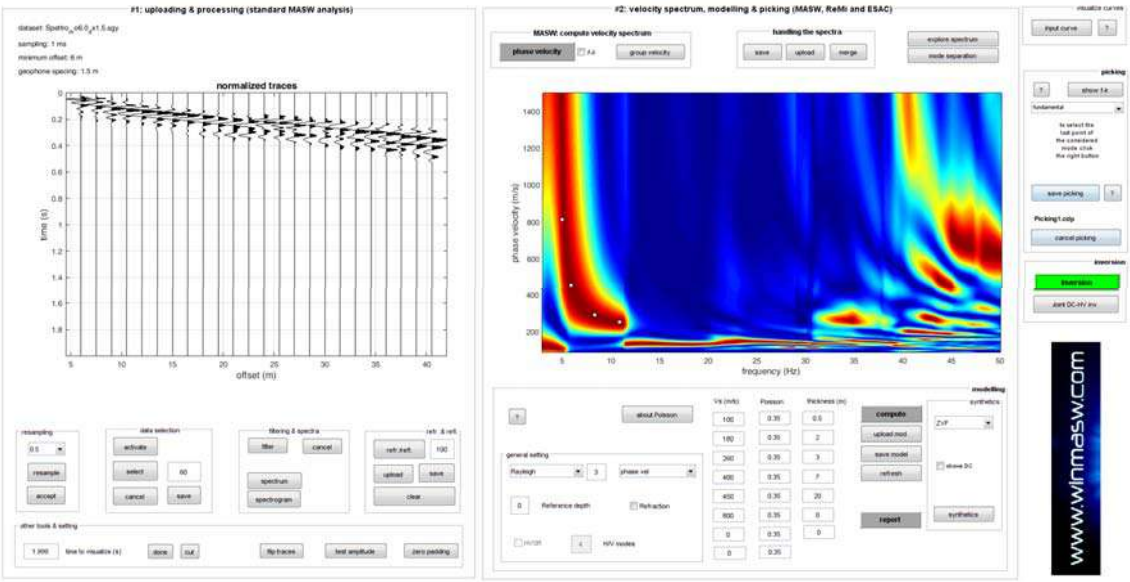



***Fig.15:*** *Dataset sismico* composto da *24 canali e spettro di velocità*

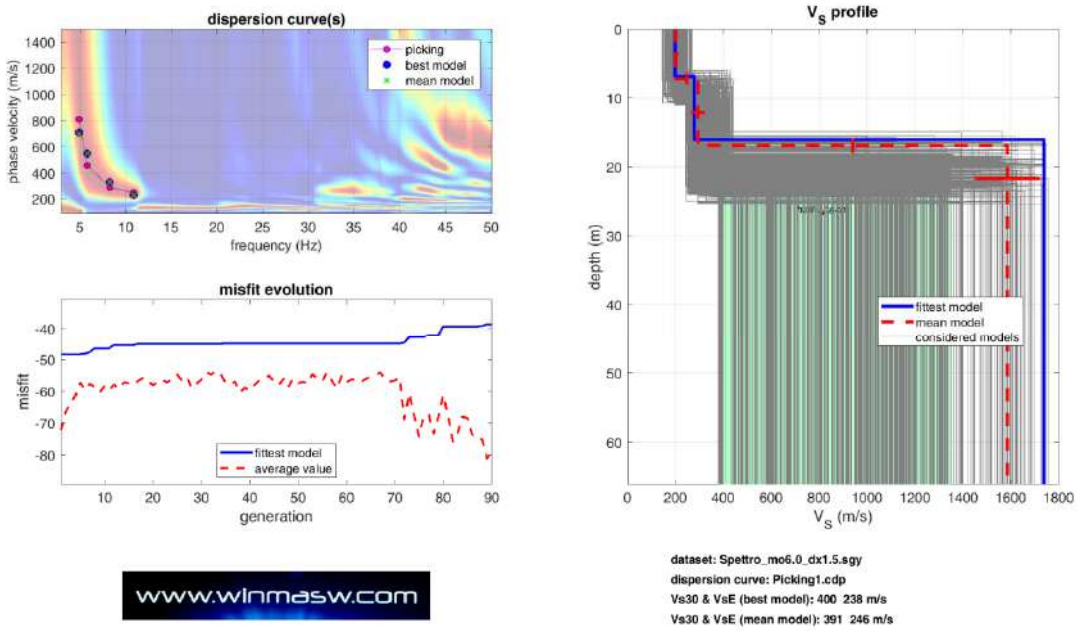



***Fig.16***: *Curva di dispersione - evoluvione del misfit - profilo di velocità delle onde Vs*

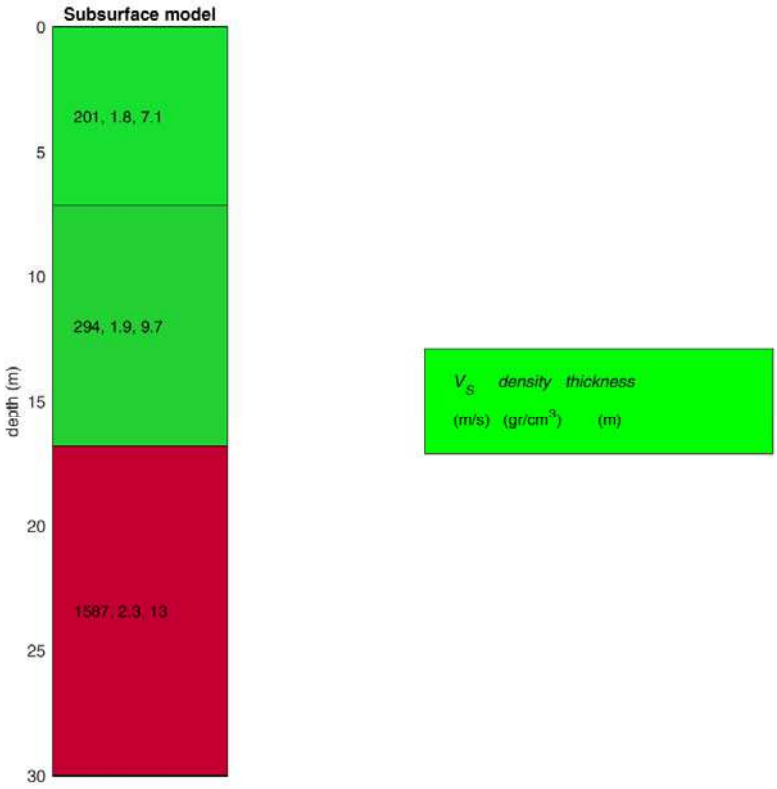



***Fig.17:*** *Modello geologico del sottosuolo*

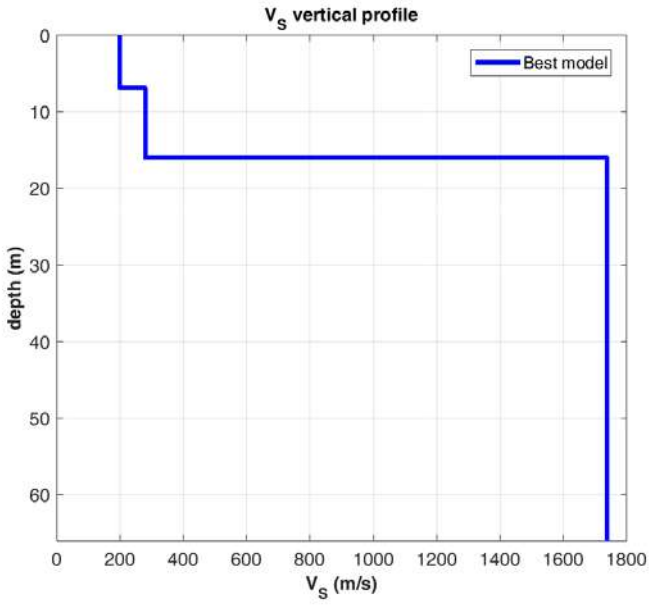



***Fig.18:*** *profilo di velocità delle onde di taglio*

## ***Categoria E***

## - MASW 2

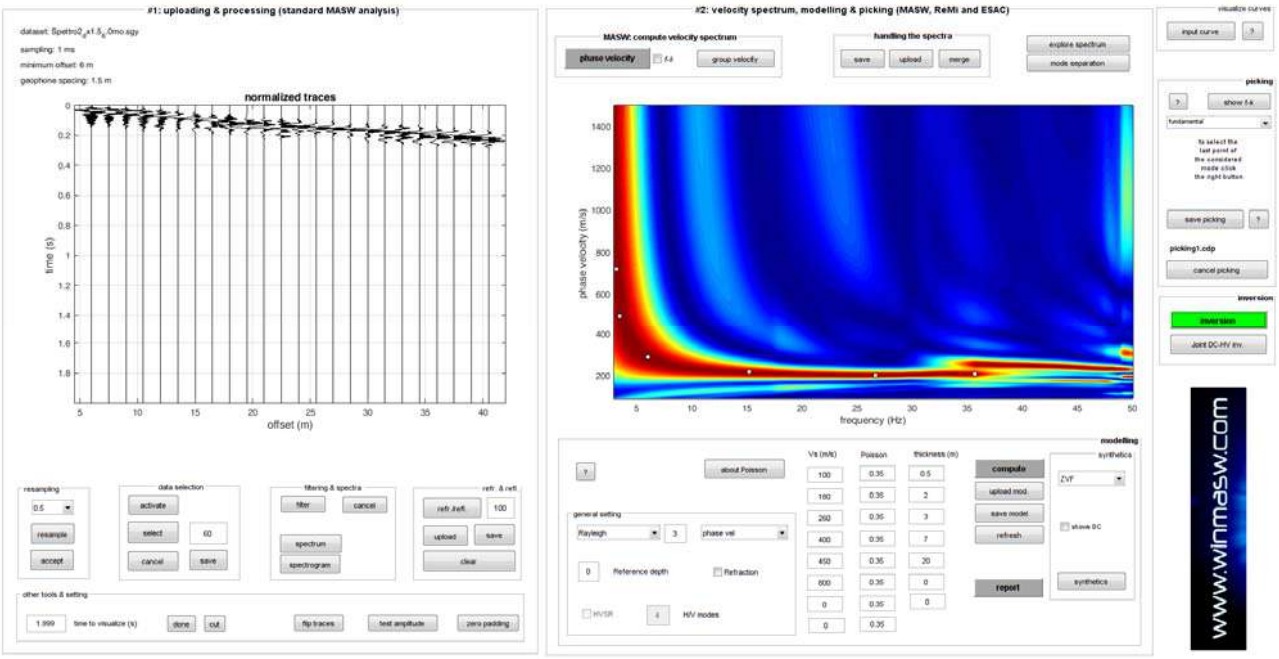



***Fig.19:*** *Dataset sismico composto da 24 canali e spettro di velocità*

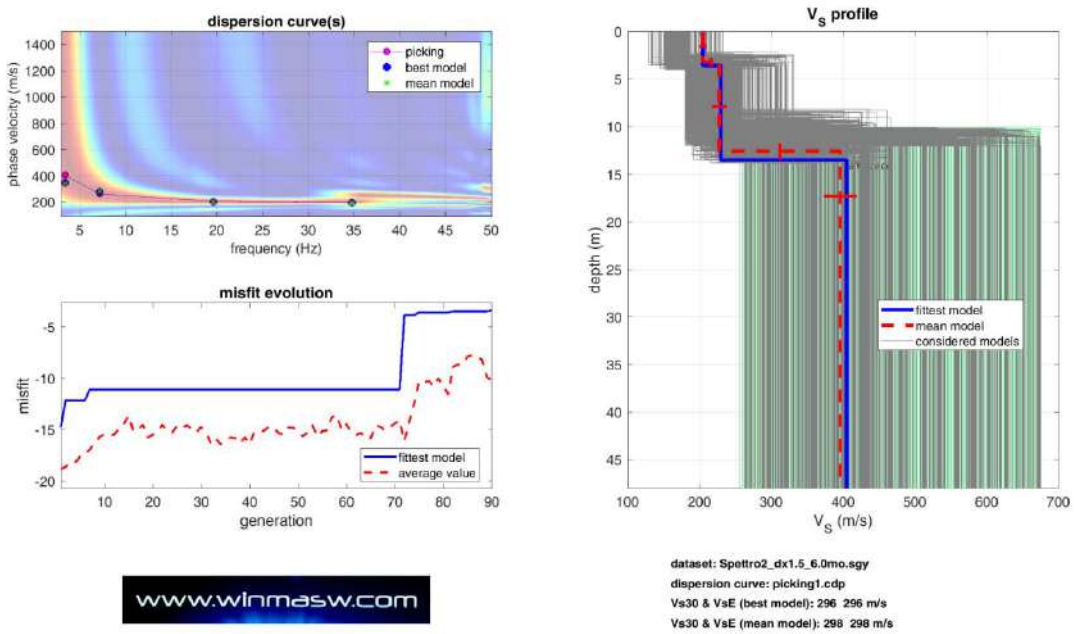



***Fig.20:*** *Curva di dispersione - evoluzione del misfit - profilo di velocità delle onde Vs*

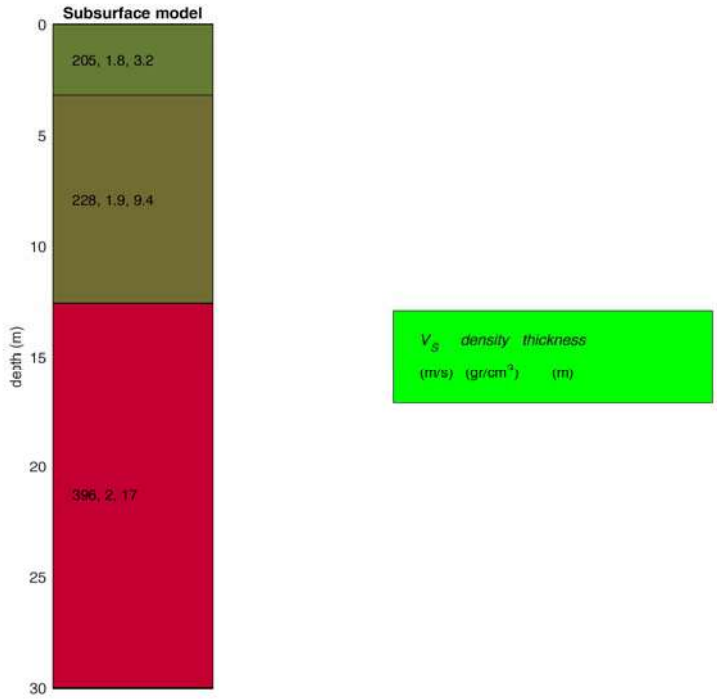



***Fig.21:*** *Modello geologico del sottosuolo*

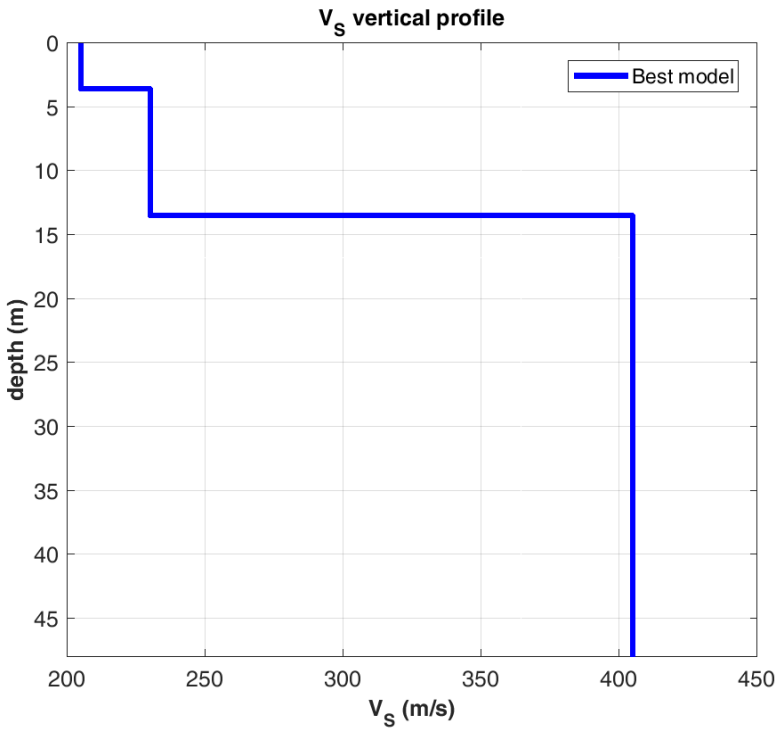



***Fig.22:*** *profilo di velocità delle onde di taglio*

## ***Categoria C***

## - MASW 3

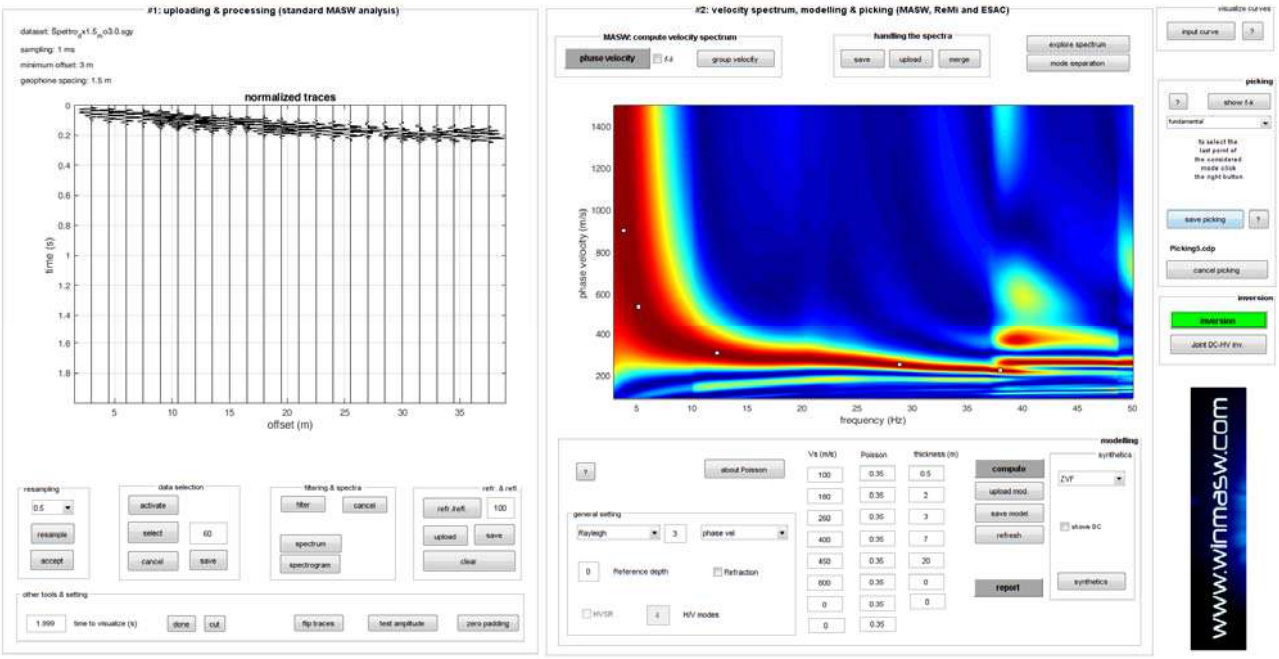



***Fig.23:*** *Dataset sismico composto da 24 canali e spettro di velocità*

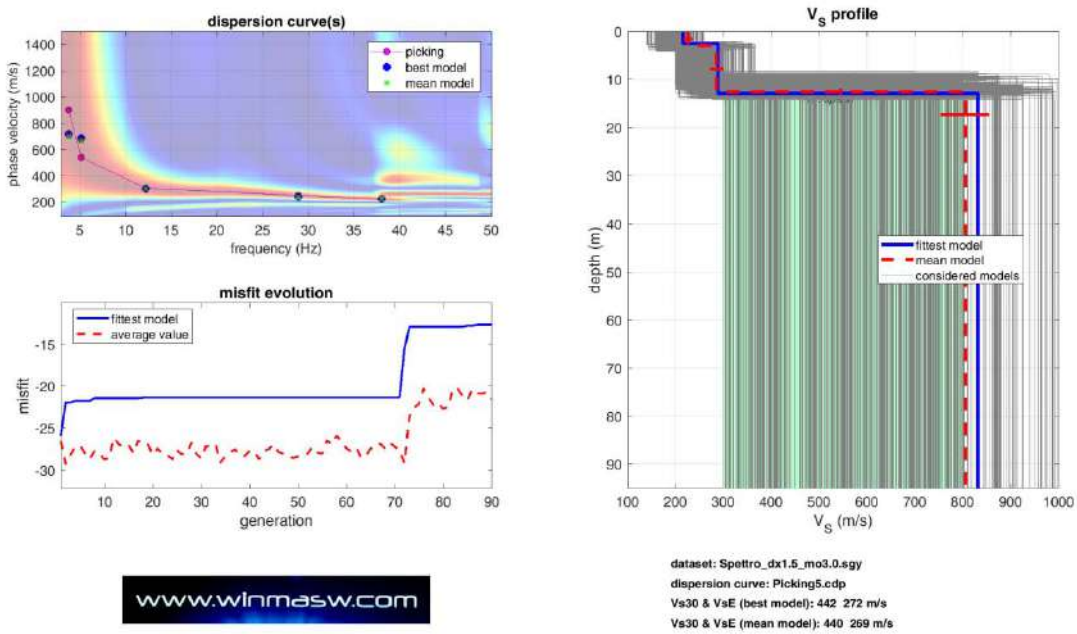



***Fig.24:*** *Curva di dispersione - evoluzione del misfit - profilo di velocità delle onde Vs*

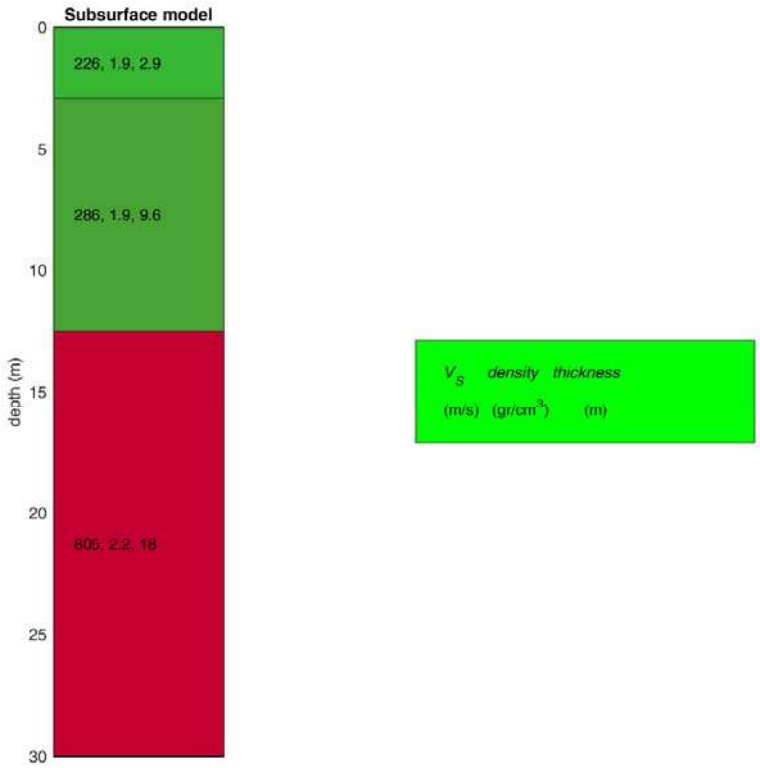



***Fig.25:*** *Modello geologico del sottosuolo*

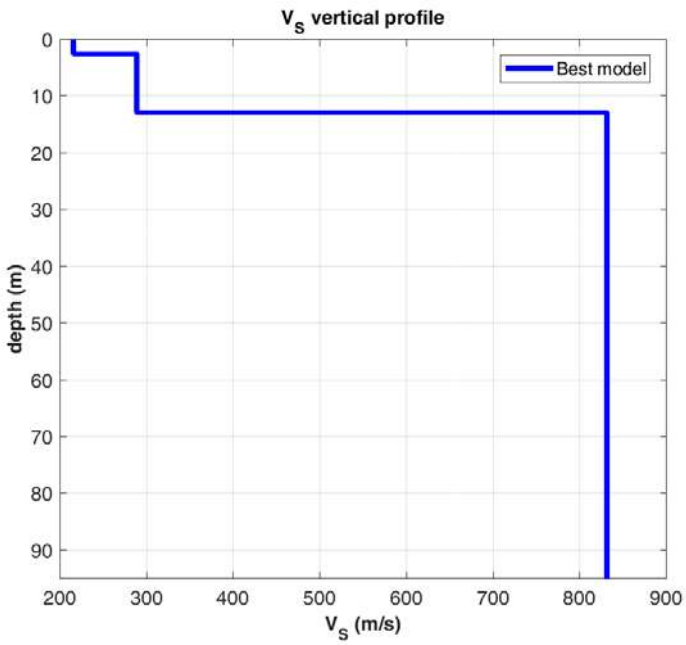
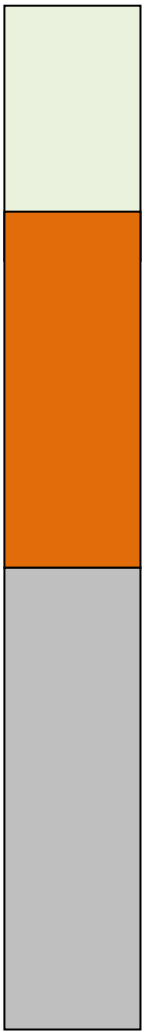



***Fig.26:*** *Curva di dispersione - evoluzione del misfit - profilo di velocità delle onde Vs*

## ***Categoria E***

# MODELLO GEOLOGICO



**TERRENO VEGETALE E COLLUVI RIMANEGGIATI,** bassa consistenza *(Orizzonte **A**)*

Argille limose

*Spessore variabile fino a m 5.0- 8.0*

**COLLUVI ELUVI RIMANEGGIATI PASSAGGIO GRADUALE ALLA <u>FORMAZIONE DI TUFILLO</u> :** *(Orizzonte **B**)*

Argille limose, media consistenza

*Spessore variabile fino a m 2.8– 5.4*

**PASSAGGIO GRADUALE ALLA <u>FORMAZIONE TUFILLO</u> :**

Argille limose e marnose, con livelli arenacei

*Buona consistenza (Orizzonte **C**)*

*Da letteratura spessori > m. 30*

## CAP. 7 – CARATTERI SISMICI DEL SITO

### *7.1 – Normativa vigente*

Le *azioni sismiche di progetto* vengono definite dalle **nuove Norme Tecniche per le Costruzioni NTC 2018**, firmate dal Ministro delle infrastrutture e dei trasporti il 17 gennaio 2018 e **entrate in vigore il 22 febbraio 2018.** Le azioni sismiche di progetto, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale. Nella presente normativa la pericolosità sismica è definita in termini di *accelerazione orizzontale massima attesa* $\boldsymbol{a_g}$ in condizioni di campo libero su sito di

riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spetro di risposta elastico in accelerazione $S_e(T)$ con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza $P_{VR}$ nel periodo di riferimento $V_R$. I valori di $a_g$, $F_0$ e $T^*_c$, sono i parametri su sito rigido orizzontale, che definiscono le *forme spettrali* per ciascuna probabilità di superamento $P_{VR}$ in un determinato periodo di riferimento, e fanno riferimento agli Allegati A e B al Decreto del Ministro delle infrastrutture 14 gennaio 2008, pubblicato nel S.O alla Gazzetta Ufficiale del 4 febbraio 2008, n°29.

## *7.2 – Accelerazione orizzontale massima attesa $a_g$*

Per quanto riguarda il comune di Pizzoferrato, dalla consultazione delle Mappe interattive di pericolosità sismica dell'INGV (Progetto Esse1), si evince che l'intervallo di valori dell' accelerazione orizzontale massima al suolo $\mathbf{a_g}$ è compreso tra **0.200g e 0.225g**, avendo posto il 10% di probabilità di superamento in 50 anni.

Per ogni singolo nodo della griglia di riferimento è possibile analizzare il dettaglio in forma grafica e tabellare dell'*analisi di disaggregazione* (vale a dire il contributo delle possibili coppie di valori di magnitudo-distanza alla pericolosità del nodo) della relativa **a(g)**, utilizzando lo strumento **Grafico di disaggregazione** (fig.26)**.** Per lo stesso nodo si otterranno anche i valori medi di M-D-ε (magnitudo, distanza, epsilon).

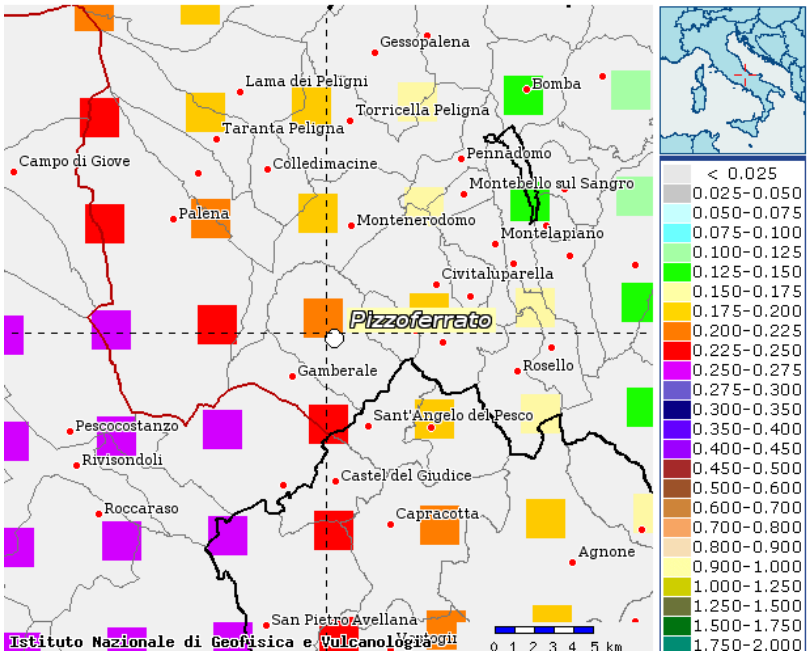
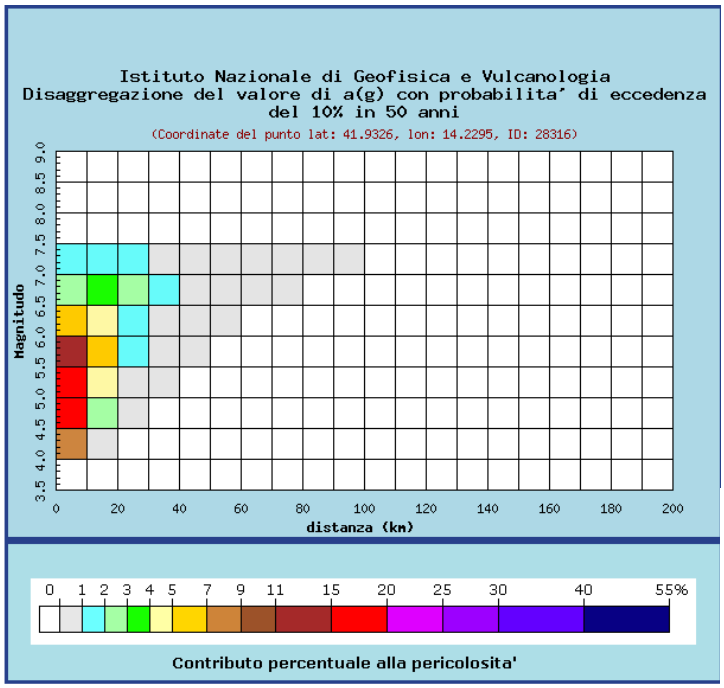



***Fig. 27:*** *Mappa di pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi (Vs >800 m/s) (da Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia).*




| Valori medi | | |
|---|---|---|
| **Magnitudo** | **Distanza** | **Epsilon** |
| 5.580 | 10.100 | 0.886 |

***Fig. 28*: Grafico di disaggregazione** (da Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia).

## *7.3 – Categoria di suolo di fondazione*

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, VS.

**Tab. 3.2.II** – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica |
|---|---|
| A | *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m. |
| B | *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s. |
| C | *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s. |
| D | *Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti*, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s. |
| E | *Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D*, con profondità del substrato non superiore a 30 m. |

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

I valori di $V_S$ sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche (***D.M. 17/01/2018 – NTC 2018***).

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

| | |
|---|---|
| $h_i$ | spessore dell'i-esimo strato; |
| $V_{S,i}$ | velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato; |
| N | numero di strati; |
| H | profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/s. |

Le tre indagini sismiche Masw hanno individuato i seguenti risultati:

- **MASW1**: $Vs_{eq}$: 246 m/s con profondità di substrato minore di mt. 30.0. (**Categoria di suolo di fondazione E**);

**MASW2**: $Vs_{eq}$: 298 m/s con profondità di substrato maggiore di mt. 30.0. (**Categoria di suolo di fondazione C**);

- **MASW3**: $Vs_{eq}$: 269 m/s con profondità di substrato minore di mt. 30.0. (**Categoria di suolo di fondazione E**);

## *7.4 – Definizione dell'azione sismica*

Le attuali NT per le Costruzioni hanno modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva ai fini progettuali: per ciascuna zona, e quindi territorio comunale, precedentemente veniva fornito un valore di accelerazione di picco e quindi di spettro di risposta elastico da utilizzare per il calcolo delle azioni sismiche. Dal 1 luglio 2009, con l'entrata in vigore delle Norme, per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento "**propria**" individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale dell'opera

Considerando per l'opera una vita nominale di 50 anni (*Opere ordinarie*) ed una classe d'uso II ($C_U$ = 1), si ottiene un periodo di riferimento $V_R$ pari a 50.

I valori dei parametri $a_g$, $F_0$, $T^*_C$ riferiti a suolo rigido con morfologia orizzontale, da utilizzare per definire ***l'azione sismica del sito di progetto*** nei modi previsti dalle NTC del DM 17 gennaio 2018, sono messi a disposizione dal programma (Azioni sismiche - Spettri di risposta ver. 1.0.3) elaborato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Nella tabella seguente, vengono riportati i valori di $T_R$, $a_g$, $F_0$, $T^*_C$ per ogni stato limite.

| SLATO LIMITE | $T_R$ [anni] | $a_g$ [g] | $F_o$ [-] | $T_C^*$ [s] |
|---|---|---|---|---|
| SLO | 30 | 0,061 | 2,422 | 0,284 |
| SLD | 50 | 0,078 | 2,404 | 0,305 |
| SLV | 475 | 0,200 | 2,429 | 0,362 |
| SLC | 975 | 0,259 | 2,417 | 0,390 |

**Tabella 1:**Valori dei parametri ag, Fo e T*C e TR di riferimento per i vari stati limite (elaborazioni eseguite con "Spettri NTC ver. 1.0.3")

A partire da questi dati, si ricavano gli *spettri di risposta elastici* delle componenti orizzontali e verticali del moto per gli *stati limiti di esercizio* e per gli *stati limite ultimi*, in funzione anche della categoria di sottosuolo e della categoria topografica.

Al variare della categoria di sottosuolo, il documento Excel utilizzato al fine di costruire lo spettro di risposta elastico, modifica il valore di Ss (amplificazioni stratigrafiche) che è funzione dei parametri $F_0$, $T^*_c$, a(g) e g. Mentre al variare della categoria topografica, varia il coefficiente di amplificazione topografica, $\mathbf{S_T}$**.** Ad una **categoria T2** (*Pendii con inclinazione media > 15°)* si associa il valore $S_T$ **= 1.2**.

## CAP.8 – INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO

- Gli interventi di consolidamento dovranno agire sulle **cause** e sugli **effetti**, pertanto dovranno agire sul sistema di raccolta delle acque superficiali e di infiltrazione e prevedere adeguate opere di contenimento per stabilizzare i tratti in frana;

- Il sito in esame è ubicato su un **corpo di frana di genesi complessa** che ha coinvolto le abitazioni ubicate in tale località e che costituisce un chiaro elemento di pericolo per i residenti. Il sito **rientra** nella **nuova perimetrazione proposta** delle aree a rischio idrogeologico presente nel "Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico dei Bacini di rilievo Regionale Abruzzesi e del Bacino Interregionale del F. Sangro" con un **grado di pericolosità elevato P3**;

- Dal punto di vista *geologico* il sito è ubicato sul substrato geologico della Dal punto di vista *geologico* il sito è ubicato sul substrato geologico della **Formazione di Tufillo**; dal punto di vista *geologico-stratigrafico*, si è rilevata la presenza di 3 orizzonti litologici distinti da comportamenti coesivi; è stata riscontrata in superficie la presenza colluvi rimaneggiati, distinti da bassa consistenza (Orizzonte **A**) seguiti da argille limose di media consistenza (Orizzonte **B**). A seguire è presente un orizzonte di argille limose e marnose, di buona consistenza (Orizzonte **C**);

- Al fine di fronteggiare i processi gravitativi ed erosivi in atto, tenuto conto dell'assetto geomorfologico, si ritiene opportuno intervenire sulle cause e sugli effetti del dissesto, pertanto si propongono i seguenti interventi:

    - **Sistemi di drenaggio** sia superficiali, con regimazione delle acque piovane a monte del fronte di frana, mediante sistemi di raccolta e di impermeabilizzazione del manto stradale, sia sistemi di drenaggio profondi. In entrambi i casi le acque drenate andranno convogliate nei limitrofi fossi naturali.

    - **Opere di contenimento** finalizzate a contrastare la spinta della massa instabile, nella scelta e dimensionamento delle fondazioni si terrà conto dei risultati delle indagini. Sulla base delle risultanze delle indagini si rende necessario il riscorso a fondazioni indirette, del tipo pali trivellati e gettati in opera e collegati in testa, sufficientemente impostate all'interno

dell'Orizzonte C. Al fine di incrementare la resistenza alla spinta si consiglia il ricorso a **tiranti** di tipo passivo (micropali). In fase di trivellazione si avrà cura di verificare costantemente la continuità dei rapporti stratigrafici tra i vari orizzonti, in caso di sensibili scostamenti rispetto alle sezioni geologiche proposte a modello, si avrà cura di adottare le dovute variazioni dimensionali dei pali.

Si rimane a disposizione per eventuali chiarimenti.

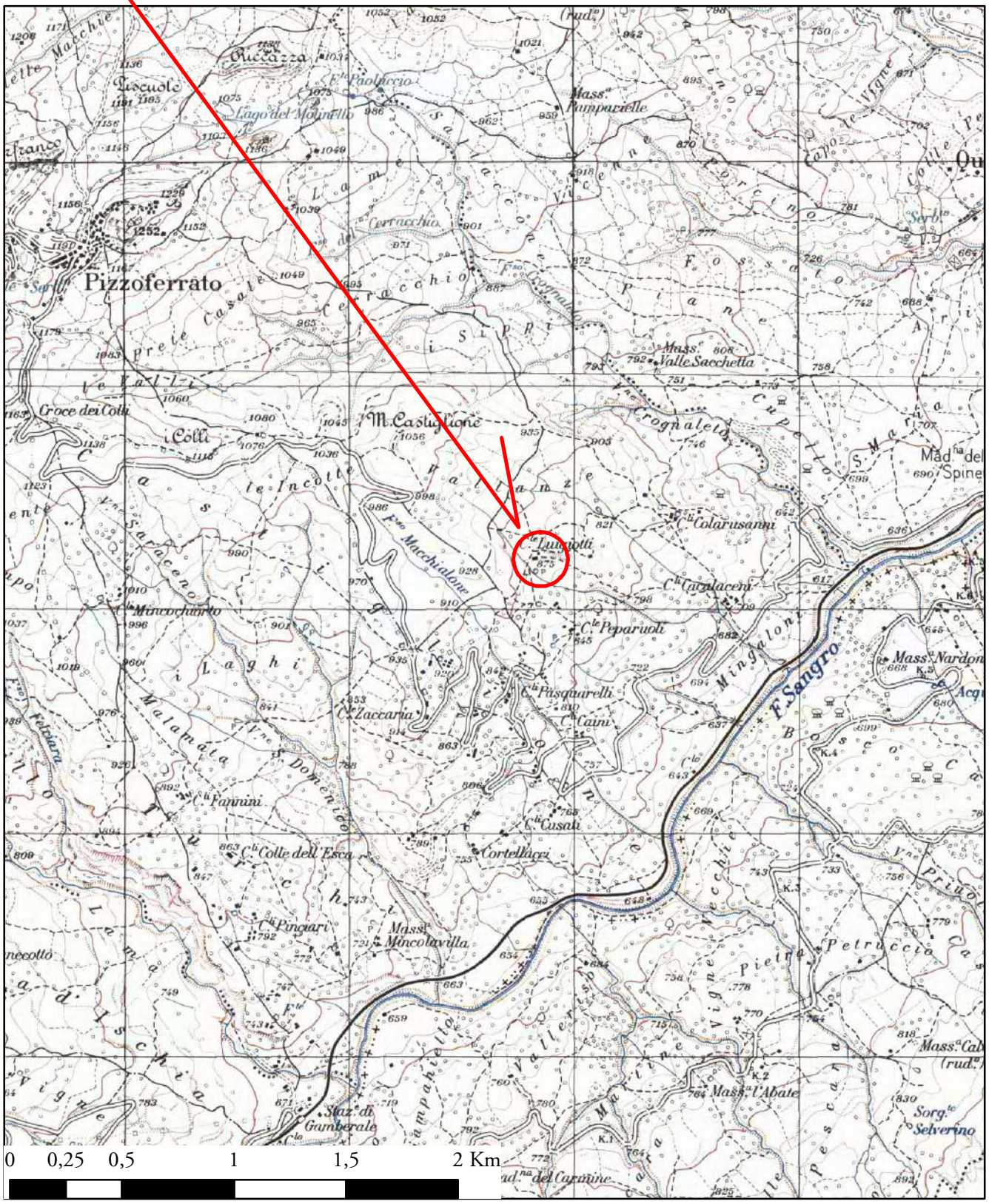
Geol. Domenico PELLICCIOTTA

# COROGRAFIA GENERALE

*Carta Topografica Regionale*

*Scala 1:25.000*

Sito in esame



# CARTA GEOLOGICA

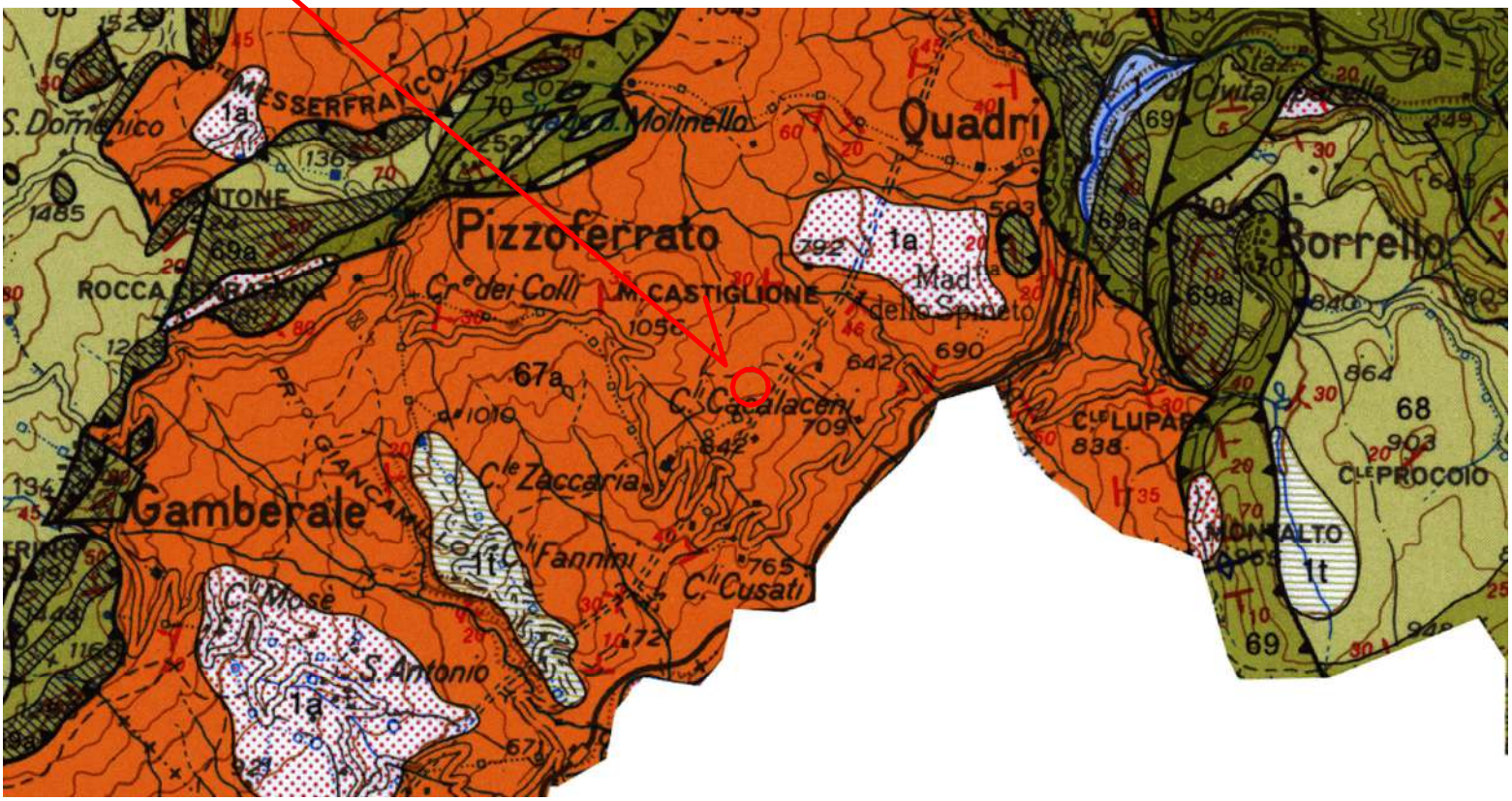
Dalla Carta Geologicad'Abruzzo Scala 1:100.000 di Ghisetti e Vezzani

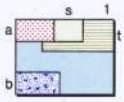
1:50.000

N

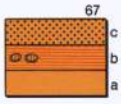
**Legenda**

Area d'esame



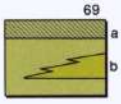




Depositi lacustri argilloso-limoso-sabbiosi; depositi fluviali e fluvio-glaciali prevalentemente ghiaioso-sabbiosi; travertini (1). Depositi sabbiosi delle piane costiere (s). Depositi alluvionali terrazzati (t). Detriti di falda e coperture detritico-colluviali; depositi residuali; terre rosse (a). Sedimenti morenici (b). *Olocene - Pleistocene superiore*.




**Flysch di Agnone**. Alternanza argilloso-arenacea in strati sottili (a) con livelli arenacei che tendono ad aumentare in spessore (fino a 1-2 m) e frequenza verso l'alto, ove assumono anche granulometrie più grossolane, localmente fino a conglomeratiche (Ateleta, M. dell'Ellera). L'intervallo mediano (b) é caratterizzato da un'alternanza pelitico-arenacea con intercalazioni calcarenitico-calciruditiche e con olistoliti di Calcareniti a Briozoi e Litotammi, Calciruditi a Rudiste, Marne ad Orbulina e calcareniti a Macroforaminiferi (Pietraferrazzana, Castiglione Messer Marino). La parte alta della Formazione (c) é costituita da un'alternanza di argille e marne argillose con sottili intercalazioni di arenarie fini grigie. Spessore: > 200 m. *Messiniano*.

**Marne ad Orbulina equiv., Marne con Cerrogna equiv.** Marne e calcari marnosi con rara selce in liste e noduli, in alternanza con argille marnose grigie, talora arenacee, caratterizzate nella parte inferiore da intercalazioni di calcareniti massicce a Briozoi, Litotamni e Pectinidi, con sottili e frequenti intercalazioni marnose verdastre (a). Spessore: 150-200 m. *Messiniano inferiore - Miocene medio*.




**Formazione di Gamberale - Pizzoferrato**. Alternanza di conglomerati ben cementati in banchi da 1 a 2 m, e marne argillose rosse e verdi (a volte difficilmente differenziabili dalle sottostanti Argille policrome), con intercalazioni di calciruditi bioclastiche con selce, in banchi lenticolari spessi da 3 a 5 m (a). Conglomerati e paraconglomerati con abbondante matrice sabbioso-argillosa (Gamberale) a prevalenti clasti di calcari, selci ed argille, con diametro fino a 10-20 cm (Colle Zingaro). Faune ad *Amphistegina* spp., Nummuliti e Rudiste rimaneggiate. Calcareniti zonate giallastre con intercalazioni di peliti rosse e verdi (b, Pietransieri). Spessore: 300-800 m. *Miocene medio-inferiore*.

Argille marnose policrome con sottili intercalazioni di radiolariti rosse, calcari micritici e calcareniti torbiditiche (**Scaglia Cinerea equiv.**) Spessore: 40-100 m. *Burdigaliano - Oligocene superiore?* Alternanza di calcari marnosi e di marne rosse e verdi con liste di selce, con sottili intercalazioni di calcareniti torbiditiche; alla base prevale un'alternanza di marne verdastre, micriti calcaree, calciruditi a Nummuliti con noduli di selce nera (M. Pagano). Spessore: > 250-300 m. *Burdigaliano-Oligocene superiore?*

0 0,75 1,5 3 Km

# CARTA GEOMORFOLOGICA

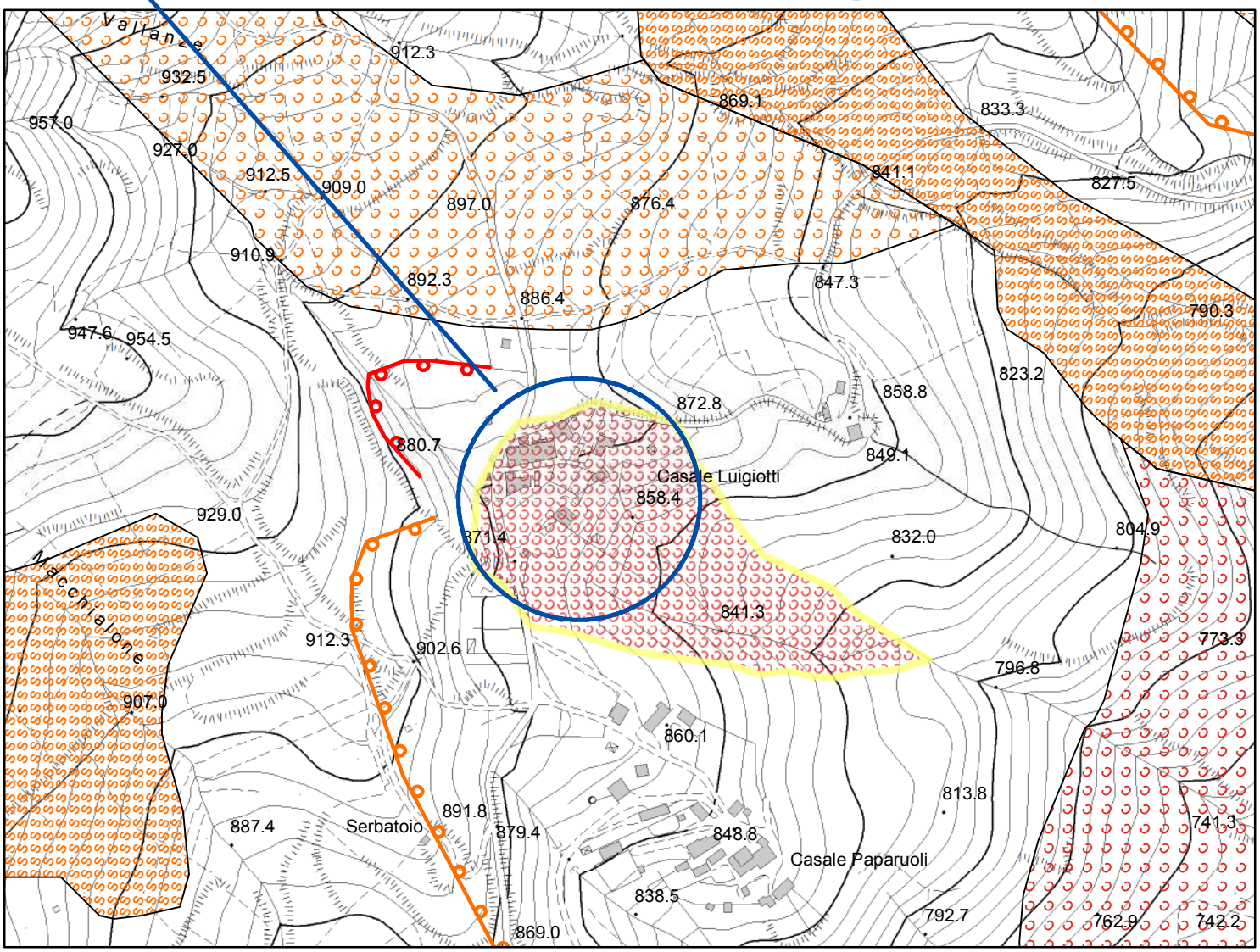
*base CTR - elemento 379083*

1:5.000

| | | STATO DI ATTIVITA' | | |
|---|---|---|---|---|
| | | ATTIVO | QUIESCENTE | NON ATTIVO |
| FORME, PROCESSI E DEPOSITI GRAVITATIVI DI VERSANTE | Orlo di scarpata di degradazione e/o di frana | | | |
| | Trincea o fessura | | | |
| | Frattura di trazione | | | |
| | Versante interessato da deformazione profonda | | | |
| | Versante interessato da deformazioni superficiali lente | | | |
| | Corpo di frana di crollo e ribaltamento | | | |
| | Corpo di frana di scorrimento: (A) Traslativo | | | |
| | (B) Rotazionale | | | |
| | Corpo di frana di colamento | | | |
| | Corpo di frana di genesi complessa (inclusi i fenomeni di trasporto e di massa) | | | |
| | Piccola frana o gruppo di piccole frane non classificate | | | |
| | Contropendenza significativa nel corpo di frana | | | |

*Area in esame*

*Proposta di variante - Art.24*



# CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDROGEOLOGICA

*base CTR - elemento 379083*

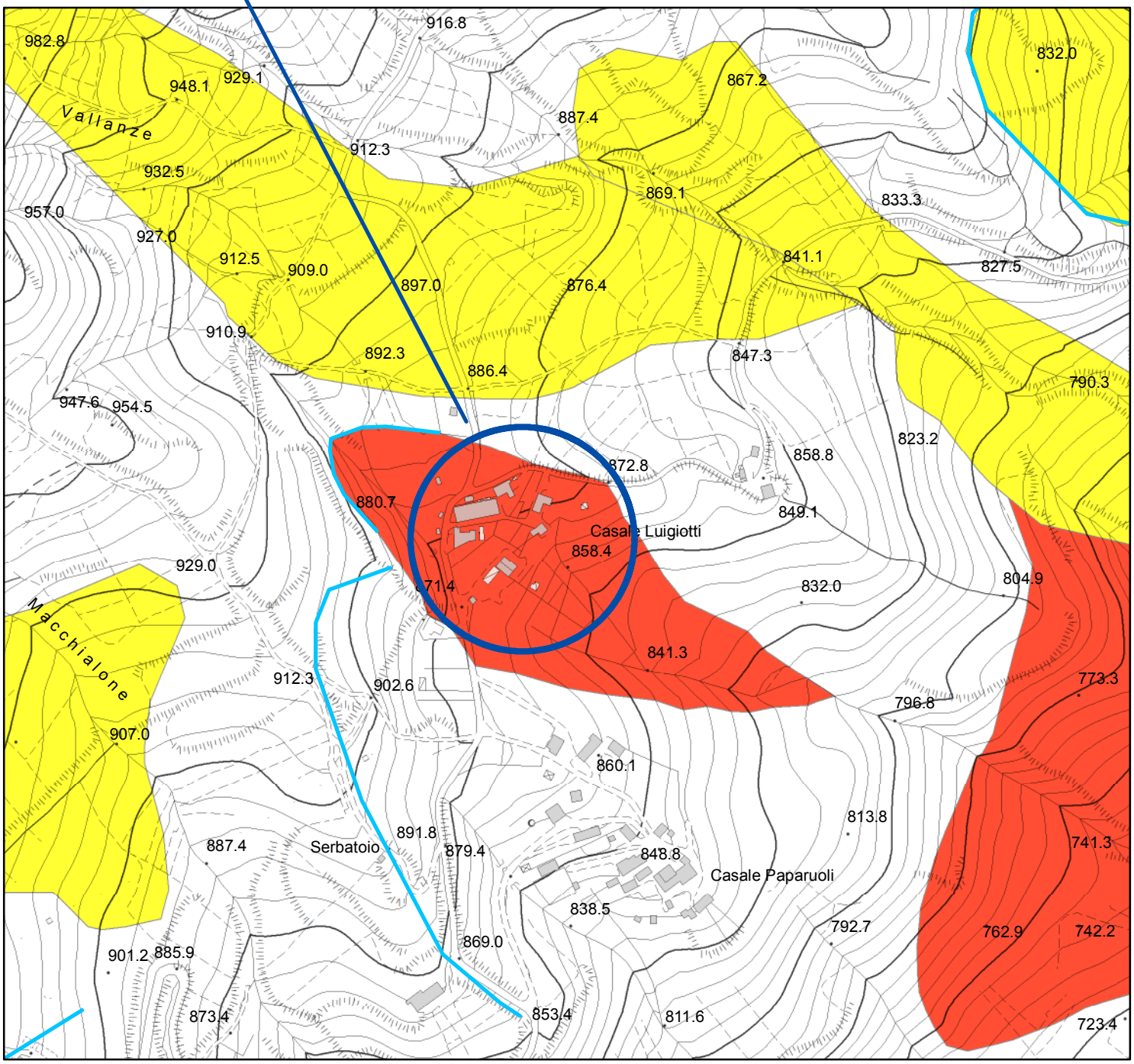
**Classi di pericolosità**

- Ps - Pericolosità da scarpate
- P3 - Pericolosità molto elevata
- P2 - Pericolosità elevata
- P1 - Pericolosità moderata

*Area in esame*

1:5.000

*Proposta di variante - Art.24*



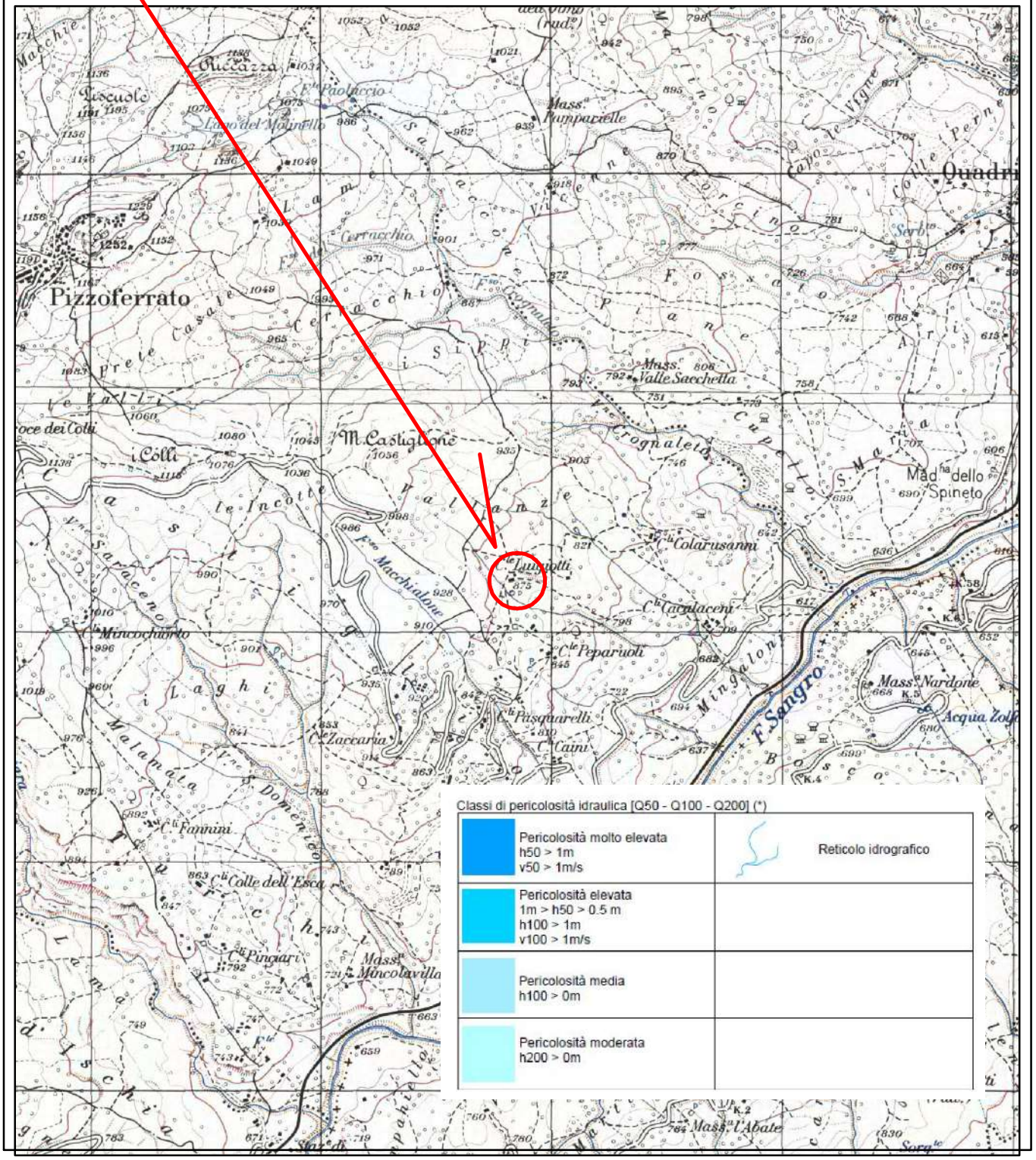
# CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA

*STUDI IDRAULICI PER LA MAPPAURA DELLE AREE INONDABILI*

*Bacino del Sangro*

*Scala 1:25.000*

Sito in esame

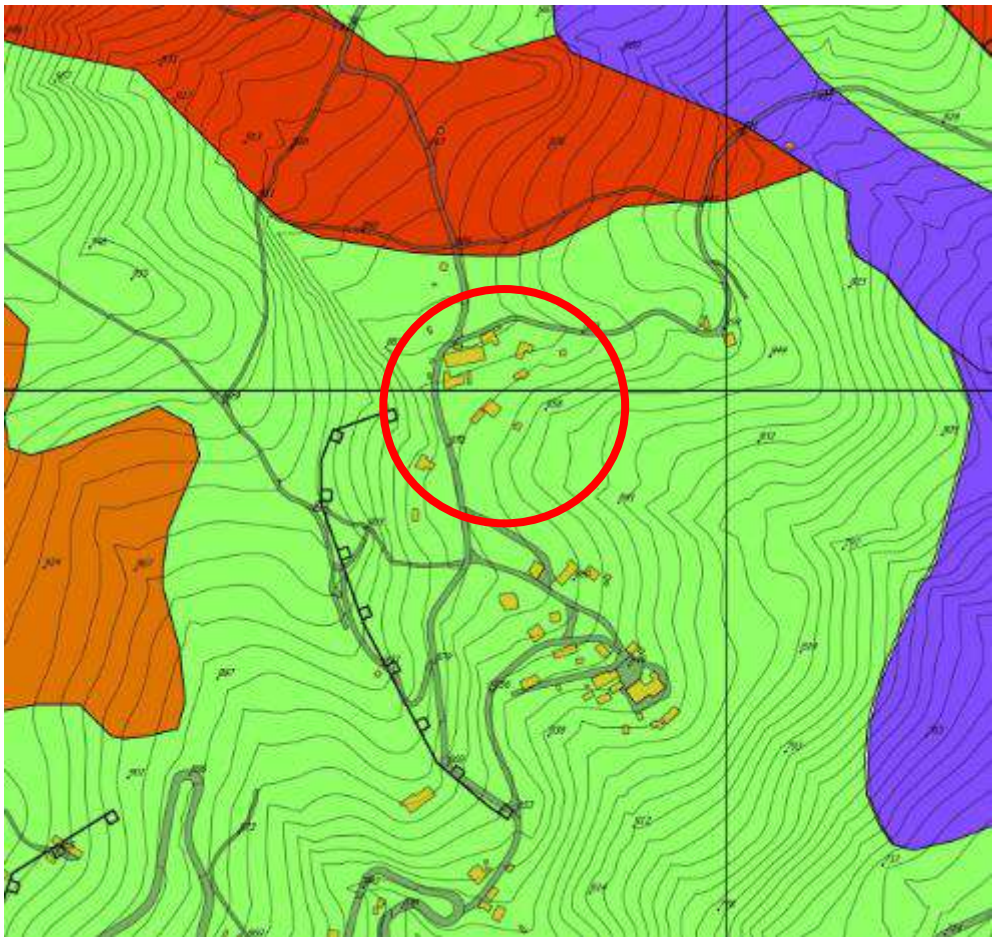



0 0,3 0,6 1,2 1,8 2,4 Km

**STRALCIO CARTA DELLE MOPS – Comune di PIZZOFERRATO (CH)**

**MICROZONAZIONE SISMICA DI I°LIVELLO**

Area in esame



Zona 2

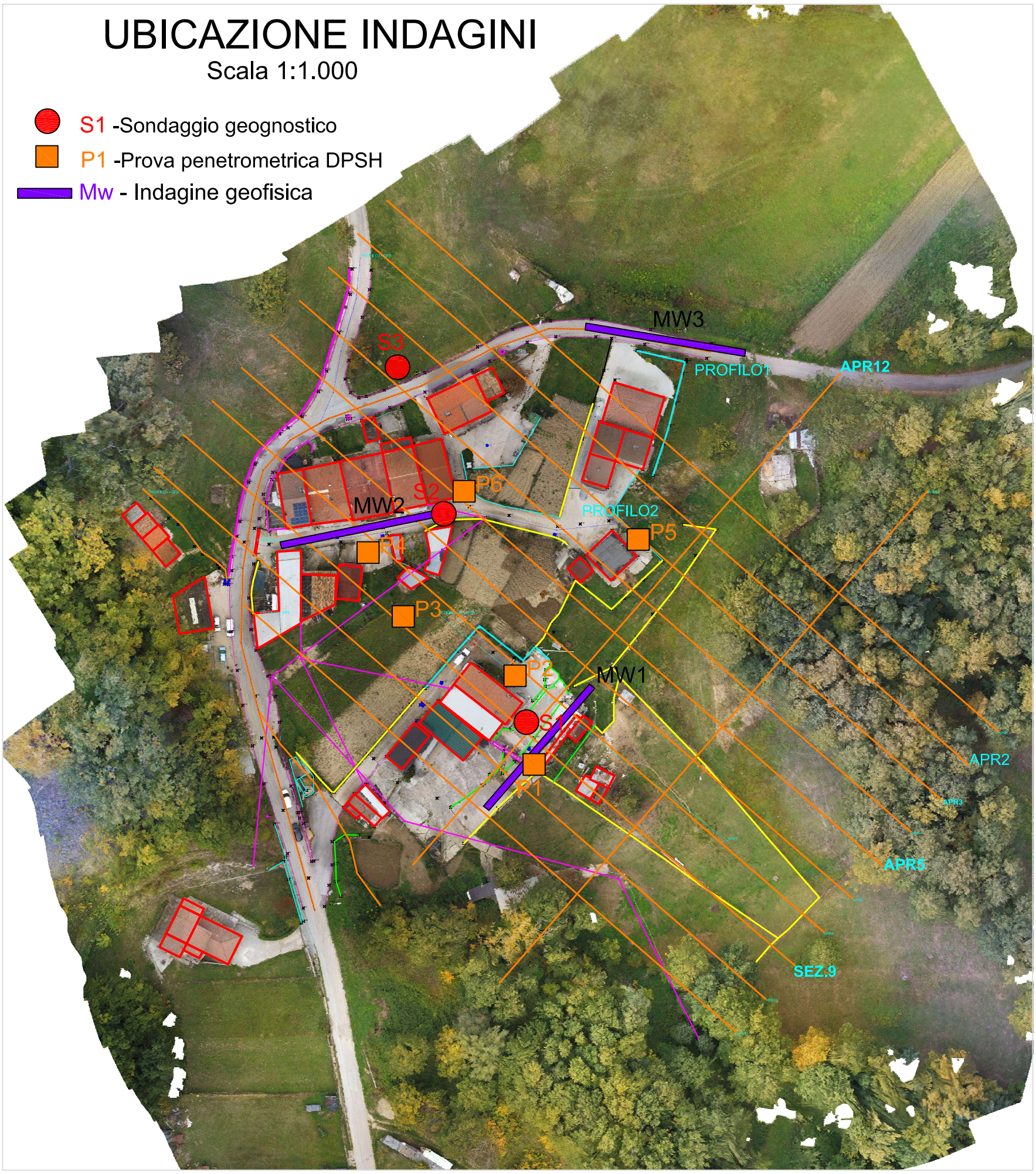
**Substrato non rigido.**
Alternanze
argilloso-arenacee

S

***ZONA STABILE SUSCETTIBILE D'AMPLIFICAZIONE LOCALE***

# UBICAZIONE INDAGINI

Scala 1:1.000



EDILGEO srls
Piazza Terza Italia n°5
66030 Mozzagrogna (CH)

**Committente:** *COMUNE DI PIZZOFERRATO*

**Località:** Pizzoferrato, località Casale Luigiotti

**Data inizio/fine:** 24/09/2020 **Scala:** 1:100

**Attrezzatura:** Trivella idraulica **Sigla:** S1

**Lunghezza perforazione:** mt. 20.0

| Spessore (m) | Profondità (m) | Stratigrafia | Descrizione | Prova S.P.T. | Falda |
|---|---|---|---|---|---|
| 0,40 | 0,40 | | Massetto | | |
| 7,60 | 8,00 | | Limi e argille sabbiose a grana fine con colorazione giallastra | | mt. 3.00<br>2 - 4 - 3<br>m. 4,00 |
| 2,60 | 10,60 | | Argille limose e sabbiose color avana, con livelli di arenaria | | mt. 9.00<br>15 - 12 - 17 |
| 9,40 | 20,00 | | Argille limose e marnose con livelli arenacei | | mt. 11.00<br>22 - 26 - 29 |

EDILGEO srls
Piazza Terza Italia n°5
66030 Mozzagrogna (CH)

**Committente:** *COMUNE DI PIZZOFERRATO*

**Località:** Pizzoferrato, località Casale Luigiotti

**Data inizio/fine:** 24/09/2020

**Scala:** 1:100

**Attrezzatura:** Trivella idraulica

**Sigla:** S2

**Lunghezza perforazione:** mt. 15.0

| Spessore (m) | Profondità (m) | Stratigrafia | Descrizione | Prova S.P.T. | Falda |
|---|---|---|---|---|---|
| 0,40 | 0,40 | | Massetto | | |
| 2,10 | 2,50 | | Sabbia a grana fine con presenza di limo | | mt. 2.5 |
| 1,70 | 4,20 | | Limi e argille sabbiose a grana fine con colorazione giallastra | | 3 - 2 - 3 |
| 5,40 | 9,60 | | Argille limose e sabbiose color avana, con livelli di arenaria | | |
| 5,40 | 15,00 | | Argille limose e marnose con livelli arenacei | | mt. 12,00<br>20 - 25 -29 |

EDILGEO srls
Piazza Terza Italia n°5
66030 Mozzagrogna (CH)

**Committente:** *COMUNE DI PIZZOFERRATO*

**Località:** Pizzoferrato, località Casale Luigiotti

**Data inizio/fine:** 24/09/2020 **Scala:** 1:100

**Attrezzatura:** Trivella idraulica **Sigla:** S3

**Lunghezza perforazione:** mt. 20.0

| Spessore (m) | Profondità (m) | Stratigrafia | Descrizione | Prova S.P.T. | Falda |
|---|---|---|---|---|---|
| 0,30 | 0,30 | | Terreno vegetale | | |
| 3,70 | 5,00 | | Limi e argille sabbiose a grana fine con colorazione giallastra | | mt. 5,00<br>5 - 7 - 7 |
| 3,70 | 8,70 | | Argille limose e sabbiose color avana, con livelli di arenaria | | mt. 7,00<br>12- 14 - 15 |
| 11,30 | 20,00 | | Argille limose e marnose con livelli arenacei | | mt. 12,00<br>27 - 31 - 35 |

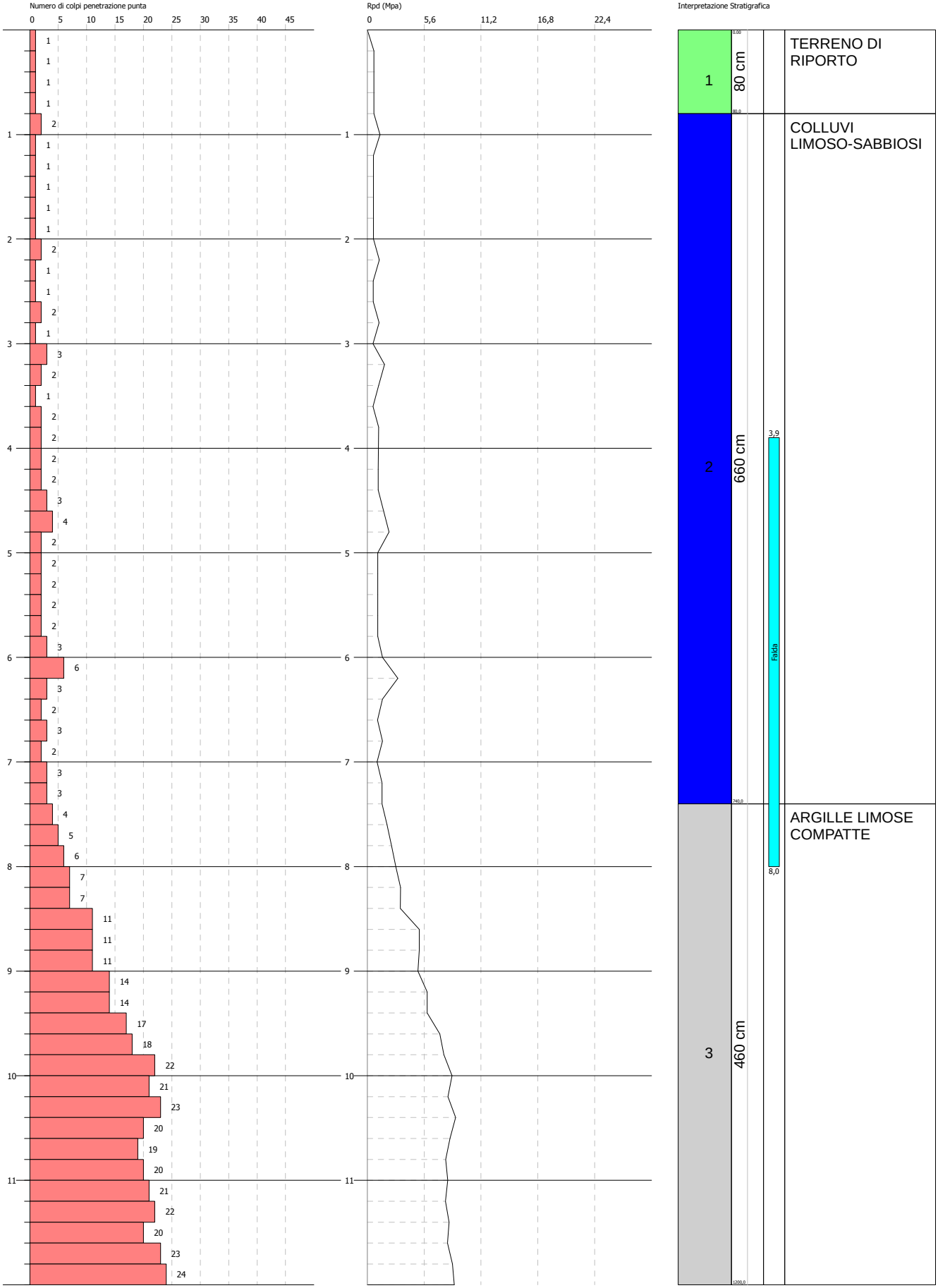
GEOSTRU SOFTWARE SRL rrr
VIA LUNGOMARE
89032 BIANCO RC ITALY
www.geostru.com

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1 C058 18
## Strumento utilizzato... EMILIA (20)

Committente: Amministrazione Comunale di Pizzoferrato (CH)
Cantiere:
Località: Pizzoferrato

Data: 06/11/2018

Scala 1:51




SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1**

**TERRENI COESIV I**

Coesione non drenata

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Correlazione | Cu (KPa) |
|---|---|---|---|---|
| Strato (1) TERRENO DI RIPORTO | 1,65 | 0.00-0,80 | Terzaghi-Peck | 10,10 |
| Strato (2) COLLUVI LIMOSO-SABBIOSI | 3,49 | 0,80-7,40 | Terzaghi-Peck | 21,38 |
| Strato (3) ARGILLE LIMOSE COMPATTE | 25,76 | 7,40-12,00 | Terzaghi-Peck | 170,54 |

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Correlazione | Qc (Mpa) |
|---|---|---|---|---|
| Strato (1) TERRENO DI RIPORTO | 1,65 | 0.00-0,80 | Robertson (1983) | 0,32 |
| Strato (2) COLLUVI LIMOSO-SABBIOSI | 3,49 | 0,80-7,40 | Robertson (1983) | 0,68 |
| Strato (3) ARGILLE LIMOSE COMPATTE | 25,76 | 7,40-12,00 | Robertson (1983) | 5,05 |

Modulo Edometrico

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Correlazione | Eed (Mpa) |
|---|---|---|---|---|
| Strato (1) TERRENO DI RIPORTO | 1,65 | 0.00-0,80 | Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner | 1,83 |
| Strato (2) COLLUVI LIMOSO-SABBIOSI | 3,49 | 0,80-7,40 | Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner | 3,67 |
| Strato (3) ARGILLE LIMOSE COMPATTE | 25,76 | 7,40-12,00 | Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner | 25,94 |

Modulo di Young

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Correlazione | Ey (Mpa) |
|---|---|---|---|---|
| Strato (1) TERRENO DI RIPORTO | 1,65 | 0.00-0,80 | Apollonia | 1,62 |
| Strato (2) COLLUVI LIMOSO-SABBIOSI | 3,49 | 0,80-7,40 | Apollonia | 3,42 |
| Strato (3) ARGILLE LIMOSE COMPATTE | 25,76 | 7,40-12,00 | Apollonia | 25,26 |

Classificazione AGI

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Correlazione | Classificazione |
|---|---|---|---|---|
| Strato (1) TERRENO DI RIPORTO | 1,65 | 0.00-0,80 | A.G.I. (1977) | PRIVO DI CONSISTENZA |
| Strato (2) COLLUVI LIMOSO-SABBIOSI | 3,49 | 0,80-7,40 | A.G.I. (1977) | POCO CONSISTENTE |
| Strato (3) ARGILLE LIMOSE COMPATTE | 25,76 | 7,40-12,00 | A.G.I. (1977) | MOLTO CONSISTENTE |

Peso unità di volume

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Correlazione | Peso unità di volume (KN/m³) |
|---|---|---|---|---|
| Strato (1) TERRENO DI RIPORTO | 1,65 | 0.00-0,80 | Meyerhof | 15,00 |
| Strato (2) COLLUVI LIMOSO-SABBIOSI | 3,49 | 0,80-7,40 | Meyerhof | 16,38 |
| Strato (3) ARGILLE LIMOSE COMPATTE | 25,76 | 7,40-12,00 | Meyerhof | 20,79 |

Peso unità di volume saturo

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Correlazione | Peso unità di volume saturo (KN/m³) |
|---|---|---|---|---|
| Strato (1) TERRENO DI RIPORTO | 1,65 | 0.00-0,80 | Meyerhof | 18,14 |
| Strato (2) COLLUVI LIMOSO-SABBIOSI | 3,49 | 0,80-7,40 | Meyerhof | 18,34 |
| Strato (3) ARGILLE LIMOSE COMPATTE | 25,76 | 7,40-12,00 | Meyerhof | 22,06 |

Velocità onde di taglio

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Correlazione | Velocità onde di taglio (m/s) |
|---|---|---|---|---|
| Strato (1) TERRENO DI RIPORTO | 1,65 | 0.00-0,80 | Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità | 62,51 |
| Strato (2) COLLUVI LIMOSO-SABBIOSI | 3,49 | 0,80-7,40 | Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità | 111,51 |
| Strato (3) ARGILLE LIMOSE COMPATTE | 25,76 | 7,40-12,00 | Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità | 186,06 |

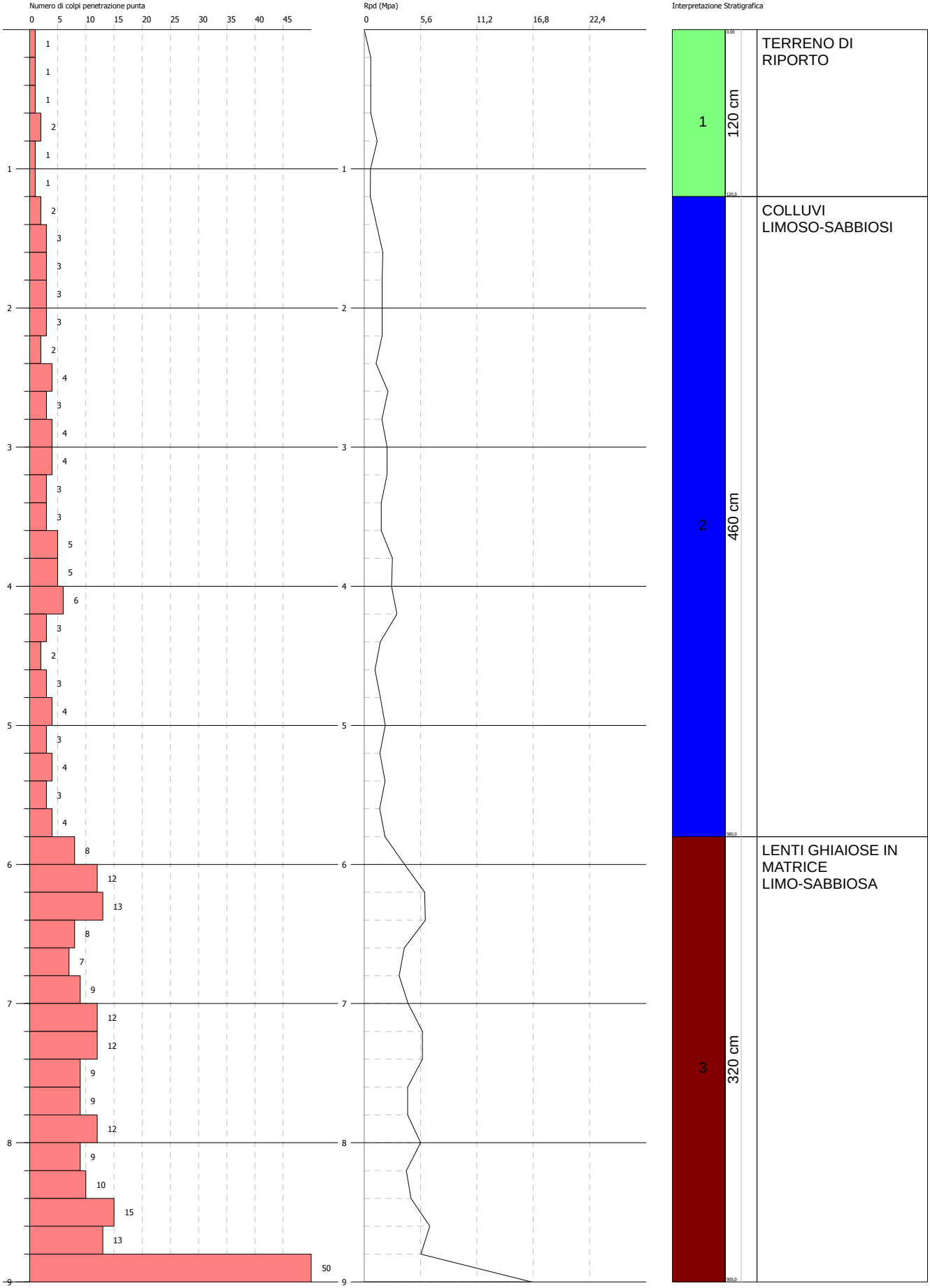
GEOSTRU SOFTWARE SRL rrr
VIA LUNGOMARE
89032 BIANCO RC ITALY
www.geostru.com

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2 C058 18
## Strumento utilizzato... EMILIA (20)

Committente: Amministrazione Comunale di Pizzoferrato (CH)
Cantiere:
Località: Pizzoferrato

Data: 06/11/2018

Scala 1:38




SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2**

**TERRENI COESIV I**

Coesione non drenata

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Correlazione | Cu (KPa) |
|---|---|---|---|---|
| Strato (1) TERRENO DI RIPORTO | 1,93 | 0.00-1,20 | Terzaghi-Peck | 11,87 |
| Strato (2) COLLUVI LIMOSO-SABBIOSI | 5,65 | 1,20-5,80 | Terzaghi-Peck | 34,62 |
| Strato (3) LENTI GHIAIOSE IN MATRICE LIMO-SABBIOSA | 21,4 | 5,80-9,00 | Terzaghi-Peck | 141,61 |

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Correlazione | Qc (Mpa) |
|---|---|---|---|---|
| Strato (1) TERRENO DI RIPORTO | 1,93 | 0.00-1,20 | Robertson (1983) | 0,38 |
| Strato (2) COLLUVI LIMOSO-SABBIOSI | 5,65 | 1,20-5,80 | Robertson (1983) | 1,11 |
| Strato (3) LENTI GHIAIOSE IN MATRICE LIMO-SABBIOSA | 21,4 | 5,80-9,00 | Robertson (1983) | 4,20 |

Modulo Edometrico

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Correlazione | Eed (Mpa) |
|---|---|---|---|---|
| Strato (1) TERRENO DI RIPORTO | 1,93 | 0.00-1,20 | Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner | 2,11 |
| Strato (2) COLLUVI LIMOSO-SABBIOSI | 5,65 | 1,20-5,80 | Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner | 5,83 |
| Strato (3) LENTI GHIAIOSE IN MATRICE LIMO-SABBIOSA | 21,4 | 5,80-9,00 | Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner | 21,58 |

Modulo di Young

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Correlazione | Ey (Mpa) |
|---|---|---|---|---|
| Strato (1) TERRENO DI RIPORTO | 1,93 | 0.00-1,20 | Apollonia | 1,89 |
| Strato (2) COLLUVI LIMOSO-SABBIOSI | 5,65 | 1,20-5,80 | Apollonia | 5,54 |
| Strato (3) LENTI GHIAIOSE IN MATRICE LIMO-SABBIOSA | 21,4 | 5,80-9,00 | Apollonia | 20,99 |

Classificazione AGI

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Correlazione | Classificazione |
|---|---|---|---|---|
| Strato (1) TERRENO DI RIPORTO | 1,93 | 0.00-1,20 | A.G.I. (1977) | PRIVO DI CONSISTENZA |
| Strato (2) COLLUVI LIMOSO-SABBIOSI | 5,65 | 1,20-5,80 | A.G.I. (1977) | MODERAT. CONSISTENTE |
| Strato (3) LENTI GHIAIOSE IN MATRICE LIMO-SABBIOSA | 21,4 | 5,80-9,00 | A.G.I. (1977) | MOLTO CONSISTENTE |

Peso unità di volume

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Correlazione | Peso unità di volume (KN/m³) |
|---|---|---|---|---|
| Strato (1) TERRENO DI RIPORTO | 1,93 | 0.00-1,20 | Meyerhof | 15,30 |
| Strato (2) COLLUVI LIMOSO-SABBIOSI | 5,65 | 1,20-5,80 | Meyerhof | 17,55 |
| Strato (3) LENTI GHIAIOSE IN MATRICE LIMO-SABBIOSA | 21,4 | 5,80-9,00 | Meyerhof | 20,59 |

Peso unità di volume saturo

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Correlazione | Peso unità di volume saturo (KN/m³) |
|---|---|---|---|---|
| Strato (1) TERRENO DI RIPORTO | 1,93 | 0.00-1,20 | Meyerhof | 18,14 |
| Strato (2) COLLUVI LIMOSO-SABBIOSI | 5,65 | 1,20-5,80 | Meyerhof | 18,44 |
| Strato (3) LENTI GHIAIOSE IN MATRICE LIMO-SABBIOSA | 21,4 | 5,80-9,00 | Meyerhof | 20,89 |

Velocità onde di taglio

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Correlazione | Velocità onde di taglio (m/s) |
|---|---|---|---|---|
| Strato (1) TERRENO DI RIPORTO | 1,93 | 0.00-1,20 | Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità | 69,46 |
| Strato (2) COLLUVI LIMOSO-SABBIOSI | 5,65 | 1,20-5,80 | Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità | 117,55 |
| Strato (3) LENTI GHIAIOSE IN MATRICE LIMO-SABBIOSA | 21,4 | 5,80-9,00 | Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità | 171,02 |

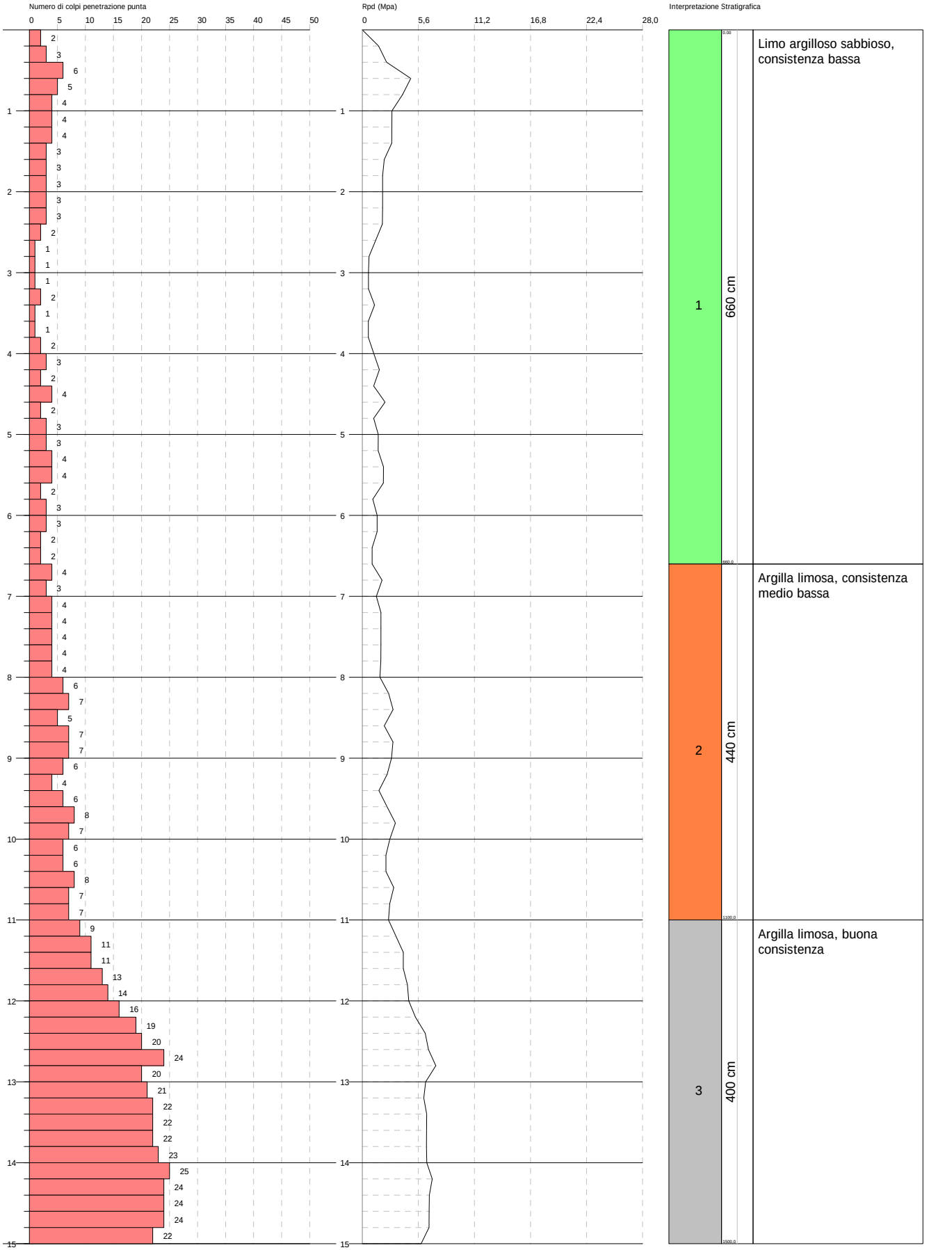
GEOSTRU SOFTWARE SRL rrr
VIA LUNGOMARE
89032 BIANCO RC ITALY
www.geostru.com

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.3**
**Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)**

Committente: Comune di Pizzoferrato
Cantiere: Movimento franoso in località Casale Luigiotti
Località: Pizzoferrato (CH) - Località Casale Luigiotti

Data: 08/09/2020

Scala 1:65




SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3**

**TERRENI COESIV I**

Coesione non drenata

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Correlazione | Cu (KPa) |
|---|---|---|---|---|
| Strato (1) Limo argilloso sabbioso, consistenza bassa | 4,18 | 0.00-6,60 | Terzaghi-Peck | 25,60 |
| Strato (2) Argilla limosa, consistenza medio bassa | 8,48 | 6,60-11,00 | Terzaghi-Peck | 56,09 |
| Strato (3) Argilla limosa, buona consistenza | 29,03 | 11,00-15,00 | Terzaghi-Peck | 192,21 |

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Correlazione | Qc (Mpa) |
|---|---|---|---|---|
| Strato (1) Limo argilloso sabbioso, consistenza bassa | 4,18 | 0.00-6,60 | Robertson (1983) | 0,82 |
| Strato (2) Argilla limosa, consistenza medio bassa | 8,48 | 6,60-11,00 | Robertson (1983) | 1,66 |
| Strato (3) Argilla limosa, buona consistenza | 29,03 | 11,00-15,00 | Robertson (1983) | 5,69 |

Modulo Edometrico

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Correlazione | Eed (Mpa) |
|---|---|---|---|---|
| Strato (1) Limo argilloso sabbioso, consistenza bassa | 4,18 | 0.00-6,60 | Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner | 4,36 |
| Strato (2) Argilla limosa, consistenza medio bassa | 8,48 | 6,60-11,00 | Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner | 8,66 |
| Strato (3) Argilla limosa, buona consistenza | 29,03 | 11,00-15,00 | Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner | 29,21 |

Modulo di Young

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Correlazione | Ey (Mpa) |
|---|---|---|---|---|
| Strato (1) Limo argilloso sabbioso, consistenza bassa | 4,18 | 0.00-6,60 | Apollonia | 4,10 |
| Strato (2) Argilla limosa, consistenza medio bassa | 8,48 | 6,60-11,00 | Apollonia | 8,32 |
| Strato (3) Argilla limosa, buona consistenza | 29,03 | 11,00-15,00 | Apollonia | 28,47 |

Classificazione AGI

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Correlazione | Classificazione |
|---|---|---|---|---|
| Strato (1) Limo argilloso sabbioso, consistenza bassa | 4,18 | 0.00-6,60 | A.G.I. (1977) | MODERAT. CONSISTENTE |
| Strato (2) Argilla limosa, consistenza medio bassa | 8,48 | 6,60-11,00 | A.G.I. (1977) | CONSISTENTE |
| Strato (3) Argilla limosa, buona consistenza | 29,03 | 11,00-15,00 | A.G.I. (1977) | MOLTO CONSISTENTE |

Peso unità di volume

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Correlazione | Peso unità di volume (KN/m³) |
|---|---|---|---|---|
| Strato (1) Limo argilloso sabbioso, consistenza bassa | 4,18 | 0.00-6,60 | Meyerhof | 16,77 |
| Strato (2) Argilla limosa, consistenza medio bassa | 8,48 | 6,60-11,00 | Meyerhof | 18,83 |
| Strato (3) Argilla limosa, buona consistenza | 29,03 | 11,00-15,00 | Meyerhof | 21,08 |

Peso unità di volume saturo

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Correlazione | Peso unità di volume saturo (KN/m³) |
|---|---|---|---|---|
| Strato (1) Limo argilloso sabbioso, consistenza bassa | 4,18 | 0.00-6,60 | Meyerhof | 18,34 |
| Strato (2) Argilla limosa, consistenza medio bassa | 8,48 | 6,60-11,00 | Meyerhof | 20,69 |
| Strato (3) Argilla limosa, buona consistenza | 29,03 | 11,00-15,00 | Meyerhof | 22,95 |

Velocità onde di taglio

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Correlazione | Velocità onde di taglio (m/s) |
|---|---|---|---|---|
| Strato (1) Limo argilloso sabbioso, consistenza bassa | 4,18 | 0.00-6,60 | Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità | 110,32 |
| Strato (2) Argilla limosa, consistenza medio bassa | 8,48 | 6,60-11,00 | Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità | 150,67 |
| Strato (3) Argilla limosa, buona consistenza | 29,03 | 11,00-15,00 | Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità | 200,99 |

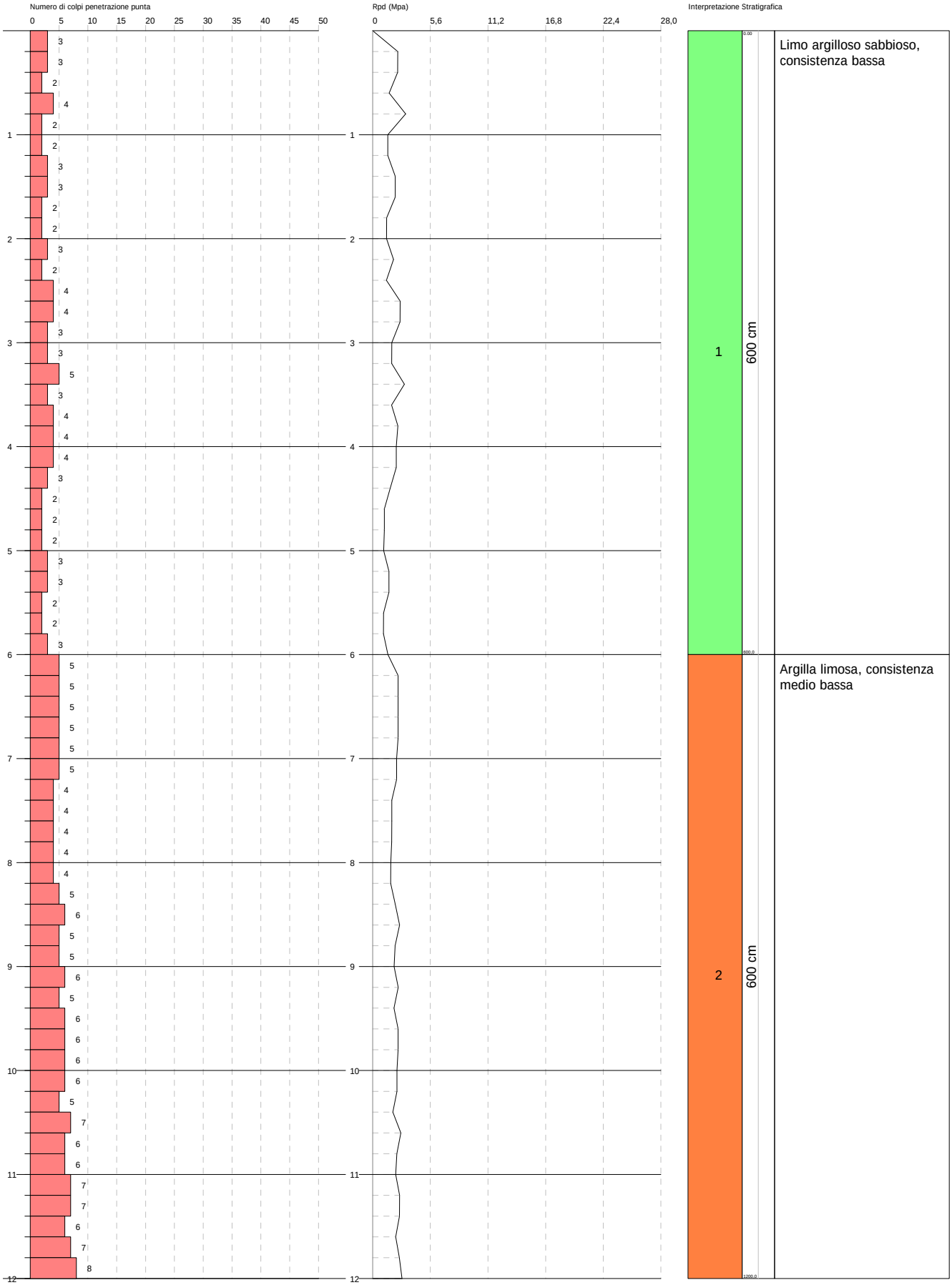
GEOSTRU SOFTWARE SRL rrr
VIA LUNGOMARE
89032 BIANCO RC ITALY
www.geostru.com

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.4**
**Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)**

Committente: Comune di Pizzoferrato
Cantiere: Movimento franoso in località Casale Luigiotti
Località: Pizzoferrato (CH) - Località Casale Luigiotti

Data: 09/09/2020

Scala 1:52




SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.4**

**TERRENI COESIV I**

Coesione non drenata

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Correlazione | Cu (KPa) |
|---|---|---|---|---|
| Strato (1) Limo argilloso sabbioso, consistenza bassa | 4,36 | 0.00-6,00 | Terzaghi-Peck | 26,77 |
| Strato (2) Argilla limosa, consistenza medio bassa | 8,27 | 6,00-12,00 | Terzaghi-Peck | 54,72 |

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Correlazione | Qc (Mpa) |
|---|---|---|---|---|
| Strato (1) Limo argilloso sabbioso, consistenza bassa | 4,36 | 0.00-6,00 | Robertson (1983) | 0,86 |
| Strato (2) Argilla limosa, consistenza medio bassa | 8,27 | 6,00-12,00 | Robertson (1983) | 1,62 |

Modulo Edometrico

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Correlazione | Eed (Mpa) |
|---|---|---|---|---|
| Strato (1) Limo argilloso sabbioso, consistenza bassa | 4,36 | 0.00-6,00 | Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner | 4,54 |
| Strato (2) Argilla limosa, consistenza medio bassa | 8,27 | 6,00-12,00 | Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner | 8,45 |

Modulo di Young

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Correlazione | Ey (Mpa) |
|---|---|---|---|---|
| Strato (1) Limo argilloso sabbioso, consistenza bassa | 4,36 | 0.00-6,00 | Apollonia | 4,28 |
| Strato (2) Argilla limosa, consistenza medio bassa | 8,27 | 6,00-12,00 | Apollonia | 8,11 |

Classificazione AGI

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Correlazione | Classificazione |
|---|---|---|---|---|
| Strato (1) Limo argilloso sabbioso, consistenza bassa | 4,36 | 0.00-6,00 | A.G.I. (1977) | MODERAT. CONSISTENTE |
| Strato (2) Argilla limosa, consistenza medio bassa | 8,27 | 6,00-12,00 | A.G.I. (1977) | CONSISTENTE |

Peso unità di volume

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Correlazione | Peso unità di volume (KN/m³) |
|---|---|---|---|---|
| Strato (1) Limo argilloso sabbioso, consistenza bassa | 4,36 | 0.00-6,00 | Meyerhof | 16,87 |
| Strato (2) Argilla limosa, consistenza medio bassa | 8,27 | 6,00-12,00 | Meyerhof | 18,73 |

Peso unità di volume saturo

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Correlazione | Peso unità di volume saturo (KN/m³) |
|---|---|---|---|---|
| Strato (1) Limo argilloso sabbioso, consistenza bassa | 4,36 | 0.00-6,00 | Meyerhof | 18,34 |
| Strato (2) Argilla limosa, consistenza medio bassa | 8,27 | 6,00-12,00 | Meyerhof | 20,59 |

Velocità onde di taglio

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Correlazione | Velocità onde di taglio (m/s) |
|---|---|---|---|---|
| Strato (1) Limo argilloso sabbioso, consistenza bassa | 4,36 | 0.00-6,00 | Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità | 109,1 |
| Strato (2) Argilla limosa, consistenza medio bassa | 8,27 | 6,00-12,00 | Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità | 150,67 |

**Indice**


1.Coesione non drenata 1
2.Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico) 1
3.Modulo Edometrico 1
4.Modulo di Young 1
5.Classificazione AGI 1
6.Peso unità di volume 2
7.Peso unità di volume saturo 2
8.Velocità onde di taglio 2
Indice 3

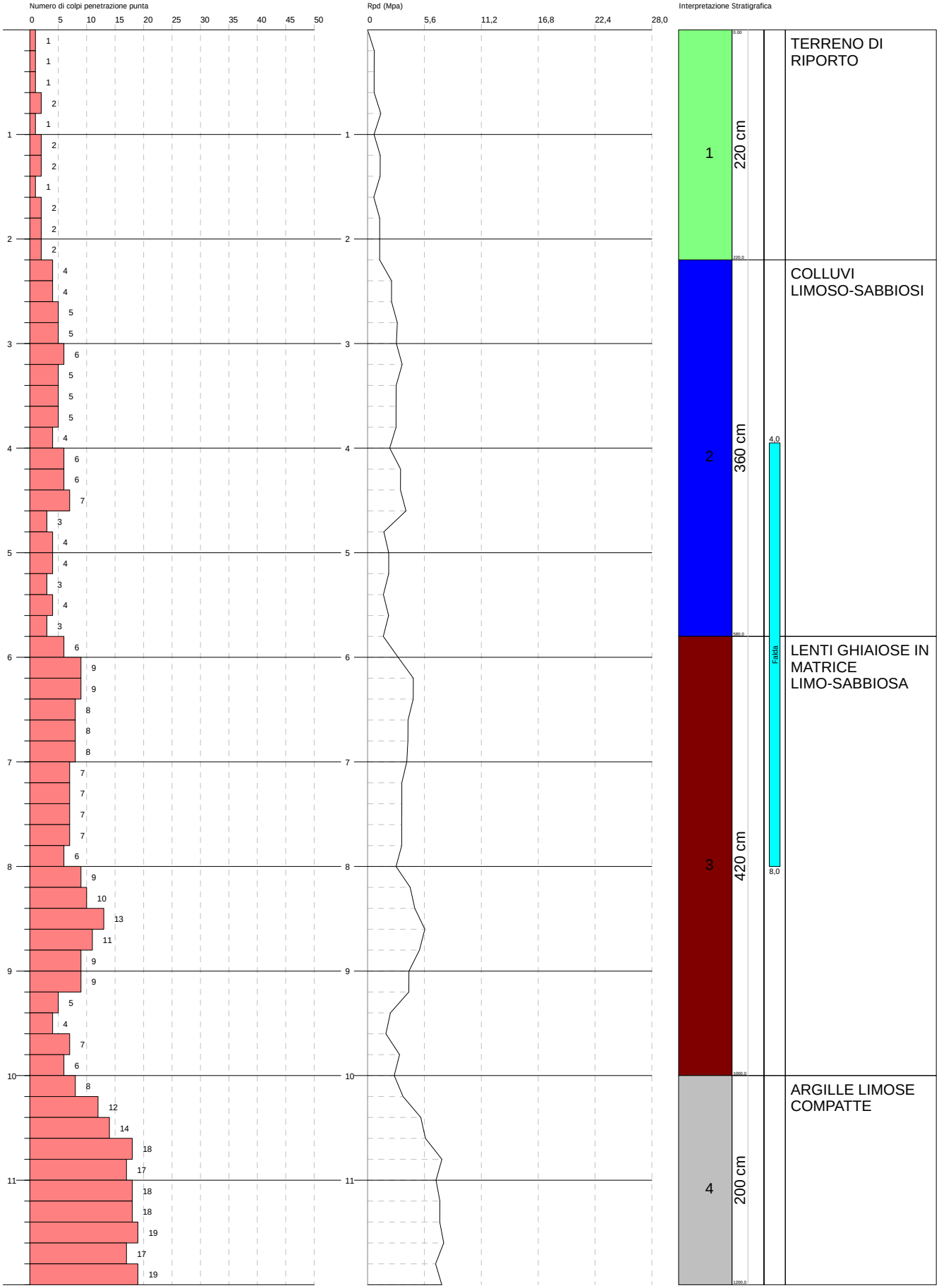
GEOSTRU SOFTWARE SRL rrr
VIA LUNGOMARE
89032 BIANCO RC ITALY
www.geostru.com

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.5** **C058 18**
**Strumento utilizzato... EMILIA (20)**

Committente: Amministrazione Comunale di Pizzoferrato (CH)
Cantiere:
Località: Pizzoferrato

Data: 06/11/2018

Scala 1:51




SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.5**

**TERRENI COESIV I**

Coesione non drenata

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Correlazione | Cu (KPa) |
|---|---|---|---|---|
| Strato (1) TERRENO DI RIPORTO | 2,55 | 0.00-2,20 | Terzaghi-Peck | 15,59 |
| Strato (2) COLLUVI LIMOSO-SABBIOSI | 7,59 | 2,20-5,80 | Terzaghi-Peck | 46,48 |
| Strato (3) LENTI GHIAIOSE IN MATRICE LIMO-SABBIOSA | 12,94 | 5,80-10,00 | Terzaghi-Peck | 85,61 |
| Strato (4) ARGILLE LIMOSE COMPATTE | 26,34 | 10,00-12,00 | Terzaghi-Peck | 174,36 |

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Correlazione | Qc (Mpa) |
|---|---|---|---|---|
| Strato (1) TERRENO DI RIPORTO | 2,55 | 0.00-2,20 | Robertson (1983) | 0,50 |
| Strato (2) COLLUVI LIMOSO-SABBIOSI | 7,59 | 2,20-5,80 | Robertson (1983) | 1,49 |
| Strato (3) LENTI GHIAIOSE IN MATRICE LIMO-SABBIOSA | 12,94 | 5,80-10,00 | Robertson (1983) | 2,54 |
| Strato (4) ARGILLE LIMOSE COMPATTE | 26,34 | 10,00-12,00 | Robertson (1983) | 5,17 |

Modulo Edometrico

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Correlazione | Eed (Mpa) |
|---|---|---|---|---|
| Strato (1) TERRENO DI RIPORTO | 2,55 | 0.00-2,20 | Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner | 2,73 |
| Strato (2) COLLUVI LIMOSO-SABBIOSI | 7,59 | 2,20-5,80 | Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner | 7,77 |
| Strato (3) LENTI GHIAIOSE IN MATRICE LIMO-SABBIOSA | 12,94 | 5,80-10,00 | Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner | 13,12 |
| Strato (4) ARGILLE LIMOSE COMPATTE | 26,34 | 10,00-12,00 | Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner | 26,52 |

Modulo di Young

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Correlazione | Ey (Mpa) |
|---|---|---|---|---|
| Strato (1) TERRENO DI RIPORTO | 2,55 | 0.00-2,20 | Apollonia | 2,50 |
| Strato (2) COLLUVI LIMOSO-SABBIOSI | 7,59 | 2,20-5,80 | Apollonia | 7,44 |
| Strato (3) LENTI GHIAIOSE IN MATRICE LIMO-SABBIOSA | 12,94 | 5,80-10,00 | Apollonia | 12,69 |
| Strato (4) ARGILLE LIMOSE COMPATTE | 26,34 | 10,00-12,00 | Apollonia | 25,83 |

Classificazione AGI

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Correlazione | Classificazione |
|---|---|---|---|---|
| Strato (1) TERRENO DI RIPORTO | 2,55 | 0.00-2,20 | A.G.I. (1977) | POCO CONSISTENTE |
| Strato (2) COLLUVI LIMOSO-SABBIOSI | 7,59 | 2,20-5,80 | A.G.I. (1977) | MODERAT. CONSISTENTE |
| Strato (3) LENTI GHIAIOSE IN MATRICE LIMO-SABBIOSA | 12,94 | 5,80-10,00 | A.G.I. (1977) | CONSISTENTE |
| Strato (4) ARGILLE LIMOSE COMPATTE | 26,34 | 10,00-12,00 | A.G.I. (1977) | MOLTO CONSISTENTE |

Peso unità di volume

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Correlazione | Peso unità di volume (KN/m³) |
|---|---|---|---|---|
| Strato (1) TERRENO DI RIPORTO | 2,55 | 0.00-2,20 | Meyerhof | 15,69 |
| Strato (2) COLLUVI LIMOSO-SABBIOSI | 7,59 | 2,20-5,80 | Meyerhof | 18,44 |
| Strato (3) LENTI GHIAIOSE IN MATRICE LIMO-SABBIOSA | 12,94 | 5,80-10,00 | Meyerhof | 20,01 |
| Strato (4) ARGILLE LIMOSE COMPATTE | 26,34 | 10,00-12,00 | Meyerhof | 20,79 |

Peso unità di volume saturo

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Correlazione | Peso unità di volume saturo (KN/m³) |
|---|---|---|---|---|
| Strato (1) TERRENO DI RIPORTO | 2,55 | 0.00-2,20 | Meyerhof | 18,24 |
| Strato (2) COLLUVI LIMOSO-SABBIOSI | 7,59 | 2,20-5,80 | Meyerhof | 18,63 |
| Strato (3) LENTI GHIAIOSE IN MATRICE LIMO-SABBIOSA | 12,94 | 5,80-10,00 | Meyerhof | 21,97 |
| Strato (4) ARGILLE LIMOSE COMPATTE | 26,34 | 10,00-12,00 | Meyerhof | 22,16 |

Velocità onde di taglio

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Correlazione | Velocità onde di taglio (m/s) |
|---|---|---|---|---|
| Strato (1) TERRENO DI RIPORTO | 2,55 | 0.00-2,20 | Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità | 81,93 |
| Strato (2) COLLUVI LIMOSO-SABBIOSI | 7,59 | 2,20-5,80 | Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità | 126,94 |
| Strato (3) LENTI GHIAIOSE IN MATRICE LIMO-SABBIOSA | 12,94 | 5,80-10,00 | Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità | 158,76 |
| Strato (4) ARGILLE LIMOSE COMPATTE | 26,34 | 10,00-12,00 | Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità | 191,37 |

**Indice**

1.Coesione non drenata 1
2.Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico) 1
3.Modulo Edometrico 1
4.Modulo di Young 1
5.Classificazione AGI 2
6.Peso unità di volume 2
7.Peso unità di volume saturo 2
8.Velocità onde di taglio 3

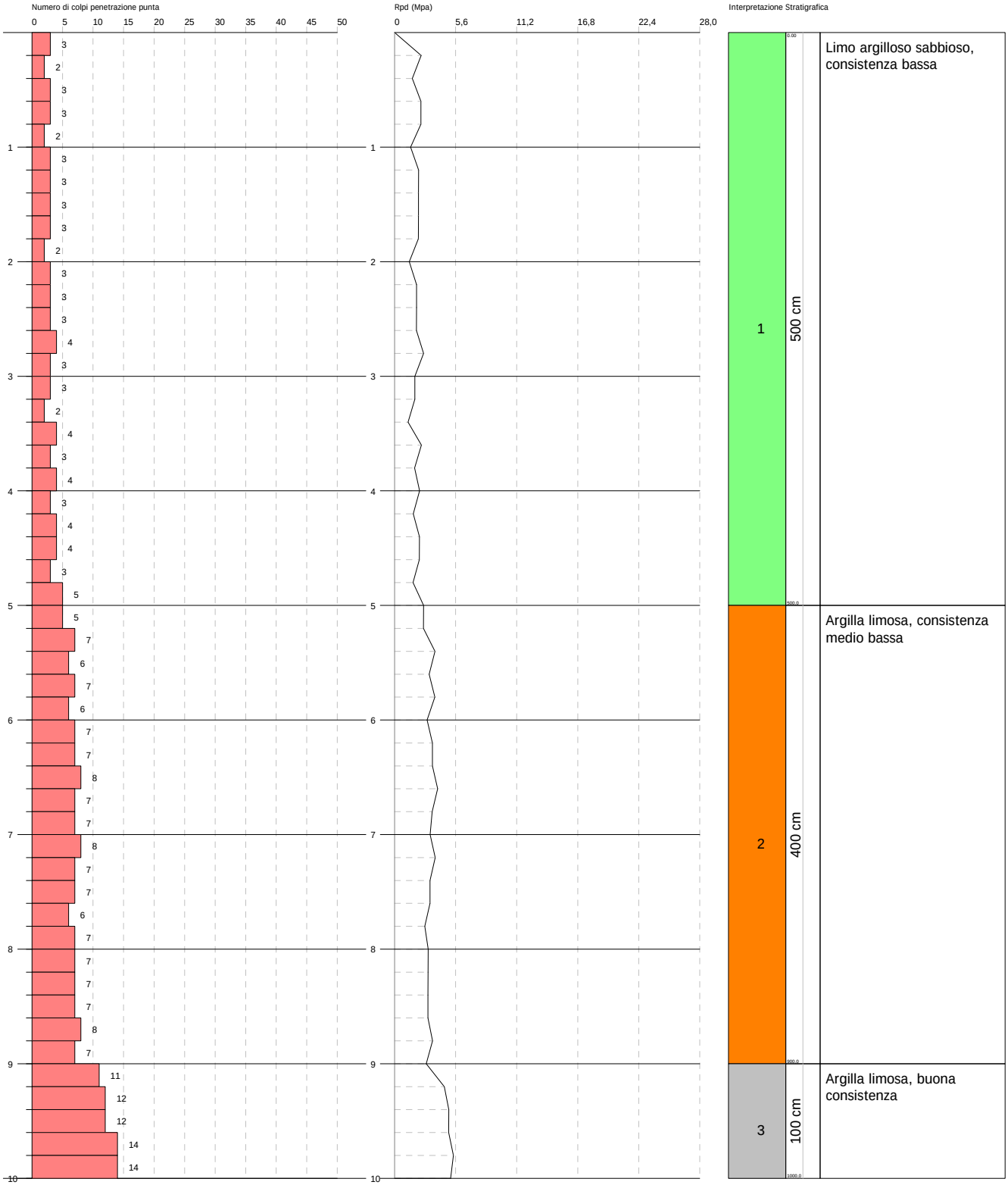
GEOSTRU SOFTWARE SRL rrr
VIA LUNGOMARE
89032 BIANCO RC ITALY
www.geostru.com

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.6**
**Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)**

Committente: Comune di Pizzoferrato
Cantiere: Movimento franoso in località Casale Luigiotti
Località: Pizzoferrato (CH) - Località Casale Luigiotti

Data: 01/12/2020

Scala 1:50




SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.6**

**TERRENI COESIV I**

Coesione non drenata

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Correlazione | Cu (KPa) |
|---|---|---|---|---|
| Strato (1) Limo argilloso sabbioso, consistenza bassa | 4,69 | 0.00-5,00 | Terzaghi-Peck | 28,73 |
| Strato (2) Argilla limosa, consistenza medio bassa | 10,38 | 5,00-9,00 | Terzaghi-Peck | 68,74 |
| Strato (3) Argilla limosa, buona consistenza | 18,95 | 9,00-10,00 | Terzaghi-Peck | 125,43 |

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Correlazione | Qc (Mpa) |
|---|---|---|---|---|
| Strato (1) Limo argilloso sabbioso, consistenza bassa | 4,69 | 0.00-5,00 | Robertson (1983) | 0,92 |
| Strato (2) Argilla limosa, consistenza medio bassa | 10,38 | 5,00-9,00 | Robertson (1983) | 2,04 |
| Strato (3) Argilla limosa, buona consistenza | 18,95 | 9,00-10,00 | Robertson (1983) | 3,72 |

Modulo Edometrico

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Correlazione | Eed (Mpa) |
|---|---|---|---|---|
| Strato (1) Limo argilloso sabbioso, consistenza bassa | 4,69 | 0.00-5,00 | Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner | 4,87 |
| Strato (2) Argilla limosa, consistenza medio bassa | 10,38 | 5,00-9,00 | Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner | 10,56 |
| Strato (3) Argilla limosa, buona consistenza | 18,95 | 9,00-10,00 | Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner | 19,13 |

Modulo di Young

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Correlazione | Ey (Mpa) |
|---|---|---|---|---|
| Strato (1) Limo argilloso sabbioso, consistenza bassa | 4,69 | 0.00-5,00 | Apollonia | 4,60 |
| Strato (2) Argilla limosa, consistenza medio bassa | 10,38 | 5,00-9,00 | Apollonia | 10,18 |
| Strato (3) Argilla limosa, buona consistenza | 18,95 | 9,00-10,00 | Apollonia | 18,58 |

Classificazione AGI

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Correlazione | Classificazione |
|---|---|---|---|---|
| Strato (1) Limo argilloso sabbioso, consistenza bassa | 4,69 | 0.00-5,00 | A.G.I. (1977) | MODERAT. CONSISTENTE |
| Strato (2) Argilla limosa, consistenza medio bassa | 10,38 | 5,00-9,00 | A.G.I. (1977) | CONSISTENTE |
| Strato (3) Argilla limosa, buona consistenza | 18,95 | 9,00-10,00 | A.G.I. (1977) | MOLTO CONSISTENTE |

Peso unità di volume

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Correlazione | Peso unità di volume (KN/m³) |
|---|---|---|---|---|
| Strato (1) Limo argilloso sabbioso, consistenza bassa | 4,69 | 0.00-5,00 | Meyerhof | 17,06 |
| Strato (2) Argilla limosa, consistenza medio bassa | 10,38 | 5,00-9,00 | Meyerhof | 19,42 |
| Strato (3) Argilla limosa, buona consistenza | 18,95 | 9,00-10,00 | Meyerhof | 20,59 |

Peso unità di volume saturo

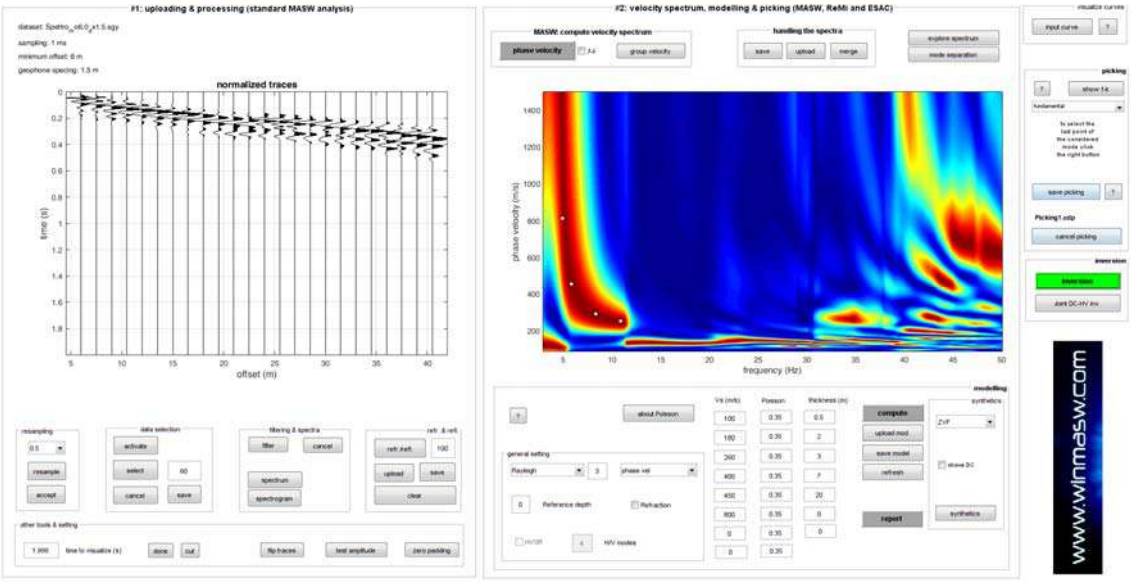
| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Correlazione | Peso unità di volume saturo (KN/m³) |
|---|---|---|---|---|
| Strato (1) Limo argilloso sabbioso, consistenza bassa | 4,69 | 0.00-5,00 | Meyerhof | 18,44 |
| Strato (2) Argilla limosa, consistenza medio bassa | 10,38 | 5,00-9,00 | Meyerhof | 21,38 |
| Strato (3) Argilla limosa, buona consistenza | 18,95 | 9,00-10,00 | Meyerhof | 22,65 |

Velocità onde di taglio

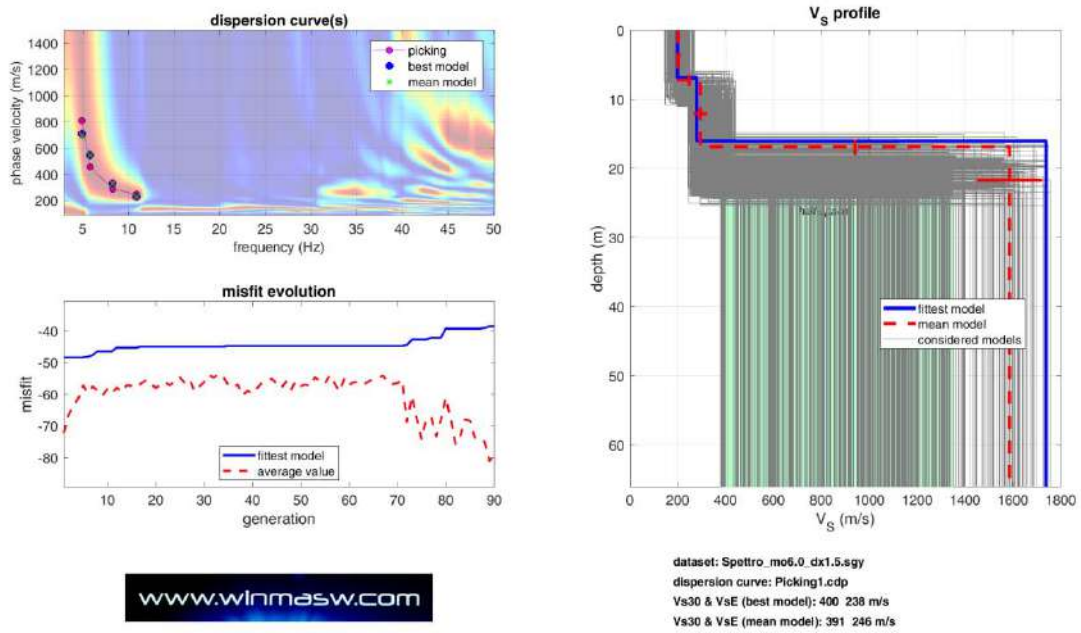
| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Correlazione | Velocità onde di taglio (m/s) |
|---|---|---|---|---|
| Strato (1) Limo argilloso sabbioso, consistenza bassa | 4,69 | 0.00-5,00 | Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità | 106,67 |
| Strato (2) Argilla limosa, consistenza medio bassa | 10,38 | 5,00-9,00 | Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità | 149,29 |
| Strato (3) Argilla limosa, buona consistenza | 18,95 | 9,00-10,00 | Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità | 175,73 |

# ***ELABORAZIONE MASW n°1 – Pizzoferrato (CH)***

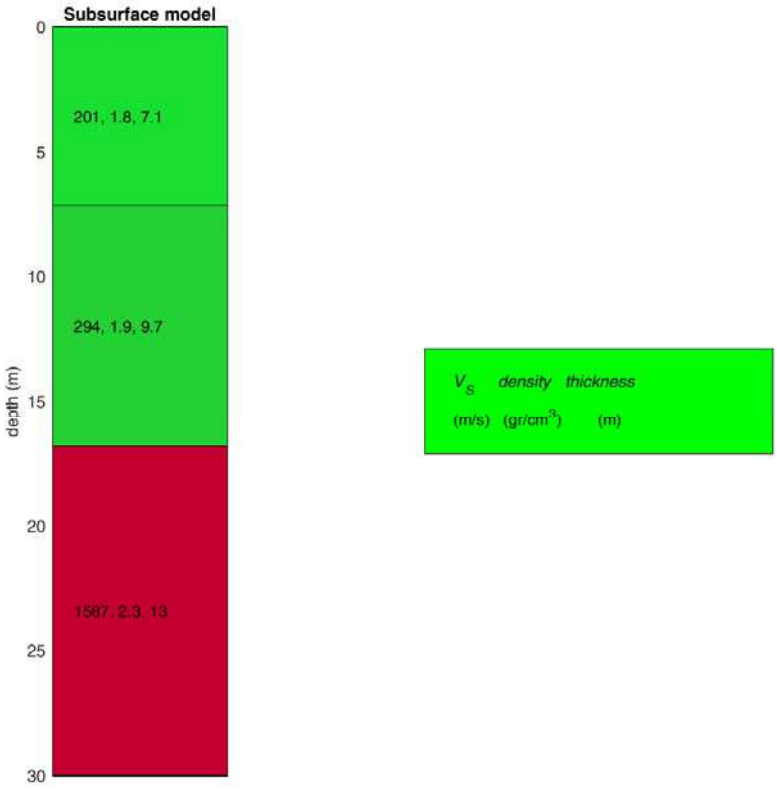
I dati acquisiti sono stati elaborati (determinazione spettro di velocità, identificazione ***curve di dispersione***, ***inversione/modellazione*** di queste ultime) per ricostruire il profilo verticale della velocità delle onde di taglio (VS).



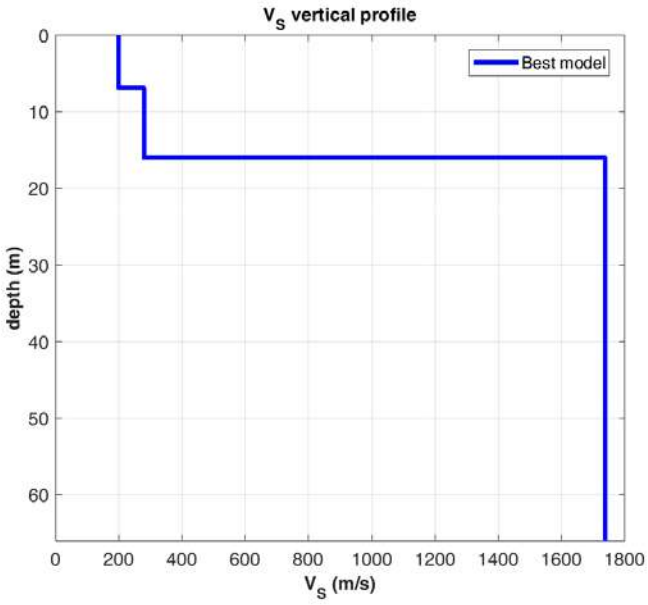

***DATASET SISMICO*** COMPOSTO DA ***24 CANALI E SPETTRO DI VELOCITÀ***




**CURVA DI DISPERSIONE - EVOLUVIONE DEL MISFIT - PROFILO DI VELOCITÀ DELLE ONDE VS**




MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO

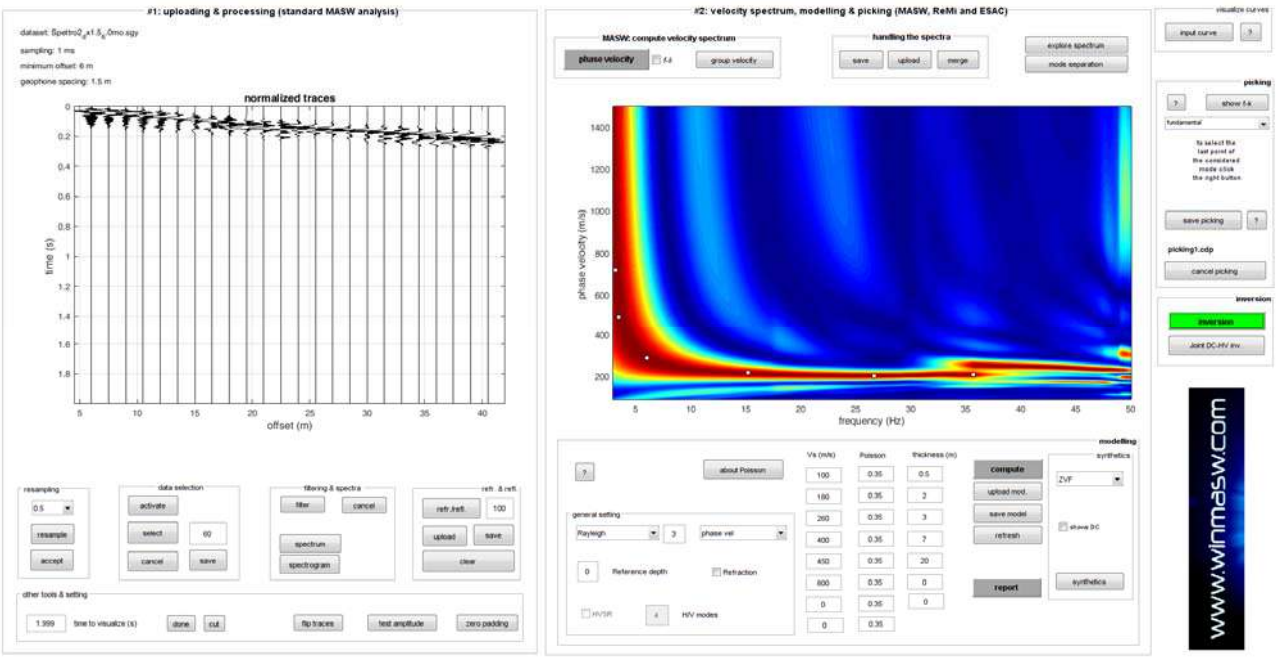



PROFILO DI VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO

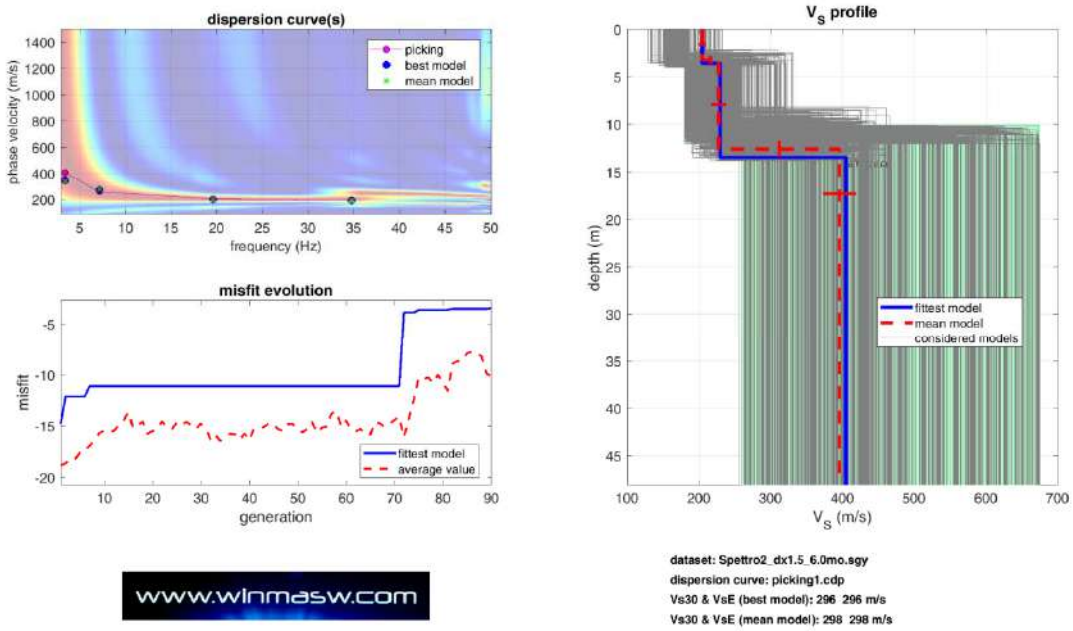
***Categoria E***

# ***ELABORAZIONE MASW n°2 – Pizzoferrato (CH)***

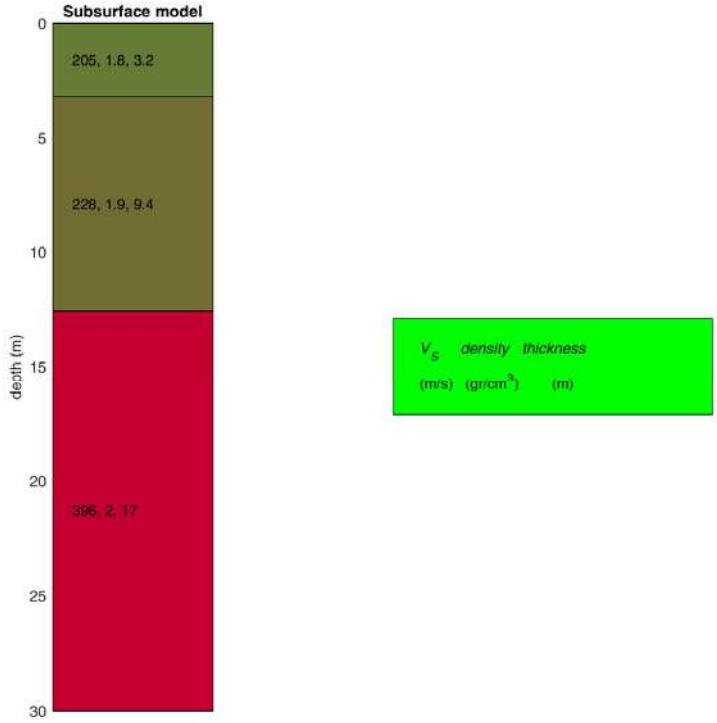
I dati acquisiti sono stati elaborati (determinazione spettro di velocità, identificazione ***curve di dispersione***, ***inversione/modellazione*** di queste ultime) per ricostruire il profilo verticale della velocità delle onde di taglio (VS).



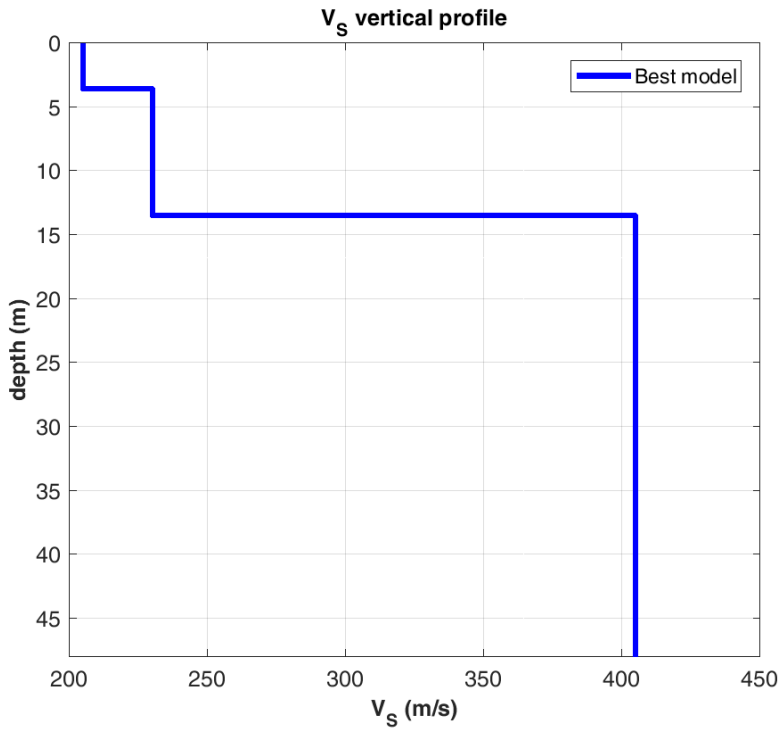

***DATASET SISMICO*** COMPOSTO DA ***24 CANALI E SPETTRO DI VELOCITÀ***




**CURVA DI DISPERSIONE - EVOLUVIONE DEL MISFIT - PROFILO DI VELOCITÀ DELLE ONDE VS**




MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO

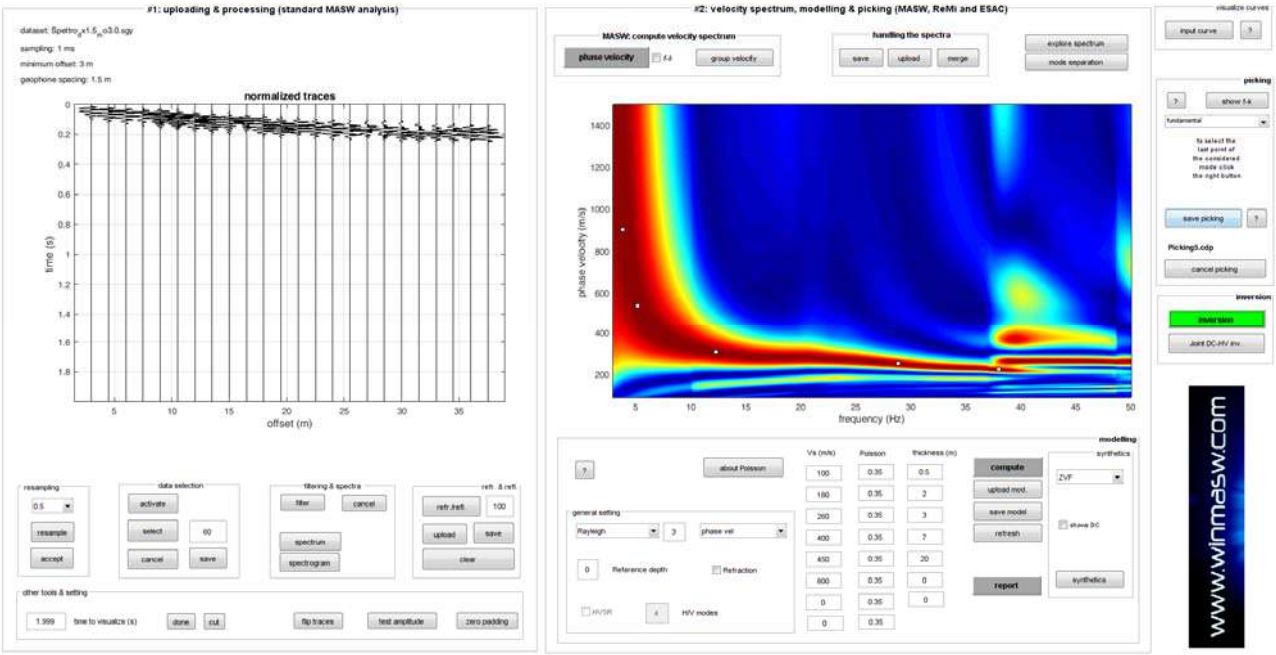



PROFILO DI VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO

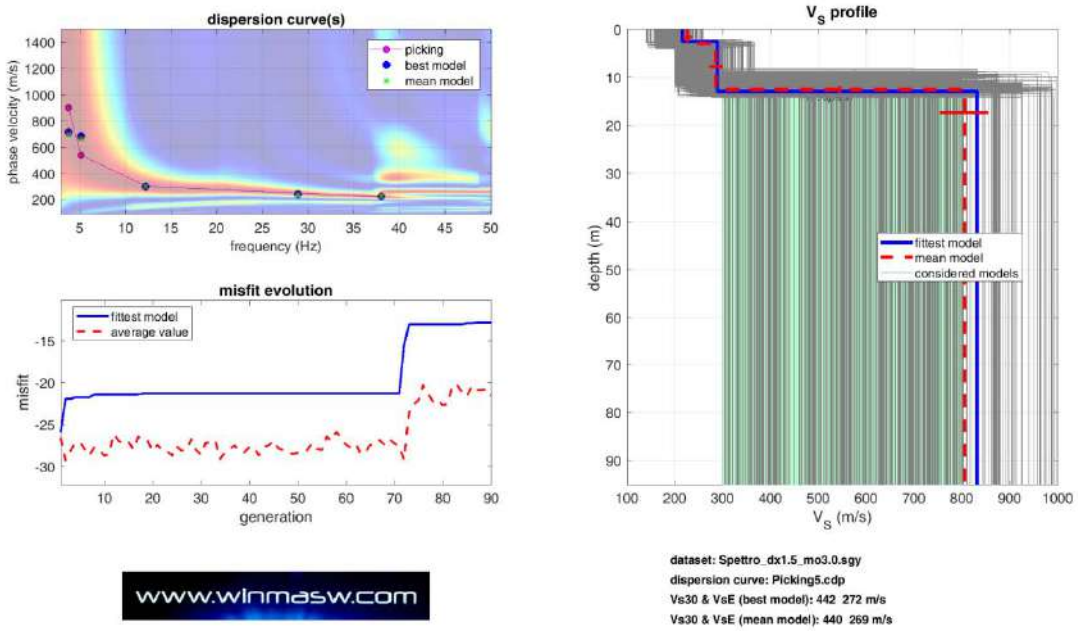
***Categoria C***

# ***ELABORAZIONE MASW n°3 – Pizzoferrato (CH)***

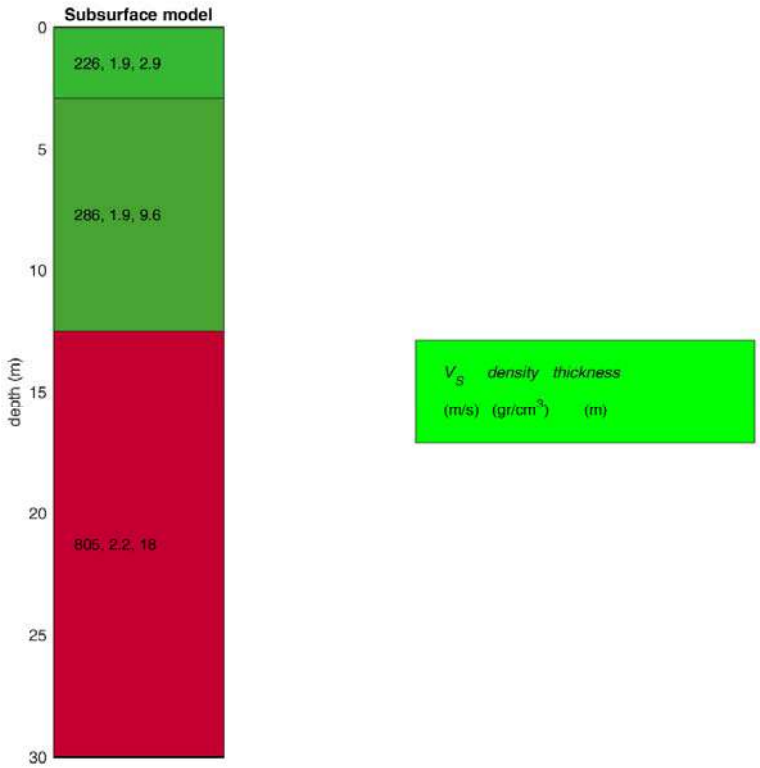
I dati acquisiti sono stati elaborati (determinazione spettro di velocità, identificazione ***curve di dispersione***, ***inversione/modellazione*** di queste ultime) per ricostruire il profilo verticale della velocità delle onde di taglio (VS).



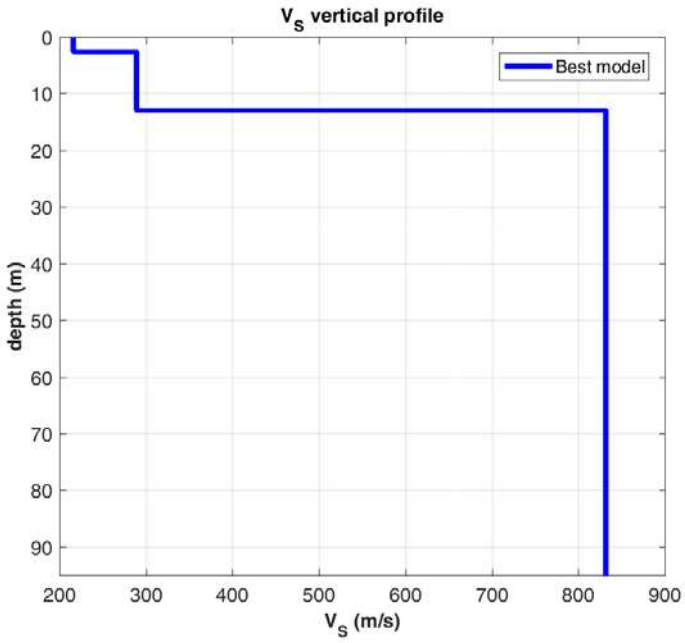

***DATASET SISMICO*** COMPOSTO DA ***24 CANALI E SPETTRO DI VELOCITÀ***




**CURVA DI DISPERSIONE - EVOLUVIONE DEL MISFIT - PROFILO DI VELOCITÀ DELLE ONDE VS**




MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO




PROFILO DI VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO

***Categoria E***

# SEZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA N.3

Scala 1:300

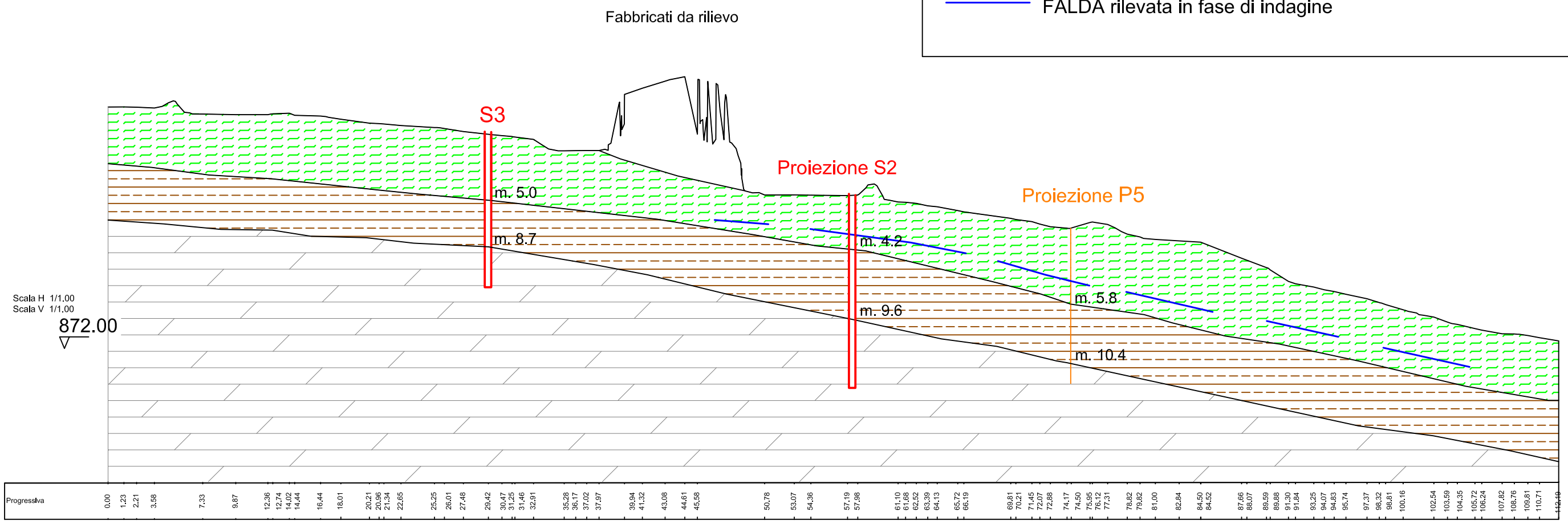
S1 -Sondaggio geognostico
P1 -Prova penetrometrica DPSH

ORIZZONTE A -Limi e argille rimaneggiate. Bassissima consistenza

ORIZZONTE B -Argille limose di media consistenza.

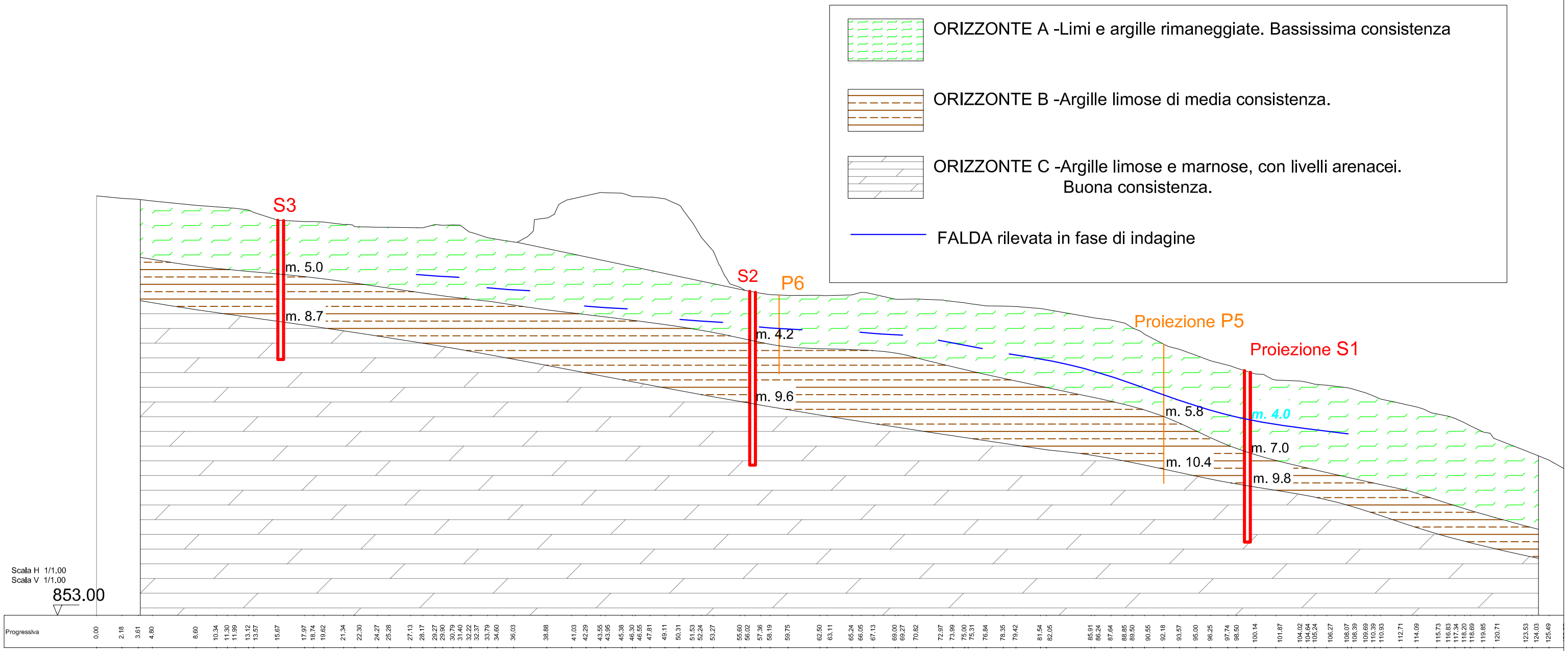
ORIZZONTE C -Argille limose e marnose, con livelli arenacei. Buona consistenza.

FALDA rilevata in fase di indagine



# SEZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA N.5

Scala 1:300



# SEZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA N.9

Scala 1:300

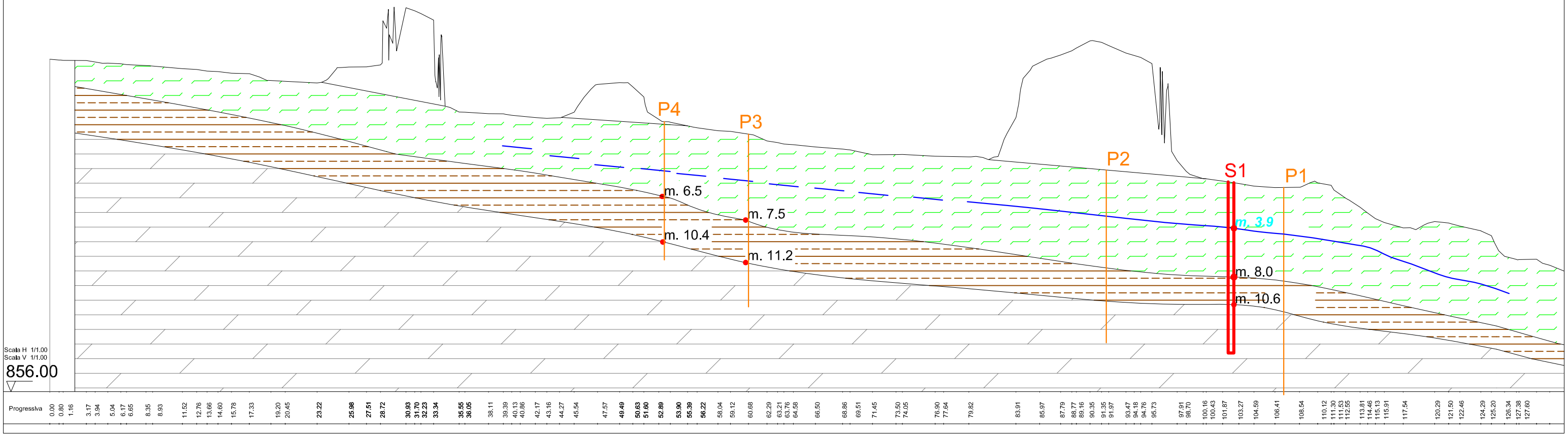
S1 -Sondaggio geognostico
P1 -Prova penetrometrica DPSH

ORIZZONTE A -Limi e argille rimaneggiate. Bassissima consistenza

ORIZZONTE B -Argille limose di media consistenza.

ORIZZONTE C -Argille limose e marnose, con livelli arenacei.
Buona consistenza

FALDA rilevata in fase di indagine



# SEZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA N.12

Scala 1:500

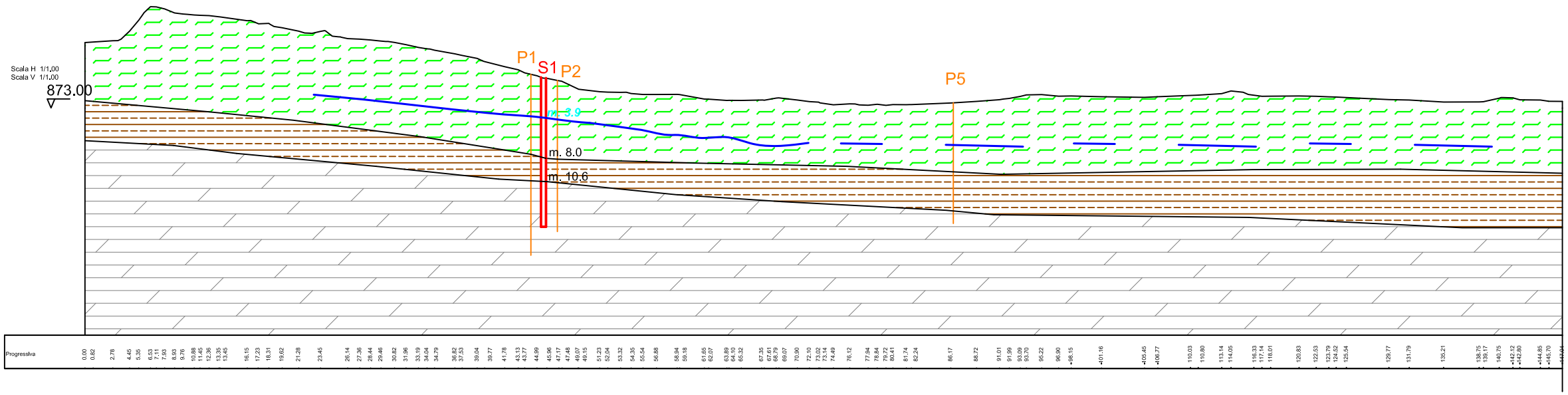
S1 -Sondaggio geognostico
P1 -Prova penetrometrica DPSH

ORIZZONTE A -Limi e argille rimaneggiate. Bassissima consistenza

ORIZZONTE B -Argille limose di media consistenza.

ORIZZONTE C -Argille limose e marnose, con livelli arenacei.
Buona consistenza

FALDA rilevata in fase di indagine



# SEZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA Profilo.1

Scala 1:500

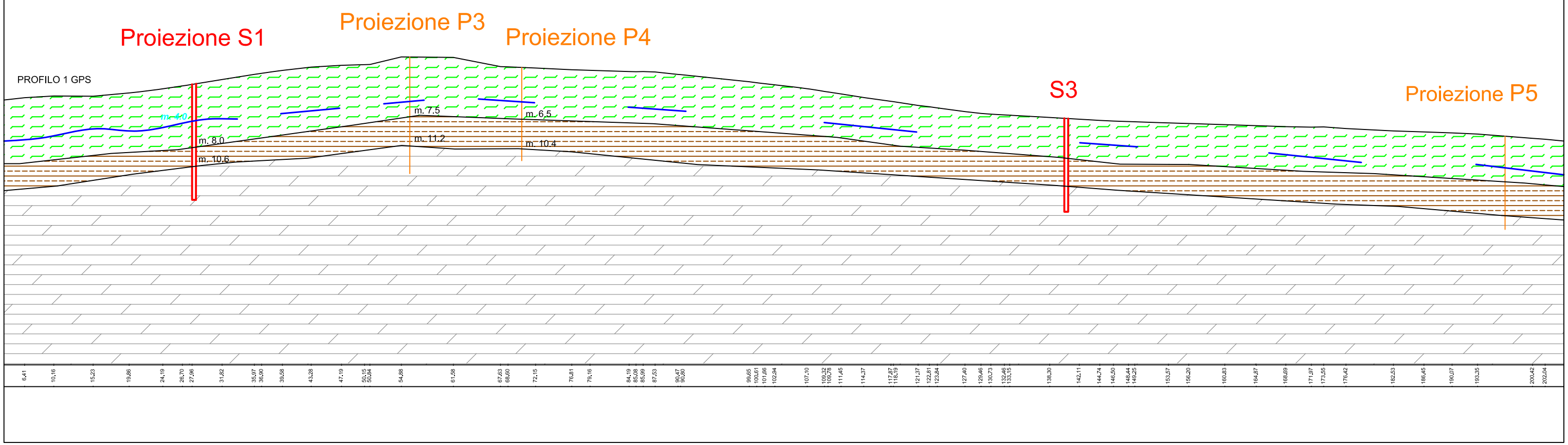
S1 -Sondaggio geognostico
P1 -Prova penetrometrica DPSH

ORIZZONTE A -Limi e argille rimaneggiate. Bassissima consistenza

ORIZZONTE B -Argille limose di media consistenza.

ORIZZONTE C -Argille limose e marnose, con livelli arenacei. Buona consistenza

FALDA rilevata in fase di indagine



# SEZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA Profilo.2

Scala 1:300

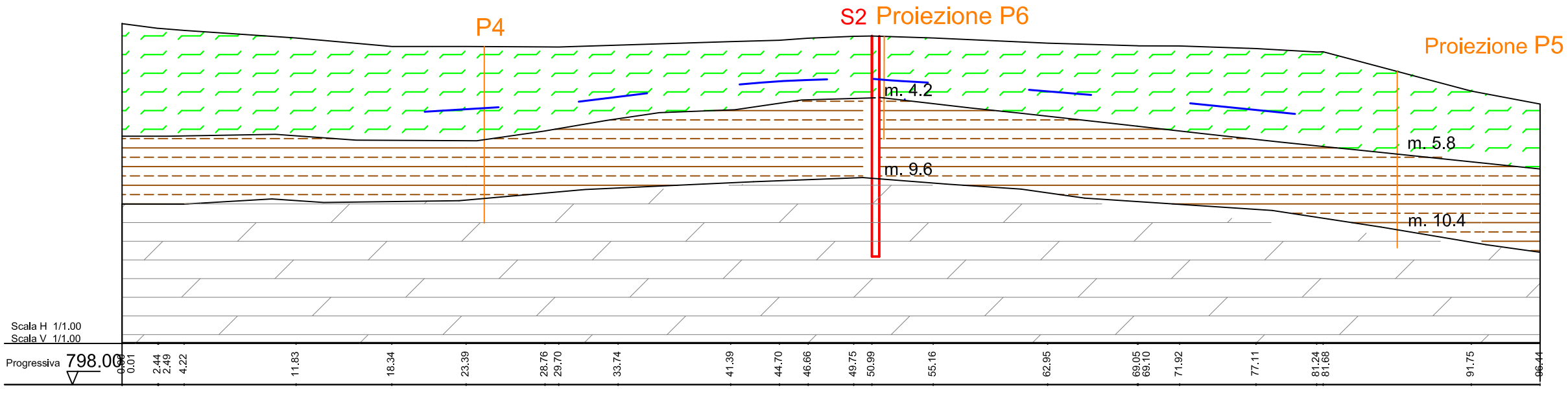
S1 -Sondaggio geognostico
P1 -Prova penetrometrica DPSH

ORIZZONTE A -Limi e argille rimaneggiate. Bassissima consistenza

ORIZZONTE B -Argille limose di media consistenza.

ORIZZONTE C -Argille limose e marnose, con livelli arenacei.
Buona consistenza.

FALDA rilevata in fase di indagine



## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

**Foto n°1**: Prova penetrometrica dinamica *DPSH n°1*

**Foto n°2**: Prova penetrometrica dinamica *DPSH n°2*

## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

**Foto n°3**: Prova penetrometrica dinamica *DPSH n°3*

**Foto n°4**: Prova penetrometrica dinamica *DPSH n°4*

## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

**Foto n°5**: Prova penetrometrica dinamica *DPSH n°5*

**Foto n°6**: Prova penetrometrica dinamica *DPSH n°6*

## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

**Foto n°7**: Misurazione piezometrica all'interno della prova penetrometrica n°1

**Foto n°8**: Misurazione piezometrica all'interno della prova penetrometrica n°3

## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

**Foto n°9**: Postazione *sondaggio geognostico n°2*

**Foto n°10**: Postazione *sondaggio geognostico n°3*

## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

**Foto n°11**: Installazione piezometro all'interno del foro di sondaggio *n°2*

**Foto n°12**: Installazione piezometro all'interno del foro di sondaggio *n°3*

## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA – MASW n°1

**Foto n°13**: Stendimento sismico MASW con 12 geofoni verticali, distanza intergeofonica 1.5m – **postazione n°1**. A destra sistema di acquisizione e memorizzazione; sismografo da 24 canali PASI Gea 24 e computer per l'analisi e la memorizzazione del segnale con apposito cavo di collegamento

**Foto n°14**: Sorgente generatore di onde sismiche composta da mazza battente su piastra. A destra il cavo di collegamento per il dispositivo trigger

## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA– MASW n°2

**Foto n°15**: Stendimento sismico MASW con 12 geofoni verticali, distanza intergeofonica 1.5m – **postazione n°2**

**Foto n°16**: Sistema di acquisizione, memorizzazione e sorgente generatore di onde sismiche con trigger e cavo di collegamento

## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA– MASW n°3

**Foto n°17-18**: Stendimento sismico MASW con 12 geofoni verticali, distanza intergeofonica 1.5m – **postazione n°3**

## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA– MASW n°3

**Foto n°19**: Sistema di acquisizione e memorizzazione del segnale sismico

**Foto n°20**: Sorgente generatore di onde sismiche con mazza battente su piastra e trigger con apposito cavo di collegamento