

Geol. Francesco Cintelli
Via Alfonso La Marmora, 51
50121 - FIRENZE
P. IVA: 05618570484
www.geol-aqua.it
Cell.: 3290723618



COMUNE DI PONTASSIEVE (FI)

Interventi di impermeabilizzazione del suolo e di realizzazione del manto stradale
nella frazione di Monteloro in loc. Villese, San Vincenzo e il Pelagaccio

COMMITTENTE:
Consorzio Le Fonti Monteloro



GEOLOGO:
Geol. Francesco Cintelli
Ordine dei Geologi della Toscana n° 1460



Localizzazione intervento estratta da Google Earth

Elaborato n° 1

RELAZIONE GEOLOGICA

Data:

08/05/2026

SPAZIO RISERVATO ALL'UFFICIO

Committente:
Consorzio Le Fonti Monteloro



Sommario:

1 – PREMESSA	3
2 – INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO e STRUTTURALE.....	3
3 - INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO.....	5
4 – QUADRO CONOSCITIVO DI SUPPORTO AL PIANO STRUTTURALE E AL PIANO OPERATIVO INTERCOMUNALI: CONSIDERAZIONI SULLA PERICOLOSITA' DELL'AREA E FATTIBILITA' DELL'INTERVENTO.....	6
4.1 – PERICOLOSITA' DA PSI INTERCOMUNALE	6
4.2 – PERICOLOSITA' DA PIANO DI BACINO FIUME ARNO (PAI) E GESTIONE ALLUVIONI (P.G.R.A.).....	7
4.3 - FATTIBILITÀ DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO	9
5 - INDAGINI GEOGNOSTICHE E CARATTERIZZAZIONE FISICO-MECCANICA DEI TERRENI....	11
5.1 - DESCRIZIONE DELL'INDAGINE GEOGNOSTICA	11
5.2 – PROVE PENETROMETRICHE	12
5.2.1 – Prove penetrometriche dinamiche superpesanti DPSH.....	12
5.3 - PRELIEVO ED ANALISI CAMPIONE DI TERRENO	19
5.3.1– Sinossi dei principali parametri geotecnici dei campioni.....	20
5.3.2 - PROVE DI CLASSIFICAZIONE	20
5.3.3- PROVA DI PERMEABILITA' A CARICO VARIABILE	21
5.4 – INDAGINE GEOFISICA.....	21
5.4.1 – Indagine sismica attiva MASW (<i>Multichannel Analysis of surface waves</i>).....	21
5.4.2 – Indagine sismica a rifrazione	23
5.4 Analisi Geomeccanica.....	25
6 – MODELLAZIONE GEOLOGICA.....	26
7 – CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITA' DEL SITO.....	30
7.1 – Classificazione Sismica	30
7.2 - Coefficiente di amplificazione topografica.....	30
7.3 - Individuazione del sito	31
7.4 - Individuazione dei nodi del reticolo di riferimento e calcolo dei parametri sismici.....	31
8 – DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO.....	32
8.1 — Premessa tecnica agli interventi	32
8.2 — Area A — Villese: cementazione armata zigrinata e fossette rompitratta	32
8.1.1 Inquadramento e criticità	32
8.1.2 Cementazione armata con zigrinatura	33
8.1.3 Fossette rompitratta: dimensionamento e geometria	34
8.2 — Area B — San Vincenzo: tratto viola e tratto rosso	35
8.2.1 Inquadramento e articolazione dell'intervento.....	35
8.2.2 Tratto viola — Cementazione armata zigrinata e rompitratta verso impluvio sinistro	36
8.2.3 Tratto rosso — Motivazione tecnica della scelta del macadam o similare	37
8.2.4 Palizzata di consolidamento — Area B tratto rosso	38
8.3 — Area C — Il Pelagaccio: cementazione armata su intera sede viaria e rompitratta verso impluvio sinistro	40
8.3.1 Inquadramento e criticità specifiche della Formazione del Sillano.....	40
8.3.2 Cementazione armata dell'intera sede viaria	41
8.3.3 Fossette rompitratta: dimensionamento, geometria e scarico verso impluvio sinistro ...	42
8.3.4 Fossetta campestre esistente (in rosso): manutenzione e funzione di ricettore finale ...	42
8.4 — Schema sinottico degli interventi nelle tre aree.....	44
9 - GESTIONE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO	45
10 – CONCLUSIONI	46

Committente:
Consorzio Le Fonti Monteloro



ALLEGATI:

- ALLEGATO N. 1** – Documentazione fotografica delle indagini;
ALLEGATO N. 2 – Certificati delle Prove penetrometriche eseguite da Sismoelettrica S.r.l.;
ALLEGATO N. 3 – Certificati analisi di laboratorio geotecnico eseguite da Laboter S.r.l.;
ALLEGATO N. 4 – Report indagini sismiche (MASW e rifrazione) eseguite da Sismoelettrica S.r.l.;
ALLEGATO N. 5 – Relazione in merito alla pericolosità sismica di base - da software Geostru PS advanced.

BOZZA RELAZIONE GEOLOGICA

Committente:
Consorzio Le Fonti Monteloro



1 – PREMESSA

La presente relazione geologica è redatta su incarico della Committenza in riferimento agli interventi di impermeabilizzazione del suolo e di realizzazione del manto stradale nella frazione di Monteloro nel Comune di Pontassieve (FI)(fig. 1). Il quadro normativo di riferimento comprende le NTC 2018, il D.P.G.R. 5R/2020, il D.P.G.R. 1R/2022, la L.R. n. 1/2005 e s.m.i., nonché la disciplina del PAI e del PGRA del Bacino del Fiume Arno (fig. 2). L'area di studio è suddivisa in tre zone di indagine denominate:

- Area A (loc. Villese, settore settentrionale),
- Area B (loc. San Vincenzo, settore centrale — coordinate indicative: 43.835704°N, 11.360592°E);
- Area C (loc. Il Pelagaccio, settore meridionale — coordinate indicative: 43.829754°N, 11.362284°E).

Tutte e tre le aree sono soggette a vincolo idrogeologico ai sensi della L.R. 39/2000 e del D.P.G.R. 48R/2003 (figg. 3 e 4).

La campagna di indagine ha compreso:

- raccolta e analisi della documentazione esistente (PSI, PO, PAI, PGRA, Database Geologico Regione Toscana);
- n. 5 prove penetrometriche dinamiche superpesanti (DPSH);
- prelievo di n. 2 campioni di terreno con analisi di laboratorio geotecnico (Laboter S.r.l.);
- n. 4 stendimenti sismici MASW e a rifrazione con Onde P (Sismoelettrica S.r.l.).

Nella presente relazione si andranno ad analizzare gli aspetti geologico-tecnici dei terreni di fondazione presenti nell'area in cui sono previsti gli interventi sopra richiamati, attraverso un'attenta analisi delle eventuali problematiche geologiche ivi presenti.

2 – INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO e STRUTTURALE

Da un punto di vista strutturale, il territorio del Bacino del Mugello appartiene alla zona nord-est della catena orogenica dell'Appennino settentrionale, formato da una struttura complessa di falde e thrust ottenuta in seguito a più fasi tettoniche. Queste sono legate agli eventi verificatisi a partire dal Cretaceo superiore in seguito alla completa chiusura dell'Oceano Ligure-Piemontese ed alla successiva collisione continentale tra la placca europea e quella adriatica; in tale contesto è possibile distinguere una fase oceanica ed una fase ensialica. La fase oceanica iniziò al limite tra il Cretaceo inferiore ed il Cretaceo superiore, e terminò nell'Eocene medio con la completa chiusura dell'Oceano Ligure-Piemontese. Durante questa fase si è formato un prisma d'accrescimento costruito dall'impilamento per sottoscorrimento verso W delle coperture oceaniche e di parte del loro basamento, che formano le cosiddette Unità Liguri. Segue, nell'Eocene medio-superiore la

Committente:
Consorzio Le Fonti Monteloro



collisione tra il margine continentale europeo (Sardo-Corso) e quello adriatico che dette inizio alla fase intracontinentale dell'orogenesi appenninica. In questa fase si ebbe lo sviluppo di una tettonica a thrust e falde con sottoscorrimento verso W delle Unità Toscane, prima, e di quelle Umbro-marchigiane poi, sotto le unità precedentemente impilate. La migrazione del fronte compressivo verso E, iniziata a partire dal Miocene medio, e tutt'oggi in atto separa la catena in due fasce contigue: il versante tirrenico dove è attivo il regime distensivo e il versante adriatico dove si ha un'area in compressione.

L'intensa attività tettonica distensiva, evidente con la presenza di numerose faglie dirette, ha formato la Conca del Mugello, ampio graben tettonico; questo è stato sede di una prolungata fase lacustre, con deposizione di un grande volume di sedimenti terminata quando, nella sua parte orientale, la stessa intensa attività sismica ha creato una via preferenziale di drenaggio delle acque del bacino verso l'Arno, instauratasi nell'attuale corso del fiume Sieve che corre in direzione nord est-sud ovest. Questa fase tettonica e la presenza della Dorsale Silicoclastica ad ovest hanno costretto il fiume Sieve in una valle molto incassata nel primo tratto e ad una serie di salti morfologici che hanno determinato pianori e ampie anse di raccordo; queste sono le aree dove è possibile lo sviluppo di uno stretto fondovalle confinato dai versanti ripidi della Montagna Silicoclastica e della Collina su litotipi arenacei del Dominio Toscano. Procedendo verso sud ovest il sistema morfogenetico del Fondovalle si amplia incontrando le litologie appartenenti al Dominio Ligure, a granulometrie più fini, molto più erodibili ed instabili idrogeologicamente, che danno vita ad un paesaggio collinare a versanti dolci.

Dal punto di vista geomorfologico, l'intera area di indagine è dominata dalla presenza di aree in frana quiescente di scorrimento a velocità indeterminata (figg. 5a e 5b). Tali fenomeni, pur non avendo raggiunto equilibrio stabile, possono rimanere temporaneamente inattivi anche per lunghi periodi; tuttavia, in corrispondenza di eventi meteorici con precipitazioni superiori alla media, è possibile assistere a riprese nell'attività dinamica.

Il territorio appartiene alla zona nord-est della catena appenninica settentrionale. Le tre aree di studio insistono su formazioni geologiche differenti (fig. 6a e 6b):

Area di studio	Formazione geologica	Epoca
Area A — Villese	Formazione di Monte Morello (MLL)	Paleocene Superiore – Eocene Medio
Area B — San Vincenzo	Formazione di Monte Morello (MLL)	Paleocene Superiore – Eocene Medio
Area C — Il Pelagaccio	Formazione del Sillano (SIL)	Cretaceo Superiore – Paleocene

Tab. 1 – formazioni geologiche nelle diverse aree d'indagine.

La Formazione di Monte Morello è una formazione torbiditica costituita dall'alternanza di calcari marnosi compatti, marne calcaree, calcareniti fini, arenarie grigie e argilliti grigio-scure. I calcari marnosi e le marne calcaree costituiscono circa l'80% dell'intera formazione. L'alterazione superficiale produce una coltre detritica con caratteristiche di caoticità,

Committente:
Consorzio Le Fonti Monteloro



eterometria e disarticolazione.

La Formazione del Sillano è costituita da argilliti e siltiti fogliettate, scure o variegate, alternate con intercalazioni di strati calcilutitici e calcarenitici. Nella facies più comune le argilliti sono prevalenti e inglobano strati sottili degli altri tipi litologici. Questa formazione è meccanicamente più debole della precedente, maggiormente soggetta a imbibizione e perdita di resistenza al taglio in condizioni di saturazione, e rappresenta l'unità geologica più critica ai fini della stabilità del versante in Area C.

Tutte le aree sono ricoperte da masse detritiche superficiali con caratteristiche di caoticità, costituite da elementi eterometrici grossolani dispersi in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa, derivanti dalla degradazione e dal rimaneggiamento gravitativo delle formazioni litoidi sottostanti

3 - INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Il sistema idrogeologico dell'area è alimentato dai rilievi circostanti e drena verso il Fiume Sieve e il Fiume Arno. Le prove penetrometriche non hanno intercettato la falda durante la loro esecuzione; tuttavia, non è escludibile la presenza di una circolazione ipodermica superficiale e di infiltrazioni localizzate negli orizzonti superficiali in seguito a periodi particolarmente piovosi.

I coefficienti di permeabilità determinati tramite prove di laboratorio sui campioni prelevati risultano:

Campione	Area	Litologia	Coefficiente di permeabilità (cm/s)
C1	A / B	Coltre detritica su Monte Morello	$2,481 \times 10^{-3}$
C2	C	Coltre detritica su Sillano	$4,416 \times 10^{-5}$

Il campione C2, relativo alla Formazione del Sillano (Area C), mostra una permeabilità notevolmente inferiore rispetto a C1, indicando una maggiore propensione al ristagno superficiale e all'accumulo di pressioni interstiziali. Questo dato è fondamentale per la progettazione degli interventi di regimazione idraulica in Area C: la bassa permeabilità del substrato argilloso amplifica l'effetto benefico dell'impermeabilizzazione del piano stradale, in quanto ogni riduzione dell'infiltrazione si traduce direttamente in una minore pressione interstiziale negli orizzonti superficiali.

Dall'estratto della Carta della tutela della risorsa idrogeologica (fig. 7a e 7b), è possibile osservare che le aree di studio sono caratterizzate dalla presenza di una falda libera all'interno delle alluvioni dei corsi d'acqua principali e di conseguenza la vulnerabilità risulta alta (Aa), poiché, come evidenziato in precedenza, le aree sono ricoperte da masse detritiche franose.

Lo spessore di questi depositi aumenta in corrispondenza della confluenza della Sieve in Arno, dove arriva a circa 10/12 mt. Questa falda è sfruttata sia a scopo idropotabile sia per scopi diversi con una presenza notevole di pozzi privati.

Committente:
Consorzio Le Fonti Monteloro



4 – QUADRO CONOSCITIVO DI SUPPORTO AL PIANO STRUTTURALE E AL PIANO OPERATIVO INTERCOMUNALI: CONSIDERAZIONI SULLA PERICOLOSITA' DELL'AREA E FATTIBILITA' DELL'INTERVENTO

4.1 – PERICOLOSITA' DA PSI INTERCOMUNALE

Al fine di valutare le caratteristiche intrinseche del territorio ed i loro effetti sull'opera in progetto è stata presa in esame la cartografia inerente alla pericolosità del territorio del Comune di Pontassieve (FI) estratta dal Piano Strutturale Intercomunale e dal Piano operativo Intercomunale. Tali elaborati rappresentano la sintesi di tutte le conoscenze geologico-tecniche acquisite nel corso degli anni sul territorio con lo scopo di delimitare quelle aree nelle quali i parametri geomorfologici, sismici ed idraulici sono tali da richiedere un approfondimento di indagini e particolari tecniche di intervento. Consultando tali cartografie, unitamente alla cartografia dell'Autorità di Bacino, è stato possibile ricostruire le classi di pericolosità ed assegnare loro una classe di fattibilità sulla base dell'intervento edilizio in progetto.

In particolare, si rileva che le aree d'intervento ricadono nelle seguenti classi di pericolosità:

Tipo di intervento	Tipologia di PERICOLOSITA'	Classe di pericolosità
Area A	Geologica	G3
	Idraulica	I1
Area B	Geologica	G3
	Idraulica	I1
Area C	Geologica	G3
	Idraulica	I1

Tab. 2 – Classi di pericolosità nelle tre aree di indagine.

- **CLASSE DI PERICOLOSITÀ GEOLOGICA ELEVATA (G.3)** (figg. 8a e 8b): di cui fanno parte le aree in cui sono presenti fenomeni franosi quiescenti e relative aree di evoluzione; aree con potenziale instabilità connessa a giacitura, ad acclività, a litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee e relativi processi di morfodinamica fluviale, nonché a processi di degrado di carattere antropico; aree interessate da fenomeni di soliflusso; aree interessate da fenomeni erosivi; aree caratterizzate da terreni con scadenti caratteristiche geomeccaniche; corpi detritici su versanti con pendenze superiori a 15 gradi. Sono normalmente da inserire in classe G.3 le aree che presentano le seguenti caratteristiche geologiche/geomorfologiche:
 - frane quiescenti comprensive del corpo di frana e della corona di distacco (con “buffer” adeguato in funzione delle possibilità di evoluzione del dissesto);
 - aree instabili per soliflusso generalizzato e relative aree di possibile evoluzione;
 - aree interessate da fenomeni di soil creep;

Committente:
Consorzio Le Fonti Monteloro



- aree interessate da fenomeni di deformazione gravitativa profonda riconducibili al “tipo geomorfo DGPV” (ex tab. C, allegato 3 della Disciplina di Piano del PAI frane del Bacino Distrettuale App. Settentrionale),
- aree con affioramenti di formazioni litoidi con giacitura a franapoggio meno inclinata del pendio;
- aree con affioramenti di formazioni litoidi con giacitura a reggipoggio o a franapoggio più inclinata del pendio, se intensamente fratturate;
- aree per cui sia stata individuata una condizione di maggiore propensione al dissesto in base a considerazioni cumulate e combinate di alcuni parametri predisponenti riconducibili alle caratteristiche geologiche del substrato, tipologia, spessore e caratteristiche idrogeologiche dei suoli affioranti, esposizione, cliviometria, caratteristiche litotecniche e parametrizzazione geotecnica dei terreni, consistenza e diffusione del sistema/sistemi di fratturazione ecc.;
- aree interessate da fenomeni di erosione profonda; - aree interessate da rilevanti manomissioni antropiche, quali rilevati con evidenti manifestazioni di dissesto e/o non uniforme compattazione, riempimenti, scavi e cave, rilevati arginali;
- corpi d’acqua e relativi paramenti di valle;
- scarpate di erosione non attive;
- alvei con moderata tendenza all’approfondimento;
- aree ricadenti in classe di pericolosità da frana elevata di cui alla perimetrazione P3 del P.A.I. (Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Settentrionale come da emissione dei Decreti del Segretario Generale A.d.B. Distretto Appennino Settentrionale n. 63 del 05.07.2021 per il Comune di Londa, n. 57 del 05.07.2021 e n. 23 del 14.03.2022 per il Comune di Pelago, n. 61 del 05.07.2021 per il Comune di Pontassieve, n. 62 del 05.07.2021 per il Comune di Rufina, n. 58 del 05.07.2021 per il Comune di San Godenzo).

- **CLASSE DI PERICOLOSITA’ SISMICA NON INDIVIDUABILE:** l’area di studio ricade fuori dal territorio urbanizzato, quindi al di fuori delle perimetrazioni della carta di pericolosità sismica.
- **CLASSE DI PERICOLOSITÀ DA ALLUVIONE** (figg. 9a e 9b): le aree di studio non ricadono in nessuna classe di pericolosità da alluvione, pertanto si assegna la classe di pericolosità idraulica bassa (I.1) tipica delle aree collinari.

4.2 – PERICOLOSITA’ DA PIANO DI BACINO FIUME ARNO (PAI) E GESTIONE ALLUVIONI (P.G.R.A.)

Relativamente alle problematiche di tipo geomorfologico concorrono a definire il quadro conoscitivo di riferimento i piani dell’Autorità di Bacino che, nel tempo, hanno contribuito a definire le pericolosità dei territori cui sono associate norme finalizzate alla conservazione,

Committente:
Consorzio Le Fonti Monteloro



alla difesa ed alla valorizzazione del suolo. Poiché tali piani sono sovraordinati ai Piani Strutturali della Regione Toscana lo scenario di pericolosità idraulica che insiste per una certa area sarà delineato, per forza di cose, dalla sovrapposizione delle pericolosità dei Piani di bacino e dalla pericolosità definita nel Piano Strutturale che segue il regolamento di attuazione dell'art.62 della L.R.1/5. In conseguenza dell'approvazione del P.G.R.A. (Piano di Gestione del Rischio Alluvioni) del bacino del Fiume Arno, la cartografia del P.A.I. è relativa esclusivamente alla pericolosità da frana e da fenomeni geomorfologici di versante.

Tipo di intervento	Classe di pericolosità (PAI)	Classe di pericolosità (PGRA)
Area A	P3a	Non ricade in una classe di pericolosità PGRA
Area B	P3a	Non ricade in una classe di pericolosità PGRA
Area C	P3a	Non ricade in una classe di pericolosità PGRA

Tab.3 – Pericolosità PAI e PGRA nelle tre aree di indagine.

Nella carta del Piano di Assetto Idrogeologico del bacino del Fiume Arno (fig. 10a, 10b e 10c) tutte le aree indagate ricadono in corrispondenza di corpi di frana quiescenti di scivolamento o colata lenta inattivi potenzialmente instabili (S2) corrispondenti ad una pericolosità elevata P3a. Secondo l'art. 6 della Disciplina di Piano PAI le aree a pericolosità elevata (P3) sono suddivise in due sottoclassi:

- (P3a) – aree potenzialmente instabili interessate da dissesti di natura geomorfologica;
- (P3b) - aree potenzialmente instabili interessate da suscettibilità da dissesti di natura geomorfologica elevata.

Poiché le tre aree di studio rientrano in un'area P3a, si dovrà rispettare l'art. 9 della disciplina di Piano: *Nelle aree P3a, per le finalità di cui all'art. 1, sono da consentire gli interventi che possano essere realizzati in condizioni di gestione del rischio senza aggravare le condizioni di stabilità delle aree contermini.*

Dovrà inoltre essere rispettato anche l'Art. 11 della medesima Disciplina:

Fermo restando quanto previsto agli artt. 9 e 10, nelle aree P3 per le finalità di cui all'art. 1 le Regioni, le Città metropolitane, le Province e i Comuni nell'ambito dei propri strumenti di governo del territorio si attengono ai seguenti indirizzi:

- sono da privilegiare le trasformazioni urbanistiche tese al recupero e al mantenimento della naturale evoluzione morfodinamica dei rilievi, del paesaggio e del reticolo idrografico;*
- sono da privilegiare le trasformazioni dell'uso del suolo volte a ridurre le condizioni propedeutiche al dissesto e a favorire il contenimento dell'erosione;*
- sono da subordinare al rispetto delle condizioni di gestione del rischio da dissesti di natura geomorfologica le previsioni e realizzazioni di interventi di trasformazione urbanistica.*

Di conseguenza, visto che le opere in progetto non causeranno un aggravio delle condizioni di stabilità delle aree contermini, non si rilevano prescrizioni delle Norme del PAI che limitino la fattibilità dell'intervento oggetto della presente relazione.

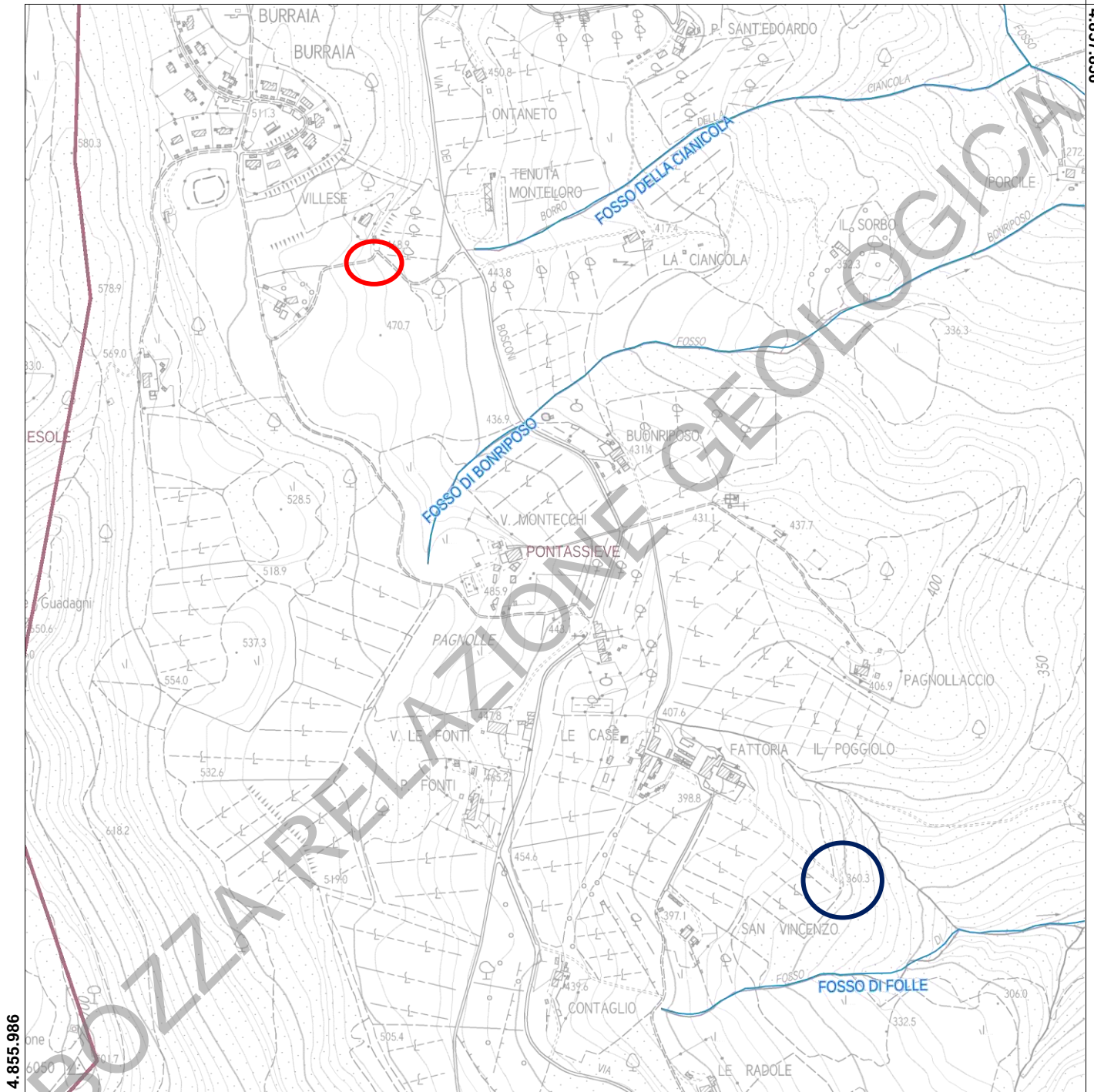


Carta Topografica

Scala 1 : 10.000

1.690.231

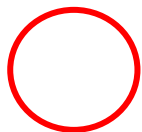
4.857.856



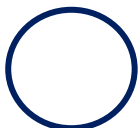
4.855.986

1.688.414

EPSG:3003



Area di studio A



Area di studio B

Fig. 1

Legenda

Comuni (A)

 confini comunali

Corsi

 idrografia corsi

CTR 1:10.000 black

BOZZA RELAZIONE GEOLOGICA

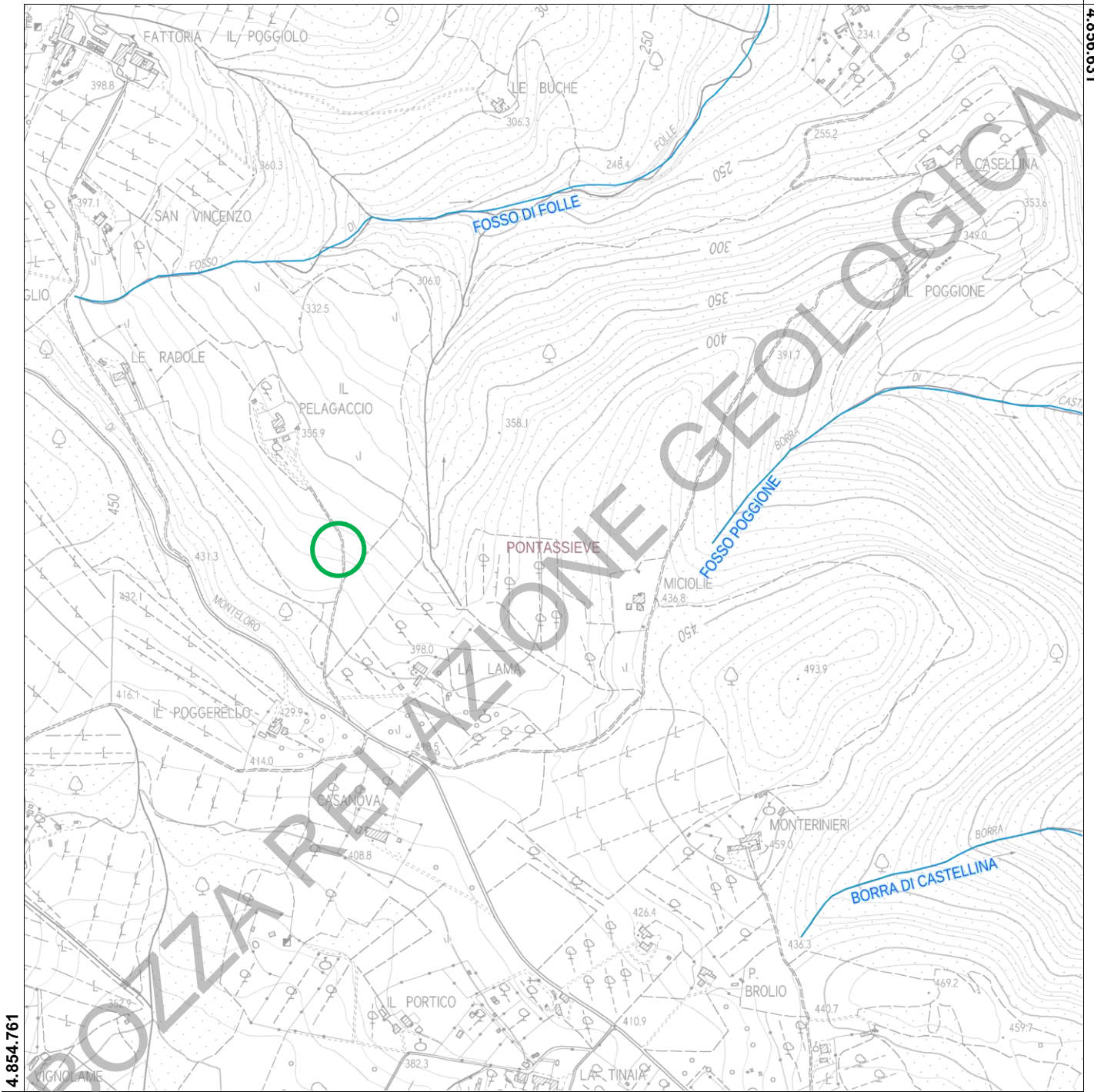


Carta Topografica

Scala 1 : 10.000

1.691.236

4.856.631

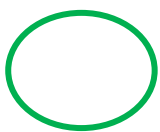


4.854.761

1.689.419

EPSG:3003

Fig. 2



Area di studio C

Legenda

Comuni (A)

 confini comunali

Corsi

 idrografia corsi

CTR 1:10.000 black

BOZZA RELAZIONE GEOLOGICA

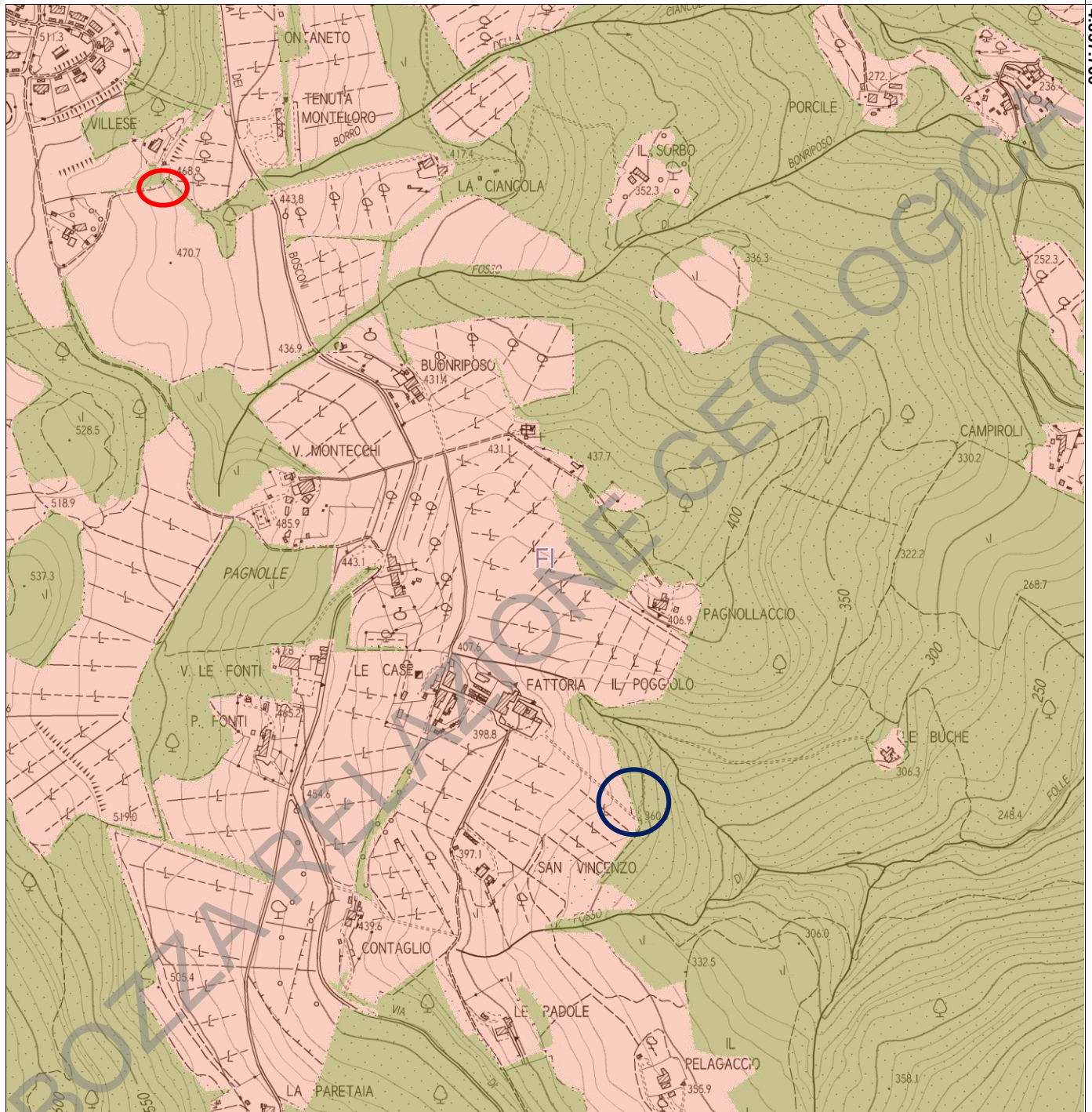


Regione Toscana - SIPT: Vincolo idrogeologico

Scala 1 : 10.000

690.532,1

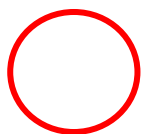
4.857.706



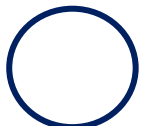
4.855.837

688.715,2

EPSG:25832



Area di studio A



Area di studio B

Fig. 3

Legenda

Province



confine provinciale

Regio Decreto 3267/1923 (Fonte Amministrazioni Provinciali)



R.D. n.3267/1923

Aree boscate (Fonte Uso del suolo 2016_RT)



Zone boscate; Zone con vegetazione arbustiva e/o erbacea;
Strade in aree boscate

CTR 1:10.000 black

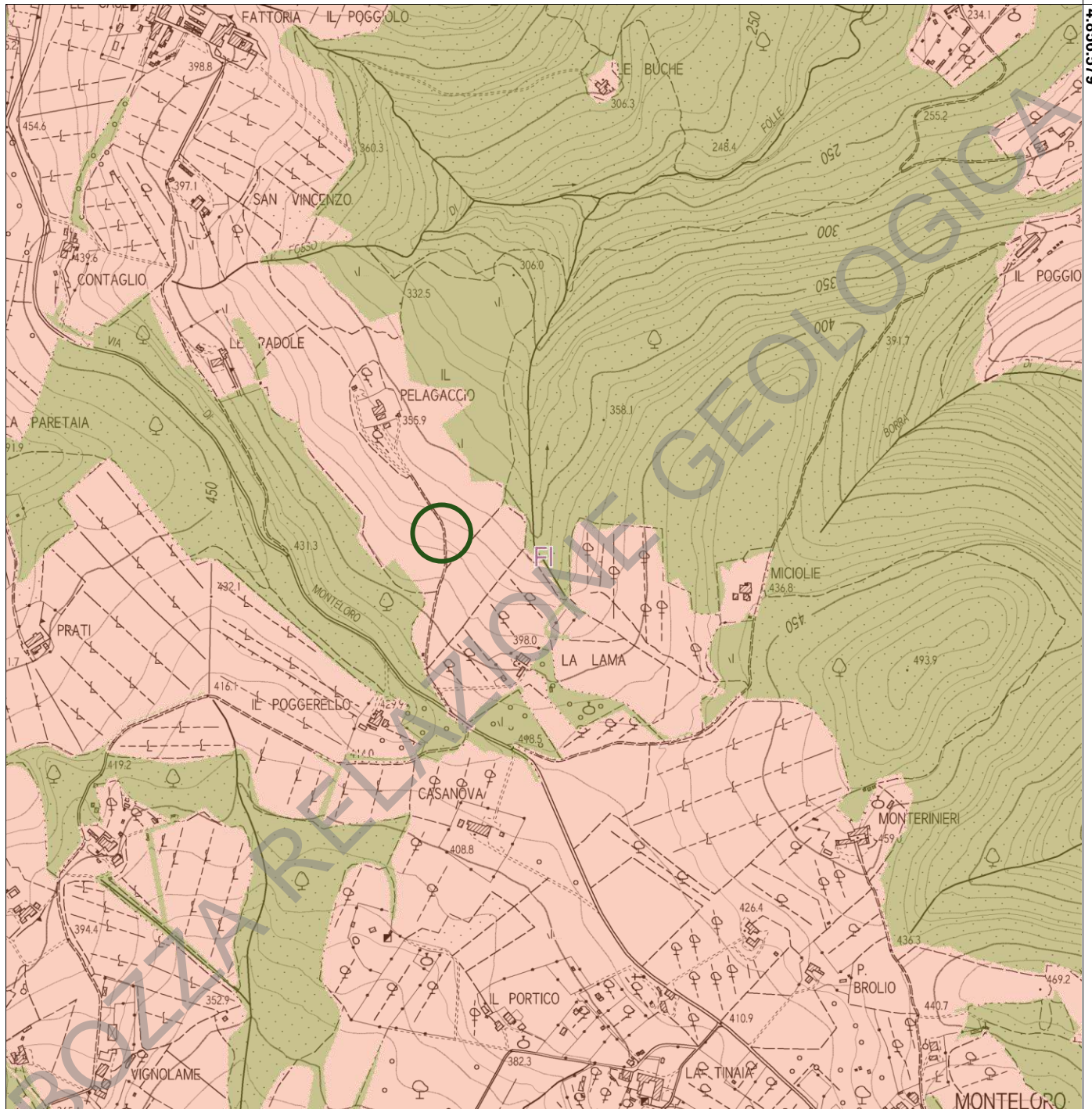
BOZZA RELAZIONE GEOLOGICA



Regione Toscana - SIPT: Vincolo idrogeologico

Scala 1 : 10.000

691.011



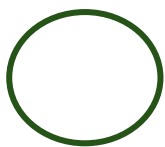
4.856.579

4.854.710

689.194,1

EPSG:25832

Fig. 4

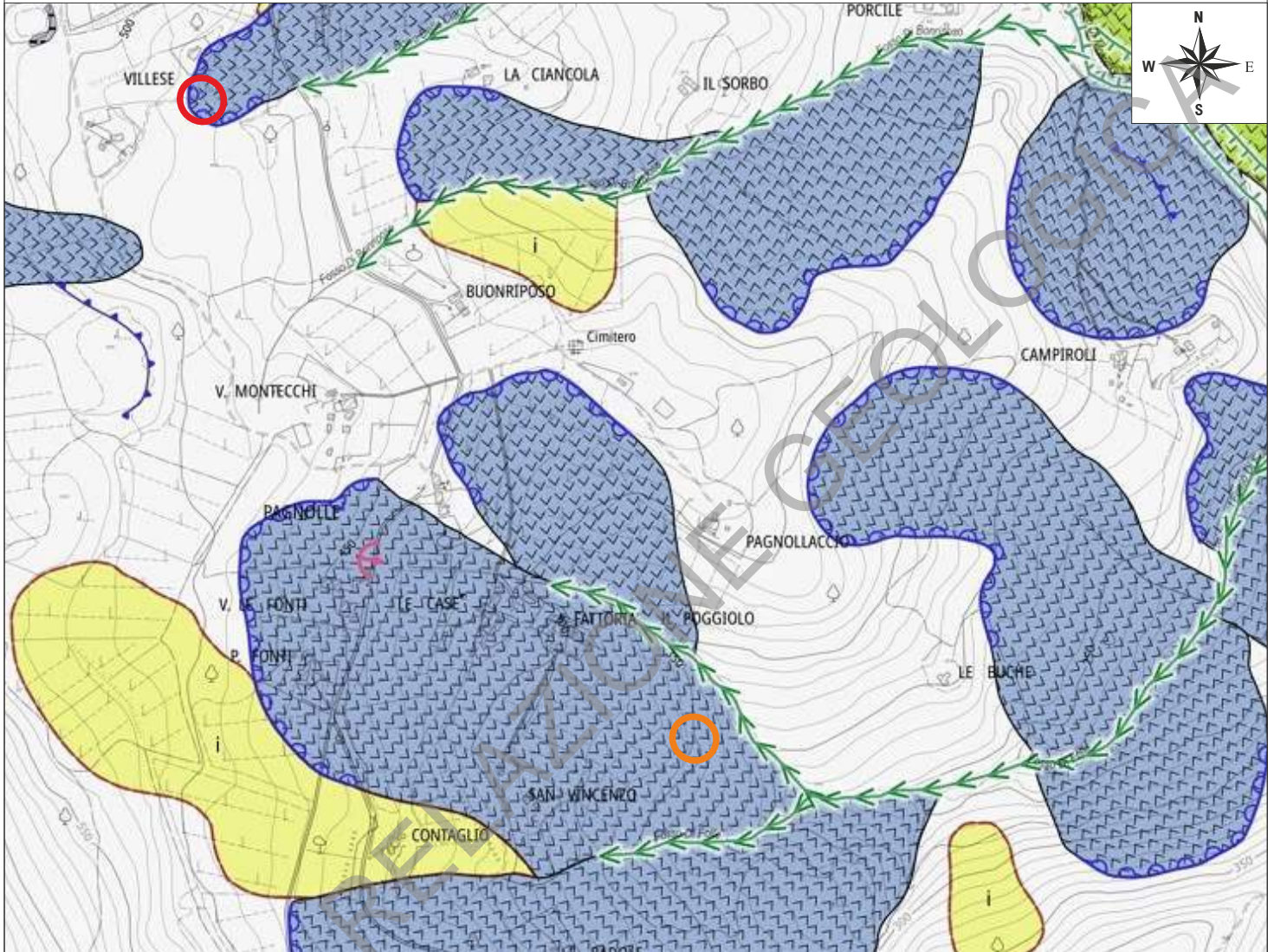


Area di studio C

CARTA GEOMORFOLOGICA

estratta da tav. PSI_QC_B02_4 - PS Intercomunale

Scala 1:10.000



LEGENDA



Area di studio A



Area di studio B

Forme e depositi dovuti alle acque correnti superficiali

Forme e depositi dovuti alle acque correnti superficiali



Corso d'acqua con tendenza all'approfondimento del letto (alveo in incisione)

Forme, processi e depositi gravitativi di versante

Forme, processi e depositi di versante dovuti alla gravita'



Corpo di frane quiescente di scorrimento a velocita' indeterminata



Area con fenomeni di creep, soliflusso, geliflusso

Fenomeni puntuali

Forme, processi e depositi di versante dovuti alla gravita'



Frana non cartografabile attiva

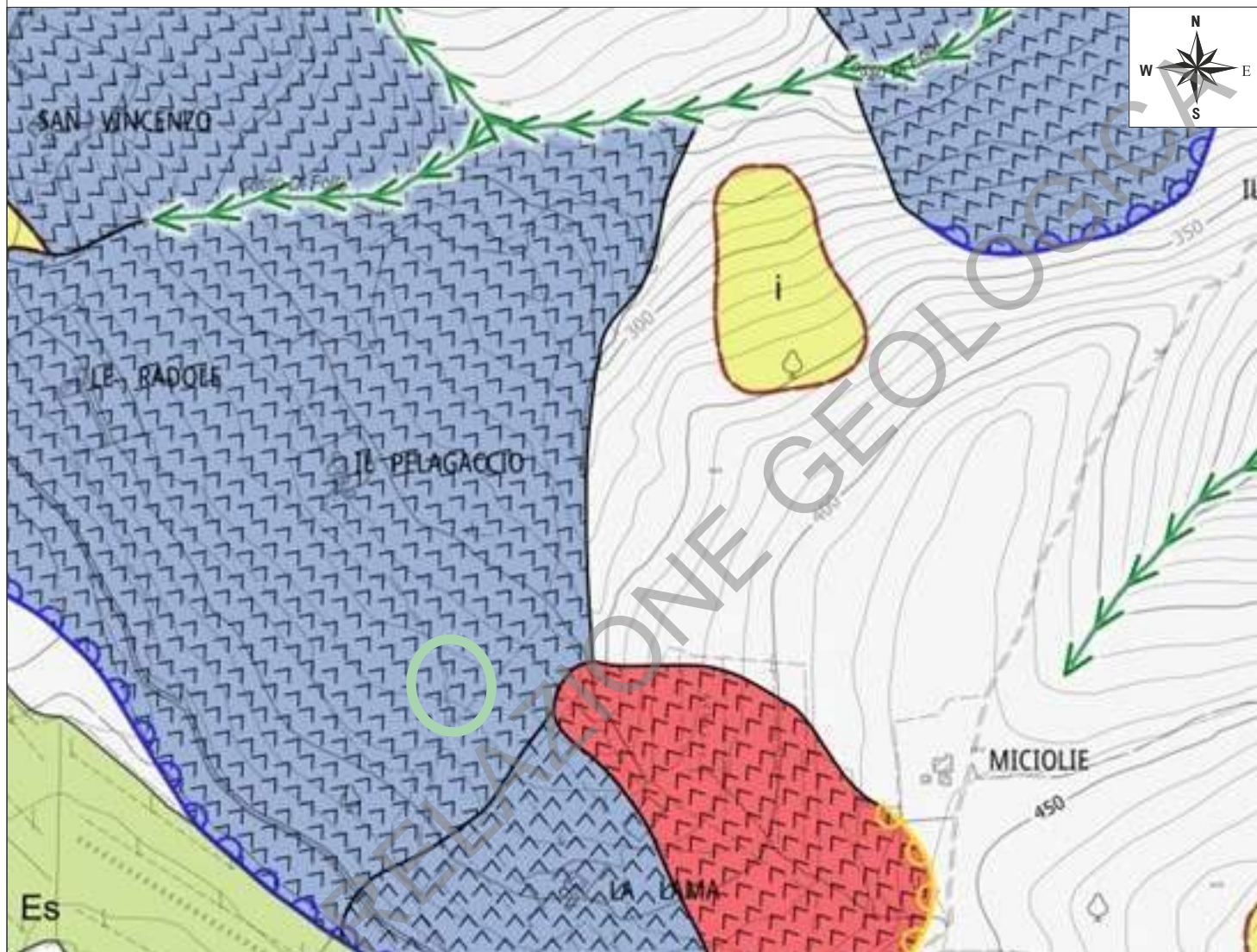
Geol. Francesco Cintelli
Via Alfonso La Marmora, 51
50121 - FIRENZE
P. IVA: 05618570484
www.geol-aqua.it
Cell.: 3290723618

GEOL-AQUA
STUDIO DI GEOLOGIA

CARTA GEOMORFOLOGICA

estratta da tav. PSI_QC_B02_4 - PS Intercomunale

Scala 1:10.000



LEGENDA



Area di studio C

Forme, processi e depositi gravitativi di versante

Forme, processi e depositi di versante dovuti alla gravità



Corpo di frana attiva di scorrimento a velocità indeterminata



Corpo di frana quiescente di scorrimento a velocità indeterminata



Area con fenomeni di creep, soliflusso, geliflusso



Area interessata da erosione superficiale

Forme e depositi dovuti alle acque correnti superficiali

Forme e depositi dovuti alle acque correnti superficiali



Corso d'acqua con tendenza all'approfondimento del letto (alveo in incisione)

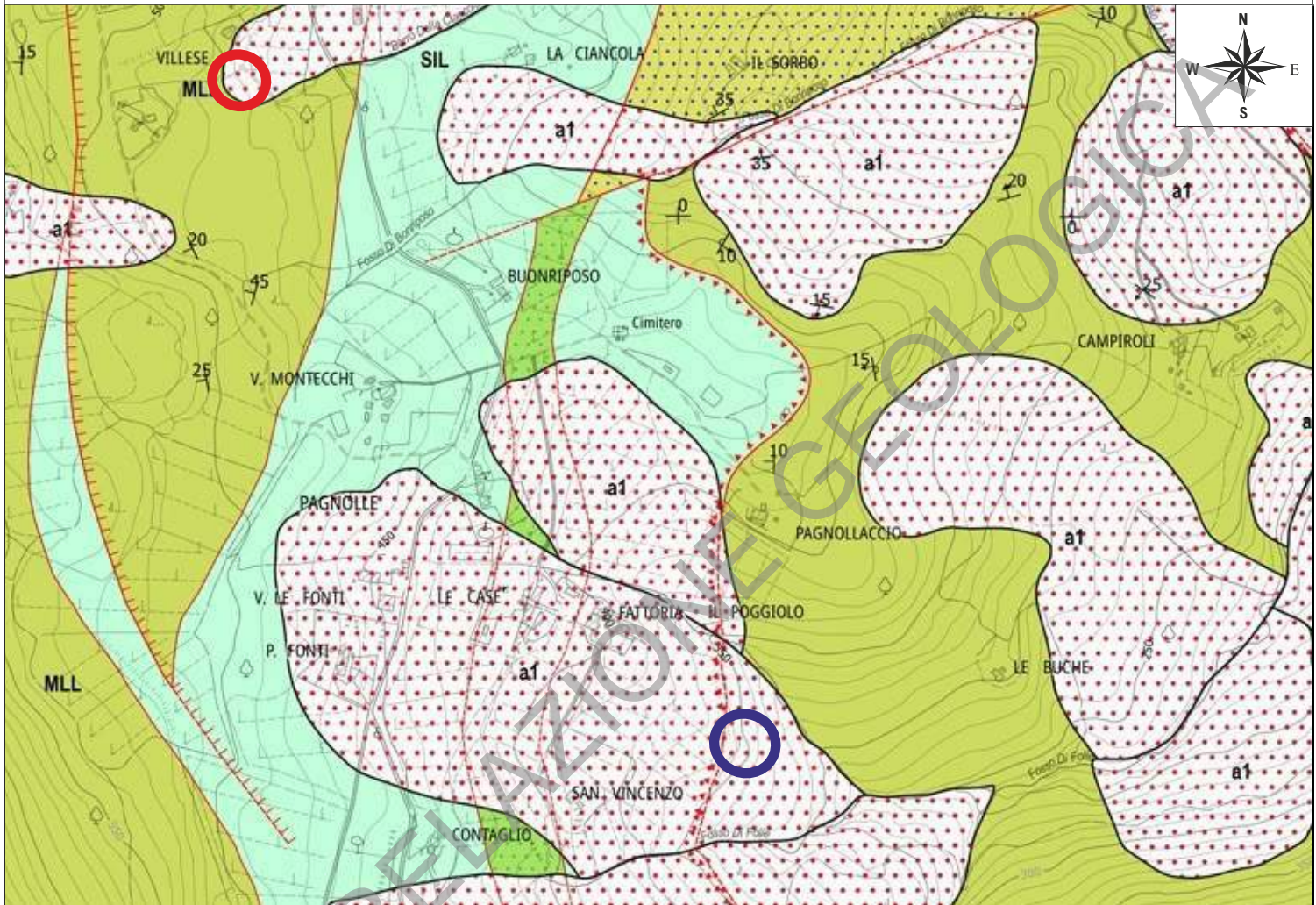


Corona di frana di scorrimento attiva

CARTA GEOLOGICA

estratta da Tav. PSI_QC_B01_4 - PS Intercomunale

Scala 1:10.000



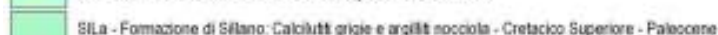

LEGENDA

-  Area di studio A
-  Area di studio B

Depositi Quaternari
Depositi olocenici

 a1 - Corpo di linea

Dominio ligure esterno
Unità di M. Morello

-  MLL - Formazione di Monte Morello - Paleocene Superiore - Eocene Medio
-  SIL - Formazione di Siliano - Cretacico Superiore - Paleocene
-  SILa - Formazione di Siliano: Calcilutiti grigie e argilliti sociola - Cretacico Superiore - Paleocene
-  PTF - Pietraforte - Cretacico Superiore
-  AvR - Argille varicolori - Cretacico

Limiti geologici

-  Contatto tettonico - certo
-  Contatto tettonico - incerto
-  Faglia - certo
-  Faglia - incerto
-  Faglia diretta - certo
-  Faglia diretta - incerto
-  Faglia inversa - certo
-  Faglia inversa - incerto
-  Sovrascendimento principale - certo
-  Sovrascendimento principale - incerto

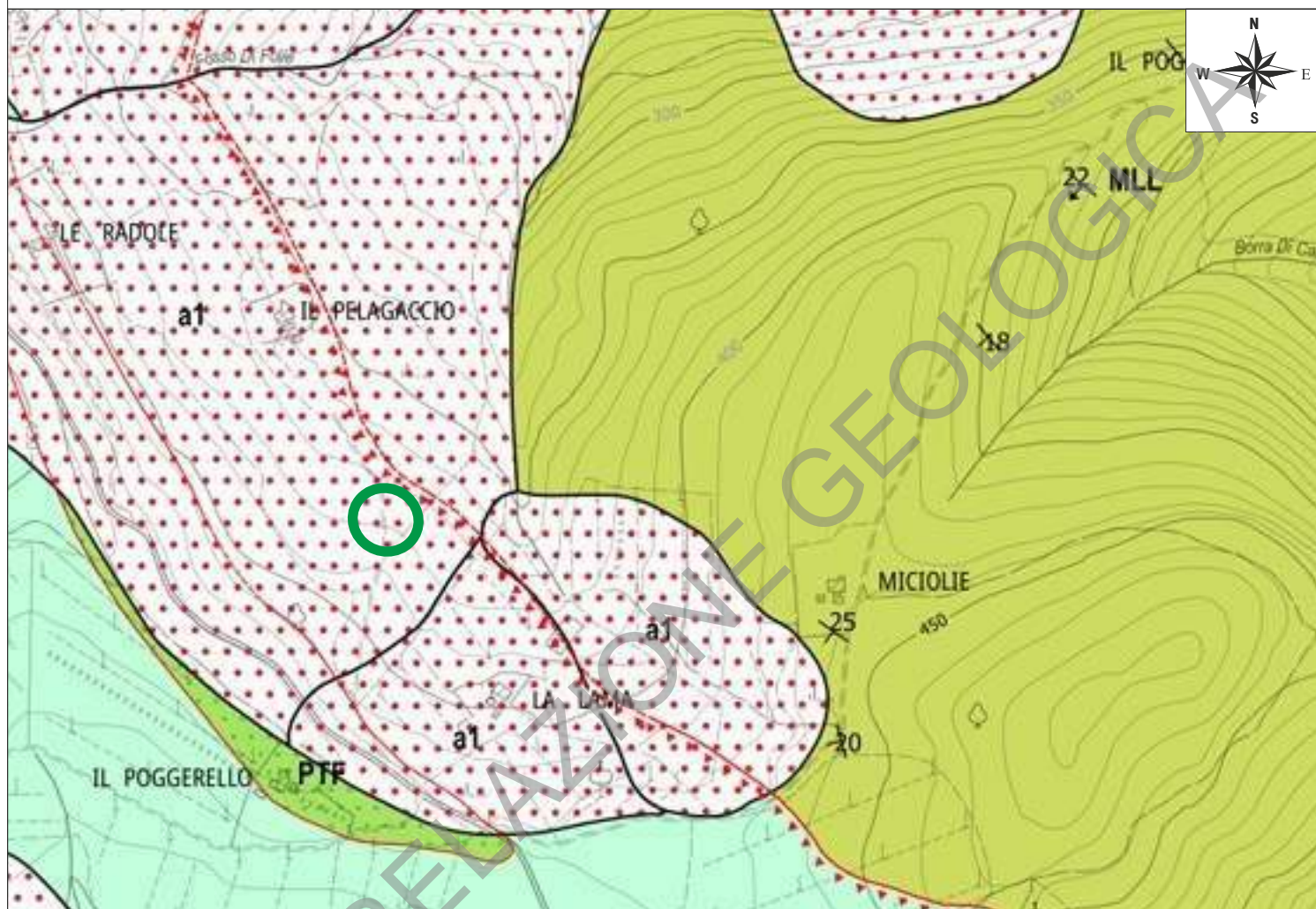
Geol. Francesco Cintelli
Via Alfonso La Marmora, 51
50121 - FIRENZE
P. IVA: 05618570484
www.geol-aqua.it
Cell.: 3290723618

GEOL-AQUA
STUDIO DI GEOLOGIA


CARTA GEOLOGICA

estratta da Tav. PSI_QC_B01_4 - PS Intercomunale

Scala 1:10.000



LEGENDA

 Area di studio C


Depositi Quaternari
Depositi olocenici


 a1 - Corpo di terra


Dominio ligure esterno
Unità di M. Morello

 MLL - Formazione di Monte Morello - Paleocene Superiore - Eocene Medio

 SIL - Formazione di Silano - Cretacico Superiore - Paleocene

 SILa - Formazione di Silano: Calcilutiti grigie e argille nocciola - Cretacico Superiore - Paleocene

 PTF - Pietraforte - Cretacico Superiore

 AVR - Argille varicolori - Cretacico

Limiti geologici

 Contatto tettonico - certo

 Contatto tettonico - incerto

 Faglia - certo

 Faglia - incerto

 Faglia diretta - certo

 Faglia diretta - incerto

 Faglia inversa - certo

 Faglia inversa - incerto

 Sovrascomimento principale - certo

 Sovrascomimento principale - incerto

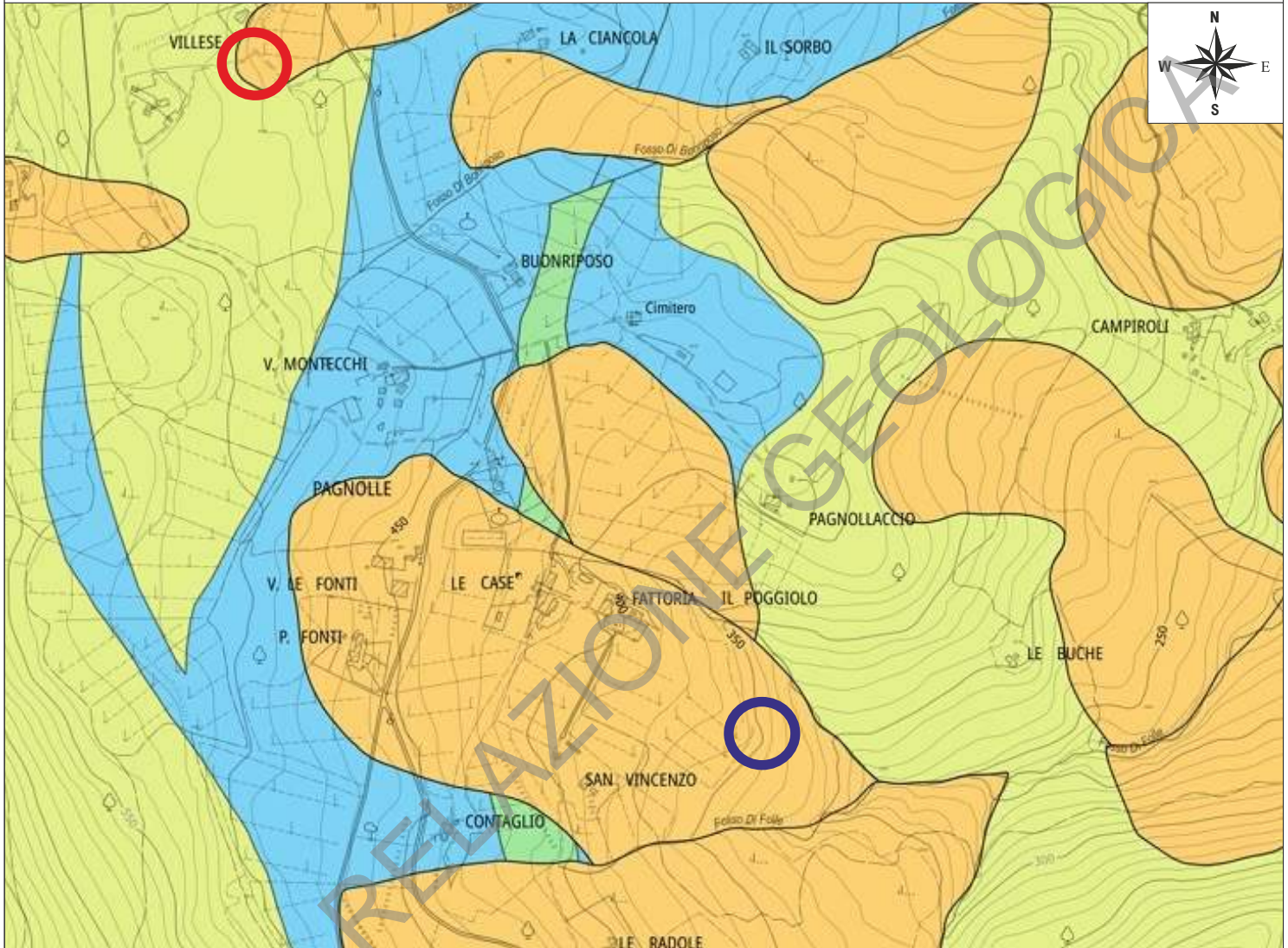
Geol. Francesco Cintelli
Via Alfonso La Marmora, 51
50121 - FIRENZE
P. IVA: 05618570484
www.geol-aqua.it
Cell.: 3290723618

GEOL-AQUA
STUDIO DI GEOLOGIA


CARTA IDROGEOLOGICA E DELLA VULNERABILITA' DEGLI ACQUIFERI

estratta da tav. PSI_QC_B03_4 - PS Intercomunale

Scala 1: 10000




LEGENDA

 Area di studio A


 Area di studio B

Vulnerabilità elevata


 E - Acquifero libero in materiali alluvionali a granulometria da grossolana a media (alluvioni recenti), sabbia con scarsa protezione


Vulnerabilità alta

 Aa - Falde libere in materiali a granulometria eterogenea con scarsa protezione

 Ab - Falde libere presenti in materiali detritici di modesta continuità areale


Vulnerabilità media


 Ma - Sabbie e ciottoloni con interstizi limosi, generalmente con copertura poco permeabile; arenarie fratturate con rete idrica di solito a media profondità; cicli marnosi e sabbie interstiziali da modesta circolazione idrica nella rete delle fratture

 Mb - Calcoli interstiziali da modesta circolazione idrica nella rete delle fratture e falde presenti in materiali con granulometria da sabbie prevalenti ad argilla, di modesta importanza con protezione di materiali fini; arenarie e sabbie quarzose con livelli argillosi intercalati che hanno origine a glia falde


Vulnerabilità bassa


 Ba - Acquiferi di limitata produttività (acquiferi) presenti in complessi arenacei con frequenti strati marnosi o argillitici, con modesta circolazione idrica


 Bb - Sedimenti a grana fine praticamente privi di circolazione idrica sotterranea; complessi marnosi e argillitici, praticamente privi di circolazione idrica

 Linee isoteratiche

Punti di approvvigionamento idrico per pubblica utilità

 Pozzo a scopo idropotabile

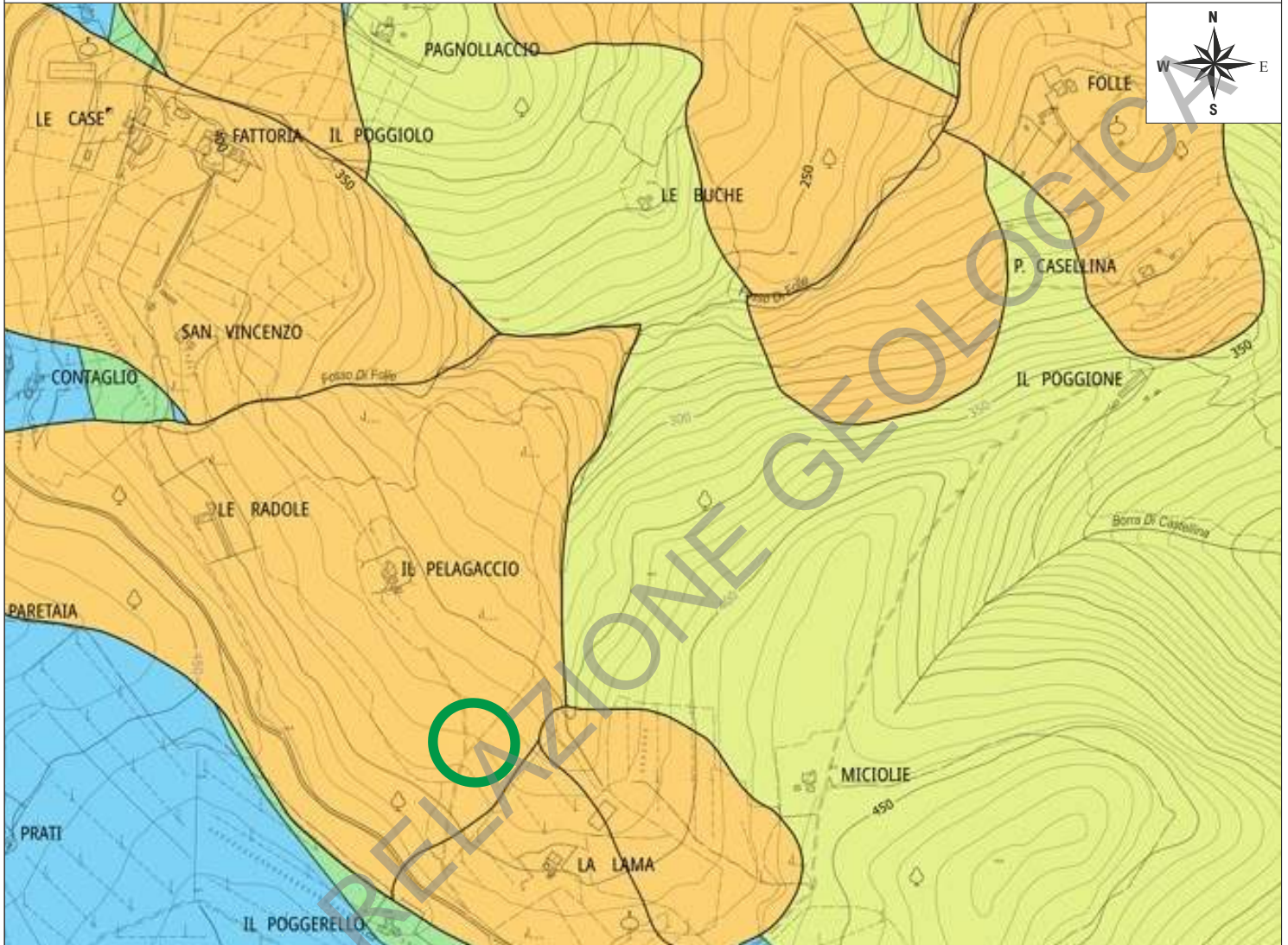
 Sorgente a scopo idropotabile

 Area di rispetto ai sensi del D.Lgs. 152/06 Art. 94

CARTA IDROGEOLOGICA E DELLA VULNERABILITA' DEGLI ACQUIFERI

estratta da tav. PSI_QC_B03_4 - PS Intercomunale

Scala 1: 10000



LEGENDA

Area di studio C

Vulnerabilità elevata

- E - Acquifero libero in materiali alluvionali e granitici da gessolana a media (alluvioni recenti), senza o con scarsa protezione

Vulnerabilità alta

- Aa - Falde libere in materiali a granulometria eterogenea con scarsa protezione
- Ab - Falde libere presenti in materiali detritici di modesta continuità areale

Vulnerabilità media

- Ma - Sabbie e ciottoloni con interstizi liberi, generalmente con copertura poco permeabile; arenarie fratturate con rete idrica di solito a media profondità; calcari marnosi e rari interstizi da modesta circolazione idrica nella rete delle fratture
- Mb - Calcari interstiziali da modesta circolazione idrica nella rete delle fratture e falde presenti in materiali con granulometria da sabbie pesanti ad argilla, di modesta importanza con protezione di materiali fini; arenarie e silti quarzose con livelli argillosi intercalati che danno origine a già falde

Vulnerabilità bassa

- Ba - Acquiferi di limitata produttività (acquedardi) presenti in complessi arenacei con frequenti strati marnosi o argillitici, con modesta circolazione idrica
- Bb - Sedimenti a grana fine praticamente privi di circolazione idrica sotterranea; complessi marnosi e argillitici, praticamente privi di circolazione idrica

— Linee isofreatiche

Punti di approvvigionamento idrico per pubblica utilità'

- Pozzi a scopo idropotabile
- Sorgenti a scopo idropotabile
- Area di rispetto ai sensi del D.Lgs. 152/06 Art. 94

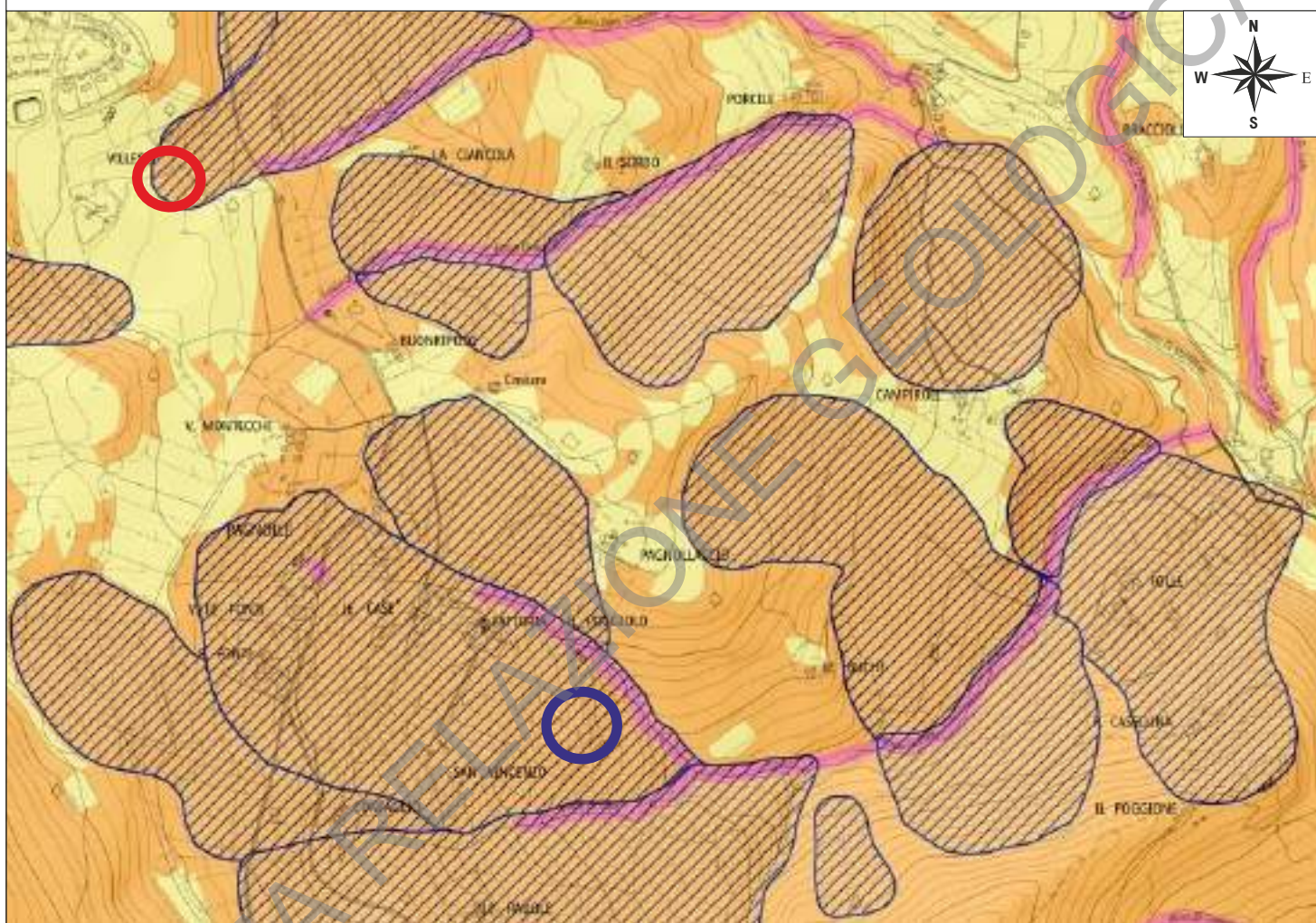
Geol. Francesco Cintelli
Via Alfonso La Marmora, 51
50121 - FIRENZE
P. IVA: 05618570484
www.geol-aqua.it
Cell.: 3290723618



CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA

estratta da tav. PSI_STA01_4 - PS Intercomunale





Scala 1:10.000





LEGENDA

-  Area di studio A
-  Area di studio B

Pericolosità geologica

-  Pericolosità geologica bassa - G1
-  Pericolosità geologica media - G2
-  Pericolosità geologica elevata - G3
-  Pericolosità geologica molto elevata - G4

Pericolosità da dissesti di natura geomorfologica da Piano di Assetti Idrogeologico (PAI)
 Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale

-  Aree di pericolosità da dissesti di natura geomorfologica elevata - P3
-  Aree di pericolosità da dissesti di natura geomorfologica molto elevata - P4

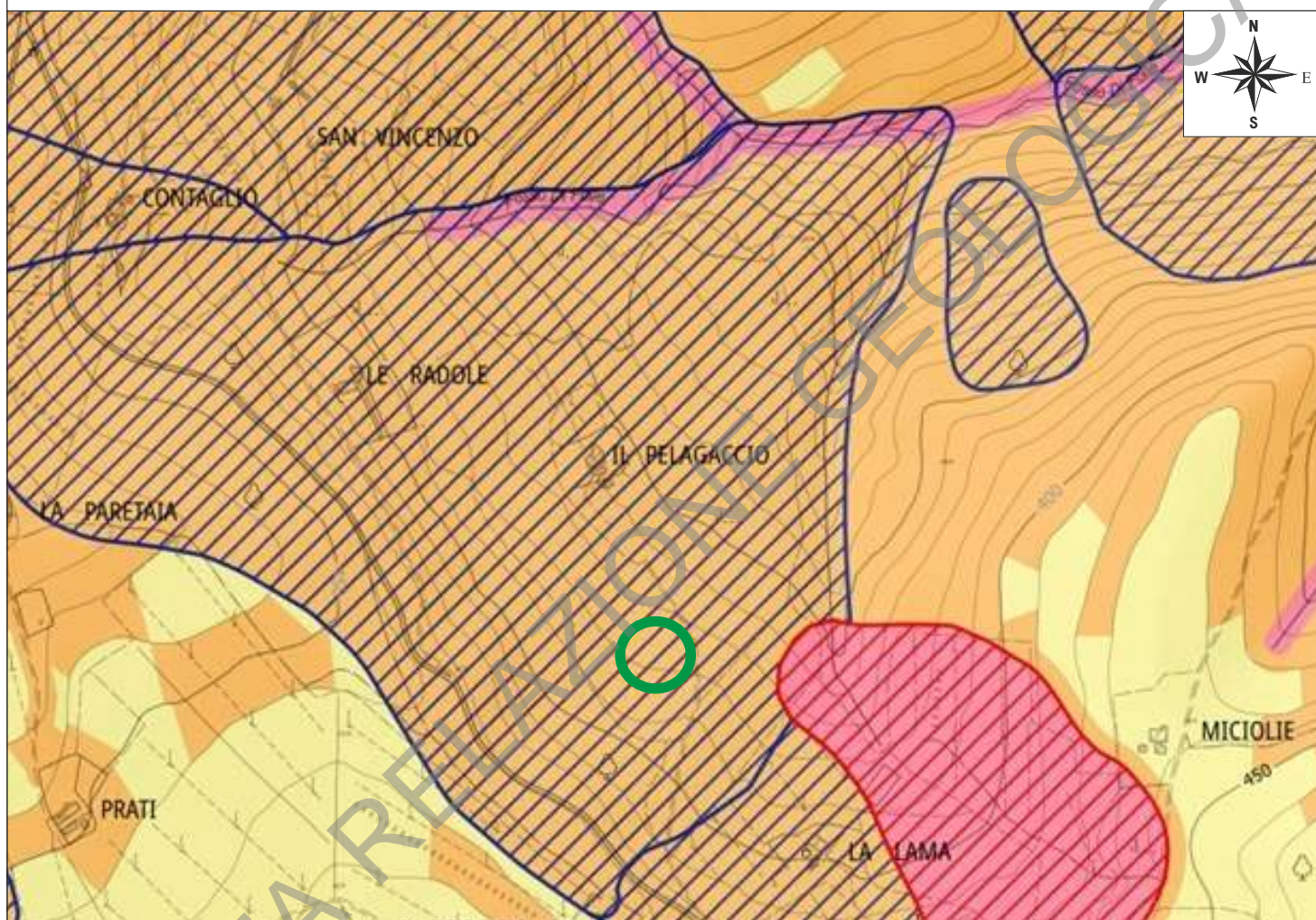
Geol. Francesco Cintelli
 Via Alfonso La Marmora, 51
 50121 - FIRENZE
 P. IVA: 05618570484
www.geol-aqua.it
 Cell.: 3290723618



CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA

estratta da tav. PSI_STA01_4 - PS Intercomunale

Scala 1:10.000







LEGENDA





Area di studio C

Pericolosità geologica

-  Pericolosità geologica bassa - G1
-  Pericolosità geologica media - G2
-  Pericolosità geologica elevata - G3
-  Pericolosità geologica molto elevata - G4

Pericolosità da dissesti di natura geomorfologica da Piano di Assetti Idrogeologico (PAI)
Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale

-  Aree di pericolosità da dissesti di natura geomorfologica elevata - P3
-  Aree di pericolosità da dissesti di natura geomorfologica molto elevata - P4

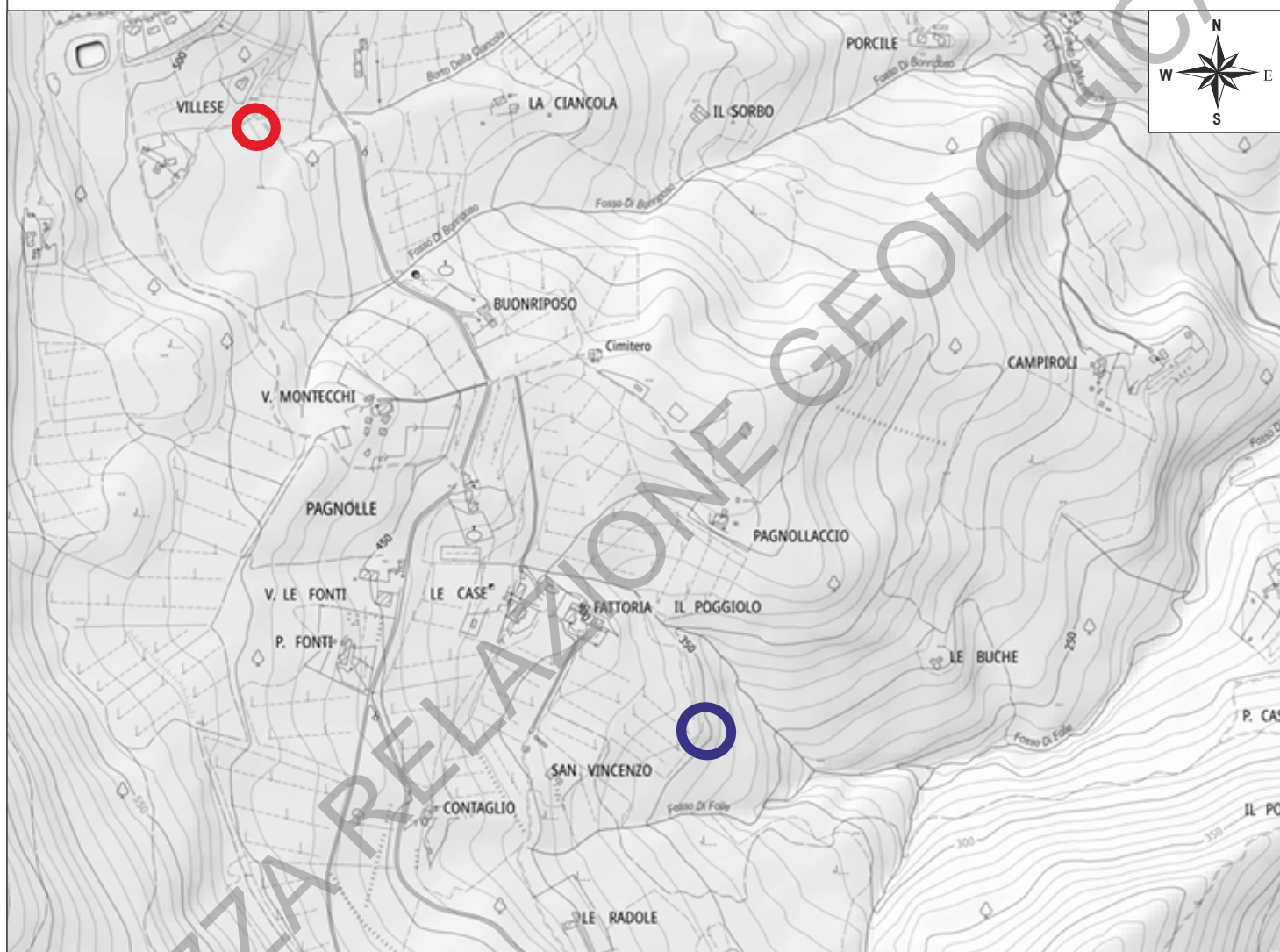
Geol. Francesco Cintelli
Via Alfonso La Marmora, 51
50121 - FIRENZE
P. IVA: 05618570484
www.geol-aqua.it
Cell.: 3290723618

GEOLOGAQUA
STUDIO DI GEOLOGIA

CARTA DELLA PERICOLOSITA' DA ALLUVIONI

estratta da TAV. PSI_STA03_4 - PS Intercomunale



Scala 1:10.000



LEGENDA

-  Area di intervento A
-  Area di intervento B

Pericolosità da Alluvione

-  Aree a Pericolosità per Alluvioni poco frequenti (P2)
-  Aree a Pericolosità per Alluvioni frequenti (P3)

Geol. Francesco Cintelli
Via Alfonso La Marmora, 51
50121 - FIRENZE
P. IVA: 05618570484
www.geol-aqua.it
Cell.: 3290723618

GEOLOGIA
AQUA
STUDIO DI GEOLOGIA

CARTA DELLA PERICOLOSITA' DA ALLUVIONI

estratta da webgis - PO Intercomunale

Scala 1:10.000






LEGENDA

-  Area di intervento B
-  Area di intervento C

Reticolo idrografico di cui all'art. 22 comma 2 lett. a) della L.R. 79/2012, aggiornato con Delib. n. 1061/2023

-  Reticolo idrografico
-  Infrastruttura idrica

Classi di pericolosità da alluvione (PGRA - DPGR 5R/2020)

-  Aree a pericolosità per alluvioni rare (F)
-  Aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti (P2)
-  Aree a pericolosità per alluvioni frequenti (P3)

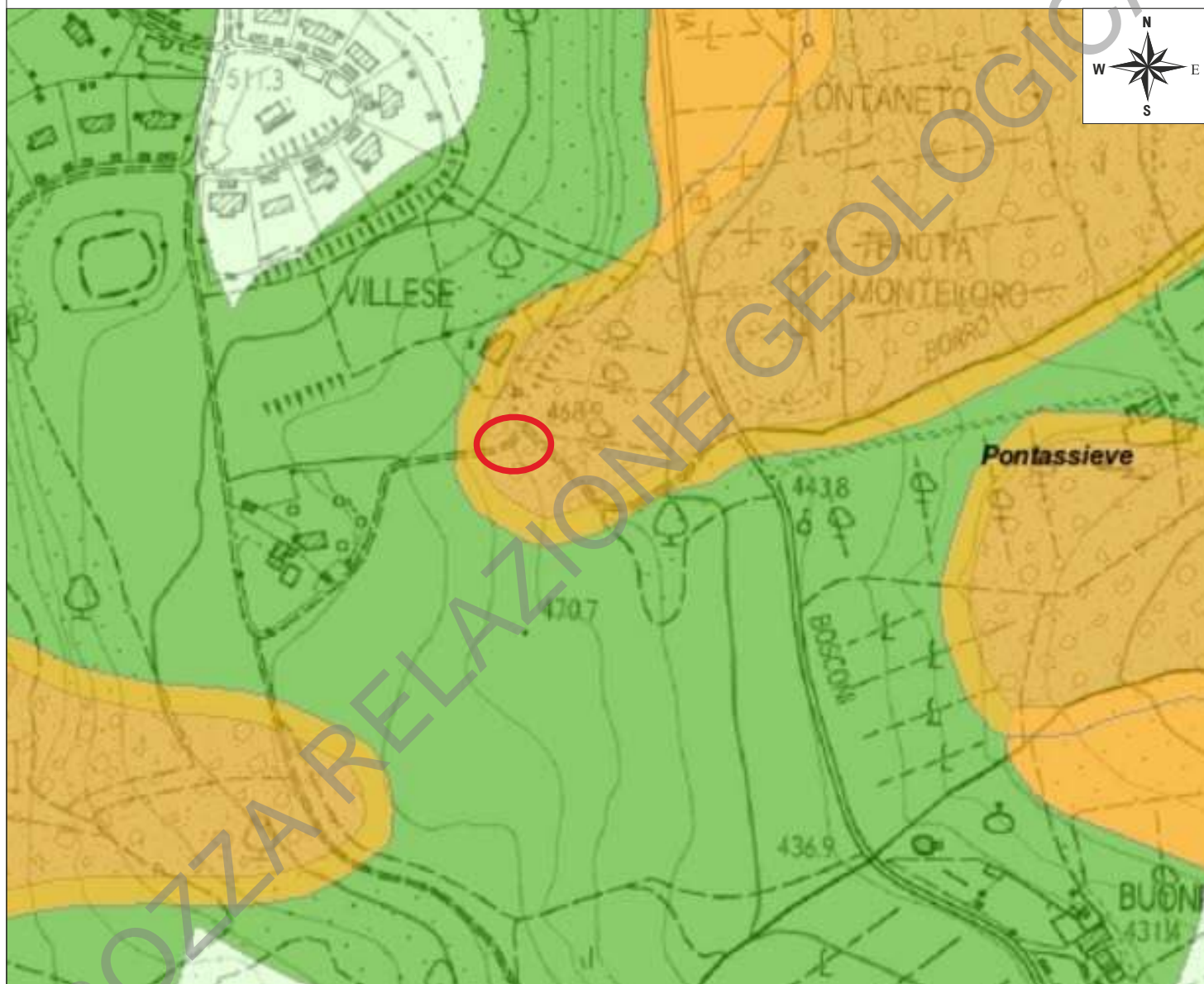
Geol. Francesco Cintelli
Via Alfonso La Marmora, 51
50121 - FIRENZE
P. IVA: 05618570484
www.geol-aqua.it
Cell.: 3290723618

GEOLOGIA  **AQUA**
STUDIO DI GEOLOGIA

CARTA PAI - PIANO ASSETTO IDROGEOLOGICO

Estratta da Geodata Appennino Settentrionale - Bacino Arno





Scala 1:9028





LEGENDA

 Area di studio A


Pericolosità Arno

-  P2a - pericolosità moderata tipo a
-  P3a - pericolosità elevata tipo a
-  P3b - pericolosità elevata tipo b
-  P4 - pericolosità molto elevata

P1P2 propensione Arno

-  P1 - moderata propensione al dissesto
-  P2b - media propensione al dissesto

Geomorfologia Arno

-  S2 - Frane di scivolamento e colata lenta - inattive potenzialmente instabili

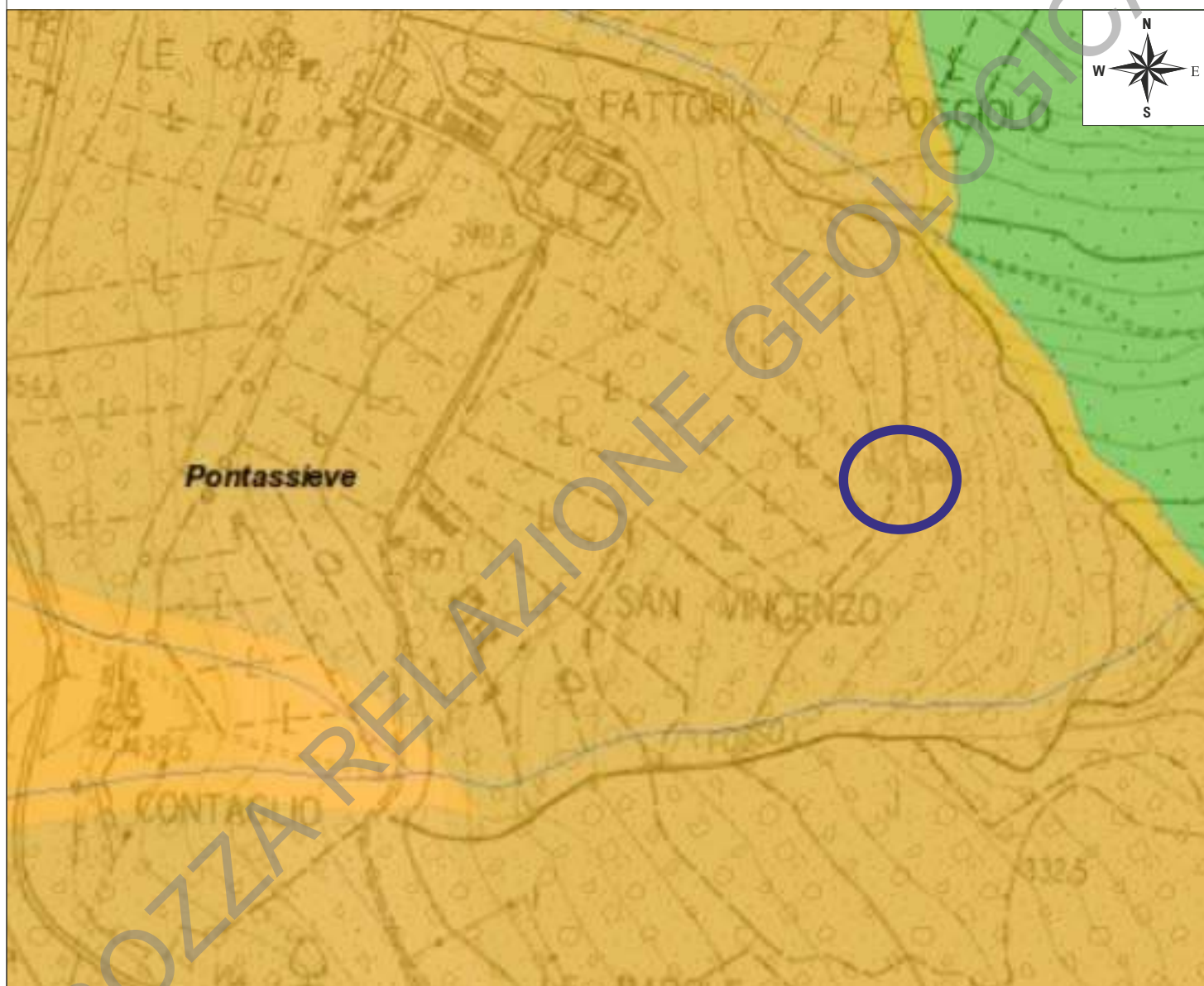
Geol. Francesco Cintelli
Via Alfonso La Marmora, 51
50121 - FIRENZE
P. IVA: 05618570484
www.geol-aqua.it
Cell.: 3290723618

GEOLOGIA  **AQUA**
STUDIO DI GEOLOGIA

CARTA PAI - PIANO ASSETTO IDROGEOLOGICO

Estratta da Geodata Appennino Settentrionale - Bacino Arno

Scala 1:9028



LEGENDA



Area di studio B

Pericolosità Arno

- P2a - pericolosità moderata tipo a
- P3a - pericolosità elevata tipo a
- P3b - pericolosità elevata tipo b
- P4 - pericolosità molto elevata

P1P2 propensione Arno

- P1 - moderata propensione al dissesto
- P2b - media propensione al dissesto

Geomorfologia Arno

- 4 S2 - Frane di scivolamento e colata lenta - inattive potenzialmente instabili

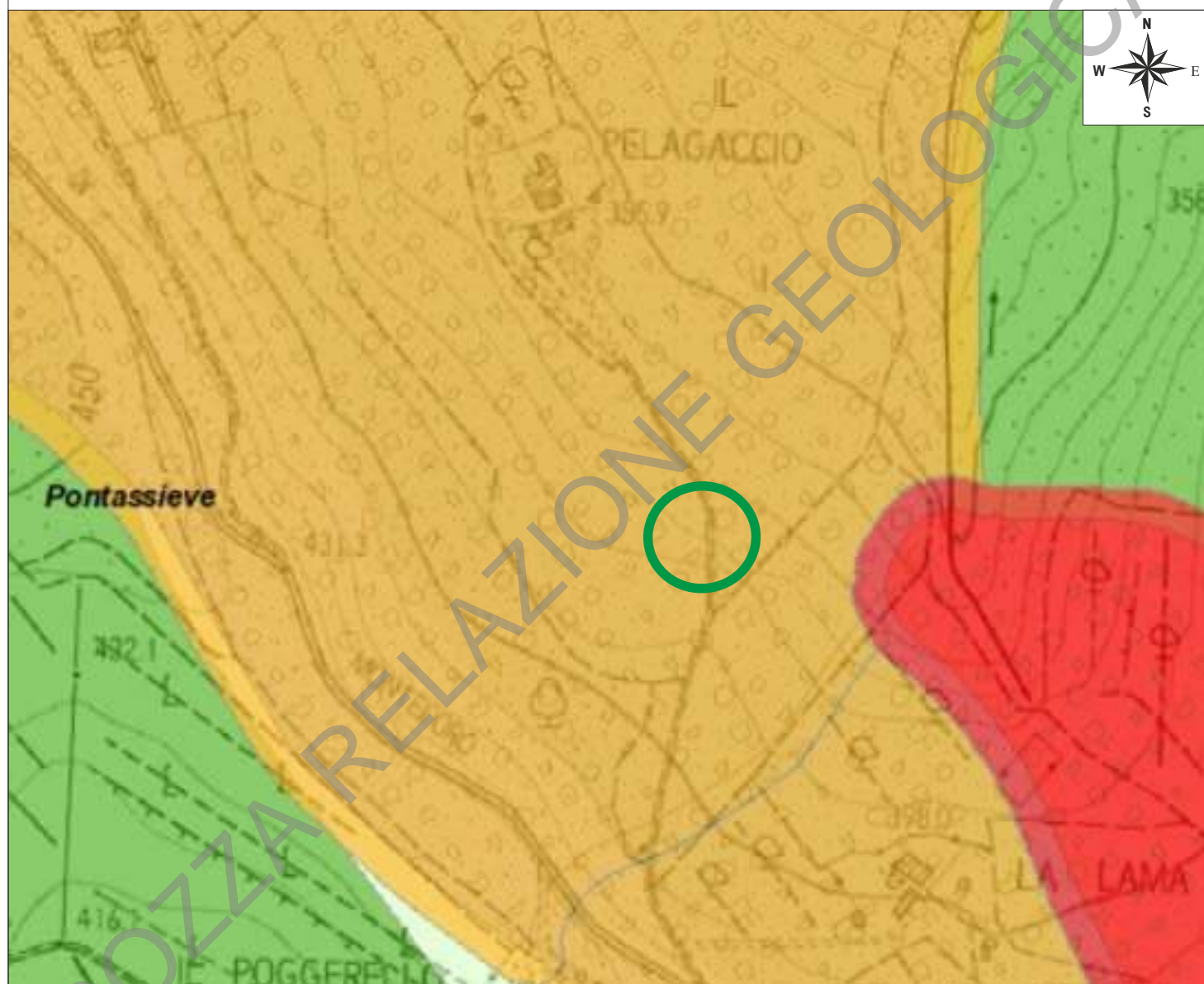
Geol. Francesco Cintelli
Via Alfonso La Marmora, 51
50121 - FIRENZE
P. IVA: 05618570484
www.geol-aqua.it
Cell.: 3290723618

GEOLOGIA **AQUA**
STUDIO DI GEOLOGIA

CARTA PAI - PIANO ASSETTO IDROGEOLOGICO

Estratta da Geodata Appennino Settentrionale - Bacino Arno

Scala 1:9028



LEGENDA



Area di studio A

Pericolosità Arno

- P2a - pericolosità moderata tipo a
- P3a - pericolosità elevata tipo a
- P3b - pericolosità elevata tipo b
- P4 - pericolosità molto elevata

P1P2 propensione Arno

- P1 - moderata propensione al dissesto
- P2b - media propensione al dissesto

Geomorfologia Arno

- S2 - Frane di scivolamento e colata lenta - inattive potenzialmente instabili

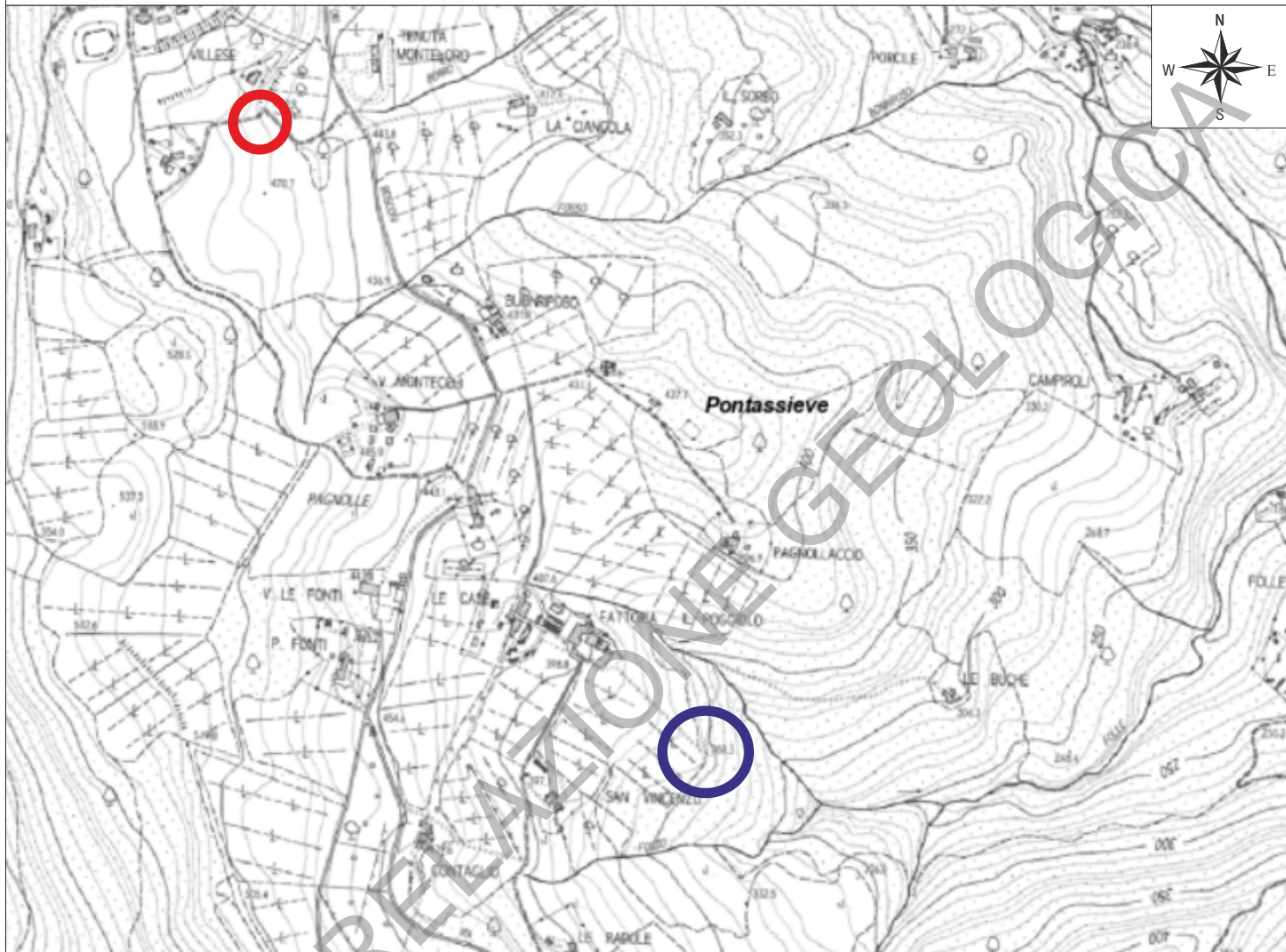
Geol. Francesco Cintelli
Via Alfonso La Marmora, 51
50121 - FIRENZE
P. IVA: 05618570484
www.geol-aqua.it
Cell.: 3290723618

GEOLOGIA **AQUA**
STUDIO DI GEOLOGIA

CARTA PGRA

estratta da Piano Gestione Rischio Alluvioni - Geodata Appennino Settentrionale

Scala 1:18056




LEGENDA

 Area di studio A

 Area di studio B

Pericolosità da alluvione - Dominio fluviale

 P1

 P2

 P3

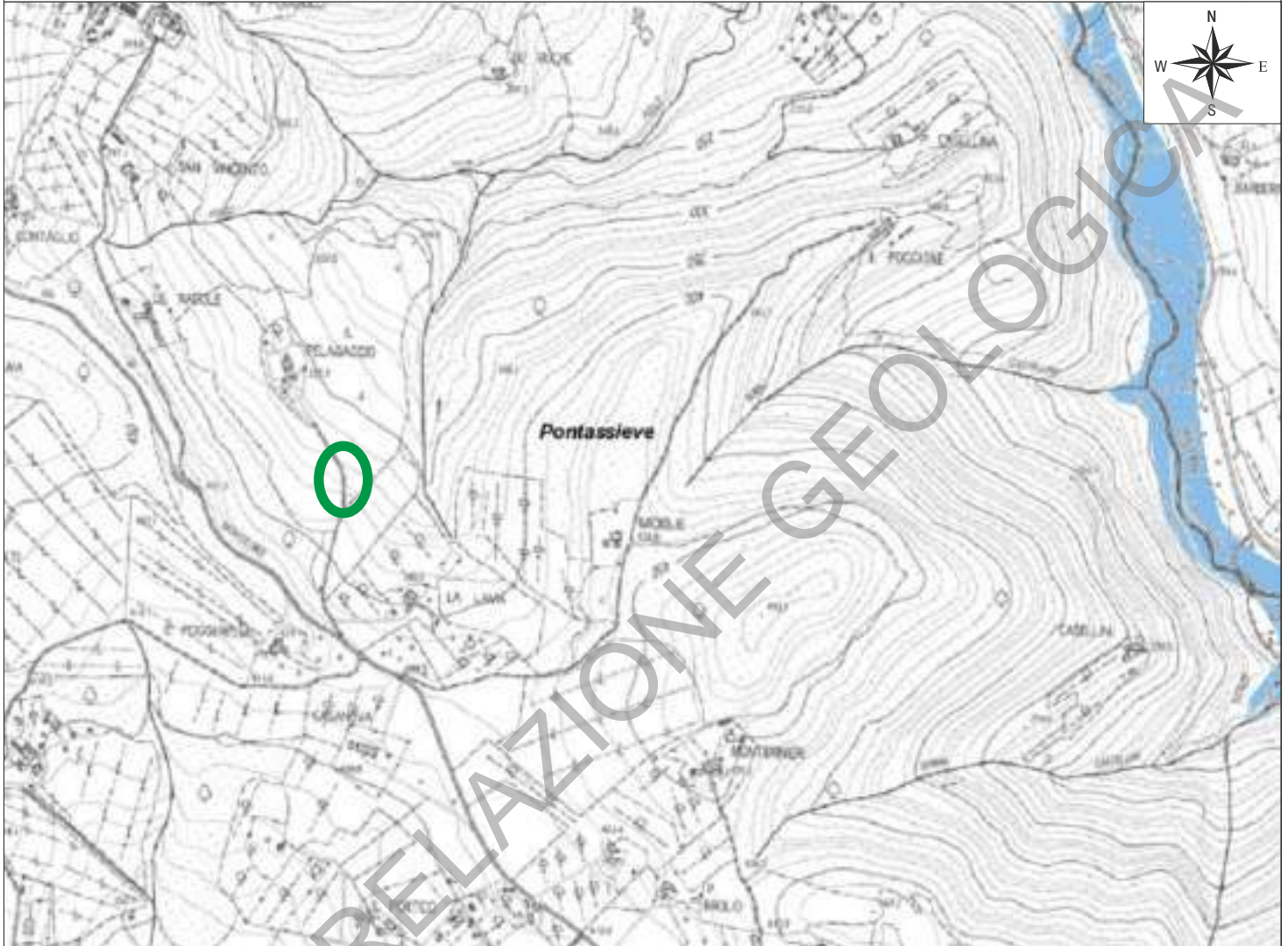
Geol. Francesco Cintelli
Via Alfonso La Marmora, 51
50121 - FIRENZE
P. IVA: 05618570484
www.geol-aqua.it
Cell.: 3290723618

GEOL-AQUA
STUDIO DI GEOLOGIA

CARTA PGRA

estratta da Piano Gestione Rischio Alluvioni - Geodata Appennino Settentrionale




Scala 1:18056



LEGENDA

 Area di studio C

Pericolosità da alluvione - Dominio fluviale

-  P1
-  P2
-  P3

Geol. Francesco Cintelli
Via Alfonso La Marmora, 51
50121 - FIRENZE
P. IVA: 05618570484
www.geol-aqua.it
Cell.: 3290723618

GEOLOGIA
AQUA
STUDIO DI GEOLOGIA

Committente:
Consorzio Le Fonti Monteloro



Con le delibere del Comitato Istituzionale n. 231 e 232 del 17 dicembre 2015 è stato adottato il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni con apposizione delle misure di salvaguardia. Successivamente con delibera del Comitato Istituzionale n. 235 del 3 marzo 2016 il Piano è stato definitivamente approvato. La disciplina di P.G.R.A. va quindi a subentrare alle disposizioni previste dalle norme di PAI con particolare riguardo ai disposti del “Capo I – Pericolosità Idraulica”. Le aree di indagine, poiché situate in zone collinari, non ricadono in aree con pericolosità da alluvioni, come si evince dalla carta del PGRA estratta da Geodata-Appennino Settentrionale (fig. 11a e 11b).

4.3 - FATTIBILITÀ DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO

Ai sensi delle Norme del PO Intercomunale è possibile effettuare una valutazione della fattibilità degli interventi urbanistici ed edilizi con indicazione degli elaborati geologici e geotecnici di supporto alla progettazione. In particolare, secondo quanto indicato dalla normativa vigente (Del.C.R.94/85), la fattibilità geologica degli interventi urbanistici ed edilizi viene definita confrontando i tipi d'intervento e le destinazioni d'uso previste dal piano con le carte delle pericolosità geologica, idraulica e sismica (tab. 4). L'intervento ricade nelle classi di fattibilità indicate in tab. 5.

Tipo di intervento	Tipologia di PERICOLOSITA'	Classe di pericolosità	Classi di Fattibilità
Area A	Geologica	G3	Fg.3
	Idraulica	I.1	FI.1
Area B	Geologica	G3	Fg.3
	Idraulica	I.1	FI.1
Area C	Geologica	G3	Fg.3
	Idraulica	I.1	FI.1

Tab. 4 – Classi di fattibilità nelle tre aree d'indagine.

Secondo il Regolamento Regionale 5R/2020: *nelle aree caratterizzate da pericolosità geologica elevata (G3) è necessario rispettare i criteri generali di seguito indicati, oltre a quelli già previsti dalla pianificazione di bacino.*

La fattibilità degli interventi di nuova edificazione o nuove infrastrutture a sviluppo lineare e a rete è subordinata all'esito di studi, rilievi e indagini geognostiche e geofisiche, effettuate in fase di piano attuativo e finalizzate alla verifica delle effettive condizioni di stabilità. Qualora dagli studi, dai rilievi e dalle indagini ne emerga l'esigenza, la fattibilità degli interventi di nuova edificazione o nuove infrastrutture a sviluppo lineare e a rete è subordinata alla preventiva realizzazione degli interventi di messa in sicurezza.

Gli interventi di messa in sicurezza, che sono individuati e dimensionati in sede di piano attuativo oppure, qualora non previsto, a livello edilizio diretto, sono tali da:

- a.1) non pregiudicare le condizioni di stabilità nelle aree adiacenti;*
- a.2) non limitare la possibilità di realizzare interventi definitivi di stabilizzazione dei fenomeni franosi;*

Committente:
Consorzio Le Fonti Monteloro



a.3) consentire la manutenzione delle opere di messa in sicurezza. La durata del monitoraggio relativo agli interventi di messa in sicurezza è definita in relazione alla tipologia del dissesto ed è concordata tra il comune e la struttura regionale competente. Il raggiungimento delle condizioni di sicurezza costituisce il presupposto per il rilascio di titoli abilitativi.

Pericolosità	Tipo Intervento	Fattibilità	Limitazioni e prescrizioni
G.3	impermeabilizzazione del suolo e di realizzazione del manto stradale	Fg3	<i>Fattibilità geologica condizionata: sono consentiti gli interventi di “nuova costruzione” come definiti dalla LR 41/2018 art.2, le nuove previsioni residenziali, commerciali, ricettive, produttive e di nuove opere pubbliche, gli impianti o le nuove infrastrutture a sviluppo lineare e a rete. La fattibilità è subordinata all’esito di studi geologici, rilievi e indagini geognostiche finalizzati a definire le effettive condizioni di stabilità. Se da tali studi emerge la necessità di interventi di messa in sicurezza, essi vengono individuati e dimensionati in sede di piano attuativo o di intervento diretto e sono realizzati preventivamente alle opere. Tali interventi devono rispondere ai seguenti requisiti: non pregiudicare le condizioni di stabilità nelle aree adiacenti, non limitare la possibilità di interventi definitivi di stabilizzazione, consentire la manutenzione delle opere di messa in sicurezza. La durata del monitoraggio relativo a gli interventi di messa in sicurezza è concordata fra comune e struttura regionale competente in relazione alla tipologia del dissesto. Il raggiungimento delle condizioni di sicurezza costituisce presupposto per il rilascio di titoli abilitativi; analoghe condizioni si applicano per tutti i casi non espressamente richiamati nella Disciplina PAI dell’AdB distrettuale.</i>
I.1		Fi1	<i>Fattibilità idraulica senza particolari limitazioni: Nelle situazioni caratterizzate da pericolosità idraulica bassa non è necessario indicare specifiche condizioni di fattibilità dovute a limitazioni di carattere idraulico.</i>

Tab. 5 – Tabella riepilogativa delle classi di fattibilità in relazione alla tipologia e classe di pericolosità dell’intervento in progetto.

Per l’intervento in progetto sono state realizzate sia indagini geognostiche in sito che indagini geofisiche che hanno garantito il rispetto della normativa vigente in materia. In particolare, dalle prove penetrometriche e dalle analisi di laboratorio geotecnico sono stati determinati i parametri geotecnici dei terreni; mentre dal rilievo geofisico attivo (n. 4 stese sismiche a rifrazione e MASW) sono state ricavate la categoria sismica di sottosuolo, il profilo di velocità

Committente:
Consorzio Le Fonti Monteloro



Vs. Gli interventi di progetto non modificheranno negativamente i processi geomorfologici presenti nell'area.

Dal punto di vista idraulico, gli interventi in progetto risultano fattibili vista l'assenza di limitazioni di carattere idraulico nelle aree con pericolosità idraulica bassa ai sensi della normativa vigente. L'area di studio non ricade infatti né nelle aree con alluvioni frequenti né poco frequenti ai sensi della L.R. 41/2018.

5 - INDAGINI GEOGNOSTICHE E CARATTERIZZAZIONE FISICO-MECCANICA DEI TERRENI

5.1 - DESCRIZIONE DELL'INDAGINE GEOGNOSTICA

Sulla base delle finalità di verifica progettuale, in linea con gli indirizzi delle NTC/18, facendo riferimento anche alla normativa tecnica di settore ed alle *Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche* pubblicate dall'A.G.I. (1977), la campagna geognostica (indagini e prove) è stata mirata alla:

- caratterizzazione litostratigrafica, idrogeologica e delle proprietà fisico - meccaniche dei materiali dei terreni di fondazione nell'ambito del volume geotecnico significativo;
- determinazione della categoria di sottosuolo ai sensi delle NTC/18.

Di seguito (tab. 6) si riportano le modalità di sviluppo della campagna geognostica:

ARTICOLAZIONE TIPOLOGICA DELLA CAMPAGNA GEOGNOSTICA		
Tipologia di prove eseguite	Quantità e caratteristiche delle prove eseguite	Determinazione
Indagini geognostiche in sito	n. 5 Prove penetrometriche dinamiche (DPSH) fino alla profondità di -1,6 m (DPSH1 e DPSH2), -3,2 per DPSH3, -3,6 per DPSH4 e -2,4 per DPSH5 da p.c..	Ricostruzione profilo lito-stratigrafico, grado di consistenza e determinazione parametri geotecnici dei terreni.
Indagini geofisiche	Esecuzione di n. 4 stese sismiche a rifrazione (RIF) e MASW.	Determinazione categoria di sottosuolo e profilo di vs.

Tab. 6 - Indagini geologiche eseguite.

Si specifica che le prove penetrometriche e le indagini sismiche sono state eseguite dalla ditta Sismoelettrica S.r.l.. L'ubicazione delle indagini è riportata nelle figure 12a, 12b e 12c distinte per ciascuna area d'indagine. Mentre la documentazione fotografica delle indagini è riportata in Allegato 1.

AREA D'INDAGINE A - LOC. VILLESE



Fig. 12a

AREA D'INDAGINE B - LOC. SAN VINCENZO



Fig. 12b

AREA D'INDAGINE C - LOC. IL PELAGACCIO

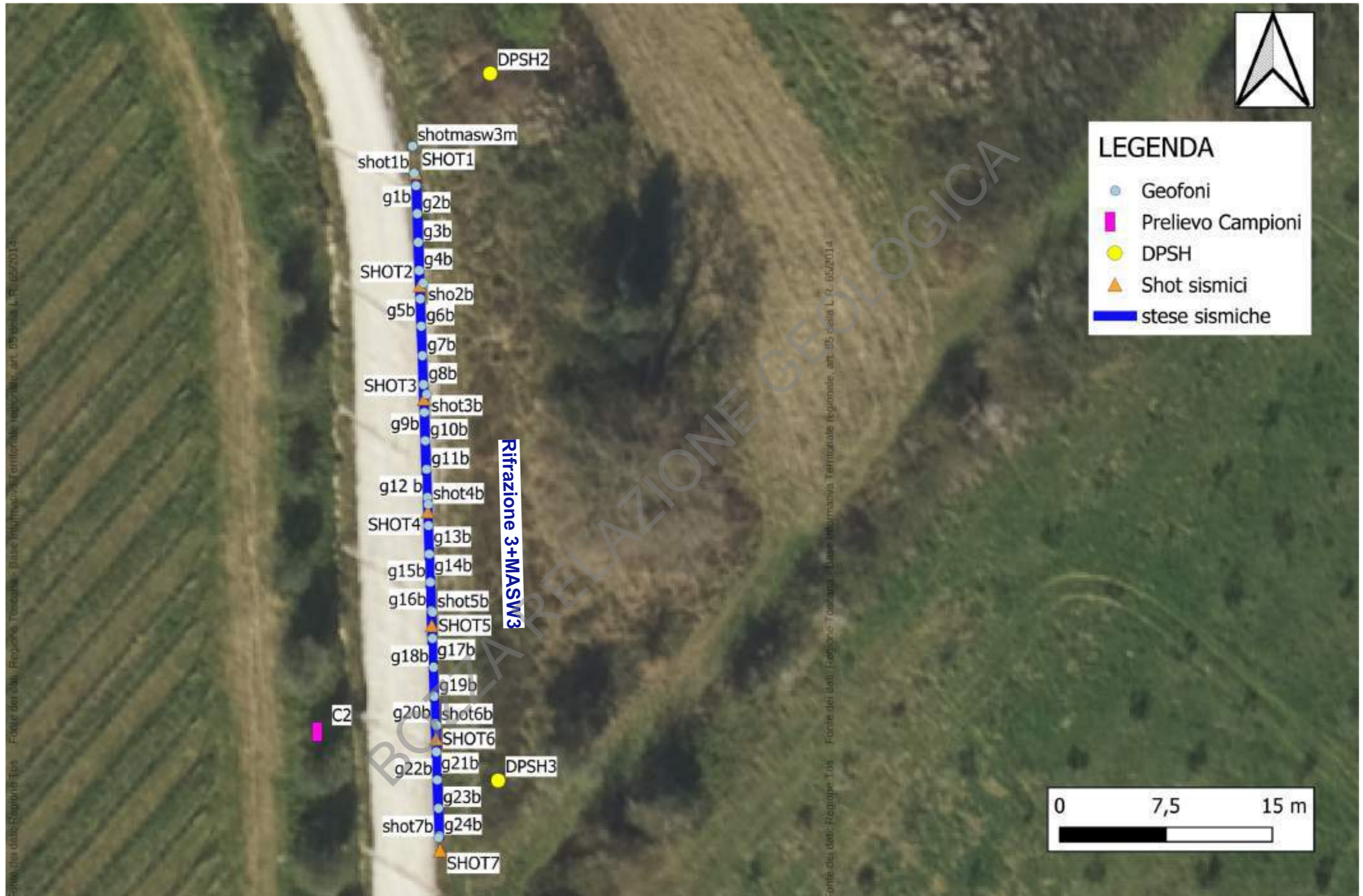


Fig. 12c

Committente:
Consorzio Le Fonti Monteloro



5.2 – PROVE PENETROMETRICHE

5.2.1 – Prove penetrometriche dinamiche superpesanti DPSH

L'indagine penetrometrica, svolta dalla società Sismoelettrica S.r.l. (Allegato 2), è consistita nell'esecuzione in data 25/03/6 di n. 5 prove penetrometriche dinamiche superpesanti fino alla massima profondità di -1,6 m (DPSH1 e DPSH2), -3,2 m per DPSH3, -3,6 m per DPSH4 e -2,4 m da p.c. per DPSH5. Le prove penetrometriche sono state eseguite in configurazione dinamica (DPSH) mediante penetrometro statico-dinamico "Pagani TG63 - 200 KN".

Prova	Area	Profondità raggiunta (m)	Note
DPSH1	B	1,6	Rifiuto su substrato
DPSH2	B	1,6	Rifiuto su substrato
DPSH3	A	3,2	Progressivo addensamento
DPSH4	A	3,6	Progressivo addensamento
DPSH5	C	2,4	Rifiuto su argillite

Le prove hanno consentito la ricostruzione del profilo lito-stratigrafico superficiale e la determinazione dei parametri geotecnici principali. Il rifiuto precoce in Area B conferma la minor profondità della coltre superficiale; in Area C il rifiuto a 2,4 m è coerente con la presenza del substrato argilloso della Formazione del Sillano.

Dalle prove DPSH sono stati individuati i seguenti orizzonti:

- Orizzonte R: terreno vegetale naturale con spessore compreso tra 0,2 m e 0,8 m da sciolto a poco addensato;
- Orizzonte A: coltre detritica formata da litici sparsi in matrice argilloso-limosa poco addensata con spessore compreso tra 1 m e 2,2 m;
- Orizzonte A': coltre detritica formata da abbondanti litici e ghiaia in matrice limoso-sabbiosa moderatamente addensata con spessore compreso tra 0,6 m e 1,2 m, individuato solo nelle prove DPSH4 e DPSH5.

La valutazione dei parametri geotecnici è stata eseguita mediante l'impiego di opportuno software (Static Probing della Società Geostru Srl) utilizzando **la distribuzione normale R.C.** in cui il valore di $q_{c,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, per ogni singolo orizzonte litologicamente omogeneo, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi distribuiti normalmente (valori prossimi ai medi) secondo la seguente relazione:

$$q_{c-k} = q_{c,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{qc}) / \sqrt{n}$$

dove σ_{qc} è la deviazione standard di q_c e n è il numero di campioni.

Committente:
Consorzio Le Fonti Monteloro

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI Prova DPSH1

Descrizione	Prof. orizzonte (m)	NSPT	Angolo di resistenza al taglio (°)	Cu (kg/cm ²)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Ed (kg/cm ²)	Modulo di Young (Kg/cm ²)	Dr (%)
Orizzonte R	0,0-0,2	5.88	(29.7)	-	1.58	1.89	-	-	-
Orizzonte A	0,2-1,2	5.82	29.6	0.36	1.57	1.89	39.4	46.6	55.9

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI Prova DPSH2

Descrizione	Prof. orizzonte (m)	NSPT	Angolo di resistenza al taglio (°)	Cu (kg/cm ²)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Ed (kg/cm ²)	Modulo di Young (Kg/cm ²)	Dr (%)
Orizzonte R	0,0-0,2	4.41	(29.2)	-	1.51	1.88	-	-	-
Orizzonte A	0,2-1,2	5.66	29.6	0.35	1.57	1.89	39.1	45.3	55.2

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI Prova DPSH3

Descrizione	Prof. orizzonte (m)	NSPT	Angolo di resistenza al taglio (°)	Cu (kg/cm ²)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Ed (kg/cm ²)	Modulo di Young (Kg/cm ²)	Dr (%)
Orizzonte R	0,0-0,6	3.65	(29.0)	-	1.48	1.88	-	-	-
Orizzonte A	0,6-2,8	8.63	30.4	0,58	1.68	1.91	45.2	69.0	61.7

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI Prova DPSH4

Descrizione	Prof. orizzonte (m)	NSPT	Angolo di resistenza al taglio (°)	Cu (kg/cm ²)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Ed (kg/cm ²)	Modulo di Young (Kg/cm ²)	Dr (%)
Orizzonte R	0,0-0,8	4.54	(29.3)	-	1.52	1.88	-	-	-
Orizzonte A	0,8-2,4	6.79	29.9	0,42	1.61	1.90	41.4	54.3	55.6
Orizzonte A'	2,4-3,0	16.8	32,7	1,14	1.93	1.96	62,0	135	79.3

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI Prova DPSH5

Descrizione	Prof. orizzonte (m)	NSPT	Angolo di resistenza al taglio (°)	Cu (kg/cm ²)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Ed (kg/cm ²)	Modulo di Young (Kg/cm ²)	Dr (%)
Orizzonte R	0,0-0,6	5.81	(29.6)	-	1.57	1.89	-	-	-
Orizzonte A'	0,6-1,8	14.4	32.0	0,97	1.86	1.95	57,1	115	83,2

Committente:
Consorzio Le Fonti Monteloro

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N°1
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Consorzio Le Fonti Monteloro
Descrizione: Prove Penetrometriche Superpesanti (DPSH)
Località: Monteloro, Pontassieve (FI)

Scala 1:6

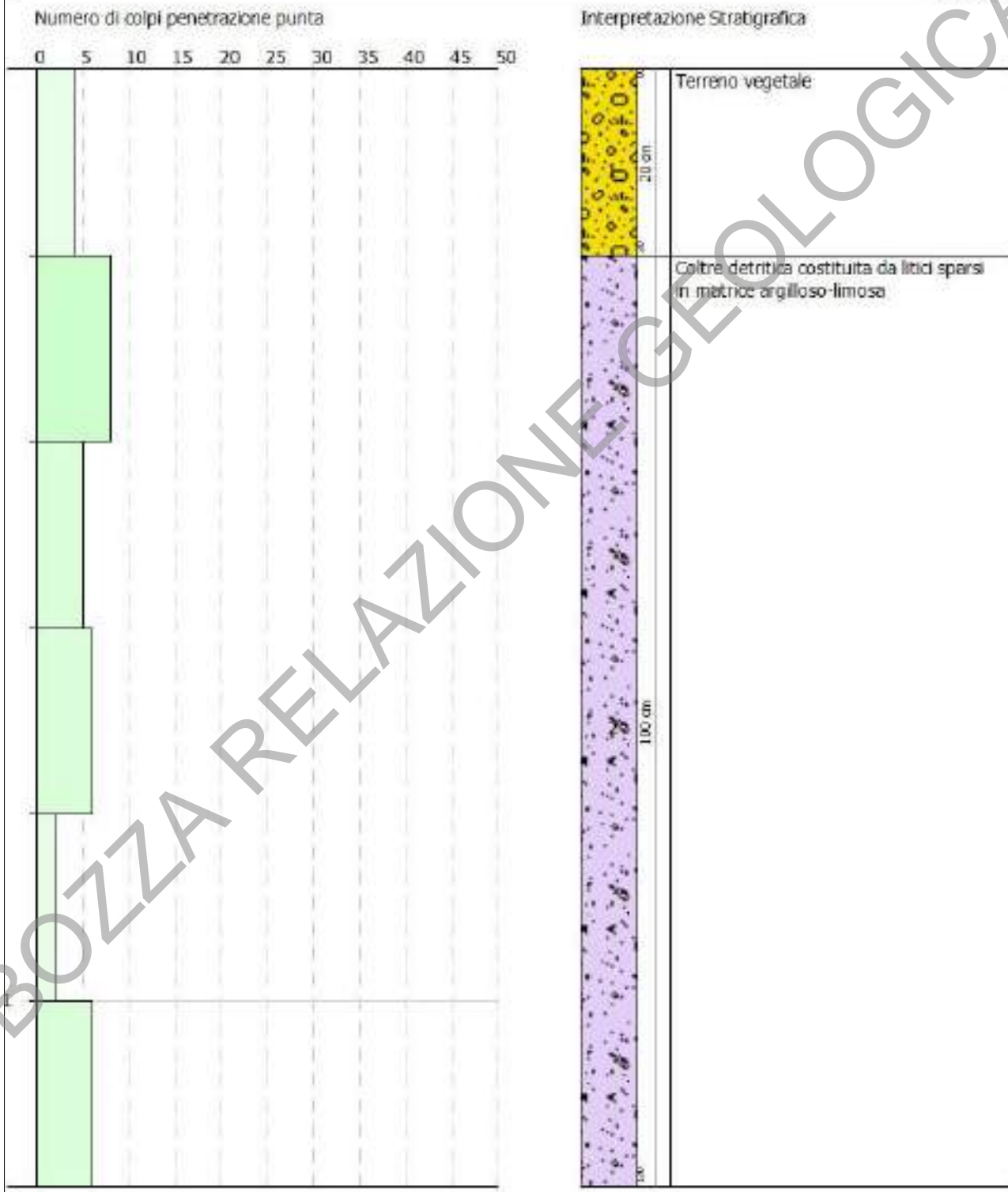


Grafico 1 - Andamento del numero di colpi con la profondità nella prova DPSH1.

Committente:
Consorzio Le Fonti Monteloro

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Consorzio Le Fonti Monteloro
Descrizione: Prove Penetrometriche Superpesanti (DPSH)
Località: Monteloro, Pontassieve (FI)

Scala 1:6

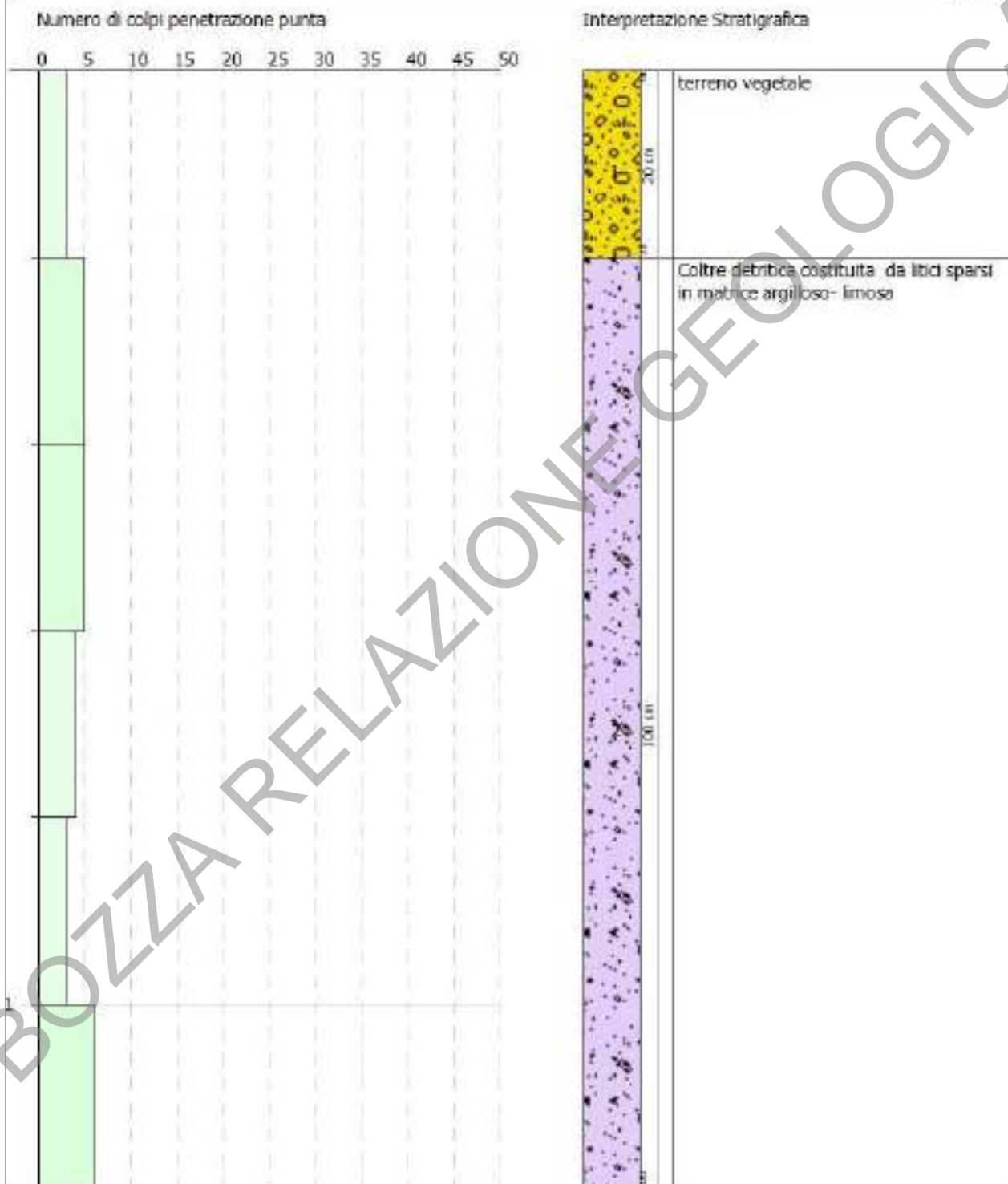


Grafico 2 - Andamento del numero di colpi con la profondità nella prova DPSH2.

Committente:
Consorzio Le Fonti Monteloro

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N°3
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Consorzio Le Fonti Monteloro
Descrizione: Prove Penetrometriche Superpesanti (DPSH)
Località: Monteloro, Pontassieve (FI)

Scala 1:14

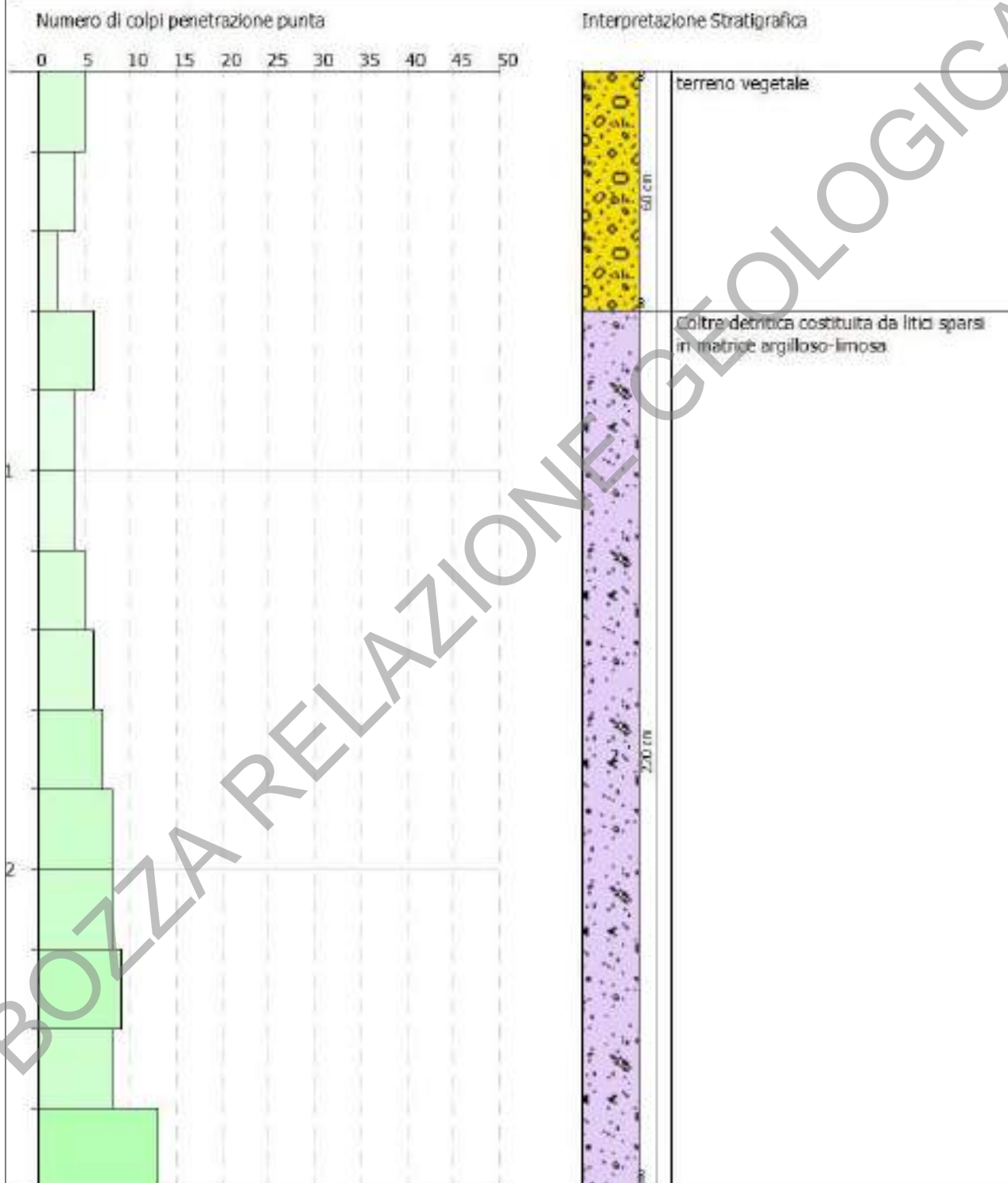


Grafico 3 - Andamento del numero di colpi con la profondità nella prova DPHS3.

Committente:
Consorzio Le Fonti Monteloro

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.4
Strumento utilizzato... DPSH-TG 63-200 PAGANI

Committente: Consorzio Le Fonti Monteloro
Descrizione: Prove Penetrometriche Superpesanti (DPSH)
Località: Monteloro, Pontassieve (FI)

Scala 1:15

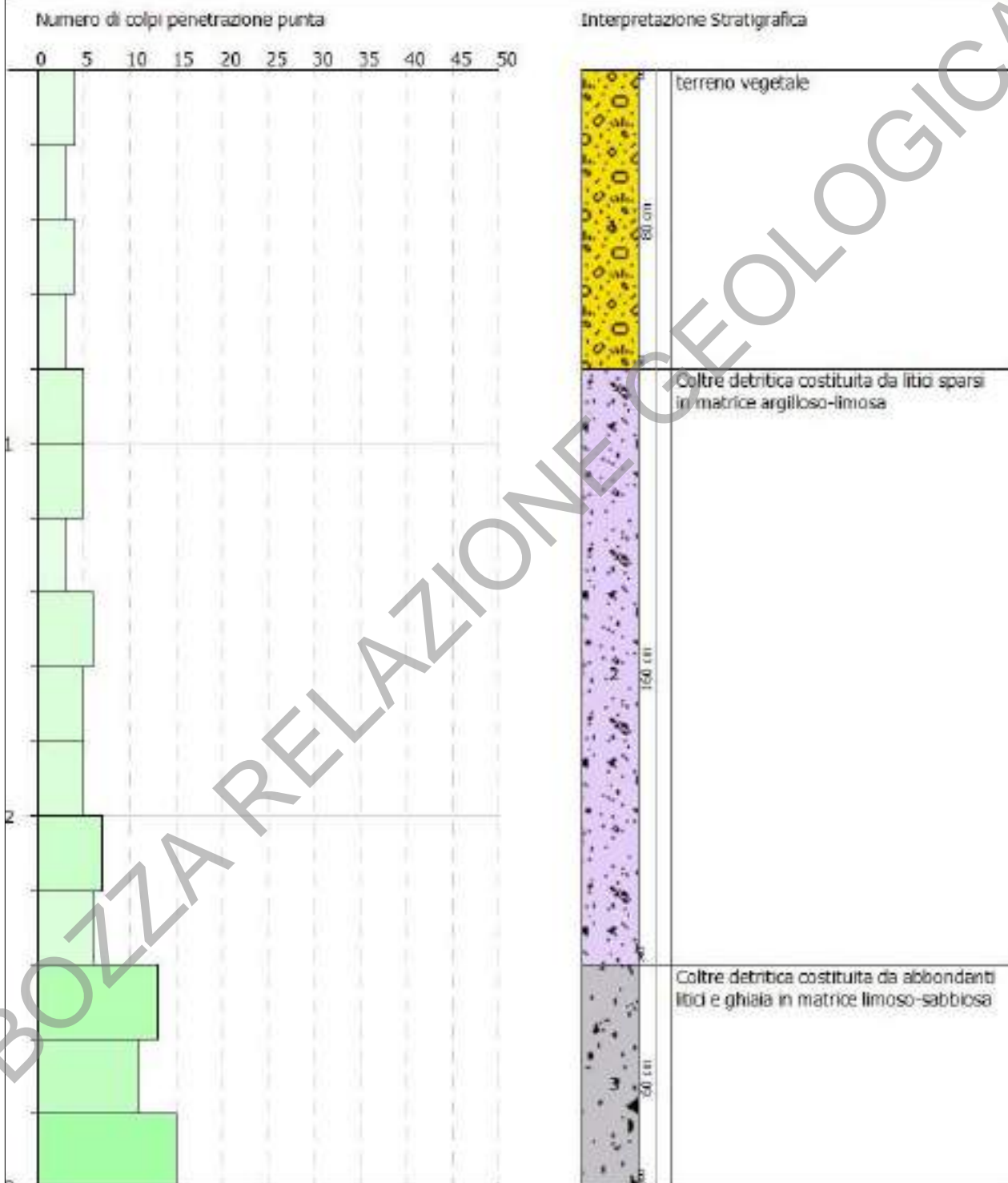


Grafico 4 - Andamento del numero di colpi con la profondità nella prova DPSH4.

Committente:
Consorzio Le Fonti Monteloro

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.5
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Consorzio Le Fonti Monteloro
Descrizione: Prove Penetrometriche Superpesanti (DPSH)
Località: Monteloro, Pontassieve (FI)

Scala 1:9

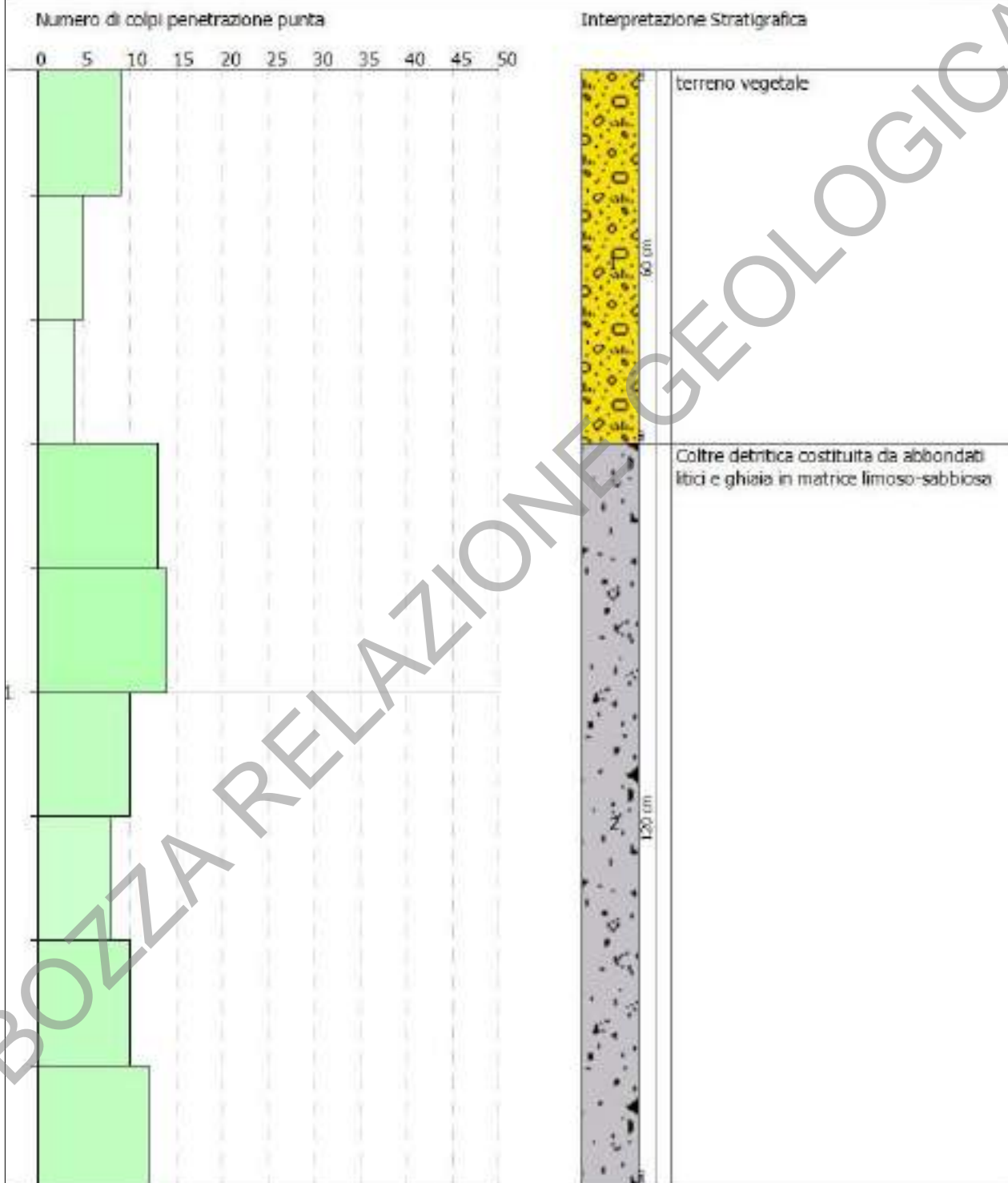


Grafico 5 - Andamento del numero di colpi con la profondità nella prova DPSH5.

Committente:
Consorzio Le Fonti Monteloro



I metodi utilizzati per la stima dei parametri geotecnici sono stati i seguenti: Terzaghi-Peck per la coesione non drenata, Meyerhof per il Peso di Volume e Terzaghi-Peck (1948-1967) per il peso di volume saturo, Schmertmann per il Modulo di Young, Begemann per il modulo edometrico, Meyerhof (1986) per la densità relativa, Sowers (1961) per l'angolo di resistenza al taglio.

5.3 - PRELIEVO ED ANALISI CAMPIONE DI TERRENO

Sono stati prelevati con attrezzi manuali n. 2 campioni di terreno (C1 e C2) nelle vicinanze dei punti in cui sono state eseguite rispettivamente le prove penetrometriche DPSH5 (C1) e DPSH3 (C2). La sigla di campionamento dei campioni e le profondità di prelievo sono riportate in tab. 7.

Campioni			
Area indagine	Prova DPSH	sigla	intervallo di profondità in m da p.c.
Area A	DPSH5	C1	0,0-0,3
Area C	DPSH3	C2	0,0-0,3

Tab. 7 – Profondità di prelievo dei campioni di terreno indisturbati.

I campioni estratti durante la perforazione possono avere diverso grado di disturbo in funzione sia della tecnica, degli strumenti utilizzati per il prelievo, sia per la natura del terreno stesso.

Per i campioni di terreno si distinguono 5 classi di qualità, crescente da Q1 a Q5. I campioni rimaneggiati (di qualità Q1 e Q2) sono ottenibili con i normali utensili di perforazione. I campioni a disturbo limitato o indisturbati (Q4 e Q5) sono ottenibili con utensili appropriati, scelti in relazione alle esigenze del problema ed alle caratteristiche del terreno (tabella 8).

I campioni sono stati analizzati presso il laboratorio geotecnico Laboter S.r.l. con sede a Pistoia. I risultati di dettaglio ed i certificati relativi sono riportati in Allegato 3. I campioni prelevati sono stati classificati come disturbati o rimaneggiati di qualità Q2.

Q1	-
Q2	X
Q3	-
Q4	-
Q5	-

Tab. 8 - Grado di qualità dei campioni.

Le analisi di laboratorio per la caratterizzazione dei parametri geotecnici sono state le seguenti:

- Analisi granulometrica (norma A.G.I. 1977);

Committente:
Consorzio Le Fonti Monteloro



- PROVA DI PERMEABILITA' A CARICO VARIABILE IN EDOMETRO.

5.3.1 – Sinossi dei principali parametri geotecnici dei campioni

In tab. 9 è rappresentata la sintesi di tutte le caratteristiche fisiche ricavate dall'indagine eseguita.

Parametro	C1 (Area A/B)	C2 (Area C)
Umidità naturale (%)	18,8	27,7
Peso specifico (kN/m ³)	26,4	26,4
Peso secco (kN/m ³)	11,4	13,4
Porosità (%)	57,0	49,3
Saturazione (%)	38,1	76,5
Passante setaccio 200 (%)	38,6	67,8
Classificazione USCS	Sabbia con ghiaia limosa-argillosa	Argilla con limo sabbioso-ghiaioso
Permeabilità (cm/s)	$2,481 \times 10^{-3}$	$4,416 \times 10^{-5}$

Tab. 9 - Caratteristiche fisiche dei campioni.

Il campione C2 evidenzia condizioni di quasi-saturazione (76,5%), elevata percentuale di fini (67,8%) e bassa permeabilità, confermando la tendenza all'imbibizione e al cedimento differenziale in Area C.

5.3.2 - PROVE DI CLASSIFICAZIONE

Tali prove sono finalizzate ad inquadrare il terreno nelle varie classifiche convenzionali (USGS - AASHTO o UNI 10006). A questo gruppo appartengono l'Analisi granulometrica e i Limiti di Atterberg.

Analisi granulometrica

Per il dettaglio dei risultati di questa analisi si rimanda ai certificati originali della ditta esecutrice in allegato 3, mentre nella tabella seguente si riassumono le percentuali di passante al setaccio 200 A.S.T.M. (larghezza della maglia 0,075 mm), che rappresenta un valore essenziale per l'inserimento del sedimento sia nella classifica descrittiva USCS.

	Campione C1	Campione C2
Passante al setaccio 200 (0,075 mm)	38,6 %	67,8 %

Committente:
Consorzio Le Fonti Monteloro

Sistema USCS

Il sistema USCS (Unified Soil Classification System), sviluppato originariamente da Casagrande e successivamente modificato negli USA, è il sistema più utilizzato per classificare i terreni di fondazione. Secondo tale sistema, i terreni vengono suddivisi in cinque gruppi principali, due a grana grossa (con percentuale passante al setaccio 200 minore del 50%), ghiaie (simbolo G) e sabbie (simbolo S), tre a grana fine (con percentuale passante al setaccio 200 maggiore del 50%), limi (simbolo M), argille (simbolo C) e terreni organici (simbolo O). Ciascun gruppo è a sua volta suddiviso in sottogruppi, in relazione ad alcune proprietà indici. Il campione C1 viene definito come “Sabbia con ghiaia limosa e argillosa”, mentre il campione C2 è definito come “Argilla con limo sabbiosa e ghiaiosa”. Nella tabella sottostante (tab. 10) sono riassunte le percentuali ricavate dall'analisi granulometrica.

campioni	Granulometria			
	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %
C1	29,8	32,6	20,7	16,9
C2	10,4	24,5	26,7	38,4

Tab. 10 - Analisi granulometrica.

5.3.3 - PROVA DI PERMEABILITA' A CARICO VARIABILE

Dalla prova di permeabilità a carico variabile in edometro sono stati ottenuti i seguenti valori del coefficiente di permeabilità (espressi in cm/s):

Campione C1	Campione C2
$2,481 \cdot 10^{-3}$	$4,416 \cdot 10^{-5}$

5.4 – INDAGINE GEOFISICA

5.4.1 – Indagine sismica attiva MASW (*Multichannel Analysis of surface waves*)

La tecnica MASW (allegato 4) si basa sulla registrazione e lo studio della curva di dispersione delle onde superficiali, il cui contributo predominante è caratterizzato dalle onde di Rayleigh che sono onde di superficie che si producono per riflessione di onde S (di taglio) alla superficie. Se il mezzo è omogeneo hanno velocità di fase pari al 92% di quella delle onde S che le hanno generate, altrimenti sono dispersive. I punti investiti da un'onda di Rayleigh si muovono descrivendo ellissi in modo retrogrado rispetto al moto dell'onda. L'ampiezza delle ellissi diminuisce con la distanza dalla superficie ovvero con la profondità. Partendo dall'assunzione di una variazione della velocità delle onde sismiche con la profondità

Committente:
Consorzio Le Fonti Monteloro



(terreno stratificato orizzontalmente) il terreno, agendo da filtro, separa le varie componenti dell'onda di volume caratterizzate ciascuna da diversa velocità di propagazione (velocità di fase) e da diversa lunghezza d'onda. Tale comportamento delle onde si chiama dispersione e proprio sull'analisi della curva di dispersione delle onde di Rayleigh si basa la tecnica MASW per ottenere il profilo di velocità delle onde di taglio (V_s) con la profondità. Grazie a queste proprietà, una metodologia che utilizza le onde superficiali può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità. La velocità delle onde S (V_s) è il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione delle onde superficiali. Nella tecnica d'indagine MASW la profondità di investigazione è, in linea teorica, correlata alla lunghezza del profilo e inversamente correlata alla frequenza propria dei sensori usati, mentre la risoluzione verticale è direttamente correlata al numero di sensori utilizzati per registrare il campo d'onda sismico. In particolare, l'analisi MASW è realizzata con il seguente tipo di acquisizione:

- **acquisizione ZVF** ossia con energizzazione verticale e acquisizione con geofoni verticali per l'analisi MASW della componente verticale delle onde di Rayleigh.

Le caratteristiche adottate per l'indagine sismica MASW sono quelle riportate in Tabella 11.

Tipologia di Indagine	MASW1	MASW2	MASW3	MASW4
n° geofoni	24	24	24	24
Distanza intergeofonica (m)	1.5	1.5	2	2
n° punti di scoppio	1 (Onde di Rayleigh)	1 (Onde di Rayleigh)	1 (Onde di Rayleigh)	1 (Onde di Rayleigh)
Distanza shot n. 1 da primo geofono	-3	-3	-3	-5
tempo di acquisizione (sec)	2	2	2	2
frequenza campionamento (Hz)	500	500	1000	250

Tab. 11 – Parametri e settaggi d'acquisizione indagine sismica MASW.

Il particolare assetto geologico-stratigrafico del sito e le limitazioni legate alla specifica tecnica d'indagine utilizzata hanno permesso di raggiungere un soddisfacente grado di precisione nei primi 20 m dalla superficie mentre oltre tale profondità si ha un maggior grado d'incertezza.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, V_{Seq} (in m/s), definita dall'espressione: La categoria di suolo di fondazione, da normativa vigente (D.M. 17/01/2018), si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori di velocità equivalente (V_{seq}) (in m/s) definita dall'espressione:

Committente:
Consorzio Le Fonti Monteloro

GEOLOGIA
STUDIO DI GEOLOGIA

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

Dove:

H_i e $V_{s,i}$: lo spessore e la velocità delle onde di taglio nell'iesimo strato;

N : rappresenta il numero di strati

H : la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} \text{ [m/s].}$$

L'elaborazione dei sismogrammi acquisiti è stata effettuata mediante software WinMasw, attraverso il quale si è operato secondo la tecnica d'inversione della curva di dispersione Di seguito è riportata una tabella di confronto dei valori di velocità V_{seq} (m/s) e V_{s30} (m/s) (utilizzando con riferimento il piano di campagna) nelle quattro misure MASW distinte per area d'indagine:

Area indagine	MASW	V_{seq} (m/s)	V_{s30} (m/s)
B	MASW1	495	738
B	MASW2	502	855
C	MASW3	474	474
A	MASW4	362	723

Pertanto, sulla base delle NTC 2018 alla tabella 3.2. Il approccio semplificato, si può attribuire la **categoria di sottosuolo B** (allegato 4). Sarà comunque cura del progettista, in base alle caratteristiche dell'opera da realizzare, alla effettiva profondità di imposta delle fondazioni, al modello sismostratigrafico riportato con il conseguente profilo verticale della V_s , ed a tutte le considerazioni del caso che riterrà opportune, attribuire il definitivo valore di $V_{s,eq}$ e conseguentemente la categoria di suolo.

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.
----------	---

Tab. 12 – Categoria di sottosuolo sulla base dell'approccio semplificato.

5.4.2 – Indagine sismica a rifrazione

Sono state elaborate le sezioni tomografiche sulle stese RIF1, RIF2, RIF3 e RIF4 e sono state riportate nelle Tavole 1, 2, 3 e 4 con rappresentazione mediante scala cromatica a falsi colori, con curve di isovelocità in onde P. Tali curve sono distribuite:

Committente:
Consorzio Le Fonti Monteloro



- ogni 200 m/s fino alla profondità investigata di circa -18 m dal piano campagna per la sezione tomografica 1;
- ogni 200 m/s fino alla profondità di -15 m da p.c. per la sezione tomografica 2;
- ogni 100 m/s fino alla profondità di -11 m da p.c. per la sezione tomografica 3;
- ogni 200 m/s fino alla profondità di -17 m da p.c. per la sezione tomografica 4.

I principali sismostrati della **Tomografia St1** individuati con l'indagine sismica a rifrazione 1 (Tavola 1) sono i seguenti:

- dalla superficie fino a profondità di circa -1,8/-2,5 m da p.c. si incontra un primo strato a velocità V_p minori di 600 m/s correlabile con il terreno vegetale e/o la coltre detritica formata da litici sparsi in matrice argilloso-limosa;
- segue un secondo strato caratterizzato da velocità V_p comprese tra 600 e 3400 m/s correlabile al substrato alterato e fratturato fino a profondità di circa -9/-10 m da p.c.;
- l'ultimo sismostrato è caratterizzato da velocità V_p maggiori di 3400 m/s apparentemente correlabile al substrato integro a profondità maggiori di -9/-10 m da p.c..

I principali sismostrati della **Tomografia St2** individuati con l'indagine sismica a rifrazione 2 (Tavola 2) sono i seguenti:

- dalla superficie fino a profondità di -1,2/-1,5 m da p.c. si riscontra un primo strato a bassa velocità con V_p minori di 600 m/s correlabile all'orizzonte di terreno vegetale e/o alla coltre detritica formata da litici sparsi in matrice argilloso-limosa;
- segue un secondo strato caratterizzato da velocità V_p comprese tra 600 m/s e 3400 m/s correlabile al substrato alterato e fratturato compreso tra una profondità di -1,5 m e -10/-13 m da p.c.;
- il terzo sismostrato con V_p di velocità maggiori di 3400 m/s è correlabile con il substrato integro a profondità maggiori di -10/-13 m da p.c..

I principali sismostrati della **Tomografia St3** individuati con l'indagine sismica a rifrazione 3 (Tavola 3) sono i seguenti:

- dalla superficie fino a profondità di circa -1,5/-3 m da p.c. si incontra un primo strato a velocità V_p minori di 1200 m/s correlabile con il terreno vegetale e/o con la coltre detritica formata da litici sparsi in matrice argilloso-limosa;
- segue un secondo strato caratterizzato da velocità V_p comprese tra 1200 e 2900 m/s correlabile al substrato alterato e fratturato fino a profondità di circa -8/-10 m da p.c.;
- l'ultimo sismostrato è caratterizzato da velocità V_p maggiori di 2900 m/s apparentemente correlabile con il substrato integro a profondità maggiori di -8/-10 m da p.c..

I principali sismostrati della **Tomografia St4** individuati con l'indagine sismica a rifrazione 4 (Tavola 4) sono i seguenti:

Committente:
Consorzio Le Fonti Monteloro



- dalla superficie fino a profondità di circa -3/-4 m da p.c. si incontra un primo strato a velocità V_p minori di 1200 m/s correlabile con il terreno vegetale e con la coltre detritica formata da litici sparsi in matrice argilloso-limosa e abbondanti litici sparsi in una matrice che diventa gradualmente più limosa-sabbiosa;
- segue un secondo strato caratterizzato da velocità V_p comprese tra 1200 e 3000 m/s correlabile al substrato alterato e fratturato fino a profondità di circa -13/-15 m da p.c.;
- l'ultimo sismostrato è caratterizzato da velocità V_p maggiori di 3000 m/s apparentemente correlabile al substrato integro a profondità maggiori di -13/-15 m da p.c..

Le tomografie sismiche a rifrazione hanno individuato tre sismostrati principali:

Sismostrato	Aree A-B	Area C	Interpretazione geologica
1° (superficiale)	$V_p < 600$ m/s; 1,2–2,5 m	$V_p < 1200$ m/s; 1,5–3,0 m	Terreno vegetale + coltre detritica
2° (intermedio)	$V_p 600–3400$ m/s; fino a 9–13 m	$V_p 1200–2900$ m/s; fino a 8–10 m	Substrato alterato/fratturato
3° (profondo)	$V_p > 3400$ m/s	$V_p > 2900$ m/s	Bedrock sismico integro

La **Tomografia ST2** (Area B, orientata N-S) è quella di riferimento per il dimensionamento della palizzata nel tratto rosso: il tetto del substrato alterato B1 si attesta a 1,2–1,5 m dal p.c., confermando la profondità di infissione utile di 1,5 m per i pali della palizzata.

5.4 Analisi Geomeccanica

I parametri geotecnici sono in diretto rapporto con la natura geologica; per la caratterizzazione è stato fatto riferimento alla “classificazione di Bieniawski”.

La classificazione di Bieniawsky si basa sul rilievo, in campagna o in laboratorio, di sei parametri:

A1 = resistenza a compressione uniassiale;

A2 = Rock Quality Designation Index (Indice RQD);

A3 = spaziatura delle discontinuità;

A4 = condizioni delle discontinuità;

A5 = condizioni idrauliche;

A6 = orientamento delle discontinuità.

Committente:
Consorzio Le Fonti Monteloro



Da questi sei parametri si ricava l'**Rock Mass Rating (RMR, Bieniawsky)** e con le dovute correzioni apportate da **Romana** nel 1985 lo **Slope Mass Rating (SMR)**.

L'RMR, nella pratica, viene differenziato come:

$$\begin{aligned} \text{RMR di base} &= \text{RMRb} = A1 + A2 + A3 + A4 + A5 \\ \text{RMR corretto} &= \text{RMRc} = (A1 + A2 + A3 + A4 + A5) + A6 \end{aligned}$$

Sulla base di quanto osservato e della pratica geologica l'"ammasso roccioso" è riconducibile, alla classe "IV" ("scadente"), cui compete un indice RMR (Rock Mass Rating) compreso fra 25 e 50. Si precisa che alcuni parametri sono stati assunti in termini cautelativi e sulla base dell'esperienza della normale pratica professionale. Il substrato alterato e fratturato appartenente alla Formazione di Monte Morello è stato denominato orizzonte B1.

Modulo di deformazione (GPa)	Geological Strength Index (GSI)	Coesione di picco (kPa)	Angolo di attrito di picco (°)	Coesione residua (kPa)	Angolo di attrito residuo (°)
6,18	47,6	208	25,8	167	21,7

Il substrato alterato e fratturato appartenente alla Formazione di Sillano è stato denominato orizzonte B2. Per tale orizzonte sono stati determinati i seguenti parametri dall'analisi geomeccanica:

Modulo di deformazione (GPa)	Geological Strength Index (GSI)	Coesione di picco (kPa)	Angolo di attrito di picco (°)	Coesione residua (kPa)	Angolo di attrito residuo (°)
4,36	30,6	178	22,8	142	19,2

6 – MODELLAZIONE GEOLOGICA

La caratterizzazione litologica e geotecnica tiene conto di tutte le indagini che sono state svolte; ci si è basati pertanto sui dati emersi dalle prove penetrometriche, dalle analisi di laboratorio geotecnico e dalle indagini sismiche. Il confronto tra tutte le indagini ha permesso infine una ricostruzione stratigrafica corretta degli orizzonti individuati. Nella ricerca di una rappresentazione sintetica, ma sufficientemente approssimata, della natura e delle caratteristiche del sottosuolo si sono individuate n. 5 unità litotecniche distinte. I limiti che separano i livelli di terreno aventi diverse caratteristiche sono stati individuati utilizzando le prove penetrometriche.

In particolare, facendo riferimento alla quota del piano campagna, si sono individuati i seguenti orizzonti:

Committente:
Consorzio Le Fonti Monteloro



- Orizzonte R: terreno vegetale naturale da sciolto a poco addensato (prelievo campioni C1 e C2);
- Orizzonte A: coltre detritica formata da litici sparsi in matrice argilloso-limosa poco addensata;
- Orizzonte A': coltre detritica formata da abbondanti litici e ghiaia in matrice limoso-sabbiosa moderatamente addensata (presente solo nell'area A);
- Orizzonte B1: substrato alterato e fratturato appartenente alla Formazione di Monte Morello caratterizzato mediante analisi geomeccanica per le aree di studio A e B;
- Orizzonte B2: substrato alterato e fratturato appartenente alla Formazione di Sillano caratterizzato mediante analisi geomeccanica (presente solo nell'area C).

Unità	Descrizione	Aree
R	Terreno vegetale naturale, sciolto	A, B, C
A	Coltre detritica — litici in matrice argilloso-limosa, poco addensata	A, B, C
A'	Coltre detritica — abbondanti litici e ghiaia in matrice limoso-sabbiosa, moderatamente addensata	Solo A
B1	Substrato alterato/fratturato — Formazione di Monte Morello	A, B
B2	Substrato alterato/fratturato — Formazione di Sillano	C

In corrispondenza delle verticali di prova non è stata riscontrata la falda durante l'esecuzione delle prove penetrometriche, ma non è possibile escludere tuttavia la presenza di una circolazione ipodermica superficiale o di locali infiltrazioni all'interno degli orizzonti superficiali in seguito a periodi particolarmente piovosi.

Per quanto concerne l'attribuzione dei parametri geotecnici caratteristici, si è fatto riferimento alle correlazioni bibliografiche derivanti dall'analisi delle prove penetrometriche e delle analisi di laboratorio geotecnico.

Secondo l'Eurocodice 7 e le NTC, i valori caratteristici X_k consistono in una stima cautelativa del valore che influenza l'insorgere dello stato limite. Il § C6.2.2.4 della Circolare illustra chiaramente come tali valori debbano essere scelti. In particolare:

“Nelle valutazioni che il progettista deve svolgere per pervenire ad una scelta corretta dei valori caratteristici, appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti. Al contrario, valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici appaiono più giustificati nel caso in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno, con concentrazione delle deformazioni fino alla formazione di superfici di rottura nelle porzioni di terreno meno

Committente:
Consorzio Le Fonti Monteloro



resistenti del volume significativo, o nel caso in cui la struttura a contatto con il terreno non sia in grado di trasferire forze dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti a causa della sua insufficiente rigidità; basti pensare, ad esempio, all'effetto delle discontinuità sul valore operativo della resistenza non drenata. Una migliore approssimazione nella valutazione dei valori caratteristici può essere ottenuta operando le opportune medie dei valori dei parametri geotecnici nell'ambito di piccoli volumi di terreno, quando questi assumano importanza per lo stato limite considerato”

I valori caratteristici dei parametri sono stati ricavati utilizzando la formula di Schneider (1997):

$$X_k \approx X_{\text{mean}}(1 - 0.5 \text{ COV})$$

Con x_k = valore caratteristico;

x_{mean} = valore medio;

COV = coefficiente di variazione.

Tale formula permette di stimare il valore caratteristico, variando l'opportuno coefficiente di variazione (COV) tra 0 e 0,5. In particolare, sono stati assegnati i seguenti valori ricavati dalla letteratura tecnica (Tabella 13 da Schneider & Schneider, 2013):

- ai parametri γ e γ_{sat} un coefficiente di variazione (COV) pari a 0,05;
- al parametro ϕ' coefficiente di variazione pari a 0,1;
- al modulo edometrico (E_d), alla coesione efficace (c'), alla coesione non drenata (C_u) e al modulo di Young (E') un coefficiente di variazione cautelativo pari a 0,4.

Soil parameter	Symbol	Range of typical COV values	Recommended COV values
Weight density	γ	0.01–0.10	0
Angle of internal friction	$\tan \phi'$	0.05–0.15	0.1
Cohesion	c'	0.30–0.50	0.4
Undrained shear strength	c_u	0.30–0.50	0.4
Compressibility modulus	m_v	0.20–0.70	0.4

Tabella 13 - Ranges di valori tipici di covarianza in riferimento ai parametri geotecnici raccomandati (Schneider & Schneider 2013).

I parametri geotecnici finali sono stati corretti considerando gli opportuni coefficienti di variazione, descritti precedentemente, e sono riportati in tre tabelle distinte per area d'indagine.

Committente:
Consorzio Le Fonti Monteloro

Area A – Loc. Villese

Descrizione	Prof. (m) DPSH4	Prof. (m) DPSH5	Parametri geotecnici									
			γ_k	$\gamma_{sat, k}$	ϕ'_k	$\phi^o_{residuo, k}$	C'_k	$C_{residua, k}$	Ed_k	E'_k	$D_{r, k}$	Cu_k
			t/m ³	t/m ³	°	°	(kPa)	(kPa)	Kg/cm ²	Kg/cm ²	%	(kg/cm ²)
Orizzonte R	0,0-0,8	0,0-0,6	-	-	(28,0)	-	-	-	-	-	-	-
Orizzonte A	0,8-2,4	-	1,57	1,85	28,4	-	-	-	33,1	43,4	44,5	0,34
Orizzonte A'	2,4-3,0	0,6-1,8	1,85	1,91	30,7	-	-	-	47,6	100	65,0	0,84
Orizzonte B1	>3,0	>1,8	2,10	2,20	24,5	20,6	166	134	-	-	-	-

Tabella 14a – Sintesi dei parametri geotecnici dedotti dalle prove eseguite nell'area A.

Area B – San Vincenzo

Descrizione	Prof. (m) DPSH1	Parametri geotecnici										
		γ_k	$\gamma_{sat, k}$	ϕ'_k	$\phi^o_{residuo, k}$	C'_k	$C_{residua, k}$	Ed_k	E'_k	$D_{r, k}$	Cu_k	
		t/m ³	t/m ³	°	°	(kPa)	(kPa)	Kg/cm ²	Kg/cm ²	%	(kg/cm ²)	
Orizzonte R	0,0-0,2	-	-	(28,2)	-	-	-	-	-	-	-	-
Orizzonte A	0,2-1,2	1,53	1,84	28,1	-	-	-	31,5	37,3	44,7	0,29	
Orizzonte B1	>1,2	2,10	2,20	24,5	20,6	166	134	-	-	-	-	

Tabella 14b – Sintesi dei parametri geotecnici dedotti dalle prove eseguite nell'area B.

Area C – Il Pelagaccio

Descrizione	Prof. (m) DPSH2	Prof. (m) DPSH3	Parametri geotecnici									
			γ_k	$\gamma_{sat, k}$	ϕ'_k	$\phi^o_{residuo, k}$	C'_k	$C_{residua, k}$	Ed_k	E'_k	$D_{r, k}$	Cu_k
			t/m ³	t/m ³	°	°	(kPa)	(kPa)	(Kg/cm ²)	Kg/cm ²	(%)	(kg/cm ²)
Orizzonte R	0,0-0,2	0,0-0,6	-	-	(27,7)	-	-	-	-	-	-	-
Orizzonte A	0,2-1,2	0,6-1,8	1,58	1,85	28,5	-	-	-	33,7	45,7	46,8	0,37
Orizzonte B2	>1,2	>1,8	2,00	2,10	21,7	18,2	142	114	-	-	-	-

Tabella 14c – Sintesi dei parametri geotecnici dedotti dalle prove eseguite nell'area C.

Legenda:

- γ_k Peso di volume caratteristico;
- $\gamma_{sat, k}$ Peso di volume saturo caratteristico;
- ϕ'_k angolo di attrito di picco caratteristico;
- $\phi^o_{residuo, k}$ angolo di attrito residuo caratteristico;
- C'_k coesione efficace caratteristica;
- $C_{residua, k}$ coesione residua caratteristica;
- Cu_k coesione non drenata caratteristica;
- Ed_k Modulo edometrico caratteristico;
- E'_k Modulo di Young caratteristico;
- $D_{r, k}$ densità relativa caratteristica.

7 – CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITA' DEL SITO

7.1 – Classificazione Sismica

Il presente paragrafo intende fornire informazioni di massima che consentano di inquadrare l'area di interesse da un punto di vista sismico. Riferendosi alla classificazione sismica introdotta dall'ordinanza P.C.M. n. 3274/03 e s.m.i. e Del. GRT 431/2006 il territorio del Comune di Pontassieve (FI) è stato classificato tra i comuni sismici appartenente alla Zona sismica 3. L'aggiornamento della classificazione sismica della Toscana, approvata con Del. GRT n. 421 del 26/05/2014 che sostituisce la Del. GRT 878 del 8/10/2012 ed integra la classificazione dell'O.P.C.M. 3519/2006, classifica il Comune di Pontassieve all'interno della Zona sismica 3 (ag/g Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico $0,05 \leq ag < 0,15g$) (tab. 15). Visto infine che l'O.P.C.M. 3274 e s.m.i. è stata "inglobata" nel Testo Unitario Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" approvato con D.M. 17.01.2018, si procede alla stima della pericolosità sismica mediante un approccio "sito-dipendente" e non più "zona-dipendente".

L'azione sismica di progetto per poter verificare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione viene ricavata partendo dalla "pericolosità di base" del sito in esame. Viene quindi determinata ag (accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido), conoscendo le coordinate geografiche decimali dell'opera da verificare. Si determina quindi la maglia di riferimento in base alle tabelle dei parametri spettrali fornite dal ministero ed in funzione della maglia interessata, si calcolano così i valori di riferimento del punto in esame come media pesata dei valori nei vertici della maglia moltiplicati per le distanze del punto stesso.

Zona sismica	Fenomeni riscontrati	Accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni
1	Zona con pericolosità sismica alta. Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti.	$ag \geq 0,25g$
2	Zona con pericolosità sismica media, dove possono verificarsi terremoti abbastanza forti.	$0,15 \leq ag < 0,25g$
3	Zona con pericolosità sismica bassa, che può essere soggetta a scuotimenti modesti.	$0,05 \leq ag < 0,15g$
4	Zona con pericolosità sismica molto bassa. E' la zona meno pericolosa, dove le possibilità di danni sismici sono basse.	$ag < 0,05g$

Tab. 15 – Zone sismiche.

7.2 - Coefficiente di amplificazione topografica

Per quanto riguarda il coefficiente di amplificazione topografica così come riportato nella tabella 3.2.IV delle NTC, si potrà adottare la categoria topografica T2.

Committente:
Consorzio Le Fonti Monteloro



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

Tab. 3.2.IV – Categorie Topografiche NTC2018.

7.3 - Individuazione del sito

Per l'individuazione dei nodi del reticolo di riferimento con cui calcolare l'azione sismica al suolo per il sito in esame, si sono inizialmente ricavate le coordinate geografiche di quest'ultimo in gradi decimali mediante l'utilizzo di applicativi con mappe e viste satellitari consultabili su internet. Per l'area in esame si sono ricavate le seguenti coordinate (WGS84) così come riportato nella successiva immagine da satellite (tab. 16):

Coordinate WGS84 - Comune di Pontassieve (FI)		
Tipo intervento	Latitudine	Longitudine
Area A	43.8454895	11.3508635
Area B	43.8356934	11.3606215
Area C	43.8293266	11.3622761

Tab. 16 – Coordinate Geografiche WGS84.

7.4 - Individuazione dei nodi del reticolo di riferimento e calcolo dei parametri sismici

Dalle informazioni fornite dal progettista strutturale l'intervento in esame rientra nel tipo di costruzione 2 secondo quanto riportato nella tab. 2.4.I delle NTC (opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale), per il quale è stato previsto una vita nominale $VN=50$ anni. Analogamente è stato definito dal progettista strutturale che tale intervento ricade in classe d'uso II (costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali, ambienti ad uso residenziale...). La tab. 2.4.II delle N.T.C. prevede che per tale classe d'uso sia computabile un relativo coefficiente d'uso pari a $C_u=1$ parametro necessario per poter ricavare il periodo di riferimento V_R in relazione al quale saranno valutate le azioni sismiche sulla costruzione. Di seguito sono riportati schematicamente tutti i parametri sismici necessari per determinare i coefficienti sismici sul sito di riferimento come richiesto dal progettista strutturale. Per il calcolo dei parametri sismici e l'interpolazione dei parametri di base dei nodi del reticolo (ag, FO, T* C) in funzione delle distanze del sito in esame dagli stessi, si è fatto ricorso al software GeoStru PS Advanced, inserendo le coordinate del sito come ricavate in precedenza (WGS84 trasformate automaticamente dal programma in ED50) ed i parametri relativi alla classe dell'edificio, alla vita nominale, periodo di riferimento nonché la categoria di sottosuolo e la categoria topografica. Questo permette di ricavare per i vari stati limite sia di esercizio (SLO, SLD) sia ultimi (SLV, SLC) e relativi e prefissati tempi di ritorno dell'azione sismica T_R , i coefficienti sismici del sito in esame. Successivamente

Committente:
Consorzio Le Fonti Monteloro



dovranno essere ricavati a cura del Progettista gli spettri di progetto dell'azione sismica per ciascun stato limite mediante opportuni software e l'introduzione di altri parametri sulla struttura che dovranno essere definiti a livello progettuale (allegato 5).

TIPO DI COSTRUZIONE	2
VITA NOMINALE	50 anni
CLASSE D'USO	II
COEFFICIENTE D'USO C_U	1
VITA DI RIFERIMENTO $V_R = V_N \cdot C_U$	50 anni
Categoria di Sottosuolo individuata da indagine sismica	B
Categoria topografica individuata	T2

8 – DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO

8.1 — Premessa tecnica agli interventi

Le opere di messa in sicurezza e regimazione previste nelle tre aree di intervento di Monteloro sono state progettate sulla base di un approccio integrato che tiene conto contestualmente di quattro fattori determinanti: la litologia e la geomeccanica dei terreni superficiali, la geometria e la profondità della coltre instabile desunta dalle indagini sismiche, la morfologia dei versanti e il regime idrologico superficiale, e infine la funzionalità del reticolo drenante laterale esistente.

L'obiettivo primario di ciascun intervento non è soltanto quello di migliorare la transitabilità della sede stradale, ma di ridurre in modo strutturale i fattori predisponenti al dissesto: l'infiltrazione delle acque meteoriche negli orizzonti superficiali, la concentrazione del deflusso lungo la carreggiata, e il progressivo scalzamento laterale della berma stradale per erosione idrica superficiale.

In tutte e tre le aree, il piano viabile insiste su versanti classificati in pericolosità geologica elevata (G3) e in classe PAI P3a, con corpi di frana quiescente di scorrimento che possono riattivare la propria dinamica in risposta a eventi meteorici superiori alla media.

Le scelte tipologiche adottate per le diverse aree — cementazione armata con zigrinatura nelle Aree A e C, macadam o similare nella parte a valle dell'Area B, palizzata di consolidamento — rispondono in modo specifico alle caratteristiche geomeccaniche e morfologiche locali, come di seguito illustrato nel dettaglio.

8.2 — Area A — Villese: cementazione armata zigrinata e fossette rompitratta

8.1.1 Inquadramento e criticità

L'Area A è localizzata nel settore più settentrionale dell'area di studio, in località Villese (coordinate: 43.8454895°N, 11.3508635°E), e interessa un tratto stradale vicinale che si

Committente:
Consorzio Le Fonti Monteloro



sviluppa su versante a pendenza medio-elevata (categoria topografica T2, inclinazione stimata $\geq 15^\circ$) in corrispondenza della Formazione di Monte Morello.

La tomografia sismica ST4 ha documentato la presenza di un primo sismostrato superficiale a bassa velocità ($V_p < 1200$ m/s) con spessore di 3–5 m, riferibile alla coltre detritica poco addensata. Questo primo orizzonte è caratterizzato da alta permeabilità ($C1 = 2,481 \times 10^{-3}$ cm/s) e bassa coesione, e rappresenta il livello più vulnerabile all'imbibizione e alla perdita di resistenza al taglio in condizioni di precipitazione intensa. Il profilo MASW4 ha rilevato valori di V_s molto bassi nei primi 5 m ($V_s = 250\text{--}247$ m/s), confermando la scarsa compattezza e la deformabilità degli orizzonti superficiali.

In assenza di impermeabilizzazione del piano stradale, le acque meteoriche si infiltrano lungo la carreggiata e ai suoi margini, percorrendo il profilo di alterazione fino a raggiungere gli orizzonti argilloso-limosi più profondi, dove la riduzione della permeabilità causa l'accumulo di pressioni interstiziali e l'indebolimento della matrice di frana quiescente sottostante.

8.1.2 Cementazione armata con zigrinatura

La pavimentazione del tratto stradale dell'Area A avviene mediante **cementazione armata** del piano viabile. La soluzione adottata consiste nella stesa di un massetto in calcestruzzo dosato a ≥ 250 kg/m³ di cemento, armato con rete elettrosaldato $\phi 6/150 \times 150$ mm, posato su uno strato di sottofondo in misto granulare stabilizzato compattato, per uno spessore complessivo della soletta di **12–15 cm**.

La superficie del massetto viene lavorata con apposita attrezzatura per realizzare una **zigrinatura trasversale** (perpendicolare all'asse stradale), con passo delle scanalature di 5–7 cm e profondità di ~ 1 cm. Questa tessitura superficiale svolge una duplice funzione:

- **funzione antiscivolo:** la zigrinatura interrompe il film d'acqua che si forma sulla superficie cementata durante la pioggia, aumentando il coefficiente di aderenza pneumatico-superficie e riducendo significativamente il rischio di aquaplaning anche su pendenze elevate. Studi sperimentali su pavimentazioni in cls trattate superficialmente documentano coefficienti di attrito $\mu > 0,50\text{--}0,60$ in condizioni di bagnato, superiori a quelli di una superficie liscia ($\mu < 0,35$);
- **funzione di controllo del deflusso:** le scanalature guidano il deflusso superficiale in direzione trasversale verso le fossette rompitratta, impedendo la formazione di lame d'acqua longitudinali ad alta velocità che potrebbero scalzare i bordi della pavimentazione e incidere le banchine laterali.

La soletta è posta su **strato di misto granulare** (tout-venant compattato, spessore 10 cm) che garantisce sia la distribuzione uniforme del carico verticale, sia un minimo effetto tampone idraulico alla base.

Committente:
Consorzio Le Fonti Monteloro



8.1.3 Fosse rompitratte: dimensionamento e geometria

Il principio del **rompitratte** consiste nell'interrompere periodicamente il deflusso longitudinale concentrato lungo la carreggiata, deviandolo trasversalmente verso i dreni naturali laterali prima che l'energia cinetica del flusso raggiunga valori sufficienti a produrre erosione della berma o scalzamento del manto.

In assenza di rompitratte, su un piano inclinato con pendenza i e lunghezza L , la portata unitaria al piede del tratto vale:

$$q = i \cdot L \cdot r$$

dove r è l'intensità di pioggia (mm/h). Dividendo il tratto in N settori di lunghezza L/N tramite N rompitratte, la portata massima che si accumula per ciascun settore si riduce proporzionalmente, abbassando la velocità di deflusso e il potenziale erosivo.

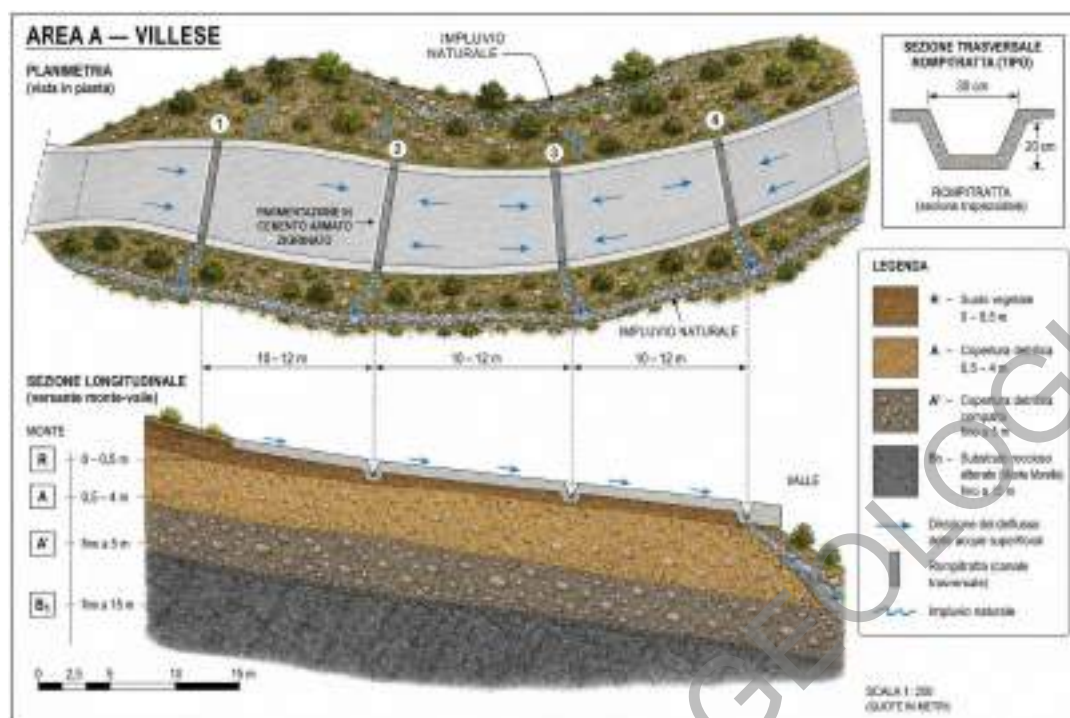
Per l'Area A, in corrispondenza dello stendimento ST4 (~46 m), si adottano **n. 4 fosse rompitratte**, con le seguenti caratteristiche geometriche e costruttive:

Parametro	Valore
Numero fosse	4
Interasse	~10–12 m
Sezione	Trapezoidale
Larghezza fondo	≥ 30 cm
Profondità	≥ 20 cm
Inclinazione sponde	1:1
Materiale	Calcestruzzo in opera o prefabbricato
Cordolo a monte	Cls, per protezione bordo taglio
Scarico	Verso impluvio adiacente
Rivestimento canale scarico	Pietrame a secco

La scelta di n. 4 opere è motivata dall'esigenza di mantenere tratti impermeabilizzati non superiori a 10–12 m di lunghezza, poiché su questa scala la portata accumulata rimane al di sotto della soglia erosiva per le tipologie di versante presenti (pendenza stimata 15–25°, substrato detritico limoso-sabbioso).

Il **canale di scarico** verso l'impluvio è rivestito in pietrame a secco dall'imbocco dell'impluvio naturale, al fine di dissipare l'energia del flusso in uscita dalla fossa e proteggere la sponda dell'impluvio dall'erosione regressiva. Questa misura è particolarmente importante in Area A, dove la permeabilità elevata della coltre ($C1 = 2,481 \times 10^{-3}$ cm/s) favorirebbe una rapida infiltrazione localizzata all'imbocco, potenzialmente innescando fenomeni di erosione sotterranea o di scalzamento della sponda.

Committente:
Consorzio Le Fonti Monteloro



8.2 — Area B — San Vincenzo: tratto viola e tratto rosso

8.2.1 Inquadramento e articolazione dell'intervento

L'Area B è localizzata in località San Vincenzo (coordinate: 43.835704°N, 11.360592°E) e rappresenta il settore di intervento più articolato, caratterizzato da due sotto-tratti con problematiche distinte e soluzioni tecniche differenziate. La planimetria fornita dalla Committenza (Area-Br2.pdf) individua:

- **Tratto viola:** settore con fossetta campestre singola sul bordo sinistro della strada; intervento con cementazione armata zigrinata e rompitratta verso l'impluvio sinistro;
- **Tratto rosso:** settore principale da palizzare, con macadam e riprofilatura fossetta campestre (evidenziata in giallo).



La tomografia ST2, orientata N-S lungo il tratto stradale dell'Area B, ha documentato una significativa variabilità laterale del primo sismostato superficiale ($V_p < 600$ m/s, spessore 1,2–1,5 m), indicativa di una coltre detritica discontinua e non omogenea. Il substrato alterato B1 si estende fino a profondità di 10–13 m. Il profilo MASW2 ha rilevato al primo strato una V_s di 534 m/s, ma con inversione di velocità tra 1° e 2° orizzonte ($V_s: 534 \rightarrow 477 \rightarrow 533$ m/s) che evidenzia la presenza di intercalazioni più sciolte all'interno della coltre, tipiche di ammassi detritici rimaneggiati in area di frana.

8.2.2 Tratto viola — Cementazione armata zigrinata e rompitratte verso impluvio sinistro

Contesto e motivazione: Nel tratto viola è presente una **sola fossetta campestre** sul lato sinistro della strada. L'assenza di un sistema drenante bilaterale significa che tutto il deflusso superficiale che si genera sulla carreggiata tende a confluire verso un unico lato, con rischio di saturazione della fossetta stessa e di tracimazione verso il versante in periodi di pioggia intensa.

La cementazione armata del piano viabile in questo tratto è appropriata per le seguenti ragioni: - la pendenza in questo settore è compatibile con la superficie cementata, non comportando velocità di deflusso longitudinale eccessive; - la coltre superficiale, pur discontinua, ha qui uno spessore contenuto (1,2–1,5 m) su substrato abbastanza compatto, riducendo il rischio di cedimento differenziale della soletta; - il substrato alterato B1 di Monte Morello offre una base di appoggio sufficientemente rigida per il massetto.

Committente:
Consorzio Le Fonti Monteloro



Fossette rompitratta e scarico verso impluvio: Le fossette rompitratta intercettano il deflusso longitudinale e lo deviano a **sinistra verso l'impluvio naturale**, così da alleggerire il carico idraulico sulla fossetta campestre esistente e distribuire il deflusso su un percorso naturale più ampio. Si prevede la realizzazione di **n. 3–4 fossette** (in funzione della lunghezza esatta del tratto viola), con geometria e dimensionamento analoghi a quanto descritto per l'Area A.

La fossetta campestre laterale esistente è da **mantenere pulita** e in piena efficienza idraulica. In caso di sezione insufficiente (larghezza fondo < 20 cm o ostruzioni), si procederà al riprofilamento minimo con larghezza fondo ≥ 25 cm e rivestimento del fondo in pietrame a secco.

8.2.3 Tratto rosso — Motivazione tecnica della scelta del macadam o similare

La scelta di non ricorrere alla cementazione nel tratto rosso è una decisione tecnica motivata e non una soluzione di compromesso. Essa deriva dall'analisi congiunta di tre fattori: la geomeccanica del sottosuolo, la morfologia del versante e il comportamento idrodinamico del deflusso su superfici inclinate.

Fattore 1 — Eterogeneità della coltre (tomografia ST2): La tomografia ST2 mostra nel tratto rosso una coltre superficiale con forte variabilità laterale di velocità, indicativa di una distribuzione non omogenea di materiale sciolto e addensato all'interno dello stesso orizzonte. Su un substrato così eterogeneo, una soletta in calcestruzzo di spessore limitato (12–15 cm) non è in grado di redistribuire efficacemente i carichi verticali su aree di cedimento differenziale, ed è soggetta a fessurazione longitudinale. Le fessure del cls rappresentano percorsi preferenziali per l'infiltrazione concentrata, che può raggiungere in modo diretto il substrato alterato B1 innescando fenomeni di erosione sotterranea localizzata o rigonfiamento degli orizzonti argillosi intercalati.

Fattore 2 — Erosione superficiale su piano cementato in forte pendenza: Su pendenze elevate, il deflusso su superfici impermeabili continue raggiunge velocità significative già per tratti di pochi metri. La velocità critica di erosione della berma stradale in terreni detritici sciolti (τ critico $\approx 2\text{--}5$ N/m²) può essere superata dal flusso concentrato ai bordi di una carreggiata cementata in pendenza. Il macadam, per la sua struttura aperta, diffonde il deflusso trasversalmente verso le cunette con velocità molto inferiori, rimanendo al di sotto della soglia erosiva per tutta la larghezza della carreggiata.

Fattore 3 — Adattabilità ai cedimenti differenziali: Il macadam, a differenza del calcestruzzo, non è una struttura monolitica: la granulometria spigolosa si riassetta localmente in risposta ai cedimenti del sottofondo senza perdere la propria funzione portante. In una coltre detritica con variabilità laterale come quella documentata dalla ST2,

Committente:
Consorzio Le Fonti Monteloro



questa caratteristica è determinante per la durabilità nel lungo periodo senza manutenzioni straordinarie.

Specifiche tecniche del macadam:

Strato	Materiale	Spessore
Sottofondo	Terreno naturale compattato al 95% Proctor Standard	—
Fondazione	Misto granulare tout-venant stabilizzato	15–20 cm
Macadam portante	Pietra calcarea spigolosa D 32–50 mm	12–15 cm
Filler di sigillatura	Sabbia-ghiaia pulita $D_{max} \leq 8$ mm	A rifiuto nei vuoti

La granulometria spigolosa del macadam garantisce **coefficienti di attrito pneumatico-strada** (micro-rugosità IRI) superiori a quelli di un cls liscio anche in condizioni di bagnato, grazie alla macro-tessitura irregolare che spezza il film idrico sotto il pneumatico.

Riprofilatura fossetta campestre (tratto giallo): La fossetta campestre sul lato sinistro del tratto rosso è quella evidenziata in giallo nella planimetria: è il recettore principale delle acque drenate attraverso il macadam e scaricate dal tratto rosso. Le acque di deflusso sono tutte indirizzate verso questa fossetta, che pertanto deve essere portata a piena efficienza idraulica prima dell'esecuzione del macadam: - rimozione di vegetazione e sedimenti depositati; - riprofilamento della sezione a geometria trapezoidale (larghezza fondo ≥ 25 cm, profondità ≥ 20 cm, sponde 1:1); - verifica della continuità lungo tutto il tratto rosso e del recapito finale in un impluvio o fosso campestre di dimensioni adeguate.

8.2.4 Palizzata di consolidamento — Area B tratto rosso

Inquadramento: La palizzata di consolidamento è un'opera di ingegneria naturalistica di tipo gravitativo, finalizzata a contrastare il movimento superficiale della coltre detritica verso valle lungo il versante adiacente alla carreggiata. Essa agisce principalmente per resistenza passiva dei pali infissi nel substrato, e parzialmente per effetto arco tra i pali (per la componente orizzontale).

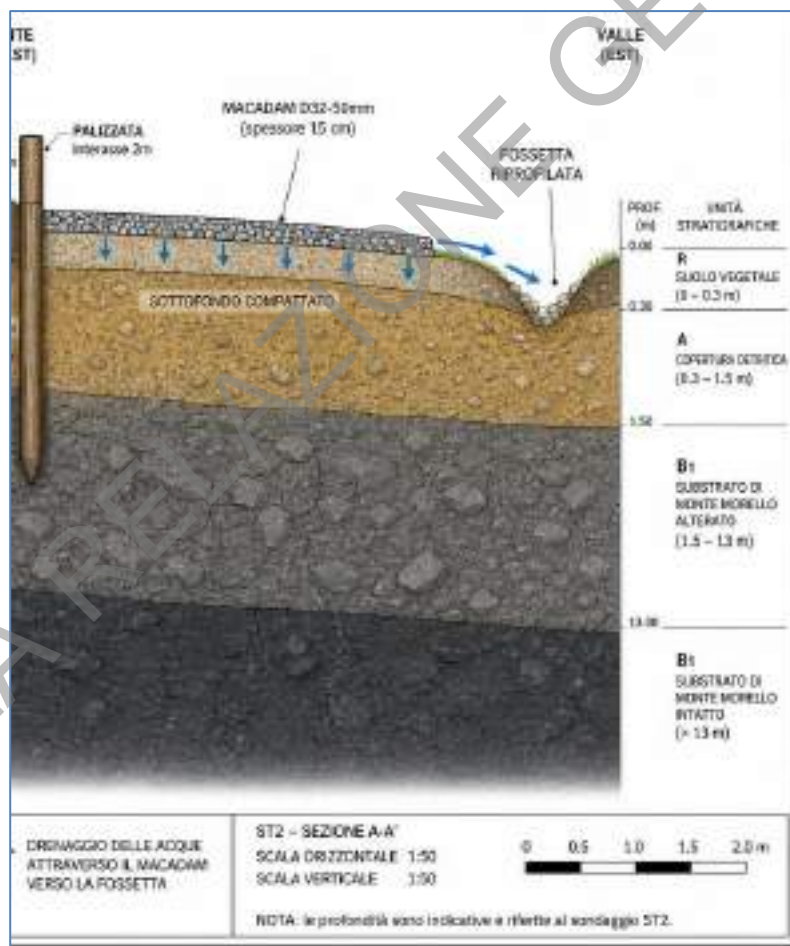
La scelta della palizzata in questo tratto è motivata dalla configurazione sismostratigrafica documentata dalla tomografia ST2: il tetto del substrato alterato B1 si attesta a 1,2–1,5 m dal piano campagna, e la coltre soprastante presenta caratteristiche di coltre rimaneggiata e poco coesiva. In queste condizioni, una palizzata superficiale con infissione nel substrato B1 è la soluzione tecnica meno invasiva per stabilizzare la porzione superficiale del versante immediatamente a valle del ciglio stradale.

Committente:
Consorzio Le Fonti Monteloro

GEO-AQUA
STUDIO DI GEOLOGIA

Descrizione tecnica:

Parametro	Valore
Tipologia	Palizzata semplice in legname scortecciato trattato o profili HEA 80
Diametro pali in legno	≥ 12–15 cm
Lunghezza totale palo	2,0 m
Fuori terra	0,5 m (quota di ritenuta)
Infissione nel terreno	1,5 m (di cui ~0,3–0,5 m nella coltre A e ~1,0–1,2 m nel substrato B1)
Interasse tra pali	2,0 m
Tavole interpilastro	Legname scortecciato sp. 5 cm (o lamiera in cls armato)
Orientamento	Parallelo all'asse stradale, a valle del ciglio della carreggiata



8.3 — Area C — Il Pelagaccio: cementazione armata su intera sede viaria e rompitratta verso impluvio sinistro

8.3.1 Inquadramento e criticità specifiche della Formazione del Sillano

L'Area C è localizzata in località Il Pelagaccio (coordinate: 43.829754°N, 11.362284°E), nel settore più meridionale dell'area di studio, dove la formazione geologica affiorante muta significativamente rispetto alle Aree A e B: la **Formazione del Sillano** (Cretaceo Superiore – Paleocene) sostituisce la Formazione di Monte Morello, con implicazioni geomeccaniche e idrogeologiche di notevole rilevanza per la progettazione degli interventi.

La Formazione del Sillano è costituita prevalentemente da **argilliti e siltiti fogliettate**, scure o variegate, con frequenti intercalazioni di strati calcilutitici e calcarenitici di spessore variabile. La componente argillosa prevalente conferisce a questi terreni le seguenti caratteristiche critiche ai fini del presente intervento:

- **Permeabilità molto bassa:** il campione C2, prelevato da questa formazione, ha evidenziato $K = 4,416 \times 10^{-5}$ cm/s, quasi due ordini di grandezza inferiore rispetto a C1 (Formazione di Monte Morello). Questa bassa permeabilità comporta che le acque che si infiltrano in superficie non vengono drenate rapidamente verso il basso, ma si accumulano negli orizzonti superficiali generando pressioni interstiziali elevate;
- **Elevata saturazione naturale:** il campione C2 presenta un grado di saturazione $S_r = 76,5\%$, indicando che in condizioni ordinarie (non di pioggia eccezionale) gli orizzonti superficiali sono già prossimi alla saturazione. Qualsiasi apporto idrico aggiuntivo per infiltrazione lungo la sede viaria può far raggiungere la saturazione totale, azzerando la componente di coesione apparente e riducendo drasticamente la resistenza al taglio;
- **Plasticità e rigonfiamento:** le argilliti del Sillano presentano un comportamento plastico accentuato in presenza di acqua, con fenomeni di rigonfiamento che possono sollevare e frantumare le strutture di fondazione superficiale. Questo impone l'utilizzo di uno strato di sottofondo stabilizzato a calce/cemento, che reagisce con le frazioni argillose riducendo plasticità e rigonfiamento;
- **Profondità del bedrock più elevata:** la tomografia ST3 individua il bedrock sismico ($V_p > 2900$ m/s) a profondità di 8–10 m, con un substrato alterato B2 di elevato spessore (3–10 m). Questo significa che la coltre di materiali potenzialmente instabili è più sviluppata rispetto alle Aree A e B.

La tomografia ST3 documenta inoltre un primo sismostrato a $V_p < 1200$ m/s con spessore di 1,5–3,0 m, più potente e più deformabile rispetto alle aree su Monte Morello. Il profilo MASW3 mostra un andamento anomalo con inversione di velocità ($V_s: 433 \rightarrow 547 \rightarrow 350 \rightarrow 313$ m/s), con orizzonti lenti fino a 17 m di profondità: questo pattern è tipico delle

Committente:
Consorzio Le Fonti Monteloro



sequenze argillitico-marnose rimaneggiate, dove strati più compatti e strati più alterati si alternano senza una progressione regolare.

8.3.2 Cementazione armata dell'intera sede viaria

La **sede stradale** dell'Area C dovrà essere cementata e armata.

Questa scelta è tecnicamente pienamente giustificata dalla situazione geologica descritta sopra. A differenza dell'Area B (dove la variabilità della coltre sconsigliava la cementazione rigida nel tratto rosso), in Area C i terreni argillosi del Sillano presentano una risposta alla saturazione che rende l'infiltrazione attraverso il piano stradale particolarmente pericolosa. Ogni metro lineare di carreggiata non impermeabilizzata costituisce una potenziale via di ingresso per le acque meteoriche verso gli orizzonti superficiali argillosi, con effetti di progressiva riduzione della resistenza al taglio e di innesco o riattivazione di movimenti di massa.

Schema costruttivo della cementazione in Area C:

La presenza di argilliti superficiali con comportamento plastico impone uno schema costruttivo più elaborato rispetto alle Aree A e B:

Strato	Materiale	Spessore	Note
Sottofondo naturale	Argillite Sillano	—	Scarifica e pulizia
Strato di stabilizzazione	Terreno trattato con calce/cemento (dosaggio 4-5%)	15-20 cm	Riduce plasticità e rigonfiamento
Strato di fondazione	Misto granulare tout-venant compattato	10 cm	Distribuzione carichi
Soletta in cls armato	Calcestruzzo ≥ 250 kg/m ³ , rete $\phi 6/150 \times 150$	12-15 cm	Armatura anti-fessurazione
Superficie	Zigrinatura trasversale (passo 5-7 cm, prof. 1 cm)	—	Anti-scivolo + guida deflusso

Lo **strato di stabilizzazione a calce/cemento** è il passaggio più critico dell'intera sequenza costruttiva. Il trattamento con calce viva (CaO) in dosaggio del 4-5% in peso secco del terreno in sito produce le seguenti reazioni con la matrice argillosa del Sillano: 1. **Reazione rapida di scambio ionico** (entro le prime ore): i cationi Ca^{2+} sostituiscono i cationi Na^+ e K^+ sui minerali argillosi, riducendo immediatamente la plasticità e la ritiro del terreno; 2. **Riduzione del rigonfiamento**: la stabilizzazione riduce il potenziale di rigonfiamento (swell potential) delle argilliti proteggendo la soletta sovrastante da tensioni verticali deformanti.

8.3.3 Fossette rompitratta: dimensionamento, geometria e scarico verso impluvio sinistro

In Area C, la bassa permeabilità del substrato argilloso impone particolare attenzione alla gestione delle acque in uscita dalle fossette rompitratta verso gli impluvi naturali. Il rischio principale non è l'erosione della carreggiata (che è impermeabilizzata), ma l'**erosione concentrata all'imbocco dell'impluvio**: le acque scaricate dalle fossette raggiungono l'impluvio con una portata concentrata e un'energia elevata, e la bassa permeabilità del substrato argilloso non consente la rapida dissipazione per infiltrazione lungo il canale di scarico.

Dimensionamento:

Parametro	Valore
Numero fossette rompitratta	4
Interasse	~10–12 m
Sezione	Trapezoidale
Larghezza fondo	≥ 30 cm
Profondità	≥ 20–25 cm
Inclinazione sponde	1:1
Materiale fossetta	Calcestruzzo in opera
Cordolo a monte	Cls, per protezione del bordo di taglio nella soletta
Direzione scarico	A sinistra verso l'impluvio sinistro (come da planimetria Area-Cr1.pdf)
Canale scarico verso impluvio	Pietrame a secco, larghezza ≥ 30 cm, L ≥ 3 m dall'imbocco impluvio
Dissipatore terminale	Soglia in pietrame o massi, per riduzione energia cinetica

La scelta di indirizzare tutti i rompitratta verso l'**impluvio sinistro** (lato sinistro della strada, ovvero il versante drenante naturale come indicato nella planimetria) è coerente con la morfologia del versante e con la presenza della fossetta campestre sul medesimo lato.

8.3.4 Fossetta campestre esistente (in rosso): manutenzione e funzione di ricettore finale

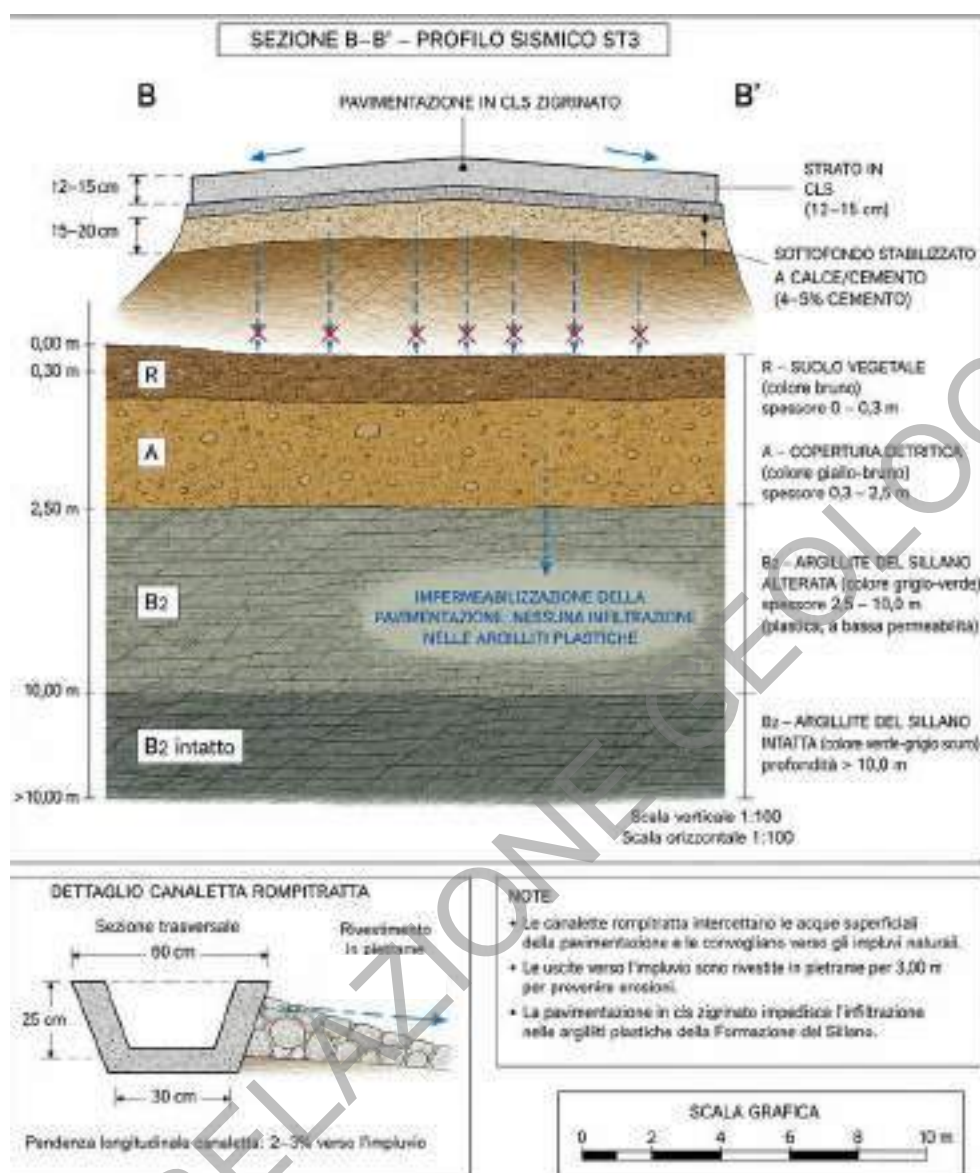
La fossetta campestre presente in Area C è quella evidenziata in rosso nella planimetria. Si tratta dell'unico elemento drenante laterale esistente sulla sede viaria e costituisce il recettore finale delle acque provenienti sia dal deflusso superficiale diretto che dallo scarico delle fossette rompitratta.

Committente:
Consorzio Le Fonti Monteloro

GEO  **AQUA**
STUDIO DI GEOLOGIA



In considerazione dell'incremento di portata che la fossetta dovrà gestire dopo la cementazione della carreggiata (che trasforma l'intera superficie stradale da parzialmente permeabile a impermeabile), è necessario verificare e adeguare la sezione idraulica: - **pulizia completa** da sedimenti, vegetazione e ostruzioni; - **riprofilatura** con sezione trapezoidale (larghezza fondo ≥ 25 cm, profondità ≥ 20 cm, sponde 1:1) nel caso in cui la sezione esistente risulti insufficiente; - **rivestimento** del tratto a maggiore pendenza in pietrame a secco per ridurre l'erosione del fondo e delle sponde.



8.4 — Schema sinottico degli interventi nelle tre aree

Elemento	Area A — Villose	Area B — Tratto viola	Area B — Tratto rosso	Area C — II Pelagaccio
Formazione geologica	Monte Morello	Monte Morello	Monte Morello	Sillano
Stendimento sismico di riferimento	ST4	ST1/ST2	ST2	ST3
Coltre superficiale	3-5 m	1,2-2,5 m	1,2-1,5 m	1,5-3,0 m
Pavimentazione	Cementazione armata zigrinata	Cementazione armata zigrinata	Macadam D 32-50 mm	Cementazione armata zigrinata

Committente:
Consorzio Le Fonti Monteloro

Elemento	Area A — Villese	Area B — Tratto viola	Area B — Tratto rosso	Area C — II Pelagaccio
Sottofondo	Misto granulare stabilizzato	Misto granulare stabilizzato	Tout-venant compattato	Strato stabilizzato calce/cemento 4-5%
Fossette rompitratta	n. 4, interasse 10-12 m	n. 3-4, interasse 10-12 m	—	n. 4, interasse 10-12 m
Direzione scarico rompitratta	Verso impluvi lateral	A sinistra verso impluvio	—	A sinistra verso impluvio
Palizzata	No	No	Sì — interasse 2 m, infissione 1,5 m in B1	No
Fossetta campestre	Da mantenere	Fossetta viola: mantenere	Fossetta gialla: riprofilare	Fossetta rossa: riprofilare
Criticità principale	Coltre spessa e permeabile	Coltre eterogenea	Coltre discontinua + alta pendenza	Argilliti saturi + bassa permeabilità

9 - GESTIONE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO

Per la corretta gestione delle terre e rocce escavate nell'area di cantiere preliminarmente si dovrà prelevare almeno 1 campione di terreno da sottoporre ad analisi chimica ai sensi del DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA 13 giugno 2017, n. 120, Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164. In particolare, si dovranno ricercare gli analiti di cui alla Tabella 4.1 – Set analitico minimale dell'Allegato 4 al D.P.R. 13 giugno 2017 n. 120. Se si otterranno valori delle concentrazioni degli analiti inferiori alle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) di cui alla colonna A Tabella 1 dell'Allegato 5 alla Parte Quarta, Titolo V del D. Lgs. 152/2006 relativa ai siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale, allora si potrà effettuare il reimpiego integrale delle terre e delle rocce provenienti dagli scavi all'interno del sito. Nel rispetto dell'Allegato 4 del D.P.R. 13 giugno 2017 n. 120: *le terre e rocce da scavo sono utilizzabili per reinterri, riempimenti, rimodellazioni, miglioramenti fondiari o viari oppure per altre forme di ripristini e miglioramenti ambientali, per rilevati, per sottofondi e, nel corso di processi di produzione industriale, in sostituzione dei materiali di cava se:*

- *la concentrazione di inquinanti delle analisi del campione di terreno rientrerà nei limiti di cui alla colonna A allora le terre e rocce da scavo potranno essere utilizzate in qualsiasi sito a prescindere dalla sua destinazione;*
- *la concentrazione di inquinanti delle analisi del campione di terreno sarà compresa fra i limiti di cui alle colonne A e B allora le terre e rocce da scavo potranno essere*

Committente:
Consorzio Le Fonti Monteloro



usate solo in siti a destinazione produttiva (commerciale e industriale).

Arsenico
Cadmio
Cobalto
Nichel
Piombo
Rame
Zinco
Mercurio
Idrocarburi C>12
Cromo totale
Cromo VI
Amianto

In seguito alla verifica dell'assenza di contaminazione, il volume di terre e rocce scavato potrà essere ridistribuito nell'area di cantiere per uno spessore massimo di 3-5 cm in area con pendenza <10%, evitando il verificarsi di fenomeni erosivi o di ristagno delle acque e di apprezzabili modificazioni di assetto o pendenza dei terreni, provvedendo al compattamento ed inerbimento del terreno stesso.

Tab. 4.1 del DPR 120/2017 – Set analitico minimale.

10 – CONCLUSIONI

L'indagine geologica svolta nella frazione di Monteloro ha consentito di definire con adeguato dettaglio l'assetto geologico, geotecnico, idrogeologico e sismico delle tre aree di intervento, fornendo il quadro conoscitivo necessario alla progettazione delle opere.

In sintesi:

- tutte le aree ricadono in classe di pericolosità geologica G3 e PAI P3a, con fattibilità Fg3 condizionata, soddisfatta dagli accertamenti eseguiti;
- tutte le aree sono assegnabili alla categoria di sottosuolo B (NTC 2018) con categoria topografica T2;
- i terreni superficiali presentano caratteristiche di scarsa consistenza e alta deformabilità, con rischio di imbibizione in condizioni di pioggia intensa.

Area A — Villese: cementazione armata con zigrinatura lungo lo stendimento ST4 + n. 4 fossette rompitratta (interasse ~10–12 m) con scarico verso gli impluvi laterali;

Area B — San Vincenzo: - Tratto viola (fossetta campestre singola in viola): cementazione armata zigrinata + rompitratta (n. 3–4) indirizzati a sinistra verso l'impluvio; - Tratto rosso: macadam D 32–50 mm su sottofondo stabilizzato + palizzata di consolidamento (interasse 2 m, infissione 1,5 m nel substrato B1, confermata da tomografia ST2) + riprofilatura fossetta campestre sinistra (tratto giallo);

Area C — Il Pelagaccio: cementazione armata zigrinata su intera sede viaria, su sottofondo stabilizzato a calce/cemento 4–5% + n. 4 fossette rompitratta indirizzate a

Committente:
Consorzio Le Fonti Monteloro



sinistra verso l'impluvio + scarico rivestito in pietrame a secco per almeno 3 m dall'imbocco dell'impluvio; la fossetta campestre esistente (in rosso) va mantenuta pulita ed in sezione efficiente.

Tutte le opere rispettano i criteri dell'Art. 9 della Disciplina PAI e le prescrizioni del D.P.G.R. 5R/2020, e non determinano un aggravio delle condizioni di stabilità delle aree contermini. La relazione sismica allegata costituisce parte integrante del presente documento.

Il Tecnico

Dott. Geol. Francesco Cintelli

Ordine dei Geologi della Toscana n° 1460

BOZZA RELAZIONE GEOLOGICA



ALLEGATO 1

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA DELLE INDAGINI

BOZZA RELAZIONE GEOLOGICA

ALLEGATO 1

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA DELLE INDAGINI ESEGUITE

BOZZA RELAZIONE GEOLOGICA

PROVA DPSH1



PROVA DPSH2



PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SUPERPESANTI (DPSH)

PROVA DPSH3



PROVA DPSH4



PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SUPERPESANTI (DPSH)

PROVA DPSH5



BOZZA RELAZIONE GEOLOGICA

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SUPERPESANTI (DPSH)

CAMPIONE DI TERRENO 1



CAMPIONE DI TERRENO 2



PRELIEVO DI CAMPIONI

SISMICA A RIFRAZIONE 1+MASW1



SISMICA A RIFRAZIONE 2+MASW2



SISMICA A RIFRAZIONE 3+MASW3



SISMICA A RIFRAZIONE 4+MASW4





ALLEGATO 2

REPORT DELLE PROVE PENETROMETRICHE

BOZZA RELAZIONE GEOLOGICA

COMUNE DI PONTASSIEVE (FI)

ALLEGATO 2

Report prove penetrometriche dinamiche superpesanti (DPSH)

Committente:
Consorzio Le Fonti Monteloro

Cantiere: loc. Villese, loc. San
Vincenzo e loc. Il Pelagaccio



13 aprile 2026

SISMOELETTRICA S.r.l.
Via La Marmora 51
50121 Firenze
www.sismoelettrica.it
info@sismoelettrica.it
3290723618

Il Tecnico:

Geol. Francesco Cintelli
Ordine dei Geologi della Toscana n° 1460


REPORT PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SUPERPESANTI (DPSH) E PRELIEVO DI CAMPIONI DI TERRENO

Su incarico del Consorzio Le Fonti Monteloro e sotto la supervisione del Dott. Geol. Francesco Cintelli, sono state eseguite n. 5 prove penetrometriche dinamiche superpesanti (DPSH) e sono stati prelevati n. 2 campioni di terreno (C1 e C2) da sottoporre ad analisi di laboratorio geotecnico nelle vicinanze dei punti in cui sono state eseguite rispettivamente le prove penetrometriche DPSH5 (C1) e DPSH3 (C2). Le prove sono state effettuate presso loc. Villese, San Vincenzo e Il Pelagaccio nel Comune di Pontassieve (FI).

Nella tabella sottostante sono indicate le profondità di indagine in metri dal piano di campagna (p.c.), la data di esecuzione e le coordinate di ciascuna prova nel sistema di riferimento Gauss – Boaga (EPSG 3003).

Prova	Data esecuzione	Profondità (m dal p.c.)	Latitudine	Longitudine
DPSH1	25/03/2026	1,60	4856339.045	1689814.480
DPSH2	25/03/2026	1,60	4855711.058	1689973.171
DPSH3	25/03/2026	3,20	4855661.169	1689973.825
DPSH4	25/03/2026	3,60	4857416.344	1688998.329
DPSH5	25/03/2026	2,40	4857416.413	1689018.140
Prelievo campione di terreno C1	25/03/2026	0,0-0,30	4857419.101	1689019.071
Prelievo campione di terreno C2	25/03/2026	0,0-0,30	4855664.580	1689961.129

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi $\delta = 20$ cm) misurando il numero di colpi N necessari. La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica. Nelle prove è stato utilizzato il penetrometro statico/dinamico Pagani mod. TG 63-200 che è in grado di eseguire sia prove penetrometriche statiche CPT/CPTU, sia prove penetrometriche dinamiche DPSH. Il contrasto è garantito da sue eliche per l'ancoraggio nel terreno, che permettono di raggiungere una profondità massima di infissione nell'ordine dei 30-35 m. L'attrezzo è montato su sottocarro cingolato che permette l'accesso anche su terreni dissestati, in pendenza o con accessi ridotti. Si allegano alla presente la documentazione fotografica, l'ubicazione delle indagini ed i certificati delle prove penetrometriche. I certificati delle analisi di laboratorio geotecnico sono riportati in Allegato 3.

Rimanendo a disposizione per ogni eventuale chiarimento si porgono

Cordiali saluti

Geol. Francesco Cintelli

Iscritto all'Ordine dei Geologi della Toscana n. 1460

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

DIN**1**

Riferimento

005-2026Committente **Consorzio Le Fonti Monteloro**

Cantiere

Località **Monteloro - Pontassieve (FI)**U.M.: **kg/cm²**

Data esec. 25/03/2026

Pagina
Elaborato

1

Falda

Non rilevata

H m	asta n°	punta colpi	riv colpi	qcd kg/cm ²	H m	asta n°	punta colpi	riv colpi	qcd kg/cm ²
0.20	1	4		43.3					
0.40	1	8	0	86.6					
0.60	2	5	0	49.7					
0.80	2	6	0	59.6					
1.00	2	2	0	19.9					
1.20	2	6	0	59.6					
1.40	2	36	0	357.6					
1.60	3	50	0	458.6					

H = profondità
L1 = asta
L2 = punta
L3 = riv

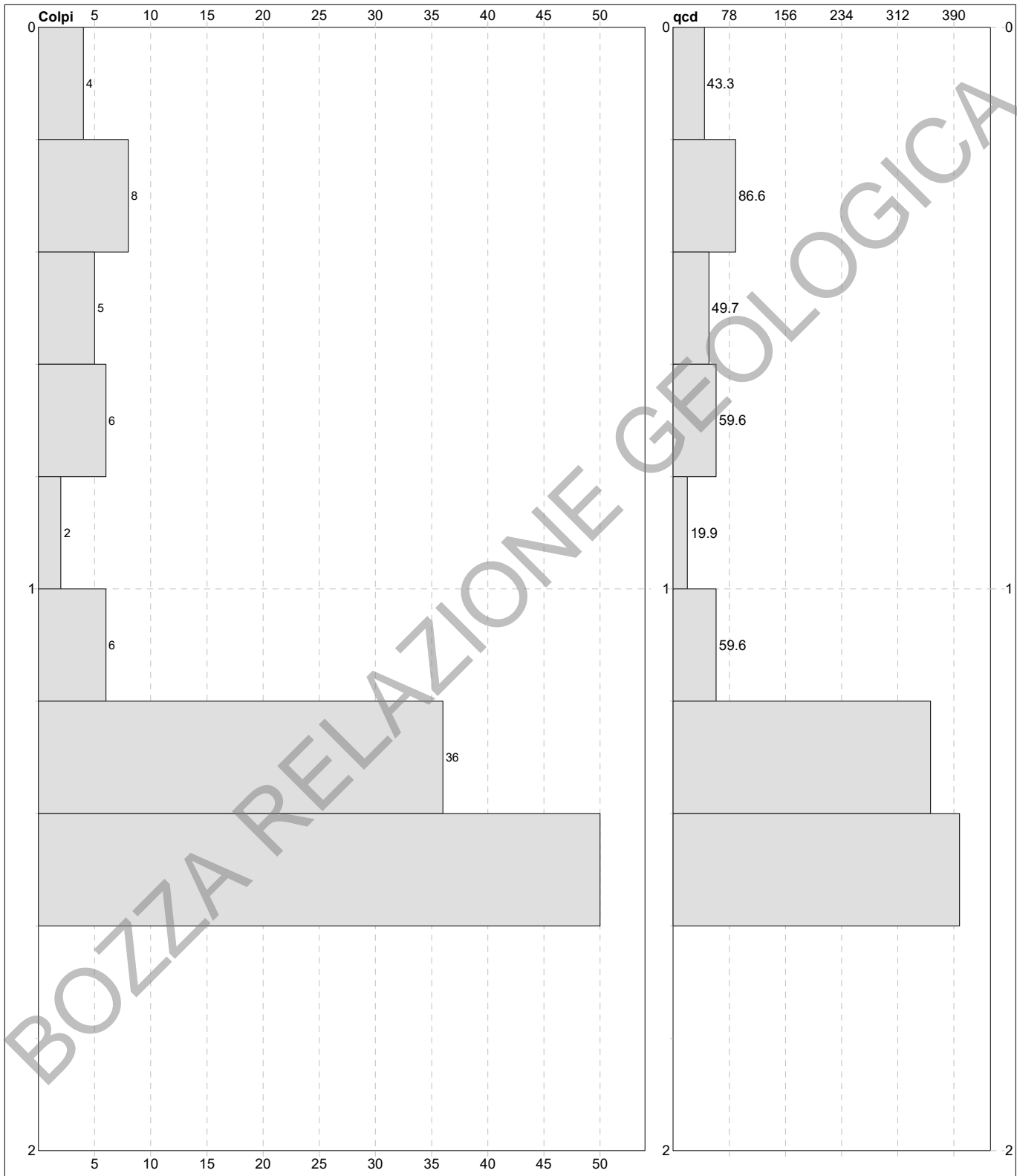
qcd = Resistenza dinamica punta

FON157

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA	DIN	1
	Riferimento	005-2026

Committente Consorzio Le Fonti Monteloro	U.M.: kg/cm²	Data esec. 25/03/2026
Cantiere	Scala: 1:10	Quota inizio: Piano Campagna
Località Monteloro - Pontassieve (FI)	Pagina 1	Falda Non rilevata
	Elaborato	



Penetrometro: TG63-200Din	Responsabile::	preforo m
Massa Battente 63.50 kg	Assistente::	Corr.astine: : kg/ml
Altezza caduta 0.75 m		Cod.ISTAT: 0
Avanzamento 0.20 m		

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUDDIVISIONE GEOTECNICA	DIN	1
	Riferimento	005-2026

Committente Consorzio Le Fonti Monteloro	U.M.: kg/cm²	Data esec. 25/03/2026
Cantiere	Pagina 1	Falda Non rilevata
Località Monteloro - Pontassieve (FI)	Elaborato	

PARAMETRI GENERALI

n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	qcd kg/cm ²	qc kg/cm ²	Vs m/sec	G kg/cm ²	Q kg/cm ²	natura	descrizione
1	0.00 : 0.80	Media	6	1.52	9	60	56	91	70	2.99	Coes./Gran.	
2	0.80 : 1.20	Media	4	1.52	6	40	36	102	50	1.99	Coes./Gran.	
3	1.20 : 1.60	Media	43	1.52	65	408	384	179	338	20.41	Coes./Gran.	

NATURA COESIVA**NATURA GRANULARE**

n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm ²	Ysat t/m ³	W %	e -	Mo kg/cm ²	Dr %	ϕ °	E' kg/cm ²	Ysat t/m ³	Yd t/m ³	Mo kg/cm ²	Liq. -
1	0.00 : 0.80	9	0.56	1.89	34	0.92	44	32	30	261	1.92	1.48	50	---
2	0.80 : 1.20	6	0.38	1.85	37	1.00	36	22	28	238	1.89	1.43	43	---
3	1.20 : 1.60	65	4.06	2.10	20	0.55	161	91	43	692	2.18	1.90	750	---

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

DIN**2**

Riferimento

005-2026Committente **Consorzio Le Fonti Monteloro**

Cantiere

Località **Monteloro - Pontassieve (FI)**U.M.: **kg/cm²**

Data esec. 25/03/2026

Pagina
Elaborato

1

Falda

Non rilevata

H m	asta n°	punta colpi	riv colpi	qcd kg/cm ²	H m	asta n°	punta colpi	riv colpi	qcd kg/cm ²
0.20	1	3		32.5					
0.40	1	5		45.9					
0.60	2	5		45.9					
0.80	2	4		36.7					
1.00	2	3		27.5					
1.20	2	6		55.0					
1.40	2	34		311.8					
1.60	3	50		458.6					

H = profondità
L1 = asta
L2 = punta
L3 = riv

qcd = Resistenza dinamica punta

FON157

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

DIN**2**

Riferimento

005-2026Committente **Consorzio Le Fonti Monteloro**

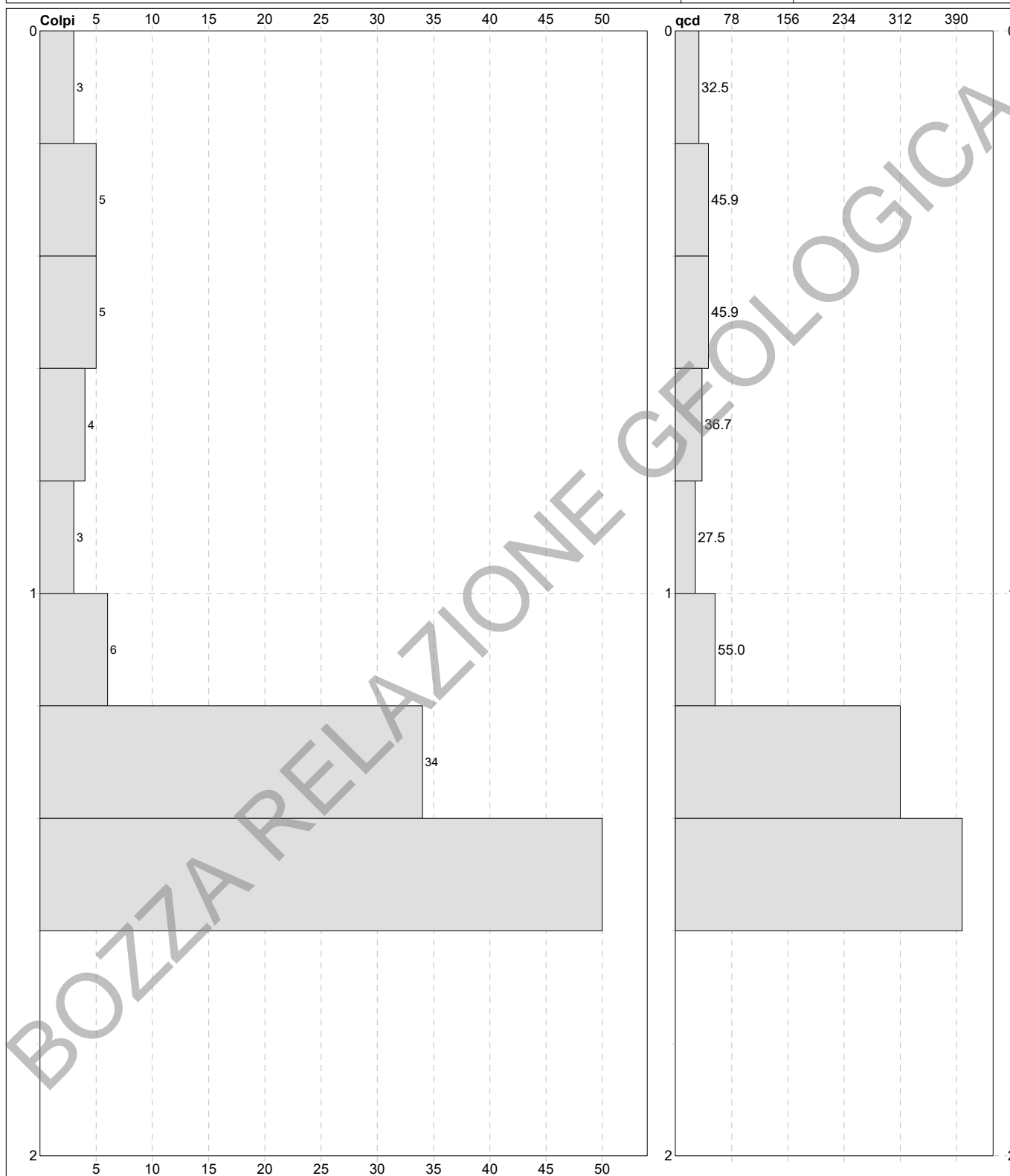
Cantiere

Località **Monteloro - Pontassieve (FI)**U.M.: **kg/cm²**Scala: **1:10**Pagina **1**

Elaborato

Data esec. **25/03/2026**

Quota inizio: : Piano Campagna

Falda **Non rilevata**

Penetrometro: TG63-200Din
Massa Battente 63.50 kg
Altezza caduta 0.75 m
Avanzamento 0.20 m

Responsabile::

Assistente::

preforo m
 Corr.astine: : kg/ml
 Cod.ISTAT: 0

FON157

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUDDIVISIONE GEOTECNICA	DIN	2
	Riferimento	005-2026

Committente Consorzio Le Fonti Monteloro	U.M.: kg/cm²	Data esec. 25/03/2026
Cantiere	Pagina 1	Falda
Località Monteloro - Pontassieve (FI)	Elaborato	Non rilevata

PARAMETRI GENERALI

n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	qcd kg/cm ²	qc kg/cm ²	Vs m/sec	G kg/cm ²	Q kg/cm ²	natura	descrizione
1	0.00 : 1.20	Media	4	1.52	7	41	39	95	57	2.03	Coes./Gran.	
2	1.20 : 1.60	Media	42	1.52	64	385	375	178	334	19.26	Coes./Gran.	

NATURA COESIVA**NATURA GRANULARE**

n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm ²	Ysat t/m ³	W %	e -	Mo kg/cm ²	Dr %	ϕ °	E' kg/cm ²	Ysat t/m ³	Yd t/m ³	Mo kg/cm ²	Liq. -
1	0.00 : 1.20	7	0.44	1.86	36	0.97	39	25	29	245	1.90	1.45	45	---
2	1.20 : 1.60	64	4.00	2.10	20	0.55	159	90	43	685	2.18	1.90	739	---

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	DIN	3
	Riferimento	005-2026

Committente Consorzio Le Fonti Monteloro	U.M.: kg/cm²	Data esec. 25/03/2026
Cantiere	Pagina 1	
Località Monteloro - Pontassieve (FI)	Elaborato	Falda

H m	asta n°	punta colpi	riv colpi	qcd kg/cm ²	H m	asta n°	punta colpi	riv colpi	qcd kg/cm ²
0.20	1	5		54.2					
0.40	1	4		43.3					
0.60	2	2		19.9					
0.80	2	6		59.6					
1.00	2	4		39.7					
1.20	2	4		39.7					
1.40	2	5		49.7					
1.60	3	6		55.0					
1.80	3	7		64.2					
2.00	3	8		73.4					
2.20	3	8		73.4					
2.40	3	9		82.5					
2.60	4	8		68.2					
2.80	4	13		110.8					
3.00	4	32		272.6					
3.20	4	50		426.0					

H = profondità
L1 = asta
L2 = punta
L3 = riv

qcd = Resistenza dinamica punta

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA**

DIN	3
Riferimento	005-2026

Committente **Consorzio Le Fonti Monteloro**
Cantiere
Località **Monteloro - Pontassieve (FI)**

U.M.: **kg/cm²**
Scala: 1:20
Pagina 1
Elaborato

Data esec. 25/03/2026
Quota inizio: :
Falda



Penetrometro: TG63-200Din
Massa Battente 63.50 kg
Altezza caduta 0.75 m
Avanzamento 0.20 m

Responsabile::
Assistente::

preforo m
Corr.astine: : kg/ml
Cod.ISTAT: 0

FON157

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
SUDDIVISIONE GEOTECNICA**
DIN**3**

Riferimento

005-2026Committente **Consorzio Le Fonti Monteloro**

Cantiere

Località **Monteloro - Pontassieve (FI)**U.M.: **kg/cm²**

Data esec. 25/03/2026

Pagina
Elaborato 1

Falda

PARAMETRI GENERALI

n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	qcd kg/cm ²	qc kg/cm ²	Vs m/sec	G kg/cm ²	Q kg/cm ²	natura	descrizione
1	0.00 : 1.80	Media	5	1.52	7	47	43	102	57	2.36	Coes./Gran.	
2	1.80 : 2.80	Media	9	1.52	14	82	76	138	99	4.08	Coes./Gran.	
3	2.80 : 3.20	Media	41	1.52	62	349	314	206	326	17.47	Coes./Gran.	

NATURA COESIVA**NATURA GRANULARE**

n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm ²	Ysat t/m ³	W %	e -	Mo kg/cm ²	Dr %	ϕ °	E' kg/cm ²	Ysat t/m ³	Yd t/m ³	Mo kg/cm ²	Liq. -
1	0.00 : 1.80	7	0.44	1.86	36	0.97	39	25	29	245	1.90	1.45	45	---
2	1.80 : 2.80	14	0.88	1.95	29	0.80	57	41	31	299	1.96	1.53	61	---
3	2.80 : 3.20	62	3.88	2.10	20	0.55	155	90	43	669	2.18	1.89	719	---

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

DIN**4**

Riferimento

005-2026Committente **Consorzio Le Fonti Monteloro**

Cantiere

Località **Monteloro - Pontassieve (FI)**U.M.: **kg/cm²**Data esec. **25/03/2026**Pagina
Elaborato**1**

Falda

Non rilevata

H m	asta n°	punta colpi	riv colpi	qcd kg/cm ²	H m	asta n°	punta colpi	riv colpi	qcd kg/cm ²
0.20	1	4		43.3					
0.40	1	3		23.9					
0.60	2	4		31.8					
0.80	2	3		23.9					
1.00	2	5		39.8					
1.20	2	5		39.8					
1.40	2	3		23.9					
1.60	3	6		47.7					
1.80	3	5		39.8					
2.00	3	5		39.8					
2.20	3	7		55.7					
2.40	3	6		47.7					
2.60	4	13		103.4					
2.80	4	11		87.5					
3.00	4	15		119.3					
3.20	4	27		214.8					
3.40	4	32		254.5					
3.60	5	50		397.7					

H = profondità
L1 = asta
L2 = punta
L3 = riv

qcd = Resistenza dinamica punta

FON157

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

DIN**4**

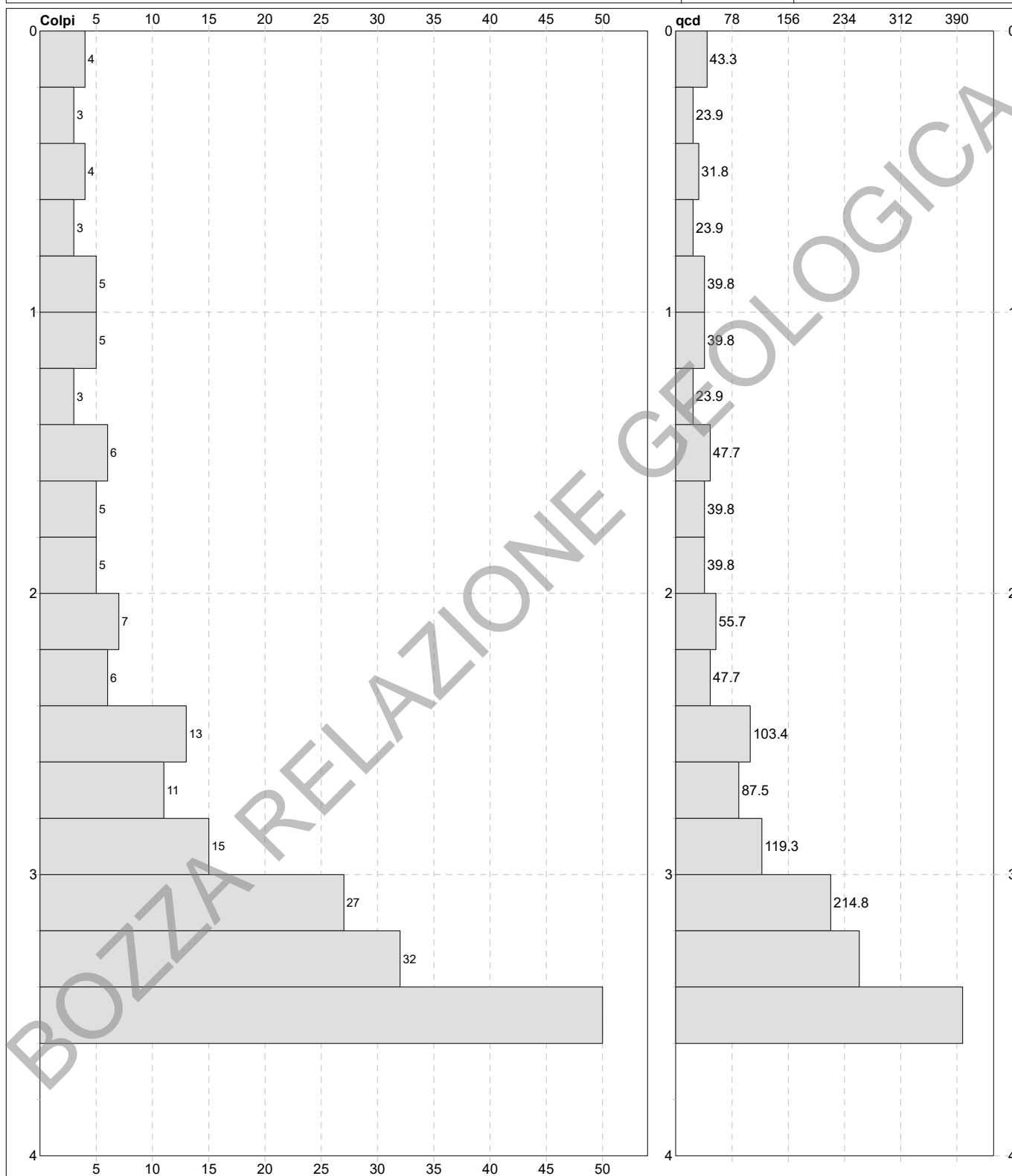
Riferimento

005-2026Committente **Consorzio Le Fonti Monteloro**

Cantiere

Località **Monteloro - Pontassieve (FI)**U.M.: **kg/cm²**Scala: **1:20**Pagina **1**

Elaborato

Data esec. **25/03/2026**Quota inizio: **Piano Campagna**Falda **Non rilevata**

Penetrometro: TG63-200Din
Massa Battente: 63.50 kg
Altezza caduta: 0.75 m
Avanzamento: 0.20 m

Responsabile::

Assistente::

preforo m

Corr.astine: : kg/ml

Cod.ISTAT: 0

FON157

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUDDIVISIONE GEOTECNICA	DIN	4
	Riferimento	005-2026

Committente Consorzio Le Fonti Monteloro	U.M.: kg/cm²	Data esec. 25/03/2026
Cantiere	Pagina 1	Falda
Località Monteloro - Pontassieve (FI)	Elaborato	Non rilevata

PARAMETRI GENERALI

n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	qcd kg/cm ²	qc kg/cm ²	Vs m/sec	G kg/cm ²	Q kg/cm ²	natura	descrizione
1	0.00 : 2.00	Media	4	1.52	7	35	38	104	57	1.77	Coes./Gran.	
2	2.00 : 3.00	Media	10	1.52	16	83	86	144	110	4.14	Coes./Gran.	
3	3.00 : 3.60	Media	36	1.52	55	289	279	205	296	14.45	Coes./Gran.	

NATURA COESIVA**NATURA GRANULARE**

n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm ²	Ysat t/m ³	W %	e -	Mo kg/cm ²	Dr %	ϕ °	E' kg/cm ²	Ysat t/m ³	Yd t/m ³	Mo kg/cm ²	Liq. -
1	0.00 : 2.00	7	0.44	1.86	36	0.97	39	25	29	245	1.90	1.45	45	---
2	2.00 : 3.00	16	1.00	1.97	28	0.75	61	44	32	315	1.97	1.55	65	---
3	3.00 : 3.60	55	3.44	2.10	20	0.55	140	87	42	615	2.16	1.87	647	---

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

DIN**5**

Riferimento

005-2026Committente **Consorzio Le Fonti Monteloro**

Cantiere

Località **Monteloro - Pontassieve (FI)**U.M.: **kg/cm²**

Data esec. 25/03/2026

Pagina
Elaborato

1

Falda

Non rilevata

H m	asta n°	punta colpi	riv colpi	qcd kg/cm ²	H m	asta n°	punta colpi	riv colpi	qcd kg/cm ²
0.20	1	9		97.5					
0.40	1	5		45.9					
0.60	2	4		36.7					
0.80	2	13		119.2					
1.00	2	14		128.4					
1.20	2	10		91.7					
1.40	2	8		73.4					
1.60	3	10		91.7					
1.80	3	12		110.1					
2.00	3	26		238.5					
2.20	3	32		293.5					
2.40	3	50		458.6					

H = profondità
L1 = asta
L2 = punta
L3 = riv

qcd = Resistenza dinamica punta

FON157

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

DIN**5**

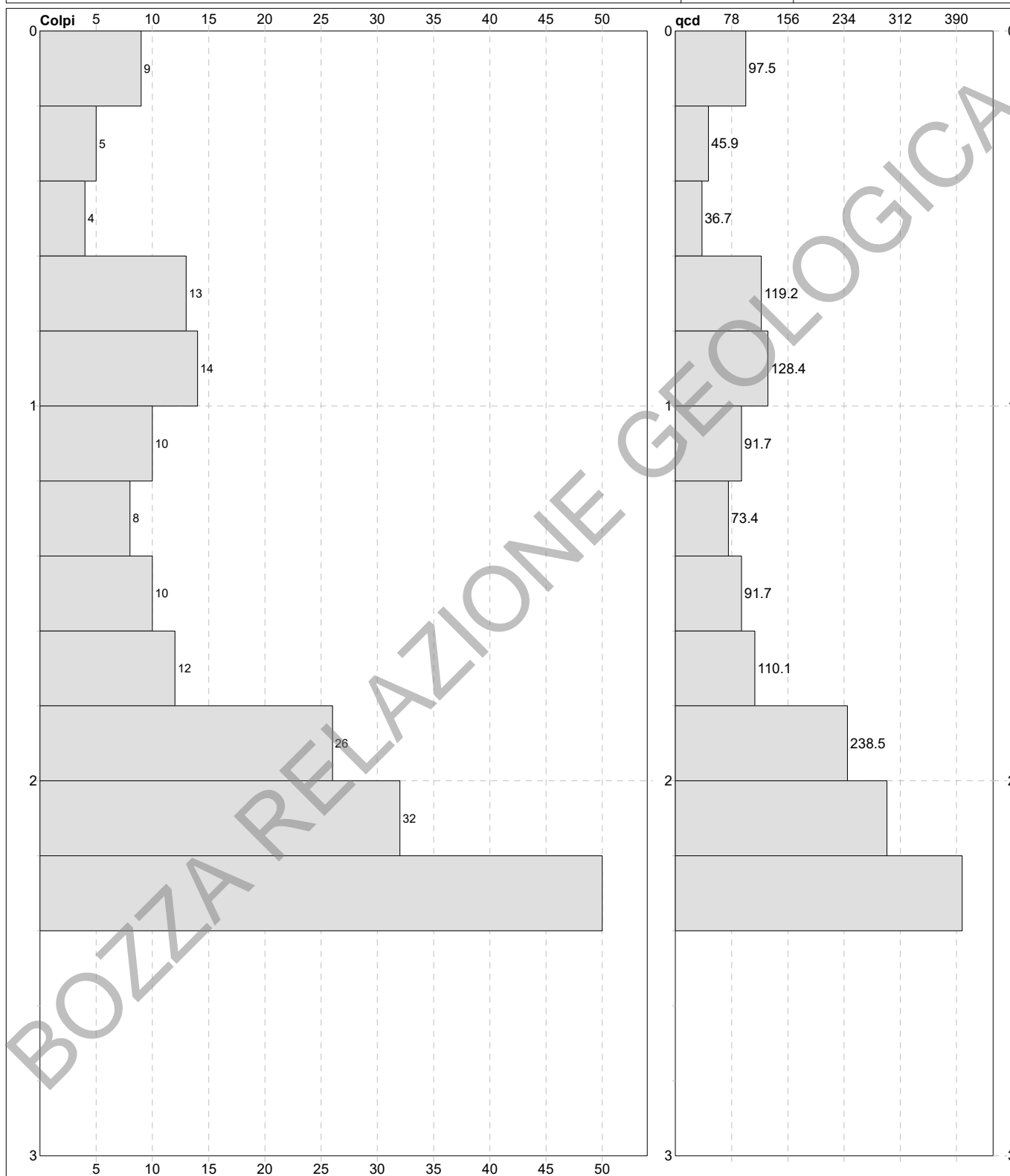
Riferimento

005-2026Committente **Consorzio Le Fonti Monteloro**

Cantiere

Località **Monteloro - Pontassieve (FI)**U.M.: **kg/cm²**Scala: **1:15**Pagina **1**

Elaborato

Data esec. **25/03/2026**Quota inizio: **Piano Campagna**Falda **Non rilevata**

Penetrometro: TG63-200Din
Massa Battente: 63.50 kg
Altezza caduta: 0.75 m
Avanzamento: 0.20 m

Responsabile::

Assistente::

preforo m

Corr.astine: : kg/ml

Cod.ISTAT: 0

FON157

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUDDIVISIONE GEOTECNICA	DIN	5
	Riferimento	005-2026

Committente Consorzio Le Fonti Monteloro	U.M.: kg/cm²	Data esec. 25/03/2026
Cantiere	Pagina 1	Falda
Località Monteloro - Pontassieve (FI)	Elaborato	Non rilevata

PARAMETRI GENERALI

n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	qcd kg/cm ²	qc kg/cm ²	Vs m/sec	G kg/cm ²	Q kg/cm ²	natura	descrizione
1	0.00 : 1.80	Media	9	1.52	14	88	84	115	99	4.41	Coes./Gran.	
2	1.80 : 2.40	Media	36	1.52	55	330	297	188	296	16.51	Coes./Gran.	

NATURA COESIVA**NATURA GRANULARE**

n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm ²	Ysat t/m ³	W %	e -	Mo kg/cm ²	Dr %	ϕ °	E' kg/cm ²	Ysat t/m ³	Yd t/m ³	Mo kg/cm ²	Liq. -
1	0.00 : 1.80	14	0.88	1.95	29	0.80	57	41	31	299	1.96	1.53	61	---
2	1.80 : 2.40	55	3.44	2.10	20	0.55	140	87	42	615	2.16	1.87	647	---

PROVE PENETROMETRICHE MECCANICHE / ELETTRICHE
SCHEMA PENETROMETRO
Riferimento **005-2026**Committente **Consorzio Le Fonti Monteloro**

Cantiere

Località **Monteloro - Pontassieve (FI)****TG63-200Din****Pagani - Piacenza**

Sigla	TG63-200Din	Nominativo o sigla dello strumento
Beta eff.	1.15	Coefficiente Effettivo suggerito dal costruttore del penetrometro
M(massa)	63.5 kg	Massa del Maglio Battente agente sulla batteria di aste
H(maglio)	0.75 m	Altezza di caduta o corsa del maglio (toll. da 0.01m a 0.02m)
L(aste)	1.00 m	Lunghezza delle aste utilizzabili, variabile da 1.00m a 2.00m (toll. da 0.1% a 0.2%)
M(aste)	6.31 kg	Peso al metro lineare delle aste (N.B. indipendente dalla lunghezza delle aste)
M(sistema)		Massa del complesso asta di guida - testa di battuta
A(punta)	20.00 cm²	Area della superficie laterale del cono della punta
Alfa(punta)	90 °	Angolo di apertura della punta conica variabile tra 60° e 90°
Prf.(1°asta)	0.40 m	Profondità di giunzione della prima asta infissa
N	0.20 m	Penetrazione standard, tratto di penetrazione per quale sono necessari Nx colpi
Rivest.	Sì	Previsto uso di rivestimento delle aste o uso di fanghi
ø(punta)	51.00 mm	Diametro della punta conica integra, cioè non soggetta ad usura (toll. da 0.3 a 0.5mm)
MaxCE%		Massima compressione elastica consentita rispetto alla penetrazione
L/DM		Rapporto tra la lunghezza e il diametro del maglio di battuta
D(tb)		Diametro della testa di battuta.
DEV(a)[<5m]		Deviazione massima delle aste dalla verticale nei primi 5.00 metri
DEV(a)[>5m]		Deviazione massima delle aste dalla verticale oltre i 5.00 metri
ECCmax(a)		Massima eccentricità consentita alle aste
Dest(aste)	34.00 mm	Diametro esterno delle aste (toll. max 0.2mm)
Dint(aste)		Diametro interno delle aste cave (toll. da 0.2mm a 0.3mm)
Dmin(punta)		Minimo diametro consentito per la punta conica usurata
hcl(punta)		Altezza del cilindro alla base del cono della punta (toll. da 1.00mm a 2.00mm)
Ras(punta)		Rastremazione del cono nella parte alta
Hc(punta)		Altezza della parte conica della punta non soggetta ad usura (toll. da 0.1mm a 0.4mm)
RangeCP		Massimo numero di colpi utile
Spinta	20 t	Spinta nominale strumento

LEGENDA SPECIFICHE TECNICHE PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

DIVERSE TIPOLOGIE DI PENETROMETRI DINAMICI

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ , misurando il numero di colpi N necessari.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti :

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica : diametro base cono D , area base A (angolo di apertura α)
- avanzamento (penetrazione δ)
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici) .

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella più sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

DIVERSE TIPOLOGIE DI PENETROMETRI DINAMICI Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici

Tipo	Sigla di riferimento	massa battente	prof.max indagine
Leggero	DPL (Light)	$M \div 10$	8 m
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25 m
Pesante	DPH (Heavy)	$40 < M < 60$	25 m
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M > 60$	> 25 m

Per la visione delle caratteristiche tecniche dei penetrometri, si rimanda alla sezione EDITOR PENETROMETRI.

I PENETROMETRI dinamici in uso in Italia risultano essere i seguenti (non rientranti però nello Standard ISSMFE) :

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)

massa battente M = 30 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento $\delta \approx 10$ cm, punta conica ($\alpha \approx 60-90^\circ$), diametro D = 35.7 mm, area base cono A = 10 cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)

massa battente M = 20 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento $\delta \approx 10$ cm, punta conica ($\alpha \approx 60-90^\circ$), diametro D = 35.7 mm, area base cono A = 10 cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SCPT) (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)

massa battente M = 73 kg, altezza di caduta H = 0.75 m, avanzamento $\delta \approx 30$ cm, punta conica ($\alpha \approx 60^\circ$), diametro D = 50.8 mm, area base cono A = 20.27 cm² rivestimento : previsto secondo precise indicazioni

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)

massa battente M = 63.5 kg, altezza caduta H = 0.75 m, avanzamento $\delta \approx 20-30$ cm, punta conica ($\alpha \approx 60^\circ$), diametro D = 50.5 mm , area base cono A = 20 cm², rivestimento / fango bentonitico : talora previsto .

LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI SPECIFICHE TECNICHE

VALUTAZIONI STATISTICHE - CORRELAZIONI N / Nspt

Il sottosuolo indagato viene suddiviso in strati .

Prima definizione della profondità di ciascuno strato , il programma effettua (con riferimento al numero di colpi N) una serie di elaborazioni statistiche dei dati in memoria, valutando :

valore minimo m , massimo Max , media M, scarto quadratico medio s, valore medio/minimo $(M+m)/2$
media-scarto quadratico medio (M-s)

Ciò considerato , si potrà adottare il valore caratteristico VCA per N più adatto , a seconda delle esigenze, impostando uno dei valori elaborati sopra citati o un valore a scelta.

Successivamente , con riferimento al valore caratteristico assunto per il numero di colpi N , si potrà avviare un tentativo di correlazione con il numero di colpi Nspt della prova SPT : $Nspt = \beta N$ [ove per il coefficiente β si potrà introdurre un valore sperimentale a piacere (vedi note illustrative), ovvero il coefficiente teorico di energia βt fornito dal programma] .

VALUTAZIONE RESISTENZA DINAMICA E COEFFICIENTE DI ENERGIA

La resistenza alla punta dinamica qcd viene comunemente valutata in base alla formula Olandese :

$$qcd = (M^2 H) / [A e (M + P)] \text{ ove :}$$

N = n. colpi per avanzamento δ qcd = resist.dinam.punta [area A] M = massa battente [altezza caduta H]

e = avanzamento per colpo = δ/N P = peso tot. sistema battente e aste ,

ovvero in base alla formula semplificata :

$$qcd = (M H) / (A e) = (M H) N / (A \delta) = Q N ,$$

ove : $Q = (M H) / (A \delta)$ = energia specifica teorica per colpo .

Ciò considerato, volendo riferire la prova in esame (N,Q) alla prova SPT (Nspt,Qspt),

dall'uguaglianza dei valori di resistenza dinamica relativi alle due prove, si ricava teoricamente :

$$qcd = Q N = Qspt Nspt \Rightarrow Nspt = N [Q/Qspt] = \beta N ,$$

ove il rapporto $\beta t = Q/Qspt$ viene definito coefficiente teorico di energia della prova in esame ,

relativamente alla prova SPT ($Qspt = 7.83 \text{ kg/cm}^2 = 0.768 \text{ MPa}$) per $M = 63.5 \text{ kg}$, $H = 0.75 \text{ m}$, $D = 50.8 \text{ mm}$,
 $A = 20.27 \text{ cm}^2$, $d = 0.30 \text{ m}$).

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al valore del numero dei colpi SPT equivalente prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :

Nspt -> Dr DENSITA' RELATIVA (Terreni granulari) - TERZAGHI & PECK (1948-1967)

Nspt -> ϕ' ANGOLO DI ATTRITO EFFICACE (Terreni granulari) - PECK-HANSON-THORBURN (1953-1974)

Nspt -> E' MODULO DI DEFORMAZIONE DRENATO (Terreni granulari) - D'APPOLONIA e altri (1970)

Nspt -> Cu COESIONE NON DRENATA (Terreni coesivi) - TERZAGHI & PECK (1948-1967)

Nspt -> Y PESO DI VOLUME

TERRENI GRANULARI (Terzaghi-Peck 1948/1967) [e.max = 1 e.min = 1/3 G = 2.65]

TERRENI COESIVI (Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967) [p.specifico G = 2.70]

qcd -> Qd CAPACITA' PORTANTE DINAMICA Herminier, Tchong & Lebegue(1965)

δ TENSIONE LITOSTATICA al centro del banco

Nspt -> Vs VELOCITA' ONDE S di propagazione delle onde sismiche (Idriss 1996)

Nspt -> G MODULO DI TAGLIO DINAMICO $G = A \times Nspt^B$ (Ohsaki & Iwasaki mod.)

Nspt -> MO MODULO DEFORMAZIONE Coesivo e Granulare (Begemann 1974)

F.L. FATTORE DI LIQUEFAZIONE [NON ATTIVO]

accelerazione al suolo che può causare liquefazione (terreni granulari)

(g = accelerazione gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976) [correlazioni : (Amax/g)]



Fonte dei dati: Regione To - Fonte dei dati: Regione Toscana - Base Informatica Regione To

Fonte dei dati: Regione To - Fonte dei dati: Regione Toscana - Base Informatica Regione To







ALLEGATO 3

REPORT ANALISI GEOTECNICHE DI LABORATORIO

BOZZA RELAZIONE GEOLOGICA



Autorizzazione del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Settore A – Prove di laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 – ART. 59 DPR 380/2001 – Circolare 7618/STC 2010

LABOTER Srl
Lab. Geotecnico - C.S.LL.PP. Decr. 2436/13

Committente : Studio di geologia Geol-Aqua

Cantiere : Pontassieve

Verbale Accettazione n° : 133 del 25/03/2026

Data Certificazione : 02/04/2026

Campioni n° : 2

Certificati da n° a n° : 01737 a 01744





LABOTER S.r.l.
Via di Montalbano 65
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

COMMITTENTE: Studio di geologia Geol-Aqua
RIFERIMENTO: Pontassieve
SONDAGGIO: CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 0.0-0.3

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	18,8	%
Peso di volume	13,5	kN/m ³
Peso di volume secco	11,4	kN/m ³
Peso di volume saturo	16,9	kN/m ³
Peso specifico	26,4	kN/m ³
Indice dei vuoti	1,326	
Porosità	57,0	%
Grado di saturazione	38,1	%
Limite di liquidità		%
Limite di plasticità		%
Indice di plasticità		%
Indice di consistenza		%
Passante al set. n° 40		%
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00		

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	29,8	%
Sabbia	32,6	%
Limo	20,7	%
Argilla	16,9	%
D 10	0,000964	mm
D 50	0,327167	mm
D 60	0,830347	mm
D 90	10,227990	mm
Passante set. 10	70,2	%
Passante set. 42	52,7	%
Passante set. 200	38,6	%

COMPRESSIONE

σ	kPa
c_u	kPa
σ_{Rim}	kPa
$c_{u\ Rim}$	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta	
c'	kPa
ϕ'	°
c'_{Res}	kPa
ϕ'_{Res}	°

PERMEABILITA'

Coefficiente k	2,481E-03	cm/sec
----------------	-----------	--------

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	C_d	kPa	ϕ_d	°
C.U.	C'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu}	°
	C_{cu}	kPa	ϕ_{cu}	°
U.U.	C_u	kPa	ϕ_u	°

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	C_v cm ² /sec	k cm/sec

FOTOGRAFIA**OSSERVAZIONI**

Tipo di campione: Sciolto		Qualità del campione: Q 2
---------------------------	--	---------------------------

Posizione delle prove CF GR K	cm	Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
	0				Sabbia con ghiaia limosa e argillosa MUNSELL SOIL COLOR: 7.5YR 5/4 Brown
	5				
	10				
	15				
	20			20	

**LABOTER S.r.l.**

Via di Montalbano 65
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01737	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 02/04/26	Inizio analisi: 25/03/26
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 133 del 25/03/26		Apertura campione: 25/03/26	Fine analisi: 26/03/26

COMMITTENTE: Studio di geologia Geol-Aqua
RIFERIMENTO: Pontassieve
SONDAGGIO: CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 0.0-0.3

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 18,8 %

Struttura del materiale:

- Omogeneo
 Stratificato
 Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C



LABOTER S.r.l.
Via di Montalbano 65
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01738	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 02/04/26	Inizio analisi: 25/03/26
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 133 del 25/03/26		Apertura campione: 25/03/26	Fine analisi: 25/03/26

COMMITTENTE: Studio di geologia Geol-Aqua
RIFERIMENTO: Pontassieve
SONDAGGIO: CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 0.0-0.3

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale = 13,5 kN/m³

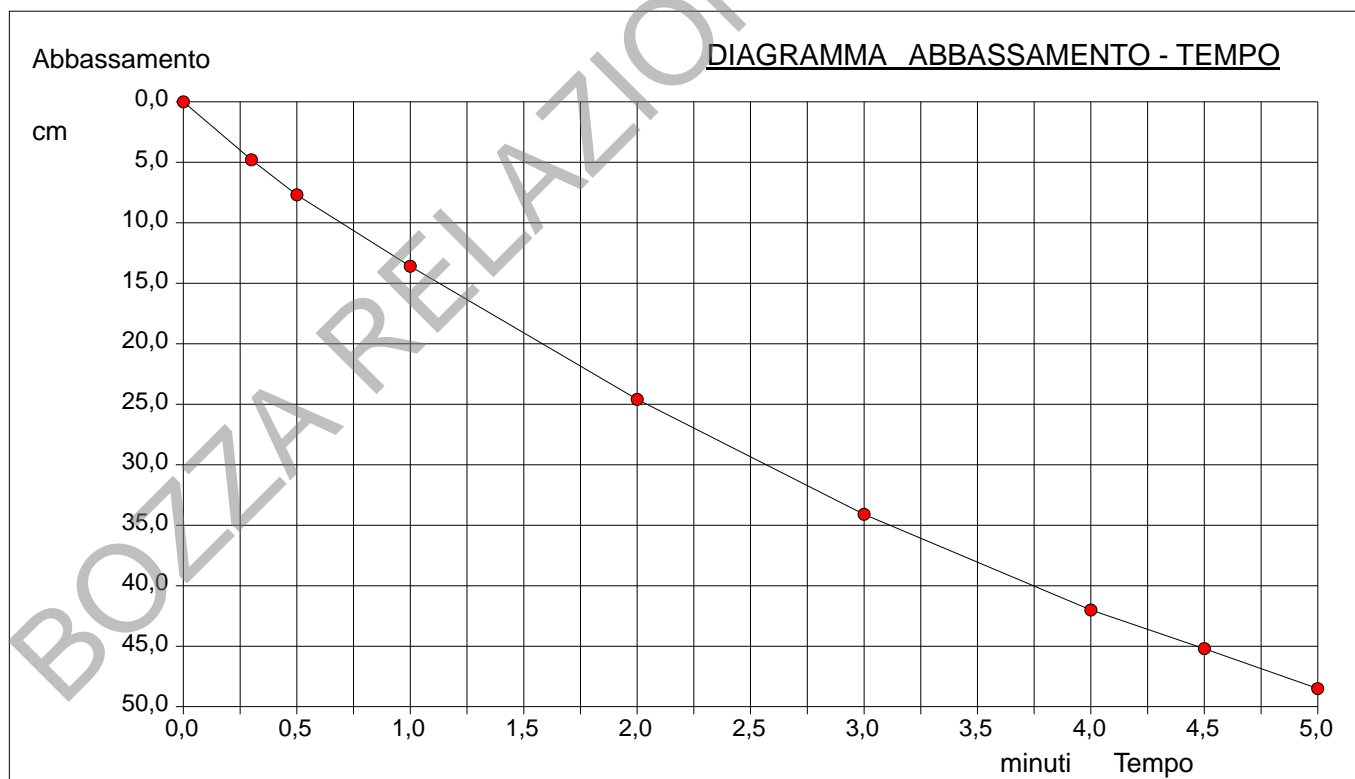


CERTIFICATO DI PROVA N°: 01739	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 02/04/26	Inizio analisi: 25/03/26
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 133 del 25/03/26		Apertura campione: 25/03/26	Fine analisi: 27/03/26

COMMITTENTE: Studio di geologia Geol-Aqua
RIFERIMENTO: Pontassieve
SONDAGGIO: CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 0.0-0.3

PROVA DI PERMEABILITA' A CARICO VARIABILE IN EDOMETRO

CARATTERISTICHE DEL PROVINO			Tempo minuti	Abbassamento tot. cm	Abbassamento parz. cm	Permeabilità cm/sec
Altezza	2,50	cm	0,3	4,8	4,8	3,59E-04
Diametro	5,00	cm	0,5	7,7	2,9	3,54E-04
Sezione	19,63	cm ²	1,0	13,6	5,9	3,20E-04
Volume	49,09	cm ³	2,0	24,6	11,0	3,84E-04
Massa	73,9	g	3,0	34,1	9,5	5,00E-04
Peso di volume	14,8	kN/m ³	4,0	42,0	7,9	7,33E-04
Umidità	18,0	%	4,5	45,2	3,2	1,09E-03
			5,0	48,5	3,3	2,48E-03
Carico idraulico iniziale	50,00	cm				
Coeff. di permeabilità	2,48E-03	cm/sec				



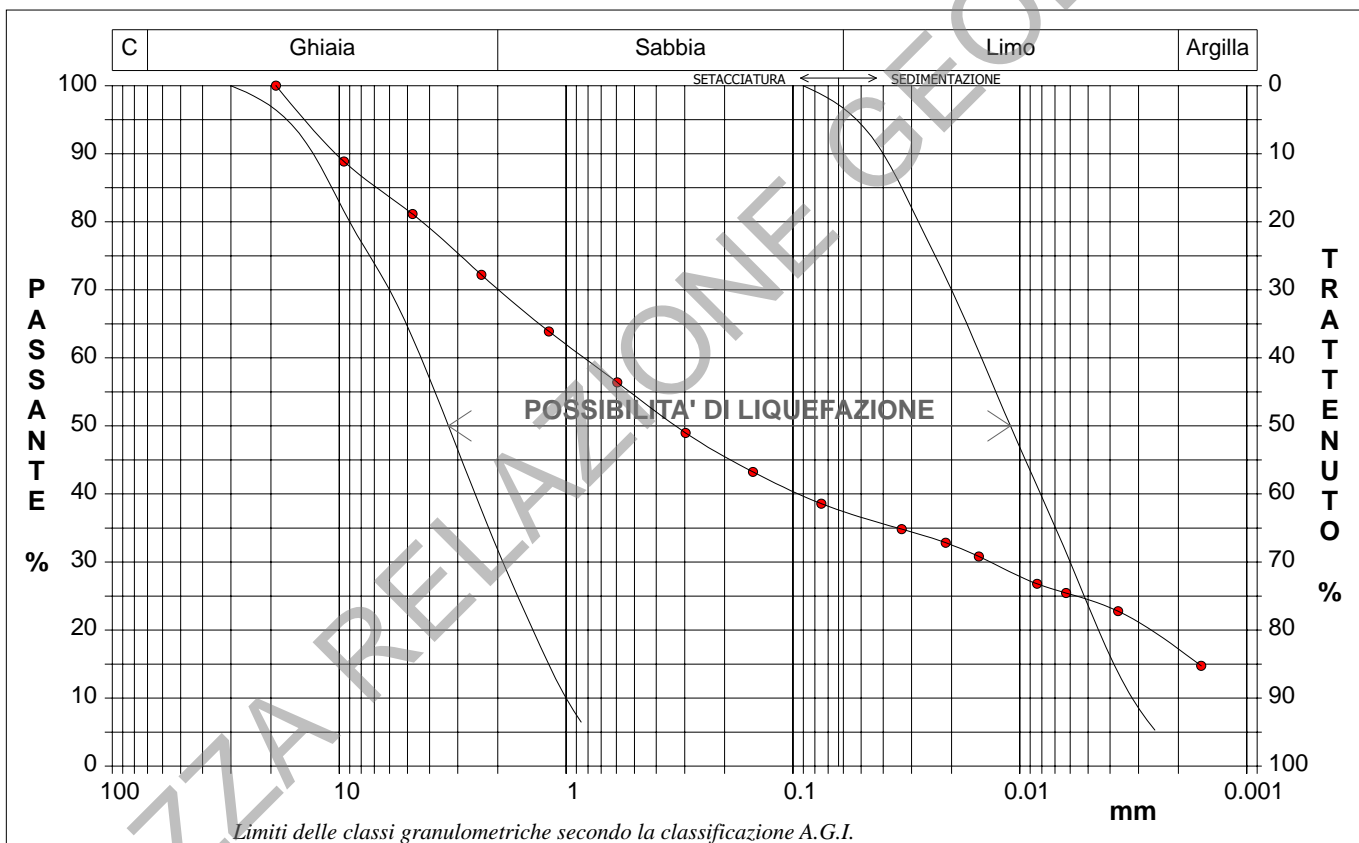


CERTIFICATO DI PROVA N°: 01740	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 02/04/26	Inizio analisi: 26/03/26
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 133 del 25/03/26		Apertura campione: 25/03/26	Fine analisi: 31/03/26

COMMITTENTE: Studio di geologia Geol-Aqua
RIFERIMENTO: Pontassieve
SONDAGGIO: CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 0.0-0.3

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	29,8 %	Passante setaccio 2 mm	70,2 %	D ₁₀	0,00096 mm
Sabbia	32,6 %	Passante setaccio 0.4 mm	52,7 %	D ₃₀	0,01344 mm
Limo	20,7 %	Passante setaccio 0.075 mm	38,6 %	D ₅₀	0,32717 mm
Argilla	16,9 %			D ₆₀	0,83035 mm
Coefficiente di uniformità	861,02	Coefficiente di curvatura	0,23	D ₉₀	10,22799 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
19,0000	100,00	0,5950	56,40	0,0212	32,83	0,0016	14,74		
9,5200	88,84	0,2970	48,96	0,0152	30,82				
4,7500	81,14	0,1500	43,24	0,0084	26,80				
2,3600	72,20	0,0750	38,58	0,0063	25,46			Setacci	8
1,1900	63,89	0,0332	34,84	0,0037	22,78			Punti sediment.	7

**LABOTER S.r.l.**

Via di Montalbano 65
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

COMMITTENTE: Studio di geologia Geol-Aqua
RIFERIMENTO: Pontassieve
SONDAGGIO: CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 0.0-0.3

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	27,7	%
Peso di volume	17,1	kN/m ³
Peso di volume secco	13,4	kN/m ³
Peso di volume saturo	18,2	kN/m ³
Peso specifico	26,4	kN/m ³
Indice dei vuoti	0,974	
Porosità	49,3	%
Grado di saturazione	76,5	%
Limite di liquidità		%
Limite di plasticità		%
Indice di plasticità		%
Indice di consistenza		%
Passante al set. n° 40		%
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00		

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	10,4	%
Sabbia	24,5	%
Limo	26,7	%
Argilla	38,4	%
D 10		mm
D 50	0,010986	mm
D 60	0,039043	mm
D 90	2,152051	mm
Passante set. 10	89,6	%
Passante set. 42	78,9	%
Passante set. 200	67,8	%

COMPRESSIONE

σ	kPa
c_u	kPa
σ_{Rim}	kPa
$c_{u\ Rim}$	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta	
c'	kPa
ϕ'	°
c'_{Res}	kPa
ϕ'_{Res}	°

PERMEABILITA'

Coefficiente k	4,416E-05	cm/sec
----------------	-----------	--------

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	C_d	kPa	ϕ_d	°
C.U.	C'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu}	°
	C_{cu}	kPa	ϕ_{cu}	°
U.U.	C_u	kPa	ϕ_u	°

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	C_v cm ² /sec	k cm/sec

FOTOGRAFIA**OSSERVAZIONI**

Tipo di campione: Sciolto		Qualità del campione: Q 2
---------------------------	--	---------------------------

Posizione delle prove CF GR K	cm	Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
	0				Argilla con limo sabbiosa e ghiaiosa MUNSELL SOIL COLOR: 7.5YR 5/3 Brown
	5				
	10				
	15				
	20			20	



LABOTER S.r.l.
Via di Montalbano 65
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01741	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 02/04/26	Inizio analisi: 25/03/26
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 133 del 25/03/26		Apertura campione: 25/03/26	Fine analisi: 26/03/26

COMMITTENTE: Studio di geologia Geol-Aqua
RIFERIMENTO: Pontassieve
SONDAGGIO: CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 0.0-0.3

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 27,7 %

Struttura del materiale:

- Omogeneo
 Stratificato
 Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C



LABOTER S.r.l.
Via di Montalbano 65
51100 Pistoia
Tel. 0573 570566
e-mail: laboter@laboterpt.it

DNV Business Assurance
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di Laboratorio su terre
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01742	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 02/04/26	Inizio analisi: 25/03/26
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 133 del 25/03/26		Apertura campione: 25/03/26	Fine analisi: 25/03/26

COMMITTENTE: Studio di geologia Geol-Aqua
RIFERIMENTO: Pontassieve
SONDAGGIO: CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 0.0-0.3

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale = 17,1 kN/m³

**LABOTER S.r.l.**
 Via di Montalbano 65
 51100 Pistoia
 Tel. 0573 570566
 e-mail: laboter@laboterpt.it

 DNV Business Assurance
 Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
 UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
 Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

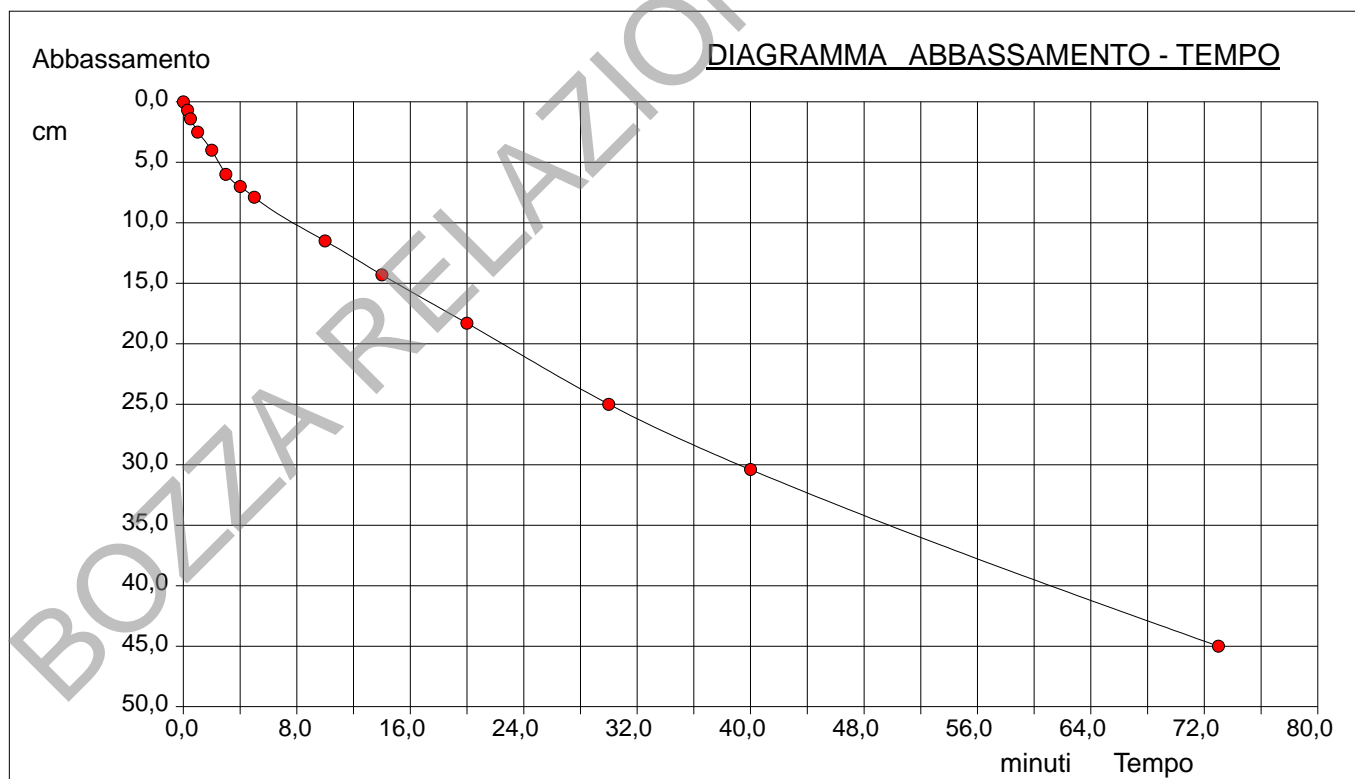
 Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
 Settore A - Prove di Laboratorio su terre
 Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 01743	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 02/04/26	Inizio analisi: 25/03/26
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 133 del 25/03/26		Apertura campione: 25/03/26	Fine analisi: 27/03/26

COMMITTENTE: Studio di geologia Geol-Aqua
RIFERIMENTO: Pontassieve
SONDAGGIO: CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 0.0-0.3

PROVA DI PERMEABILITA' A CARICO VARIABILE IN EDOMETRO

CARATTERISTICHE DEL PROVINO			Tempo minuti	Abbassamento tot. cm	Abbassamento parz. cm	Permeabilità cm/sec
Altezza	2,50	cm	0,3	0,7	0,7	5,01E-05
Diametro	5,00	cm	0,5	1,4	0,7	7,63E-05
Sezione	19,63	cm ²	1,0	2,5	1,1	4,88E-05
Volume	49,09	cm ³	2,0	4,0	1,5	3,42E-05
Massa	68,3	g	3,0	6,0	2,0	4,74E-05
Peso di volume	13,6	kN/m ³	4,0	7,0	1,0	2,45E-05
Umidità	28,0	%	5,0	7,9	0,9	2,26E-05
Carico idraulico iniziale	50,00	cm	10,0	11,5	3,6	1,91E-05
Coeff. di permeabilità	4,42E-05	cm/sec	14,0	14,3	2,8	2,01E-05
			20,0	18,3	4,0	2,11E-05
			30,0	25,0	6,7	2,53E-05
			40,0	30,4	5,4	2,60E-05
			73,0	45,0	14,6	4,42E-05



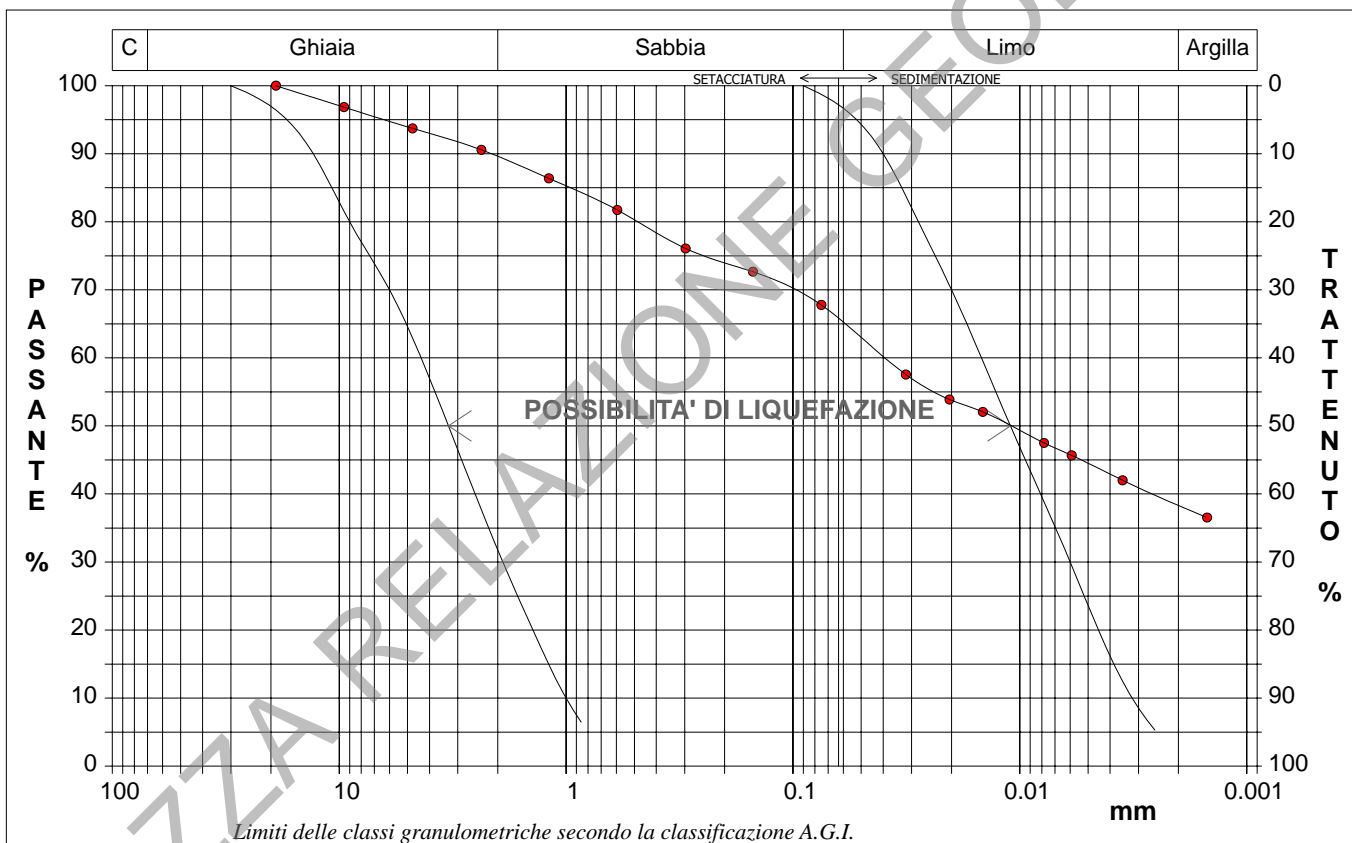


CERTIFICATO DI PROVA N°: 01744	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 02/04/26	Inizio analisi: 26/03/26
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 133 del 25/03/26		Apertura campione: 25/03/26	Fine analisi: 31/03/26

COMMITTENTE: Studio di geologia Geol-Aqua
RIFERIMENTO: Pontassieve
SONDAGGIO: CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 0.0-0.3

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	10,4 %	Passante setaccio 2 mm	89,6 %	D ₁₀	---	mm
Sabbia	24,5 %	Passante setaccio 0.4 mm	78,9 %	D ₃₀	---	mm
Limo	26,7 %	Passante setaccio 0.075 mm	67,8 %	D ₅₀	0,01099	mm
Argilla	38,4 %			D ₆₀	0,03904	mm
Coefficiente di uniformità	---	Coefficiente di curvatura	---	D ₉₀	2,15205	mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
19,0000	100,00	0,5950	81,73	0,0204	53,89	0,0015	36,54		
9,5200	96,84	0,2970	76,07	0,0146	52,06				
4,7500	93,72	0,1500	72,66	0,0078	47,50				
2,3600	90,56	0,0750	67,78	0,0059	45,67			Setacci	8
1,1900	86,37	0,0318	57,55	0,0035	42,02			Punti sediment.	7

COMUNE DI PONTASSIEVE (FI)

ALLEGATO 4

Report indagini sismiche

Committente: Consorzio Le Fonti
Monteloro

Cantiere: Loc. Villese, loc. San
Vincenzo e loc. Il Pelagaccio




27 aprile 2026

SISMOELETTRICA S.r.l.
Via La Marmora 51
50121 Firenze
www.sismoelettrica.it
info@sismoelettrica.it
3290723618

Il Tecnico:


Geol. Francesco Cintelli
Ordine dei Geologi della Toscana n° 1460


	Report indagini sismiche	Località: Monteloro	Committente: Consorzio Le Fonti Monteloro
---	--------------------------	------------------------	---

Sommario:

1 - PREMESSA	2
2 - CARATTERISTICHE TECNICHE DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	2
4 - INDAGINE MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)	3
4.1 – Note teoriche in merito alla metodologia d’indagine	3
4.2 – RISULTATI DELL’INDAGINE SISMICA MASW	6
5 - INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE	15
5.1 - Metodo di elaborazione dati e loro interpretazione	15
5.2 – Schema Operativo	17
4.3 - Risultati dell'indagine indagine sismica a rifrazione	33
6 – CONCLUSIONI	34

BOZZA RELAZIONE GEOLOGICA

	Report indagini sismiche	Località: Monteloro	Committente: Consorzio Le Fonti Monteloro
---	--------------------------	------------------------	---

1 - PREMESSA

Su incarico della Committenza, è stata realizzata una campagna d'indagine sismica in nella frazione di Monteloro nel Comune di Pontassieve (FI) i giorni 13/03/2026 e 25/03/2026. In totale sono stati eseguiti n. 4 stendimenti sismici a rifrazione + MASW.

Dopo aver preso visione della zona, delle problematiche ad essa connesse e degli spazi a disposizione, è stata programmata una campagna di prospezioni geofisiche con lo scopo di fornire, una caratterizzazione delle litologie presenti nell'area d'indagine nonché determinare le geometrie dei terreni (spessori e superfici di contatto) nel sottosuolo in funzione dell'andamento in profondità delle velocità delle onde sismiche.

In particolare, le prove realizzate sono state finalizzate alla valutazione di:

- *profilo delle velocità di propagazione delle onde di taglio S (V_s) e P (V_p) nel sottosuolo;*
- *presenza di contrasti di impedenza sismica ed ubicazione del bedrock sismico;*
- *periodo di oscillazione fondamentale di sito.*

2 - CARATTERISTICHE TECNICHE DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Indagine geofisica MASW e a rifrazione: è stato utilizzato un sismografo costituito da un sistema a più canali a conversione digitale tra loro in catena, ciascuno con un proprio ID, e pilotati da PC. Il modello è denominato DOREMI (SARA electronic instruments), con risoluzione di acquisizione pari a 24 bit. Per quel che riguarda i sensori, sono stati utilizzati 12-24 geofoni del tipo elettromagnetico a bobina mobile, con frequenza caratteristica di 10 Hz. Come sorgente di energia sismica per le onde di superficie si è fatto uso di una mazza con maglio da 8 kg battente su asfalto (generazione onde P) posta sul suolo in linea con lo stendimento.

L'inizio della registrazione è stato dato tramite un trigger che consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui la massa battente colpisce la piastra e l'impulso generato (nel nostro caso si è usato quello proveniente da un geofono starter), inviato al sistema di acquisizione, consente di fissare il tempo zero di riferimento per il calcolo dei tempi di percorso delle onde generate.

La strumentazione utilizzata per l'acquisizione dei dati di campagna è la seguente (Tabella 1):

SISMO ELETTRICA	Report indagini sismiche	Località: Monteloro	Committente: Consorzio Le Fonti Monteloro
------------------------	--------------------------	------------------------	---

Energizzatore	massa da 8 Kg su asfalto (Onde P)	generazione segnale
Geofoni verticali ed orizzontali (frequenza 10 Hz)	4kOhm 4.5Hz	conversione segnale sismico in elettrico
Sismografo SARA Do.Re.Mi.	digitalizzatori - 24 bit	conversione segnale e registrazione
Interfaccia Do.Re.Mi. master	-	alimentazione, collegamento PC,
Computer	Notebook Hp	visualizzazione, memorizzazione dati

Strumentazione utilizzata per le acquisizioni geofisiche.



Strumentazione d'acquisizione.


4 - INDAGINE MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

4.1 – Note teoriche in merito alla metodologia d'indagine

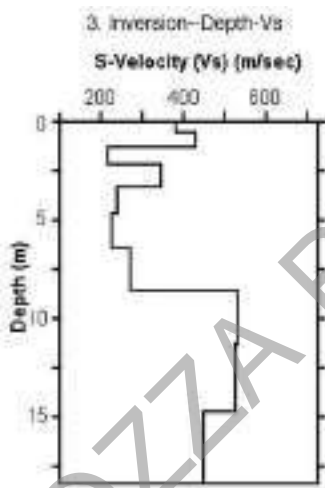
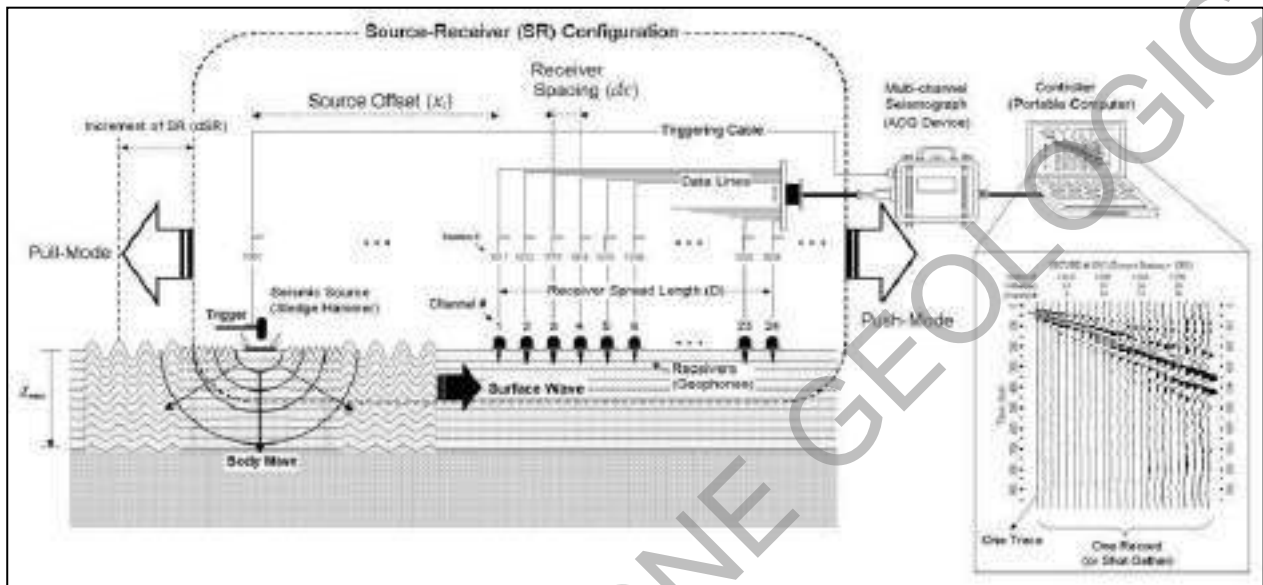
La velocità di propagazione nel sottosuolo delle onde 'S' è stata definita tramite la metodologia di indagine geofisica MASW.

La metodologia MASW è un metodo di analisi che studia la propagazione di onde di superficie (onde di Rayleigh) attraverso misure di sismica attiva in un semispazio (sottosuolo); di seguito sono riportate alcune brevi considerazioni di carattere teorico:

- le varie componenti (frequenze) del segnale sismico si propagano ad una velocità che dipende dalle proprietà elastiche del mezzo e caratteristiche litostratigrafiche (spessore h_i , coefficiente di Poisson ν_i e densità ρ_i dello strato);
- in un mezzo stratificato le onde sismiche sono sottoposte al fenomeno della dispersione;
- le onde di superficie con lunghezze d'onda più ampie (frequenze più basse) sono controllate dalla parte più profonda del sottosuolo, mentre le lunghezze d'onda più piccole (frequenze più alte) dalla parte più superficiale;

	Report indagini sismiche	Località: Monteloro	Committente: Consorzio Le Fonti Monteloro
---	--------------------------	------------------------	---


- in genere (ad eccezione dei casi in cui sono presenti inversioni di velocità) la velocità delle onde sismiche aumenta con la profondità, quindi le frequenze più basse delle onde di superficie viaggeranno ad una velocità maggiore rispetto alle frequenze più alte;
- attraverso lo studio della propagazione delle onde di Rayleigh e/o Love è possibile risalire alla velocità delle onde di taglio "S" in quanto le velocità nel terreno di queste ultime corrisponde a circa il 90% delle velocità delle onde di superficie (correlazione di tipo lineare).



La fase di elaborazione consiste nell'ottenere la curva di dispersione relativa ad ogni registrazione, ovvero la trasformazione delle serie temporali nel dominio della frequenza F e del numero d'onda K . Sullo spettro Frequenza (Hz) - Velocità di Fase (m/s) vengono individuati i punti di massimo spettrale di energia che consentono di risalire alla curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh e/o di Love (una per ogni acquisizione). La velocità delle onde S viene stimata su un modello di strati del terreno che viene implementato con un processo iterativo fino a trovare la combinazione finale di velocità delle onde di taglio e spessori degli strati, tale da minimizzare gli scarti fra la curva di dispersione calcolata sul modello e quella

misurata sullo spettro della dispersione delle onde superficiali. La velocità delle onde di taglio è approssimativamente pari a $1,1 V_r$ (V_r = velocità delle Onde di Rayleigh e/o Love) e la profondità è pari a $0,4\lambda$ (λ lunghezza d'onda). Il profilo verticale per ogni curva di dispersione è posizionato nel punto medio di ogni stendimento geofonico.

L'acquisizione MASW è avvenuta con la stessa configurazione spaziale e gli stessi geofoni dello stendimento sismico a rifrazione, utilizzando però differenti tempi di acquisizione, frequenza di campionamento e periodo di campionamento. Sono stati quindi prodotti n. 1 'shot' sismici successivi con mazza ad una certa distanza dal primo geofono 'offset minimo' ottenendo tre 'dataset' successivamente combinati attraverso un procedimento di 'staging'

	Report indagini sismiche	Località: Monteloro	Committente: Consorzio Le Fonti Monteloro
---	--------------------------	------------------------	---

(somma). Nella seguente tabella sono descritte le specifiche tecniche di acquisizione del segnale sismico:


	MASW1	MASW2	MASW3	MASW4	Unità di misura
Spaziatura fra geofoni	1.5	1.5	2	2	[m]
Numero geofoni	24	24	24	24	-
Tracce interlacciate	no	no	no	no	-
Lunghezza stendimento	34.5	34.5	46	46	[m]
Distanza shot N.1 dal primo geofono	-3	-3	3	5	[m]
Frequenza di campionamento	500	500	1000	250	[Hz]
Tempo di registrazione	2	2	2	2	[s]
Metodo di energizzazione	Massa battente da 8 kg su piastra in alluminio	Massa battente da 8 kg su piastra in alluminio	Massa battente da 8 kg su piastra in alluminio	Massa battente da 8 kg su piastra in alluminio	-
Tipologia geofoni	Verticali frequenza 4.5 Hz	Verticali frequenza 4.5 Hz	Verticali frequenza 4.5 Hz	Verticali frequenza 4.5 Hz	-
Posizionamento geofoni	Infissione su terreno naturale	Infissione su terreno naturale	Infissione su terreno naturale	Infissione su terreno naturale	-

Specifiche tecniche di acquisizione.

L'analisi dei dati acquisiti dalla metodologia MASW, con onde di Rayleigh, avviene attraverso le seguenti fasi:

1. Calcolo dello spettro di velocità; 2. Individuazione del modo fondamentale e degli eventuali superiori; 3. Calcolo della curva di dispersione mediante modellazione diretta, cioè attribuzione degli spessori e delle velocità relative, sulla base di dati riguardanti il sito acquisiti precedentemente tramite indagini dirette o bibliografia; 4. Inversione della curva di dispersione e conseguente individuazione del profilo di velocità V_s .

Si è infine generato dei sismogrammi sintetici secondo il metodo della "Modal Summation" (Herrmann, 2003). Il metodo di analisi è indicato con l'acronimo FVS (inversione Full Velocity Spectrum). Tramite questo approccio vengono invertiti gli spettri di velocità. I colori in sottofondo sono relativi agli spettri di velocità dei dati di campagna mentre le curve di contours nere si riferiscono al dato sintetico (si noti la buona sovrapposizione fra le due).

	Report indagini sismiche	Località: Monteloro	Committente: Consorzio Le Fonti Monteloro
---	--------------------------	------------------------	---

4.2 – RISULTATI DELL'INDAGINE SISMICA MASW

Nella Tabella sottostante vengono riportati gli spessori e le relative velocità V_s , ricordando che, come in tutti i metodi geofisici, può essere ottenuta solo una stima del modello sismostratigrafico a causa del problema della non univocità. Il software utilizzato per l'elaborazione dei dati acquisiti è *WinMASW*.


Attraverso l'elaborazione dei dati acquisiti è stato definito lo spettro di velocità (dominio f-V) da cui attraverso un procedimento di 'modellazione diretta' (esaminando il modo fondamentale e i modi superiori) è stata individuata la curva di dispersione ritenuta più appropriata per la stesa sismica.

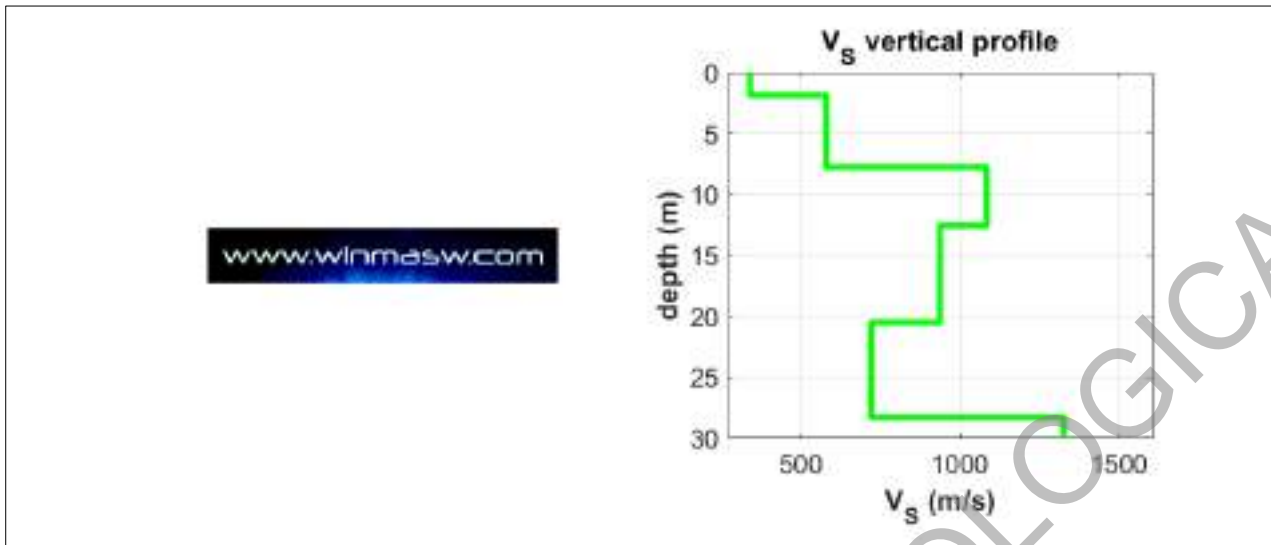
L'analisi della dispersione delle onde superficiali ha consentito di stimare il profilo verticale della V_s e di conseguenza del parametro $V_{s,eq}$ considerando come riferimento il piano di campagna. Sulla base del profilo sismostratigrafico ottenuto, le aree d'indagine risultano tutte compatibili con la **categoria di sottosuolo B** per secondo le NTC 2018 - Tabella 3.2.II. Sarà comunque cura del progettista, in base alle caratteristiche dell'opera da realizzare, alla effettiva profondità di imposta delle fondazioni, ai modelli sismostratigrafici riportati con il conseguente profilo verticale della V_s , ed a tutte le considerazioni del caso che riterrà opportune, attribuire il definitivo valore di $V_{s,eq}$ e conseguentemente la categoria di suolo. Di seguito è riportata una tabella di confronto dei valori di velocità V_{seq} (m/s) e V_{s30} (m/s) nelle quattro misure MASW distinte per area d'indagine:

Area indagine	MASW	V_{seq} (m/s)	V_{s30} (m/s)
B	MASW1	495	738
B	MASW2	502	855
C	MASW3	474	474
A	MASW4	362	723

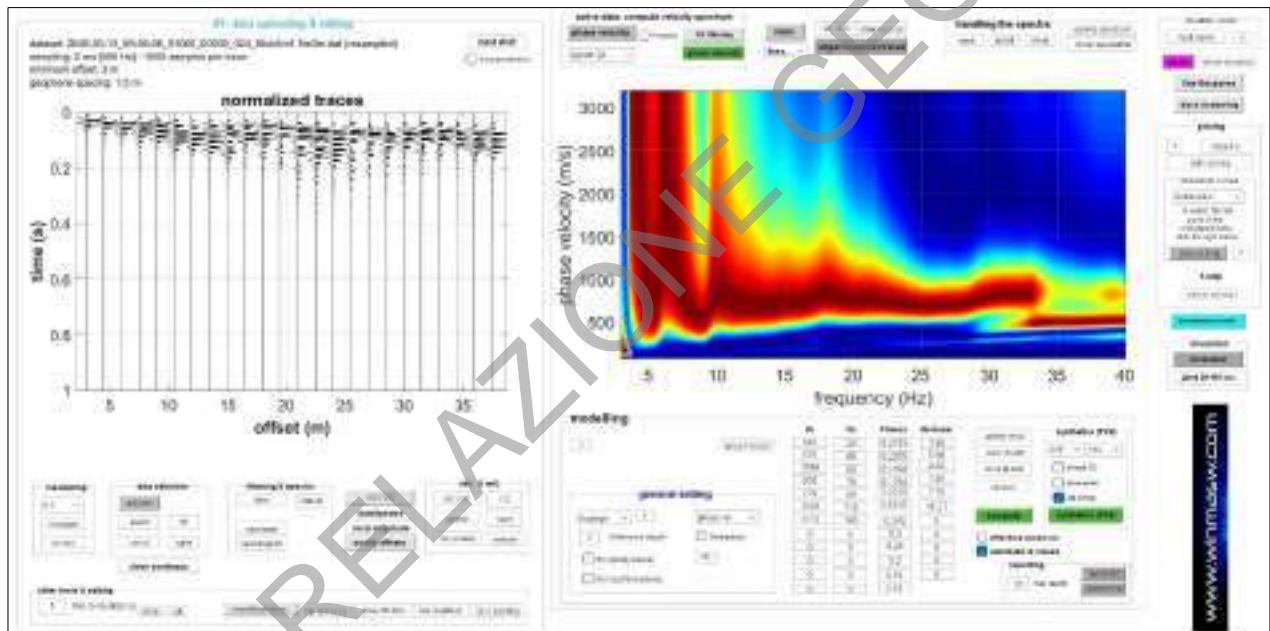
Orizzonti	Velocità (m/s)	Spessori (m)	Profondità (m)
1	340	1.86	1.86
2	579	5.88	7.74
3	1084	4.82	12.6
4	936	7.95	20.6
5	719	7.78	28.3
6	1325	1.70	30.0
7	1713	Semi-spazio	Semi-spazio

Modello sismo-stratigrafico medio stimato per MASW1.


	Report indagini sismiche	Località: Monteloro	Committente: Consorzio Le Fonti Monteloro
---	--------------------------	------------------------	---

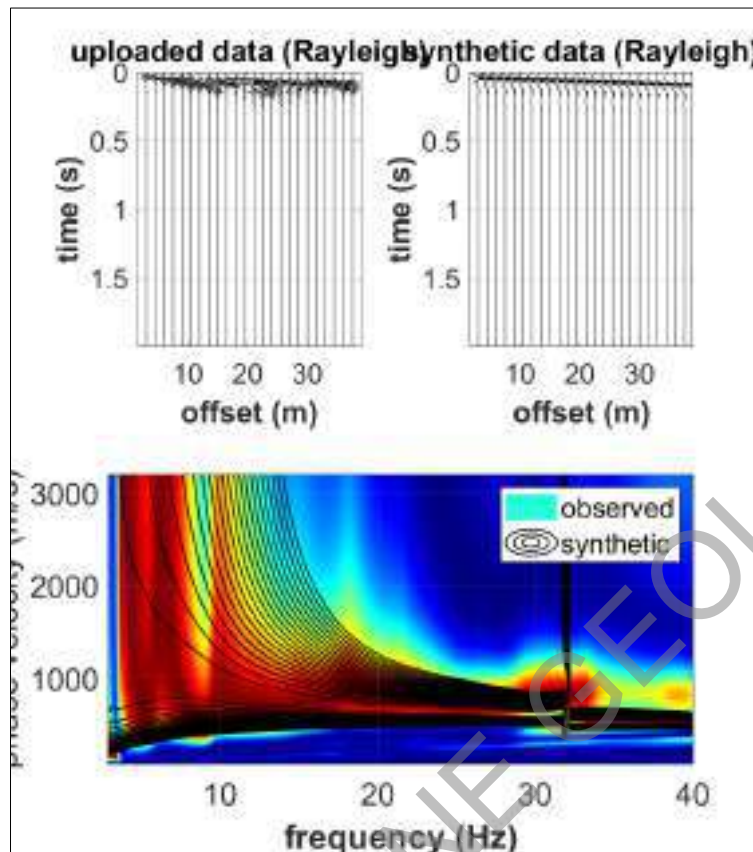


Profilo di velocità Vs in funzione della profondità per MASW1.

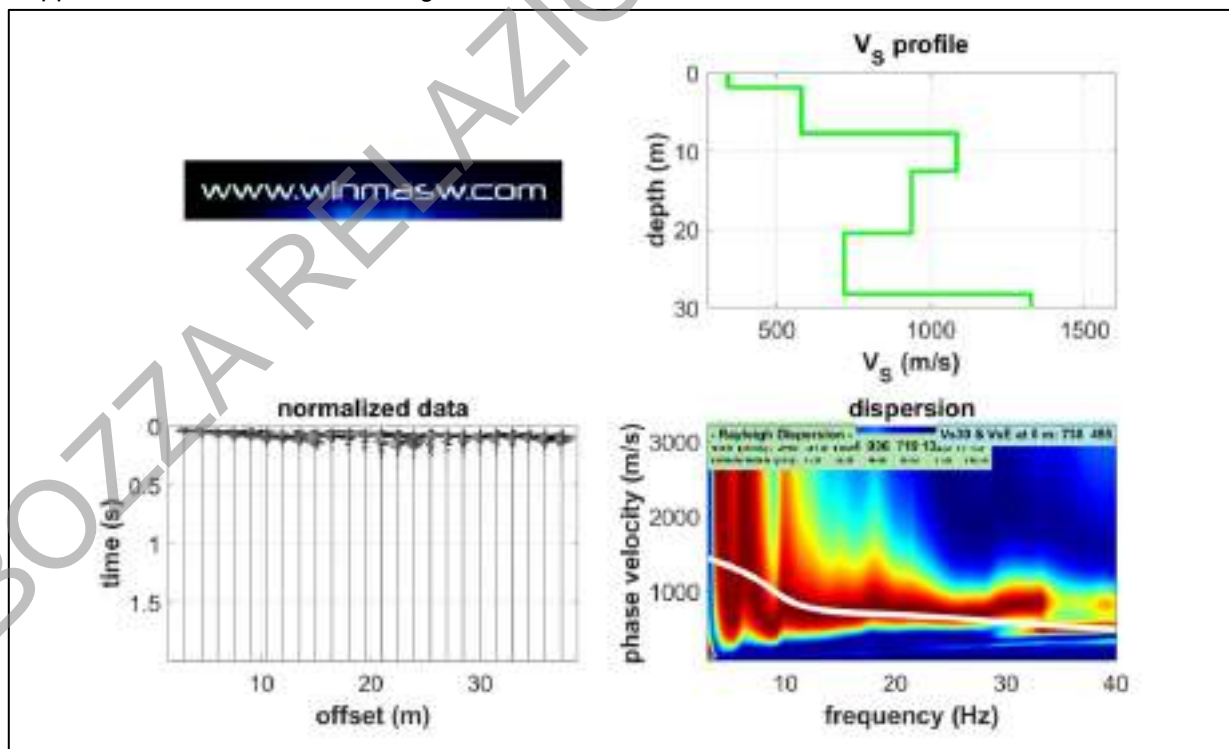


Componente di Rayleigh per MASW1 – sismogrammi dei dati acquisiti (a sinistra), curva di dispersione e spettro di velocità (dominio f-V) (a destra).


	Report indagini sismiche	Località: Monteloro	Committente: Consorzio Le Fonti Monteloro
---	--------------------------	------------------------	---



A sinistra: sismogrammi originali; a destra, sismogrammi sintetici. Spettro di campagna a colori con sovrapposte le contourlines dei sismogrammi sintetici di MASW1.

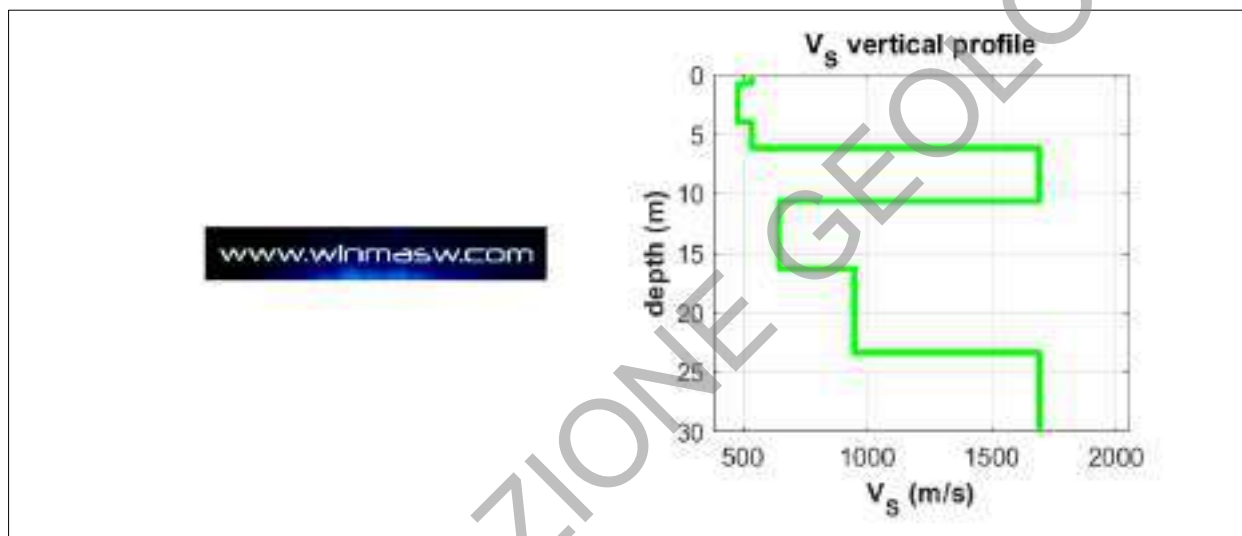


Risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite l'analisi di dati MASW1 – ZVF, In alto: profilo verticale V_s identificato dall'inversione. In basso a destra: spettro di velocità osservato con sovrapposte le curve di dispersione (componente di Rayleigh); In basso a sinistra: Componente di Rayleigh - sismogramma dei dati acquisiti Modello sismo-stratigrafico stimato.

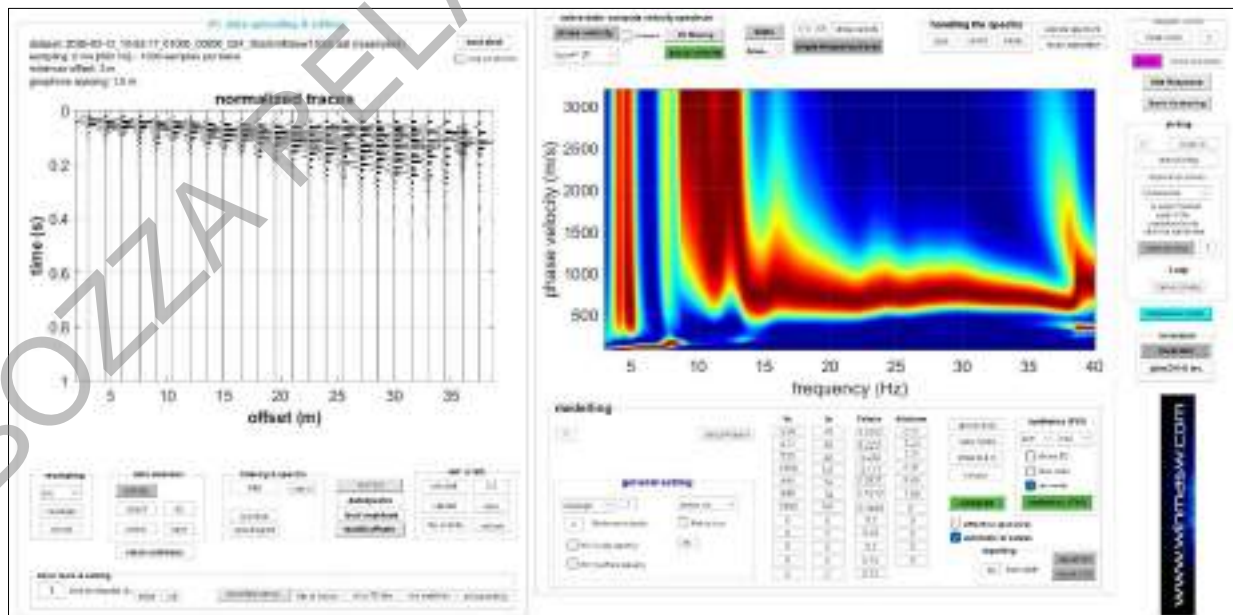
	Report indagini sismiche	Località: Monteloro	Committente: Consorzio Le Fonti Monteloro
---	--------------------------	------------------------	---

Orizzonti	Velocità (m/s)	Spessori (m)	Profondità (m)
1	534	0.71	0.71
2	477	3.22	3.93
3	533	2.21	6.14
4	1689	4.47	10.6
5	643	5.66	16.3
6	946	7.09	23.4
7	1690	Semi-spazio	Semi-spazio


Modello sismo-stratigrafico medio stimato per MASW2.

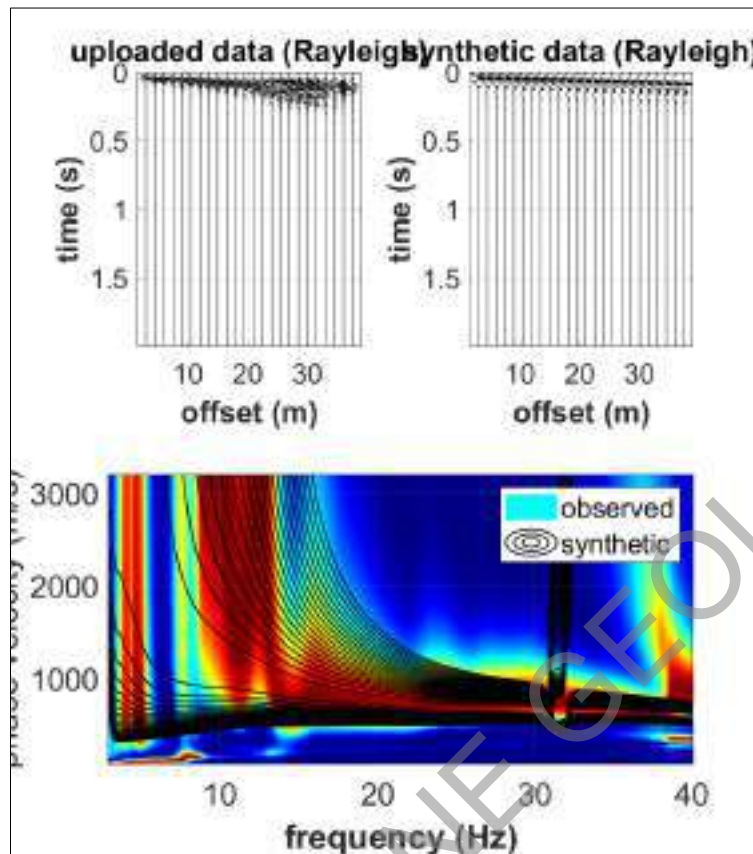


Profilo di velocità Vs in funzione della profondità per MASW2.

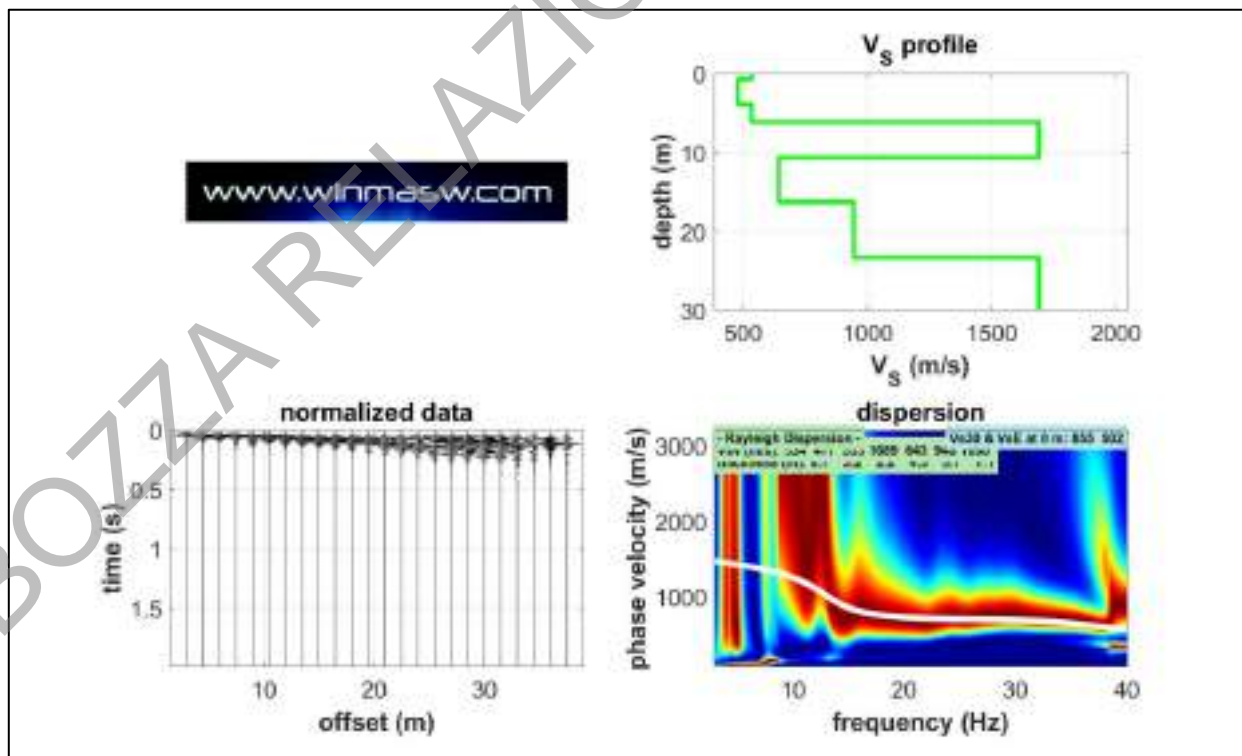


Componente di Rayleigh per MASW2 – sismogrammi dei dati acquisiti (a sinistra), curva di dispersione e spettro di velocità (dominio f-V) (a destra).


	Report indagini sismiche	Località: Monteloro	Committente: Consorzio Le Fonti Monteloro
---	--------------------------	------------------------	---



A sinistra: sismogrammi originali; a destra, sismogrammi sintetici. Spettro di campagna a colori con sovrapposte le contourlines dei sismogrammi sintetici di MASW2.

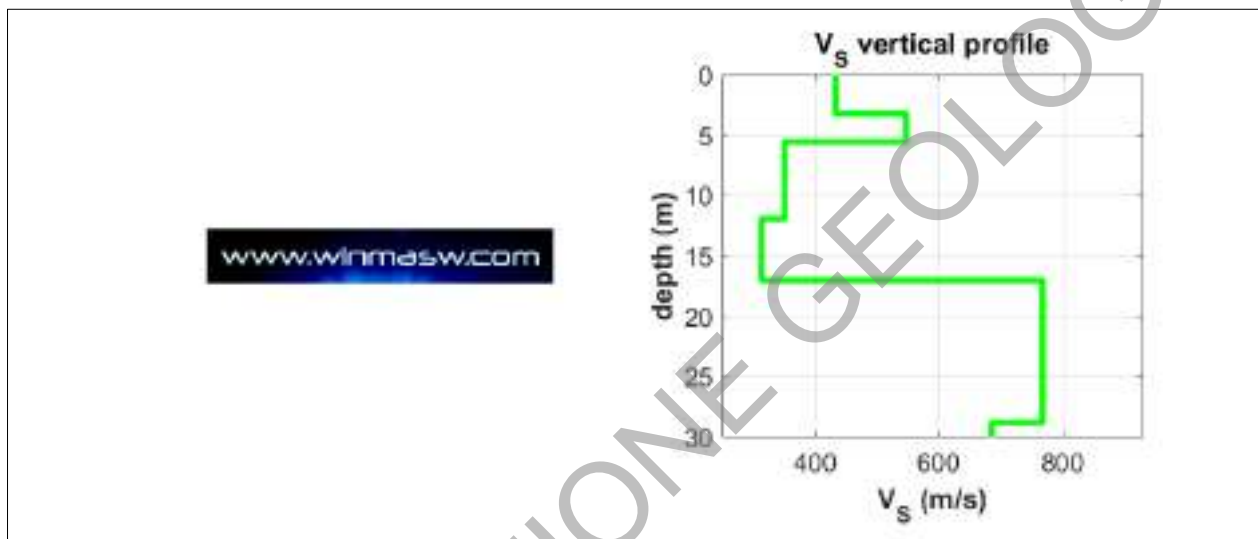


Risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite l'analisi di dati MASW2 – ZVF. In alto: profilo verticale V_s identificato dall'inversione. In basso a destra: spettro di velocità osservato con sovrapposte le curve di dispersione (componente di Rayleigh); In basso a sinistra: Componente di Rayleigh - sismogramma dei dati acquisiti Modello sismo-stratigrafico stimato.

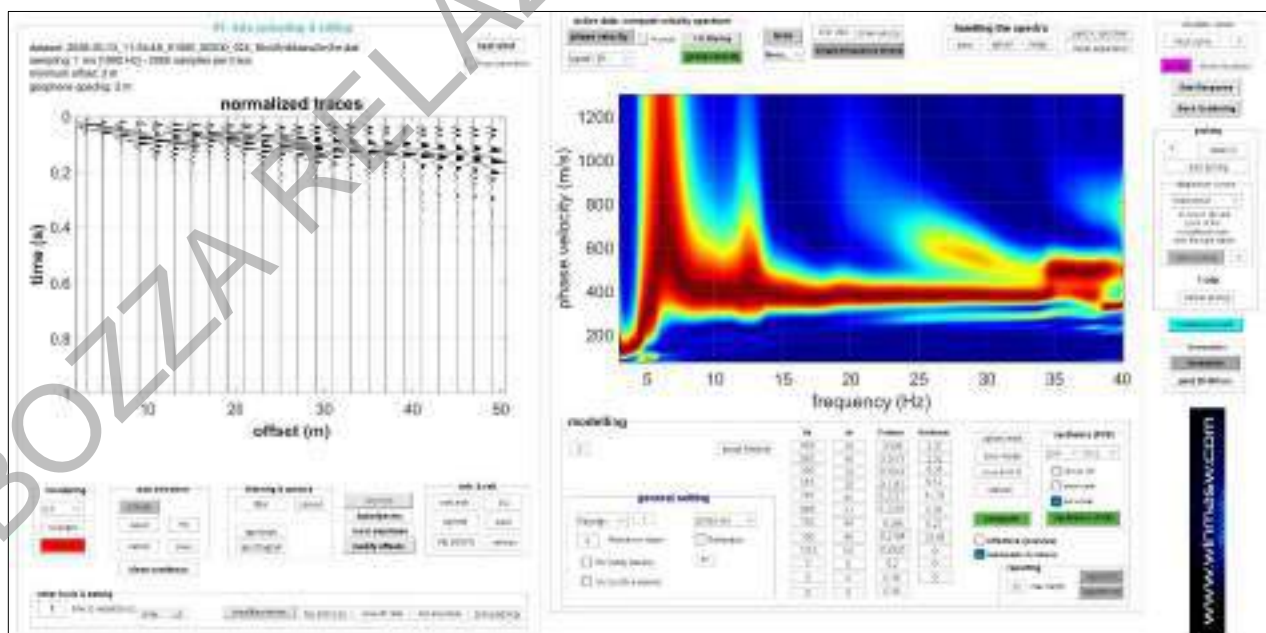
	Report indagini sismiche	Località: Monteloro	Committente: Consorzio Le Fonti Monteloro
---	--------------------------	------------------------	---

Orizzonti	Velocità (m/s)	Spessori (m)	Profondità (m)
1	433	3.21	3.21
2	547	2.32	5.53
3	350	6.36	11.9
4	313	5.12	17.0
5	767	11.8	28.8
6	687	Semi-spazio	Semi-spazio


Modello sismo-stratigrafico medio stimato per MASW3.

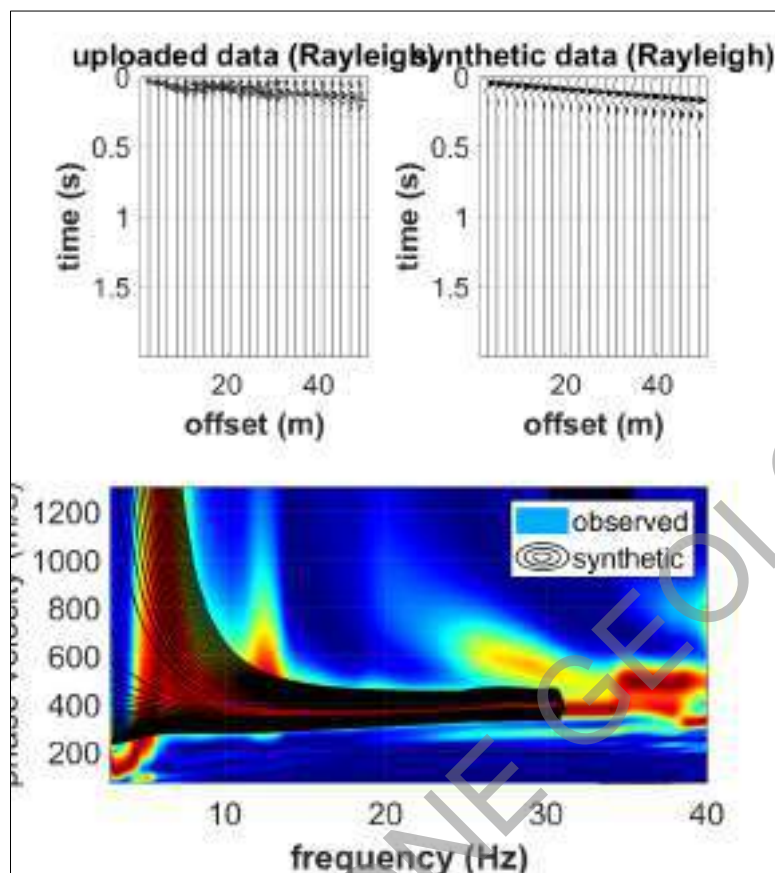


Profilo di velocità V_s in funzione della profondità per MASW3.

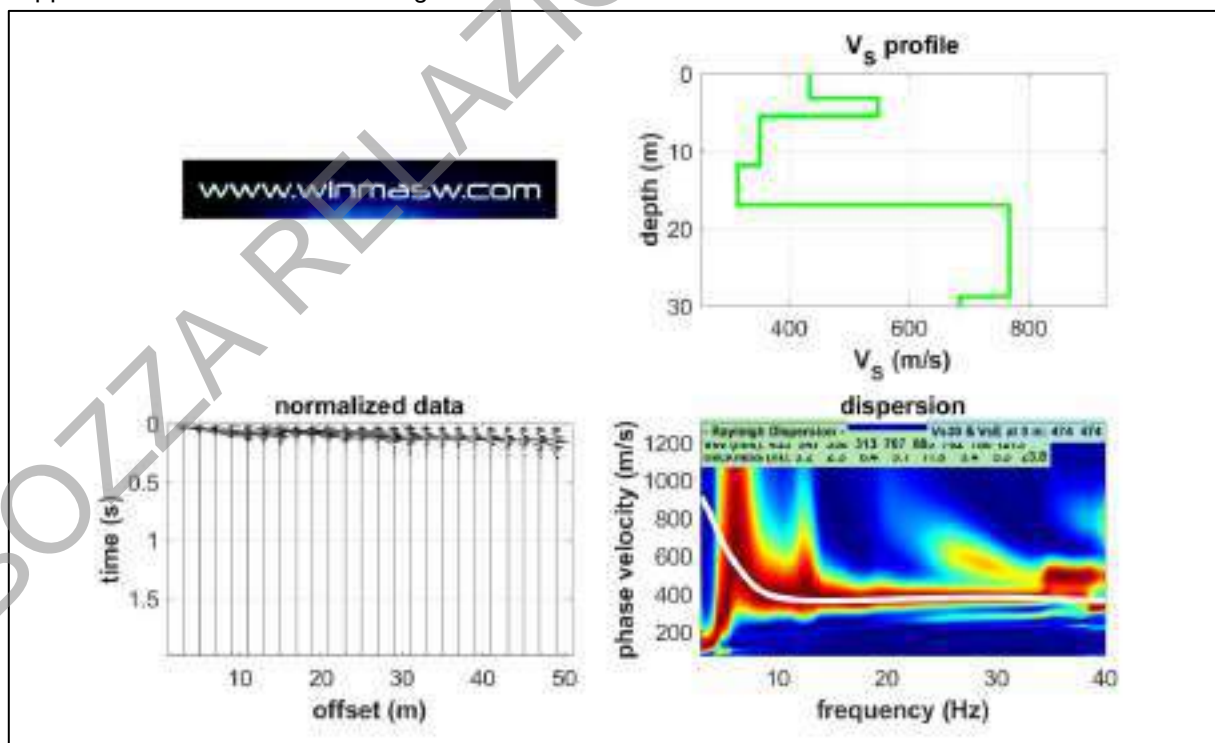


Componente di Rayleigh per MASW3 – sismogrammi dei dati acquisiti (a sinistra), curva di dispersione e spettro di velocità (dominio f-V) (a destra).


	Report indagini sismiche	Località: Monteloro	Committente: Consorzio Le Fonti Monteloro
---	--------------------------	------------------------	---



A sinistra: sismogrammi originali; a destra, sismogrammi sintetici. Spettro di campagna a colori con sovrapposte le contourlines dei sismogrammi sintetici di MASW3.

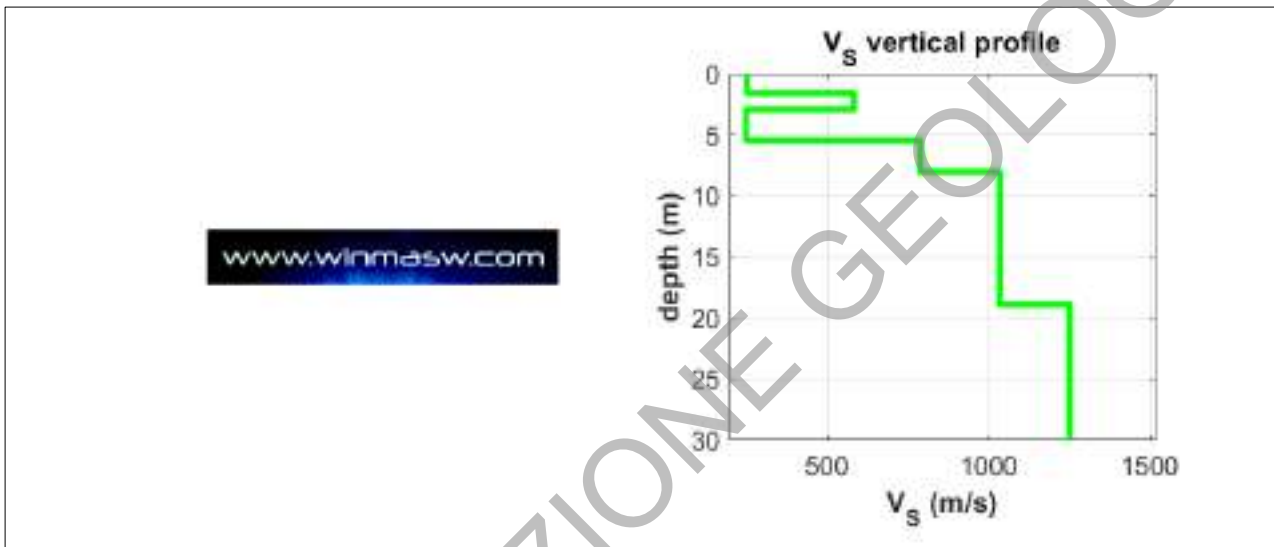


Risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite l'analisi di dati MASW3 – ZVF. In alto: profilo verticale V_s identificato dall'inversione. In basso a destra: spettro di velocità osservato con sovrapposte le curve di dispersione (componente di Rayleigh); In basso a sinistra: Componente di Rayleigh - sismogramma dei dati acquisiti Modello sismo-stratigrafico stimato.

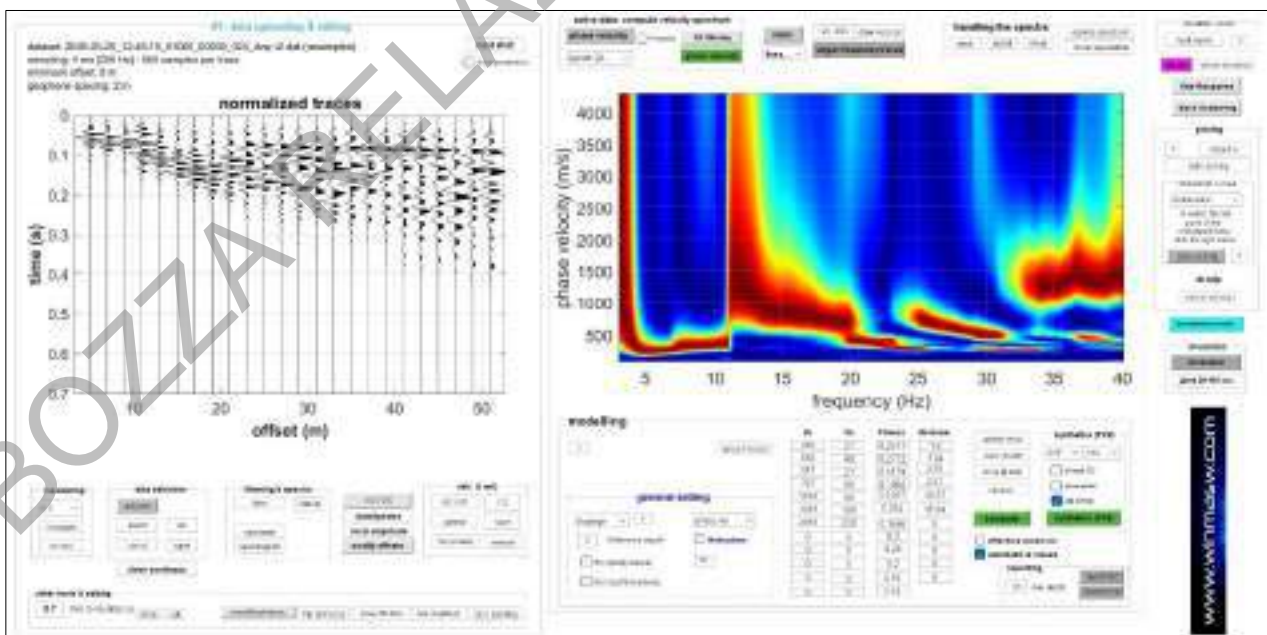
	Report indagini sismiche	Località: Monteloro	Committente: Consorzio Le Fonti Monteloro
---	--------------------------	------------------------	---

Orizzonti	Velocità (m/s)	Spessori (m)	Profondità (m)
1	250	1.60	1.60
2	583	1.34	2.94
3	247	2.51	5.45
4	787	2.57	8.02
5	1034	10.9	18.9
6	1251	Semi-spazio	Semi-spazio


Modello sismo-stratigrafico medio stimato per MASW4.

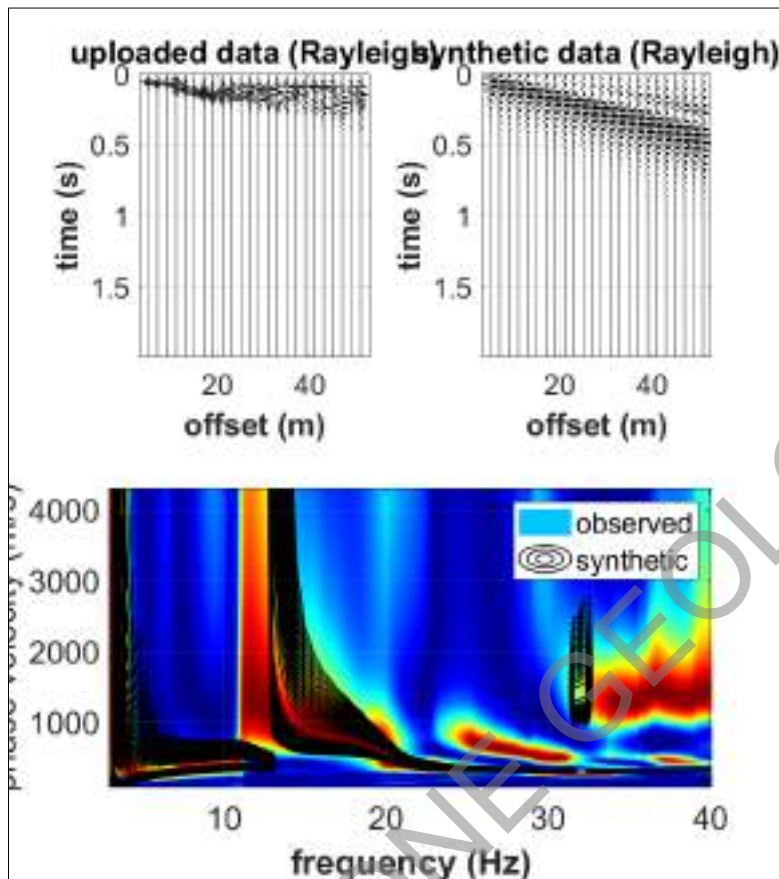


Profilo di velocità Vs in funzione della profondità per MASW4.

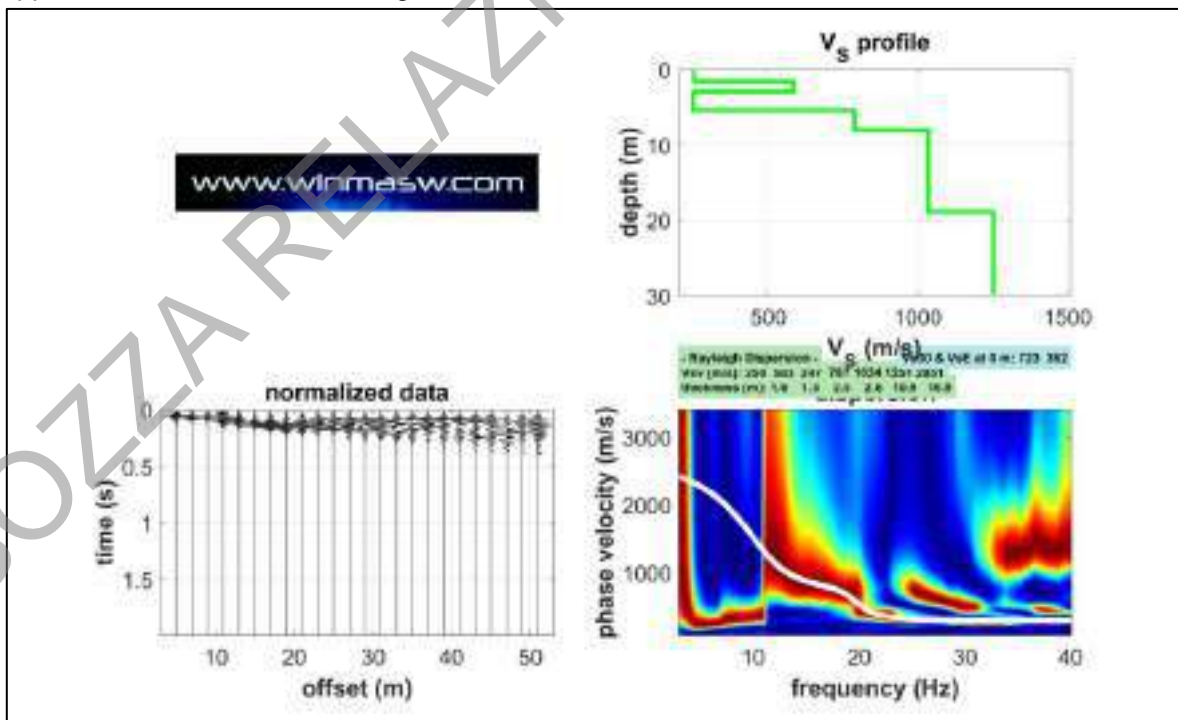


Componente di Rayleigh per MASW4 – sismogrammi dei dati acquisiti (a sinistra), curva di dispersione e spettro di velocità (dominio f-V) (a destra).


	Report indagini sismiche	Località: Monteloro	Committente: Consorzio Le Fonti Monteloro
---	--------------------------	------------------------	---



A sinistra: sismogrammi originali; a destra, sismogrammi sintetici. Spettro di campagna a colori con sovrapposte le contourlines dei sismogrammi sintetici di MASW4.



Risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite l'analisi di dati MASW4 – ZVF. In alto: profilo verticale V_s identificato dall'inversione. In basso a destra: spettro di velocità osservato con sovrapposte le curve di dispersione (componente di Rayleigh); In basso a sinistra: Componente di Rayleigh - sismogramma dei dati acquisiti Modello sismo-stratigrafico stimato.

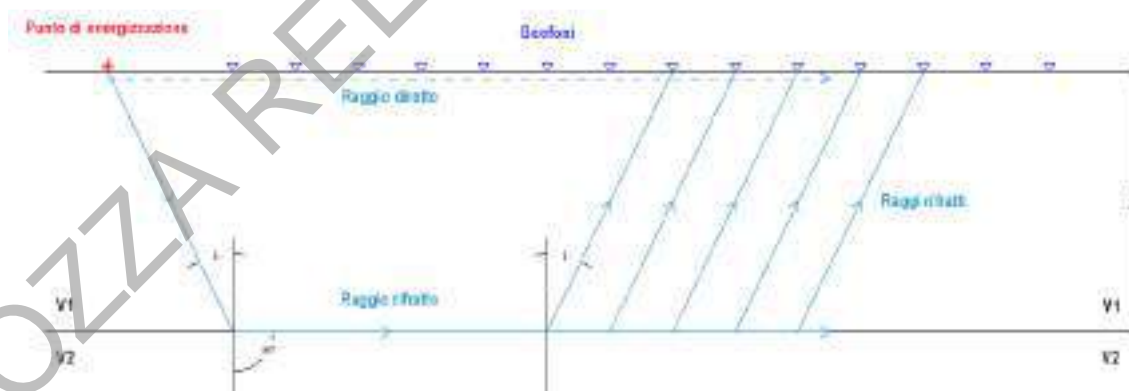
	Report indagini sismiche	Località: Monteloro	Committente: Consorzio Le Fonti Monteloro
---	--------------------------	------------------------	---

Categorie di sottosuolo (NTC 2018 - Tabella 3.2.II)	
Categoria	Descrizione
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	Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, 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	Depositati 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.


5 - INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE

5.1 - Metodo di elaborazione dati e loro interpretazione

Il metodo sismico a rifrazione utilizza le onde sismiche che vengono rifratte dalle discontinuità presenti nel sottosuolo ad es. l'interfaccia tra due mezzi a differente velocità (si ipotizza che la velocità aumenti con la profondità).



Misurando i tempi di primo arrivo (FBP First Break Point) degli impulsi ai geofoni e le distanze tra gli stessi viene costruito un diagramma (dromocrona) nel quale in ascisse vengono rappresentate le distanze e in ordinate i tempi. Le onde dirette viaggiano dalla sorgente al ricevitore con velocità V_1 (nella dromocrona sono rappresentate dalla linea che dall'origine ha una pendenza pari a $1/V_1$) e raggiungono i ricevitori in un tempo:

	Report indagini sismiche	Località: Monteloro	Committente: Consorzio Le Fonti Monteloro
---	--------------------------	------------------------	---

$$t = \frac{x}{V_1}$$

Le onde rifratte viaggiano lungo l'interfaccia a una profondità z (nella dromocrona sono rappresentate dalla linea retta con pendenza $1/V_2$ che intercetta l'asse dei tempi a $x=0$) e raggiungono i ricevitori in un tempo (tempo di intercetta):


$$T_1 = \frac{x}{V_2} + \frac{2z\sqrt{V_2^2 - V_1^2}}{V_2 \cdot V_1}$$

Il punto di intersezione tra le due rette, definito come punto di ginocchio, permette di calcolare la profondità del rifratte. La profondità di investigazione è, in linea teorica direttamente correlata alla lunghezza del profilo, alla distanza degli offset e soprattutto al contrasto di velocità dei mezzi attraversati.

I tempi di arrivo delle onde sismiche nel terreno sono funzione della distanza tra i geofoni, delle caratteristiche meccaniche dei litotipi attraversati e della loro profondità. La procedura d'elaborazione dati consiste di due fasi: la lettura dei tempi d'arrivo ai vari geofoni dello stendimento per ciascuna energizzazione effettuata e la loro successiva elaborazione mediante metodi di calcolo. I tempi di primo arrivo delle onde sismiche vengono riportati su diagrammi spazio-tempo (dromocrone) nei quali l'asse dei tempi ha l'origine coincidente con l'istante in cui viene prodotta l'onda sismica (t_0), mentre nelle ascisse si hanno le distanze relative fra i geofoni dello stendimento. Tali diagrammi consentono di determinare, nei punti di flesso, le variazioni di velocità fra i vari strati attraversati dai raggi sismici e, tramite elaborazioni, le profondità a cui si verificano tali variazioni. In Tabella sottostante sono riportate le relazioni tra le velocità medie delle onde sismiche di compressione P (esprese in m/sec) e le principali litologie, desunte da letteratura.

Materiale		Velocità sismiche in sito (in piccole deformazioni) (m/s)		Coefficiente di Poisson ν	Densità ρ (g/cm^3)	Modulo di elasticità tangenziale (MN/cm^2) G_s
		V_p	V_s			
Sabbia (in prossimità della superficie)	Sciolta	1450-1530 (180-450)	100-250	0.48-0.50 (0.3-0.35)	1.5-1.8	15-110
	Media	1500-1750 (320-650)	200-350	0.47-0.49 (0.2-0.3)	1.7-2.1	70-250
	Adattata	1700-2000 (450-1300)	350-700	0.45-0.48 (0.15-0.5)	1.9-2.2	230-1000
Argilla	Molle, consist. Consistente	1450-1530 (190-450)	80-180	0.47-0.5	1.6-2.0	10-65
	Consistente	1500-1700	180-300	0.47-0.5	1.7-2.1	35-190
	Molto consist.	1600-1900	500-500	0.47-0.5	1.8-2.3	160-450
Arenarie e scisti non alterati		1500-4000	510-2800	0.25-0.25	2.0-2.4	1300-9500
Calcari		2000-6000	1200-3000	0.25-0.32	1.8-2.3	2000-20000
Rocce cristalline o metamorfiche non alterate		3500-7000	2000-3500	0.25-0.38	2.3-2.6	8500-52000

Velocità sismiche e moduli elastici in terreni e rocce. I valori tra parentesi si riferiscono al materiale non saturo (Head e Jardine, 1992).

	Report indagini sismiche	Località: Monteloro	Committente: Consorzio Le Fonti Monteloro
---	--------------------------	------------------------	---

Il processing dei dataset di sismica a rifrazione in onda P è stato condotto mediante il Software RAYFRAC (Intelligent Resources Inc., Canada), studiato per l'elaborazione di dati relativi ad indagini sismiche eseguite in superficie, realizzate sia con onde P che SH, per scopi geotecnico-ingegneristici, ambientali, nonché per l'esplorazione nel campo delle georisorse. Rayfract consente sia la ricostruzione della geometria dei rifrattori con la sismica a rifrazione tradizionale, che la realizzazione di dettagliati modelli di velocità del sottosuolo con le più evolute tecniche tomografiche.

Il metodo della tomografia sismica è una tecnica di indagine che permette l'individuazione di anomalie nella velocità di propagazione delle onde sismiche con un alto potere risolutivo, in funzione delle modalità di acquisizione, offrendo la possibilità di ricostruire anomalie e discontinuità stratigrafiche anche particolarmente complesse.

Lo schema di processing tomografico utilizzato nel presente lavoro è basato sulla creazione di un modello iniziale ottenuto mediante interpretazione con una tecnica sofisticata di processo dei tempi di primo arrivo basata sui metodi dei "Fronti d'onda" (Brückl 1987; Jones and Jovanovich 1985) e del Plus-minus (Hagedoorn 1959), fondata su una regressione del campo dei tempi di primo arrivo (Brückl 1987).

5.2 – Schema Operativo


Dopo una prima analisi dell'area con il tecnico incaricato, stabilite le finalità delle indagini da eseguire, ed in considerazione degli spazi a disposizione, è stata adottata la seguente configurazione e sono state eseguite le seguenti analisi schematizzate di seguito. In corrispondenza dell'area d'intervento sono stati pertanto stesi i cavi sismici lungo la zona d'interesse e ad essi sono stati collegati i geofoni precedentemente infissi nel terreno alle equidistanze prestabilite.

stendimento	Lungh. profilo (m)	Tomografia sismica	Shots
Rifrazione 1 (ST1)	34,5 m (G1-G24)	Onde P	7
Rifrazione 2 (ST2)	34,5 m (G1-G24)	Onde P	7
Rifrazione 3 (ST3)	46 m (G1-G24)	Onde P	7
Rifrazione 4 (ST4)	46 m (G1-G24)	Onde P	7

Schema operativo stese sismiche a rifrazione.

Al fine di ottenere una migliore risoluzione della sismo-stratigrafia, i punti di energizzazione, detti punti di scoppio (shot points), vengono disposti simmetricamente rispetto al profilo: ai suoi estremi (end), esternamente (offset) ed a distanze variabili entro il profilo stesso (punti di scoppio centrali).

Le tracce acquisite sono state opportunamente filtrate utilizzando un filtraggio passa basso (140 Hz) per eliminare le componenti in alta frequenza; quindi sono state inserite le coordinate di ogni geofono rispetto all'origine di riferimento. Visualizzate le tracce dei 24 geofoni abbiamo effettuato, il picking dei primi arrivi delle onde P per i 7 scoppi eseguiti per ciascuno stendimento sismico. I dati relativi ai tempi dei primi arrivi delle onde a ciascun geofono e le relative distanze dei geofoni dai punti di scoppio sono poi stati utilizzati per


	Report indagini sismiche	Località: Monteloro	Committente: Consorzio Le Fonti Monteloro
---	--------------------------	------------------------	---

tracciare le traveltimes su grafici distanza/tempo.


N. Geofoni	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	0.0	-0,02
2	1.5	0,00
3	3.0	-0,05
4	4.5	-0,14
5	6.0	-0,36
6	7.5	-0,59
7	9.0	-0,91
8	10.5	-1,30
9	12.0	-0,32
10	13.5	-0,89
11	15.0	-2,01
12	16.5	-2,40
13	18.0	-2,76
14	19.5	-2,96
15	21.0	-3,18
16	22.5	-3,49
17	24.0	-2,05
18	25.5	-1,55
19	27.0	-3,44
20	28.5	-2,90
21	30.0	-1,30
22	31.5	-4,80
23	33.0	-2,00
24	34.5	-3,04

Geometria geofoni stesa sismica a rifrazione ST1.


Shot N.	Stazione Shot	Stazione Ricevente	First Break (secondi)
1	0.50	1.00	0.002600
1	0.50	2.00	0.004400
1	0.50	3.00	0.006400
1	0.50	4.00	0.008200
1	0.50	5.00	0.010200
1	0.50	6.00	0.012400
1	0.50	7.00	0.017000
1	0.50	8.00	0.019400
1	0.50	9.00	0.019400
1	0.50	10.00	0.019600
1	0.50	11.00	0.019800
1	0.50	12.00	0.021200
1	0.50	13.00	0.022400
1	0.50	14.00	0.024000
1	0.50	15.00	0.027000
1	0.50	16.00	0.026000
1	0.50	17.00	0.027200
1	0.50	18.00	0.027200
1	0.50	19.00	0.025400
1	0.50	20.00	0.025200
1	0.50	21.00	0.025200
1	0.50	22.00	0.025800

	Report indagini sismiche	Località: Monteloro	Committente: Consorzio Le Fonti Monteloro
---	--------------------------	------------------------	---

1	0.50	23.00	0.028200
1	0.50	24.00	0.027200
2	4.50	1.00	0.009400
2	4.50	2.00	0.005800
2	4.50	3.00	0.003200
2	4.50	4.00	0.001200
2	4.50	5.00	0.001000
2	4.50	6.00	0.003800
2	4.50	7.00	0.007400
2	4.50	8.00	0.012200
2	4.50	9.00	0.013000
2	4.50	10.00	0.014400
2	4.50	11.00	0.014600
2	4.50	12.00	0.016400
2	4.50	13.00	0.017400
2	4.50	14.00	0.019000
2	4.50	15.00	0.022200
2	4.50	16.00	0.021400
2	4.50	17.00	0.022600
2	4.50	18.00	0.023200
2	4.50	19.00	0.021400
2	4.50	20.00	0.021400
2	4.50	21.00	0.020800
2	4.50	22.00	0.021600
2	4.50	23.00	0.023600
2	4.50	24.00	0.022400
3	8.50	1.00	0.019800
3	8.50	2.00	0.017400
3	8.50	3.00	0.015400
3	8.50	4.00	0.013600
3	8.50	5.00	0.012400
3	8.50	6.00	0.010400
3	8.50	7.00	0.006600
3	8.50	8.00	0.002200
3	8.50	9.00	0.002200
3	8.50	10.00	0.007000
3	8.50	11.00	0.009000
3	8.50	12.00	0.012600
3	8.50	13.00	0.014400
3	8.50	14.00	0.016200
3	8.50	15.00	0.020000
3	8.50	16.00	0.020200
3	8.50	17.00	0.021200
3	8.50	18.00	0.022400
3	8.50	19.00	0.020800
3	8.50	20.00	0.020800
3	8.50	21.00	0.020200
3	8.50	22.00	0.021200
3	8.50	23.00	0.022800
3	8.50	24.00	0.022200
4	12.50	1.00	0.021800
4	12.50	2.00	0.019800

	Report indagini sismiche	Località: Monteloro	Committente: Consorzio Le Fonti Monteloro
---	--------------------------	------------------------	---


4	12.50	3.00	0.018200
4	12.50	4.00	0.017600
4	12.50	5.00	0.016800
4	12.50	6.00	0.017000
4	12.50	7.00	0.016200
4	12.50	8.00	0.014400
4	12.50	9.00	0.011600
4	12.50	10.00	0.009200
4	12.50	11.00	0.005800
4	12.50	12.00	0.002400
4	12.50	13.00	0.001800
4	12.50	14.00	0.005200
4	12.50	15.00	0.009200
4	12.50	16.00	0.013800
4	12.50	17.00	0.018200
4	12.50	18.00	0.021400
4	12.50	19.00	0.019800
4	12.50	20.00	0.019800
4	12.50	21.00	0.019200
4	12.50	22.00	0.020200
4	12.50	23.00	0.022000
4	12.50	24.00	0.021400
5	16.50	1.00	0.026200
5	16.50	2.00	0.024800
5	16.50	3.00	0.023400
5	16.50	4.00	0.022400
5	16.50	5.00	0.021600
5	16.50	6.00	0.022000
5	16.50	7.00	0.021800
5	16.50	8.00	0.021000
5	16.50	9.00	0.019200
5	16.50	10.00	0.018800
5	16.50	11.00	0.018400
5	16.50	12.00	0.018000
5	16.50	13.00	0.014000
5	16.50	14.00	0.010400
5	16.50	15.00	0.006400
5	16.50	16.00	0.002200
5	16.50	17.00	0.002600
5	16.50	18.00	0.009000
5	16.50	19.00	0.012200
5	16.50	20.00	0.015400
5	16.50	21.00	0.017600
5	16.50	22.00	0.018800
5	16.50	23.00	0.021600
5	16.50	24.00	0.023400
6	20.50	1.00	0.025400
6	20.50	2.00	0.023600
6	20.50	3.00	0.022000
6	20.50	4.00	0.021400
6	20.50	5.00	0.020800
6	20.50	6.00	0.021000

	Report indagini sismiche	Località: Monteloro	Committente: Consorzio Le Fonti Monteloro
---	--------------------------	------------------------	---

6	20.50	7.00	0.021200
6	20.50	8.00	0.020800
6	20.50	9.00	0.019400
6	20.50	10.00	0.018600
6	20.50	11.00	0.018200
6	20.50	12.00	0.019600
6	20.50	13.00	0.019800
6	20.50	14.00	0.020400
6	20.50	15.00	0.020800
6	20.50	16.00	0.017600
6	20.50	17.00	0.014800
6	20.50	18.00	0.010200
6	20.50	19.00	0.005400
6	20.50	20.00	0.001600
6	20.50	21.00	0.001400
6	20.50	22.00	0.004000
6	20.50	23.00	0.007200
6	20.50	24.00	0.010200
7	24.50	1.00	0.025600
7	24.50	2.00	0.024600
7	24.50	3.00	0.022800
7	24.50	4.00	0.022000
7	24.50	5.00	0.021400
7	24.50	6.00	0.022000
7	24.50	7.00	0.021800
7	24.50	8.00	0.021600
7	24.50	9.00	0.020200
7	24.50	10.00	0.019400
7	24.50	11.00	0.019600
7	24.50	12.00	0.020400
7	24.50	13.00	0.020800
7	24.50	14.00	0.021800
7	24.50	15.00	0.023800
7	24.50	16.00	0.022200
7	24.50	17.00	0.022400
7	24.50	18.00	0.020600
7	24.50	19.00	0.016800
7	24.50	20.00	0.013800
7	24.50	21.00	0.010200
7	24.50	22.00	0.007200
7	24.50	23.00	0.004600
7	24.50	24.00	0.001800

Shots dello stendimento sismico a rifrazione ST1.


N. Geofoni	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	0.0	0,05
2	1.5	0,16
3	3.0	0,25
4	4.5	0,38
5	6.0	0,53
6	7.5	0,66

	Report indagini sismiche	Località: Monteloro	Committente: Consorzio Le Fonti Monteloro
---	--------------------------	------------------------	---


7	9.0	0,76
8	10.5	1,04
9	12.0	1,32
10	13.5	1,58
11	15.0	1,78
12	16.5	2,04
13	18.0	2,31
14	19.5	2,59
15	21.0	2,85
16	22.5	3,06
17	24.0	3,32
18	25.5	3,55
19	27.0	3,80
20	28.5	3,90
21	30.0	4,27
22	31.5	4,55
23	33.0	4,75
24	34.5	5,01

Geometria geofoni stesa sismica a rifrazione ST2.


Shot N.	Stazione Shot	Stazione Ricevente	First Break (secondi)
1	0.50	1.00	0.002600
1	0.50	2.00	0.005200
1	0.50	3.00	0.008200
1	0.50	4.00	0.010400
1	0.50	5.00	0.012400
1	0.50	6.00	0.013200
1	0.50	7.00	0.013800
1	0.50	8.00	0.014600
1	0.50	9.00	0.015200
1	0.50	10.00	0.016200
1	0.50	11.00	0.017200
1	0.50	12.00	0.018200
1	0.50	13.00	0.019600
1	0.50	14.00	0.020400
1	0.50	15.00	0.020800
1	0.50	16.00	0.021200
1	0.50	17.00	0.022400
1	0.50	18.00	0.022800
1	0.50	19.00	0.023200
1	0.50	20.00	0.023800
1	0.50	21.00	0.024800
1	0.50	22.00	0.025400
1	0.50	23.00	0.026600
1	0.50	24.00	0.026600
2	4.50	1.00	0.011800
2	4.50	2.00	0.007600
2	4.50	3.00	0.004000
2	4.50	4.00	0.001000
2	4.50	5.00	0.001400
2	4.50	6.00	0.004200
2	4.50	7.00	0.006600
2	4.50	8.00	0.008600

	Report indagini sismiche	Località: Monteloro	Committente: Consorzio Le Fonti Monteloro
---	--------------------------	------------------------	---

2	4.50	9.00	0.010800
2	4.50	10.00	0.012400
2	4.50	11.00	0.013600
2	4.50	12.00	0.014600
2	4.50	13.00	0.015800
2	4.50	14.00	0.016600
2	4.50	15.00	0.017200
2	4.50	16.00	0.018200
2	4.50	17.00	0.019000
2	4.50	18.00	0.019400
2	4.50	19.00	0.019600
2	4.50	20.00	0.020400
2	4.50	21.00	0.020800
2	4.50	22.00	0.022000
2	4.50	23.00	0.023000
2	4.50	24.00	0.023400
3	8.50	1.00	0.015000
3	8.50	2.00	0.013600
3	8.50	3.00	0.011600
3	8.50	4.00	0.010600
3	8.50	5.00	0.008600
3	8.50	6.00	0.005800
3	8.50	7.00	0.003400
3	8.50	8.00	0.001200
3	8.50	9.00	0.001400
3	8.50	10.00	0.004600
3	8.50	11.00	0.007200
3	8.50	12.00	0.009800
3	8.50	13.00	0.012000
3	8.50	14.00	0.013600
3	8.50	15.00	0.014400
3	8.50	16.00	0.015200
3	8.50	17.00	0.016200
3	8.50	18.00	0.016600
3	8.50	19.00	0.016800
3	8.50	20.00	0.017800
3	8.50	21.00	0.018400
3	8.50	22.00	0.019200
3	8.50	23.00	0.020200
3	8.50	24.00	0.020800
4	12.50	1.00	0.019000
4	12.50	2.00	0.017400
4	12.50	3.00	0.015800
4	12.50	4.00	0.015000
4	12.50	5.00	0.014600
4	12.50	6.00	0.013400
4	12.50	7.00	0.012400
4	12.50	8.00	0.011400
4	12.50	9.00	0.011000
4	12.50	10.00	0.008200
4	12.50	11.00	0.005000
4	12.50	12.00	0.001800

	Report indagini sismiche	Località: Monteloro	Committente: Consorzio Le Fonti Monteloro
---	--------------------------	------------------------	---


4	12.50	13.00	0.002200
4	12.50	14.00	0.006400
4	12.50	15.00	0.010000
4	12.50	16.00	0.012400
4	12.50	17.00	0.014400
4	12.50	18.00	0.015600
4	12.50	19.00	0.016200
4	12.50	20.00	0.017200
4	12.50	21.00	0.018000
4	12.50	22.00	0.019400
4	12.50	23.00	0.020400
4	12.50	24.00	0.020800
5	16.50	1.00	0.022000
5	16.50	2.00	0.020600
5	16.50	3.00	0.018800
5	16.50	4.00	0.018800
5	16.50	5.00	0.018400
5	16.50	6.00	0.016800
5	16.50	7.00	0.016400
5	16.50	8.00	0.015800
5	16.50	9.00	0.015600
5	16.50	10.00	0.015400
5	16.50	11.00	0.015000
5	16.50	12.00	0.014000
5	16.50	13.00	0.012200
5	16.50	14.00	0.008600
5	16.50	15.00	0.005400
5	16.50	16.00	0.001800
5	16.50	17.00	0.002000
5	16.50	18.00	0.005200
5	16.50	19.00	0.008400
5	16.50	20.00	0.011000
5	16.50	21.00	0.013600
5	16.50	22.00	0.015800
5	16.50	23.00	0.017000
5	16.50	24.00	0.018000
6	20.50	1.00	0.024000
6	20.50	2.00	0.022600
6	20.50	3.00	0.021200
6	20.50	4.00	0.020600
6	20.50	5.00	0.020200
6	20.50	6.00	0.019200
6	20.50	7.00	0.018400
6	20.50	8.00	0.017800
6	20.50	9.00	0.017800
6	20.50	10.00	0.018000
6	20.50	11.00	0.017800
6	20.50	12.00	0.017400
6	20.50	13.00	0.017600
6	20.50	14.00	0.016400
6	20.50	15.00	0.014800
6	20.50	16.00	0.013600

	Report indagini sismiche	Località: Monteloro	Committente: Consorzio Le Fonti Monteloro
---	--------------------------	------------------------	---

6	20.50	17.00	0.011000
6	20.50	18.00	0.008000
6	20.50	19.00	0.004600
6	20.50	20.00	0.001600
6	20.50	21.00	0.001400
6	20.50	22.00	0.005400
6	20.50	23.00	0.009200
6	20.50	24.00	0.010600
7	24.50	1.00	0.027200
7	24.50	2.00	0.026000
7	24.50	3.00	0.024400
7	24.50	4.00	0.024000
7	24.50	5.00	0.023800
7	24.50	6.00	0.023000
7	24.50	7.00	0.022000
7	24.50	8.00	0.021600
7	24.50	9.00	0.021400
7	24.50	10.00	0.021600
7	24.50	11.00	0.021400
7	24.50	12.00	0.021600
7	24.50	13.00	0.022000
7	24.50	14.00	0.020800
7	24.50	15.00	0.019400
7	24.50	16.00	0.019200
7	24.50	17.00	0.018200
7	24.50	18.00	0.016400
7	24.50	19.00	0.015400
7	24.50	20.00	0.013200
7	24.50	21.00	0.011400
7	24.50	22.00	0.009600
7	24.50	23.00	0.005000
7	24.50	24.00	0.001400

Shots dello stendimento sismico a rifrazione ST2.


N. Geofoni	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	0.0	0,17
2	2.0	0,56
3	4.0	0,95
4	6.0	1,34
5	8.0	1,70
6	10.0	2,03
7	12.0	2,46
8	14.0	2,78
9	16.0	3,15
10	18.0	3,45
11	20.0	3,88
12	22.0	4,32
13	24.0	4,80
14	26.0	5,19
15	28.0	5,62
16	30.0	6,03
17	32.0	6,42

	Report indagini sismiche	Località: Monteloro	Committente: Consorzio Le Fonti Monteloro
---	--------------------------	------------------------	---


18	34.0	6,87
19	36.0	7,30
20	38.0	7,77
21	40.0	8,23
22	42.0	8,60
23	44.0	9,00
24	46.0	9,39

Geometria geofoni stesa sismica a rifrazione ST3.


Shot N.	Stazione Shot	Stazione Ricevente	First Break (secondi)
1	0.50	1.00	0.003800
1	0.50	2.00	0.008000
1	0.50	3.00	0.011600
1	0.50	4.00	0.014400
1	0.50	5.00	0.017600
1	0.50	6.00	0.018800
1	0.50	7.00	0.020600
1	0.50	8.00	0.021000
1	0.50	9.00	0.021600
1	0.50	10.00	0.022000
1	0.50	11.00	0.023600
1	0.50	12.00	0.025400
1	0.50	13.00	0.026000
1	0.50	14.00	0.026400
1	0.50	15.00	0.027000
1	0.50	16.00	0.027400
1	0.50	17.00	0.028800
1	0.50	18.00	0.030000
1	0.50	19.00	0.030400
1	0.50	20.00	0.031000
1	0.50	21.00	0.032400
1	0.50	22.00	0.033000
1	0.50	23.00	0.034400
1	0.50	24.00	0.035600
2	4.50	1.00	0.016600
2	4.50	2.00	0.012400
2	4.50	3.00	0.008400
2	4.50	4.00	0.003400
2	4.50	5.00	0.003600
2	4.50	6.00	0.009400
2	4.50	7.00	0.013800
2	4.50	8.00	0.015800
2	4.50	9.00	0.017800
2	4.50	10.00	0.018400
2	4.50	11.00	0.020600
2	4.50	12.00	0.022400
2	4.50	13.00	0.022800
2	4.50	14.00	0.023800
2	4.50	15.00	0.024200
2	4.50	16.00	0.025400
2	4.50	17.00	0.026400
2	4.50	18.00	0.027600

	Report indagini sismiche	Località: Monteloro	Committente: Consorzio Le Fonti Monteloro
---	--------------------------	------------------------	---

2	4.50	19.00	0.027800
2	4.50	20.00	0.029200
2	4.50	21.00	0.030000
2	4.50	22.00	0.030600
2	4.50	23.00	0.031800
2	4.50	24.00	0.033000
3	8.50	1.00	0.021600
3	8.50	2.00	0.020400
3	8.50	3.00	0.019600
3	8.50	4.00	0.017400
3	8.50	5.00	0.016000
3	8.50	6.00	0.013200
3	8.50	7.00	0.008400
3	8.50	8.00	0.003200
3	8.50	9.00	0.003000
3	8.50	10.00	0.007600
3	8.50	11.00	0.012000
3	8.50	12.00	0.015200
3	8.50	13.00	0.017400
3	8.50	14.00	0.019200
3	8.50	15.00	0.020400
3	8.50	16.00	0.021600
3	8.50	17.00	0.022800
3	8.50	18.00	0.023800
3	8.50	19.00	0.024000
3	8.50	20.00	0.025600
3	8.50	21.00	0.026600
3	8.50	22.00	0.028000
3	8.50	23.00	0.029400
3	8.50	24.00	0.030600
4	12.50	1.00	0.026600
4	12.50	2.00	0.025600
4	12.50	3.00	0.024400
4	12.50	4.00	0.023400
4	12.50	5.00	0.023000
4	12.50	6.00	0.022200
4	12.50	7.00	0.020400
4	12.50	8.00	0.017600
4	12.50	9.00	0.015600
4	12.50	10.00	0.013200
4	12.50	11.00	0.009800
4	12.50	12.00	0.003600
4	12.50	13.00	0.003800
4	12.50	14.00	0.008600
4	12.50	15.00	0.012600
4	12.50	16.00	0.014800
4	12.50	17.00	0.017400
4	12.50	18.00	0.020000
4	12.50	19.00	0.020800
4	12.50	20.00	0.022000
4	12.50	21.00	0.024000
4	12.50	22.00	0.024600

	Report indagini sismiche	Località: Monteloro	Committente: Consorzio Le Fonti Monteloro
---	--------------------------	------------------------	---

4	12.50	23.00	0.026200
4	12.50	24.00	0.027000
5	16.50	1.00	0.028600
5	16.50	2.00	0.027600
5	16.50	3.00	0.027000
5	16.50	4.00	0.025800
5	16.50	5.00	0.025400
5	16.50	6.00	0.025200
5	16.50	7.00	0.024400
5	16.50	8.00	0.022800
5	16.50	9.00	0.021400
5	16.50	10.00	0.020000
5	16.50	11.00	0.019200
5	16.50	12.00	0.017600
5	16.50	13.00	0.014200
5	16.50	14.00	0.011600
5	16.50	15.00	0.007200
5	16.50	16.00	0.002400
5	16.50	17.00	0.003000
5	16.50	18.00	0.008600
5	16.50	19.00	0.011400
5	16.50	20.00	0.014400
5	16.50	21.00	0.017000
5	16.50	22.00	0.019200
5	16.50	23.00	0.021200
5	16.50	24.00	0.022200
6	20.50	1.00	0.032400
6	20.50	2.00	0.031400
6	20.50	3.00	0.030400
6	20.50	4.00	0.029800
6	20.50	5.00	0.029600
6	20.50	6.00	0.029000
6	20.50	7.00	0.028200
6	20.50	8.00	0.027000
6	20.50	9.00	0.025400
6	20.50	10.00	0.024600
6	20.50	11.00	0.024400
6	20.50	12.00	0.023800
6	20.50	13.00	0.022400
6	20.50	14.00	0.020600
6	20.50	15.00	0.018400
6	20.50	16.00	0.016400
6	20.50	17.00	0.014400
6	20.50	18.00	0.011600
6	20.50	19.00	0.007600
6	20.50	20.00	0.002400
6	20.50	21.00	0.002400
6	20.50	22.00	0.007600
6	20.50	23.00	0.011800
6	20.50	24.00	0.014000
7	24.50	1.00	0.036800
7	24.50	2.00	0.035600


	Report indagini sismiche	Località: Monteloro	Committente: Consorzio Le Fonti Monteloro
---	--------------------------	------------------------	---

7	24.50	3.00	0.035000
7	24.50	4.00	0.034800
7	24.50	5.00	0.033600
7	24.50	6.00	0.033800
7	24.50	7.00	0.033000
7	24.50	8.00	0.030800
7	24.50	9.00	0.030200
7	24.50	10.00	0.029600
7	24.50	11.00	0.029200
7	24.50	12.00	0.028600
7	24.50	13.00	0.027800
7	24.50	14.00	0.027000
7	24.50	15.00	0.025600
7	24.50	16.00	0.024400
7	24.50	17.00	0.023400
7	24.50	18.00	0.021000
7	24.50	19.00	0.018600
7	24.50	20.00	0.017000
7	24.50	21.00	0.014400
7	24.50	22.00	0.011800
7	24.50	23.00	0.007200
7	24.50	24.00	0.002600


Shots dello stendimento sismico a rifrazione ST3.

N. Geofoni	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	0.0	-0,25
2	2.0	0,21
3	4.0	1,05
4	6.0	1,20
5	8.0	1,43
6	10.0	1,52
7	12.0	1,97
8	14.0	2,22
9	16.0	2,57
10	18.0	2,78
11	20.0	3,25
12	22.0	3,74
13	24.0	4,06
14	26.0	4,33
15	28.0	2,24
16	30.0	3,05
17	32.0	3,34
18	34.0	3,61
19	36.0	5,31
20	38.0	5,64
21	40.0	3,50
22	42.0	3,74
23	44.0	4,40
24	46.0	4,11


Geometria geofoni stesa sismica a rifrazione ST4.

	Report indagini sismiche	Località: Monteloro	Committente: Consorzio Le Fonti Monteloro
---	--------------------------	------------------------	---


Shot N.	Stazione Shot	Stazione Ricevente	First Break (secondi)
1	0.50	1.00	0.000600
1	0.50	2.00	0.004400
1	0.50	3.00	0.007800
1	0.50	4.00	0.009800
1	0.50	5.00	0.013000
1	0.50	6.00	0.015600
1	0.50	7.00	0.017600
1	0.50	8.00	0.020800
1	0.50	9.00	0.022400
1	0.50	10.00	0.021800
1	0.50	11.00	0.023800
1	0.50	12.00	0.025800
1	0.50	13.00	0.028200
1	0.50	14.00	0.028400
1	0.50	15.00	0.030000
1	0.50	16.00	0.031000
1	0.50	17.00	0.032200
1	0.50	18.00	0.032000
1	0.50	19.00	0.032200
1	0.50	20.00	0.032600
1	0.50	21.00	0.034400
1	0.50	22.00	0.035000
1	0.50	23.00	0.035400
1	0.50	24.00	0.036200
2	4.50	1.00	0.011400
2	4.50	2.00	0.008400
2	4.50	3.00	0.005400
2	4.50	4.00	0.002000
2	4.50	5.00	0.002200
2	4.50	6.00	0.008400
2	4.50	7.00	0.012200
2	4.50	8.00	0.015000
2	4.50	9.00	0.017400
2	4.50	10.00	0.018200
2	4.50	11.00	0.020200
2	4.50	12.00	0.022800
2	4.50	13.00	0.025800
2	4.50	14.00	0.026200
2	4.50	15.00	0.027000
2	4.50	16.00	0.028400
2	4.50	17.00	0.029600
2	4.50	18.00	0.029800
2	4.50	19.00	0.030600
2	4.50	20.00	0.030600
2	4.50	21.00	0.032800
2	4.50	22.00	0.034400
2	4.50	23.00	0.034000
2	4.50	24.00	0.035000
3	8.50	1.00	0.021400
3	8.50	2.00	0.019800
3	8.50	3.00	0.019000

	Report indagini sismiche	Località: Monteloro	Committente: Consorzio Le Fonti Monteloro
---	--------------------------	------------------------	---

3	8.50	4.00	0.017400
3	8.50	5.00	0.016200
3	8.50	6.00	0.014200
3	8.50	7.00	0.010400
3	8.50	8.00	0.004000
3	8.50	9.00	0.004200
3	8.50	10.00	0.010200
3	8.50	11.00	0.014200
3	8.50	12.00	0.017600
3	8.50	13.00	0.021600
3	8.50	14.00	0.022800
3	8.50	15.00	0.023800
3	8.50	16.00	0.026200
3	8.50	17.00	0.027200
3	8.50	18.00	0.028600
3	8.50	19.00	0.028600
3	8.50	20.00	0.029800
3	8.50	21.00	0.031200
3	8.50	22.00	0.032200
3	8.50	23.00	0.034000
3	8.50	24.00	0.035200
4	12.50	1.00	0.028200
4	12.50	2.00	0.027000
4	12.50	3.00	0.026200
4	12.50	4.00	0.025600
4	12.50	5.00	0.025200
4	12.50	6.00	0.024400
4	12.50	7.00	0.024200
4	12.50	8.00	0.022000
4	12.50	9.00	0.019200
4	12.50	10.00	0.015000
4	12.50	11.00	0.010600
4	12.50	12.00	0.003800
4	12.50	13.00	0.004000
4	12.50	14.00	0.009400
4	12.50	15.00	0.014600
4	12.50	16.00	0.019400
4	12.50	17.00	0.023000
4	12.50	18.00	0.025200
4	12.50	19.00	0.026800
4	12.50	20.00	0.028200
4	12.50	21.00	0.029800
4	12.50	22.00	0.031600
4	12.50	23.00	0.033200
4	12.50	24.00	0.033600
5	16.50	1.00	0.032200
5	16.50	2.00	0.031600
5	16.50	3.00	0.030800
5	16.50	4.00	0.030200
5	16.50	5.00	0.029600
5	16.50	6.00	0.029800
5	16.50	7.00	0.030200

	Report indagini sismiche	Località: Monteloro	Committente: Consorzio Le Fonti Monteloro
---	--------------------------	------------------------	---

5	16.50	8.00	0.029200
5	16.50	9.00	0.026800
5	16.50	10.00	0.024800
5	16.50	11.00	0.024000
5	16.50	12.00	0.022200
5	16.50	13.00	0.017800
5	16.50	14.00	0.012600
5	16.50	15.00	0.008400
5	16.50	16.00	0.003000
5	16.50	17.00	0.003600
5	16.50	18.00	0.008600
5	16.50	19.00	0.013800
5	16.50	20.00	0.017400
5	16.50	21.00	0.019000
5	16.50	22.00	0.021800
5	16.50	23.00	0.023600
5	16.50	24.00	0.024800
6	20.50	1.00	0.033600
6	20.50	2.00	0.032600
6	20.50	3.00	0.032000
6	20.50	4.00	0.031400
6	20.50	5.00	0.030800
6	20.50	6.00	0.031200
6	20.50	7.00	0.031600
6	20.50	8.00	0.030600
6	20.50	9.00	0.029200
6	20.50	10.00	0.027400
6	20.50	11.00	0.025800
6	20.50	12.00	0.024000
6	20.50	13.00	0.022600
6	20.50	14.00	0.021200
6	20.50	15.00	0.019200
6	20.50	16.00	0.017400
6	20.50	17.00	0.014800
6	20.50	18.00	0.012200
6	20.50	19.00	0.008200
6	20.50	20.00	0.002600
6	20.50	21.00	0.002000
6	20.50	22.00	0.007000
6	20.50	23.00	0.011000
6	20.50	24.00	0.012600
7	24.50	1.00	0.036400
7	24.50	2.00	0.034800
7	24.50	3.00	0.035600
7	24.50	4.00	0.034600
7	24.50	5.00	0.035000
7	24.50	6.00	0.035400
7	24.50	7.00	0.034800
7	24.50	8.00	0.035400
7	24.50	9.00	0.034800
7	24.50	10.00	0.032800
7	24.50	11.00	0.032200

	Report indagini sismiche	Località: Monteloro	Committente: Consorzio Le Fonti Monteloro
---	--------------------------	------------------------	---

7	24.50	12.00	0.029600
7	24.50	13.00	0.028600
7	24.50	14.00	0.026600
7	24.50	15.00	0.025200
7	24.50	16.00	0.025400
7	24.50	17.00	0.024000
7	24.50	18.00	0.020200
7	24.50	19.00	0.018000
7	24.50	20.00	0.016200
7	24.50	21.00	0.013600
7	24.50	22.00	0.010200
7	24.50	23.00	0.006400
7	24.50	24.00	0.002000

Shots dello stendimento sismico a rifrazione ST4.

4.3 - Risultati dell'indagine indagine sismica a rifrazione

Sono state elaborate le sezioni tomografiche sulle stese RIF1, RIF2, RIF3 e RIF4 e sono state riportate nelle Tavole 1, 2, 3 e 4 con rappresentazione mediante scala cromatica a falsi colori, con curve di isovelocità in onde P. Tali curve sono distribuite:


- ogni 200 m/s fino alla profondità investigata di circa -18 m dal piano campagna per la sezione tomografica 1;
- ogni 200 m/s fino alla profondità di -15 m da p.c. per la sezione tomografica 2;
- ogni 100 m/s fino alla profondità di -11 m da p.c. per la sezione tomografica 3;
- ogni 200 m/s fino alla profondità di -17 m da p.c. per la sezione tomografica 4.

I principali sismostrati della **Tomografia St1** individuati con l'indagine sismica a rifrazione 1 (Tavola 1) sono i seguenti:

- dalla superficie fino a profondità di circa -1,8/-2,5 m da p.c. si incontra un primo strato a velocità V_p minori di 600 m/s correlabile con il terreno vegetale e/o la coltre detritica formata da litici sparsi in matrice argilloso-limosa;
- segue un secondo strato caratterizzato da velocità V_p comprese tra 600 e 3400 m/s correlabile al substrato alterato e fratturato fino a profondità di circa -9/-10 m da p.c.;
- l'ultimo sismostrato è caratterizzato da velocità V_p maggiori di 3400 m/s apparentemente correlabile al substrato integro a profondità maggiori di -9/-10 m da p.c..

I principali sismostrati della **Tomografia St2** individuati con l'indagine sismica a rifrazione 2 (Tavola 2) sono i seguenti:

- dalla superficie fino a profondità di -1,2/-1,5 m da p.c. si riscontra un primo strato a bassa velocità con V_p minori di 600 m/s correlabile all'orizzonte di terreno vegetale e/o alla coltre detritica formata da litici sparsi in matrice argilloso-limosa;

	Report indagini sismiche	Località: Monteloro	Committente: Consorzio Le Fonti Monteloro
---	--------------------------	------------------------	---

- segue un secondo strato caratterizzato da velocità V_p comprese tra 600 m/s e 3400 m/s correlabile al substrato alterato e fratturato compreso tra una profondità di -1,5 m e -10/-13 m da p.c.;
- il terzo sismostrato con V_p di velocità maggiori di 3400 m/s è correlabile con il substrato integro a profondità maggiori di -10/-13 m da p.c..

I principali sismostrati della **Tomografia St3** individuati con l'indagine sismica a rifrazione 3 (Tavola 3) sono i seguenti:

- dalla superficie fino a profondità di circa -1,5/-3 m da p.c. si incontra un primo strato a velocità V_p minori di 1200 m/s correlabile con il terreno vegetale e/o con la coltre detritica formata da litici sparsi in matrice argilloso-limosa;
- segue un secondo strato caratterizzato da velocità V_p comprese tra 1200 e 2900 m/s correlabile al substrato alterato e fratturato fino a profondità di circa -8/-10 m da p.c.;
- l'ultimo sismostrato è caratterizzato da velocità V_p maggiori di 2900 m/s apparentemente correlabile con il substrato integro a profondità maggiori di -8/-10 m da p.c..


I principali sismostrati della **Tomografia St4** individuati con l'indagine sismica a rifrazione 4 (Tavola 4) sono i seguenti:

- dalla superficie fino a profondità di circa -3/-4 m da p.c. si incontra un primo strato a velocità V_p minori di 1200 m/s correlabile con il terreno vegetale e con la coltre detritica formata da litici sparsi in matrice argilloso-limosa e abbondanti litici sparsi in una matrice che diventa gradualmente più limosa-sabbiosa;
- segue un secondo strato caratterizzato da velocità V_p comprese tra 1200 e 3000 m/s correlabile al substrato alterato e fratturato fino a profondità di circa -13/-15 m da p.c.;
- l'ultimo sismostrato è caratterizzato da velocità V_p maggiori di 3000 m/s apparentemente correlabile al substrato integro a profondità maggiori di -13/-15 m da p.c..

6 – CONCLUSIONI

Su incarico della Committenza, è stata realizzata una campagna d'indagine mediante metodologia sismica MASW e a rifrazione presso la frazione di Monteloro nel Comune di Pontassieve (FI) nelle date 13/03/2026 e 25/03/2026.

L'analisi della dispersione delle onde superficiali ha consentito di stimare il profilo verticale della V_s e di conseguenza del parametro $V_{s_{eq}}$ considerando come riferimento il piano di campagna. Sulla base del profilo sismostratigrafico ottenuto, le aree d'indagine risultano tutte compatibili con la **categoria di sottosuolo B** per secondo le NTC 2018 - Tabella 3.2.II.

	Report indagini sismiche	Località: Monteloro	Committente: Consorzio Le Fonti Monteloro
---	--------------------------	------------------------	---

Sarà comunque cura del progettista, in base alle caratteristiche dell'opera da realizzare, alla effettiva profondità di imposta delle fondazioni, ai modelli sismostratigrafici riportati con il conseguente profilo verticale della V_s , ed a tutte le considerazioni del caso che riterrà opportune, attribuire il definitivo valore di $V_{s,eq}$ e conseguentemente la categoria di suolo. Di seguito è riportata una tabella di confronto dei valori di velocità V_{seq} (m/s) e V_{s30} (m/s) nelle quattro misure MASW distinte per area d'indagine:

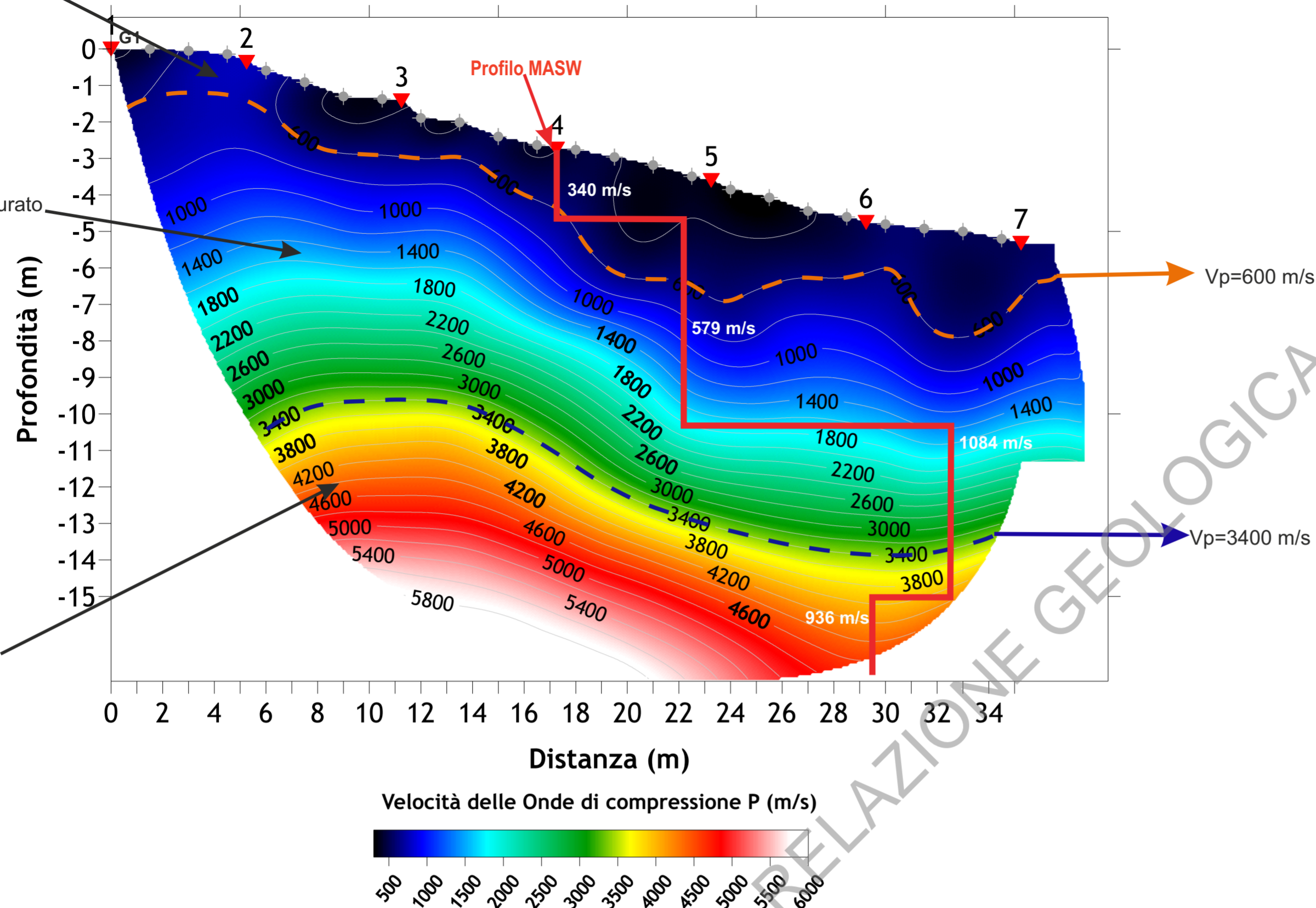
Area indagine	MASW	V_{seq} (m/s)	V_{s30} (m/s)
B	MASW1	495	738
B	MASW2	502	855
C	MASW3	474	474
A	MASW4	362	723

BOZZA RELAZIONE GEOLOGICA

Terreno vegetale e coltre detritica formata da litici sparsi in matrice argilloso-limoso

SEZIONE TOMOGRAFICA ST1

● Geofoni
▼ Shots sismici



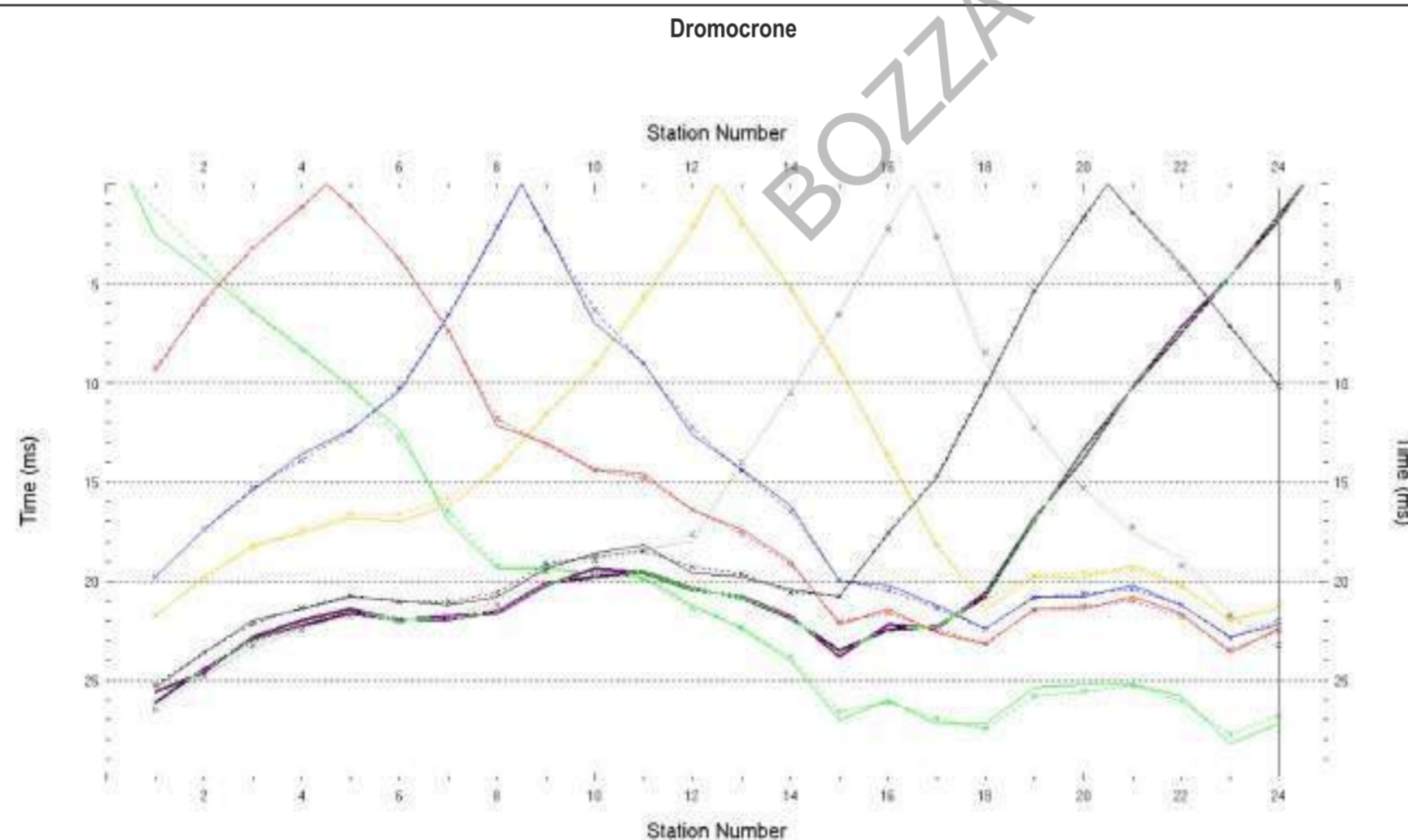
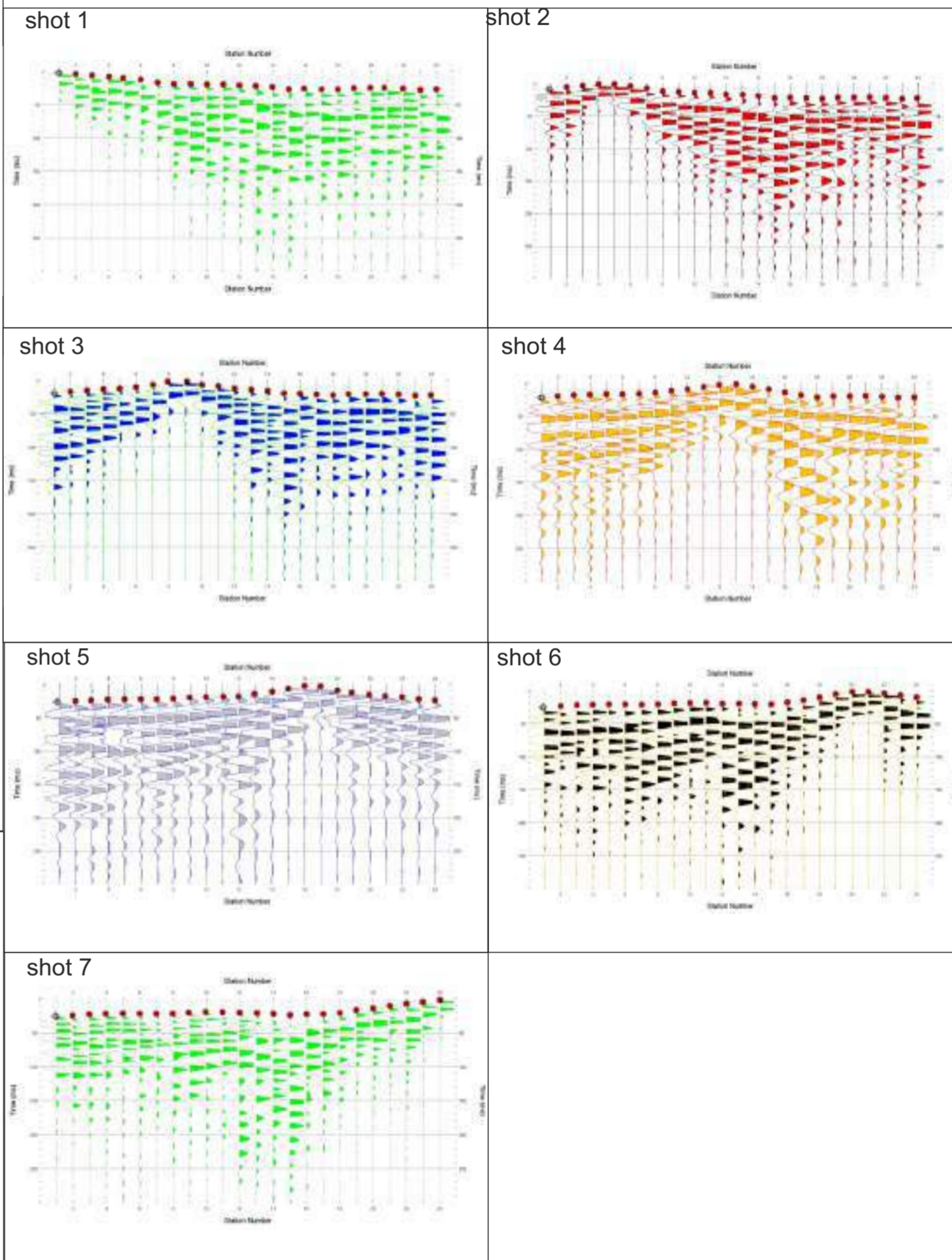
Substrato alterato e fratturato

Substrato integro

STESA SISMICA 1 A RIFRAZIONE CON ONDE P

TAVOLA 1

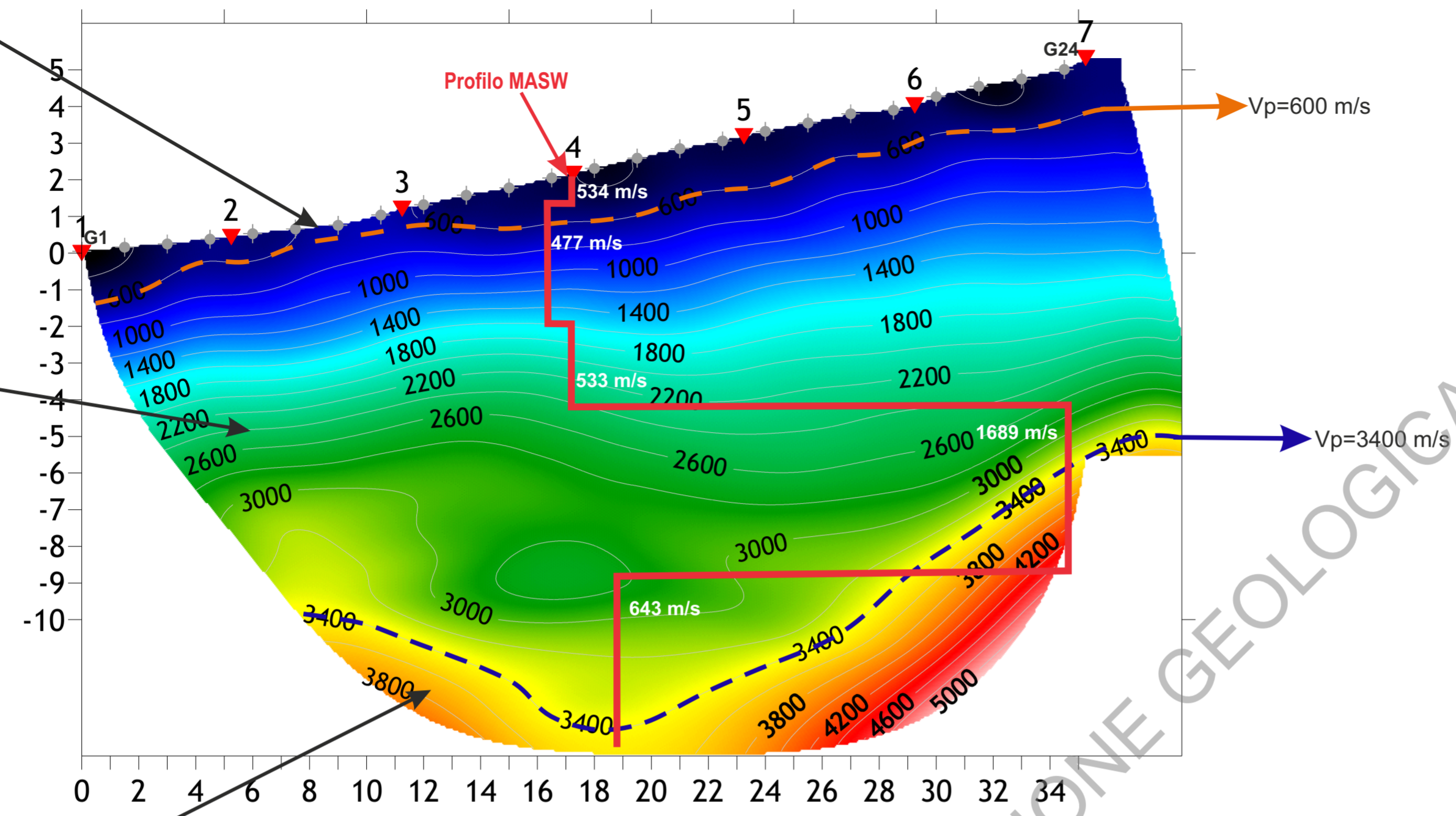
Registrazione tracce



Terreno vegetale e coltre detritica formata da litici abbondanti litici e ghiaia in matrice limoso-sabbiosa

SEZIONE TOMOGRAFICA ST2

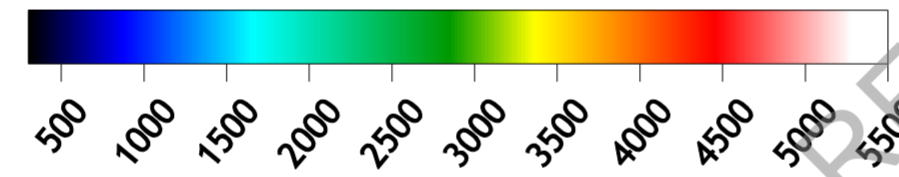
● Geofoni
▼ Shots sismici



Substrato alterato e fratturato

Substrato integro

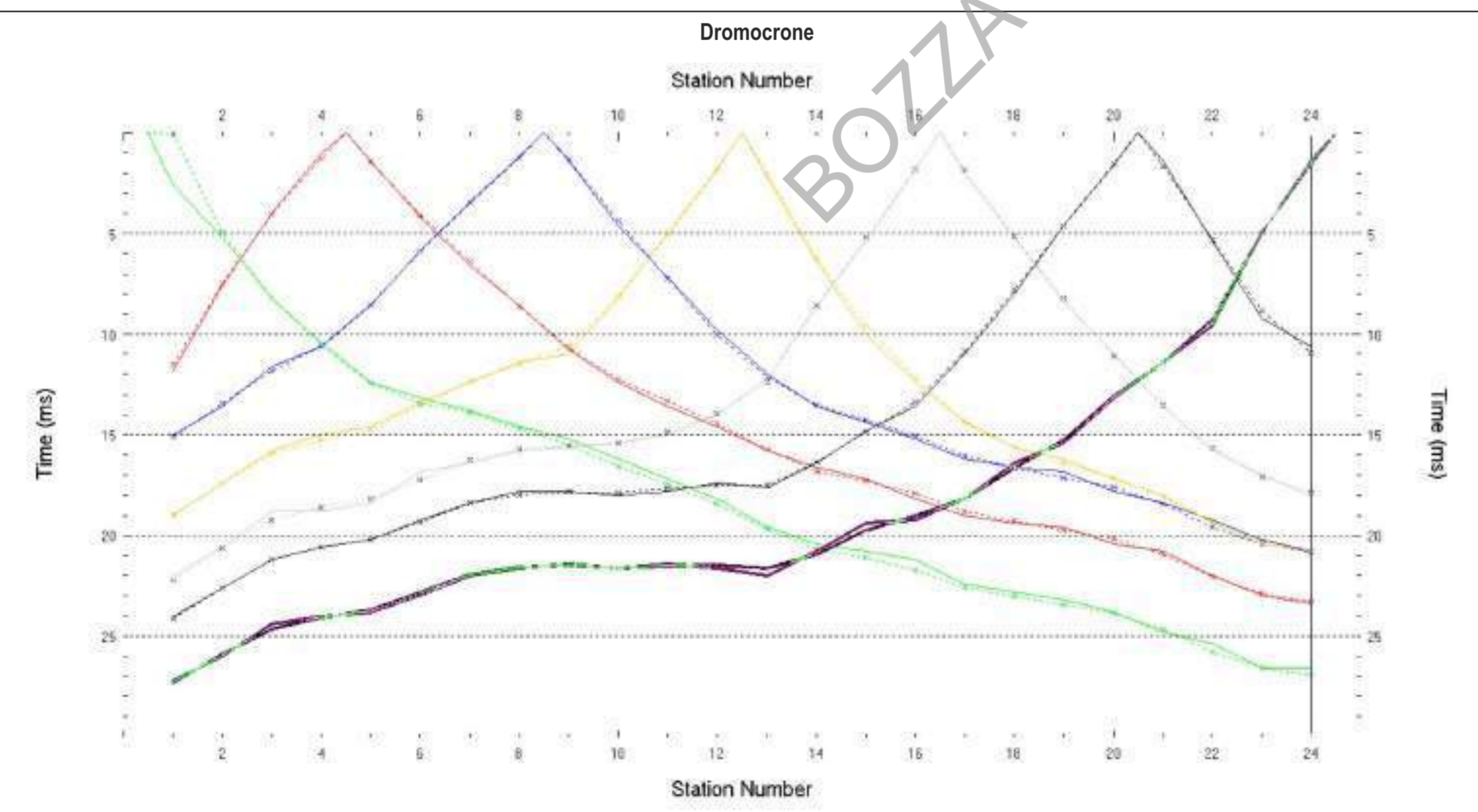
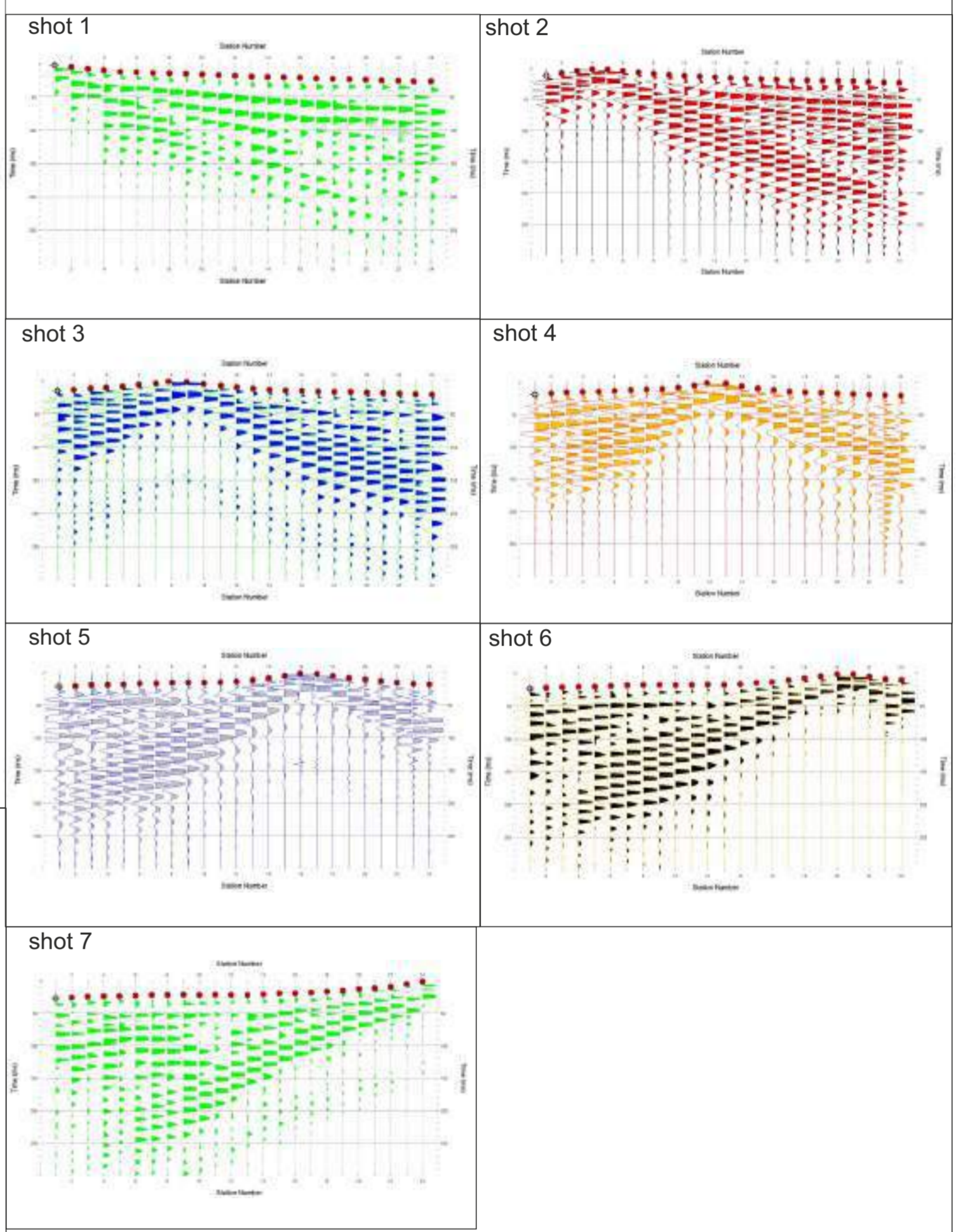
Velocità delle Onde di compressione P (m/s)



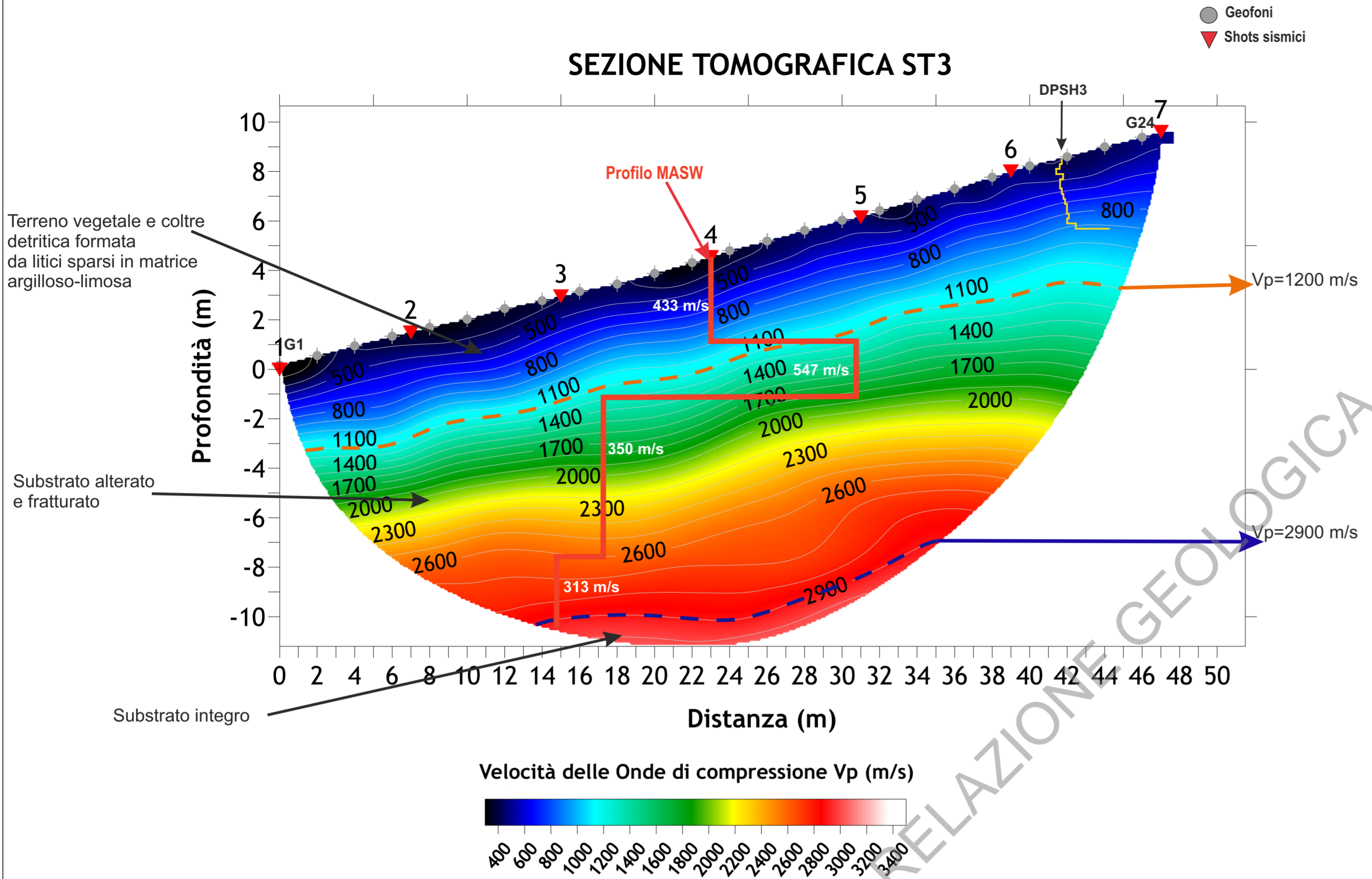
STESA SISMICA 2 A RIFRAZIONE CON ONDE P

TAVOLA 2

Registrazione tracce



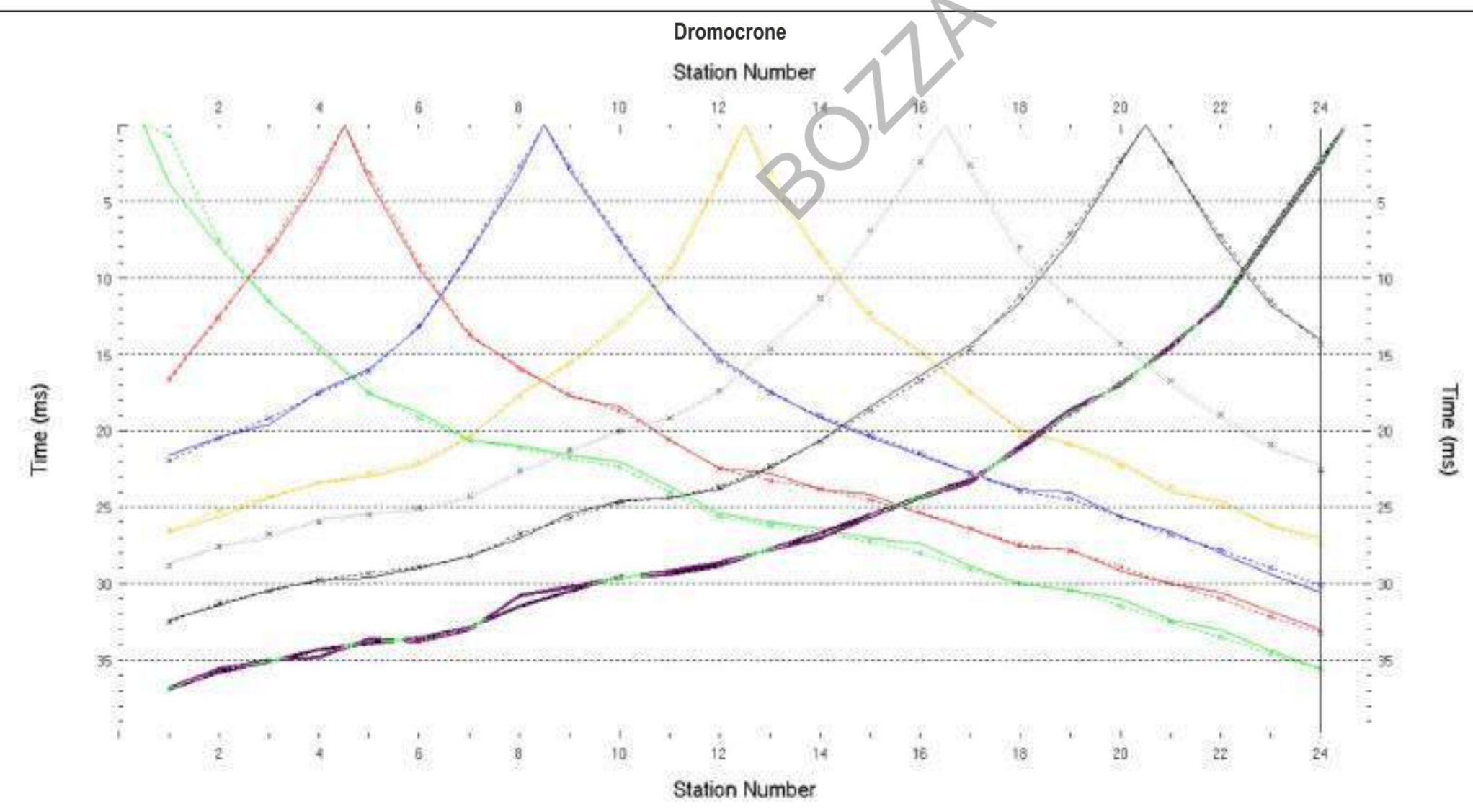
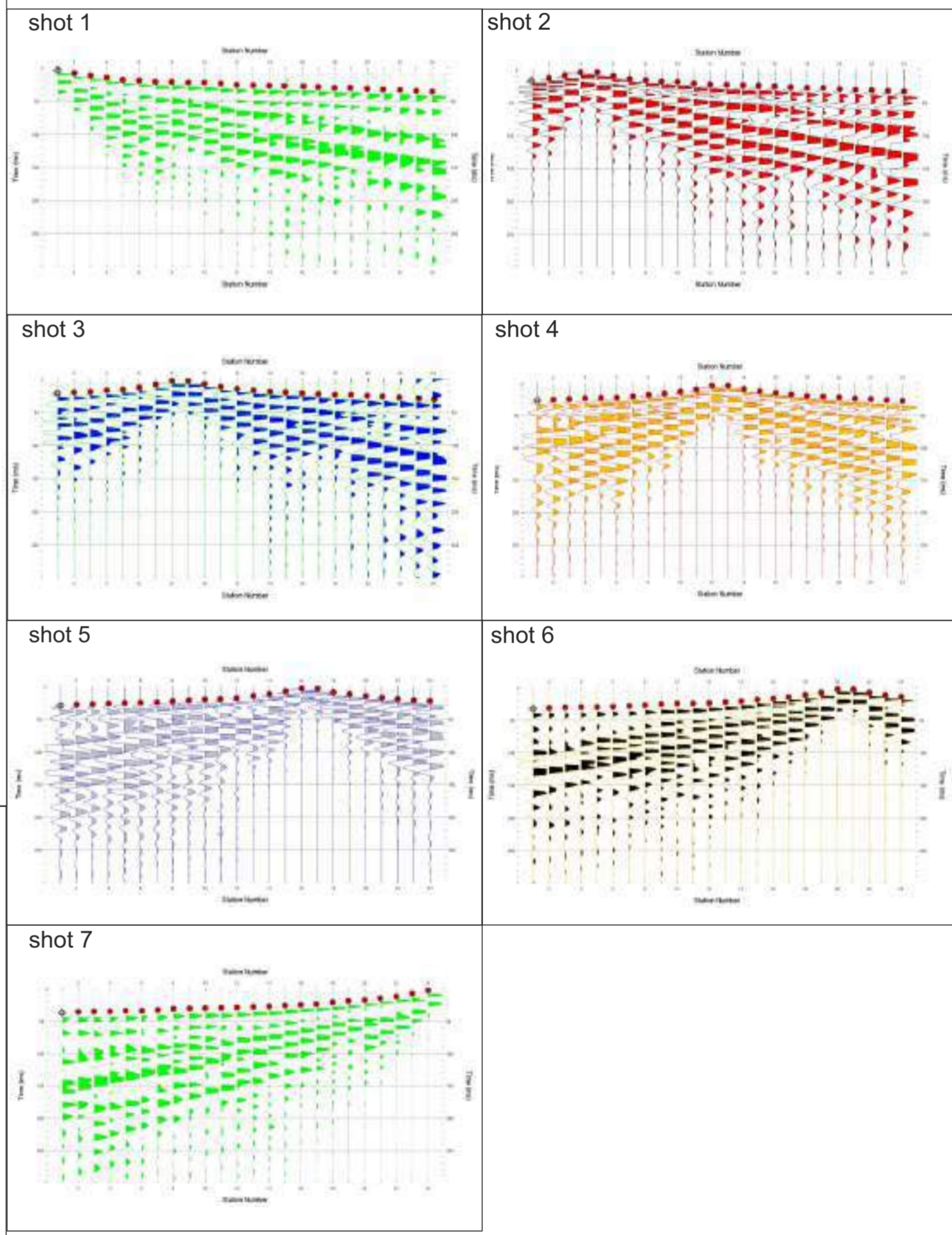
SEZIONE TOMOGRAFICA ST3



STESA SISMICA 3 A RIFRAZIONE CON ONDE P

TAVOLA 3

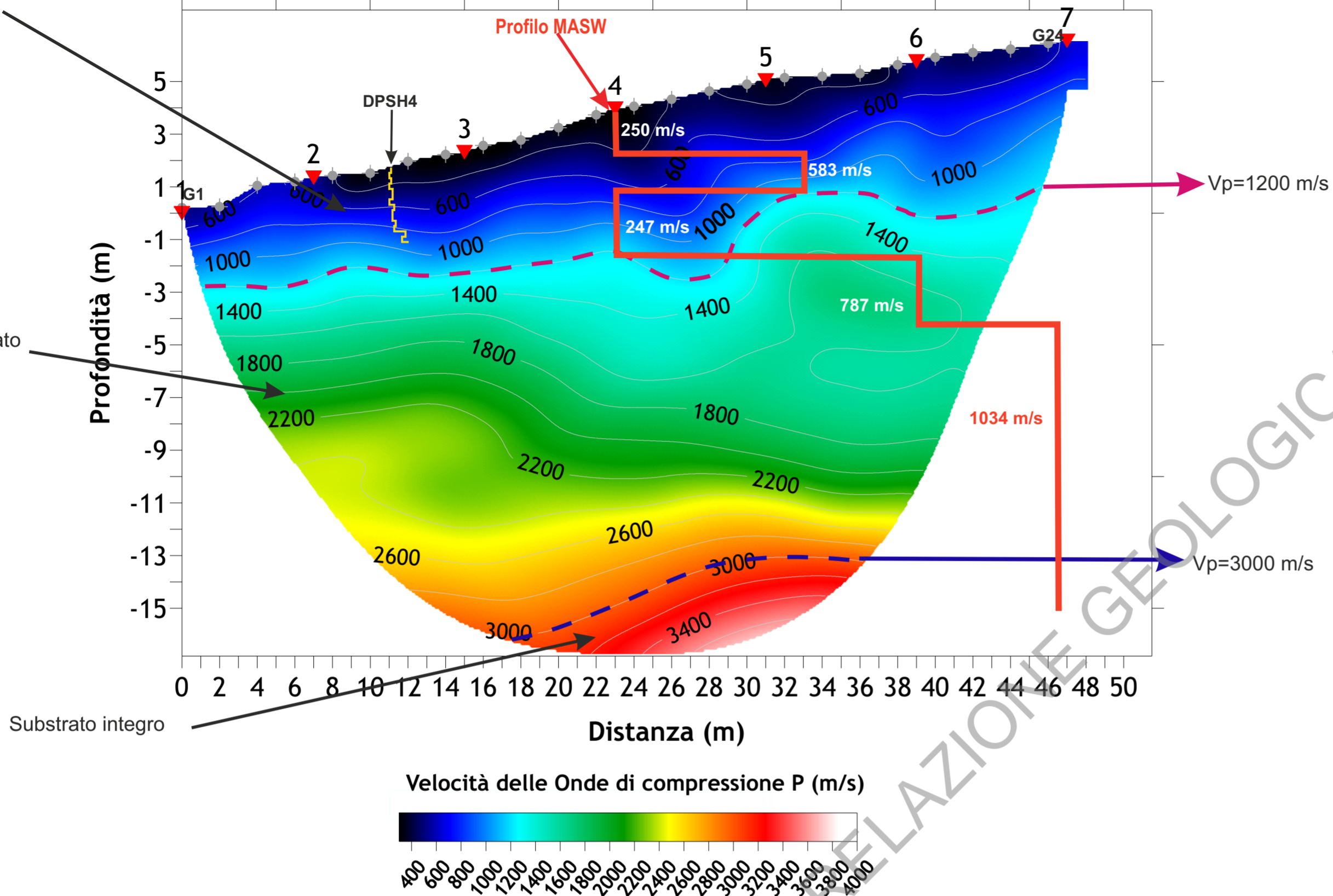
Registrazione tracce



Terreno vegetale e coltre detritica formata litici sparsi in matrice argilloso-limosa e più in profondità da abbondanti litici e ghiaia in matrice limoso-sabbiosa

SEZIONE TOMOGRAFICA ST4

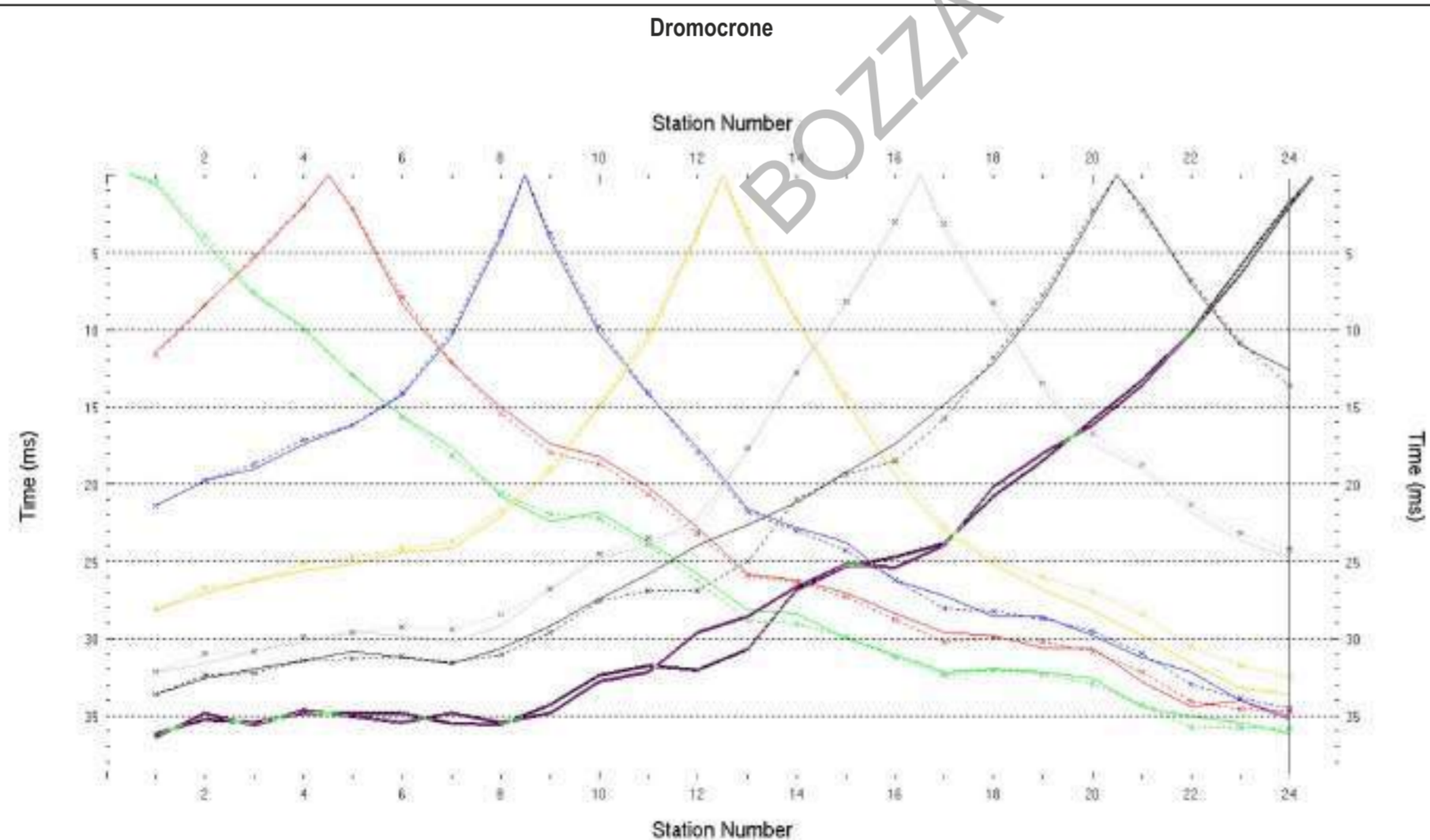
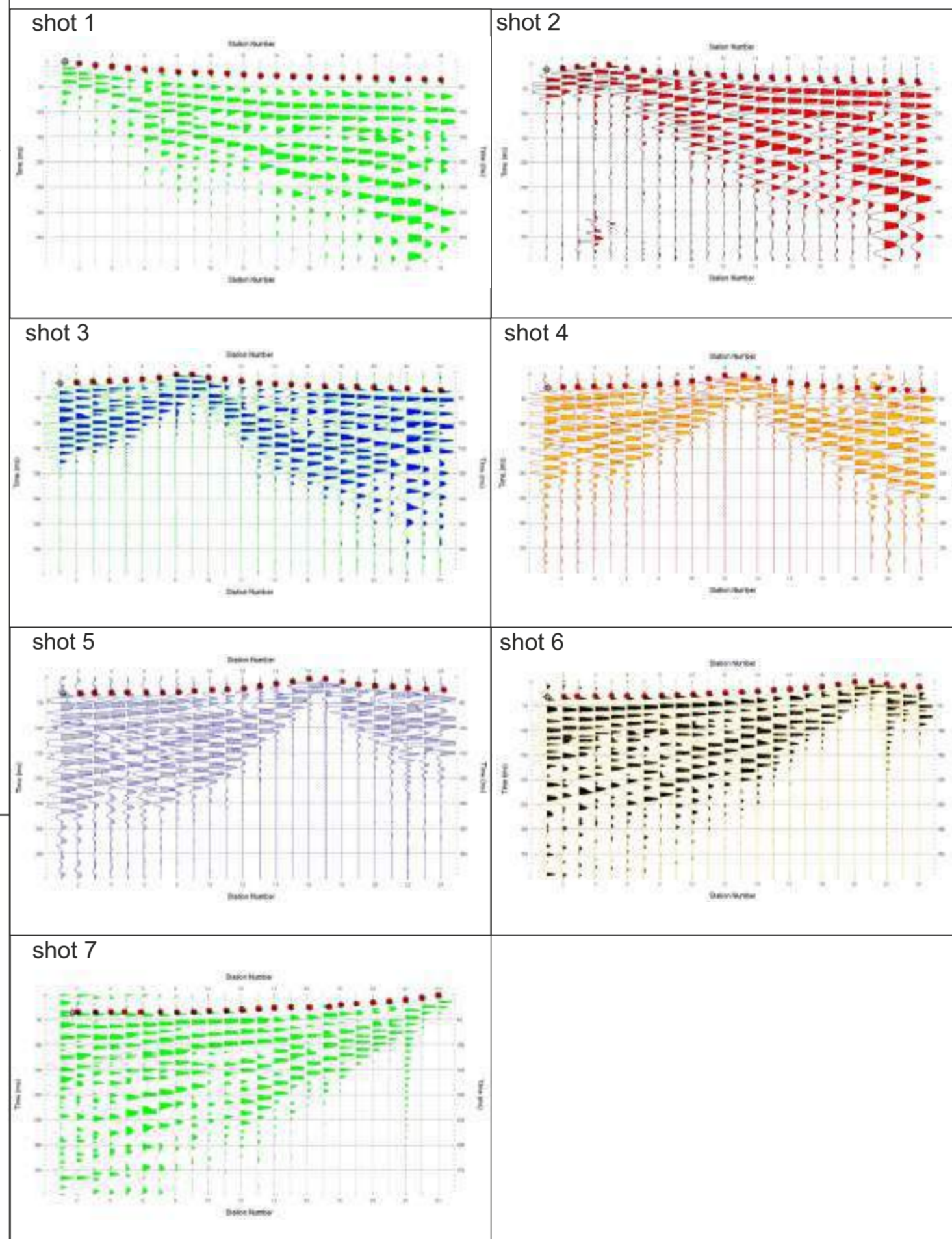
● Geofoni
▼ Shots sismici



STESA SISMICA 4 A RIFRAZIONE CON ONDE P

TAVOLA 4

Registrazione tracce







Fonte dati: Regione Toscana - Base Informativa Iniziativa Regionale art. 66 della L.R. 65/2014

Fonte dati: Regione Toscana - Base Informativa Territoriale Regionale art. 55 della L.R. 65/2014



ALLEGATO 5
REPORT PARAMETRI SISMICI

BOZZA RELAZIONE GEOLOGICA



Studio di Geologia: GEOL-AQUA

C.FISC: CNTFNC78S25D403A

P.IVA: 05618570484

**Via: La Marmora, 51
50121 Firenze (FI)**

Tel: 3290723618

**Email:
info@geol-aqua.it**

**Web:
www.geol-aqua.it**



Data: aprile 2026

Il committente:

**Consorzio Le Fonti
Monteloro**

Il Tecnico:

**Dott. Geol.
Francesco Cintelli**

Pericolosità sismica

1 PREMESSA

Per valutare se un'opera strutturale è sicura bisogna far riferimento a degli *stati limite*, che possono verificarsi durante un determinato *periodo di riferimento* della stessa opera. Quindi per poter stimare l'azione sismica che dovrà essere utilizzata nelle verifiche agli stati limite o nella progettazione, bisognerà stabilire:

- in primo luogo la *vita nominale* dell'opera, che congiuntamente alla *classe d'uso*, permette di determinare il *periodo di riferimento*;
- una volta definito il periodo di riferimento e i diversi stati limite da considerare, dopo aver definito le *relative probabilità di superamento* è possibile stabilire il *periodo di ritorno* associato a ciascun stato limite;
- a questo punto è possibile definire la **pericolosità sismica di base** per il sito interessato alla realizzazione dell'opera, facendo riferimento agli studi condotti sul territorio nazionale dal Gruppo di Lavoro 2004 nell'ambito della convenzione-progetto S1 DPC-INGV 2004-2006 e i cui risultati sono stati promulgati mediante l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (OPCM) 3519/2006.

2 VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

Nel **DM 17 gennaio 2018**-Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» il periodo di riferimento, che non può essere inferiore a 35 anni, è dato dalla seguente relazione:

$$V_R = V_N \cdot C_U \quad (2.1)$$

dove:

V_R = periodo di riferimento

V_N = vita nominale

C_U = coefficiente d'uso

La vita nominale di un'opera strutturale V_N , secondo le NTC 2018, è definita come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata e viene definita attraverso tre diversi valori, a seconda dell'importanza dell'opera e perciò delle esigenze di durabilità.

I valori minimi di V_N da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella Tab. 2.1. Tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo.

Tab. 2.1 – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Nel caso specifico $V_N = 50$ anni.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso. Le NTC 2018 prevedono quattro classi d'uso a ciascuna delle quali è associato un valore del coefficiente d'uso:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli. $C_U = 0.7$;

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti. $C_U = 1.0$;

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso. $C_U = 1.5$;

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica. $C_U = 2.0$;

Nel caso in esame viene presa in considerazione la **classe d'uso II** a cui è associato il coefficiente d'uso **$C_U = 1$** .

Ricavati i valori di V_N e C_U , è possibile calcolare il periodo di riferimento V_R , che qui vale:

$$V_R = 50 * 1 = 50 \text{ anni.}$$

3 STATI LIMITE, PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO E PERIODO DI RITORNO

Le NTC 2018 prendono in considerazione 4 possibili *stati limite* (SL) individuati facendo riferimento alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti: due sono *stati limite di esercizio* (SLE) e due sono *stati limite ultimi* (SLU). Uno stato limite è una condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per la quale è stata progettata. Più in particolare le opere e le varie tipologie strutturali devono essere dotate di capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio (sicurezza nei confronti di SLE) e di capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e di dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone o comportare la perdita di beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera (sicurezza nei confronti di SLU).

Gli stati limite di esercizio sono:

- **Stato Limite di Operatività** (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di Danno** (SLD): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita** (SLV): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni

verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Ad ogni stato limite è associata una *probabilità di superamento* P_{VR} (Tabella 3.1), ovvero la probabilità che, nel periodo di riferimento V_R , si verifichi almeno un evento sismico ($n \geq 1$) di a_g prefissata (a_g = accelerazione orizzontale massima del suolo) avente frequenza media annua di ricorrenza $\lambda = 1/T_R$ (T_R = periodo di ritorno).

Tabella 3.1- Stati limite e rispettive probabilità di superamento, nel periodo di riferimento V_R

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	$P_{VR} = 81\%$
Stato limite di esercizio: danno	SLD	$P_{VR} = 63\%$
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	$P_{VR} = 10\%$
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	$P_{VR} = 5\%$

Fissati V_R e P_{VR} associata ad ogni stato limite, è possibile calcolare il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R , espresso in anni, mediante l'espressione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} \quad (3.1)$$

Tale relazione tra P_{VR} (probabilità) e T_R (statistica) risulta biunivoca poiché utilizza la distribuzione discreta Poissoniana.

Poiché è **$V_R = 50$ anni**, il tempo di ritorno T_R sarà:

Tabella 3.2- Stati limite e rispettivi tempi di ritorno, nel periodo di riferimento V_R

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	$T_R = 30$
Stato limite di esercizio: danno	SLD	$T_R = 50$
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	$T_R = 475$
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	$T_R = 975$

4 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

La pericolosità sismica di base, cioè le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di interesse, nelle NTC 2018, per una determinata probabilità di superamento, si può

ritenere definita quando vengono designati un'accelerazione orizzontale massima (a_g) ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione, riferiti ad un suolo rigido e ad una superficie topografica orizzontale.

Per poter definire la pericolosità sismica di base le NTC 2018 si rifanno ad una procedura basata sui risultati disponibili anche sul sito web dell'INGV <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>, nella sezione "Mappe interattive della pericolosità sismica".

Secondo le NTC 2018 le forme spettrali sono definite per 9 differenti periodi di ritorno T_R (30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni) a partire dai valori dei seguenti parametri riferiti a terreno rigido orizzontale, cioè valutati in condizioni ideali di sito, definiti nell'**Allegato A** alle NTC08:

a_g = accelerazione orizzontale massima;

F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_c^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I tre parametri si ricavano per il 50° percentile ed attribuendo a:

a_g , il valore previsto dalla pericolosità sismica S1

F_0 e T_c^* i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC08 scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica S1 (il minimo è ottenuto ai minimi quadrati, su valori normalizzati).

I valori di questi parametri vengono forniti in tabella (Tabella 4.1), contenuta nell'**Allegato B** delle NTC08 (a cui le NTC 2018 fanno riferimento), per i 10751 punti di un reticolo di riferimento in cui è suddiviso il territorio nazionale, identificati dalle coordinate geografiche longitudine e latitudine.

Tabella 4.1- Stralcio della tabella contenuta nell'Allegato B delle NTC08, che fornisce i 3 parametri di pericolosità sismica, per diversi periodi di ritorno e per ogni nodo del reticolo che viene identificato da un ID e dalle coordinate geografiche.

ID	LON	LAT	$T_R = 30$			$T_R = 50$			$T_R = 72$			$T_R = 101$		
			a_g	F_0	T_c^*	a_g	F_0	T_c^*	a_g	F_0	T_c^*	a_g	F_0	T_c^*
13111	6.5448	45.1340	0.263	2.500	0.180	0.340	2.510	0.210	0.394	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13333	6.5506	45.0850	0.264	2.490	0.180	0.341	2.510	0.210	0.395	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13555	6.5564	45.0350	0.264	2.500	0.180	0.340	2.510	0.200	0.393	2.550	0.220	0.466	2.500	0.240
13777	6.5621	44.9850	0.263	2.500	0.180	0.338	2.520	0.200	0.391	2.550	0.220	0.462	2.510	0.240
12890	6.6096	45.1880	0.284	2.460	0.190	0.364	2.510	0.210	0.431	2.500	0.220	0.509	2.480	0.240
13112	6.6153	45.1390	0.286	2.460	0.190	0.366	2.510	0.210	0.433	2.500	0.220	0.511	2.480	0.240
13334	6.6210	45.0890	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.434	2.500	0.220	0.511	2.490	0.240
13556	6.6268	45.0390	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.433	2.510	0.220	0.510	2.490	0.240
13778	6.6325	44.9890	0.288	2.460	0.190	0.366	2.520	0.210	0.430	2.510	0.220	0.507	2.500	0.240

Parametri Sismici

14000	6.6383	44.9390	0.286	2.470	0.190	0.363	2.520	0.210	0.426	2.520	0.220	0.502	2.500	0.240
14222	6.6439	44.8890	0.284	2.470	0.190	0.360	2.530	0.210	0.421	2.530	0.220	0.497	2.500	0.240
12891	6.6803	45.1920	0.306	2.430	0.200	0.389	2.500	0.210	0.467	2.470	0.230	0.544	2.490	0.230
10228	6.6826	45.7940	0.283	2.420	0.200	0.364	2.460	0.220	0.430	2.460	0.240	0.505	2.440	0.250
13113	6.6860	45.1430	0.309	2.430	0.200	0.391	2.510	0.210	0.470	2.470	0.230	0.546	2.490	0.230
10450	6.6885	45.7450	0.278	2.440	0.200	0.356	2.480	0.220	0.415	2.500	0.230	0.485	2.470	0.250
13335	6.6915	45.0930	0.310	2.430	0.200	0.392	2.510	0.210	0.470	2.480	0.230	0.546	2.500	0.230
10672	6.6942	45.6950	0.275	2.450	0.200	0.351	2.490	0.210	0.406	2.520	0.230	0.475	2.490	0.250
13557	6.6973	45.0430	0.311	2.440	0.200	0.392	2.520	0.210	0.469	2.480	0.230	0.545	2.500	0.230
13779	6.7029	44.9930	0.310	2.440	0.200	0.391	2.520	0.210	0.467	2.480	0.230	0.543	2.500	0.230

Qualora la pericolosità sismica del sito sul reticolo di riferimento non consideri il periodo di ritorno T_R corrispondente alla V_R e P_{V_R} fissate, il valore del generico parametro p ad esso corrispondente potrà essere ricavato per interpolazione (Figura 4.1), a partire dai dati relativi ai tempi di ritorno previsti nella pericolosità di base, utilizzando la seguente espressione dell'Allegato A alle NTC08:

$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \cdot \log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)^{-1} \quad (4.1)$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse (a_g, F_o, T_C^*) corrispondente al periodo di ritorno T_R desiderato, mentre $p_1, 2$ è il valore di tale parametro corrispondente al periodo di ritorno $T_{R1, 2}$.

Per un qualunque punto del territorio non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri p possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando l'espressione dell'Allegato A alle NTC08:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 p_i}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}} \quad (4.2)$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse (a_g, F_o, T_C^*) corrispondente al punto considerato, p_i è il valore di tale parametro nell' i -esimo vertice della maglia elementare contenente il punto in esame e d_i è la distanza del punto in esame dall' i -esimo vertice della suddetta maglia.

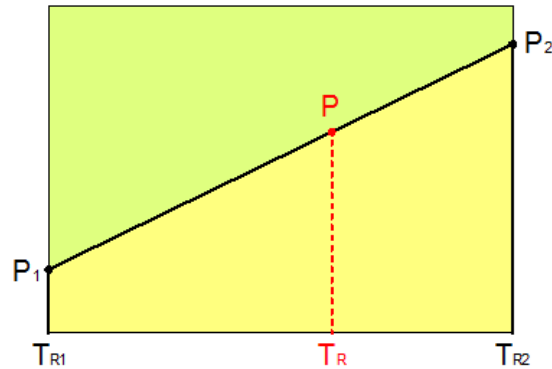


Figura 4.1 - Interpolazione dei periodi di ritorno, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC08.

La procedura per interpolare le coordinate geografiche è schematizzata nella Figura 4.2

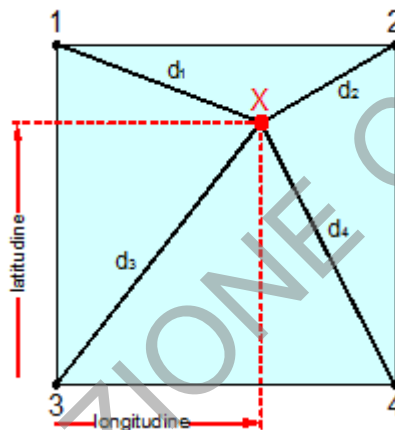


Figura 4.2 - Interpolazione delle coordinate geografiche, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC08.

Pertanto per poter procedere all'interpolazione delle coordinate geografiche, in accordo alla procedura delle NTC08, bisogna calcolare le distanze che intercorrono tra i 4 punti del reticolo e il punto di interesse. Questo calcolo può essere eseguito approssimativamente utilizzando le formule della trigonometria sferica, che danno la distanza geodetica tra due punti, di cui siano note le coordinate geografiche. Utilizzando quindi il teorema di Eulero, la distanza d tra due punti, di cui siano note latitudine e longitudine, espresse però in radianti, si ottiene dall'espressione seguente:

$$d = R \cdot \arccos[\sin(\text{lat}\beta) \cdot \sin(\text{lat}\alpha) + \cos(\text{lat}\beta) \cdot \cos(\text{lat}\alpha) \cdot \cos(\text{lon}\alpha - \text{lon}\beta)] \quad (4.3)$$

dove $R = 6371$ è il raggio medio terrestre in km, mentre $\text{lat}\alpha$, $\text{lon}\alpha$, $\text{lat}\beta$ e $\text{lon}\beta$ sono la latitudine e la longitudine, espresse in radianti, di due punti A e B di cui si vuole calcolare la distanza.

La formula di interpolazione sopra proposta, semplice da usare, presenta però l'inconveniente di condurre a valori di pericolosità lievemente diversi per punti affacciati ma appartenenti a maglie contigue. La modestia delle differenze (scostamenti in termini di PGA dell'ordine di $\pm 0,01g$ ossia della precisione dei dati) a fronte della semplicità d'uso, rende tale stato di cose assolutamente accettabile.

Qualora si vogliano rappresentazioni continue della funzione interpolata, si dovrà ricorrere a metodi di interpolazione più complessi, ad esempio i polinomi di Lagrange.

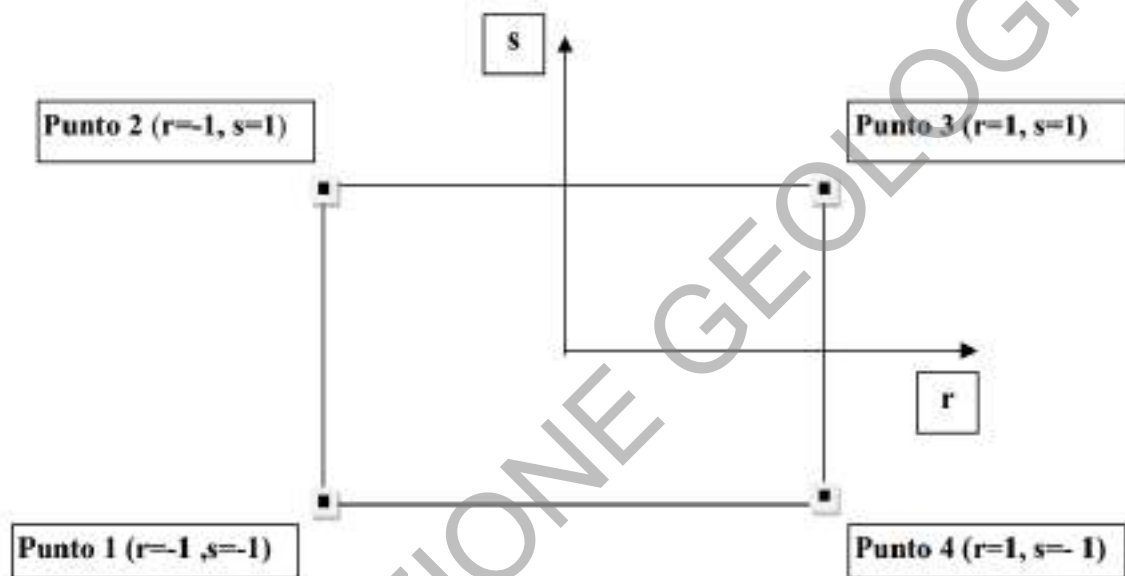


Figura 4.3 - Applicazione dell'interpolazione bilineare.

Definiti i 4 vertici di una generica maglia i polinomi di Lagrange sono così determinati:

$$h_1 = (1-r) \cdot (1-s)/4 \quad (4.4)$$

$$h_2 = (1-r) \cdot (1+s)/4 \quad (4.5)$$

$$h_3 = (1+r) \cdot (1+s)/4 \quad (4.6)$$

$$h_4 = (1+r) \cdot (1-s)/4 \quad (4.7)$$

Tra le coordinate x, y di un punto generico e le coordinate r, s dello stesso punto valgono le seguenti relazioni:

$$4x = \sum_{i=1}^4 h_i \cdot x_i = [(1-r) \cdot (1-s) \cdot x_1 + (1-r) \cdot (1+s) \cdot x_2 + (1+r) \cdot (1+s) \cdot x_3 + (1+r) \cdot (1-s) \cdot x_4] \quad (4.8)$$

$$4y = \sum_{i=1}^4 h_i \cdot y_i = [(1-r) \cdot (1-s) \cdot y_1 + (1-r) \cdot (1+s) \cdot y_2 + (1+r) \cdot (1+s) \cdot y_3 + (1+r) \cdot (1-s) \cdot y_4] \quad (4.9)$$

La soluzione del sistema di equazioni non lineari è ottenuta iterativamente e, tramite i valori di r ed s , si determinano i parametri a_g, F_0, T_C^* dall'equazione:

$$4p = \sum_{i=1}^4 h_i \cdot p_i = [(1-r) \cdot (1-s) \cdot p_1 + (1-r) \cdot (1+s) \cdot p_2 + (1+r) \cdot (1+s) \cdot p_3 + (1+r) \cdot (1-s) \cdot p_4] \quad (4.10)$$

Dove p rappresenta il parametro cercato.

5 Pericolosità sismica di sito

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono. Per la singola opera o per il singolo sistema geotecnico la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di categoria A, definito al § 3.2.2).

5.1 Coefficienti sismici

I coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v dipendono del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi e del tipo di opera da calcolare. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno (T_R) dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = \frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} \quad (5.1)$$

Con V_R vita di riferimento della costruzione e P_{VR} probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso V_R non può essere inferiore a 35 anni.

5.2 Stabilità dei pendii e fondazioni

Nel caso di stabilità dei pendii i coefficienti k_h e k_v sono così determinati:

$$k_h = \beta_s \cdot \left(\frac{a_{\max}}{g} \right) \quad (5.2)$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h \quad (5.3)$$

Con

- b_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;
- a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
- g accelerazione di gravità.

I valori di β_s sono riportati nella tabella 5.1.

Tabella 5.1- Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0.2 < a_g(g) \leq 0.4$	0.30	0.28
$0.1 < a_g(g) \leq 0.2$	0.27	0.24
$a_g(g) \leq 0.1$	0.20	0.20

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa al sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{max} = S_s \cdot S_T \cdot a_g \quad (5.4)$$

S_s (effetto di amplificazione stratigrafica) ($0.90 \leq S_s \leq 1.80$) è funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E). e del rapporto a_g/g . S_T (effetto di amplificazione topografica), varia con il variare delle quattro categorie topografiche:

$$\mathbf{T1: } S_T = 1.0; \mathbf{T2: } S_T = 1.20; \mathbf{T3: } S_T = 1.20; \mathbf{T4: } S_T = 1.40.$$

5.3 Fronti scavo e rilevati

Il comportamento in condizioni sismiche dei fronti di scavo e dei rilevati può essere analizzato con gli stessi metodi impiegati per i pendii naturali; specificamente mediante metodi pseudostatici, metodi degli spostamenti e metodi avanzati di analisi dinamica.

Nei metodi pseudostatici l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile. Le componenti orizzontale e verticale di tale forza devono essere ricavate in funzione delle proprietà del moto atteso nel volume di

terreno potenzialmente instabile e della capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza.

In mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale della forza statica equivalente possono esprimersi come

$$F_h = k_h \cdot W \text{ ed } F_v = k_v \cdot W$$

con k_h e k_v rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale definiti nel § 7.11.3.5.2 e adottando i seguenti valori del coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito:

$\beta_s = 0.38$ nelle verifiche dello stato limite ultimo (SLV)

$\beta_s = 0.47$ nelle verifiche dello stato limite di esercizio (SLD).

Nelle verifiche di sicurezza si deve controllare che la resistenza del sistema sia maggiore delle azioni (condizione [6.2.1]) impiegando lo stesso approccio di cui al § 6.8.2 per le opere di materiali sciolti e fronti di scavo, ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici (§ 7.11.1) e impiegando le resistenze di progetto calcolate con un coefficiente parziale pari a $\gamma_R = 1.2$.

Si deve inoltre tener conto della presenza di manufatti interagenti con l'opera.

5.4 Muri di sostegno

Per i muri di sostegno pendii i coefficienti k_h e k_v sono così determinati:

$$k_h = \beta_m \cdot \left(\frac{a_{\max}}{g} \right) \quad (5.5)$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h \quad (5.6)$$

Con:

β_m coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito, per i muri che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno assume valore unitario altrimenti assume i valori riportati di seguito.

$\beta_m = 0.38$ nelle verifiche allo stato limite ultimo (SLV)

$\beta_m = 0.47$ nelle verifiche allo stato limite di esercizio (SLD).

I valori del coefficiente β_m possono essere incrementati in ragione di particolari caratteristiche prestazionali del muro, prendendo a riferimento il diagramma di in Figura 5.2.

a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
 g accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad (5.7)$$

S è il coefficiente comprendente l'effetto di amplificazione stratigrafica S_S e di amplificazione topografica S_T .

a_g accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

5.5 Paratie

In mancanza di studi specifici, a_h (accelerazione orizzontale) può essere legata all'accelerazione di picco a_{max} attesa nel volume di terreno significativo per l'opera mediante la relazione:

$$a_h = k_h \cdot g = \alpha \cdot \beta \cdot a_{max} \quad (5.8)$$

dove:

g è l'accelerazione di gravità;

k_h è il coefficiente sismico in direzione orizzontale;

$\alpha \leq 1$ è un coefficiente che tiene conto della deformabilità dei terreni interagenti con l'opera. Può essere ricavato a partire dall'altezza complessiva **H** della paratia e dalla categoria di sottosuolo mediante il diagramma in Figura 5.1:

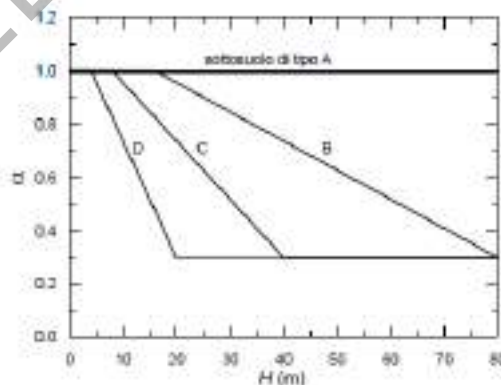


Figura 5.1 - Diagramma per la valutazione del coefficiente di deformabilità α .

Per il sottosuolo di categoria E si utilizzano le curve dei sottosuoli C o D in dipendenza dei valori assunti dalla velocità equivalente V_s . Per la valutazione della spinta nelle condizioni di equilibrio limite passivo deve porsi $\alpha = 1$.

Il valore del coefficiente β può essere ricavato dal diagramma riportato in Figura 5.2, in funzione del massimo spostamento u_s che l'opera può tollerare senza riduzioni di resistenza.

Per $u_s = 0$ si ha $\beta = 1$; $u_s \leq 0.005 \cdot H$

Se $\alpha \cdot \beta \leq 0.2$ deve assumersi $k_h = 0.2 \cdot a_{\max} / g$

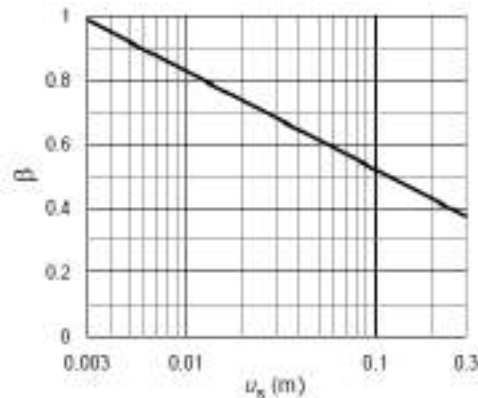


Figura 5.2 - Diagramma per la valutazione del coefficiente di spostamento β .

L'accelerazione di picco a_{\max} è valutata mediante un'analisi di risposta sismica locale, ovvero come

$$a_{\max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad (5.9)$$

dove:

S è il coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione topografica (S_T), di cui al § 3.2.3.2;

a_g è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

PERICOLOSITÀ SISMICA in Area A, loc Villese

Data: 21/04/2026

Vita nominale (V_n):	50 [anni]
Classe d'uso:	II
Coefficiente d'uso (C_u):	1
Periodo di riferimento (V_r):	50 [anni]
Periodo di ritorno (T_r) SLO:	30 [anni]
Periodo di ritorno (T_r) SLD:	50 [anni]
Periodo di ritorno (T_r) SLV:	475 [anni]
Periodo di ritorno (T_r) SLC:	975 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84):	43.8454895 [°]
Longitudine (WGS84):	11.3508635 [°]
Latitudine (ED50):	43.8464432 [°]
Longitudine (ED50):	11.3518457 [°]

Parametri Sismici

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.056	2.498	0.258
SLD	50	0.070	2.481	0.270
	72	0.081	2.492	0.276
	101	0.096	2.424	0.278
	140	0.109	2.426	0.282
	201	0.125	2.407	0.288
SLV	475	0.171	2.379	0.293
SLC	975	0.217	2.381	0.297
	2475	0.289	2.399	0.317

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.052	2.517	0.255
SLD	50	0.064	2.531	0.271
	72	0.074	2.521	0.278
	101	0.084	2.525	0.283
	140	0.095	2.517	0.287
	201	0.113	2.433	0.291
SLV	475	0.152	2.404	0.300
SLC	975	0.191	2.404	0.313
	2475	0.253	2.431	0.321

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.050	2.530	0.253
SLD	50	0.061	2.565	0.271
	72	0.070	2.544	0.278
	101	0.079	2.560	0.283
	140	0.089	2.543	0.288
	201	0.102	2.514	0.294
SLV	475	0.140	2.449	0.305
SLC	975	0.180	2.406	0.314
	2475	0.238	2.419	0.323

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.053	2.514	0.255
SLD	50	0.065	2.523	0.270
SLV	475	0.154	2.408	0.299
SLC	975	0.196	2.400	0.310

Parametri Sismici

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITOCoefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta=[10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1.000

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica:

T2: Pendii con inclinazione media maggiore di 15°

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.015	0.019	0.053	0.068
kv	0.008	0.009	0.027	0.034
amax [m/s ²]	0.748	0.917	2.180	2.764
Beta	0.200	0.200	0.240	0.240

Muri di sostegno NTC 2018

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.044	0.084	--
kv	--	0.022	0.042	--
amax [m/s ²]	0.748	0.917	2.180	2.764
Beta	--	0.470	0.380	--

Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.044	0.084	--
kv	--	0.022	0.042	--
amax [m/s ²]	0.748	0.917	2.180	2.764
Beta	--	0.470	0.380	--

Paratie NTC 2018

Altezza paratia (H):

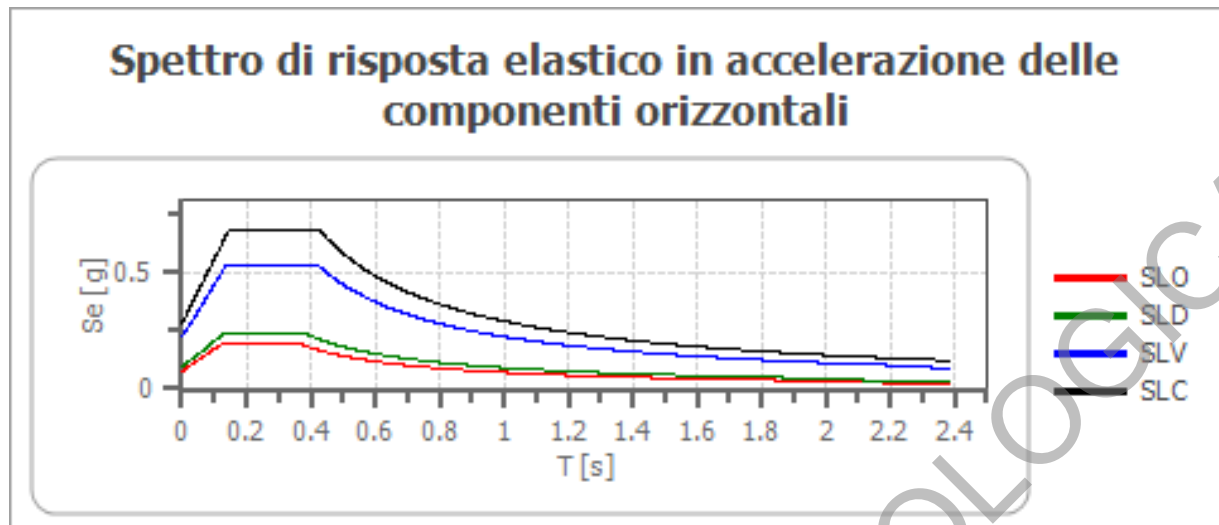
3.0 [m]

Spostamento ammissibile us:

0.015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.059	0.073	0.172	0.219
kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	0.748	0.917	2.180	2.764
Beta	0.776	0.776	0.776	0.776

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

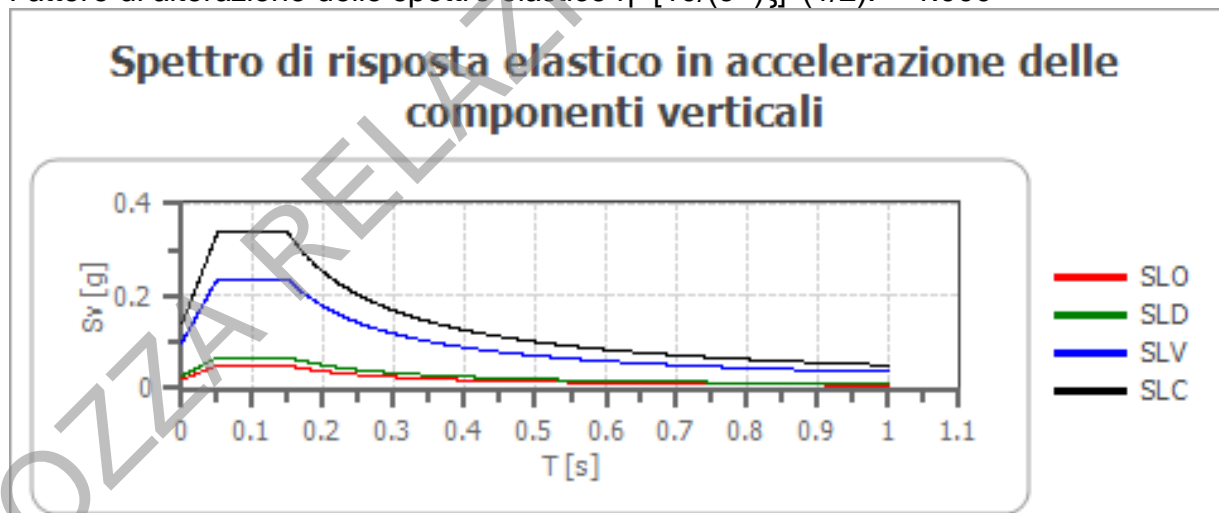


	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.0	0.053	2.514	0.255	1.200	1.450	1.200	1.440	1.000	0.123	0.370	1.812	0.076	0.192
SLD	1.0	0.065	2.523	0.270	1.200	1.430	1.200	1.440	1.000	0.129	0.386	1.860	0.094	0.236
SLV	1.0	0.154	2.408	0.299	1.200	1.400	1.200	1.440	1.000	0.140	0.419	2.217	0.222	0.535
SLC	1.0	0.196	2.400	0.310	1.200	1.390	1.200	1.440	1.000	0.144	0.431	2.383	0.282	0.676

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1.000



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.0	0.053	2.514	0.255	1	1.450	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.020	0.050
SLD	1.0	0.065	2.523	0.270	1	1.430	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.027	0.068
SLV	1.0	0.154	2.408	0.299	1	1.400	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.098	0.237
SLC	1.0	0.196	2.400	0.310	1	1.390	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.140	0.337

PERICOLOSITÀ SISMICA in Area B, loc. San Vincenzo

Data: 21/04/2026

 Vita nominale (Vn): 50 [anni]
 Classe d'uso: II
 Coefficiente d'uso (Cu): 1
 Periodo di riferimento (Vr): 50 [anni]

 Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

 Latitudine (WGS84): 43.8356934 [°]
 Longitudine (WGS84): 11.3606215 [°]
 Latitudine (ED50): 43.8366470 [°]
 Longitudine (ED50): 11.3616028 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	19838	43.815220	11.342350	2839.50
2	19839	43.816460	11.411620	4597.66
3	19617	43.866450	11.409910	5097.65
4	19616	43.865200	11.340600	3593.87



Parametri Sismici

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.050	2.530	0.253
SLD	50	0.061	2.565	0.271
	72	0.070	2.544	0.278
	101	0.079	2.560	0.283
	140	0.089	2.543	0.288
	201	0.102	2.514	0.294
SLV	475	0.140	2.449	0.305
SLC	975	0.180	2.406	0.314
	2475	0.238	2.419	0.323

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.052	2.517	0.255
SLD	50	0.064	2.531	0.271
	72	0.074	2.521	0.278
	101	0.084	2.525	0.283
	140	0.095	2.517	0.287
	201	0.113	2.433	0.291
SLV	475	0.152	2.404	0.300
SLC	975	0.191	2.404	0.313
	2475	0.253	2.431	0.321

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.056	2.498	0.258
SLD	50	0.070	2.481	0.270
	72	0.081	2.492	0.276
	101	0.096	2.424	0.278
	140	0.109	2.426	0.282
	201	0.125	2.407	0.288
SLV	475	0.171	2.379	0.293
SLC	975	0.217	2.381	0.297
	2475	0.289	2.399	0.317

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.054	2.510	0.255
SLD	50	0.066	2.512	0.269
	72	0.076	2.511	0.276
	101	0.087	2.502	0.281
	140	0.099	2.481	0.285
	201	0.117	2.417	0.290
SLV	475	0.157	2.397	0.298

Parametri Sismici				
-------------------	---	--	--	--

SLC	975	0.198	2.402	0.311
	2475	0.262	2.440	0.319

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.053	2.516	0.255
SLD	50	0.064	2.528	0.270
SLV	475	0.153	2.412	0.300
SLC	975	0.194	2.400	0.310

BOZZA RELAZIONE GEOLOGICA

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1.000

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica:

T2: Pendii con inclinazione media maggiore di 15°

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.015	0.019	0.053	0.067
kv	0.008	0.009	0.026	0.034
amax [m/s ²]	0.744	0.910	2.157	2.741
Beta	0.200	0.200	0.240	0.240

Muri di sostegno NTC 2018

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.044	0.084	--
kv	--	0.022	0.042	--
amax [m/s ²]	0.744	0.910	2.157	2.741
Beta	--	0.470	0.380	--

Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.044	0.084	--
kv	--	0.022	0.042	--
amax [m/s ²]	0.744	0.910	2.157	2.741
Beta	--	0.470	0.380	--

Paratie NTC 2018

Altezza paratia (H):

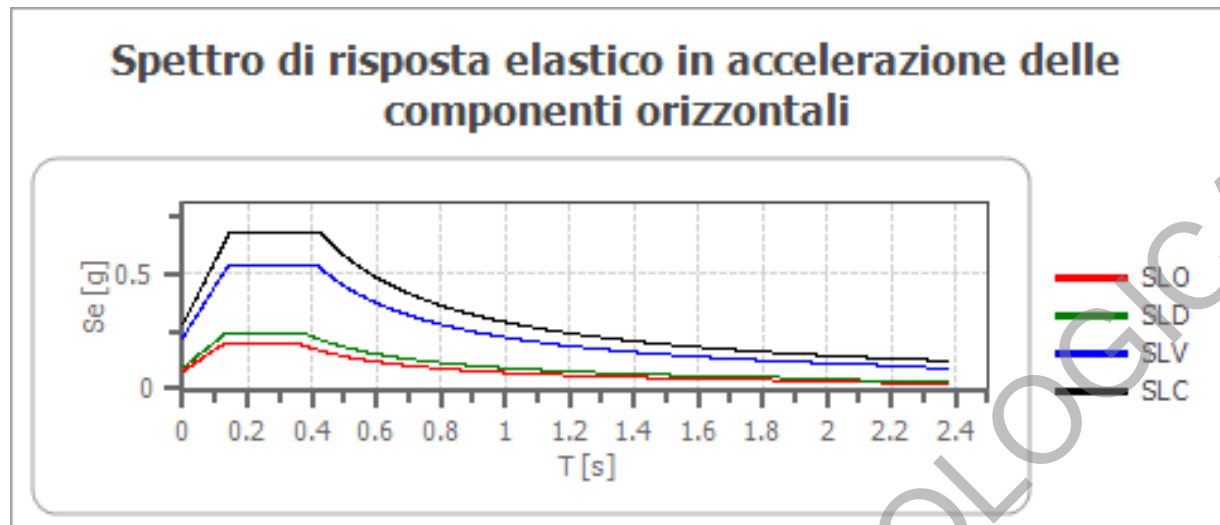
3.0 [m]

Spostamento ammissibile us:

0.015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.059	0.072	0.171	0.217
kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	0.744	0.910	2.157	2.741
Beta	0.776	0.776	0.776	0.776

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

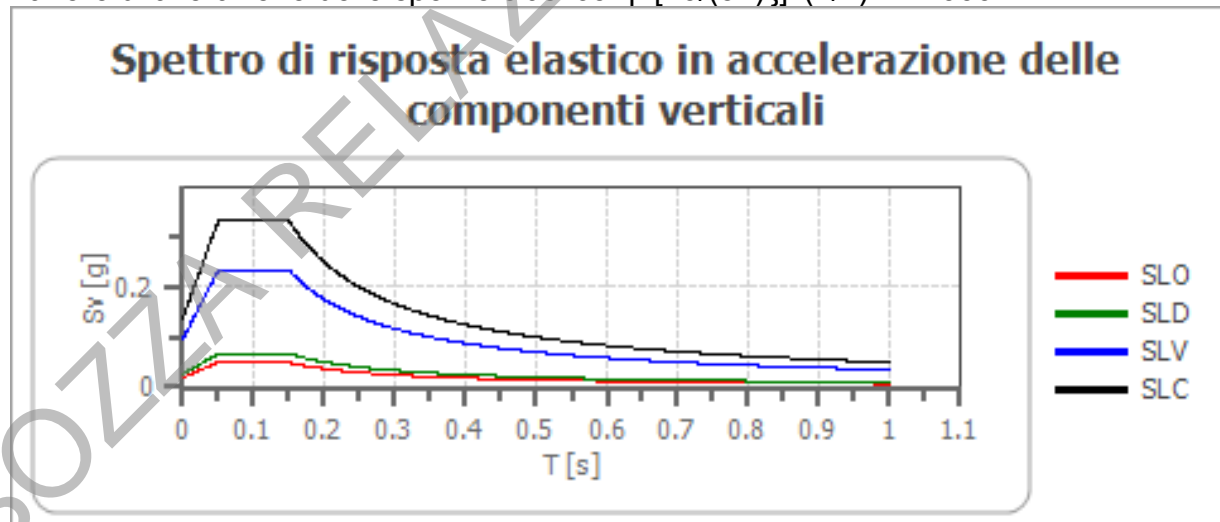


	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.0	0.053	2.516	0.255	1.200	1.450	1.200	1.440	1.000	0.123	0.370	1.811	0.076	0.191
SLD	1.0	0.064	2.528	0.270	1.200	1.430	1.200	1.440	1.000	0.129	0.386	1.858	0.093	0.235
SLV	1.0	0.153	2.412	0.300	1.200	1.400	1.200	1.440	1.000	0.140	0.420	2.211	0.220	0.531
SLC	1.0	0.194	2.400	0.310	1.200	1.390	1.200	1.440	1.000	0.144	0.431	2.376	0.279	0.671

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10 / (5 + \xi)]^{(1/2)}$: 1.000



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.0	0.053	2.516	0.255	1	1.450	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.020	0.049
SLD	1.0	0.064	2.528	0.270	1	1.430	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.027	0.067
SLV	1.0	0.153	2.412	0.300	1	1.400	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.097	0.233
SLC	1.0	0.194	2.400	0.310	1	1.390	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.139	0.332

PERICOLOSITÀ SISMICA in Area C, Il Pelagaccio

Data: 21/04/2026

Vita nominale (Vn): 50 [anni]
 Classe d'uso: II
 Coefficiente d'uso (Cu): 1
 Periodo di riferimento (Vr): 50 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 43.8293266 [°]
 Longitudine (WGS84): 11.3622761 [°]
 Latitudine (ED50): 43.8302803 [°]
 Longitudine (ED50): 11.3632574 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	19838	43.815220	11.342350	2370.30
2	19839	43.816460	11.411620	4173.19
3	19617	43.866450	11.409910	5492.74
4	19616	43.865200	11.340600	4286.82



Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.050	2.530	0.253
SLD	50	0.061	2.565	0.271
	72	0.070	2.544	0.278
	101	0.079	2.560	0.283
	140	0.089	2.543	0.288
	201	0.102	2.514	0.294
SLV	475	0.140	2.449	0.305
SLC	975	0.180	2.406	0.314
	2475	0.238	2.419	0.323

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.052	2.517	0.255
SLD	50	0.064	2.531	0.271
	72	0.074	2.521	0.278
	101	0.084	2.525	0.283
	140	0.095	2.517	0.287
	201	0.113	2.433	0.291
SLV	475	0.152	2.404	0.300
SLC	975	0.191	2.404	0.313

Parametri Sismici

	2475	0.253	2.431	0.321
--	------	-------	-------	-------

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.056	2.498	0.258
SLD	50	0.070	2.481	0.270
	72	0.081	2.492	0.276
	101	0.096	2.424	0.278
	140	0.109	2.426	0.282
	201	0.125	2.407	0.288
SLV	475	0.171	2.379	0.293
SLC	975	0.217	2.381	0.297
	2475	0.289	2.399	0.317

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.054	2.510	0.255
SLD	50	0.066	2.512	0.269
	72	0.076	2.511	0.276
	101	0.087	2.502	0.281
	140	0.099	2.481	0.285
	201	0.117	2.417	0.290
SLV	475	0.157	2.397	0.298
SLC	975	0.198	2.402	0.311
	2475	0.262	2.440	0.319

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.052	2.518	0.255
SLD	50	0.064	2.532	0.270
SLV	475	0.151	2.416	0.301
SLC	975	0.193	2.400	0.310

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1.000

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica:

T2: Pendii con inclinazione media maggiore di 15°

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.015	0.018	0.052	0.067
kv	0.008	0.009	0.026	0.033
amax [m/s ²]	0.741	0.904	2.139	2.720
Beta	0.200	0.200	0.240	0.240

Parametri Sismici

Muri di sostegno NTC 2018

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.043	0.083	--
kv	--	0.022	0.041	--
amax [m/s ²]	0.741	0.904	2.139	2.720
Beta	--	0.470	0.380	--

Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.043	0.083	--
kv	--	0.022	0.041	--
amax [m/s ²]	0.741	0.904	2.139	2.720
Beta	--	0.470	0.380	--

Paratie NTC 2018

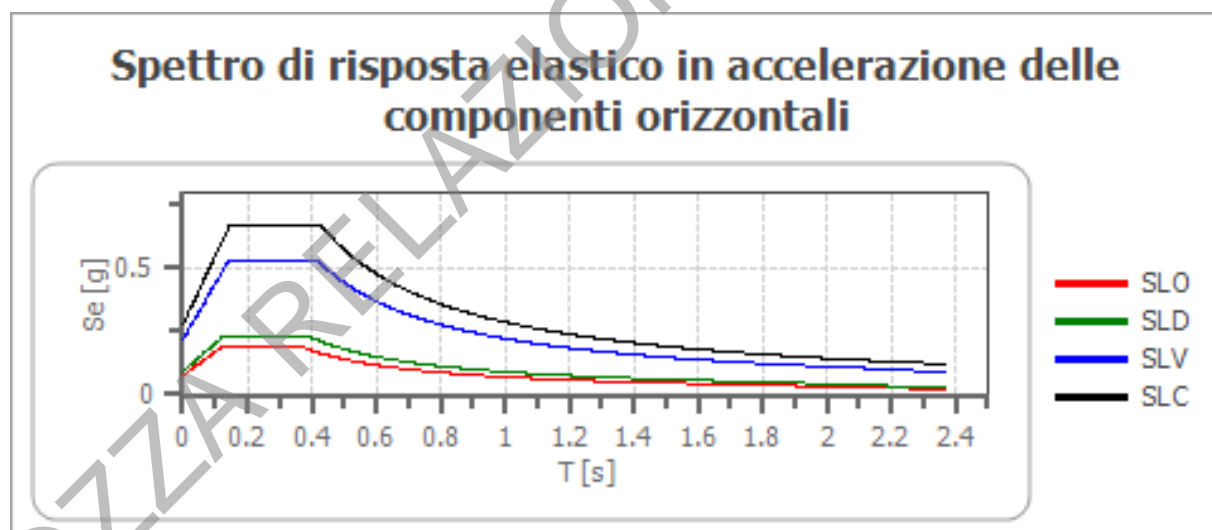
Altezza paratia (H):

3.0 [m]

Spostamento ammissibile us:

0.015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.059	0.072	0.169	0.215
kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	0.741	0.904	2.139	2.720
Beta	0.776	0.776	0.776	0.776

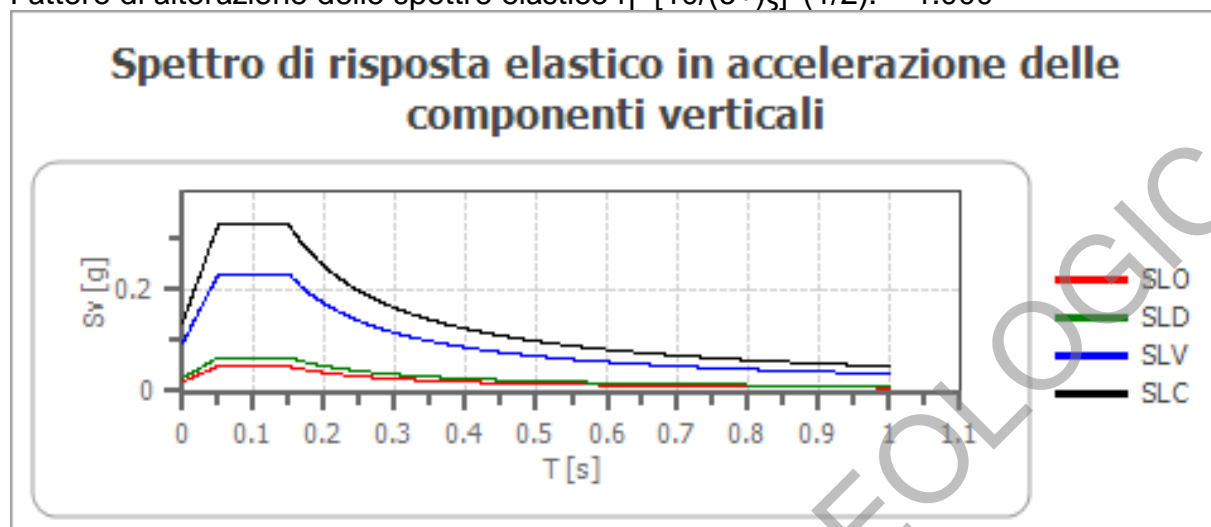
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.0	0.052	2.518	0.255	1.200	1.450	1.200	1.440	1.000	0.123	0.369	1.810	0.076	0.190
SLD	1.0	0.064	2.532	0.270	1.200	1.430	1.200	1.440	1.000	0.129	0.387	1.856	0.092	0.234
SLV	1.0	0.151	2.416	0.301	1.200	1.400	1.200	1.440	1.000	0.140	0.421	2.206	0.218	0.527
SLC	1.0	0.193	2.400	0.310	1.200	1.390	1.200	1.440	1.000	0.144	0.431	2.371	0.277	0.666

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1.000



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.0	0.052	2.518	0.255	1	1.450	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.019	0.049
SLD	1.0	0.064	2.532	0.270	1	1.430	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.026	0.066
SLV	1.0	0.151	2.416	0.301	1	1.400	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.095	0.231
SLC	1.0	0.193	2.400	0.310	1	1.390	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.137	0.329