

STUDIO GEOLOGICO

DOTTOR FAUSTO AMADEI

VIA MONTICELLO, 7 - 54011 AULLA (MS)

CELL. 3356142646

e-mail: faustoamadei@gmail.com



COMUNE DI FIVIZZANO

PROVINCIA DI MASSA CARRARA

RELAZIONE GEOLOGICA

**INERENTE IL RIPRISTINO DI PICCOLI MOVIMENTI
FRANOSI LUNGO LA S.P. 58 DIR
"PIAN DI MOLINO - MONTE DE' BIANCHI"**

COMMITTENTE: AMM.NE PROVINCIALE

PROGETTISTA: DOTT. ING. ALDO MARGINESI

IL TECNICO

DOTT. GEOL. FAUSTO AMADEI

SOMMARIO

1. PREMESSE	2
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	3
3. SITUAZIONE GEOLOGICA	5
4. RILEVAMENTO GEOMORFOLOGICO, IDROGRAFIA SUPERFICIALE E SITUAZIONE IDROGEOLOGICA	6
4.1 IDROGRAFIA	7
4.2 FALDA	7
4.3 AFFLUSSI METEORICI	9
5. VINCOLI	10
5.1 PERIMETRAZIONE AREE A RISCHIO GEOMORFOLOGICO	10
5.2 VINCOLO IDROGEOLOGICO	10
6. ANALISI SISMICA	11
6.1 SISMICITÀ STORICA DELLA LUNIGIANA	11
6.2 SEQUENZA SISMICA IN LUNIGIANA	12
6.3 LA DEFORMAZIONE DEL SUOLO	13
6.4 CLASSIFICAZIONE SISMICA	14
6.5 ACCELERAZIONE ORIZZONTALE	14
7. CATEGORIE SUOLO DI FONDAZIONE	14
7.1 AREE STUDIATE	15
8. PENDENZE E AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA	15
9. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DEL SITO	16
10. LIQUEFAZIONE DEI TERRENI	17
10.1 CRITERIO DI YOUNG E PERKINS (1978).	17
11. STABILITÀ DEI FRONTI DI SCAVO	18
12. SITUAZIONE LOCALE E NOTE CONCLUSIVE	18
12.1 PARAMETRIZZAZIONE DEL TERRENO TRATTA 1	18
12.2 REGIMAZIONE DELLE ACQUE	19
12.3 MOVIMENTO TERRA	19
13. PROVE GEOGNOSTICHE	20
13.1 UBICAZIONE	20
13.2 PROVE PENETROMETRICHE	21
13.3 SISMICA A RIFRAZIONE TRATTO 1	25
13.4 M.A.S.W	30
13.1 SISMICA A RIFRAZIONE TRATTO 2	36
13.2 M.A.S.W	41
14. SEZIONI SISMO – STRATIGRAFICHE	44
14.1 UBICAZIONE SEZIONI DI PROGETTO	44

1. PREMESSE

Su incarico del Progettista, è stata realizzata un'analisi geologica, geomorfologica, idrogeologica e geognostica atta ad individuare la natura, la stratigrafia e l'assetto strutturale dei terreni interessati dal ripristino di piccoli movimenti franosi lungo la S.P. 58 dir "Pian di Molino – Monte de' Bianchi" nel Comune di Fivizzano (MS).

Dall'indagine, svolta tramite rilevamento sul terreno, sono stati elaborati i seguenti allegati:

- Ubicazione area di intervento;
- Carta geologica;
- Carta idrogeologica e geomorfologica;
- Carta della permeabilità;
- Carta dell'Autorità di Bacino;
- Ubicazione indagini geognostiche;
- Grafici penetrometrici ed elaborazione dati;
- Sezioni interpretative.

Il terreno è ubicato in catasto al Foglio n° 135 e 144 del Comune di Fivizzano.

Il presente studio è redatto in conformità alla vigente normativa in materia, in particolare:

Legislazione nazionale

- L. 02/02/1974, n. 64: Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche
- D.M. LL. PP. 11/03/1988 e Circolare Ministero Lavori Pubblici, 24/09/1988, n. 30483: "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione",
- L. 11/02/1994, n. 109 e succ. mod. e int. - Regolamento di attuazione della legge quadro in materia di lavori pubblici,
- D.M. 16/01/1996: "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche",
- Testo unico per l'edilizia – d.p.r. 380/01 e sue successive modifiche ed integrazioni,
- Legge 23/03/2001, n° 93 "Disposizioni in campo ambientale"
- O.P.C.M. del 20/03/2003 n. 3274 e succ. mod. e int.: "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica",
- Eurocodice 8: "Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture";
- O.P.C.M. del 28/04/06 n. 3519 "Criteri generali da utilizzare per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone";
- D.M. 14 Gennaio 2008 - Norme tecniche per le costruzioni - NTC2008.

Legislazione regionale

- L.R. 21/07/1995, n. 81 – Norme di attuazione L. 05/01/1994, n. 36: "Disposizioni in materia di risorse idriche",
- L.R. 21/03/2000 n. 39: "Legge forestale della Toscana";
- L.R. 03/01/2005, n. 1 "Norme per il governo del territorio",
- Del. G.R. n. 841 del 26/11/2007 "Nuova classificazione sismica della Toscana e zone a maggior rischio sismico"
- L.R. 08/05/2009 n° 24 "Riqualificazione del patrimonio edilizio esistente";
- Regolamento 9 luglio 2009, n. 36/R.

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Corografia: tavoletta scala 1:25.000

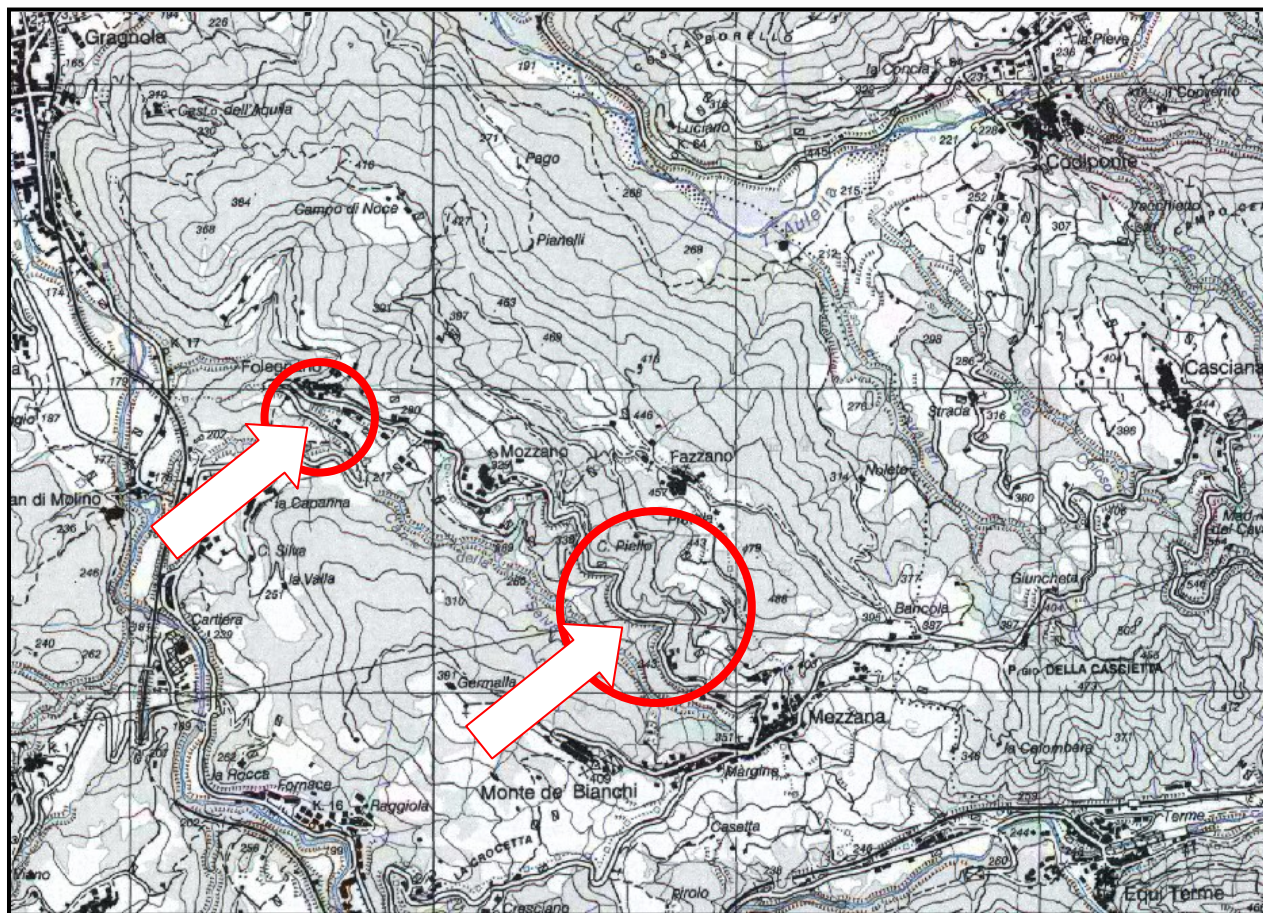
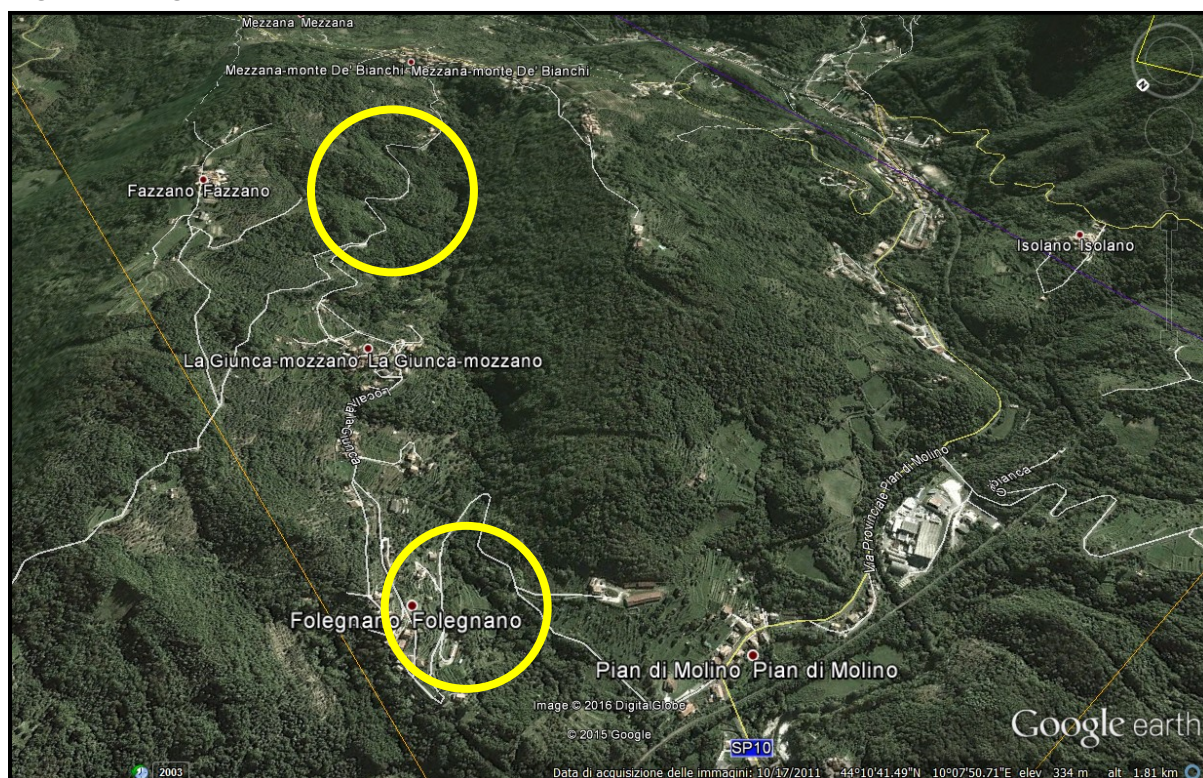
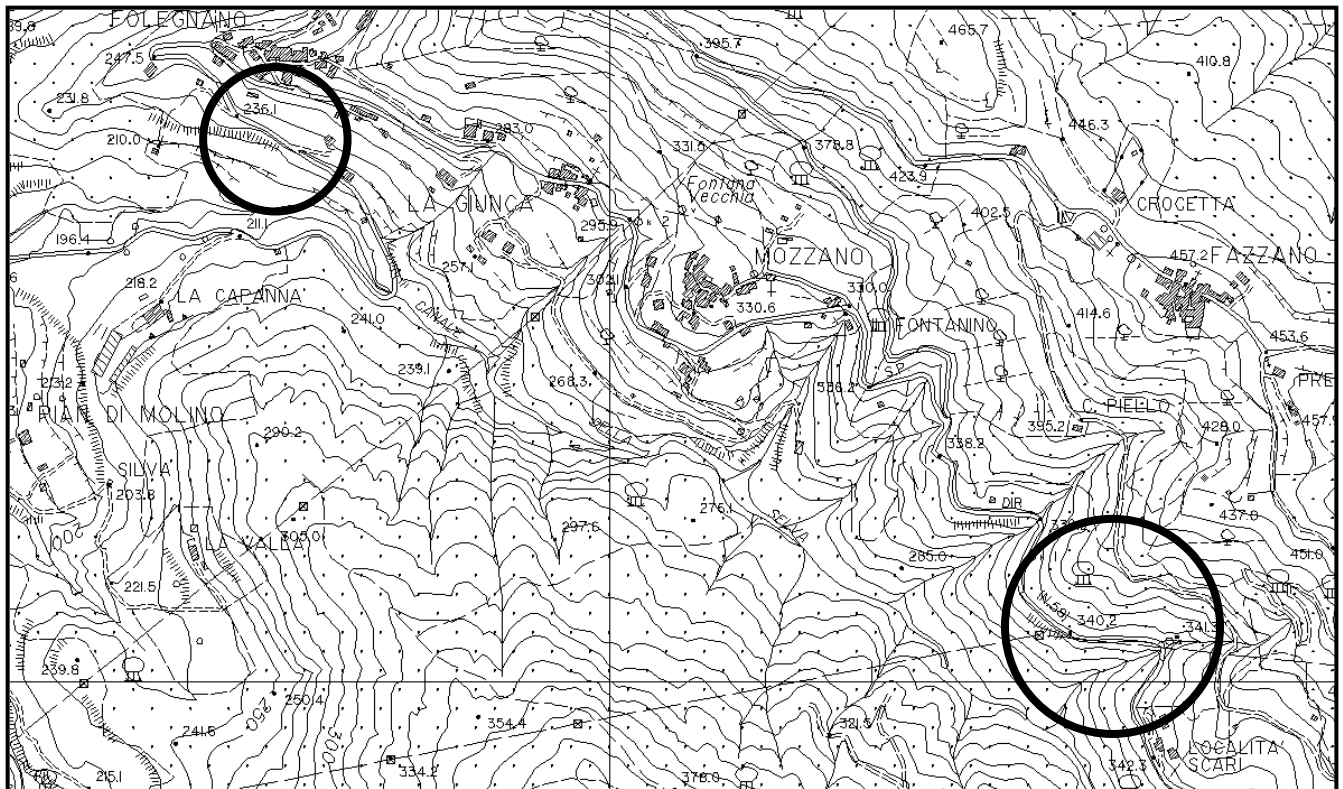


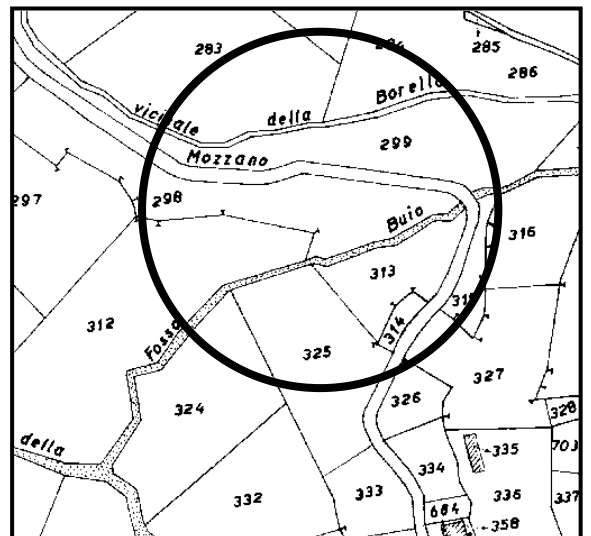
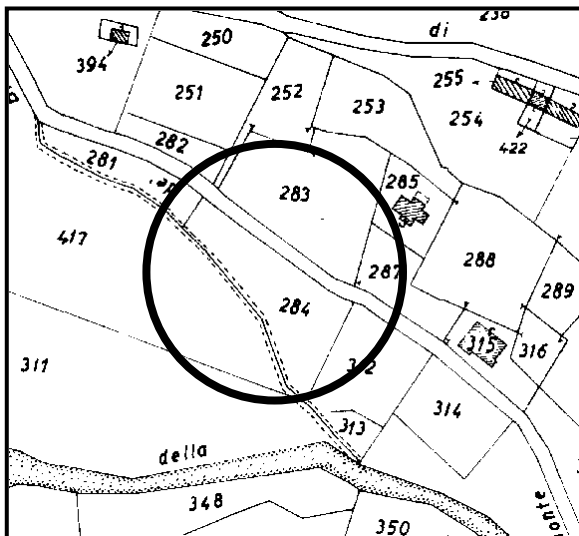
Immagine da Google Earth



Carta Tecnica Regionale: scala 1:10.000, elemento n° 249020 "Gragnola"

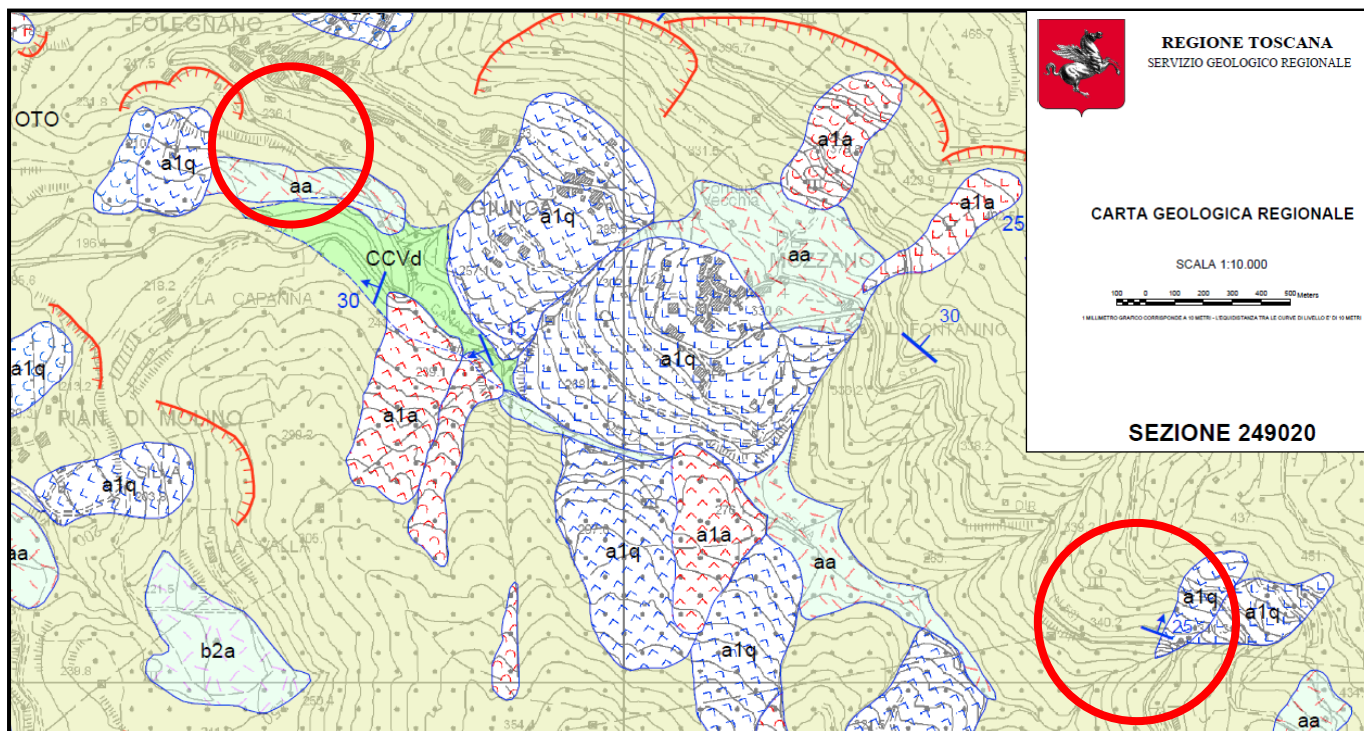


Estratto catastrale: Foglio 135 e 144



3. SITUAZIONE GEOLOGICA

Carta Geologica Regionale (CARG): sezione 249020 "Gragnola" in scala 1:10.000



FRANE

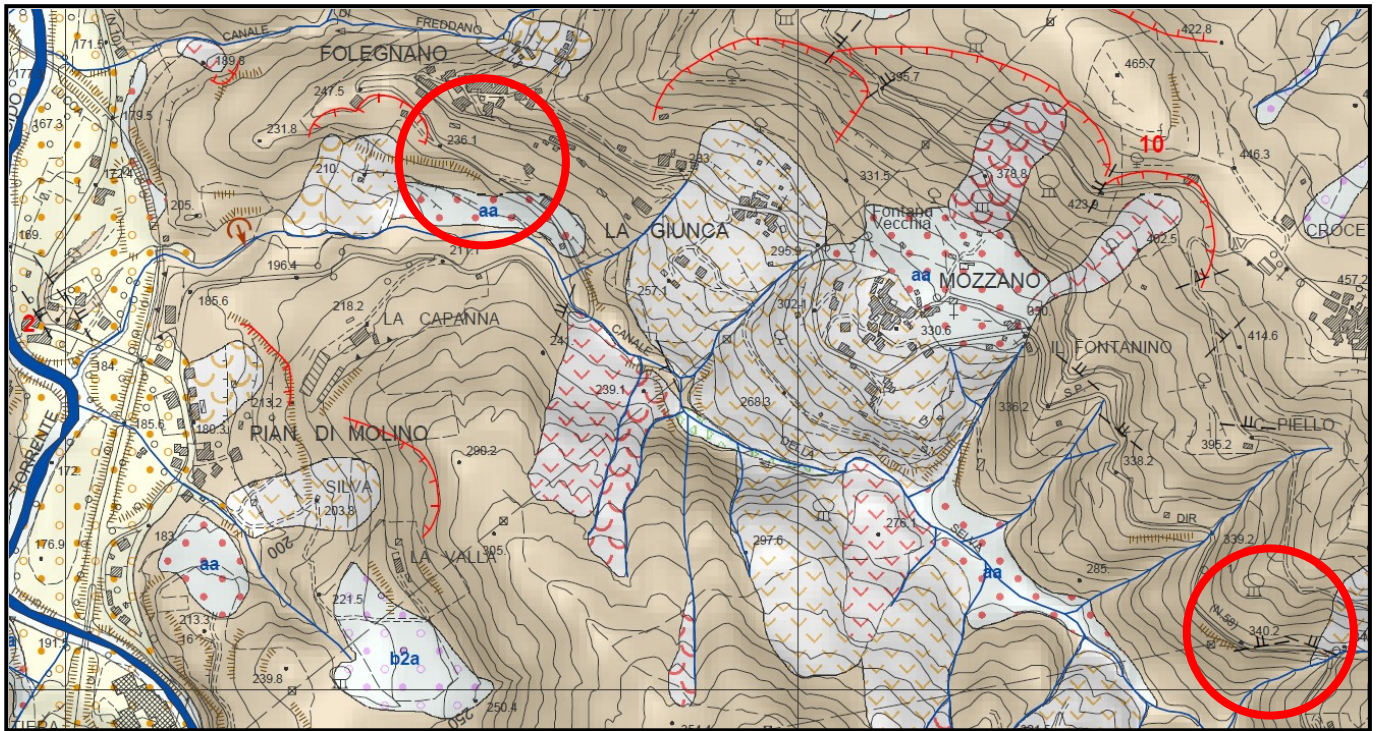
	a1a	Frana di scorrimento con indizi di evoluzione
	a1a	Frana di colamento con indizi di evoluzione
	a1a	Frana di crollo con indizi di evoluzione
	a1q	Frana di scorrimento senza indizi di evoluzione
	a1q	Frana di colamento senza indizi di evoluzione
	aa	Depositi di versante

UNITA' DEL FLYSCH AD HELMINTOIDI

	OTO	FLYSCH AD HELMINTOIDI Calcarei, calcari mamosi, mame ed argilliti calcaree torbiditiche con intercalazioni di arenarie e siltiti. Cretacico sup. - Paleocene inf.
	CCVd	COMPLESSO DI CASANOVA Arenarie ofiolitiche Torbiditi costituite da litoareniti ofiolitiche, areniti quarzoso-micacee e grovacche feldspatiche intercalate con argilliti e siltiti (cfr. Arenarie di Casanova Auct.). Campaniano inf.

	Contatto stratigrafico e/o litologico
	Contatto stratigrafico inconforme
	Contatto tettonico
	Contatto stratigrafico e/o litologico incerto o sepolto
	Contatto stratigrafico inconforme incerto o sepolto
	Contatto tettonico incerto o sepolto
	Faglia incerta o sepolta
	Contatto con area non rilevabile
	Stratificazione a polarità sconosciuta
	Stratificazione orizzontale diritta
	Stratificazione rovesciata
	Stratificazione diritta
	Stratificazione orizzontale a polarità sconosciuta
	Superficie di clivaggio o scistosità inclinata di 2° fase
	Asse di piega di 2° fase
	Stratificazione verticale a polarità sconosciuta
	Orlo di scarpata di frana
	Orlo di terrazzo
	Deformazione gravitativa profonda

4. RILEVAMENTO GEOMORFOLOGICO, IDROGRAFIA SUPERFICIALE E SITUAZIONE IDROGEOLOGICA



REGIONE TOSCANA
Direzione Generale delle Politiche Territoriali e Ambientali
Servizio Geologico Regionale

CARTOGRAFIA TEMATICA DERIVATA
Carta Geomorfologica

Sezione n. 249020
GRAGNOLA
Edizione aprile 2007



Progettazione
Servizio Geologico Regionale
Dipartimento Regionale di Geologia
D. Domenico Monti (Coordinatore)
D. Giulio Meoni (Progettista)
D. Andrea Caracciolo (Realizzatore)



ISTITUTO NAZIONALE PER LO STUDIO E LA CURA DEI TUMORI - C.N.R.
Dipartimento Regionale di Geologia
D. Domenico Monti (Coordinatore)
D. Giulio Meoni (Progettista)
D. Andrea Caracciolo (Realizzatore)

A. DEPOSITI QUATERNARI DI FONDOVALLE, DEI BACINI INTRAMONTANI E DELLE PIANE ALLUVIONALI E COSTIERE

- 1 Depositi alluvionali, palustri, lacustri, torbosi e di colmata
- 2 Depositi terrazzati
- 3 Sabbie delle dune costiere
- 4 Depositi di spiaggia

Granulometria dei depositi alluvionali, palustri, lacustri, torbosi e di colmata (classi 1 e 2)

- ghiaie prevalenti
- sabbie prevalenti
- ghiaie e sabbie prevalenti
- sabbie e limi prevalenti
- ghiaie e limi prevalenti
- limi e argille prevalenti
- n.d.

B. UNITA' COSTITUENTI IL SUBSTRATO

- 5 Sabbie e sabbie argillose, arenarie, calcarenite e conglomerati neogenico-quaderni. Piroclastici
- 6 Rocce saline solubili
- 7 Rocce stratificate a dominante argillosa
- 8 Argille e complessi caotici dominante argillosa
- 9 Rocce filadiche, scistose, argillite e argilloscisti. Membri pelitici dei flysch
- 10 Flysch arenacei, calcarei e calcareo-marnosi
- 11 Rocce stratificate competenti
- 12 Cataclasi, calcari cavernosi e breccie carsiche, tettoniche e sedimentarie prevalentemente non argillose
- 13 Calcari "massicci" e marmi
- 14 Rocce magmatiche (dioriti, vulcaniti, graniti, rocce fioniane...) Metabreccie e metaconglomerati prevalentemente non filadici

Superfici di discontinuità (stratificazione, scistosità, clivaggio)

- moderatamente inclinate (< 15°)
- inclinate (tra 15° e 45°)
- fortemente inclinate (> 45°)
- verticali
- orizzontali

- Faglie e contatti tettonici
- Località fossilifera

- Reticolo idrografico (item proveniente dal Grafo Acque regionale)
- Paludi (item proveniente dal Grafo Acque regionale)
- Laghi e specchi d'acqua artificiali (item proveniente dal Grafo Acque regionale)

- Orlo di scarpata di frana o di DGPV
- Trincea di frana o di DGPV
- Cono di detrito
- Frana non cartografabile alla scala 1:10.000
- (stato di attività: i = indeterminato; a = attiva; q = quiescente; s = stabilizzata)
- Frana con tipo di movimento indeterminato
- Frana di scorrimento
- Colamento
- Frana di crollo
- Frana di ribaltamento
- Frana di espansione

- Depositi di versante
- Accumuli lungo i versanti di frammenti litoidi, eterometrici, angolosi, talora stratificati, con matrice sabbiosa o sabbioso-limoso.
- Detriti di falda
- Falce di detrito, talus detritici, cono di detrito coalescenti, prevalentemente al piede delle pareti in roccia. Pietraie.

FORME DOVUTE AI PROCESSI FLUVIALI

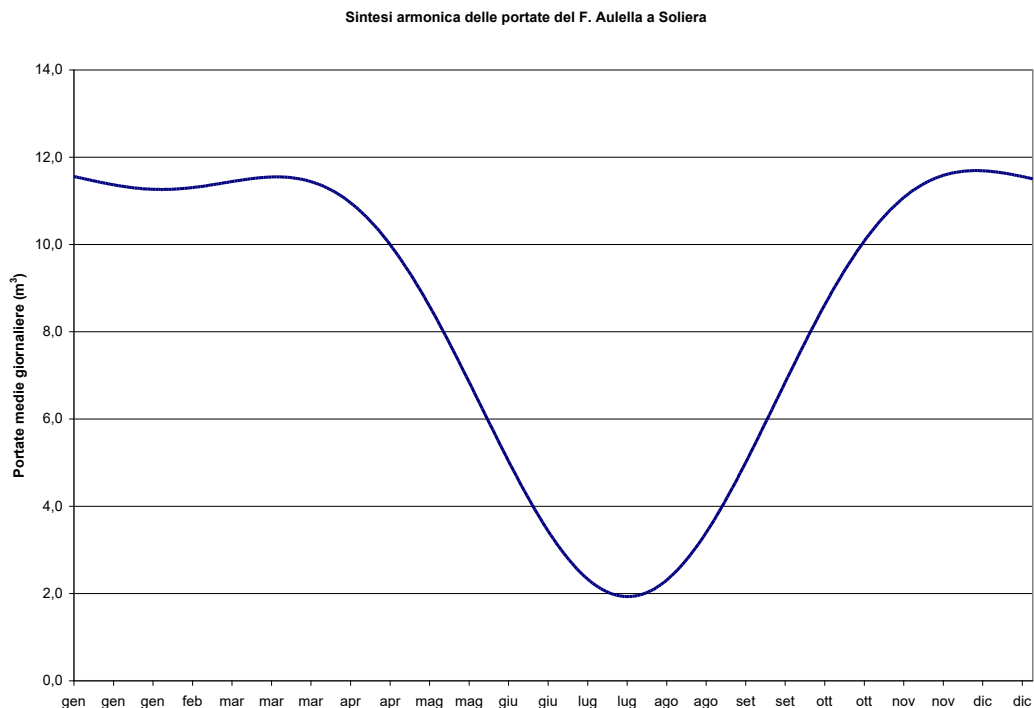
- Conoide alluvionale
- Superficie di terrazzo
- Ripiano di erosione
- Orlo di terrazzo
- Antica direzione di scorrimento fluviale
- Traccia di alveo abbandonato

- Sorgente
- Sorgente minerale o termominerale
- Risorgiva di origine carsica
- Pozzo per acqua
- Opera di captazione di grandi sorgenti

4.1 IDROGRAFIA

Il sito in esame è drenato dal Canale della Selva, affluente in sponda destra del T. Lucido confluyente nel Torrente Aulella in sponda sinistra, a sua volta tributario in sinistra del Fiume Magra.

Il grafico sotto riportato (Sintesi Armonica) è stato ottenuto dall'andamento medio delle portate registrate presso la stazione di rilevamento idrometrico di Soliera. Il bacino di dominio è di 208 km² (parte permeabile 16%), l'altitudine max è di 1895 m s.l.m., lo zero idrometrico è posto a 107,7 m s.l.m., la distanza della confluenza col F. Magra è di 9 km. L'inizio delle misure è il 21/08/1953. L'altezza idrometrica max è di 6,0 m (16/11/1968), la minima è di 0,32 m (5/11/1969). La Qmax è di 688 m³/sec (16/11/1968), la Qmin 0,70 m³/sec (26/09/1962).



4.2 FALDA

Le zone esaminate sono poste su di un versante vergente a Sud costituito da una copertura detritica di esile spessore sormontante litologie ascrivibili alla Formazione del "Flysch di Ottone (OTO)"; quest'ultima funziona da acquiclude per cui la falda, durante i periodi maggiormente piovosi, può risalire fino a lambire il piano di campagna.

CLIMATOLOGIA

Le condizioni climatiche del Bacino del Fiume Magra risultano legate alla complessità geomorfologica dei rilievi, alla vicinanza al mare e alla folta copertura vegetale e possono comunque essere definite di transizione tra il clima mediterraneo e quello di montagna delle zone temperate (clima umido e periumido con una rilevante serie di climi intermedi).

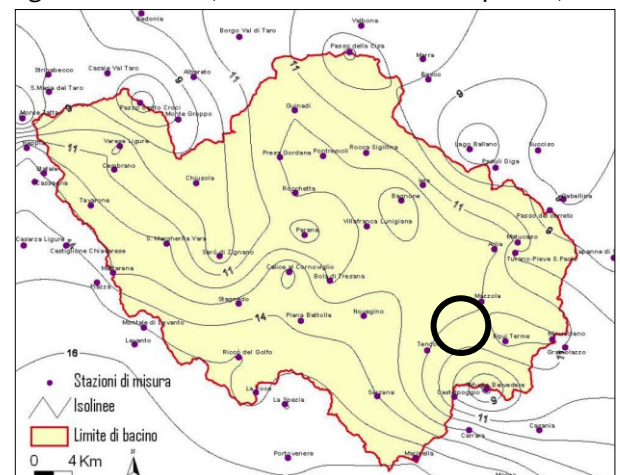
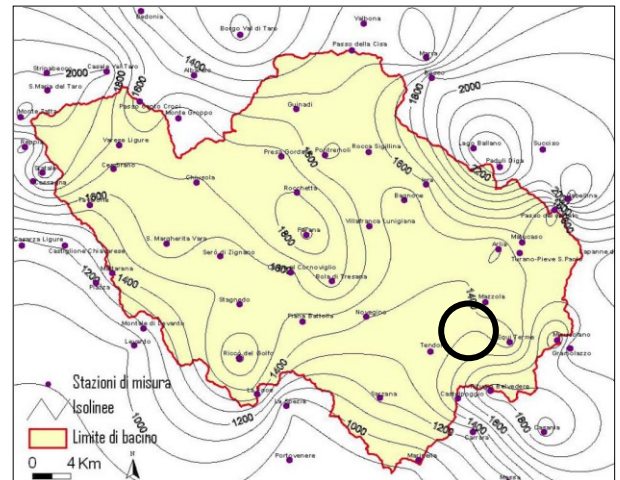
La Val di Magra risulta essere una delle zone a più alta piovosità, il rilievo appenninico e quello apuano, grazie alla loro altezza e alla loro grande continuità laterale, costituiscono una valida barriera sia contro i venti secchi e freddi che spirano da nord, sia contro quelli più caldi e carichi di umidità provenienti dal mar Tirreno.

Le precipitazioni prendono infatti origine da depressioni sotto vento che si formano in inverno e in primavera nel mar Ligure e muovono poi verso est e sud-est e da depressioni mediterranee autunnali che, nel loro cammino verso est, incontrando l'Appennino vi scaricano la loro umidità attraverso abbondanti precipitazioni.

La configurazione orografica contribuisce comunque a dare alla Val di Magra condizioni climatiche privilegiate perché i rilievi, non solo costituiscono un valido schermo efficace contro le fredde correnti settentrionali, ma provocano anche un loro intiepidimento per il riscaldamento dinamico durante la loro discesa verso il mare. Unendo inoltre a tali fenomeni le caratteristiche di insolazione e l'azione mitigatrice del mare, ne deriva un clima temperato, con estati relativamente fresche e inverni abbastanza miti.

In Val di Magra, in brevi periodi dell'anno, si rileva la presenza di masse nebbiose. Il fenomeno si verifica con buona frequenza durante la stagione autunnale ed è provocato dall'inversione termica al suolo a causa della elevata umidità ristagnante per assenza di venti ed in condizioni di alta pressione atmosferica.

Le precipitazioni a carattere nevoso oltre i 500 m s.l.m. si presentano con frequenze modeste da dicembre a febbraio, anche la permanenza al suolo è in genere limitata, mentre al di sotto dei 500 m. si riducono notevolmente a medie di 2-4 giorni l'anno, prevalentemente nel mese di gennaio.



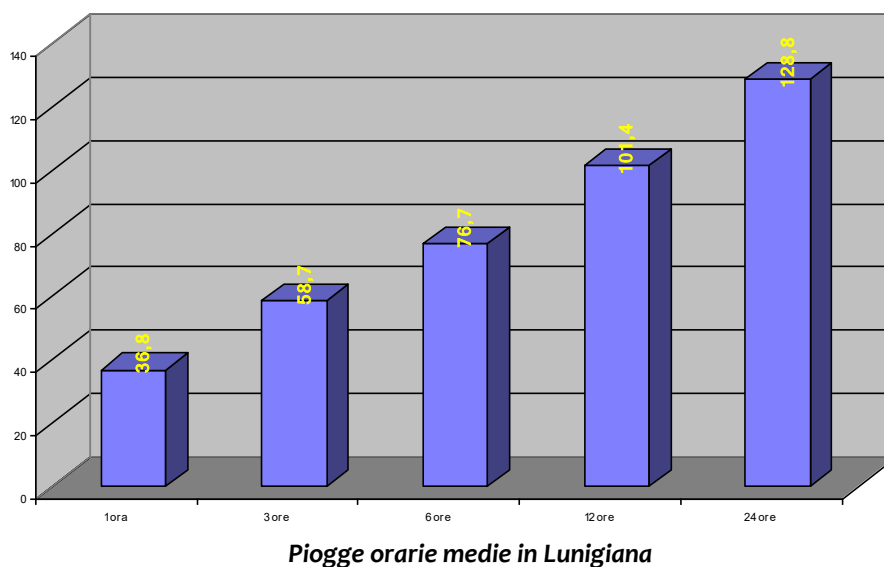
4.3 AFFLUSSI METEORICI

L'andamento medio delle precipitazioni nella Lunigiana è di tipo intermedio tra il “marittimo” e il “sublitoraneo appenninico”, ovvero le precipitazioni si distribuiscono, nell’arco di un anno medio, con un massimo assoluto nei mesi autunnali ed uno relativo in quelli primaverili, il quale viene mitigato dalla vicinanza del mare fino a trasformarsi in un flesso; i dati usati per le elaborazioni sono stati desunti dagli Annali Idrografici – Parte prima pubblicati dall’Ufficio Idrografico di Genova e successivamente dall’ARPAT.

4.3.1 Afflussi meteorici orari

È stata inoltre condotta una ricerca sulle precipitazioni orarie medie rilevate in Val di Magra dall’Ufficio Idrografico di Genova, che mettono in evidenza gli scrosci in grado di provocare danni anche rilevanti al territorio: si nota come la zona posta a ridosso del crinale appenninico che separa il bacino del Fiume Magra da quello del Fiume Vara sia soggetta a precipitazioni orarie molto rilevanti.

Una così elevata quantità di pioggia provoca anche piene di notevole portata, almeno nelle testate dei piccoli bacini di montagna, che sono dotate di una potenza tale da provocare l’erosione al piede dei versanti ed innescare movimenti gravitativi anche molto importanti.



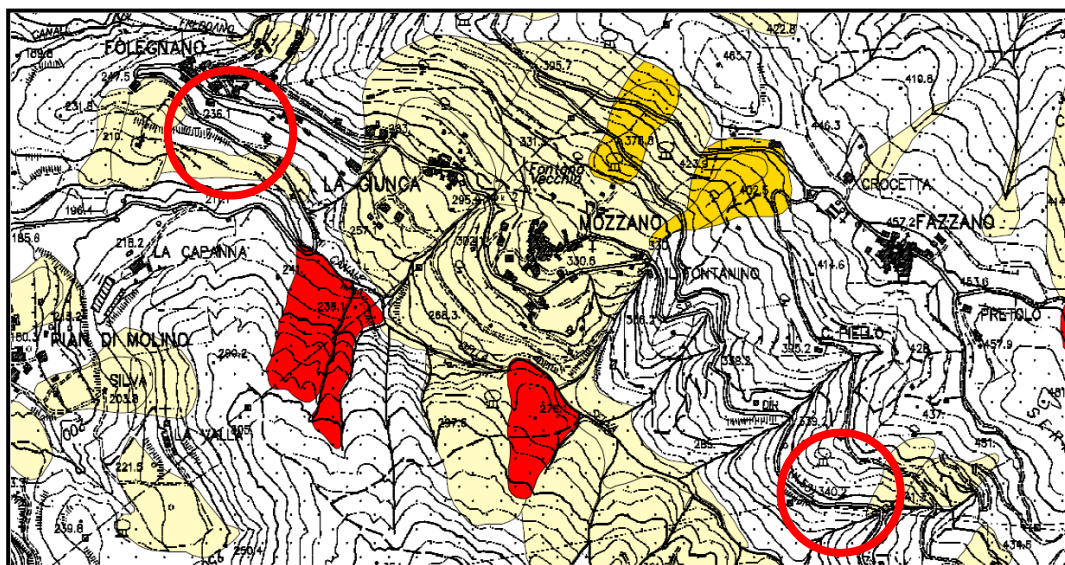
5. VINCOLI

5.1 PERIMETRAZIONE AREE A RISCHIO GEOMORFOLOGICO

L'Autorità di Bacino individua e perimetra, a scala di bacino, le aree in dissesto, attuale e/o potenziale, e le classifica in base al livello di pericolosità geomorfologica.

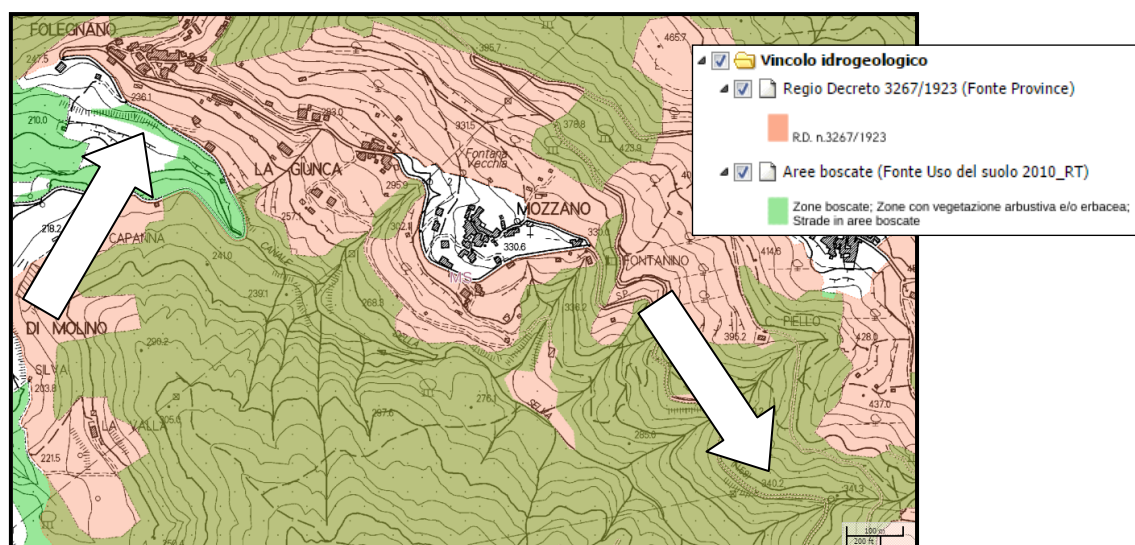
- I. **aree a pericolosità geomorfologica molto elevata (PG4)** – Frane attive e zone di pertinenza;
- II. **aree a pericolosità geomorfologica elevata (PG3)** – Frane quiescenti e zone di pertinenza, coltri detritiche potenti assimilabili, per grado di pericolosità, a frane quiescenti;
- III. **aree a pericolosità geomorfologica media (PG2)** – Frane inattive e zone di pertinenza, aree in dissesto artificialmente stabilizzate, DGPV, coltri detritiche ed altri elementi geomorfologici elencati in TAV. 3.

I terreni in oggetto **NON RICADONO** in nessuna area di pericolosità così come individuate nella cartografia del **PROGETTO DI PIANO STRALCIO “ASSETTO IDROGEOLOGICO”** del bacino del fiume Magra – **NORME DI ATTUAZIONE**.



5.2 VINCOLO IDROGEOLOGICO

Le aree in studio **RICADONO** in zona sottoposta a vincolo idrogeologico (R.D. n° 3267 del 30/12/1923) e perimetrazione delle aree di cui all'art. 1 del R.D. 3267/23 sulla base della CTR 1:10.000.

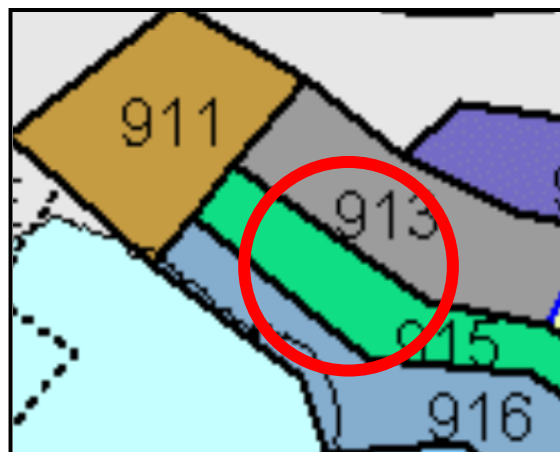


6. ANALISI SISMICA

Nella **zonazione sismogenetica ZS9** l'area in esame si trova compresa tra l'area sismogenetica **915** e **916**.

I. L'area sismogenetica **916** corrisponde al settore in distensione tirrenica; questa zona è caratterizzata da sismicità di bassa energia che raramente raggiunge valori di magnitudo relativamente elevati.

II. L'area sismogenetica **915** è la fascia che più propriamente interessa la Lunigiana ed arriva fino al Molise. È caratterizzata da importanti faglie primarie e relative sorgenti sismogenetiche con il maggior rilascio di energia dell'Appennino Centro – Settentrionale.



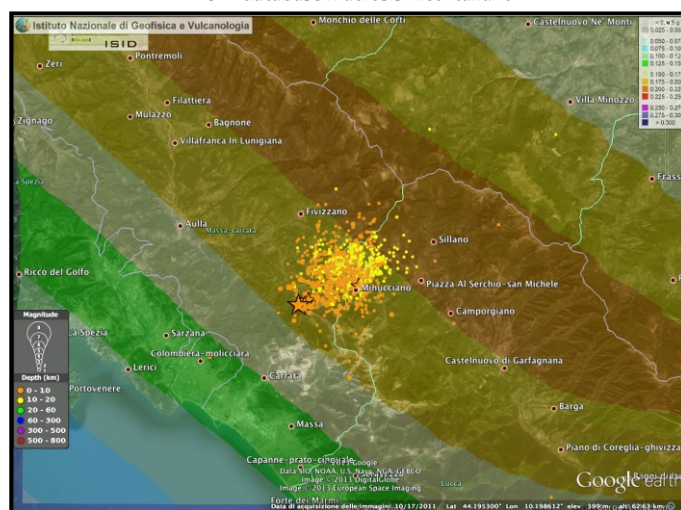
6.1 SISMICITÀ STORICA DELLA LUNIGIANA

In Lunigiana si sono da sempre verificati terremoti disastrosi. Si hanno testimonianze in tal senso su terremoti datati 615, 801, 990 anche se per questi si tratta solo di notizie tramandate senza riscontri effettivi su documenti o quant'altro. Il primo terremoto documentato è quello che colpì Fivizzano nel 1481 a cui seguirono quelli che colpirono Pontremoli nel 1545, la Lunigiana nel 1641, Pontremoli nel 1834, ancora la Lunigiana orientale nel 1837, Fivizzano nel 1878, fino a quello famoso del 1920; da allora in poi si sono registrate scosse di minore intensità, come quella del 1939, del 1951, 1995 e lo sciame sismico dell'estate del 2013.

6.1.1 Storia sismica di Fivizzano (MS)

Is (MCS) Intensità al sito	Anno	Area Epicentrale	Io (MCS) Intensità epicentrale	Mw
9	1920	GARFAGNANA	9-10	6.48
8-9	1481	LUNIGIANA	8-9	5.84
7-8	1767	FIVIZZANO	6-7	5.06
7	1939	GARFAGNANA	6-7	5.20
6-7	1878	LUNIGIANA	6-7	4.98
6	1837	ALPI APUANE	9-10	5.65
6	1995	LUNIGIANA	7	5.04
3	1985	GARFAGNANA	6	4.69

INGV - database macrosismico italiano



Sciame sismico giugno – settembre 2013

Massime intensità macrosismiche osservate

Intensità macrosimiche attese secondo la scala MCS (Mercalli, Cancani, Sieberg)

COMUNE	LATITUDINE	LONGITUDINE	I _{MAX}
AULLA	44.21303	9.96808	9
BAGNONE	44.31552	9.99426	9
CARRARA	44.05041	10.06461	8
CASOLA	44.20056	10.17459	>=10
COMANO	44.29109	10.12788	9
FILATTIERA	44.33081	9.93588	8
FIVIZZANO	44.23833	10.12442	>=10
FOSDINOVO	44.13502	10.01884	8
LICCIANA NARDI	44.26523	10.03828	9
MASSA	44.02454	10.12252	8
MONTIGNOSO	44.01789	10.17585	8
MULAZZO	44.31586	9.88916	8
PODENZANA	44.20740	9.94162	8
PONTREMOLI	44.37680	9.88220	9
TRESANA	44.24173	9.94511	8
VILLAFRANCA	44.29165	9.95058	9
ZERI	44.35160	9.76316	8

Intensità massima del sisma, I_{max} ≥10

6.2 SEQUENZA SISMICA IN LUNIGIANA

La sequenza sismica in Lunigiana è iniziata nel giugno 2013 ed ha avuto una piccola ripresa nell'agosto 2013; in totale sono stati registrati tre eventi di magnitudo M>3 e un totale di 130 terremoti di magnitudo inferiore.

In mappa possiamo vedere che la stella gialla all'estremità sudoccidentale dell'area epicentrale indica l'epicentro del terremoto di M5.2 del 21 giugno.

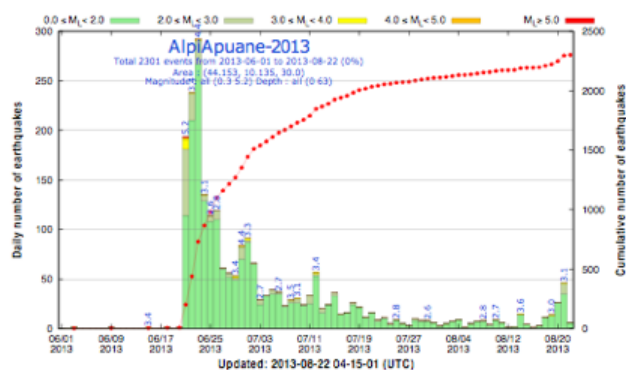
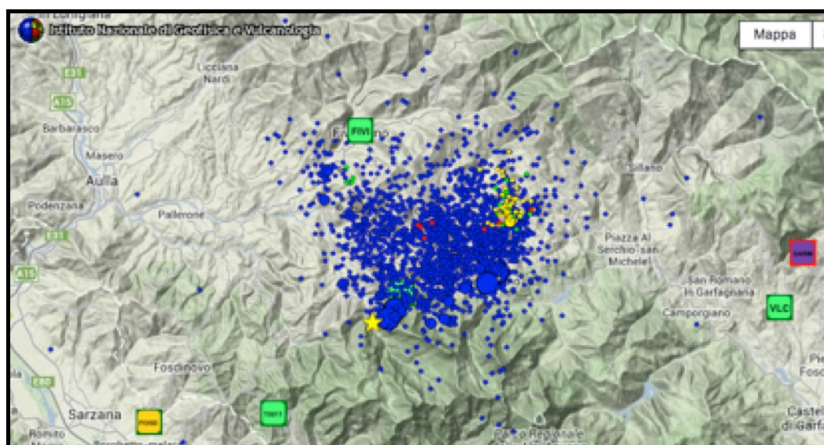
La figura sotto mostra la distribuzione nel tempo del numero dei terremoti registrati.

È un fenomeno piuttosto frequente dopo un forte terremoto: il trend generale è quello di una diminuzione del numero e della magnitudo dei terremoti (figura sotto), ma possono esserci delle oscillazioni notevoli anche a distanza di settimane o mesi dall'inizio della sequenza.

Questa attenta rianalisi ha portato ad una determinazione ipocentrale per l'evento principale (21 giugno) di **magnitudo 5.2** leggermente più profonda rispetto a quella calcolata dal servizio di monitoraggio subito dopo il terremoto. Questi i parametri ricalcolati:

- **Tempo origine** 2013 06 21 10:33:56.44
- **Latitudine** 44.1536 **Longitudine** 10.1335 **Profondità** 9.98 km

Alla luce della nuova localizzazione è stato ricalcolato anche il **Time Domain Moment Tensor (meccanismo focale)** dell'evento che mostra un processo di rottura di tipo **trascorrente** (ossia con movimento laterale di blocchi).



Considerando la distribuzione delle scosse che sono seguite a quella principale e la deformazione di superficie evidenziata dal dato SAR, possiamo ipotizzare che la faglia responsabile del terremoto di M 5.2 è quasi verticale e ha una direzione anti-appenninica (nordest-sudovest).

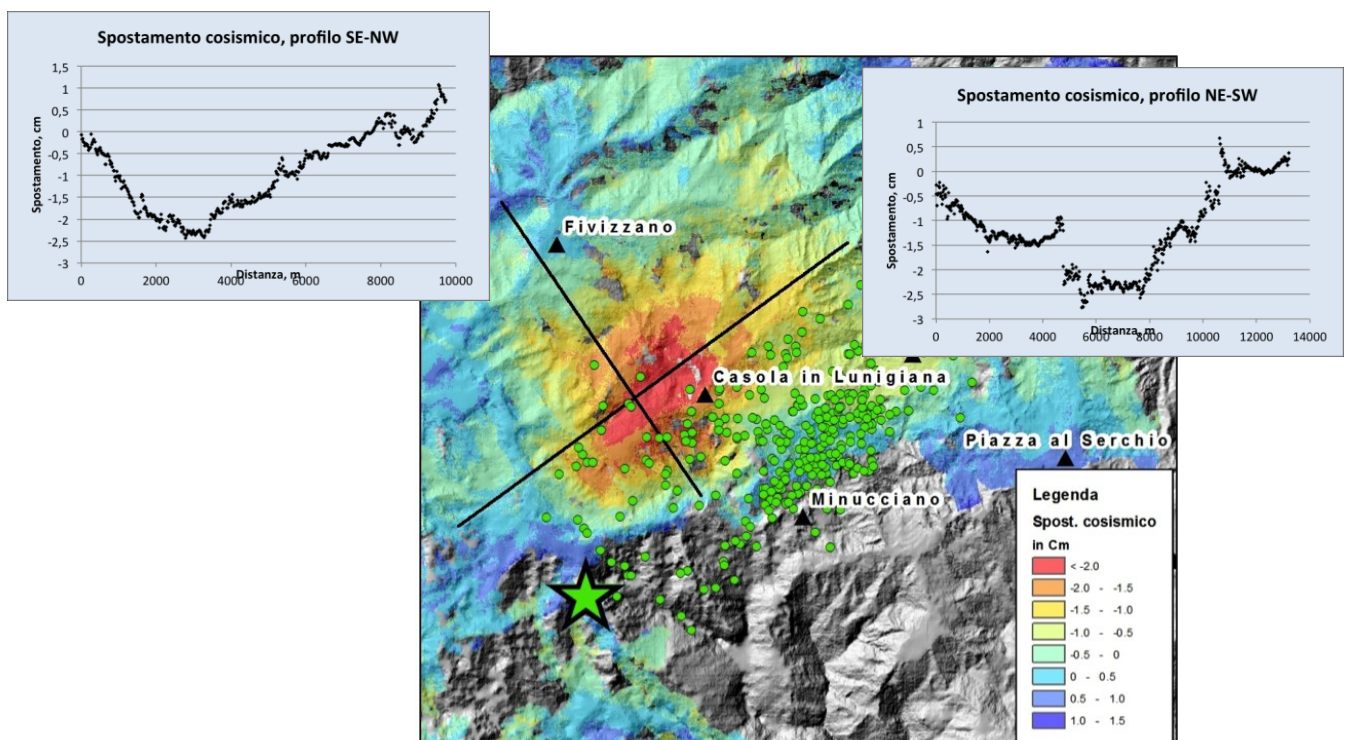
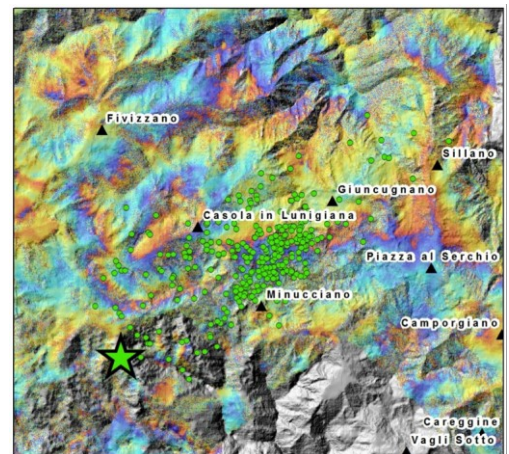
Il movimento associato al terremoto del 21 giugno sarebbe quindi consistente con quello che a gennaio 2013 colpì l'adiacente Garfagnana. Il meccanismo dei due terremoti sarebbe quindi attribuibile a delle strutture trasversali alle principali faglie attive della regione. I dati sismologici sembrano confermare l'ipotesi secondo cui l'attuale deformazione dell'Appennino è dominata da faglie estensionali la cui continuità è interrotta da faglie trascorrenti come quelle attive nei mesi relativi allo sciame sismico.

6.3 LA DEFORMAZIONE DEL SUOLO

Nella **figura** è mostrato l'**interferogramma SAR** ottenuto da due immagini COSMO-SkyMed acquisite ad 1 giorno di distanza a cavallo del terremoto: alle 5 di mattina del 21/6 e alla stessa ora del 22/6.

Sommando le frange della figura a lato (**Figura 1**), si ottiene lo **spostamento totale del suolo**, espresso in centimetri (**Figura 2 – sotto**). La zona di massima deformazione corrisponde ad un allontanamento del suolo dal satellite di circa 2.5 cm, localizzato poco ad Ovest di Casola (zona rossa in Figura 2). Nella stessa figura sono mostrati anche due profili di spostamento che attraversano la zona.

Lo spostamento del suolo misurato dal satellite è la normale risposta della superficie terrestre allo scorrimento avvenuto sulla faglia sismica, e viene indicato come **spostamento (o deformazione) del suolo cosismico**.



6.4 CLASSIFICAZIONE SISMICA

In base all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20 Marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica (G.U. n° 105 del 08/05/2003)" e successive modifiche, il territorio del **Comune di Fivizzano** viene inserito in **zona 2**.

6.5 ACCELERAZIONE ORIZZONTALE

6.5.1 PGA (valori OPCM) = 0,25g

zona 1	$PGA > 0.25g$
zona 2	$0.15 \leq PGA < 0.25g$
zona 3	$0.05 \leq PGA < 0.15g$
zona 4	$PGA < 0.05g$

6.5.2 Fattore di importanza

- ☐ Per le opere la cui resistenza al sisma sia di importanza primaria per le necessità della protezione civile si assume $I = 1,4$
- ☐ Per le opere che non rientrano nelle categorie precedenti si assume $I = 1,0$

Nel caso in esame si può assumere: **$I = 1,0$**

Categoria	Edifici	Fattore d'importanza
I	Edifici la cui funzionalità durante il terremoto ha importanza fondamentale per la protezione civile (es.: ospedali, municipi, caserme)	1,4
II	Edifici ordinari, non compresi nelle categorie precedenti	1,0

7. CATEGORIE SUOLO DI FONDAZIONE

La classificazione deve riguardare i terreni compresi tra il piano di imposta delle fondazioni degli edifici ed un substrato rigido di riferimento (bedrock), ovvero quelli presenti ad una profondità commisurata all'estensione ed all'importanza dell'opera.

La classificazione può essere basata sulla stima dei valori della velocità media delle onde sismiche di taglio V_s . In base alle grandezze sopra definite si identificano le seguenti categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione:

- A. **Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi** caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, 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** con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
- C. **Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti** con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
- D. **Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti**, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
- E. **Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m**, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Nelle definizioni precedenti $V_{s,30}$ è la velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio e viene calcolata con la seguente espressione:

$$V_{s,30} = 30 / \sum (h_i / V_i)$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori

7.1 AREE STUDIATE

Sito 1: Nel caso in esame, avendo a disposizione stese sismiche e prove penetrometriche superpesanti (DPSH), vedi “Ubicazione prove geognostiche”, ed avendo rilevato dettagliatamente la zona in studio si ritiene che il terreno ricada in categoria **E** in quanto il rapporto tra l'impedenza sismica **substrato / copertura** è superiore a 2.

Sito 2: Nel caso in esame, avendo a disposizione stese sismiche e prove penetrometriche superpesanti (DPSH), vedi “Ubicazione prove geognostiche”, ed avendo rilevato dettagliatamente la zona in studio si ritiene che il terreno ricada in categoria **E** in quanto il rapporto tra l'impedenza sismica **substrato / copertura** è superiore a 2.

8. PENDENZE E AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

La pendenza media dei siti esaminati è sempre superiore ai 20°. Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

- | | |
|------------|---|
| T1. | <i>Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$</i> |
| T2. | <i>Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$</i> |
| T3. | <i>Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ < i \leq 30^\circ$</i> |
| T4. | <i>Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$</i> |

Le suesposte **categorie topografiche** si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza > 30 m.

Nel caso in esame il sito ricade nella categoria T2.

8.1.1 Fattore di amplificazione topografica (S_T)

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T in funzione delle categorie topografiche definite e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T		
Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	1,0	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Nel caso in esame **si dovrà incrementare** l'azione sismica di progetto ($S_T=1,2$).

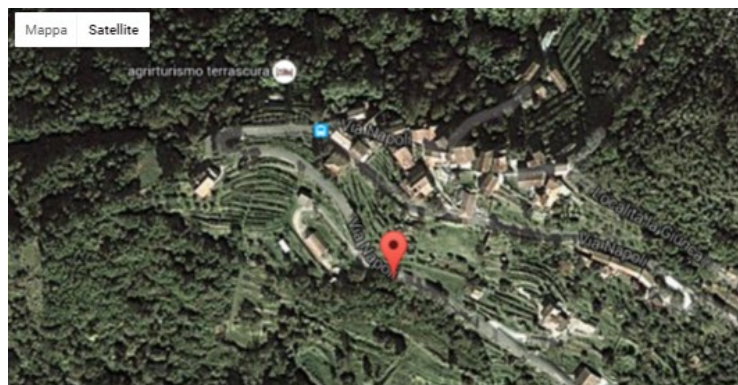
9. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DEL SITO

CODICE ISTAT 2008:

COORDINATE CENTRALI DEL SITO 1 (ED50):

Comune: Fivizzano (MS): 045007

N 44,183136 – E 10,120676



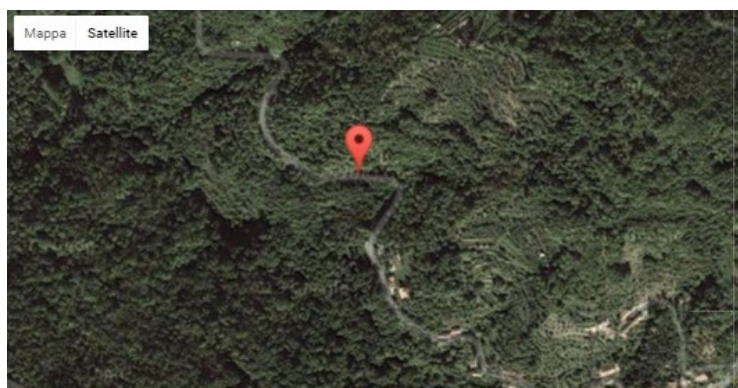
Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc' [s]
Operatività (SLO)	30	0,056	2,437	0,240
Danno (SLD)	50	0,072	2,442	0,253
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,184	2,415	0,282
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,237	2,424	0,286
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

CODICE ISTAT 2008:

COORDINATE CENTRALI DEI SITI 2/3 (ED50):

Comune: Fivizzano (MS): 045007

N 44,176941 – E 10,134954



Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc' [s]
Operatività (SLO)	30	0,056	2,436	0,240
Danno (SLD)	50	0,073	2,445	0,253
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,185	2,416	0,281
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,238	2,425	0,286
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

10. LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

Per **liquefazione** si intende un processo di accumulazione della pressione del fluido interstiziale che causa in un terreno **non coesivo** (sabbia, ghiaia, limo non plastico) **saturo** diminuzione della resistenza e/o rigidità a taglio a seguito dello scuotimento sismico, potendo dar luogo a deformazioni permanenti significative. La liquefazione consiste quindi in una diminuzione della resistenza del terreno, a seguito del raggiungimento della condizione di fluidità. La perdita totale della resistenza viene raggiunta quando la pressione dell'acqua che riempie gli interstizi arriva a uguagliare la pressione di confinamento, rendendo nulle le tensioni efficaci trasmesse attraverso le particelle solide. Una volta che il terremoto ha innescato il processo di liquefazione, la massa del suolo resta in movimento fino a che non raggiunge una nuova condizione di stabilità. Durante uno scuotimento sismico, infatti, le sollecitazioni indotte nel terreno possono determinare un aumento delle pressioni interstiziali fino ad eguagliare la pressione litostatica e la tensione di confinamento, annullando la resistenza al taglio e inducendo fenomeni di fluidificazione.

La probabilità che un deposito raggiunga tali condizioni dipende:

- I. dal grado di addensamento;
- II. dalla granulometria e forma dei granuli;
- III. dalle condizioni di drenaggio;
- IV. dall'andamento ciclico delle sollecitazioni sismiche e loro durata;
- V. dall'età del deposito;
- VI. dalla profondità della linea di falda (prossima alla superficie).

Dall'osservazione di zone colpite da liquefazione, si è notato che questa avviene nelle seguenti circostanze:

1. terremoti di magnitudo uguale o superiore a 5,5, con accelerazioni superiori o uguali a 0,2 g;
2. al di sopra dei 15 metri di profondità; oltre questa profondità non sono state osservate liquefazioni;
3. la profondità della falda era posizionata in prossimità della superficie (inferiore ai 3,0 m).

Di seguito vengono illustrati alcuni dei criteri più usati per valutare la propensione alla liquefacibilità di un terreno.

10.1 CRITERIO DI YOUNG E PERKINS (1978).

Si tratta di un metodo basato sul tipo di deposito sedimentario e sulla sua età che fornisce un'indicazione qualitativa del grado di vulnerabilità del deposito stesso.

La probabilità di liquefazione è ricavabile dalla seguente tabella:

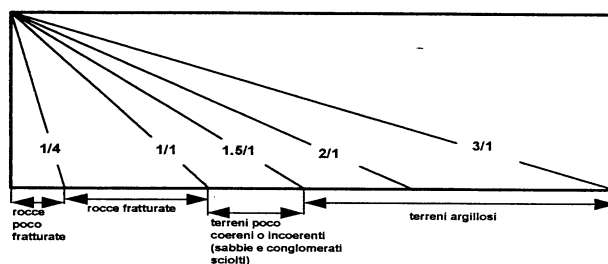
TIPO DEPOSITO	ETÀ DEL DEPOSITO			
	<500 anni	Olocene	Pleistocene	Pre-Pleistocene
DEPOSITI CONTINENTALI				
Canali fluviali	Molto alta	Alta	Bassa	Molto bassa
Pianure di esondazione	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Pianure e conoidi alluvionali	Moderata	Bassa	Bassa	Molto bassa
Spianate e terrazzi marini	---	Bassa	Molto bassa	Molto bassa
Deltaici	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Lacustri	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Colluvioni	Alta	Moderata	Bassa	Molto Bassa
Scarpate	Bassa	Bassa	Molto bassa	Molto bassa
Terreni residuali	Bassa	Bassa	Molto bassa	Molto bassa

Nell'area in esame si ricava una probabilità di liquefazione **"BASSA"**.

11. STABILITÀ DEI FRONTI DI SCAVO

Per eventuali sbancamenti di terreno si propongono, nella seguente figura, gli angoli di scarpa da conferire al fronte di scavo in funzione della tipologia del terreno per ottenere la sua stabilità.

In questo caso i terreni possono essere assimilati a “**TERRENI POCO COERENTI**”, quindi la stabilità del fronte di scavo verrà raggiunta con una pendenza variabile da 30 a 45°.



12. SITUAZIONE LOCALE E NOTE CONCLUSIVE

La zona in esame, posta ad una quota di circa 410 m s.l.m., è posta su di un versante fortemente acclive (~ 17°) costituito da una copertura detritica eluvio – colluviale sormontante litologie ascrivibili alla Formazione del “Flysch di Ottone (OTO)”.

Le eventuali opere di sbancamento dovranno essere realizzate in periodo asciutto lasciando aperto il fronte di scavo il tempo strettamente necessario alla buona realizzazione dell’opera. Nelle sezioni dove le opere di scavo raggiungono le profondità maggiori dovranno essere realizzate opere di sostegno atte a garantire la stabilità del fronte di scavo stesso.

12.1 PARAMETRIZZAZIONE DEL TERRENO TRATTA 1

12.1.1 Angolo di attrito interno (φ)

Nel caso in esame si consiglia:

$$\varphi \text{ copertura} = 31^\circ$$

12.1.2 Coesione non drenata (c_u)

Nel caso in esame si consiglia di usare il seguente valore:

$$c_u \text{ copertura (kg/cm}^2\text{)} = 0,44 \text{ (consigliato } 0,00 \div 0,044\text{)}$$

12.1.3 Altri parametri

Strato	Nspt	Densità relativa %	Gamma (t/m³)	Gamma Saturo (t/m³)	Modulo Edometrico (Kg/cm²)	Modulo Elastico (Kg/cm²)	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm²)	Ko
Copertura	4,5	44	1,5	1,9	20	45	0,34	270	0,9

12.1.4 PARAMETRIZZAZIONE DEL TERRENO TRATTA 2

12.1.5 Angolo di attrito interno (φ)

Nel caso in esame si consiglia:

$$\varphi \text{ copertura} = 32^\circ$$

12.1.6 Coesione non drenata (cu)

Nel caso in esame si consiglia di usare il seguente valore:

$$Cu \text{ copertura (kg/cm}^2\text{)} = 0,89 \text{ (consigliato } 0,00 \div 0,09\text{)}$$

12.1.7 Altri parametri

Strato	Nspt	Densità relativa %	Gamma (t/m ³)	Gamma Saturo (t/m ³)	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Modulo Elastico (Kg/cm ²)	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm ²)	Ko
Copertura	7	55	1,6	1,9	32	70	0,34	400	1,4

12.2 REGIMAZIONE DELLE ACQUE

L'intervento in oggetto non comporta l'interruzione del naturale deflusso delle acque superficiali in quanto trattasi di ripristinare la sede stradale esistente; si dovrà comunque manutenzionare la cunetta a monte e verificare la presenza di opere idrauliche che permettano il deflusso delle acque vadoze. Si dovrà tenere in considerazione infatti che, in seguito a piogge molto intense, il livello di falda potrebbe risalire fino a raggiungere il p.c.

12.3 MOVIMENTO TERRA

Tutte le opere di sbancamento dovranno essere realizzate in periodo asciutto lasciando aperto il fronte di scavo il tempo strettamente necessario alla buona realizzazione dell'opera. Nei tratti dove le opere di scavo raggiungono le profondità maggiori dovrà essere valutata, in fase esecutiva, l'opportunità di realizzare opere di sostegno atte a garantire la stabilità del fronte di scavo fondazionale.

La terra di risulta da scavi o movimenti di terreno in genere, per opere di modesta entità, può essere congruata in loco per la risistemazione dell'area oggetto dei lavori, al di fuori di corsi d'acqua, fossi, impluvi e linee di sgrondo delle acque, senza determinare apprezzabili modificazioni di assetto o pendenza dei terreni, provvedendo al compattamento ed inerbimento del terreno stesso ed evitando che abbiano a verificarsi fenomeni erosivi o di ristagno delle acque. I materiali terrosi o lapidei eccedenti la sistemazione in loco devono essere riutilizzati in terreni ove il riporto degli stessi sia autorizzato o consentito ai fini del vincolo idrogeologico. In alternativa dovranno essere conferiti a discarica di inerti regolarmente autorizzata.

La gestione del materiale di scavo dovrà essere eseguita nel rispetto del D. Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale", del D.M. 10 agosto 2012, n.161 "Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo" e successive modifiche e integrazioni.

Durante le fasi di cantiere eventuali depositi temporanei di materiali terrosi e lapidei devono essere effettuati in modo da evitare fenomeni erosivi o di ristagno delle acque e non devono essere posti in prossimità di fronti di scavo, al fine di evitare sovraccarichi sui fronti stessi.

Aulla, 18 gennaio 2016

IL TECNICO
(DOTT. GEOL. FAUSTO AMADEI)

13. PROVE GEOGNOSTICHE

13.1 UBICAZIONE

Tratto 1



Tratto 2



13.2 PROVE PENETROMETRICHE

Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici		
TIPO	Sigla riferimento	Peso Massa Battente M (kg)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M \geq 60$

PENETROMETRO DINAMICO IN USO: TG 63 – 200 ISM.C (DPSH)

CARATTERISTICHE TECNICHE

peso massa battente	$M = 63,50 \text{ kg}$
altezza caduta libera	$H = 0,75 \text{ m}$
peso sistema battuta	$M_s = 0,63 \text{ kg}$
diametro punta conica	$D = 51,00 \text{ mm}$
area base punta conica	$A = 20,43 \text{ cm}^2$
angolo apertura punta	$\alpha = 60^\circ$
lunghezza delle aste	$L_a = 1,00 \text{ m}$
peso aste per metro	$M_a = 6,31 \text{ kg}$
Prof. giunzione 1° asta	$P_1 = 0,20 \text{ m}$
avanzamento punta	$\delta = 0,20 \text{ m}$
numero colpi di punta	$N = N(20) \Rightarrow \text{Relativo ad un avanzamento di } 20 \text{ cm}$
rivestimento / fanghi	NO
energia specifica per colpo	$Q = (MH)/(A\delta) = 11,66 \text{ kg/cm}^2$ (prova SPT: $Q_{spt} = 7,83 \text{ kg/cm}^2$)
Coeff. teorico di energia	$\beta_t = q/Q_{spt} = 1,489$ (teoricamente: $N_{spt} = \beta_t N$)

Valutazione resistenza dinamica alla punta R_{pd} in funzione del numero di colpi N (FORMULA OLANDESE):

$$R_{pd} = M^2 H / [A e (M + P)] = M^2 H N / [A \delta (M + P)]$$

R_{pd} = resistenza dinamica punta [area A]

M = peso massa battente (altezza caduta H)

e = infissione per colpo = δ / N

P = peso totale aste e sistema battuta

UNITÀ DI MISURA (conversioni)
$1 \text{ kg/cm}^2 = 0.098067 \text{ Mpa}$
$1 \text{ Mpa} = 1 \text{ MN} / \text{m}^2 = 10.197 \text{ kg/cm}^2$
$1 \text{ bar} = 1.0197 \text{ kg/cm}^2 = 0.1 \text{ Mpa}$
$1 \text{ kN} = 0.001 \text{ MN} = 101.97 \text{ kg}$

PROVA ... Nr.1

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio Minimo

Profondità (m)	Nr. Colpi	Res. dinamica (Kg/cm ²)	qamm (Kg/cm ²)
0.20	3	31.52	1.58
0.40	2	19.29	0.96
0.60	1	9.64	0.48
0.80	3	28.93	1.45
1.00	3	28.93	1.45
1.20	4	38.57	1.93
1.40	4	35.64	1.78
1.60	2	17.82	0.89
1.80	2	17.82	0.89
2.00	3	26.73	1.34
2.20	5	44.55	2.23
2.40	8	66.25	3.31
2.60	7	57.97	2.90
2.80	4	33.13	1.66
3.00	5	41.41	2.07
3.20	12	99.38	4.97
3.40	16	123.77	6.19
3.60	13	100.56	5.03
3.80	14	108.30	5.41
4.00	10	77.36	3.87
4.20	16	123.77	6.19
4.40	30	217.71	10.89
4.60	50	362.85	18.14

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
0.6	1.5	14.9	0.06	1.47	2.21	terreno vegetale
3	3.08	27.15	0.33	1.47	4.53	Detrito grossolano
4.6	12.93	99.45	0.7	1.47	19.03	substrato

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
[1] - terreno vegetale	2.21	0.60	Begemann	0.31
[2] - Detrito grossolano	4.53	3.00	Begemann	0.44
[3] - substrato	19.03	4.60	Begemann	2.72

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - terreno vegetale	2.21	0.60	Robertson (1983)	4.42
[2] - Detrito grossolano	4.53	3.00	Robertson (1983)	9.06
[3] - substrato	19.03	4.60	Robertson (1983)	38.06

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
[1] - terreno vegetale	2.21	0.60	Stroud e Butler (1975)	10.14
[2] - Detrito grossolano	4.53	3.00	Stroud e Butler (1975)	20.78
[3] - substrato	19.03	4.60	Stroud e Butler (1975)	87.31

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
[1] - terreno vegetale	2.21	0.60	Apollonia	22.10
[2] - Detrito grossolano	4.53	3.00	Apollonia	45.30
[3] - substrato	19.03	4.60	Apollonia	190.30

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
-------------	------	---------------------	--------------	-----------------

Studio Geologico Dott. Fausto Amadei - via Monticello 7, 54011 Aulla (MS)

[1] - terreno vegetale	2.21	0.60	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
[2] - Detrito grossolano	4.53	3.00	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[3] - substrato	19.03	4.60	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - terreno vegetale	2.21	0.60	2.21	Meyerhof 1957	35.8
[2] - Detrito grossolano	4.53	3.00	4.53	Meyerhof 1957	44.08
[3] - substrato	19.03	4.60	19.03	Meyerhof 1957	77.36

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - terreno vegetale	2.21	0.60	2.21	Meyerhof (1965)	30.47
[2] - Detrito grossolano	4.53	3.00	4.53	Meyerhof (1965)	31.47
[3] - substrato	19.03	4.60	19.03	Meyerhof (1965)	36.78

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - terreno vegetale	2.21	0.60	2.21	Classificazione A.G.I.	SCIOLTO
[2] - Detrito grossolano	4.53	3.00	4.53	Classificazione A.G.I.	POCO ADDENSATO
[3] - substrato	19.03	4.60	19.03	Classificazione A.G.I.	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
[1] - terreno vegetale	2.21	0.60	2.21	Meyerhof ed altri	1.41
[2] - Detrito grossolano	4.53	3.00	4.53	Meyerhof ed altri	1.52
[3] - substrato	19.03	4.60	19.03	Meyerhof ed altri	1.97

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
[1] - terreno vegetale	2.21	0.60	2.21	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.87
[2] - Detrito grossolano	4.53	3.00	4.53	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.88
[3] - substrato	19.03	4.60	19.03	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.97

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - terreno vegetale	2.21	0.60	2.21	(A.G.I.)	0.35
[2] - Detrito grossolano	4.53	3.00	4.53	(A.G.I.)	0.34
[3] - substrato	19.03	4.60	19.03	(A.G.I.)	0.32

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm²)
[1] - terreno vegetale	2.21	0.60	2.21	Ohsaki (Sabbie pulite)	136.98
[2] - Detrito grossolano	4.53	3.00	4.53	Ohsaki (Sabbie pulite)	268.93
[3] - substrato	19.03	4.60	19.03	Ohsaki (Sabbie pulite)	1036.54

Modulo di reazione Ko

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[1] - terreno vegetale	2.21	0.60	2.21	Navfac 1971-1982	0.32
[2] - Detrito grossolano	4.53	3.00	4.53	Navfac 1971-1982	0.88
[3] - substrato	19.03	4.60	19.03	Navfac 1971-1982	3.88

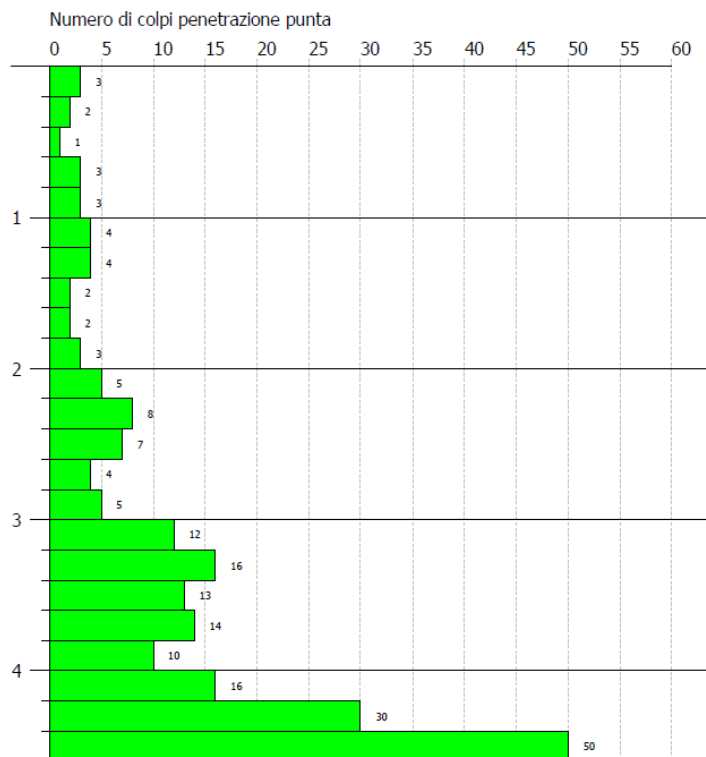
Studio Geologico Dott. Fausto Amadei - via Monticello 7, 54011 Aulla (MS)

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

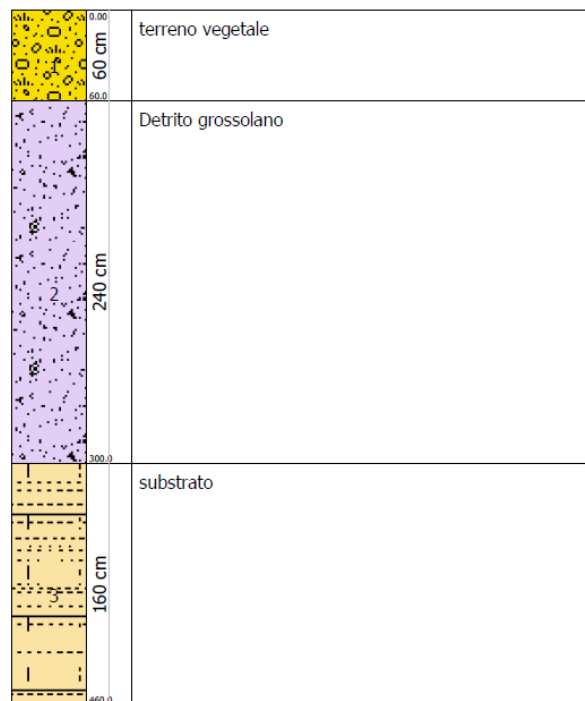
Committente: dott. ing. a. Marginesi
Cantiere: Fivizzano
Località: folegnano

Data:

Scala 1:50



Interpretazione Stratigrafica



13.3 SISMICA A RIFRAZIONE TRATTO 1

Le indagini di sismica a rifrazione consentono di interpretare la stratigrafia del sottosuolo attraverso il principio fisico del fenomeno della rifrazione totale di un'onda sismica che incide su una discontinuità, individuata fra due corpi aventi proprietà meccaniche diverse (orizzonte rifrattorio). La condizione fondamentale per eseguire studi di sismica a rifrazione è quella per cui la successione di strati da investigare sia caratterizzata da velocità sismiche crescenti all'aumentare della profondità. In questo modo si possono valutare fino a 4 o 5 orizzonti rifrattori differenti.

Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda o, comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L'analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell.

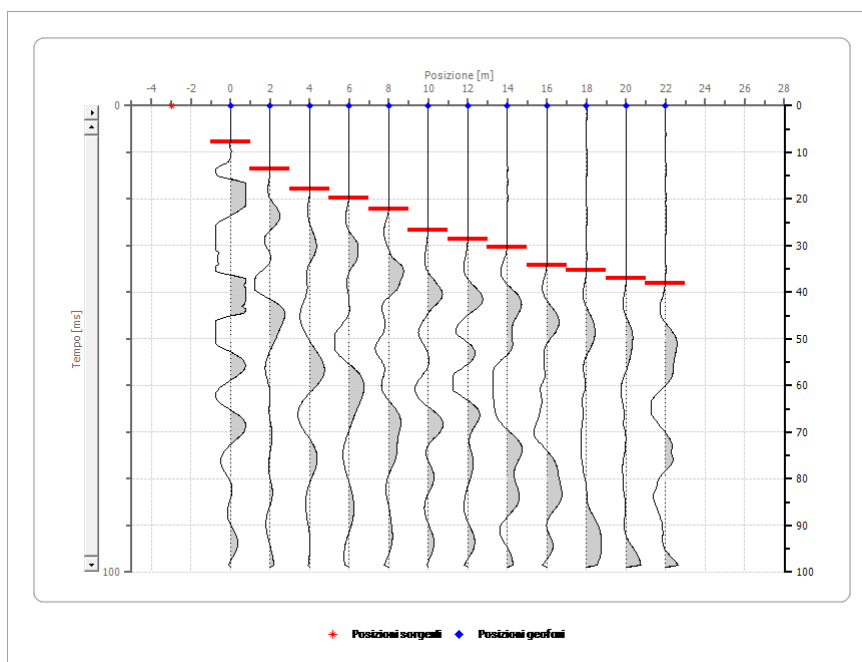
Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	0.0	0.0
2	2.0	0.0
3	4.0	0.0
4	6.0	0.0
5	8.0	0.0
6	10.0	0.0
7	12.0	0.0
8	14.0	0.0
9	16.0	0.0
10	18.0	0.0
11	20.0	0.0
12	22.0	0.0

Dati battute

Battuta 1

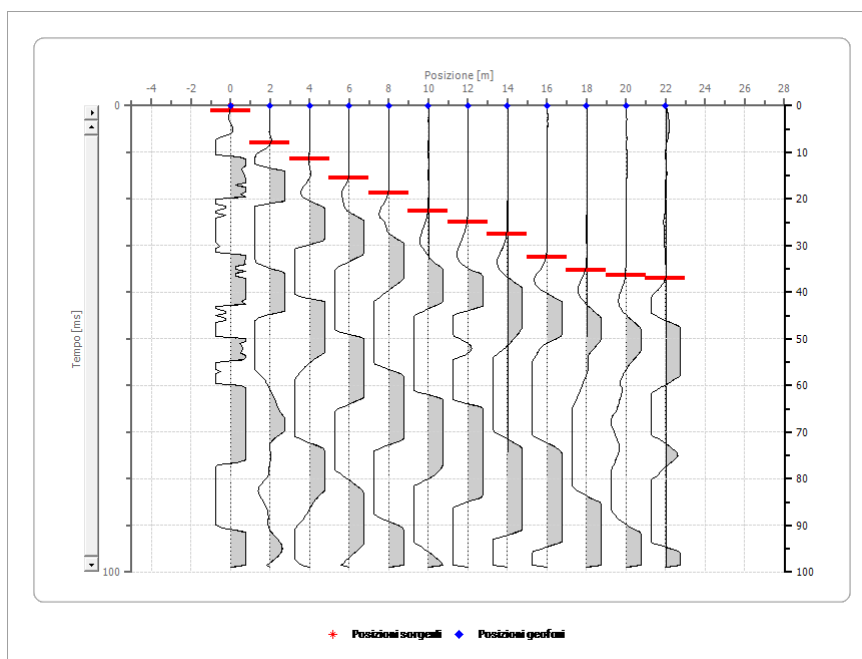
Posizione sorgente -3[m]



Battuta 2

Posizione sorgente

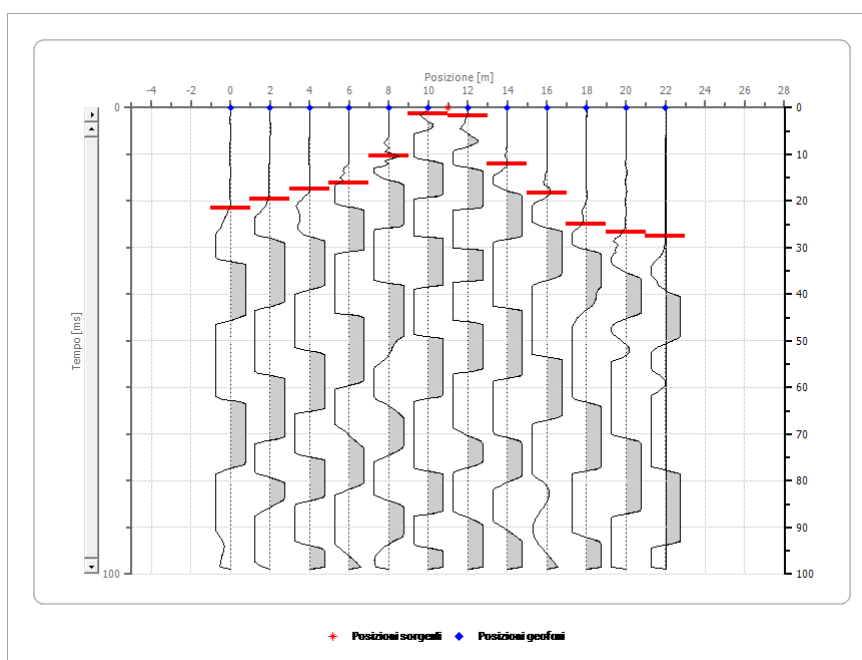
o[m]



Battuta 3

Posizione sorgente

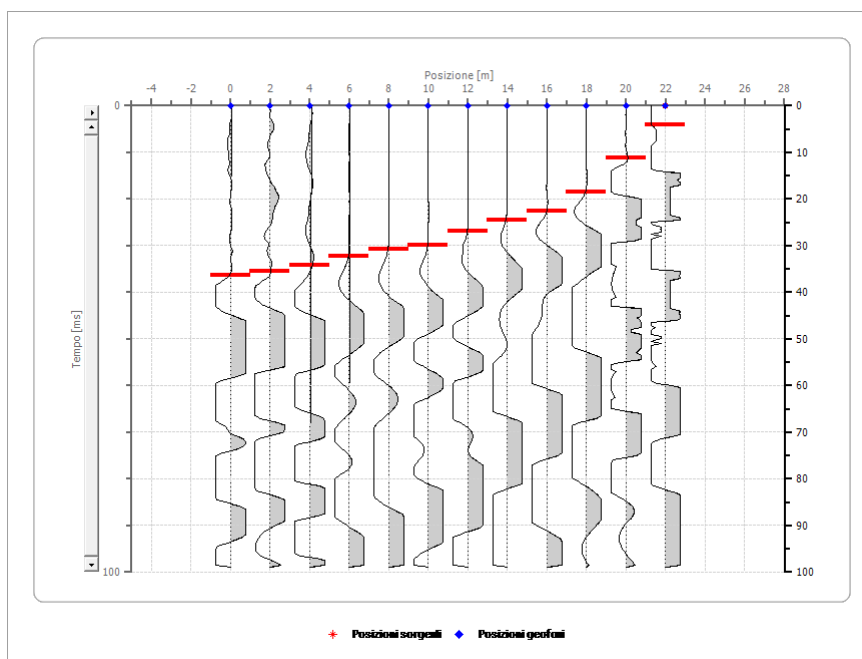
11[m]



Battuta 4

Posizione sorgente

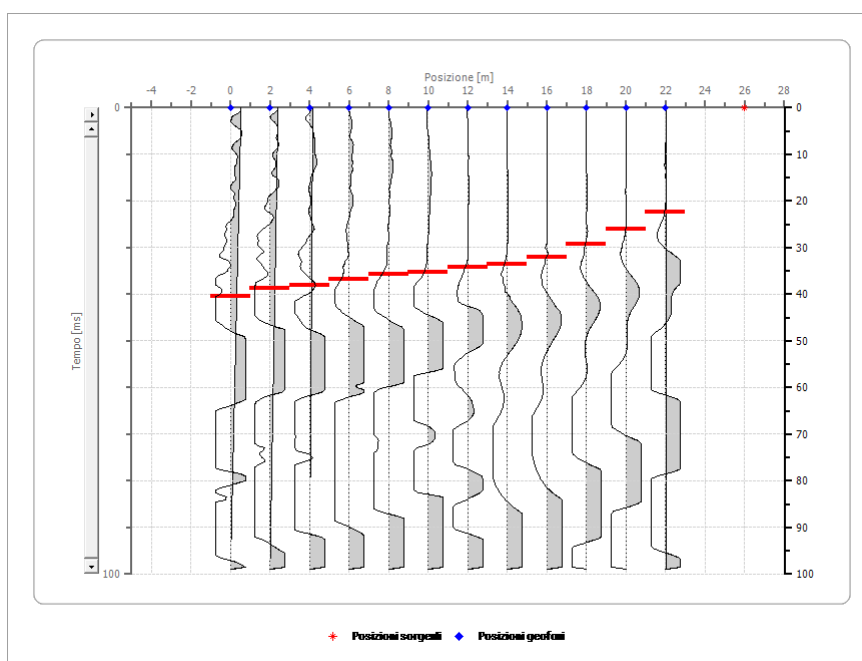
22[m]



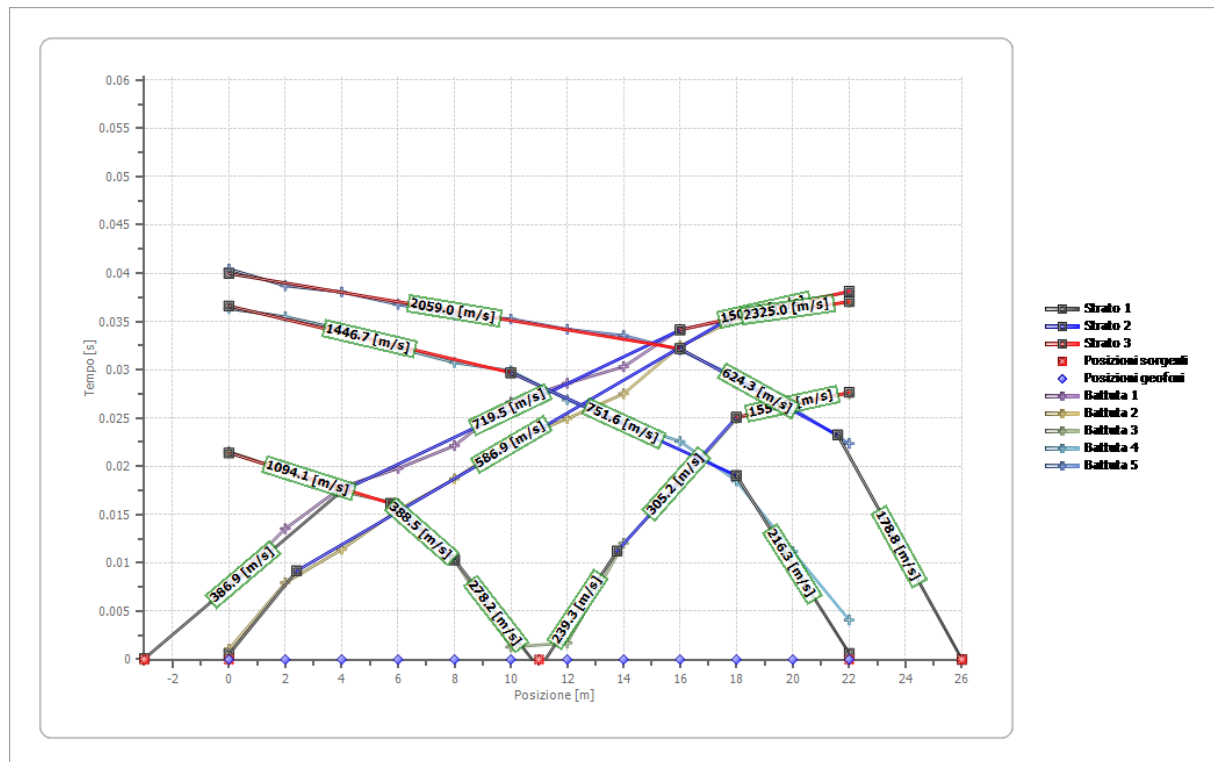
Battuta 5

Posizione sorgente

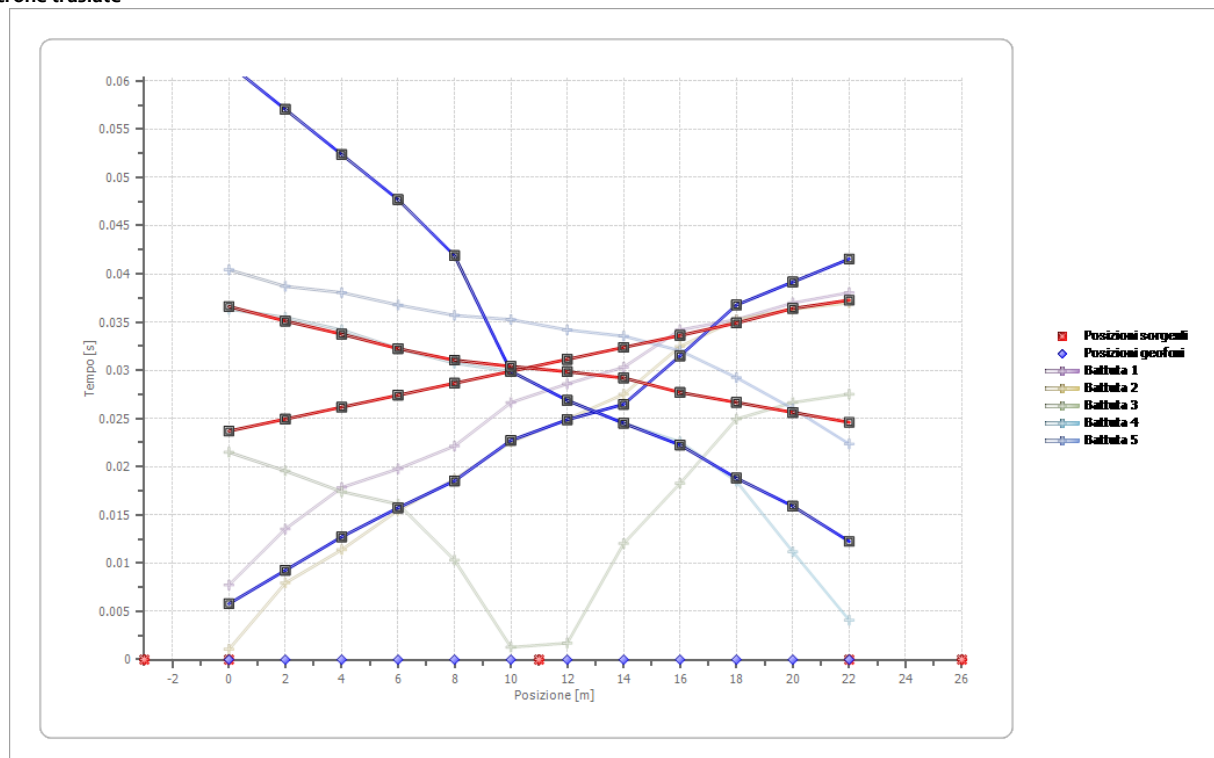
26[m]



Dromocrone



Dromocrone traslate



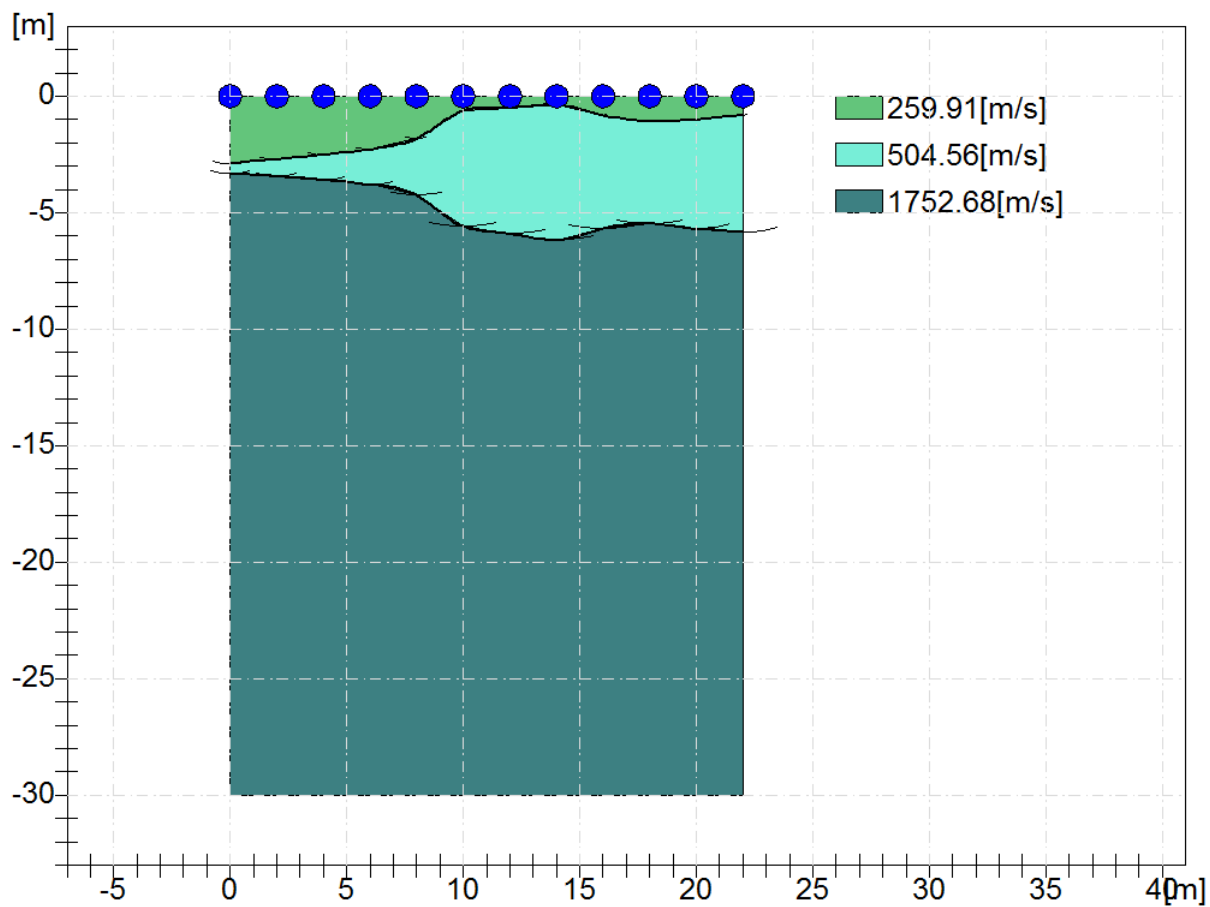
Interpretazione col metodo G.R.M.

XY: 0

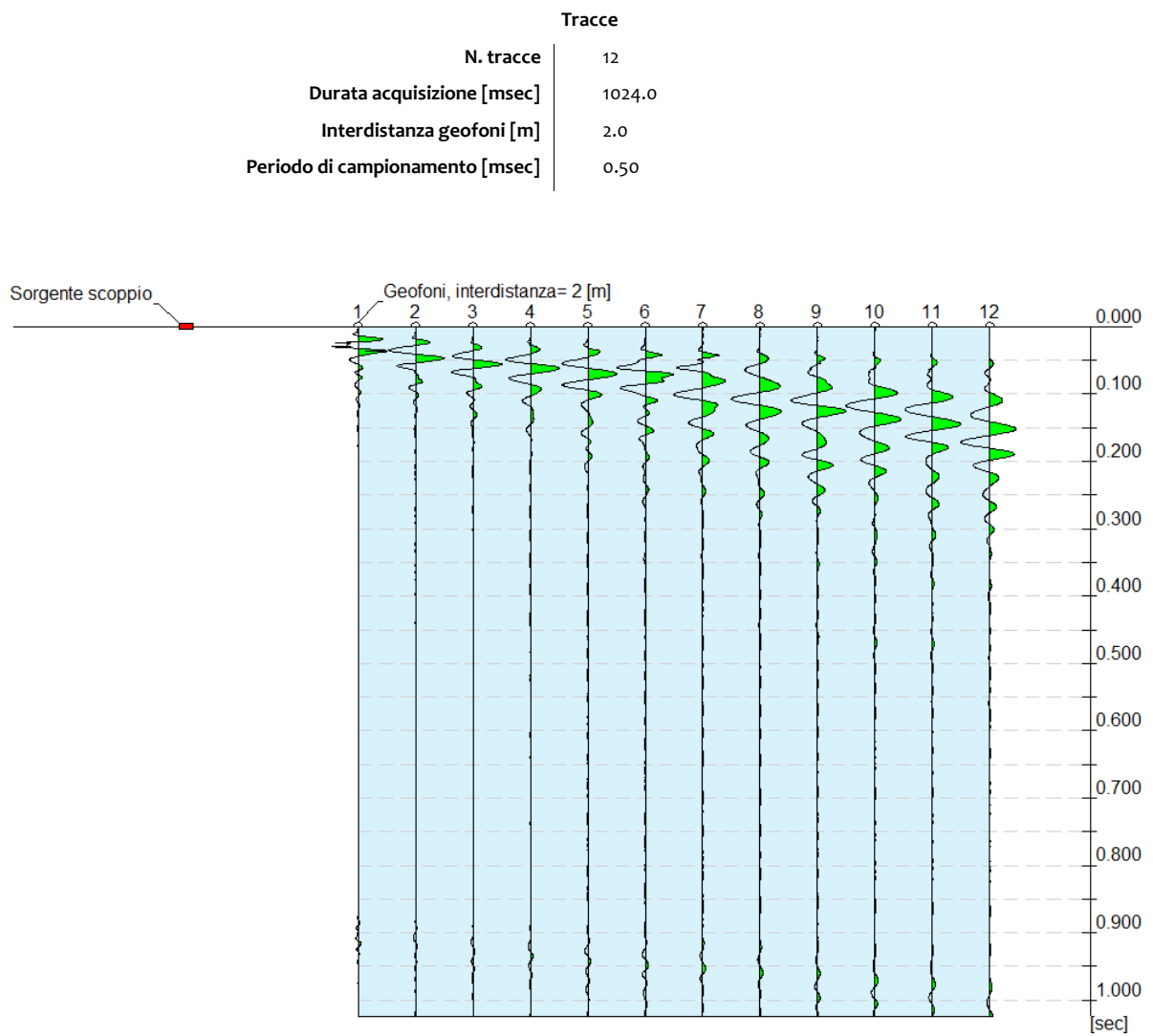
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
G= 0.0 [m]	2.9	3.3	--
G= 2.0 [m]	2.7	3.4	--
G= 4.0 [m]	2.5	3.6	--
G= 6.0 [m]	2.3	3.8	--
G= 8.0 [m]	1.8	4.2	--
G= 10.0 [m]	0.6	5.6	--
G= 12.0 [m]	0.5	5.9	--
G= 14.0 [m]	0.4	6.2	--
G= 16.0 [m]	0.8	5.7	--
G= 18.0 [m]	1.1	5.5	--
G= 20.0 [m]	1.0	5.7	--
G= 22.0 [m]	0.8	5.8	--
Velocità [m/sec]	259.9	504.6	1752.7
Descrizione			

Velocità

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
Vp [m/s]	259.91	504.56	1752.68
Vs [m/s]	124.86	242.38	841.96



13.4 M.A.S.W

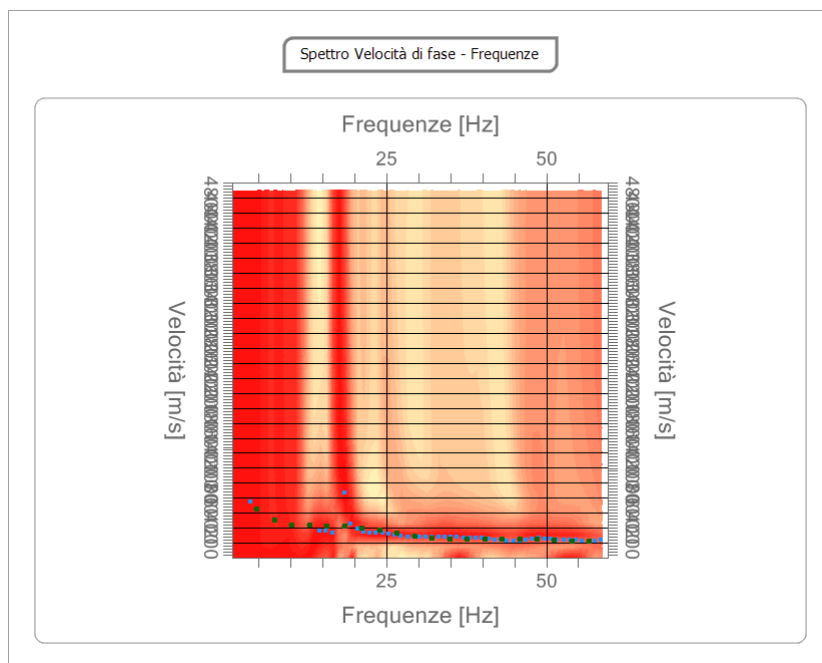


Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	5000
Intervallo velocità [m/sec]	1

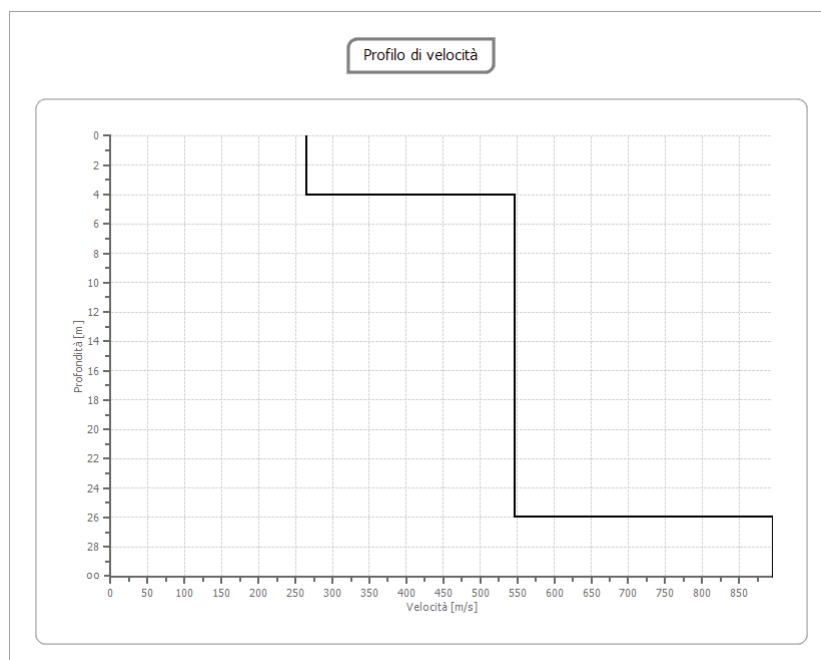
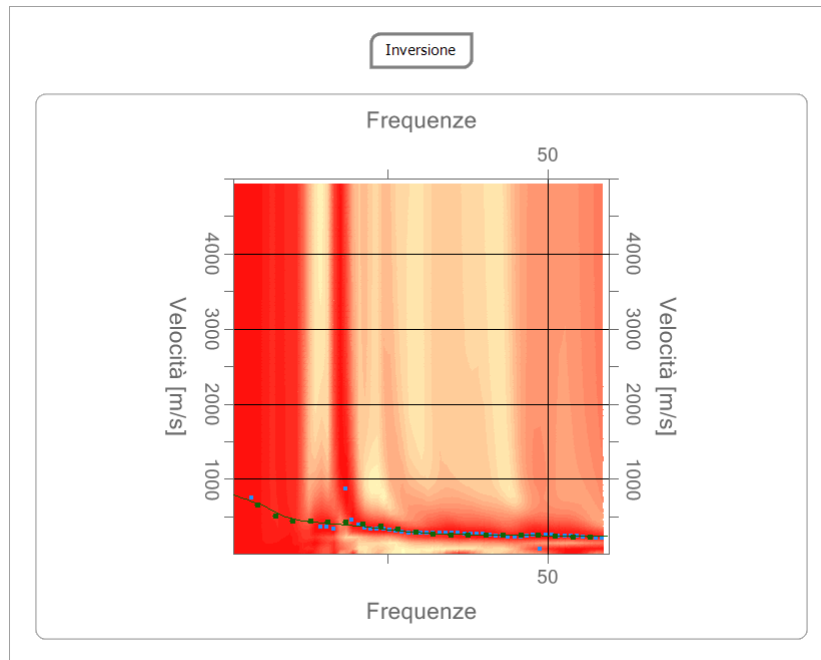
Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	4.8	654.6	0
2	7.6	500.7	0
3	10.3	445.5	0
4	13.0	433.7	0
5	15.8	432.0	0
6	18.5	423.4	0
7	21.2	402.3	0
8	24.0	370.4	0
9	26.7	333.3	0
10	29.5	297.9	0
11	32.2	269.9	0
12	34.9	252.8	0
13	37.7	246.8	0
14	40.4	248.1	0
15	43.1	251.1	0
16	45.9	252.9	0
17	48.6	250.9	0
18	51.3	242.2	0
19	54.1	226.7	0
20	56.8	226.0	0



Inversione

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/sec]
1	4.00	4.00	264.4
2	26.00	22.00	546.9
3	00	00	895.1



Studio Geologico Dott. Fausto Amadei - via Monticello 7, 54011 Aulla (MS)

PROVA ... Nr.2

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio Minimo

Profondità (m)	Nr. Colpi	Res. dinamica (Kg/cm²)	qamm (Kg/cm²)
0.20	15	145.77	7.29
0.40	8	77.74	3.89
0.60	8	77.74	3.89
0.80	8	77.74	3.89
1.00	5	44.95	2.25
1.20	5	44.95	2.25
1.40	5	44.95	2.25
1.60	4	35.96	1.80
1.80	4	35.96	1.80
2.00	4	33.45	1.67
2.20	4	33.45	1.67
2.40	6	50.18	2.51
2.60	10	83.63	4.18
2.80	15	125.45	6.27
3.00	23	179.83	8.99
3.20	14	109.46	5.47
3.40	21	164.19	8.21
3.60	50	390.92	19.55

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
0.8	8	77.74	0.07	1.5	12.03	riporto
2.6	4.61	39.36	0.31	1.5	6.93	Detrito grossolano
3.6	16.12	127.1	0.59	1.5	24.24	Calcari fratturati

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm²)
[1] - riporto	12.03	0.80	Begemann	2.05
[2] - Detrito grossolano	6.93	2.60	Begemann	0.89
[3] - Calcari fratturati	24.24	3.60	Begemann	3.79

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] - riporto	12.03	0.80	Robertson (1983)	24.06
[2] - Detrito grossolano	6.93	2.60	Robertson (1983)	13.86
[3] - Calcari fratturati	24.24	3.60	Robertson (1983)	48.48

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm²)
[1] - riporto	12.03	0.80	Stroud e Butler (1975)	55.19
[2] - Detrito grossolano	6.93	2.60	Stroud e Butler (1975)	31.80
[3] - Calcari fratturati	24.24	3.60	Stroud e Butler (1975)	111.21

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm²)
[1] - riporto	12.03	0.80	Apollonia	120.30
[2] - Detrito grossolano	6.93	2.60	Apollonia	69.30
[3] - Calcari fratturati	24.24	3.60	Apollonia	242.40

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - riporto	12.03	0.80	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[2] - Detrito grossolano	6.93	2.60	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[3] - Calcari fratturati	24.24	3.60	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

Studio Geologico Dott. Fausto Amadei - via Monticello 7, 54011 Aulla (MS)

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - riporto	12.03	0.80	12.03	Meyerhof 1957	82.88
[2] - Detrito grossolano	6.93	2.60	6.93	Meyerhof 1957	54.95
[3] - Calcarei fratturati	24.24	3.60	24.24	Meyerhof 1957	91.2

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - riporto	12.03	0.80	12.03	Meyerhof (1965)	34.42
[2] - Detrito grossolano	6.93	2.60	6.93	Meyerhof (1965)	32.47
[3] - Calcarei fratturati	24.24	3.60	24.24	Meyerhof (1965)	38.27

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - riporto	12.03	0.80	12.03	Classificazione A.G.I.	MODERATAMENTE ADDENSATO
[2] - Detrito grossolano	6.93	2.60	6.93	Classificazione A.G.I.	POCO ADDENSATO
[3] - Calcarei fratturati	24.24	3.60	24.24	Classificazione A.G.I.	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
[1] - riporto	12.03	0.80	12.03	Meyerhof ed altri	1.80
[2] - Detrito grossolano	6.93	2.60	6.93	Meyerhof ed altri	1.62
[3] - Calcarei fratturati	24.24	3.60	24.24	Meyerhof ed altri	2.07

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
[1] - riporto	12.03	0.80	12.03	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.93
[2] - Detrito grossolano	6.93	2.60	6.93	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.90
[3] - Calcarei fratturati	24.24	3.60	24.24	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.48

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - riporto	12.03	0.80	12.03	(A.G.I.)	0.33
[2] - Detrito grossolano	6.93	2.60	6.93	(A.G.I.)	0.34
[3] - Calcarei fratturati	24.24	3.60	24.24	(A.G.I.)	0.31

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm²)
[1] - riporto	12.03	0.80	12.03	Ohsaki (Sabbie pulite)	673.54
[2] - Detrito grossolano	6.93	2.60	6.93	Ohsaki (Sabbie pulite)	401.05
[3] - Calcarei fratturati	24.24	3.60	24.24	Ohsaki (Sabbie pulite)	1301.29

Modulo di reazione Ko

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[1] - riporto	12.03	0.80	12.03	Navfac 1971-1982	2.53
[2] - Detrito grossolano	6.93	2.60	6.93	Navfac 1971-1982	1.43
[3] - Calcarei fratturati	24.24	3.60	24.24	Navfac 1971-1982	4.76

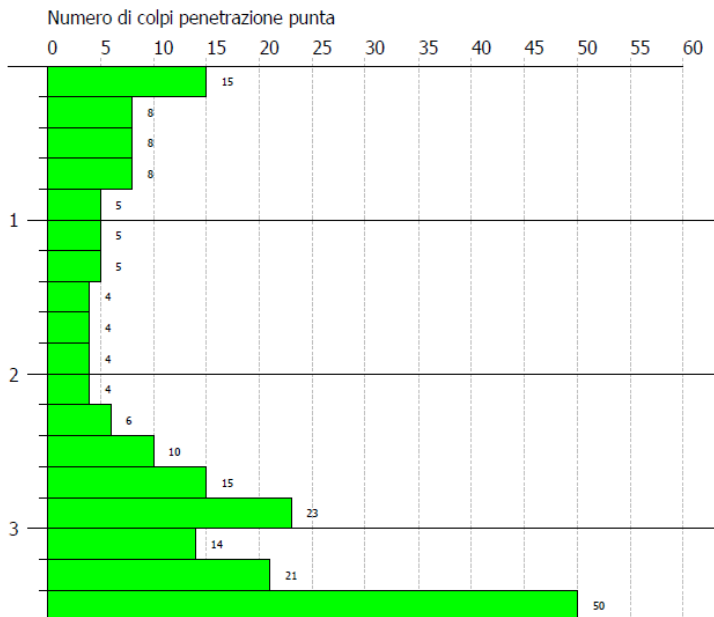
Studio Geologico Dott. Fausto Amadei - via Monticello 7, 54011 Aulla (MS)

PR/IVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
Strumento utilizzato... DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)

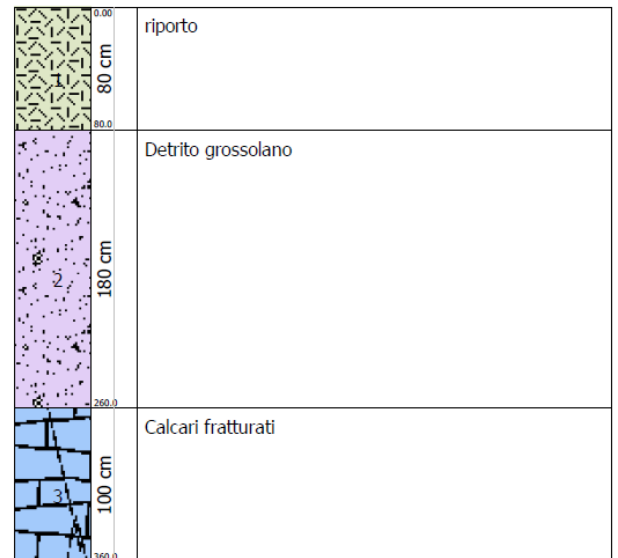
Committente: Dott. Ing. A. Marginesi
Cantiere: Fivizzano
Località: Mezzana

Data:

Scale 1:50



Interpretazione Stratigrafica



13.1 SISMICA A RIFRAZIONE TRATTO 2

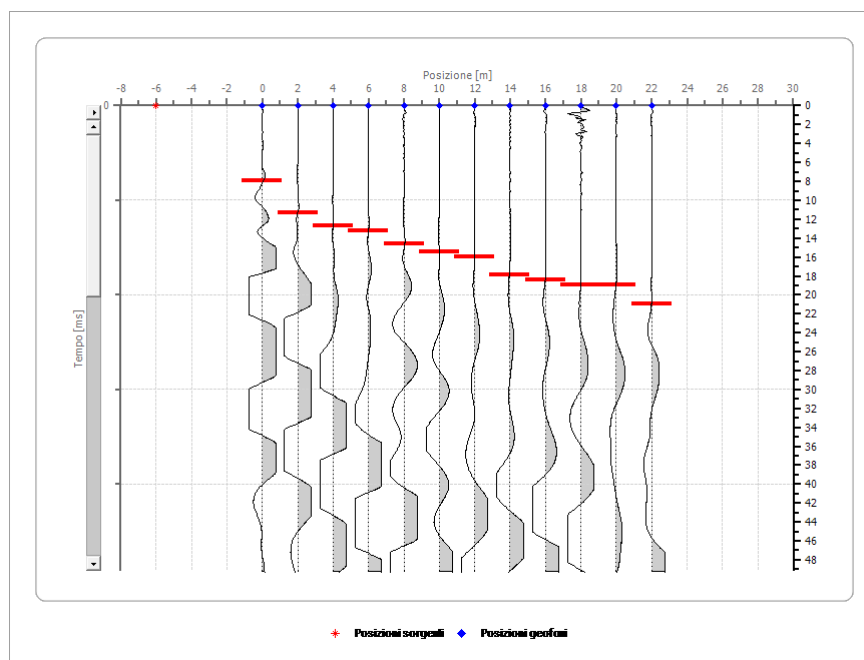
Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	0.0	0.0
2	2.0	0.0
3	4.0	0.0
4	6.0	0.0
5	8.0	0.0
6	10.0	0.0
7	12.0	0.0
8	14.0	0.0
9	16.0	0.0
10	18.0	0.0
11	20.0	0.0
12	22.0	0.0

Dati battute

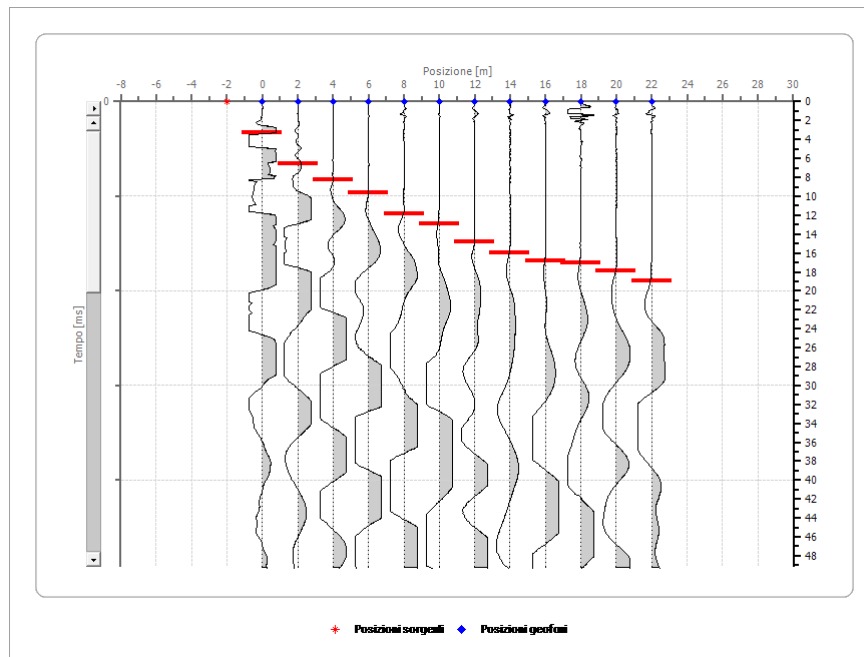
Battuta 1

Posizione sorgente -6[m]



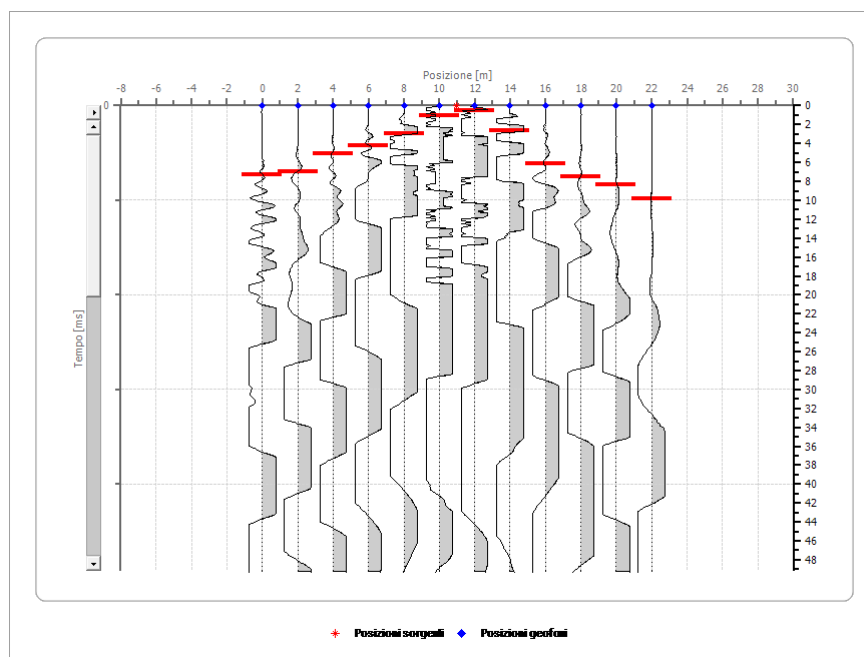
Battuta 2

Posizione sorgente -2[m]



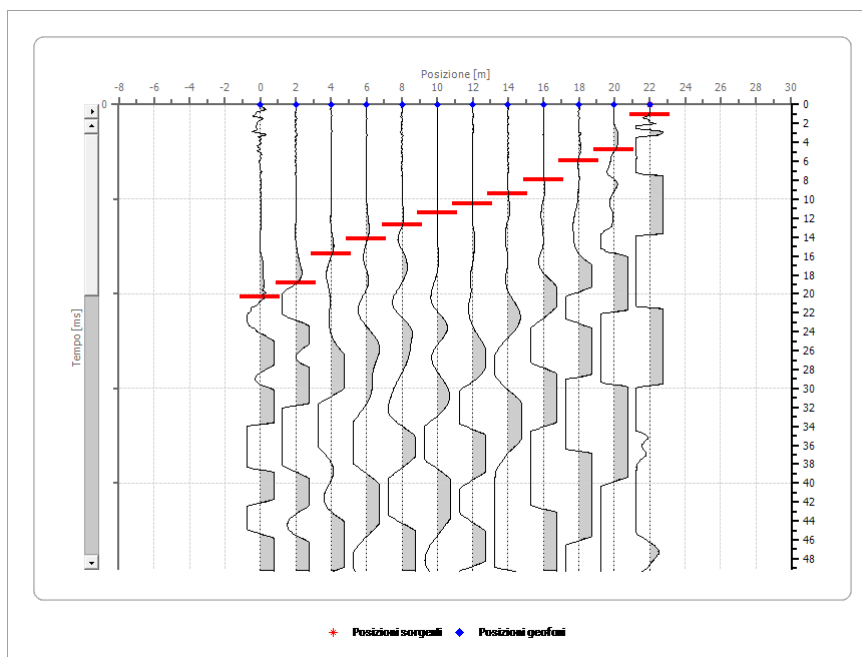
Battuta 3

Posizione sorgente 11[m]



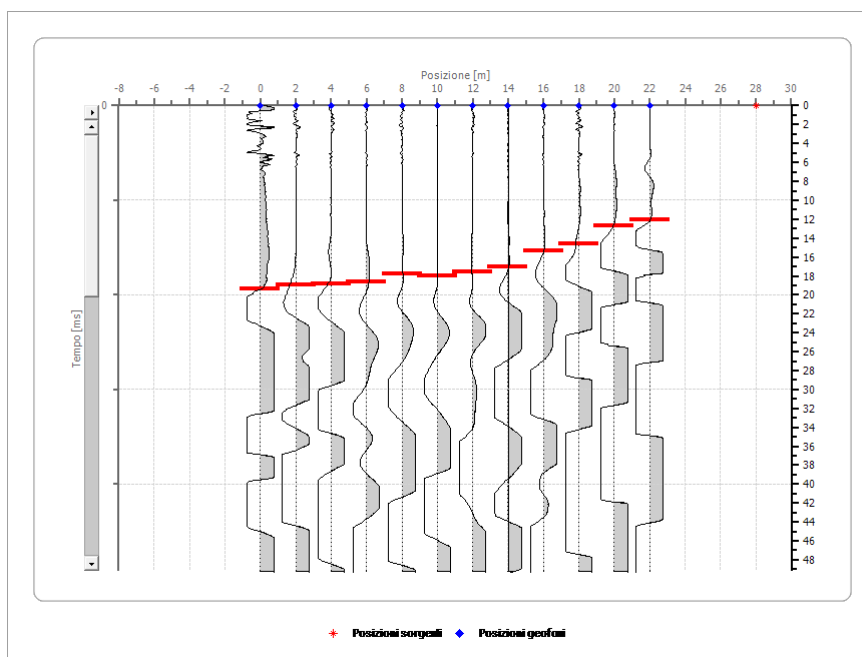
Battuta 4

Posizione sorgente 22[m]

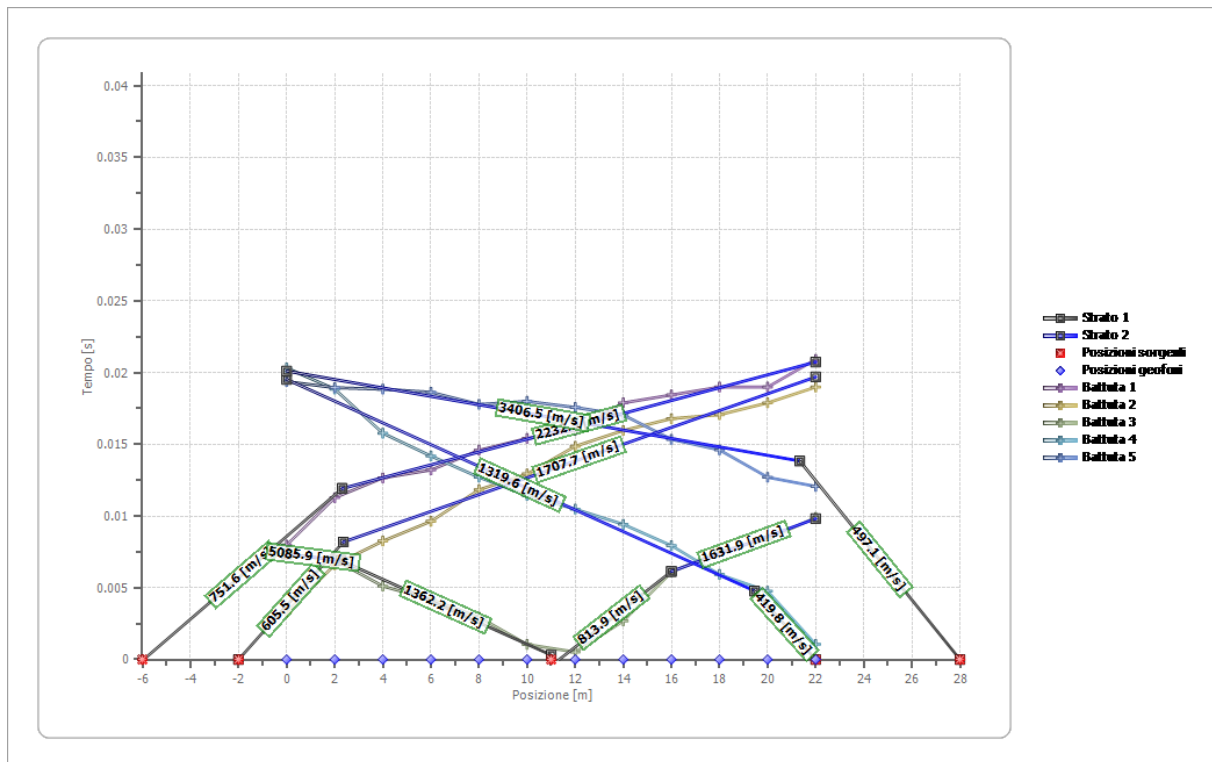


Battuta 5

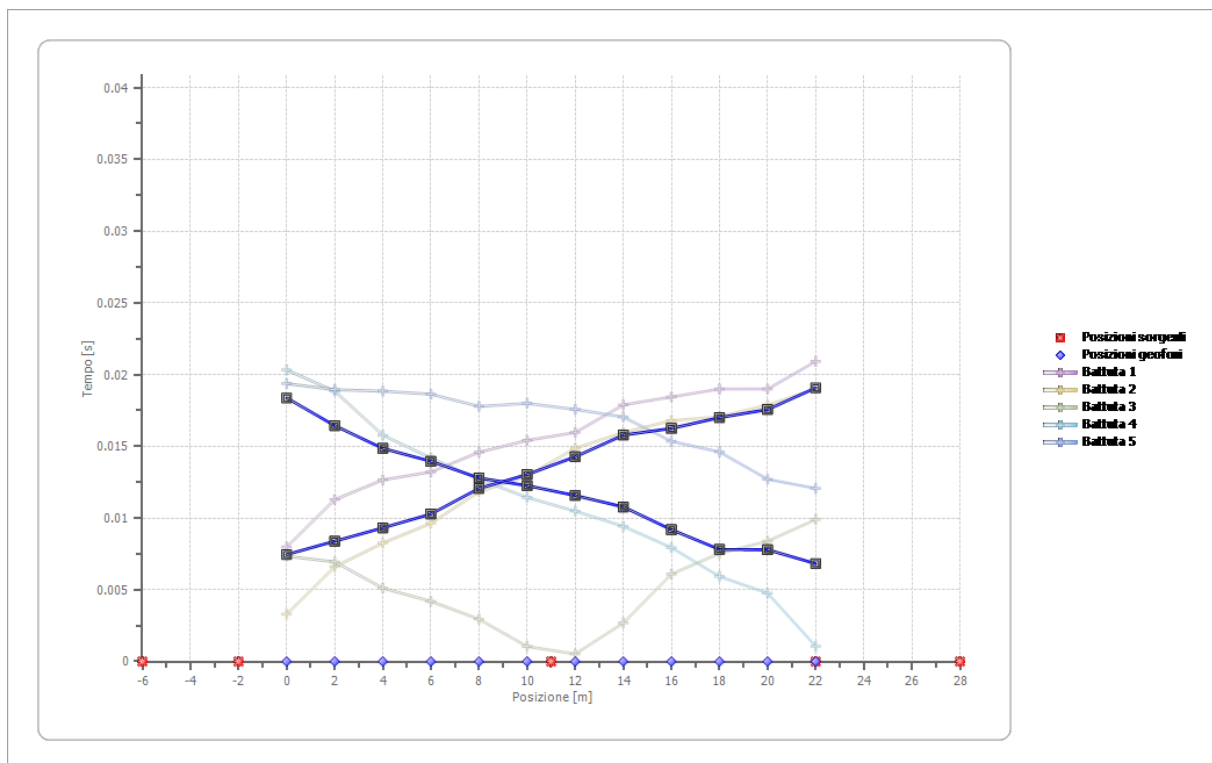
Posizione sorgente 28[m]



omocrone



Dromocrone traslate



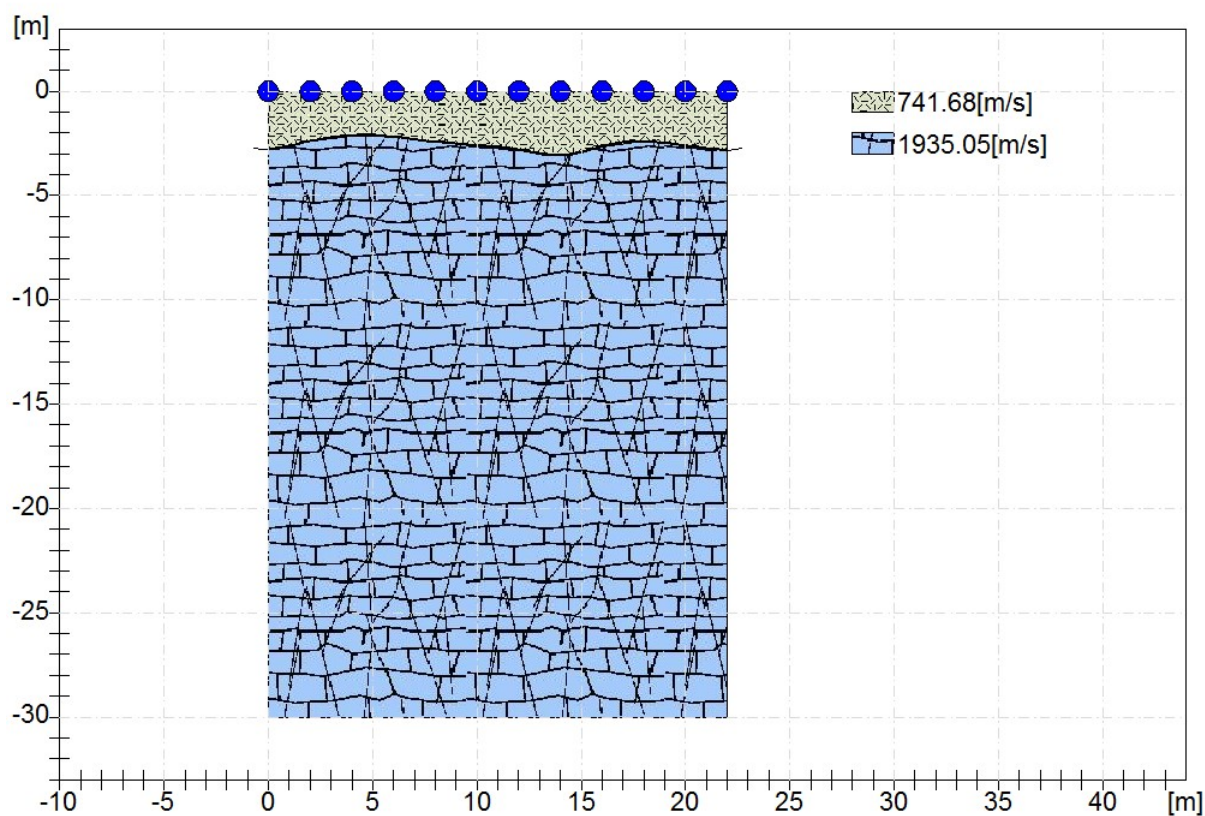
Interpretazione col metodo G.R.M.

XY: 0

	Strato n. 1	Strato n. 2
G= 0.0 [m]	2.8	--
G= 2.0 [m]	2.4	--
G= 4.0 [m]	2.1	--
G= 6.0 [m]	2.2	--
G= 8.0 [m]	2.4	--
G= 10.0 [m]	2.6	--
G= 12.0 [m]	2.8	--
G= 14.0 [m]	3.1	--
G= 16.0 [m]	2.6	--
G= 18.0 [m]	2.4	--
G= 20.0 [m]	2.6	--
G= 22.0 [m]	2.8	--
Velocità [m/sec]	741.7	1935.0

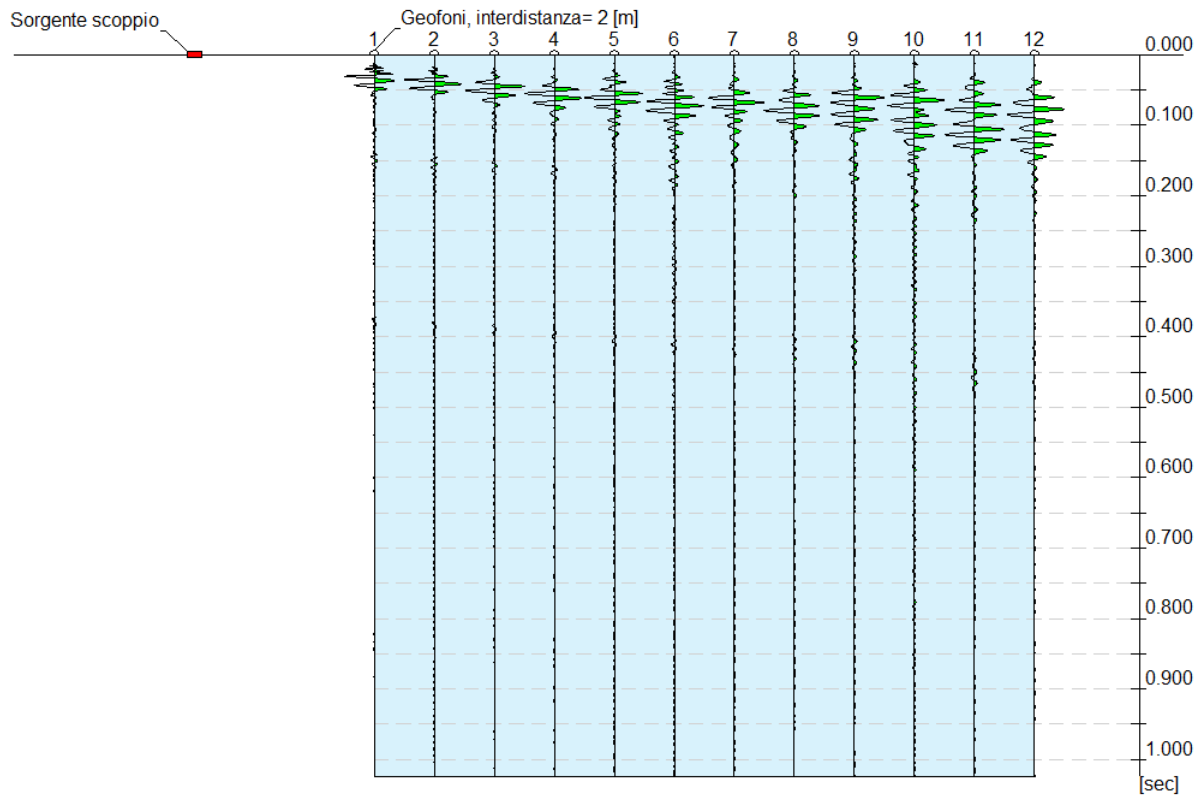
Velocità

	Strato n. 1	Strato n. 2
Vp [m/s]	741.68	1935.05
Vs [m/s]	356.29	929.57



13.2 M.A.S.W

	Tracce
N. tracce	12
Durata acquisizione [msec]	1024.0
Interdistanza geofoni [m]	2.0
Periodo di campionamento [msec]	0.50

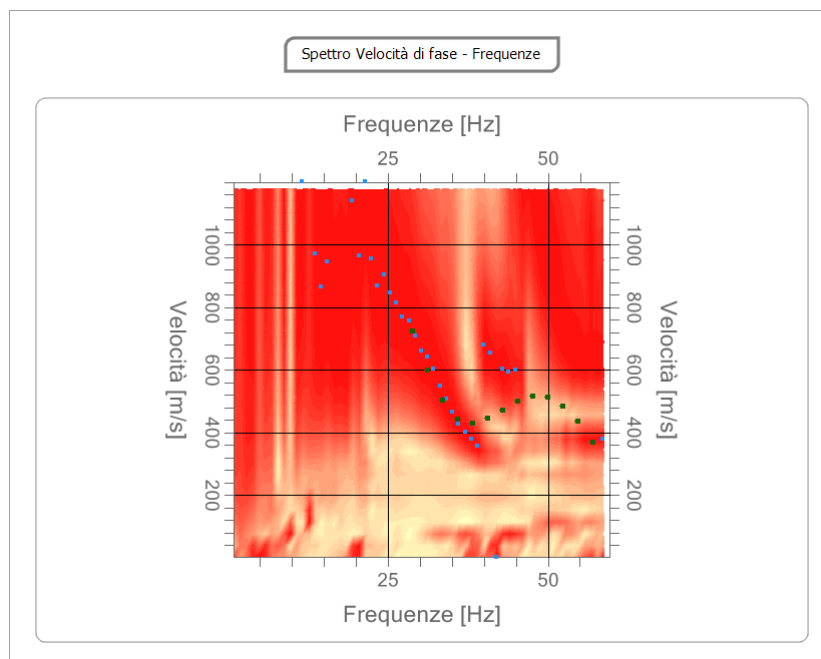


Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	1200
Intervallo velocità [m/sec]	1

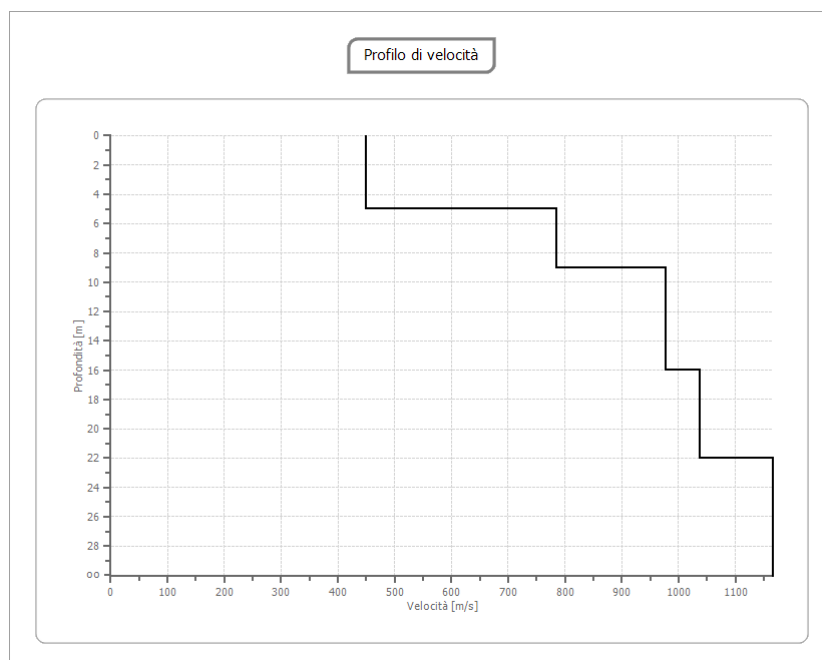
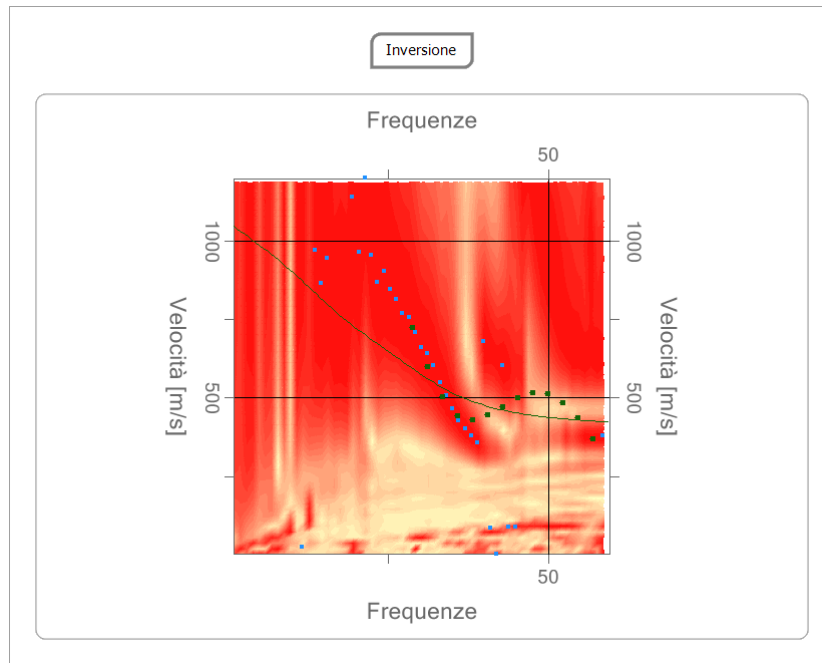
Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]
1	28.9	723.2
2	31.3	600.2
3	33.6	501.4
4	36.0	442.8
5	38.3	430.3
6	40.6	444.5
7	43.0	471.4
8	45.3	499.7
9	47.7	516.9
10	50.0	512.5
11	52.4	482.8
12	54.7	436.1
13	57.1	367.7



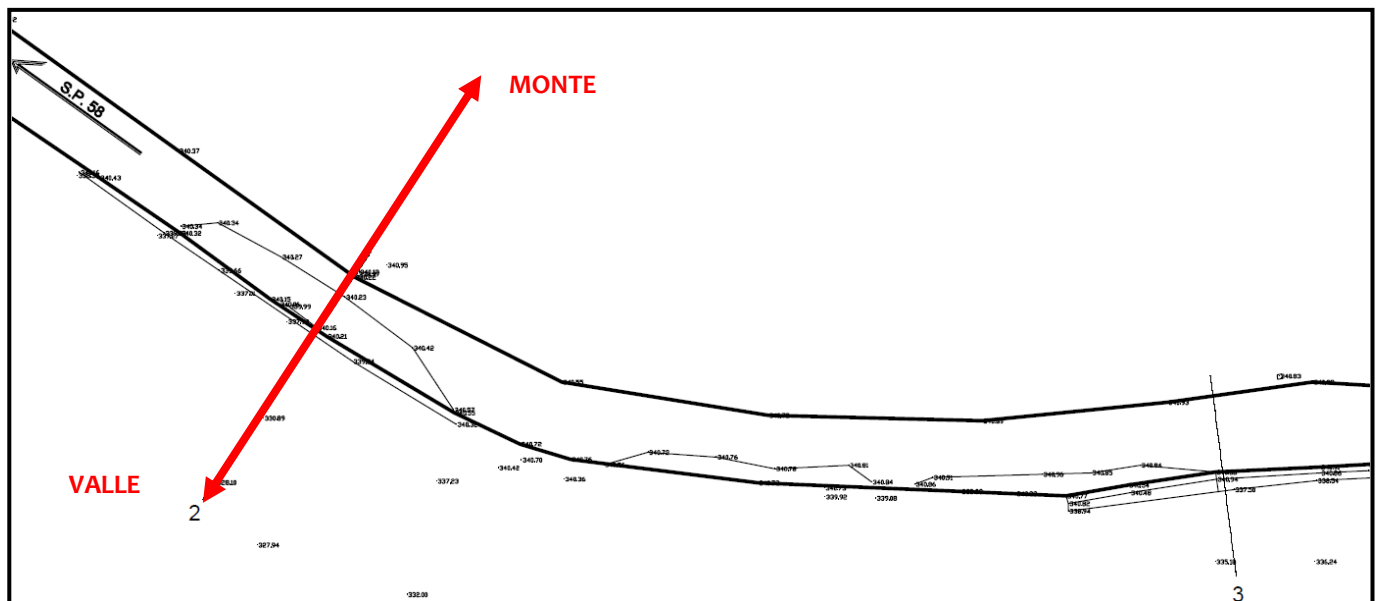
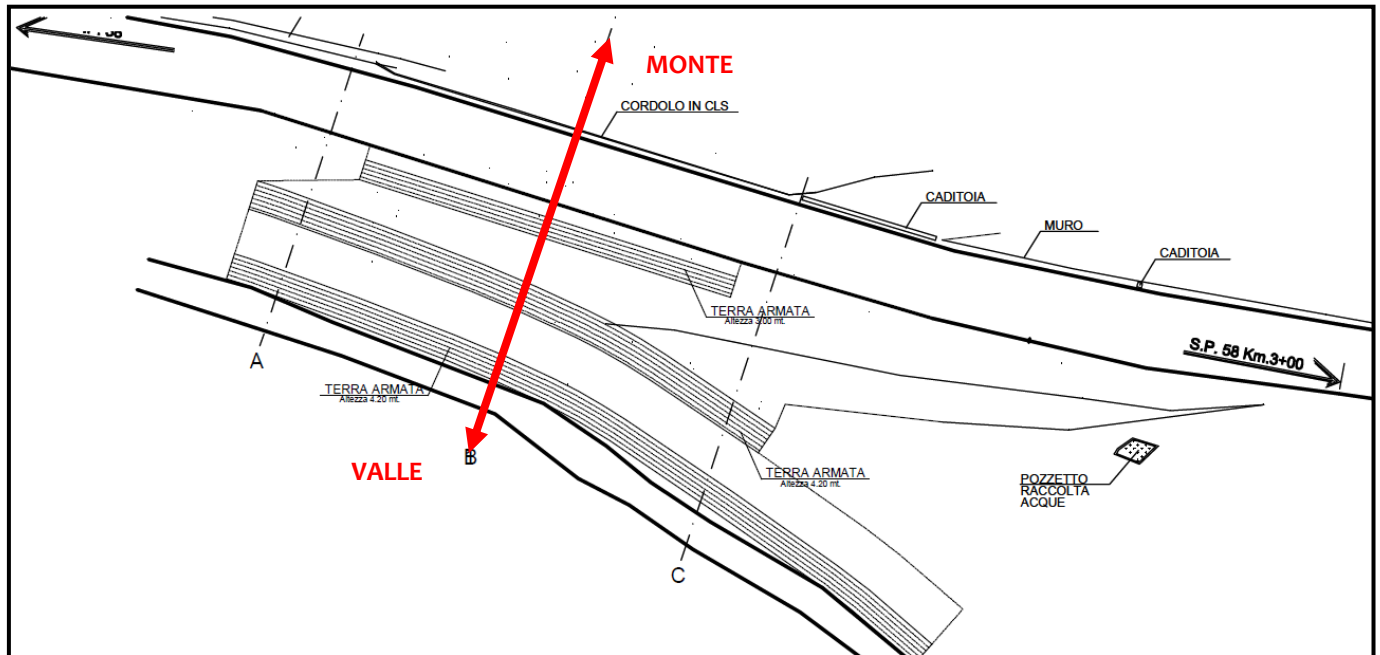
Inversione

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/sec]
1	5.00	5.00	449.0
2	9.00	4.00	785.6
3	16.00	7.00	977.4
4	22.00	6.00	1036.4
5	31.00	9.00	1166.5
6	00	00	1166.5

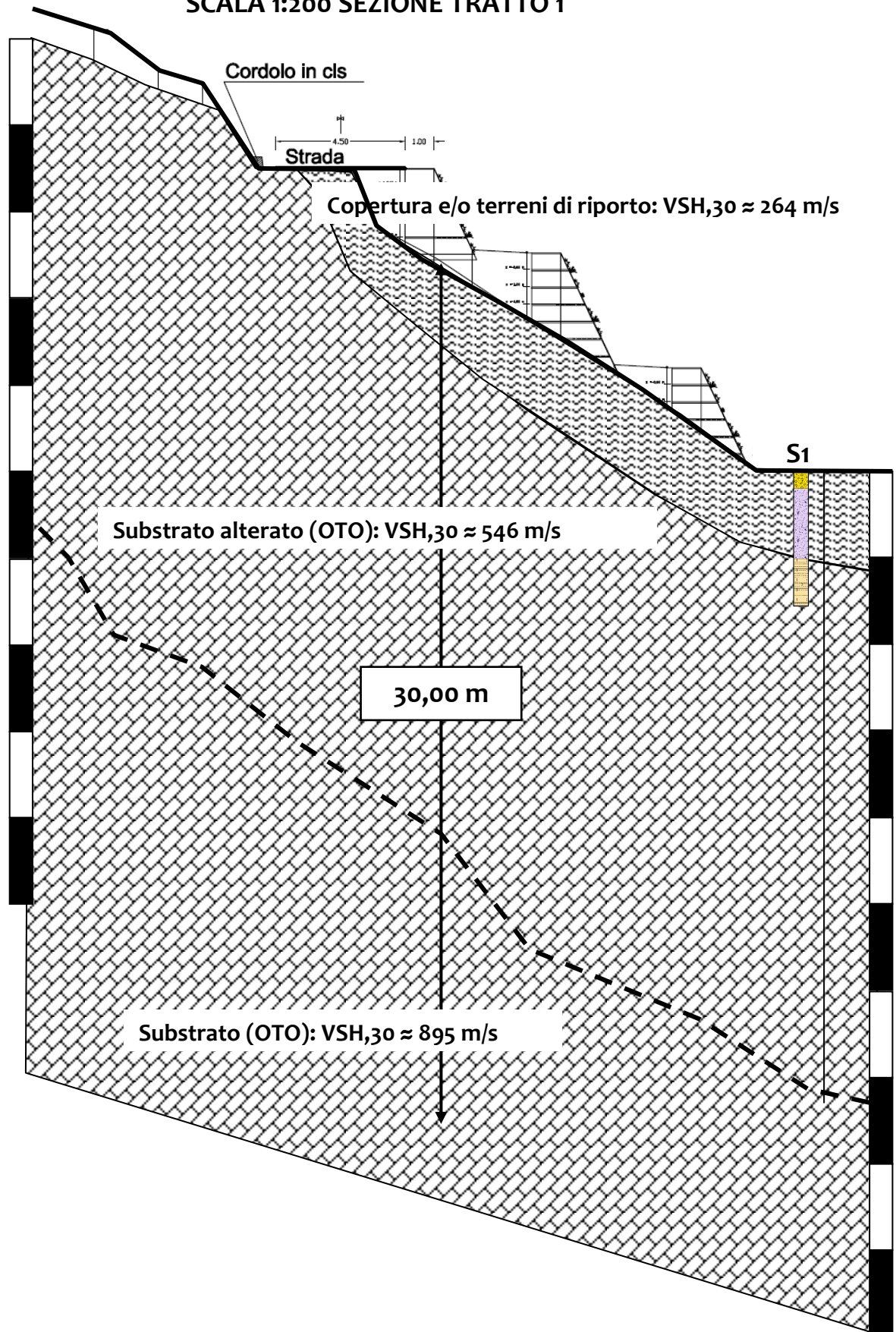


14. SEZIONI SISMO - STRATIGRAFICHE

14.1 UBICAZIONE SEZIONI DI PROGETTO



SCALA 1:200 SEZIONE TRATTO 1



SCALA 1:200 SEZIONE TRATTO 2

