Comune di Riva Ligure

Provincia di Imperia

Via Nino Bixio 15 – 18015 Riva Ligure (IM) – Tel 0184 48.201 Fax 0184 48. 77.00 – C.F. 00248350084

E-mail: info@comunedirivaligure.it - ufficiotecnico@comunedirivaligure.it

sito internet: www.comunedirivaligure.it



Finanziato dall'Unione europea

NextGenerationEU

PRIMO LOTTO FUNZIONALE INTERVENTO DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO INERENTE IL RIO PERTUSIO - PNRR MISSIONE 2 COMPONENTE 4 INTERVENTO 2.2

CUP: I66F20000010006

Firmato digitalmente da: GLORIO MARIELLA
Luogo: Riva Ligure
Data: 28/03/2023 12:04:58

LOTTO FUNZIONALE

RELAZIONE GEOLOGICA

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com
PEC: studio.geologico.sg@pec.epap.it

Firmato digitalmente da SECONDO GIANFRANCO
C: IT

INDICE

1. PREMESSA. 3
1.1 Incarico e inquadramento della fase attuale. 4
2. INQUADRAMENTO DELL'AREA DI STUDIO 10
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO. 15
3.1 Alluvioni 17
3.2 Coltre detritica. 17
3.3 Ammasso Roccioso 18
4. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO. 21
5. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO. 23
6. INQUADRAMENTO SISMICO 26
6.1 Analisi sismica – Sismicità storica 26
6.2 Pericolosità sismica di base 27
7. ANALISI DEGLI STUDI ESEGUITI 31
7.1 Rilievo geologico del sito 31
7.2 Indagini o prove in sismica passiva 34
7.3 Indagine sul substrato roccioso in situ 45
7.4 Indagini geofisiche (sismiche) eseguite in Strada Casai. 46
8. OBIETTIVI DEL LAVORO 53
8.1 Analisi e simulazione idraulica stato di fatto 53
8.2 Elementi a rischio 55
8.3 Descrizione dell'intervento (generale e 1° Lotto) 56
9. DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO 60
9.1 Primi parametri geotecnici 61
9.2 Indicazioni per le verifiche 63
9.3 Primi parametri sismici 64
9.4 Liquefazione dei suoli. 66
9.5 Altre indicazioni. 70
10. CONCLUSIONI E PRESCRIZIONI. 73
11. CARTOGRAFIA ED ALLEGATI 78

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

PREMESSA.

L'intervento di cui tratterà la presente Relazione geologica è stato pensato e proposto nell'ottica di mitigare il rischio esondazione in quanto consentirà di andare a regolarizzare il deflusso della corrente di piena all'interno del complesso sistema di argini del Rio Pinea - Pertusio nel tratto posto a monte della S.P. n. 1 Aurelia che, in oggi, risulta essere insufficiente. L'intervento facente parte di uno studio più complesso, di cui una parte posta fra l'intersezione della S.P. 1 "Aurelia" con il rio e la foce del rio stesso è già stata realizzata. L'intervento attuale consentirà di adeguare le portate di deflusso fra la Sezione 14 e la Sezione 21 in quanto, data l'insufficienza di tale tratto, un evento alluvionale con tempo di ritorno cinquantennale provocherebbe l'allagamento delle zone circostanti. Con la prosecuzione e la realizzazione dei vari lotti successivi, previa i necessari approfondimenti geologici, si raggiungerà lo scopo prefissato in quanto, in passato, l'Amministrazione Comunale ha più volte sottoposto alla Provincia d'Imperia, quale Autorità di Bacino, la problematica in essere, in occasione della predisposizione dei Programmi Annuali d'intervento ex L.R. 46/96 (anni 2004, 2005 e 2006) predisponendo le conseguenti progettazioni preliminari da inserire nei corrispondenti Programmi Provinciali in materia di difesa suolo per gli anni 2004, 2005 e 2006. A causa della insufficienza di fondi l'intervento non è però mai stato attuato.

In passato il Rio Pertusio - Pinea era stato oggetto d'intervento da parte della Provincia d'Imperia, in seguito degli eventi alluvionali del 1998 e del 2000. In quel momento la Committenza era intervenuta adoperandosi per la messa in sicurezza delle difese spondali al fine di garantire il ripristino della corretta sezione di deflusso nel tratto posto immediatamente a monte dell'esistente tombinatura, oggetto di Decreto dell'allora Ufficio del Genio Civile di Imperia n. 1240/73, con disciplinare 04/06/82 n. 415 ed oggetto di delibera della G.R. 08/08/84 n. 4708.

Immediatamente a monte dell'intervento di cui si è parlato, e realizzato dalla Provincia d'Imperia, a seguito degli eventi alluvionali dell'anno 2000, è stato realizzato un ulteriore intervento, da parte del Comune di Riva Ligure. Tale intervento ha portato alla realizzazione di un tratto di tombinatura con condotta metallica in lamiera zincata (tipo FINSIDER) $\phi = 1800\ mm$. L'intervento era stato realizzato tramite la modalità di un intervento in Somma Urgenza.

Ultimamente si sono realizzati e/o sviluppati gli interventi di seguito descritti (da Relazione idraulica Ing. Alessio DE MELAS 2023):

1. Con PROVVEDIMENTO DIRIGENZIALE N° H/324 del 22/03/2006b è stato autorizzato, tra l'altro, l'adeguamento del tratto terminale della tombinatura esistente del Rio Pertusio per una lunghezza longitudinale di circa 54 m con ampliamento dell'attuale sezione pari a 2,0x2,0m a 3,5x2,7m e raccordo a valle con la "camera a cielo aperto" esistente immediatamente a monte del pontino dell'Aurelia e dell'adiacente ex tracciato ferroviario [sezioni 14.9-13].
2. Con PROVVEDIMENTO DIRIGENZIALE N° H2/771 del 11/07/2012 è stata autorizzata la sistemazione del tratto focivo con canale a "U" a cielo libero

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

dimensioni B450xH220 con pontino in sezione 1 di dimensioni B450xH220, nell'ambito del procedimento autorizzativo di "Interventi prioritari di difesa della costa interessante l'abitato di Riva Ligure" - [cfr. sezioni 4-0] ;

3. Con D.D. 2663/2022 in data 29/04/2022 è stato rilasciato parere di non assoggettabilità alla VIA per le modifiche locali apportate al progetto di "Intervento di difesa costiera a mezzo realizzazione opere trasversali e ripascimento strutturale, a difesa dell'abitato e della pista ciclabile di Area24" precedentemente autorizzato (vedi p.to 4); per quanto attinente il rio Pertusio le modifiche locali consistevano in: - accorciamento del tratto sistemato da c.ca 33 m [sezz.4-0] a c.ca 16 m [sezz. 1.6-0]; - sopraelevazione del pontino di attraversamento in sezione 0 da intradosso 2.5 m s.l.m. a intradosso 3.00 m s.l.m..

1.1 Incarico e inquadramento della fase attuale.

Il Comune di Riva Ligure tramite la CUC tra i Comuni di Castellaro, Dolcedo, Pompeiana, Terzorio e Riva Ligure codice AUSA 0000679150 con sede presso il Comune di Riva Ligure Via N. Bizio 15 - 18025 mi ha invitato a partecipare al seguente progetto "CONTRIBUTI INVESTIMENTI ART 1 C 139 E SS EGGE 145/2018 CONFLUITI NEL PNRR "Missione 2 Rivoluzione verde e transazione ecologica; Componente 4: Tutela del Territorio e della risorsa idrica; Investimento 2.2: interventi per la resilienza, la valorizzazione del territorio e l'efficienza energetica dei comuni" PRIMO LOTTO FUNZIONALE DELL'INTERVENTO DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO INERENTE IL RIO PERTUSIO – CUP: I66F20000010006" in quanto si è manifestata la necessità di affidare, ai sensi della L. 13 ottobre 2020, n. 126, l'"Incarico per la relazione geologica e studio dei parametri sismici al fine della progettazione definitiva/esecutiva per Missione 2 Rivoluzione verde e transazione ecologica; Componente 4: Tutela del Territorio e della risorsa idrica; Investimento 2.2: interventi per la resilienza, la valorizzazione del territorio e l'efficienza energetica dei comuni PRIMO LOTTO FUNZIONALE DELL'INTERVENTO DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO INERENTE IL RIO PERTUSIO in Comune di Riva Ligure (IM)" per il quale è previsto il ricorso all'attività professionale di soggetti esterni all'organico dell'Ente, ai sensi dell'art. 90 comma 6 del D. Lgs. n. 50/2016 s.m.i.

Ho così trasmesso in data 30/12/2023 il relativo Preventivo/Offerta per la "Relazione geologica ai sensi delle NTC 2018 (DM 17 gennaio 2018) indagini sismiche, prove penetrometriche per i lavori di: CONTRIBUTI INVESTIMENTI ART 1 C 139 E SS EGGE 145/2018 CONFLUITI NEL PNRR "Missione 2 Rivoluzione verde e transazione ecologica; Componente 4: Tutela del Territorio e della risorsa idrica; Investimento 2.2: interventi per la resilienza, la valorizzazione del territorio e l'efficienza energetica dei comuni" PRIMO LOTTO FUNZIONALE DELL'INTERVENTO DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO INERENTE IL RIO PERTUSIO. L'Ente committente è il Comune di Riva Ligure – Via N. Bixio 15 mentre la Stazione appaltante risulta essere la Centrale Unica di Committenza fra i Comuni di Riva Ligure, Castellaro, Dolcedo, Pompeiana e Terzorio, in attuazione dell'accordo tra comuni non capoluogo ai sensi dell'art. 37, comma 4 lett. B) del D.Lgs. n. 50/201 per gli anni 2022-2025.

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

L'Ufficio Tecnico, preso atto della necessità di adeguata professionalità in campo ingegneristico, idraulico e geologico - geotecnico, al fine di procedere, nei tempi della suesposta programmazione, e nel rispetto delle funzioni di istituto, in prima battuta alla verifica delle condizioni geologico-geotecniche, per poi procedere all'individuazione, ove ritenuto necessario, degli interventi di adeguamento funzionale dell'opera stessa, nei limiti delle risorse assegnate, è dovuto necessariamente ricorrere a professionisti esterni, abilitati all'esercizio della libera professione. Per questo motivo si è dovuto incaricare un geologo considerato:

- che per eseguire i lavori in oggetto si rende necessario disporre di assistenza geologica;
- che il personale tecnico dipendente non è in possesso della necessaria qualificazione e quindi si rende necessario procedere all'affidamento dell'incarico a tecnici esterni;

Con Determinazione n. 376 del 07/05/2021 e n. 103 del Servizio Ufficio Tecnico mi veniva affidato l'incarico di *"Relazione geologica ai sensi delle NTC 2018 (DM 17 gennaio 2018) indagini sismiche, prove penetrometriche per i lavori di: CONTRIBUTI INVESTIMENTI ART 1 C 139 E SS LEGGE 145/2018 CONFLUITI NEL PNRR "Missione 2 Rivoluzione verde e transazione ecologica; Componente 4: Tutela del Territorio e della risorsa idrica; Investimento 2.2: interventi per la resilienza, la valorizzazione del territorio e l'efficienza energetica dei comuni" PRIMO LOTTO FUNZIONALE DELL'INTERVENTO DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO INERENTE IL RIO PERTUSIO. CUP: I64I20000030001 CIG: 8740156CE3"*.

L'intervento, la cui progettazione esecutiva è illustrata negli elaborati grafici e nelle relazioni a supporto della progettazione, prevede l'adeguamento della sezione di deflusso del sistema scolante definito come Rio Pinea – Pertusio. L'intervento, perciò, si connota come un'opera assolutamente necessaria ed attesa, nel quadro strategico di completamento della messa in sicurezza dell'intera area prossima al centro abitato.

Per redigere la presente Relazione Geologica Esecutiva, oltre al recupero delle informazioni già acquisite nell'ambito dell'attività svolta nell'ambito degli studi eseguiti per l'Attuazione dell'articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n. 77 per conto della Regione Liguria ovvero gli studi eseguiti per la MICROZONAZIONE SISMICA di 1° Livello dell'intero Comune di Riva Ligure ricompreso nel programma nazionale.

Ho avuto la possibilità di accedere ad altri dati che mi sono stati forniti dal Comune di Riva Ligure, indagini inerenti alcuni interventi svolti da privati prossimi alla zona d'interesse, a dati che mi sono stati forniti direttamente da altri Colleghi che hanno operato in loco.

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com



Immagine 1 Ubicazione degli studi pregressi (MS del Comune di Riva Ligure, 2018).

L'intervento è stato pensato in conformità delle nuove indicazioni sismiche e perciò le relative e doverose indagini sono state compiute e redatte ai sensi del D.M. 17/01/2018 (Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"). Queste rappresentano il testo riveduto delle norme tecniche per le costruzioni di cui alla Legge 05/11/1971 (n. 1086), alla Legge 02/02/1974 (n.64), al Decreto del Presidente della Repubblica 06/06/2001 (n. 380), ed al Decreto 28/05/2004 (n. 136), convertito con modificazioni dalla Legge 27/07/2004 (n. 186); le NTC 2018 sono le Norme che sostituiscono le precedenti NTC 2008, approvate con D.M. 14/01/2008. Le Norme Tecniche per le costruzioni definiscono i principi per il progetto, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni; esse forniscono quindi i criteri generali di sicurezza, precisano le azioni che devono essere utilizzate nel progetto, definiscono le caratteristiche dei materiali e dei prodotti e, più in generale, trattano gli aspetti attinenti alla sicurezza strutturale delle opere.

Nel redigere la presente Relazione Geologica Esecutiva si è provveduto alla raccolta di importanti dati bibliografici - compreso il P.T.C.P. (Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico), il P.R.G. del Comune di Riva Ligure approvato con D.P.G.R. n. 307/13/12/1999 (approvata variante integrale + variante PTCP) e le successive varianti (1° variante - Adottata con D.C.C. n. 64 del 12 novembre 2008 e Approvata con D.F.D.P. n. H/787 del 2 settembre 2009 – 2° variante - Adottata con D.C.C. n. 26 del 30 giugno 2014 e Approvata con D.D.P. n. H2/235 del 5 marzo 2015) e il Piano di Bacino Stralcio per la difesa idraulica ed idrogeologica dell'ambito di bacino n. 5 Prino definito come Piano di Bacino dei Rii Minori dal Torrente San

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

Lorenzo al Torrente Argentina, approvato con D.C.P. n. 93 in data 16/02/2004 nonché le successive m. ed i., compresa l'ultima variante approvata con D.P.P. n.83 del 25/06/2015, redatto ai sensi del comma 1, dell'art. 1, del D.L. 11 giugno 1998 n. 180, convertito, con modificazioni, in Legge 3 agosto 1998 n. 267, costituisce piano stralcio di bacino ai sensi del comma 6 ter, dell'art.17 della L. n. 18 maggio 1989 n. 183 relativo ai settori funzionali individuati dal comma 3 dello stesso art.17, e successive modifiche ed adeguamenti relativamente alle raccomandazioni ed osservazioni contenute nel parere vincolante della Regione e alle modifiche ed integrazioni d'ufficio; si sono inoltre verificate le informazioni sulla Carta delle Fasce Fluviali e sulla Carta degli Ambiti Normativi e la CARG – CARTE GEOLOGICHE – SC. 1:25.000 riferite al Foglio 258 Sanremo SC. 1:50.0000 dito dalla Regione Liguria sul sito https://srvcarto.regione.liguria.it/geoviewer2/pages/apps/geoportale/index.html.

Inoltre, si è tenuto conto delle indicazioni contenute nella Deliberazione n. 507 del 21 giugno 2019 della Giunta Regionale che ha adottato la nuova cartografia aggiornata del reticolo idrografico regionale ai sensi dell'art. 91 della L.R. 18/1999, alla scala 1: 10.000, e degli studi e si sono verificati i contenuti relativi alla microzonazione sismica di livello 1 (redatta negli anni 2012/2013).

Questi studi sono stati condotti dallo scrivente, coadiuvato da alcuni colleghi, con le finalità definite negli «Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica» e nel rispetto degli Standard di Archiviazione e Rappresentazione Informatica concepiti dal Dipartimento Nazionale PC.

La carta delle MOPS divide il territorio di studio in tre microzone omogenee in prospettiva sismica che rappresentano, in termini qualitativi, il comportamento dei terreni sotto gli effetti del moto sismico e forniscono una indicazione della pericolosità sismica a scala locale come di seguito indicate:

- zone stabili senza amplificazione sismica attesa;
- zone stabili suscettibili di amplificazione locali;
- zone suscettibili di instabilità.

Si sono perciò eseguite tutte le necessarie analisi allo scopo di valutare la conformità dell'area in relazione alle problematiche emerse durante le verifiche rispetto alla situazione geologica – geomorfologica e idrogeologica locale e di definire le caratteristiche sismiche del sito e definire la caratterizzazione geotecnica dei terreni incontrati durante le indagini espletate in situ. Gli studi e le indagini effettuate ad espletamento dell'incarico sono quindi consistiti in:

- Ricerca presso i vari enti competenti di precedenti indagini e/o relazioni geologiche inerenti all'area di attuale interesse (edilizia pubblica e privata) al fine di recepire le indagini svolte ed illustrate nelle varie relazioni otre all'esame della documentazione bibliografica esistente e verifica Normativa di Piano di Bacino e del P.U.C. di Riva Ligure per la zona in esame;
- Rilevamento geologico – geomorfologico ed idrogeologico esteso ad un intorno significativo sia a monte che a valle dell'area di studio e realizzazione della necessaria cartografia geologica (comprese le sezioni di calcolo) da allegare alla relazione geologica;

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

- Relazione geologica e prima modellazione geotecnica con configurazione della stratigrafia ricostruita in alcuni punti (indicati dal Progettista) e le rispondenti sezioni stratigrafiche. Analisi dei dati ottenuti dalle prove e caratterizzazione geotecnica delle litologie incontrate, con indicazione del range di valori dei parametri da utilizzare nei calcoli, la stesura delle varie tavole ed i vari report, tutto ai sensi delle NTC 2018;
- Modellazione sismica, del sito di intervento, al fine di escludere il fenomeno della liquefazione in quanto dal confronto della Tavola Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica – M.O.P.S., a corredo dello studio di microzonazione sismica approvato, l'area ricade nella Zona di attenzione per liquefazione di tipo 1, verifica della Vs,eq per la caratterizzazione sismica della Categoria di suolo e della componente topografica, tutto ai sensi delle NTC 2018.
- Realizzazione di quattro prove HVSR con Theremino per ottenere la stima della velocità delle onde S (parametro Vs,eq come da NTC 2018) e per determinare la categoria e la stratigrafia del sottosuolo nei punti di più difficile accesso;
- Realizzazione di n. 2 stendimenti sismici a rifrazione (con il metodo GRM o di Palmer) e tomografici (con la rappresentazione in sezione di isolinee di velocità) con sismografo a 24 canali e a 24 bit (geofoni da 4,5 Hz, con l'eventuale impiego di supporti in pvc su fondo pavimentato, energizzazione con mazza da 8 kg su piastra in alluminio), al fine di definire il profilo di velocità delle onde P del terreno (onde longitudinali);
- Esecuzione di n. 2 acquisizioni Masw (Multichannel Analysis Surface Waves) con la medesima attrezzatura, al fine di definire il profilo di velocità delle onde S per determinare il parametro VS equivalente necessario per la definizione della Categoria di Suolo di fondazione ai sensi delle NTC 2018 (Nuove norme tecniche per le fondazioni).
- Correlazione fra le prove in situ (prove HVSR) con software "Grilla" per la ricostruzione stratigrafica della verticale di indagine, per la caratterizzazione sismica dei terreni e calcolo dei parametri e dei coefficienti sismici fondamentali del sito per ottenere la stima della velocità delle onde S (parametro Vs,eq come da NTC 2018) e per determinare la stratigrafia del sottosuolo;
- Utilizzo del software Vs,eq per la ricostruzione della sismostratigrafia nei vari punti di indagine e la verifica della Velocità equivalente per la conoscenza della categoria di suolo come da NTC 2018;
- Realizzazione ed assistenza alle indagini al fine di escludere il fenomeno della liquefazione in quanto dal confronto della Tavola Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica – M.O.P.S., a corredo dello studio di microzonazione sismica approvato, l'area ricade nella Zona di attenzione per liquefazione di tipo 1.
- Documentazione fotografica.

Le analisi e le ricerche sono state eseguite dallo scrivente coadiuvato da persone altamente specializzate. Le indagini eseguite hanno permesso di ricostruire la stratigrafia nell'area d'intervento e di definire le prime caratteristiche geologico - geotecniche dei terreni presenti nell'area di interesse, al fine di capire se, effettivamente, la situazione geologica e idrogeologica locale è compatibile con i carichi che gravano sul terreno stesso e, allo stesso tempo, consentire agli Ingegneri incaricati, di verificare l'adeguatezza delle strutture e delle opere fondazionali a fronte del progetto redatto cui si fa espresso riferimento, in ottemperanza alla Normativa in materia.

L'area di interesse è posta in area esterna a zone SIC e ZPS.

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com



Immagine 2 Ubicazione delle nuove indagini realizzate con la fase di studio odierna (Secondo, Gennaio 2023).

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

2.INQUADRAMENTO DELL'AREA DI STUDIO

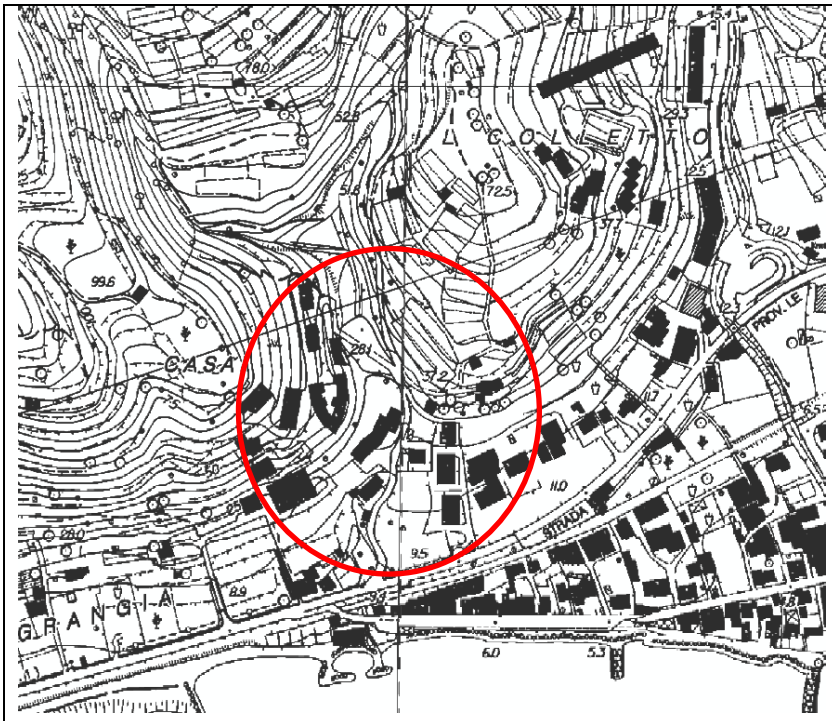


Immagine 3

Posizione geografica dell'area di oggetto di studio nella presente relazione – cerchio rosso.

C.T.R. 258150.

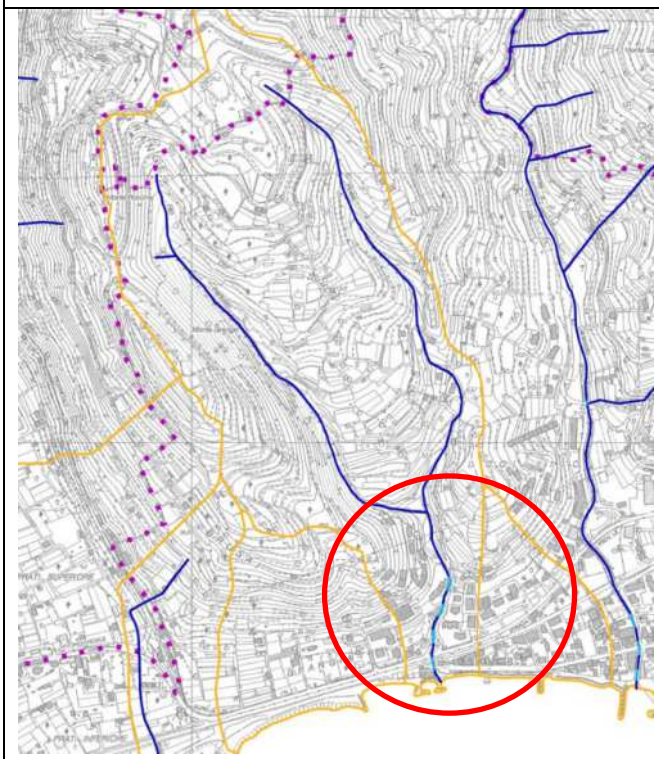


Immagine 4

Posizione geografica dell'area di interesse rispetto ai corsi d'acqua.

C.T.R. 258150.

Reticolo Idrografico Regionale adottato con D.G.R. N. 507 del 21/06/2019.

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

Osservando l'Immagine 5 si può notare come l'area di intervento ricada in prossimità della zona fociva prossima al Mar Ligure. Il bacino d'interesse è quello del sistema Rio Pinea – rio Pertusio, subito a valle della confluenza fra i due rii. Il bacino ha una superficie complessiva di 0,76 Km^2 ed è uno tra i vari rii presenti all'interno del territorio comunale; l'ordine massimo secondo Horton-Strahler è 2. L'intervento si pone in sinistra idrografica del tratto del torrente a monte della S.P. n. 1 Aurelia, in prossimità del tratto di fondovalle in quanto siamo a meno di un centinaio di metri, in linea d'aria, dal mare. In questa situazione, rifacendoci ai contenuti del Regolamento 14 luglio 2011, n. 3 - Regolamento recante disposizioni in materia di tutela delle aree di pertinenza dei corsi d'acqua (Bollettino Ufficiale n. 20 del 20 luglio 2011) e precisamente a quanto enunciato nell'Art. 3 c. 1a (Reticolo idrografico regionale) che definisce i vari livelli del reticolo idrografico si può inserire il corso d'acqua fra il reticolo idrografico di secondo livello (porzione del reticolo idrografico comprendente le aste fluviali con bacino sotteso compreso tra 1 e 0,25 Km^2).

L'area è raggiungibile attraverso la percorrenza della S.S. n. 1 Aurelia (in direzione da Arma di Taggia verso Imperia o viceversa) deviando verso la Strada Casai. La stessa strada costituisce l'area di intervento posta nel cerchio rosso nell'immagine successiva.



Immagine 5 Ubicazione dell'area di interesse (Fonte tavola estratto da Google Earth Pro).

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

L'area è attualmente definibile come quasi completamente inserita nel contesto del tessuto urbano. Al contorno si ha un rapporto asimmetrico fra sinistra e destra della stessa Via Casai (in riferimento all'idrogeologia dell'area): in sinistra idrografica la presenza di edifici di civile abitazione è elevata mentre in destra si ha una distribuzione equa fra le aree edificate e le aree a verde. La presente indagine ed il rilievo geologico sono stati allargati ad un congruo intorno della zona di interesse al fine di definire, al meglio, le caratteristiche geologiche, idrogeologiche e geomorfologiche dell'area interessata dal presente studio che deve adeguarsi alle indicazioni della normativa di Piano di Bacino.

L'indagine, in particolare, ha cercato di individuare le caratteristiche geotecniche dei materiali in situ e di capire, visto che il Comune di Riva Ligure rientra fra i comuni suscettibili a liquefazione dei suoli sulla base dei dati di pericolosità sismica di base (ag = accelerazione, m = magnitudo), secondo le Linee Guida Nazionali per la gestione del territorio interessato da liquefazione, se esistono delle situazioni particolari tali da dover provvedere ad una analisi simica dell'area visto che sono presenti zone inserite fra le zone di attenzione (ZAlq1) per liquefazione.

Gli studi attuali geologici hanno previsto l'esecuzione di:

- una prima fase di studi generalizzata alla fattibilità dell'intervento che ha interessato tutto il tratto interessato dai vari lotti di progettazione (dalla sezione 14 alla sezione 23) con predisposizione delle necessarie indagini propedeutiche alla redazione della documentazione necessaria per la definizione compiuta della Progettazione Esecutiva dalla sezione 14 alla sezione 18;
- una seconda fase riguardante la redazione della Relazione Geologica Esecutiva a completamento delle indagini/prove effettuate, tenuto conto, peraltro, dell'attività d'indagine già svolta in passato nell'area, delle novità apportate al regime normativo dalle risultanze degli studi di Microzonazione Sismica di livello 1, svolti sui Comuni Liguri ricompresi nel Programma Nazionale, che hanno definito nuovi criteri di indirizzo per le zone d'interesse e che potrebbero portare ad un necessario implemento delle indagini prevedibili inizialmente, dalla sezione 14 alla sezione 18.

L'area si ritrova sulle C.T.R. edite dalla Regione Liguria:

- CTR 258 151 Riva Ligure Scala 1:5.000;
- CTR 258 154 Arma di Taggia Scala 1:5.000;
- CTR 258 15o Riva Ligure Scala 1:10.000;
- Cartografia del Piano di Bacino Scala 1:10.000;
- Tavole a corredo del P.R.G.;
- Foglio 258 – 271 Foglio Sanremo Scala 1:50.000.

Per quanto concerne la cartografia a corredo del Piano di Bacino Stralcio, redatto dalla Provincia di Imperia per la difesa idraulica ed idrogeologica dell'Ambito di bacino n. 5 – Prino per i Rii Minori dal Torrente San Lorenzo al Torrente Argentina, approvato con D.C.P. n. 93 in data 16/02/2004 nonché le successive m. ed i., compresa l'ultima variante approvata con D.P.P. n. 83 del 25/06/2015, si ritiene doveroso segnalare le seguenti tavole che in qualche modo identificano e classificano l'area di intervento:

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

- Carta della Suscettività al dissesto – Tavola n. 13.

L'area si viene a trovare, totalmente, nella classe di rischio Pg2 cioè a pericolosità e suscettività media.

- Carta del Rischio Geomorfologico – Tavola n. 14.

L'area si viene a trovare nelle classi di rischio Rg2 rischio medio, Rg1 rischio moderato e Rg0 rischio lieve o trascurabile.

- Carta delle fasce fluviali – Tavola n. 12.

L'area di intervento è interessata da tutte e tre le fasce fluviali e precisamente dalla fascia A con tempi di ritorno T<50 anni, dalla fascia B con tempi di ritorno T<200 anni e dalla fascia C con tempi di ritorno T<500 anni, inoltre si ritrova anche, nella parte in alto, la fascia a* cioè un'area storicamente inondata.

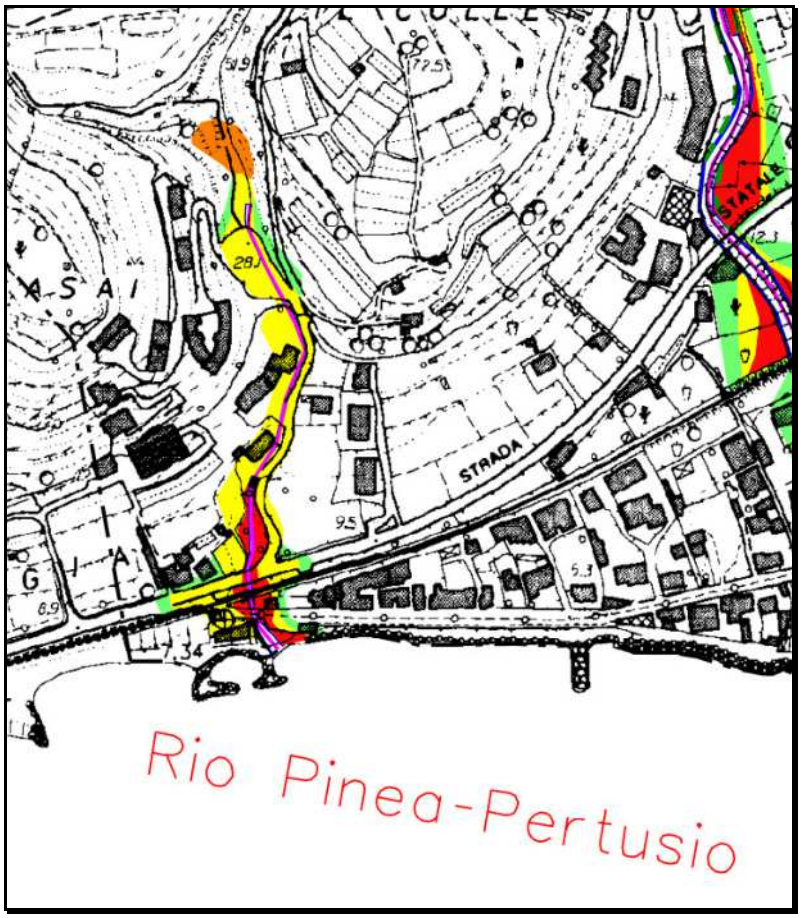


Immagine 6 Estratto Tav. n. 12 – Carta delle fasce fluviali (Piano di Bacino Rii Minori, 2015).

Studio Geologico
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

La zona non è inserita fra le aree soggette a vincolo idrogeologico ex R.D.L. n. 3267 del 30/12/1923, dalla L.R. n. 22 del 16/04/1984 "Interventi in zone sottoposte a vincolo per scopi idrogeologici" e dalla circolare Prot. N. 57382 della Regione Liguria (area di intervento soggetta a vincolo idrogeologico), ovvero a quanto definito con l'attuale L.R. n. 4 del 22/01/1999 il cosiddetto Vincolo Idrogeologico.

Per quanto concerne il P.T.C.P. ritroviamo secondo il Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico L.R. 36/97 e successive modifiche ed integrazioni:

- Assetto Insediativo: ID-MO-A Ins. Diffusi - Modificabilità di tipo A.
  IS-MA Insediamento sparso – Mantenimento.
- Assetto Vegetazionale: COL-IDS-CO Colture Ins. Diffusi Serre – Consolidamento.
- Assetto Geomorfologico: MO-B Modificabilità di tipo B.

Per quanto riguarda l'assetto geomorfologico "l'indirizzo generale di Modificabilità si applica nelle situazioni in cui l'ambiente, in assenza di valori emergenti, presenta una modesta vulnerabilità sotto il profilo geomorfologico, talché non si manifesta l'esigenza di specifiche azioni di tutela dell'attuale configurazione, ferme restando le normali cautele relative alla corretta gestione del territorio". L'obiettivo della disciplina è quello di evitare sostanziali alterazioni nei rapporti esistenti tra i fattori antropici del paesaggio e la loro matrice idro-geomorfologica. Sono pertanto consentiti quegli interventi che, oltre a rispettare la specifica disciplina di settore, si adeguano alle condizioni imposte dalle relazioni esistenti tra assetto insediativo e fattori idro-geomorfologici.

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

3.INQUADRAMENTO GEOLOGICO.

L'attività di rilievo di superficie è stata rivolta all'individuazione e/o alla descrizione particolareggiata delle formazioni e delle litozone caratterizzanti il substrato geologico presente nell'area di studio, nei tratti dove è stato possibile incontrarlo e di ipotizzare, anche con l'aiuto della cartografia geologica, quale potesse essere il substrato al di sotto delle coltri detritiche e/o delle alluvioni che ha portato a distinguere gli affioramenti a seconda delle caratteristiche litologiche riscontrate. Nella zona e/o areale si distinguono:

- Unità tettonica Sanremo Monte Saccarello della falda del "Flysch ad Elmintoidi della Liguria occidentale" – Cretacico,
- Depositi Pliocenici,
- Depositi del Pleistocene – Olocene.

ognuna delle quali mostra caratteristiche litostratigrafiche e/o sedimentologiche peculiari e ben distinguibili come evidenziato nello stralcio cartografico riportato da Progetto CARG.

L'area sottoposta ad indagine interessa una porzione del territorio comunale, posta a valle della confluenza Rio Pinea - Pertusio tanto in sinistra quanto in destra idrografica nell'area prossima alla foce del sistema fluviale nel Mar Ligure, pertanto il basso topografico dell'area è caratterizzato da una stratigrafia che comprende: depositi alluvionali e depositi di spiaggia mobili e/o parzialmente stabilizzati, coltri detritiche eluvio-colluviali e alternanza degli ammassi rocciosi in situ. Risalendo il versante si ritrovano le coltri detritiche e gli ammassi rocciosi affioranti e/o subaffioranti, mentre scompaiono i depositi fluviali, anche se in vicinanza dei rii si possono trovare alcune sedimentazioni collegabili al trasporto torrentizio anche se di scarsa importanza e consistenza ai fini del presente studio.

Le litologie rigide riconosciute, nell'area di stretto interesse, appartengono alla fase di post-corrugamento alpino in quanto, nel Pliocene - Quaternario, si è instaurata nell'area di interesse un'attività neotettonica di natura fragile in ambiente distensivo, correlata alla formazione e sviluppo di sistemi a faglie, forse già impostati con la fase di piegamento appenninico.

Tali sistemi di faglie hanno smembrato, specialmente ai livelli strutturali più superficiali (Flysch di Sanremo), l'edificio alpino secondo blocchi in movimento relativo tra loro con fenomeni importanti di basculamento, condizionando e guidando i fenomeni geologici del Ponente Ligure, dalla trasgressione e sedimentazione Pliocenica fino al raggiungimento dell'assetto strutturale odierno dal quale è derivata la posizione della costa e del reticolo idrografico più recente.

Le più recenti teorie indicano che il complesso dapprima subisce un'ingressione marina (Pliocene Inferiore), che porta alla definizione (formazione), piuttosto rapida, di bacini di media profondità e di acque calme dove si ha la deposizione di fanghi "argillosi", più correttamente marnosi, grigio azzurri, e, in seguito, una fase di innalzamento delle aree interne con

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

deposizione di conglomerati e sabbie che rappresentano le sequenze deposizionali correlate al Pliocene Ligure (fasi tettoniche tardo pliocenico - pleistoceniche).

L'epoca è perciò caratterizzata da cicli trasgressivi e regressivi che si instaurano durante il Pliocene, quando la configurazione dell'edificio alpino ricalcava grossomodo quella attuale. In quest'ambito si sono verificati numerosi movimenti tettonici che hanno determinato nuovi lineamenti geomorfologici e ingressioni marine con deposizione di sedimenti marnosi ed argillosi sul substrato flyschoide. In questa serie sono stati individuati tre membri: Conglomerati di Monte Villa, Sabbie di Costa Terre Bianche e Brecce di Taggia che affiorano nelle aree più prossime alla costa del Mar Ligure. Gli affioramenti più significativi si trovano tanto ad E quanto ad W di Taggia e sono riconducibili a un sistema di "delta conoide".

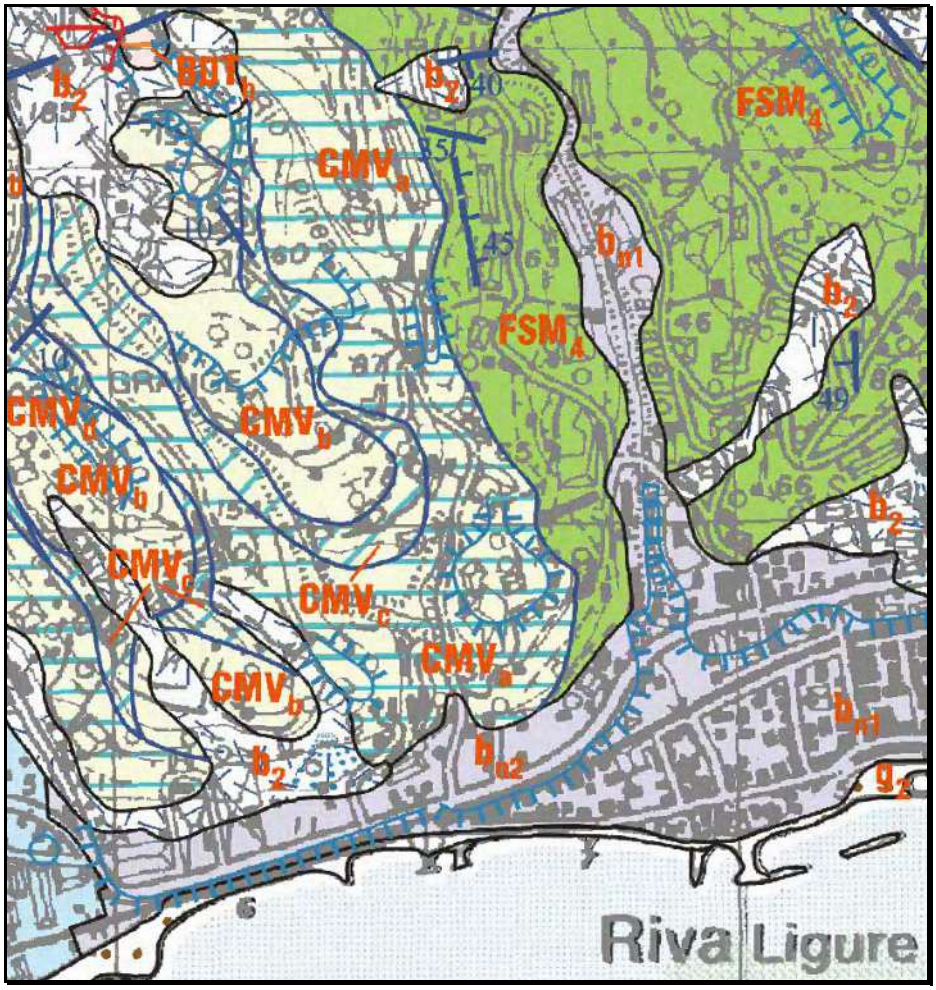


Immagine 7 Estratto carta geologica Foglio 258-271 Sanremo (Progetto CARG, Regione Liguria).

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

3.1 Alluvioni

I depositi alluvionali sono strettamente correlati all'alveo dei due rii che nel tratto a valle della confluenza presentano l'alveo tutto ricostruito artificialmente. Nell'area di interesse i depositi alluvionali del rio sono scarsi e poco potenti perché il fondo artificiale non consente il deposito dei sedimenti in quanto siamo in presenza di acclività discrete e velocità di deflusso medio-alte, e i pochi sedimenti vengono continuamente mobilizzati durante le piene.

Le alluvioni, in genere, sono caratterizzate dalla presenza di materiali sabbiosi legati al disfacimento chimico fisico operato in particolare sulla parte fine delle litologie presenti ed in particolare sulle sCTB – Sabbie di Costa Terre Bianche, con discreta presenza di ciottoli di diversa pezzatura che trovano origine dalla detrizione delle sponde costituite da litologie appartenenti ai cgCMV – Conglomerati di Monte Villa (ciottoli arrotondati) e alle bcTAG - Brecce di Taggia (ciottoli spigolosi). La parte più fine limo-argillosa è scarsamente rappresentata e prevale perciò la parte sabbioso-ghiaiosi-ciottolosi con diametri che a volte possono superare i 0,30 m.

Nell'area fociva si ha la tipica deposizione dei nostri litorali con spiaggia prevalentemente ciottolosa e sabbia scarsa o quasi assente. Le alluvioni interessano solo marginalmente l'intervento attuale in quanto si collocano solo nell'ultimo tratto (area a valle).

3.2 Coltre detritica.

Le coltri detritiche si incontrano a vari livelli e presentano spessori molto variabili a seconda della quota, a volte anche con possibilità di superare i tre metri. La loro natura eluvio-colluviale cui, ad esempio, si possono assommare varie componenti, come i materiali derivanti dal versante (colluvium), dovuti al disfacimento e/o disgregazione degli ammassi sottostanti (eluvium) e infine i riporti antropici dovuti all'azione dell'uomo che, nell'area di intervento, ha profondamente modificato la naturale geomorfologia delle aree.

I depositi detritici indagati attraverso le indagini sismiche evidenziano potenze molto variabili che passano da 1,92m a 3,15m per la stesa n. 1 e comprese fra 1,62m a 3,77m per la stesa n. 2 (da sezioni sismiche riportate in allegato). Questi dati lasciano supporre che si possano trovare situazioni con coltre detritica con spessori modesti a situazioni dove lo spessore della coltre diventa molto importante. Queste variazioni non sono solo legate a fattori naturali ma anche alla pesante azione antropica in quanto l'uomo è intervenuto a modellare le aree di intervento che, in passato, sono state interessate da opere di urbanizzazione e dalla realizzazione di alcuni edifici di civile abitazione.

Dal rilievo geologico effettuato, si è riscontrata la presenza del substrato roccioso in condizioni di affioramento, a livello dell'area posta più a monte del presente intervento, risalendo il versante, a lato della strada. I materiali costituenti tali coltri sono da ricercare nei materiali componenti gli ammassi rocciosi del substrato rigido della zona; esse, infatti, presentano: sabbie, talora fini, limi con componente argillosa scarsa (in generale inferiore al

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

10% in base alle analisi effettuate su altri cantieri), con ciottoli arrotondati e scagliosi di origine diversa (probabilmente legati alla detrizione del substrato litoide costituito dai Conglomerati di Monte Villa). Il sito indagato è costituito dallo sviluppo della stessa Via Casai, il cui sedime è oggi asfaltato, e, solo lateralmente, si ha la presenza spazi a verde, alcuni anche incolti (giardini, cortili e aree non coltivate). La parte più superficiale della coltre registra la presenza di sostanze vegetali come radici e foglie che alterano il colore del terreno per il loro degrado nel corso del tempo.

3.3 Ammasso Roccioso

Come già illustrato nella parte introduttiva del capitolo, nella zona di studio, sono evidenti in quanto affiorano in alcuni tratti i Conglomerati di Monte Villa; solo l'alto topografico in sinistra idrografica è occupato da litologie appartenenti alla Serie del Flysch di Sanremo – Monte Saccarello con il Membro di San Lorenzo (FSM4) che rappresentano anche le litologie che costituiscono la base deposizionale delle Sequenze deposizionali plioceniche.



Immagine 8 Le litologie dei Conglomerati di Monte Villa affioranti a monte della zona di intervento (Secondo, 2023).

Il Flysch di Sanremo è un potente deposito flyschoide calcareo marnoso di piana sottomarina, costituito prevalentemente da torbiditi marnoso-arenacee, generalmente in strati

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

spessi. Franchi, seguendo gli autori francesi, distingue una litozona "H2" (corrispondente alla "Sériè à dominante merneuse" e al "complesso a, flysch arenaceo-marnoso-argilloso" di Boni & Vanossi), sormontante i tipi litologici indicati con la sigla "H1" ("Sèriè à dominante calcaire").

Questa formazione è caratterizzata dalla fitta alternanza di materiali a comportamento rigido (arenarie e siltiti) e da livelletti argillo-marnosi che rispondono in modo plastico alle sollecitazioni. Sul campo i primi si fratturano secondo il campo di stress "neotettonico", i secondi si deformano plasticamente, sviluppando sovente una fitta famiglia di piani di laminazione subparalleli alla stratificazione (senza presentare un fitto reticolo fratturativo), oltre che a sviluppare una scistosità egualmente orientata per rigonfiamento e alterazione a contatto con l'aria e con gli sbalzi di temperatura. La Serie del Flysch di Sanremo designa il top stratigrafico dell'Unità di Sanremo – Monte Saccarello, come formalizzato dalla Commissione Italiana di Stratigrafia.

I depositi del Pliocene Ligure sono costituiti da sequenze che vedono l'alternarsi, dal basso verso l'alto, delle Brecce di Taggia, delle Argille di Ortovero, delle Sabbie della Costa di Terre Bianche e dei Conglomerati di Monte Villa a chiudere la sequenza. Il territorio comunale non presenta, in affioramento nell'area di interesse, o quantomeno non sono evidenti le Argille di Ortovero e le Sabbie della Costa di Terre Bianche, quest'ultime perché stratigraficamente inserite in parte nelle argille e in parte nei conglomerati.

Le Brecce di Taggia sono caratterizzate, con percentuali stimabili fra il 70/85%, da elementi litici tendenzialmente angolosi e/o sub-angolosi, in subordine arrotondati, derivanti dal substrato flyschoide e più precisamente dalle litologie più resistenti e predominanti della Falda del Flysch e precisamente dalle Arenarie di Bordighera e dal Flysch di Sanremo.

Al loro interno si evidenziano due litofacies che si differenziano per la loro fase deposizionale. La parte basale è relativa alle prime fasi di impostazione del canale alimentatore mentre la seconda litofacies è relativa alla fase di calibratura del canale alimentatore e di espansione del bacino di drenaggio, con rimobilizzazione di depositi alluvionali, di frana e di conoide detritica che li ingombravano. Le litologie sono simili differiscono per gli elementi e per la matrice che nel primo caso si presenta a spigoli vivi, a matrice limosa e granulare incoerente nel secondo caso con elementi pluricentimetrici, subangolosi, raramente a spigoli arrotondati a matrice sabbiosa grossolana o sabbioso-limosa, semicoerente.

Secondo le datazioni più recenti, Giammarino & Tedeschi 1983 e Giammarino et alii 1984, l'unità delle Brecce di Taggia dovrebbe inquadrarsi nel Pliocene inferiore. Queste litologie affiorano nella parte alta del bacino idrografico dei due rii.

I Conglomerati di Monte Villa sono invece conglomerati più o meno cementati, legati in superficie da una matrice argillosa rossastra, cioè delle potenti sequenze detritiche interpretabili per lo più come lembi di delta. Le sequenze sono caratterizzate dalla presenza di conglomerati poligenici eterometrici spesso cementati, a stratificazione grossolana, con intercalazioni di lenti argillose e di banchi sabbioso-arenacei; i clasti sono costituiti da litotipi arenacei e calcarei provenienti dalla detrizione del Flysch ad Helmintoidi. L'età della formazione è attribuita al Pliocene medio-inferiore.

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

Al loro interno si evidenziano quattro litofacies che si differenziano dall'alto verso il basso per la differenza di composizione:

- Lenti argilloso-marnose, siltose e sabbiose laminate o a stratificazione incrociata, discontinue con argille marnose siltose grigio azzurre massicce, con lamine arenacee;
- Lenti ghiaioso-sabbiose con arenarie sabbiose e conglomeratiche massicce o stratificate; conglomerati a grana fine o media, ben stratificati, a matrice sabbiosa abbondante, ben embricate;
- Conglomerati grossolani stratificati, eterometrici, a matrice sabbiosa, con clasti nella generalità dotati di buona sfericità la matrice, sabbiosa o sabbioso-limosa, può assumere percentuali anche del 30-40%;
- Conglomerati immaturi disorganizzati o rozzamente organizzati e mal cementati. I clasti, prevalentemente arrotondati e subarrotondati, hanno dimensioni che mediamente vanno dai 5 ai 20 cm, la matrice sabbiosa o sabbioso-limosa è in basse percentuali, inferiore al 10%.

Quest'ultima tipologia deposizionale definita con la sigla CMVa costituisce la serie litologica presente all'interno dell'area di studio e che è visibile in area di affioramento. In generale presentano un variabile grado di cementazione che può essere piuttosto basso con comportamento geomeccanico di tali litotipi praticamente come quello di un materiale granulare.

In generale il rilievo geologico, geomorfologico ed idrogeologico portato a termine in un congruo intorno dell'area di interesse ha permesso di definire la situazione poi evidenziata nella cartografia a corredo della presente relazione. I terreni che costituiscono l'area sono essenzialmente di due diverse tipologie:

- Terreno incoerente superficiale definibile come coltre detritica di ridotto spessore da sciolto a poco addensato (entro i due/quattro metri) con larga parte costituita anche da materiale antropico fortemente rimaneggiato cui si vanno a sommare, verso l'area fociva i depositi alluvionali e di spiaggia;
- Substrato roccioso, fratturato e, in particolari situazioni, fortemente erodibile.

Nelle aree indagate il substrato roccioso in situ è sempre visibile a livello del fondovalle e lungo i tagli dei tracciati stradali, sul versante, poiché vi si sovrappongono degli spessori di coltre, al momento comunque non ben quantificabili, probabilmente contenuti entro i due metri, il substrato non è più evidente.

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

4.INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.

L'area di interesse, come ho già riportato nelle pagine precedenti, appartiene ad una classe di suscettività al dissesto definita come media. L'analisi del catalogo IFFI non evidenzia la presenza né di accumuli gravitativi antichi di materiale eterogeneo ed eterometrico e né tantomeno di fenomeni gravitativi recenti. L'analisi della cartografia a corredo del Piano di Bacino Stralcio e precisamente della Tavola n. 8 – Carta della franosità reale non evidenzia la presenza di movimenti gravitativi degni di interesse.

Nel territorio circostante non sono stati rilevati fenomeni di dissesto idrogeologico, in atto o potenziali, di una certa importanza né sono stati ravvisati o segnalati marcati segni di instabilità. In definitiva l'area di pertinenza appare stabile; si ricorda, a tal proposito, che la localizzazione del sito ricade all'interno di una zona che tutta la documentazione bibliografica esistente a cui si è fatto riferimento indica come priva di problematiche gravitative.

Ad esclusione della fascia di fondovalle in cui l'acclività si attesta su valori bassi, il versante è inserito in media nella classe 3 di acclività, con valori compresi fra il 21% e il 35%. La pendenza locale del versante è solo in parte smorzata dai muri a secco su cui sono impostate le fasce costruite a contenimento della coltre; l'alveo, nel tratto di interesse, è già in parte tombinato. Questo fa sì comunque che, esternamente all'alveo, l'acclività locale si assesti su livelli inferiori addolcendo la geomorfologia dell'area.

La fascia di fondovalle presenta invece una pendenza inferiore corrispondente alla classe 1 e 2 di acclività (pendenze fra 0 – 10% e 11 – 20%) sul vigente Piano di Bacino, mentre la parte più in alto presenta pendenze maggiori che rientrano, come già detto, in classe 3. Si precisa che l'assetto geologico - geomorfologico e strutturale del sito, oltre all'inserimento dell'area nella classificazione Pg2 (pericolosità media) nella Carta della suscettività al dissesto dei versanti ed Rg2 (rischio medio) nella Carta del Rischio geomorfologico del vigente Piano di Bacino, fanno ritenere che attualmente non vi siano indicatori di pericolo dal punto di vista morfologico tali da pregiudicare la realizzazione degli interventi previsti.

L'area di intervento può essere definita come un'area di fondovalle prossima al letto di scorrimento del rio. La valle, con direzione circa N-S, è parte costituente del bacino del Rio Pinea – Pertusio e, nella parte di interesse, in sinistra idrografica, il versante è occupato dalle abitazioni che in parte lo risalgono fino alla quota di 75 m slm.

La morfologia costiera è fortemente dominata dagli elementi geologici e tettonici sopra tratteggiati, oltre che in misura sempre crescente, dall'azione antropica. Il paesaggio geomorfologico muta notevolmente. Il paraggio è infatti dominato dall'esteso affioramento in materiali pliocenici (marne e conglomerati), che definiscono la particolare morfologia del sito con ripide scarpate spesso subverticali, alternate a dolci pendii. Le scarpate subverticali sono il segno tangibile dell'attività tettonica che ha guidato la formazione della morfologia locale, compresa la formazione della grande piana del Torrente Argentina. Dalle ripide pareti del bordo occidentale si passa all'ampia piana costiera che caratterizza i luoghi fino a Riva Ligure, con ampia porzione di territorio sub pianeggiante al piede del versante. I rilievi a contorno del

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

mare passano dai quasi 1300 metri di Monte Bignone incombente a poco meno di 7 chilometri dal mare sul Sanremese, a rilievi collinari molto più dolci.

Anche in questo settore gli spessori dei sedimenti alluvionali, a parziale rimaneggiamento marino, impongono attente verifiche dei fattori di amplificazione locale, oltre che l'impostazione di adeguati "scenari" geologici relativi al sisma di progetto, legato all'importante lineazione tettonica Saorge-Taggia-Valle Armea sede di scosse ripetute anche in tempi recenti.

Le coltri hanno una granulometria variabile da medio-fine a grossolana ma prevalentemente sabbiosa, anche se non è da escludere la possibilità di trovare elementi litoidi dispersi all'interno della stessa e/o derivante dal brevissimo trasporto e dalla rielaborazione solo locale di ridotti coni detritici che hanno interessato il versante e che ora sono stati sistemati attraverso i vari terrazzamenti, con muri a secco, disposti sul pendio. Per quanto riguarda la caratterizzazione geopedologica i terreni erano adibiti a colture ortofrutticole e olivicole. I suoli presentano il profilo tipo AC, profondi fra i 30 – 50 cm, da franco limosi o sabbiosi, subalcalini con possibili lenti argillose e ciottoli dispersi.

L'area di intervento rappresenta perciò una parte di versante con presenza di substrato con caratteristiche geotecniche medie, con coltri detritiche di spessore diverso, che arriva anche fino a circa 4 metri, il tutto contenuto, in parte, con muretti a secco non sempre in buone condizioni in quanto l'uomo non conserva più il controllo attraverso la costante manutenzione che consente di mantenere attive e funzionali le opere di difesa e/o raccolta delle acque lungo il versante.

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

5.INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO.

Le litologie rigide che costituiscono il bedrock dell'area di studio possono essere considerate come permeabili per la loro fratturazione (anche microfratturazione) mentre le coltri detritiche e le alluvioni sono classificate come permeabili per la porosità presente e, visto il loro elevato, solo raramente possono essere sede di falda permanente e perciò avere un acquifero ben sviluppato al loro interno.

Il sito ricade in quelle aree per cui è stato prodotto un primo studio idraulico nel vigente Piano di Bacino Stralcio, redatto dalla Provincia di Imperia per la difesa idraulica ed idrogeologica dell'Ambito di bacino n. 5 – Prino per i Rii Minori dal Torrente San Lorenzo al Torrente Argentina di cui è stato riportato un estratto nella Immagine 6 della Tavola 12 – Carta delle fasce fluviali. Dall'estratto si può verificare come l'area di intervento sia interessata da tutte e tre le fasce fluviali e precisamente dalla fascia A con tempi di ritorno T<50 anni, dalla fascia B con tempi di ritorno T<200 anni e dalla fascia C con tempi di ritorno T<500 anni, inoltre si ritrova anche, nella parte in alto, la fascia a* cioè un'area storicamente inondata.

La ricostruzione dal punto di vista idrogeologico ha preso spunto, per prima cosa dal Reticolo Idrografico Regionale adottato con D.G.R. N. 507 del 21/06/2019 - Squadro 258150, di cui un estratto dell'area si riporta di seguito. Da tale consultazione è possibili subito osservare come l'area di interesse non sembra essere drenata da aste superficiali se non lateralmente; il Rio Pertusio presenta un solo affluente in sinistra, il Rio Pinea. La confluenza avviene poco a monte dell'area di intervento.

Vista la situazione si può pensare come nel sottosuolo le vie di deflusso principali siano organizzate al contatto fra il substrato rigido e le coltri detritiche e subordinatamente lungo gli orizzonti della stessa coltre detritica dove la granulometria si fa più fine (limi e argille). Questo può portare ad avere dei contrasti di permeabilità all'interno della stessa coltre e questo spiegherebbe, in parte, la presenza delle sorgenti lungo il versante. gli orizzonti limo - argillosi costituiscono dei livelli impermeabili che si oppongono alla fluitazione gravidica delle acque di pioggia.

Le parti urbanizzate (strade, parcheggi, case di civile abitazione, ecc.) sono da considerare come impermeabili e si trovano per lo più nella zona a contorno dell'area.

Il bacino del Rio Pinea-Pertusio si estende dalla quota massima di circa 210m slm fino alla quota del mare; il bacino ha un'estensione di circa 0,73 Km^2 che lo inserisce fra le aste di secondo livello, cioè fra i bacini dei corsi d'acqua di medio sviluppo secondo il Regolamento 14 luglio 2011, n. 3 - Regolamento recante disposizioni in materia di tutela delle aree di pertinenza dei corsi d'acqua - Bollettino Ufficiale n. 20 del 20 luglio 2011.

Proprio per questa situazione le aste sono limitate nella loro lunghezza e, allo stesso tempo, sono stati sempre pensati come vie di scarsa veicolazione. In alcuni momenti dell'anno possono anche essere completamente privi di acqua in alveo per poi apparire gonfi appena

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

si ha un piccolo temporale. Il tempo di corrivazione è praticamente contenuto entro i quindici/venti minuti.

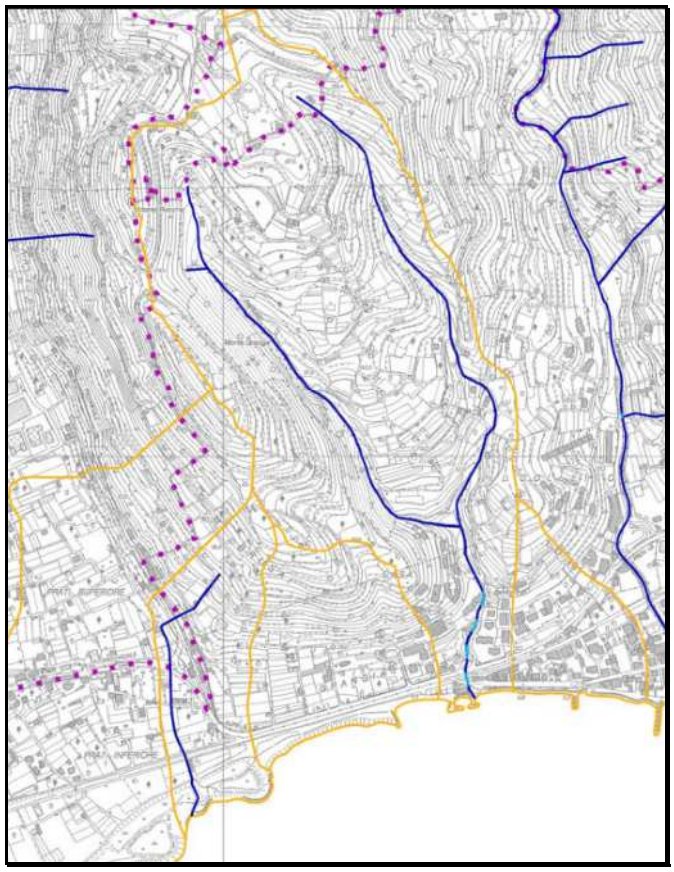


Immagine 9 Estratto Squadro 258150 del Reticolo Idrografico Regionale adottato con D.G.R. N. 507 del 21/06/2019.

Le coltri detritiche sono da considerarsi permeabili per porosità con permeabilità inversamente proporzionale al contenuto in fini (percentuale limi e argille). Il valore del Coefficiente di permeabilità k è perciò variabile tra 10^{-4} e 10^{-7} m/s, data la presenza di matrice prevalentemente limosa – sabbiosa e a tratti argillosa che spostano i valori evidenziati verso la parte più a destra, in quanto la presenza di limo e argilla rende meno permeabile la stessa coltre detritica. All'aumentare della percentuale dei fini contenuti al loro interno diminuisce la porosità.

Oltre alla percentuale di fini, le variazioni di permeabilità sono in funzione anche dei diversi usi della stessa coltre detritica in quanto: se i terreni sono abbandonati si ha una diminuzione della porosità e, durante eventi piovosi brevi ed intensi, si raggiunge molto velocemente la saturazione degli strati superficiali della coltre; se invece i terreni sono coltivati la

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

permeabilità è più elevata e per raggiungere la saturazione sono necessari quantitativi di pioggia superiori.

Il versante presenta, allo stato attuale, poche forme di canalizzazione delle acque superficiali ben strutturate e in grado di condurre i fluidi direttamente nel fondovalle; le opere dell'uomo che permettevano il deflusso verso l'alveo, con l'abbandono delle campagne, sono andate in disuso o hanno diminuito la loro efficacia. È perciò possibile, in caso di eventi eccezionali, avere forme di ruscellamento superficiale diffuso ed incontrollato che provocano l'imbibimento delle coltri che possono dare origine a scivolamenti gravitativi lungo il pendio. Il reticolo idrografico, caratterizzato da aste di basso ordine, spesso non è in grado di accogliere, in caso di eventi meteo di un certo livello, tutte le acque provenienti dalla zona definita come tessuto urbano che, al contrario, è considerata come praticamente impermeabile.

Riguardo al substrato roccioso, la permeabilità è legata alla presenza della fratturazione che interessa le litologie rigide. Nel caso, fatto salvo per i primi metri dove prevale la fratturazione e/o la fessurazione collegata alla degradazione che interessa i litotipi (cappellaccio) dove si può avere una parziale infiltrazione delle acque gravifiche, in profondità la permeabilità primaria, legata alla fratturazione, diminuisce in quanto la pressione litostatica tende a chiudere le fessure/fratture. Tale orizzonte costituisce il limite oltre il quale la falda non può penetrare e a tutti gli effetti il bedrock può essere considerato poi come impermeabile.

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

6.INQUADRAMENTO SISMICO

A seguito dell'emanazione dei criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche da parte dello Stato, inseriti prima nell'allegato 1 dell'OPCM 3274/03 e in seguito aggiornati con l'OPCM 3519/06, la Regione Liguria ha individuato le zone sismiche e ha stilato un elenco regionale dei comuni in zona sismica (DGR n. 530/2003).

Con l'ufficializzazione della mappa di pericolosità sismica pubblicata dall'Istituto nazionale di geologia e vulcanologia (INGV) e allegata alla stessa OPCM 3519/06 è stata approvata con DGR n. 1308 del 24 ottobre 2008 (pubblicata sul BURL n. 47 del 19 novembre 2008) la nuova classificazione sismica della Regione Liguria, successivamente modificata con DGR n. 1362 del 19 novembre 2010, con DGR n. 216 del 17 marzo 2017 e con DGR n. 962 del 23 novembre 2018.

Si precisa che l'indagine geologica ai fini della presente progettazione è stata redatta ai sensi del D.M. 17/01/2018 (Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"). Queste rappresentano il testo aggiornato delle norme tecniche per le costruzioni di cui alla Legge 05/11/1971 (n. 1086), alla Legge 02/02/1974 (n. 64), al Decreto del Presidente della Repubblica 06/06/2001 (n. 380), ed al Decreto 28/05/2004 (n. 136), convertito con modificazioni dalla Legge 27/07/2004 (n. 186). Infine le NTC 2018 sono le Norme che sostituiscono le precedenti NTC 2008, approvate con D.M. 14/01/2008, e definiscono i principi per il progetto, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni; esse forniscono quindi i criteri generali di sicurezza, precisano le azioni che devono essere utilizzate nel progetto, definiscono le caratteristiche dei materiali e dei prodotti e, più in generale, trattano gli aspetti attinenti alla sicurezza strutturale delle opere.

6.1 Analisi sismica – Sismicità storica

La Liguria di Ponente è costantemente interessata da una modesta sismicità, anche se sono stati rari gli eventi che hanno raggiunto l'VIII-IX° di intensità. I fenomeni più significativi possono essere considerati il terremoto delle Alpi Marittime del 1564 (Ms = 5.9), di cui in verità non si conosce ancora molto e quello ben studiato del 23 febbraio 1887 (Ms = 6.4) con probabile epicentro in area marina; è poi da ricordare la sequenza del luglio 1963 con due eventi di Ms = 5.9. Tra i terremoti minori possiamo ricordare l'evento del 1831, che interessò l'area più occidentale della Provincia di Imperia con intensità dell'VIII° MCS. Al di fuori di quest'ultimo fenomeno, con epicentro sicuramente in terra, la maggior parte degli eventi risentiti sono da ascriversi a strutture sismogenetiche localizzate nel Mar Ligure.

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

6.2 Pericolosità sismica di base

Lo studio e l'analisi sulla Pericolosità sismica di base dell'intero territorio nazionale trae le sue origini dalla Carta delle Zone Sismogenetiche (ZS9), che venne elaborata dal Gruppo di Lavoro (anno 2004), nella quale sono individuate le zone caratterizzate da diversi valori di Magnitudo momento massima Mwmax.

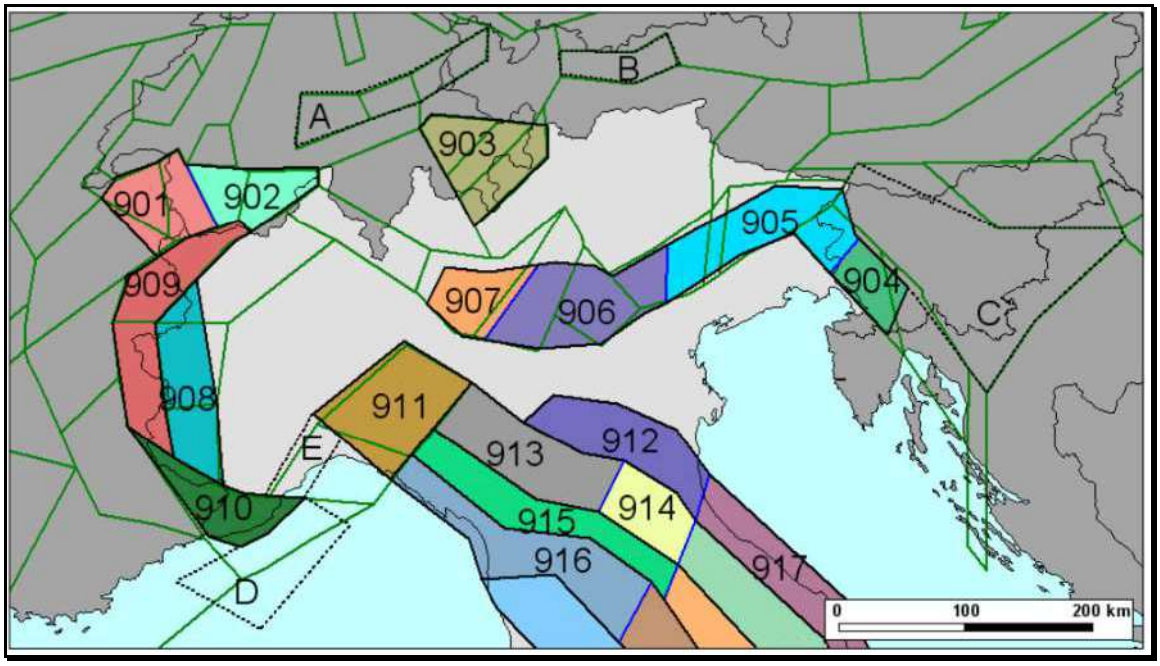


Immagine 10 Zonazione sismogenetica ZS9 per il Nord Italia (bordi nero e blu) a confronto con la zonazione adottata dal progetto SESAME (bordi verdi).

Valori di MWMAX per le zone sismogenetiche ZS9 (estratto da Gruppo di lavoro, 2004)

Nome zona ZS	Numero zona ZS	MWMAX
Medio-Marchigiana / Abruzzese, Appennino Umbro / Nizza-Sanremo	918, 919, 910	6,37

Successivamente, grazie all'entrata in vigore delle NTC '08 e delle recenti NTC2018, la Pericolosità sismica di base, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido affiorante (caratterizzato, quindi, da velocità delle onde sismiche trasversali Vs>800 m/s) viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non "zona dipendente". Ovvero una volta trovate le coordinate del sito interessato dal progetto (coordinate nel sistema ED50), questo risulterà compreso tra quattro punti appartenenti alla griglia di accelerazioni indicate

Studio Geologico
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

nelle Mappe di Pericolosità Sismica Nazionale, e grazie alla media pesata, ad esso competeranno valori specifici di accelerazione di base ag e dei parametri (Fo, Tc* etc.) che consentono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC.

COMPOSITE SEISMOGENIC SOURCES

COMMENTARY | PICTURES | REFERENCES | USER COMMENTS

GENERAL INFORMATION

DISS–ID	ITCS022
Name	Imperia Promontory
Compiler(s)	Vannoli P.(1), Burrato P.(1), Basili R.(1), Tiberti M.M.(1)
Contributor(s)	Valensise G.(1), Vannoli P.(1), Burrato P.(1), Basili R.(1), Tiberti M.M.(1)
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy
Created	01-Nov-2005
Updated	20-Jun-2015
Display map ...	
Related sources	ITIS130

PARAMETRIC INFORMATION

PARAMETER		QUALITY	EVIDENCE
Min depth [km]	2.5	LD	Based on geological and morphobathymetric data by Larroque et al. (2011).
Max depth [km]	15.0	EJ	Assumed to be about the same as the base of lower crust.
Strike [deg] min... max	200...250	LD	Based on geological and morphobathymetric data by Larroque et al. (2011).
Dip [deg] min... max	25...50	EJ	Inferred from geophysical data.
Rake [deg] min... max	80...100	EJ	Inferred from active stress data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1...0.25	EJ	Inferred from topographic and geological data (uplift) from various authors.
Max Magnitude [Mw]	6.6	EJ	Inferred from the largest known earthquake in the area.

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP;EJ=EXPERT JUDGEMENT;

Riva Ligure in precedenza era stato classificato dalla Protezione Civile come un Comune inserito nella classe di pericolosità di grado 3s, secondo l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n. 105

Studio Geologico
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

dell'8 Maggio 2003. La DGR 17/03/2017 n. 216 riprendendo l'OPCM 3519/2006 rivede l'Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria e la DGR n. 297 del 14 aprile 2017 con la quale viene differito il termine della DGR n. 216/2017 in relazione ai contenuti dell'OPCM 3519/2016. Aggiornamento classificazione sismica del territorio ligure. Oggi il Comune di Riva Ligure è così definito:

n. progressivo	ID Comune su mappa	Provincia	Zona sismica	Pga
22	50	Imperia	2	0,25g

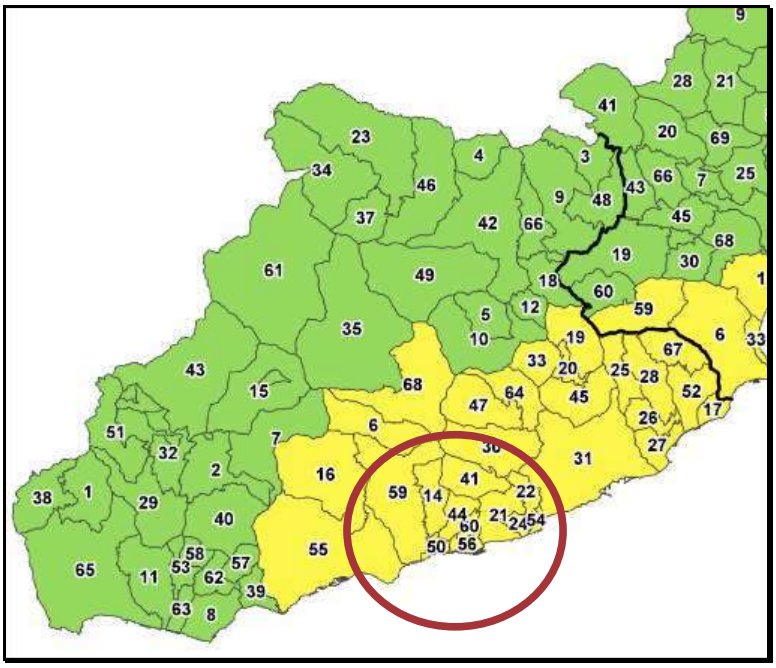


Immagine 11 Estratto DGR 17/03/2017 n. 216 Classificazione sismica dei Comuni in Provincia di Imperia.

La piana alluvionale costiera, recente, si raccorda con i versanti attraverso una zona di transizione dove si incontrano, dapprima un primo orlo di terrazzo alluvionale che separa le alluvioni recenti dalle antiche e poi dei depositi misti alluvionali e di versante, di spessore anche superiore ai 3 metri, a costituire la fascia pedemontana. Le alluvioni recenti, mobili, occupano anche l'alveo dei vari corsi d'acqua e si interdigitano con le coltri detritiche di versante.

L'ambito di versante, alle spalle del centro abitato, che è posto sulla parte alluvionale pianeggiante, è genericamente caratterizzato da coltri eluvio-colluviali che ricoprono il substrato roccioso e/o dalla presenza dello stesso substrato rigido denudato, specialmente a livello dei depositi pliocenici. Con tale configurazione le coltri detritiche di versante, ad ecce-

Studio Geologico
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

zione di alcuni casi, presentano degli spessori inferiori ai 3 metri. Le zone dove si registrano degli accumuli maggiori possono trovare spiegazione con il fatto di trarre origine da antichi movimenti franosi (paleofrane) o da frane recenti, in cui la potenza delle coperture detritiche può arrivare a superare anche quattro/cinque metri.

Discorso a parte va fatto per i riporti antropici, che si ritrovano in ampie porzioni costiere e appaiono ormai compattati e stabilizzati, e presentano caratteristiche geotecniche non molto dissimili dai depositi alluvionali recenti.

La Regione Liguria ha prodotto, negli ultimi tempi, un nuovo studio relativo alla Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica, conosciuta come M.O.P.S., che ha prodotto studi mirati in quelle aree definite come Zona D. Per redigere la presente Relazione Geologica Esecutiva, si sono perciò recuperate una serie di informazioni che si erano acquisite nell'ambito dell'attività svolta per gli studi circa l'Attuazione dell'articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n. 77 per conto della Regione Liguria ovvero gli studi eseguiti per la MICROZONAZIONE SISMICA di 1° Livello dell'intero Comune di Riva Ligure ricompreso nel programma nazionale.

Questi studi sono stati condotti dallo scrivente, coadiuvato da alcuni colleghi, con le finalità definite negli «Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica» e nel rispetto degli Standard di Archiviazione e Rappresentazione Informatica concepiti dal Dipartimento Nazionale PC.

La carta delle MOPS divide il territorio di studio in tre microzone omogenee in prospettiva sismica che rappresentano, in termini qualitativi, il comportamento dei terreni sotto gli effetti del moto sismico e forniscono una indicazione della pericolosità sismica a scala locale come di seguito indicate:

- zone stabili senza amplificazione sismica attesa;
- zone stabili suscettibili di amplificazione locali;
- zone suscettibili di instabilità.

Si sono perciò eseguite tutte le necessarie analisi allo scopo di valutare la conformità dell'area in relazione alle problematiche emerse durante le verifiche rispetto alla situazione geologica – geomorfologica e idrogeologica locale e di definire le caratteristiche sismiche del sito e definire la caratterizzazione geotecnica dei terreni incontrati durante le indagini espletate in situ.

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

7.ANALISI DEGLI STUDI ESEGUITI

Per la redazione della presente relazione geologica esecutiva sono state eseguite per prima cosa delle ricerche bibliografiche coinvolgendo le varie Agenzie del Territorio al fine di ottenere tutte le possibili informazioni estrapolando i dati da precedenti studi e/o pubblicazioni, inoltre si è eseguito un puntuale rilievo geologico – geomorfologico allargato alle aree limitrofe a quella di indagine, si è indagato il substrato nelle zone di affioramento con alcune prove locali che hanno permesso di avere alcune informazioni da poter poi applicare all'area di studio, si sono realizzate:

- n. 2 stese sismiche a rifrazione elaborate con il metodo GRM ed elaborate con il metodo tomografico;
- n. 2 acquisizioni Masw;
- n. 4 indagini di microtremore elaborate con il software "Grilla" e successivamente con il software "Vs,eq" per la ricostruzione stratigrafica sismica dei punti di interesse.

Tali indagini sono risultate, insieme a quanto ritrovato di indagini precedenti, idonee a quanto necessario per la ricostruzione stratigrafica dell'area e atte ad estrapolare il problema della possibile liquefacibilità dei suoli.

7.1 Rilievo geologico del sito

Il rilievo geologico, geomorfologico ed idrogeologico portato a termine lungo un ampio contorno del sito ha permesso di costruire la stratigrafia geologica che è stata poi riportata sulla cartografia a corredo della presente relazione e descritta nel capitolo dedicato. Si sono così identificate le coltri detritiche da poco a molto potenti e, in posizione esterna rispetto all'area di interesse, si è rilevata la presenza del substrato roccioso.

Il rilievo è stato poi integrato, in particolari punti quali le zone direttamente interessate dall'intervento con indagini in situ che hanno visto l'esecuzione di sismiche in tipologia passiva ad integrare le conoscenze ottenute dai sondaggi geognostici mentre sulla roccia sono state effettuate alcune Prove sclerometriche (interventi per privati). I dati ottenuti dalla rielaborazione dei grafici e degli studi prodotti sono stati utilizzati nella schematizzazione che segue al fine di riportare la stratigrafia geologica ricostruita anche al di sotto della superficie topografica grazie alle indagini effettuate interfacciate a precedenti analisi condotte nell'area, o in aree vicine, per altri interventi.

Le sequenze o colonne stratigrafiche redatte con l'utilizzo del software VSEqu costituisce la ricostruzione dei terreni dell'area di interesse effettuata al di sotto del piano campagna; le stazioni totali realizzate sono quattro (quattro sismiche, due stese a rifrazione, due MASW e due prove sclerometriche). La sequenza stratigrafica costituisce il modello geologico

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

del sottosuolo nelle aree di intervento e mostra perciò una alternanza costituita dai seguenti terreni in successione:

a. Strato superficiale/Coltre detritica - terreno superficiale profondo fino a circa 30/40cm, ben areato nelle aree dove si ha ancora un'attività agricola, con presenza di ciottoli di piccola pezzatura e materiale organico quali radici, foglie, anche in decomposizione;
b. Coltre detritica e riporti antropici da poco e/o scarsamente addensata ad addensata e compatta costituita da sabbie arenaceo - limose, rimaneggiato superficialmente da attività antropica e/o frammisto a terreno di riporto antropico, con presenza di pietrame di ridotte/medie dimensioni ed un indice dei vuoti che tende a diminuire con la profondità. Lo spessore di tale strato è variabile e si ritrova fino a circa -1,92/-3,15m dal piano campagna per la stesa S1 e fino a circa -1,62/-3,77m dal piano campagna per la stesa S2. Oltre tale limite le Vs aumentano e si ha il passaggio alle litologie successive. Il valore delle Vs<300m/s;
c. Cappellaccio di alterazione del substrato roccioso in situ, incontrato a partire da circa -1,92/-3,15m dal piano campagna per la stesa S1 mentre per la S2 si ritrova da circa -1,62/-3,77m dal piano campagna. In S1 lo spessore di tale strato di alterazione presenta uno spessore variabile compreso fra circa 5/8m poi si ha il passaggio al bedrock cioè Vs>800m/s. In S2 lo spessore di tale strato è compreso fra 4/8m. Questo strato si contraddistingue per avere una Vs<800m/s, e non rappresenta ancora il bedrock sismico della zona ma costituisce un orizzonte con buone caratteristiche geotecniche;
d. Substrato sano o bedrock sismico dell'area, si è trovato in tutte le indagini che sono state eseguite in situ, la profondità cui si incontra è variabile a seconda delle indagini. Per distinguere tale limite si è tenuto conto del livello in cui il substrato presenta una velocità delle onde Vs>800m/s. Tale orizzonte si è ritrovato in S1 fra i -8m ed i -10m dal piano campagna mentre in S2 si incontra fra i -7m ed i -10m di profondità, con Vs>800m/s.

L'analisi geologica ha perciò portato alla stesura, oltre delle normali carte di "routine", di ulteriori nove sezioni trasversali ed un profilo longitudinale partendo dalla sezione 14 fino alla sezione 26. Ogni profilo è stato rivestito con tre "retini" a carattere geologico che costituiscono praticamente l'orizzonte definito come b (a+b), c e d nell'elenco precedente riportandone i vari spessori nel disegno.

L'elenco completo delle sezioni e del profilo longitudinale è in allegato alla presente relazione. Il commento delle sezioni non presenta particolari spiegazioni in quanto in tutte le sezioni si ritrovano dei normali sviluppi ed i contatti e/o limiti di separazione fra le litologie che si alternano appaiono chiare e certe permettendo così di tracciare dei limiti ben chiari al di sotto del profilo topografico, discorso a parte si deve porre per la sezione 14 e, di conseguenza, per il profilo longitudinale nella sua parte più vicina al mare.

Per la spiegazione si fa riferimento anche ai contenuti della relazione del dott. Geol. D'ADAMO (2023) che indica come: "*Non si esclude che in corrispondenza della sismica S1, il terzo sismostrato, caratterizzato da una velocità delle onde P pari a 1922 m/s, possa essere costituito dal Flysch di Sanremo, presente al di sotto dei depositi pliocenici*". Nella sezione riportata sotto si vede come lo spessore del secondo strato che equivale a c. - Cappellaccio di

Studio Geologico
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

alterazione del substrato roccioso in situ, abbia un notevole spessore rispetto a tutte le altre sezioni.

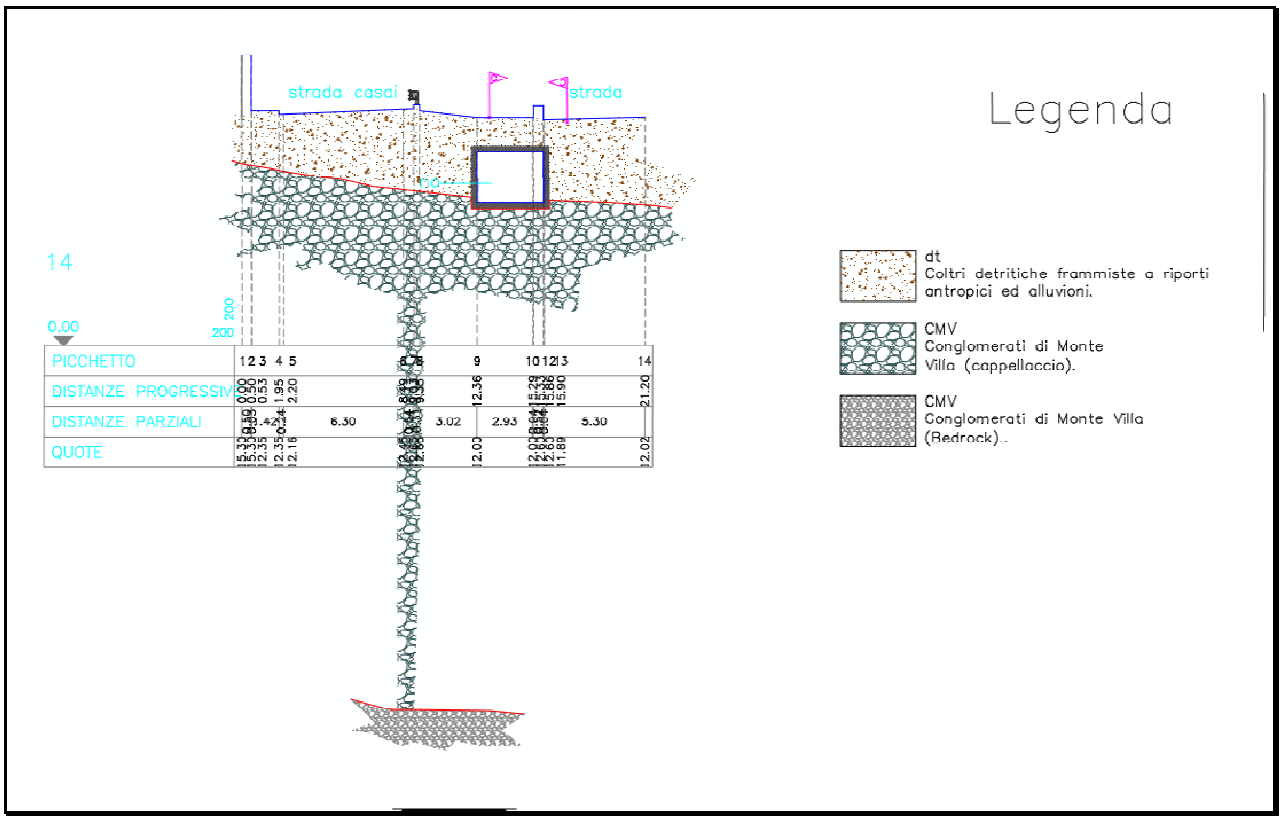


Immagine 12 Sezione Geologica n. 14.

La velocità sismica Vs dello strato è indicata in 638m/s (HVSR 1) mentre per la Vp si arriva fino a 1922m/s. la spiegazione plausibile e anche citata dal dott. D'ADAMO è che in quell'area vi sia la sovrapposizione fra Conglomerati di Monte Villa e Membro di San Lorenzo del Flysch di Sanremo. Il "San Lorenzo" costituisce la base deposizionale dei conglomerati ed ha una risposta sismica molto elevata e caratteristiche geotecniche migliori.

In conclusione, avvicinandoci alla foce del Rio Pertusio, si ha una risalita del substrato pre-pliocenico, con risposta sismica molto elevata, ed un deterioramento delle caratteristiche del substrato pliocenico che, seppur con velocità sismiche elevate, non costituisce comunque il bedrock dell'area. Il contatto con il cuneo salino, visto che il mare è a non più di 50 metri, contribuisce a complicare questa situazione.

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

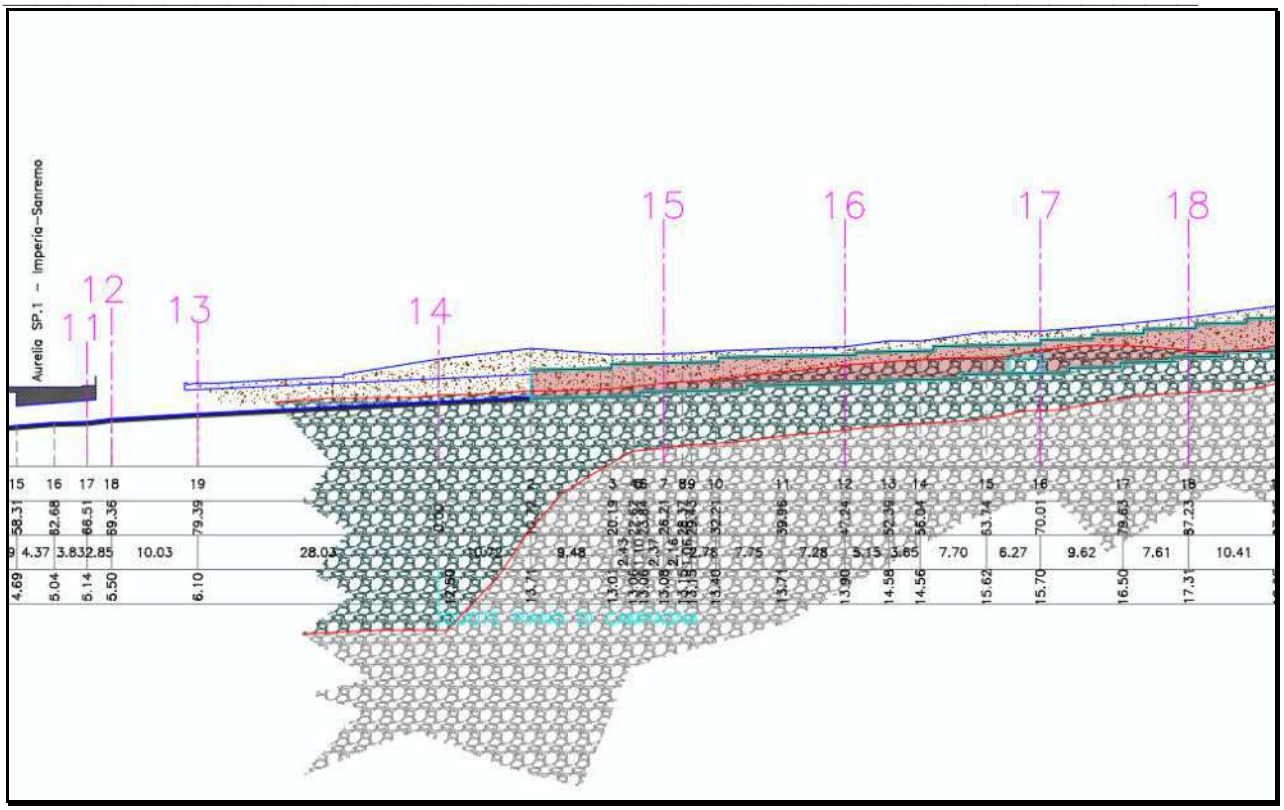


Immagine 13 Parte a valle del profilo longitudinale.

L'apprezzamento vero del salto/scalino si ha dal profilo longitudinale dove si possono notare e valutare meglio gli spessori. Molto probabilmente il substrato che si incontra, in basso, nella sezione 14 potrebbe essere il Flysch di Sanremo nella sua componente del Membro di San Lorenzo ovvero "*Strati arenaceo argillitici, con intercalazioni di calcilutiti e rari strati marnoso-arenacei*".

Probabilmente il salto evidenziato è perciò collegabile non solo ad un cambiamento delle caratteristiche geotecniche ma anche ad un avvicendamento delle litologie che si compenetrano e si confondono avendo una risposta sismica molto simile.

7.2 Indagini o prove in sismica passiva

In base al programma operativo si sono eseguite quattro prove in sismica passiva del genere HVSR al fine di avere una prima idea delle profondità in gioca, prima di andare ad effettuare le indagini geomeccaniche. L'indagine geofisica è stata ritenuta necessaria al fine di caratterizzare l'area lungo la verticale dei punti di indagine al fine di stabilire la stratigrafia più in profondità ed al tempo stesso avere una prima indicazione circa la profondità dell'ammasso roccioso che costituisce il bedrock sismico dell'area.

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

Per tale tipologia di indagine (HVSR) si è utilizzato "Theremino 16 bit" con software di acquisizione "Theremino Dolfrang". Le interpretazioni sono state tutte svolte, invece, grazie al software "Grilla", elaborato dalla Micromed Srl, che riporta anche i criteri di validazione alle Linee Guida Sesame dell'anno 2005.

Lo scrivente coadiuvato da altri colleghi ha eseguito un'indagine geofisica finalizzata all'estensione sia planimetrico-areale, sia in profondità dell'area, questo al fine di determinare le frequenze di vibrazione del terreno, per la verifica della congruità litologica complessiva, ecc. Le caratteristiche tecniche dello strumento utilizzato sono riportate in tabella.

Tabella caratteristiche strumento "Theremino 16 bit":
Theremino Master DIL (modulo theremino master con microcontrollore in package DIL e 6 I/O
Geofoni (3) da 4,5 Hz (1 verticale e 2 orizzontali)
Theremino geoPreamp (3) di collegamento

Questo strumento consente di effettuare misurazioni sismiche con tecnica passiva. L'indagine geofisica proposta si avvale della tecnica di Nakamura e del rapporto spettrale H/V; ovvero si misura il microtremore sismico ambientale (rumore sismico). Il rumore convenzionalmente viene suddiviso in microsisma (freq. < 1 Hz) e microtremore (freq. > 1 Hz) ed è costituito sia da onde di volume, sia da onde superficiali in proporzioni variabili; in particolare il microsisma è costituito soprattutto da onde di Rayleigh, mentre il microtremore oltre alle onde di volume contiene anche onde di Love e onde di Rayleigh in proporzioni variabile.

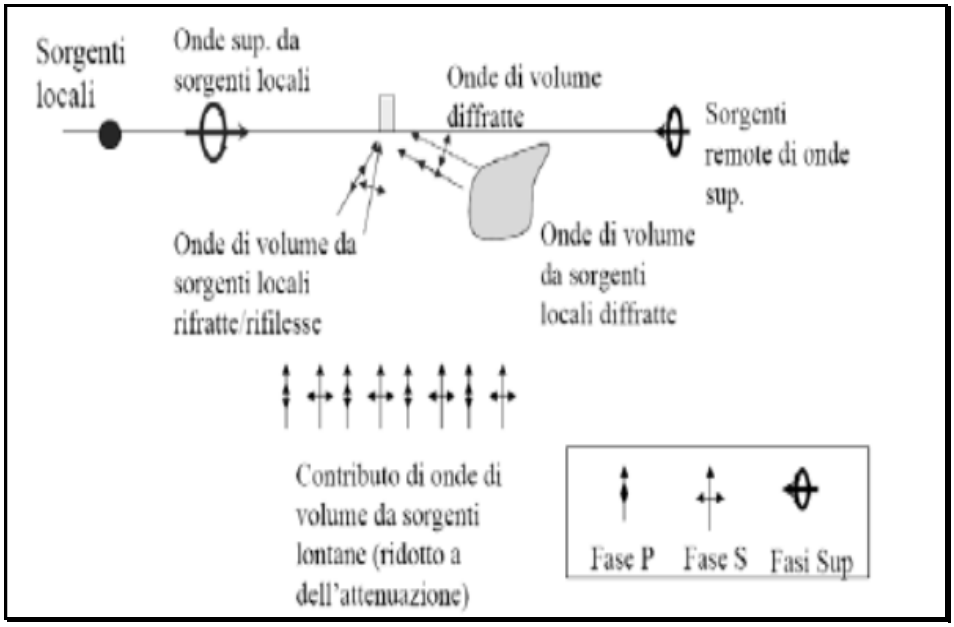
La tecnica dei rapporti spettrali o HVSR (Horizzontal to Vertical Spectral Ratio) è totalmente non invasiva, molto rapida, si può applicare ovunque e non necessita di nessun tipo di perforazione, né di stendimenti di cavi, né di energizzazioni esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque; in particolare si sfruttano i microtremori sismici sempre presenti in natura e la cui fonte o sorgente può essere sia di origine antropica-umana (attività agricola o industriale, traffico, ecc.), che di origine naturale (vento, masse d'aria, moto ondoso, ecc.).

I risultati che si possono ottenere da una registrazione di questo tipo sono:

- la frequenza caratteristica di risonanza del sito, ovvero un fondamentale parametro per il corretto dimensionamento degli edifici e/o strutture in termini di risposta sismica locale soprattutto per scongiurare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericoloso per la stabilità degli edifici e delle strutture;
- la frequenza fondamentale di risonanza di un edificio, che viene misurata all'interno della struttura e comparata con la frequenza caratteristica del sito;
- la velocità media delle onde di taglio VS, calcolata tramite opportune correlazioni e codici di calcolo. Utile per la categoria di suolo di fondazione come richiesto dalle NTC '18;

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

- la stratigrafia del sottosuolo, con un intervallo (range) di investigazione compreso tra il primissimo sottosuolo ed i 700 metri circa di profondità, anche se il dettaglio più affidabile si ha nei primi 100 metri circa. Il principio su cui si basa tale tecnica è rappresentato dalla definizione di strato inteso come unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto di impedenza (I), ovvero per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo attraversato.



Nello specifico è stata utilizzata tale tecnica per verificare la stratigrafia dei luoghi; inoltre con l'impiego di opportuni algoritmi è stato possibile ottenere l'inversione delle curve dei rapporti H/V, finalizzata alla determinazione dei profili di velocità delle onde S nel sottosuolo e quindi della Vs,eq richiesta dalle N.T.C. 2018. Le registrazioni dei microtremori sono state effettuate mediante il tromografo digitale denominato "Theremino", elaborate con il software GRILLA e sottoposte, inoltre, ai criteri di validazione SESAME.

Sono state pertanto eseguite quattro nuove stazioni di misura all'interno del sito indagato: si ricorda, infine, che la tecnica dei rapporti spettrali o HVSR (Horizzontal to Vertical Spectral Ratio) è totalmente non invasiva, rapida, si può applicare ovunque e non necessita di nessun tipo di perforazione, né di stendimenti di cavi, né di energizzazioni esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque.

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com



Immagine 14 Stazione HVSR 1 (Secondo, 2023).

Le grandezze citate sono legate dall'equazione:

$$f = \frac{VS}{4 * H}$$

ove:
f = frequenza;
VS = velocità delle onde trasversali (S);
H = profondità del livello.

Le prove hanno consentito di ottenere i seguenti dati:

- HVSR 1 – (Lat. 43°50'13.34"N – Long. 7°52'24.84"E)
  - Picco di risonanza è a 16,11 Hz con rapporto H/V pari a 4
  - Profondità bedrock sismico circa a -31,63m con picco a 5Hz
  - Classe di suolo B
  - Vs,eq (suolo) 516,31m/s

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

Si è inoltre ricostruita la seguente stratigrafia – sismica

Dalle elaborazioni di cui sopra è stato possibile disegnare i vari orizzonti sismo – stratigrafici con propria velocità delle onde S (sempre crescenti verso il basso) ricostruendo il diagramma velocità – profondità.

Profondità alla base dello strato [m]	**Spessore [m]**	**Vs [m/s]**	**Rapporto di Poisson**	**Tipologia strato**
0,34	0,34	129	0,34	Coltre e riporti
4,23	3,89	258	0,32	Depositi detritici meno compattati
31,63	27,40	638	0,30	Cappellaccio di alterazione
Inf.	Inf.	1091	0,30	Ammasso sano o bedrock

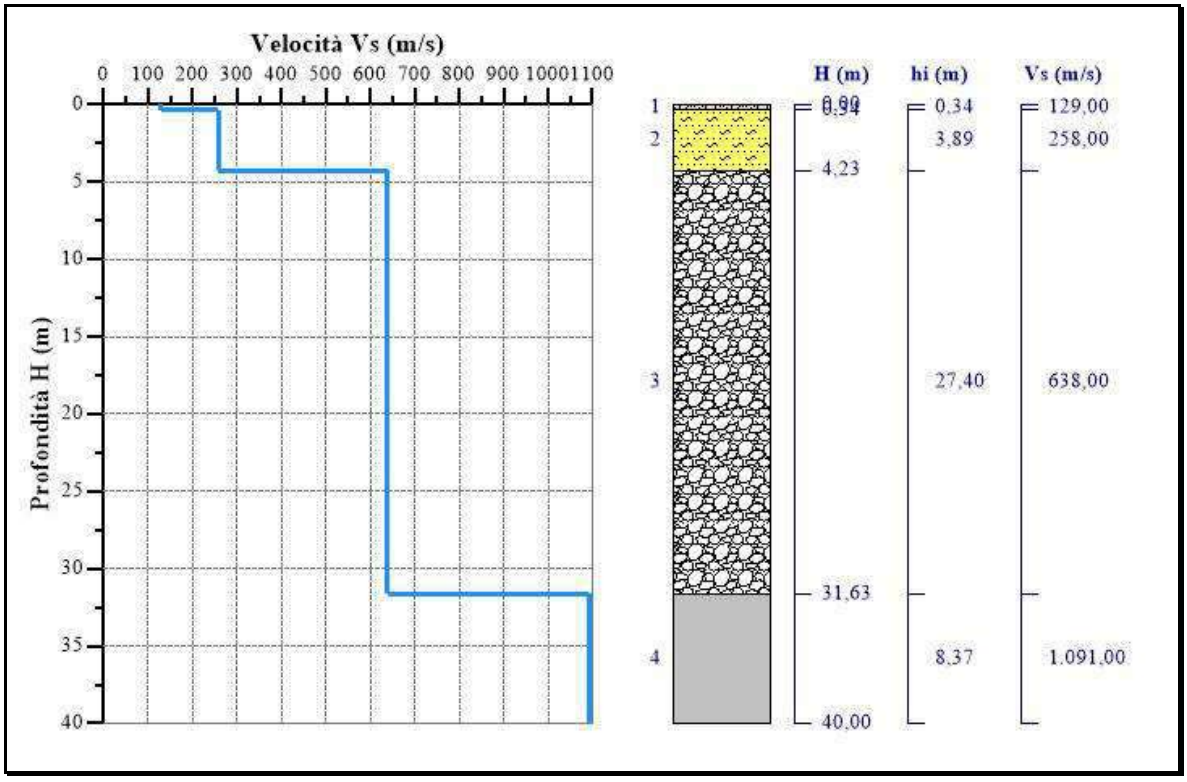


Immagine 15 Sismostratigrafia ricostruita in HVSR 1 (Secondo, 2023).

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com



Immagine 16 Stazione HVSR 2 (Secondo, 2023).

- HVSR 2 – (Lat. 43°50'15.29"N – Long. 7°52'25.25"E)
  - Picco di risonanza è a 10,28 Hz con rapporto H/V pari a circa 3
  - Profondità bedrock sismico circa a -51m con picco a 5Hz
  - Classe di suolo B
  - Vs,eq (suolo) 484,65m/s

Si è inoltre ricostruita la seguente stratigrafia – sismica

Dalle elaborazioni di cui sopra è stato possibile disegnare i vari orizzonti sismo – stratigrafici con propria velocità delle onde S (sempre crescenti verso il basso) ricostruendo il diagramma velocità – profondità.

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson	Tipologia strato
0,47	0,47	109	0,34	Coltre e riporti
2,48	2,01	231	0,32	Depositi detritici meno compattati
9,00	6,52	346	0,32	Coltre detritica più

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson	Tipologia strato
				compatta
41,00	32,00	699	0,30	Cappellaccio di alterazione
Inf.	Inf.	1080	0,30	Ammasso sano o bedrock

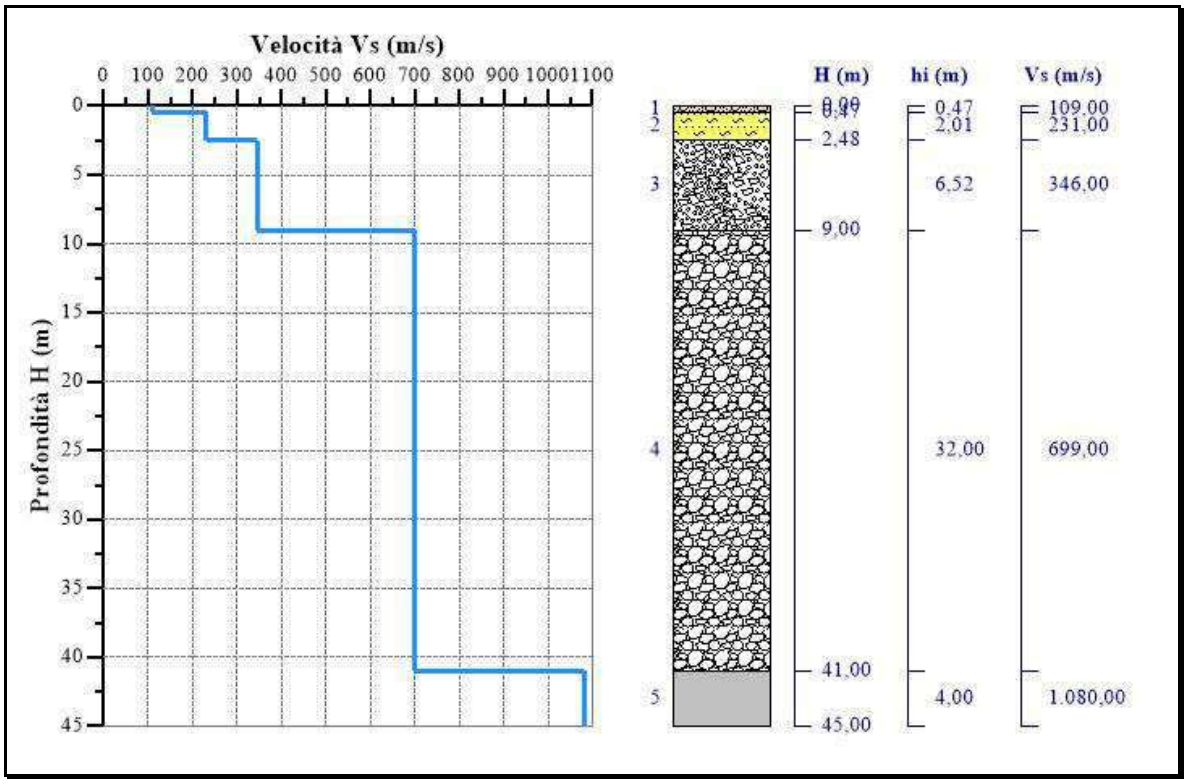


Immagine 17 Sismostratigrafia ricostruita in HVSR 2 (Secondo, 2023).

- HVSR 3 – (Lat. 43°50'15.95"N – Long. 7°52'25.83"E)
  - Picco di risonanza è a 9,46,97 Hz con rapporto H/V a 3,5
  - Profondità bedrock sismico circa a -23,65m con picco a circa 7Hz

La prova non è stata rielaborata al fine di ottenere la Vs,eq ma la curva ottenuta è stata sovrapposta, visto che i due punti sono molto vicini, con la HVSR 2. Si riporta quanto ottenuto dalla sovrapposizione.

Come è possibile notare vi è una buona sovrapposizione fra le due curve ottenute dalle prove e, relativamente al primo picco, che rappresenta il passaggio coltre/cappellaccio vi è una buona corrispondenza in quanto le curve sono praticamente sovrapposte. Questa situa-

Studio Geologico
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

zione permette di affermare che gli spessori della coltre detritica sono molto simili in entrambi i punti di misura.

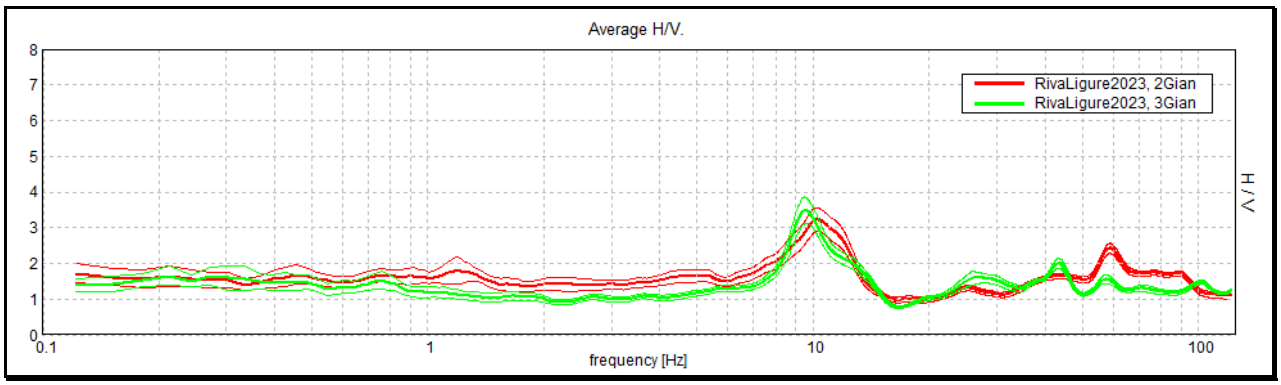


Immagine 18 Sovrapposizione della curva HVSR 2 con la curva HVSR 3.

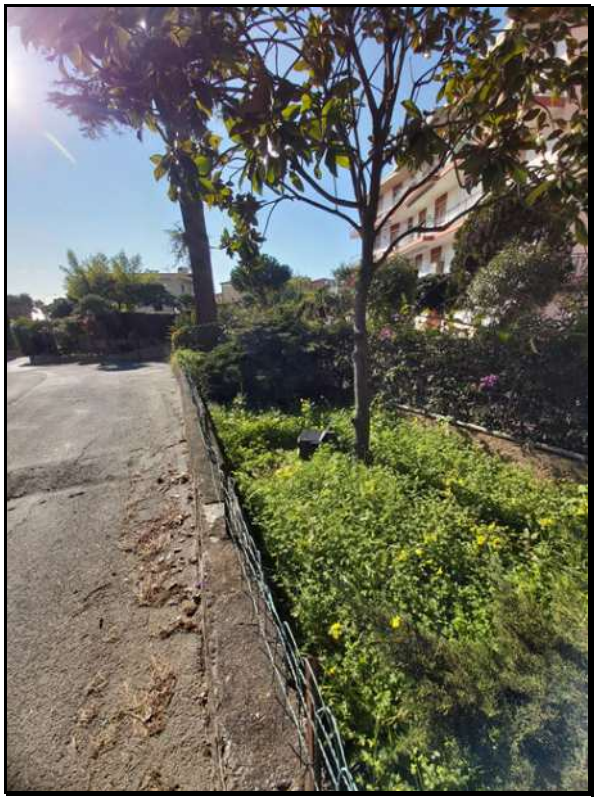


Immagine 19 Stazione HVSR 3 (Secondo, 2023).

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com



Immagine 20 Stazione HVSR 4 (Secondo, 2023).

- HVSR 4 – (Lat. 43°50'19.83"N – Long. 7°52'24.13"E)
  - Picco di risonanza è a 27,37 Hz con rapporto H/V circa 3
  - Profondità bedrock sismico circa a -11,26m con picco a circa 10Hz
  - Classe di suolo B
  - Vs,eq (suolo) 396,48m/s

Si è inoltre ricostruita la seguente stratigrafia – sismica

Dalle elaborazioni di cui sopra è stato possibile disegnare i vari orizzonti sismo – stratigrafici con propria velocità delle onde S (sempre crescenti verso il basso) ricostruendo il diagramma velocità – profondità.

Profondità alla base dello strato [m]	**Spessore [m]**	**Vs [m/s]**	**Rapporto di Poisson**	**Tipologia strato**
0,31	0,31	115	0,34	Coltre e riporti
2,37	2,06	234	0,32	Depositi detritici me compattati
11,26	8,89	526	0,31	Cappellaccio di alterazione
Inf.	Inf.	823	0,30	Ammasso sano o bedrock

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

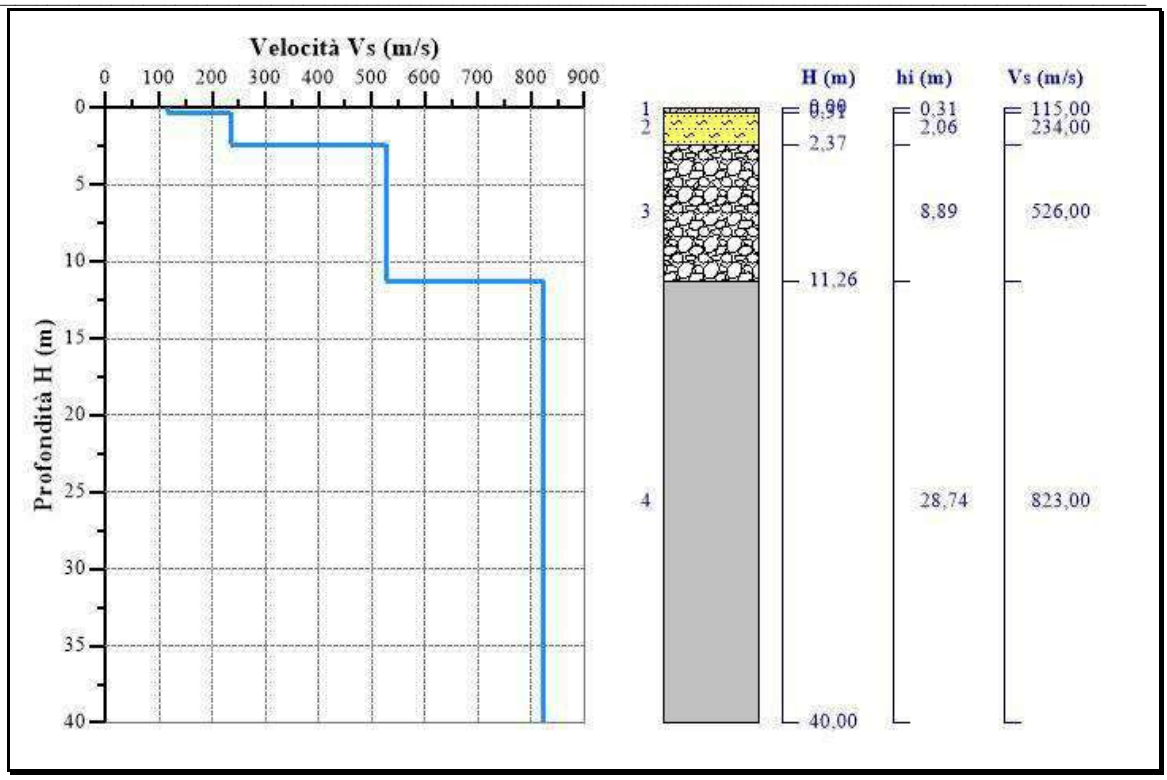


Immagine 21 Sismostratigrafia ricostruita in HVSR 4 (Secondo, 2023).

In tutte le indagini si è identificato il bedrock che si trova a profondità variabile. In tutte le prove lo spessore della coltre detritica risulta variabile ma sempre contenuto. Le caratteristiche delle litologie rigide variano velocemente e molto spesso il cappellaccio è sfumato dalle coltri detritiche più compattate (parte detritica più profonda) tanto che il salto di velocità è molto marcato e la Vs si porta su valori >800m/s a mostrare un bedrock molto ben definito (NTC2018).

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

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

hi = spessore dell'i-esimo strato;

VS,i = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N = numero di strati;

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

I dati simici ottenuti sono stati paragonati con i dati pregressi provenienti da altre indagini effettuate nelle vicinanze; i valori ottenuti sono riportati nella successiva tabella suddivisi per ogni prova, il valore della Vs,eq e della conseguente Categoria di suolo secondo le

Studio Geologico
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

NTC2018. Nella tabella sono inoltre indicate anche le Vs,eq ottenute dalla elaborazione delle prove ottenute con le acquisizioni MASW.

Stazioni	Vs,eq	Categoria di suolo
Th1 (HVSR 1)	*516,31 m/s (piano campagna)*	**B**
Th2 (HVSR 2)	*484,65 m/s (piano campagna)*	**B**
Th4 (HVSR 4)	*396,48 m/s (piano campagna)*	**B**
MASW 1	*543 m/s (piano campagna)*	**B**
MASW 2	*436 m/s (piano campagna)*	**B**

I suoli di fondazione sono stati pertanto suddivisi in cinque classi (A, B, C, D, E): sulla base di un ragionato esame dei dati ottenuti dal rilievo eseguito e dalle prove geofisiche realizzate in tipologia "sismica passiva", la zona indagata, tenuto conto degli interventi previsti in progetto e dell'attuale piano campagna, si può assimilare alla **Categoria di sottosuolo 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*", secondo le tabelle 3.2.II e 3.2.III del citato Decreto del 17 gennaio 2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni, con **Coefficiente topografico T1**.

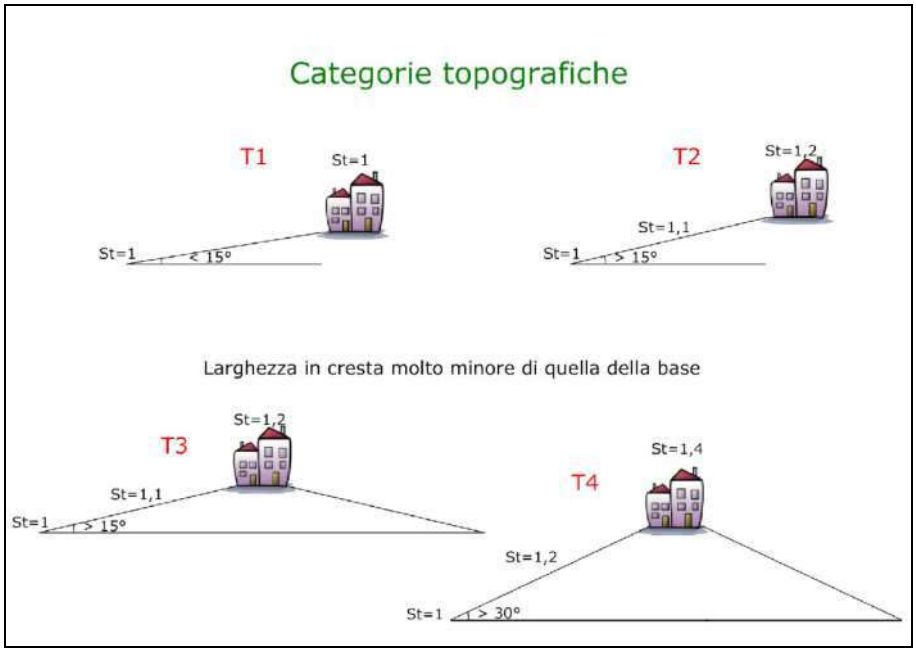


Immagine 22 Coefficiente topografico.

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

7.3 Indagine sul substrato roccioso in situ

La formazione flyschoide conosciuta come Flysch di Sanremo – Monte Saccarello non è interessata dal progetto, in base alle osservazioni ed al rilievo effettuato in loco. La formazione è rappresentativa di un ammasso roccioso litologicamente eterogeneo; ad ogni distinto livello presente nelle sequenze deposizionali: arenaria, calcilutite, marna ed argillite si può andare ad associare uno specifico comportamento geomeccanico.

Vista la probabilità che questa formazione non venga interessata dai lavori a progetto e non essendo comunque affiorante nelle vicinanze si riportano i dati ottenuti dalla bibliografia al fine, comunque, di dare una caratterizzazione anche a tali litologie.

Parametri	Arenaria:	Marna e marna argillosa	Calcilutiti	Argilliti
peso di volume (t/m3)	2.58 - 2.68	2.48 - 2.72	2.61-2.72	2.2-2.5
coesione (t/m3)	51.7 - 61.5	32 - 48		2
angolo di resistenza al taglio	33° - 34°	17° - 20°		25°
coesione residua (t/m3)		11 - 17		1
angolo di resistenza al taglio residuo		12° - 14°		16°
resist. a compress. uniass. (MPa)	107	1.6-100		0.28-5.74
resist. a compress. uniass. (sclerometrie MPa)	77	35	128	
resist. a compress. uniass. (point load test; MPa)		18	65	
vel. onde longit. (campione integro; Km/sec)	5.5	3.7	5.6	
modulo elastico (Gpa)	23		13.5	
Contenuto in CaCO3(%)		15-50 %	88-90	0-6

Il substrato geologico di riferimento sono certamente i depositi pliocenici che invece sono presenti in affioramento nella parte alta del versante e che, molto probabilmente, saranno anche intercettati durante i lavori in quelle aree dove lo spessore della coltre detritica non è sufficiente ad accogliere l'opera a progetto (Vedi sezioni e profilo longitudinale).

Per quanto riguarda i depositi pliocenici, resistenti alla penetrazione (N <100) si riportano i seguenti dati di parametrizzazione, ricavati essenzialmente da back analysis sul terreno, essendo assai problematico il campionamento indisturbato di tali materiali:

Coesione	c' = 15-30 KPa
Angolo di attrito (picco)	φ' = 24°-26°
Modulo deformazione	E = 0,5-0,7 MPa
Modulo di Poisson (dinamico)	v = 0,31-0,33
Peso di volume	γ = 2,4 t/m^3

Il valore della coesione, è spesso assai superiore e ha quindi valenza conservativa, ma ciò in ragione del fatto che tale valore è fortemente condizionato dallo stato alterativo e dalla presenza di acqua e dallo stato di umidità relativa del terreno.

Studio Geologico
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

7.4 Indagini geofisiche (sismiche) eseguite in Strada Casai.

Le indagini portate termine hanno visto l'esecuzione anche di alcune indagini geofisiche eseguite sul tracciato della stessa Strada Casai. Si sono realizzate:

- Due stese sismiche a rifrazione elaborate con il metodo GRM;
- Due acquisizioni Masw;
- Rielaborazione delle due stese sismiche a rifrazione con procedura tomografica.

L'indagine sismica è stata realizzata dal Dott. Geol. Francesco D'Adamo con studio in Strada Rivaira snc (senza numero civico) a 18012 Bordighera (IM). Io ho seguito personalmente le prove fornendo supporto cartografico per la stesura delle sezioni interpretative. L'ubicazione delle due prove è identificata dalle seguenti coordinate:

- S 1 (a) – (Lat. 43°50'14.07"N – Long. 7°52'25.25"E);
- S 1 (r) – (Lat. 43°50'15.01"N – Long. 7°52'26.01"E);
- S 2 (a) – (Lat. 43°50'15.50"N – Long. 7°52'26.01"E);
- S 2 (r) – (Lat. 43°50'16.81"N – Long. 7°52'26.66"E).

Le due indagini sismiche a rifrazione sono state eseguite per definire l'andamento delle velocità delle onde P (longitudinali). Entrambi gli allineamenti sismici avevano una lunghezza di 36 metri, con una distanza intergeofonica di 1,5 m. Per le prove in situ è stata utilizzata un'apparecchiatura costituita da un sismografo DoReMi di Sara Electronic Instruments a 24 bit, con 24 canali modulari con geofoni verticali ad alta sensibilità da 4,5 Hz. Frequenze selezionabili dal sismografo da 500 a 20000 Hz (passi di campionamento da 2 a 0.05 ms). La durata dell'acquisizione per la stesa sismica a rifrazione è stata pari a 0,250 s. Per l'energizzazione è utilizzata una mazza da 8 kg con battuta su piastra metallica.

Il software di gestione omonimo DoReMi ha controllato le numerose possibilità di acquisizione dello strumento. Per l'elaborazione delle stese sismiche a rifrazione è stato utilizzato il software Easyrefract di Geostru (metodo GRM o di Palmer).

La prospezione sismica a rifrazione si basa sulla determinazione delle velocità di propagazione delle onde longitudinali (onde P) nel terreno. Le onde generate da una massa battente si propagano nel terreno e vengono rilevate dai geofoni, mentre i tempi di arrivo delle onde sono registrati e visualizzati sul sismografo.

Dall'elaborazione matematica dei dati si risale alla geometria dei mezzi attraversati e quindi si opera l'interpretazione grafica mediante sezioni interpretative. La profondità di investigazione è pari a circa 1/3 dello stendimento, quindi corrisponde ad una profondità di 12/13 metri dal piano di campagna.

Dalla rielaborazione effettuata si sono ricostruite le due sezioni sismiche riportate di seguito che costituiscono la ricostruzione sismica dell'andamento degli strati principali nel sottosuolo indagato. Questa elaborazione ha permesso di riconoscere lo spessore della coltre detritica e, di conseguenza, la profondità cui si incontra il substrato rigido.

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

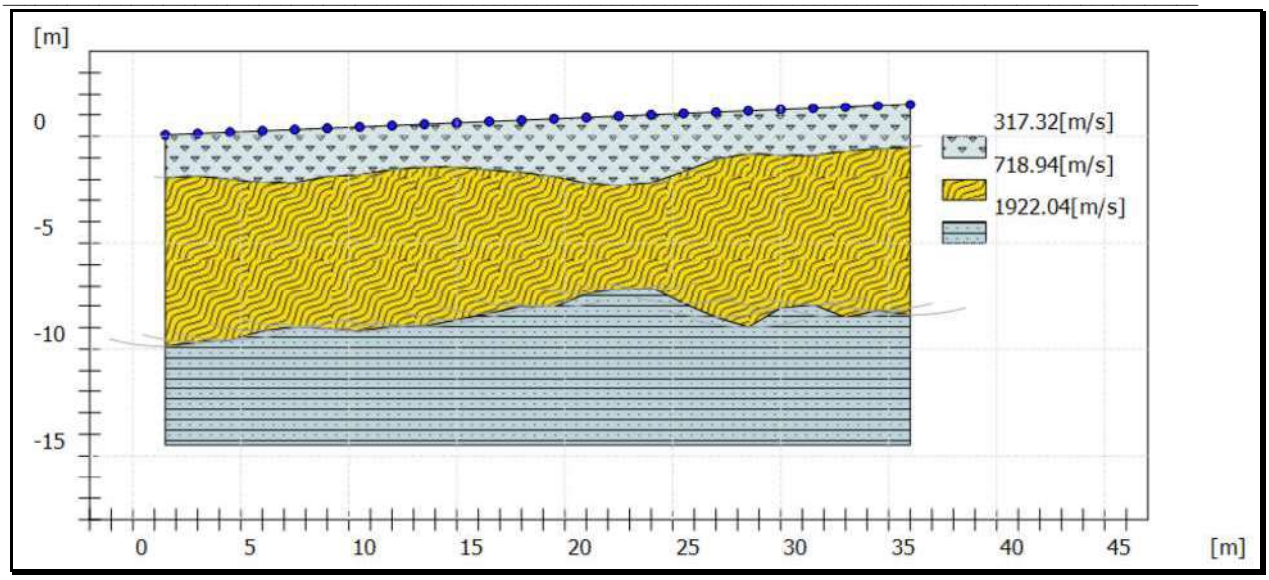


Immagine 23 Sezione sismica S1 ottenuta tramite la riflessione delle onde P (D'Adamo, 2023).

Attraverso l'elaborazione effettuata possono essere definiti i seguenti sismostrati:

- da 0 a -2,00/-2,06m dal piano di campagna – Materiale di riporto, caratterizzato da una velocità delle onde sismiche longitudinali (Vp) pari a 0,32 km/s;
- da -2,00/-2,06m a –9,93/-9,79m dal p.c. – Probabile substrato pliocenico mediamente cementato, caratterizzato da una velocità delle onde sismiche longitudinali (Vp) pari a 0,72 km/s;
- da –9,93/-9,79m dal p.c. in poi – Probabile substrato pliocenico più compatto, caratterizzato da una velocità delle onde sismiche longitudinali (Vp) pari a 1,92 km/s.

Anche per la stesa S2 l'elaborazione effettuata ha permesso di definire i seguenti sismostrati:

- da 0 a -3,68/-1,60m dal piano di campagna – Materiale di riporto, caratterizzato da una velocità delle onde sismiche longitudinali (Vp) pari a 0,32 km/s;
- da -3,68/-1,60m a –8,88/-9,49m dal p.c. – Probabile substrato pliocenico mediamente cementato, caratterizzato da una velocità delle onde sismiche longitudinali (Vp) pari a 0,69 km/s;
- da –8,88/-9,49m dal p.c. in poi – Probabile substrato pliocenico più compatto, caratterizzato da una velocità delle onde sismiche longitudinali (Vp) pari a 1,62 km/s.

dal confronto fra le due sezioni o profili longitudinali è possibile caratterizzare la stratigrafia dell'area che sarà interessata dall'intervento; come è possibile verificare vi è una buona corrispondenza fra le due sezioni e fra le due sezioni e le indagini HVSR di cui si è detto in precedenza.

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

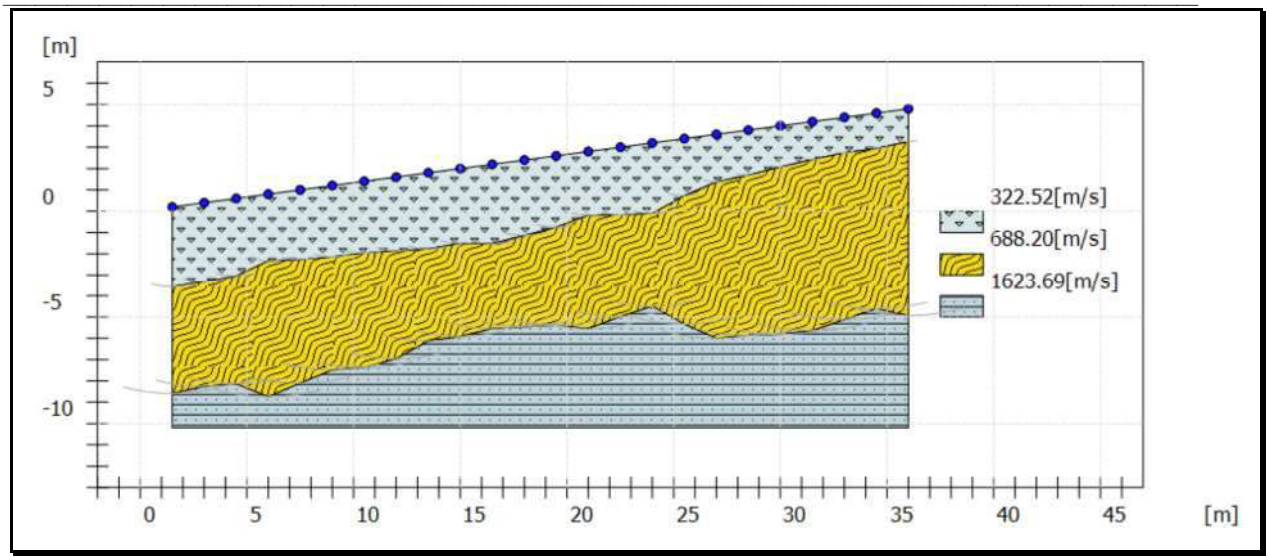


Immagine 24 Sezione sismica S2 ottenuta tramite la riflessione delle onde P (D'Adamo, 2023).



Immagine 25 Stesa sismica S1 (Secondo, 2023).



Immagine 26 Stesa sismica S2 (Secondo, 2023).

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

	Immagine 27 Stesa sismica S1 (Google Earth, 2023).
	Immagine 28 Stesa sismica S2 (Google Earth, 2023).

Oltre alle indagini sismiche a riflessione, per la valutazione della velocità delle onde sismiche trasversale (Vs) nei primi 30 metri di profondità, sono state eseguite delle acquisizioni MASW che consentono di definire, successivamente, il valore della Vs,eq così come richiesto dalla NTC2018. Le registrazioni sono state eseguite in corrispondenza dell'andata e del ritorno della prospezione sismica a rifrazione.

Il metodo MASW è una tecnica di indagine non invasiva (non è necessario eseguire perforazioni o scavi e ciò limita i costi), individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il metodo MASW si distingue in metodo attivo e me-

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

todo passivo, nel nostro caso è stato considerato il metodo attivo, ovvero eseguendo una energizzazione tramite mazza battente. Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70 Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, in funzione della rigidezza del suolo.

Il metodo MASW (attivo) consiste in tre fasi (Roma 2002): la prima fase prevede il calcolo della velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale, la seconda fase consiste nel calcolare la velocità di fase apparente numerica, la terza ed ultima fase consiste nell'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, modificando opportunamente lo spessore h, le velocità delle onde di taglio Vs e di compressione Vp (o in maniera alternativa alle velocità Vp è possibile assegnare il coefficiente di Poisson), la densità di massa degli strati che costituiscono il modello del suolo assegnato.

Per l'elaborazione è stato impiegato il software "MASW" dell'Ing. Vitantonio Roma. Nel dettaglio sono state eseguite circa quattro registrazioni MASW (in seguito, in fase di elaborazione è stata effettuata una scelta della registrazione migliore), in corrispondenza di entrambi gli estremi delle stese, energizzando con la mazza per una durata ciascuna pari a due secondi. I risultati di queste indagini sono riportati in allegato alla presente relazione (Allegato n. 1).

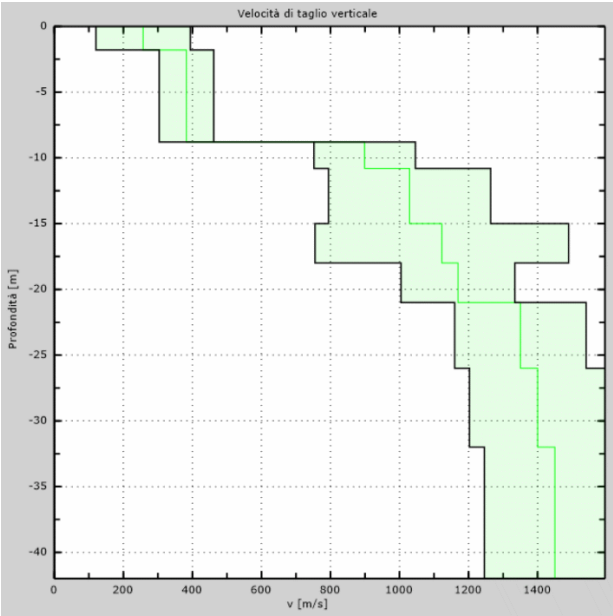


Immagine 29 Ricostruzione andamento delle Vs in S1 (D'adamo, 2023).

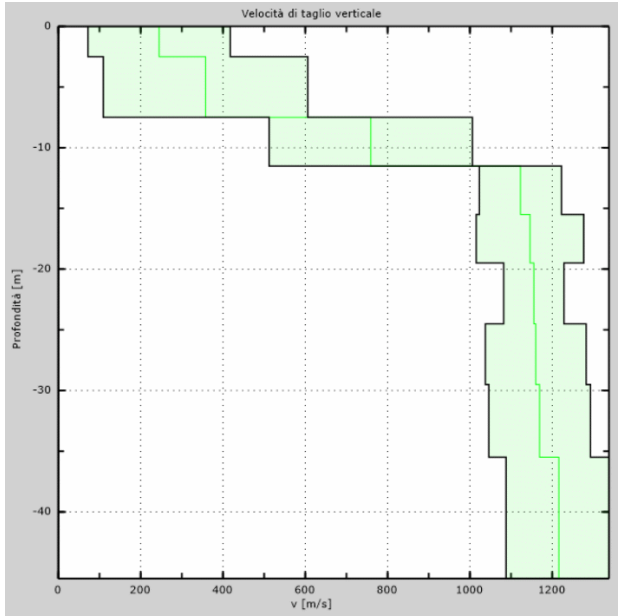


Immagine 30 Ricostruzione andamento delle Vs in S2 (D'adamo, 2023).

L'analisi ha consentito di individuare, rispetto alle indagini HVSR le indagini MASW sono molto più sensibili, diversi sismostrati che presentano delle Vs diverse fra loro e, precisamente, per entrambe le stese sono stati individuati 9 sismostrati con Vs sempre crescente verso il basso; per la Stesa 1 le velocità Vs variano da 257,20m/s nei primi 1,8m (ad indicare la coltre detritica superficiale) fino alla velocità di 1450m/s (posta ad ∞) che rappresenta il sub-

Studio Geologico
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

strato sano individuato in profondità. Nella Stesa 2 la velocità della coltre superficiale, ovvero fino a circa -2,5m dal piano campagna, è pari a 244,95m/s mentre la velocità del substrato sano individuato in profondità è di 1216m/s.

Identificando con Vs>800m/s il bedrock (come da NTC2018) in entrambe le indagini si è ritrovato questo orizzonte che, in S1, si trova alla profondità di -10,8m (sismostrato 3). Nella stesa il cappellaccio connota il sismostrato 2 con velocità Vs pari a 382,83m/s che ha uno spessore contenuto e raggiunge i -1,8m dal piano campagna. Per quanto concerne la stesa S2, il bedrock con Vs>800m/s, si incontra alla profondità di -11,5m (sismostrato 4). Il cappellaccio, sempre in S2, appare rappresentato da due diversi sismostrati: 2 e 3, con velocità rispettivamente pari a Vs 357,64m/s e 759,09m/s. Il cambio di velocità fra i due sismostrati è identificato alla profondità di -7,5m dal piano campagna. Probabilmente il livello prossimo al piano campagna costituisce un substrato molto alterato e fratturato, il secondo, vista anche la sua Vs molto vicina agli 800m/s, può già essere paragonato al bedrock anche se non ha le caratteristiche definite dalla NTC2018 per tale litologia. Possiamo definire tale orizzonte come un substrato poco alterato e poco fratturato.

Le misure effettuate con la tecnica a rifrazione sono state successivamente elaborate con la procedura tomografica al fine di evidenziare nel dettaglio le variazioni locali delle velocità delle onde P (o longitudinali). In particolare, la tecnica tomografica prevede la creazione di un modello sintetico del sottosuolo e la sua perturbazione alla ricerca del minimo scarto tra le misure eseguite sul terreno e le misure "virtuali" (o ipotizzate) ottenute con il modello sintetico con una procedura iterativa che prevede diverse fasi meglio evidenziate nell'allegata relazione sismica.

Il programma utilizzato per l'elaborazione tomografica è SmartTomo del Dott. Geol. Simone Pittaluga. I grafici ottenuti mostrano un andamento in profondità delle onde P del tutto simile a quello determinato con il metodo GRM.

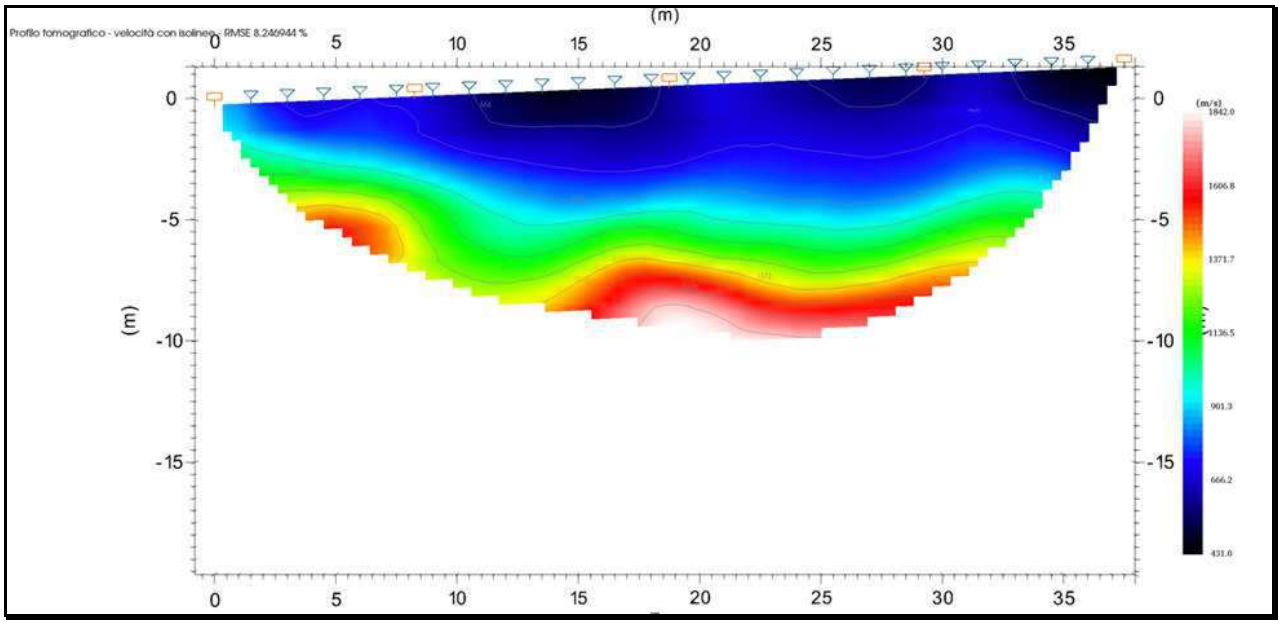


Immagine 31 Profilo sismico tomografico (onde P) S1 (D'Adamo, 2023).

Studio Geologico
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

Considerando il profilo tomografico S1, si nota un andamento dei valori delle velocità delle onde P con la profondità, del tutto correlabili a quelli ottenuti con l'interpretazione della rifrazione con il metodo GRM ed in particolare si può notare che velocità delle onde P comprese tra 430 e 550/600 m/s possano indicare un livello di riporti, posto al di sopra di depositi pliocenici mediamente cementati caratterizzati da valori delle onde P compresi tra 600 e 1500 m/s. A maggiori profondità valori di velocità delle onde P superiori a 1500 m/s indicano il passaggio a depositi pliocenici maggiormente cementati.

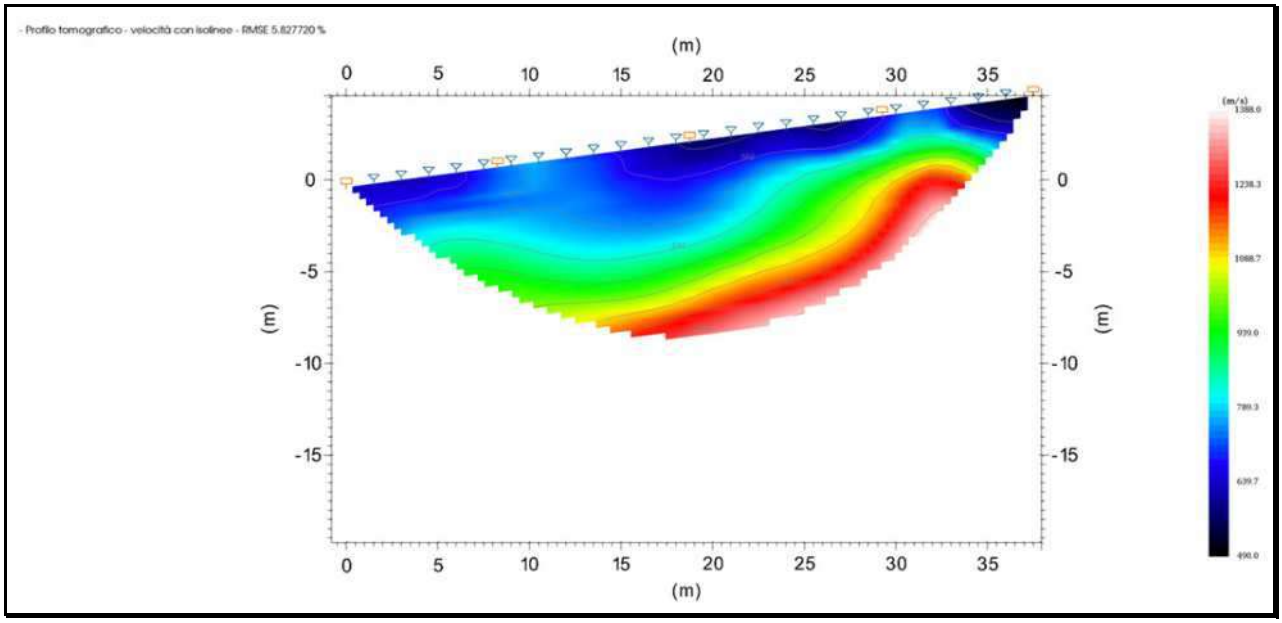


Immagine 32 Profilo sismico tomografico (onde P) S2 (D'Adamo, 2023).

Considerando il profilo tomografico S2, si nota un andamento dei valori delle velocità delle onde P con la profondità, del tutto correlabili a quelli ottenuti con l'interpretazione della rifrazione con il metodo GRM ed in particolare si può notare che velocità delle onde P comprese tra 490 e 520 m/s possano indicare un livello di riporti, posto al di sopra di depositi pliocenici mediamente cementati caratterizzati da valori delle onde P compresi tra 550 e 1200 m/s. A maggiori profondità valori di velocità delle onde P superiori a 1200 m/s indicano il passaggio a depositi pliocenici maggiormente cementati.

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

8.OBIETTIVI DEL LAVORO

Il comune di Riva Ligure, con det. 1143 del 17/11/2022, ha incaricato il sottoscritto per la progettazione definitiva dei lavori di " Primo lotto funzionale dell'intervento di mitigazione del rischio inerente il rio Pertusio".

L'intervento beneficia di un finanziamento pari a 1.000.000,00€, assegnato al comune di Riva Ligure con Decreto del Ministro dell'interno del 23/02/2021, ex art.1 comma 139 L.145/2018, a valere sui fondi per l'annualità 2021, a seguito di richiesta specifica formulata dall'Amministrazione Comunale come disposto con DGM 149/2020. La risorsa suddetta è poi confluita sul PNRR come da comunicato del Ministero dell'interno, Dipartimento per gli Affari Interni e Territoriali in data 06/09/2021.

La presente Relazione Geologica è redatta a supporto generale di tutta la pratica ed in particolare gli studi si sono concentrati su di un primo lotto funzionale di un più ampio intervento volto alla completa messa in sicurezza del tratto terminale tombinato.

8.1 Analisi e simulazione idraulica stato di fatto

Lo studio idraulico condotto dall'Ing. Alessio De Melas si è basato su un accurato rilievo delle aree di interesse, andando ad approfondire e ad aggiornare i dati utilizzati in sede di elaborazione del piano di bacino; inoltre le sezioni a monte della n. 31 sono state desunte da CTR. In merito alla configurazione d'alveo si osserva in particolare che:

- nel tratto a monte dell'imbocco della tombinatura il rio risulta a cielo aperto e sistemato con difese spondali in gabbioni. L'intervento era stato attuato, in somma urgenza, da parte dell'Amministrazione Provinciale di Imperia a seguito degli eventi alluvionali del 1998/2000 che avevano interessato l'area causando ingenti danni;
- a monte dell'intersezione con la S.P. Aurelia e Corso Villaregia, per un tratto di 50 m circa il rio tombinato è stato sistemato di recente conferendo al canale coperto una ampia sezione di dimensioni B450 x H270 cm, con solida struttura in c.a., che si presenta in buono stato di manutenzione; per il tratto residuale di tombinatura, di lunghezza pari a 210m circa, la sezione risulta rettangolare e di ridotte dimensioni infatti mediamente misura B180 x H180 cm circa, con un minimo di B167xH167 cm con struttura mista di muratura, calcestruzzo e laterizio;
- presso l'intersezione con la S.P. Aurelia e Corso Villaregia, si susseguono 4 strutture di attraversamento in muratura in buono stato manutentivo, di dimensioni B150 cm significativamente costante x H 225/345 cm variabile, con copertura ad arco anch'esso in muratura;

Sulla base del rilievo topografico disponibile, opportunamente verificato ed aggiornato, coerentemente con le finalità del presente progetto, l'Ing. De Melas ha svolto la simulazione idraulica con le portate di riferimento 50,200 e 500-ennali.

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com



Immagine 33 Mappa modello idraulico stato di fatto con ubicazione delle sezioni di interesse (De Melas, 2023).

Dall'analisi delle simulazioni effettuate sono emerse numerose criticità meglio esplicitate nella relazione del Tecnico suddetto. Facendo un rapido punto della situazione si nota come, già con la portata 50-ennale il deflusso avviene con esondazione all'imbocco del canale, sebbene di entità esigua, contrariamente a quanto previsto dal Piano di Bacino. Ciò è da spiegarsi nel fatto che nelle simulazioni condotte per la stesura del Piano di Bacino, la tombinatura oggetto di intervento era stata modellata considerando la sua dimensione massima, pari a 1.80x1.80m; nelle ultime modellazioni sono stati dettagliati i vari cambi di sezione lungo il percorso della tombinatura.

L'insufficienza idraulica diffusa della tombinatura a monte della S.S. Aurelia provoca l'inondazione, oltre che del piazzale pubblico e del parcheggio interrato del condominio Vega, anche di giardini e piazzali dei condomini Vega, Isabella e Marita nonché della Strada Casai.

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

Inoltre, il restringimento determinato dalla tombinatura rappresenta un'ulteriore criticità in quanto, per effetto di apporti eccezionali di materiale solido (flottanti), si potrebbe verificare una parziale occlusione dell'imbocco, con conseguente incremento della portata in esondazione che andrebbe a transitare direttamente dal piazzale del parcheggio giù per la Strada Casai fino allo sbocco in mare sotto la Strada Aurelia.

Oltre a quanto riportato, altro problema generale, legato ai tratti di rio tombinati, è la pericolosità intrinseca data dalla potenziale ostruibilità della sezione per effetto del trasporto solido e in particolar del materiale flottante, motivo per cui "devono inoltre essere previste opere di interecettazione del materiale nelle zone di imbocco e/o eventuali vasche di sedimentazioni e monte" (cfr. R.R. 3/2011 - art.8 c.4). questo scenario può essere aggravato per effetto di:

- una diffusa condizione strutturale di forte degrado del tratto tombinato [Sez.24-14.95];
- presenza di tubazioni, sebbene probabilmente dismesse, collocate nella luce libera del canale.

8.2 Elementi a rischio

L'analisi condotta dall'Ing. De Melas ha permesso di andare a verificare quali siano gli elementi effettivamente a rischio e che, in caso di esondazione, sarebbero coinvolti prendendo come spunto la situazione attuale. L'insufficienza di tombinatura e attraversamenti rispetto al suo imbocco, nello stato attuale, provoca l'inondazione:

- del piazzale pubblico presso l'imbocco del canale stesso;
- dei giardini/piazzali dei condomini Vega, Isabella e Marita posti a valle della Strada Casai;
- della Strada Casai;
- della Via Aurelia;
- di Corso Villaregia e di una conseguente parte del centro abitato.

In particolare, in termini quantitativi, sono interessati dall'inondazione :

- tre edifici privati (condomini e loro parcheggi/piazzali);
- un edificio funzionale ad un servizio di pubblica utilità (cabina di trasformazione ENEL);
- diverse infrastrutture di servizio che corrono interrate lungo la Strada Casai;
- la stessa Strada Casai, che costituisce unica viabilità di accesso per edifici abitativi che ospitano almeno 141 cittadini residenti, 20 aziende, 2 aziende agrituristiche;
- la Via Aurelia, principale via di comunicazione tra i centri abitati, in un tratto laddove risultano assenti viabilità alternative idonee ad assorbirne il traffico;

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

- Corso Villaregia che costituisce principale accesso a ponente del centro abitato di Riva Ligure;
- la pista ciclopedonale di "Area 24".

8.3 Descrizione dell'intervento (generale e 1° Lotto)

L'obiettivo dello studio riguarda la completa messa in sicurezza del tratto tombinato. Il "modus operandi" è sancito e previsto dal Piano di Bacino in quanto occorrerà adeguare il canale interrato esistente, come specificato dall'art.8 del Regolamento Regionale n°3 da cui risulta che:

- Le tombinature e coperture ammesse devono comunque garantire il deflusso della portata duecentennale con adeguato franco di sicurezza;
- deve essere garantita una sezione di deflusso netta interna di dimensioni minime di 2,00x2,00 metri;
- deve essere predisposto un programma di mantenimento della sezione di deflusso di progetto ed effettuata almeno due volte all'anno, e comunque ogni qualvolta se ne presenti la necessità, la pulizia degli attraversamenti da parte del proprietario e/o concessionario;
- devono essere previste opere di intercettazione del materiale nelle zone di imbocco e, in casi specifici, per i corsi d'acqua del reticolo principale, apposita vasca di sedimentazione a monte.

Per ottemperare a quanto previsto il progetto di sistemazione generale prevede, in generale, i seguenti interventi, che sono meglio esplicitati nella relazione del tecnico incaricato. In generale da un punto di vista idraulico/idrogeologico si prevede di:

a) andare a realizzare una o più briglie di tipo a pettine, realizzate con profilati metallici infissi nell'alveo per salvaguardare dalla possibile ostruzione l'imbocco di monte (prossimo alla sezione 27).

La briglia (o le briglie) consentirebbero di intercettare, a più livelli, il materiale solido trasportato verso valle tanto quello flottante tanto quello in rotolamento. Queste briglie e/o altre soluzioni dovranno impedire che materiale di ingombro superiore al minimo consentito possa andare ad introdursi all'interno del tratto tombinato che ha una luce ristretta.

Comunque resta di basilare importanza che la realizzazione della/e briglia/e sia pensata con la possibilità di potere accedere in alveo ogniqualvolta sia necessario ottemperare ad opere di manutenzione/pulizia e con la possibilità che eventuali accumuli di materiale in alveo non siano causa, loro stessi, di possibili esondazioni.

Per questo motivo diventa di estrema importanza andare a verificare che l'arginatura consenta di poter disporre del "margine utile" al fine di evitare pericolose esondazioni e, se il margine/franco si ritiene non adeguato andare ad intervenire realizzando ulteriori file di gabbioni in modo da creare un ulteriore margine al transito di piena.

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

b) realizzare un canale scolmatore collocato sotto la pubblica viabilità Strada Casai. L'opera di intercettazione (o di presa) sarà posta presso la sezione 24 e le acque rientreranno in alveo, presumibilmente, presso la sezione 14.

Il canale scolmatore, secondo la relazione dell'Ing. De Melas, dovrà essere dimensionato per smaltire il 100% della portata Q(T200). Sarà realizzato completamente interrato, ed occuperà il sedime sottostante la attuale Strada Casai. Avrà un fondo a gradoni, sezione rettangolare con larghezza costante e altezza variabile.

L'intervento è stato anche pensato in relazione al fatto che, presumibilmente, dove è ubicato l'odierna tombinatura, quella attualmente in uso, potrebbe essere realistico pensare che in alcune situazioni la tombinatura esistente possa assolvere una funzione strutturale per i parcheggi nonché per i condomini sovrastanti, compenetrandosi ed interagendo con le strutture condominiali. A questo punto della progettazione si è pensato come sia preferibile non interferire in alcun modo con la struttura esistente se non per interventi di manutenzione.

Il nuovo canale sarà realizzato con pareti portanti costituite da paratie in micropali armati, completate sul fronte da una parete in c.a. di placcaggio gettata in opera, fondo costituito da platee in c.a. gettate in opera, solaio in c.a. a tipologia prefabbricata; il tutto nel sedime della viabilità pubblica, previo preventiva delocalizzazione e successiva ricollocazione definitiva dei sottoservizi a rete interrati ivi presenti e interferenti.

Questa appare ad oggi l'unica soluzione percorribile in quanto il fitto tessuto urbano consolidato al contorno non consente l'attuazione di soluzioni di canale a cielo aperto.

Nel progetto, lungo il percorso, sono previsti almeno due punti di interconnessione tra i due canali paralleli, per consentire lo scolmo della portata dal nuovo al preesistente canale o viceversa, in caso di innalzamento dei livelli per cause impreviste non prese in conto nella modellazione.

Per la realizzazione/adeguamento del canale, a causa dell'elevato dislivello tra la quota del piano campagna e la quota del fondo del canale stesso si raggiunge un'elevata profondità di scavo che rende necessaria la realizzazione di berlinesi di sostegno del fronte di scavo per garantire il necessario grado di sicurezza del cantiere, evitare smottamenti diffusi, lesioni agli edifici circostanti cagionabile anche da semplici rilassamenti del terreno e per garantire almeno il transito pedonale lungo Strada Casai, posa a servizio di numerose unità abitative; le berlinesi anzidette, con funzione provvisionale in fase di cantiere, potranno avere funzione definitiva in quanto dimensionabili per ricevere e sostenere anche il solaio di copertura del canale.

Il primo lotto di intervento, tenuto conto di quanto affermato in relazione dall'Ing. De Melas, interesserà il tratto caratterizzato dalla minor capacità idraulica, cioè il tratto compreso fra la Sez.24-14.95 della tombinatura stessa, in quanto caratterizzato da :

- presenta diffuse insufficienze dal punto di vista statico in conseguenza di uno stato di degrado avanzato degli elementi che formano la struttura portante del canale interrato;
- presenta una configurazione favorevole a potenziali occlusioni data la mancanza di dispositivi di trattenuta del materiale solido a monte dell'imbocco.

Pertanto, data la disponibilità finanziaria di cui alla presente, le opere da realizzarsi con il primo lotto di intervento di cui alla presente, sono così individuate:

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

- realizzazione del by-pass stradale, previsto su aree pubbliche e private, in sponda orografica sinistra, con requisiti che ne consentano l'uso anche in futuro, sia per la realizzazione degli ulteriori lotti di lavoro, sia per consentire le attività di manutenzione del canale interrato, stante la necessità di garantire in ogni momento la accessibilità delle aree oggi servite unicamente da strada Casai;
- realizzazione del sistema di intercettazione del materiale flottante (briglia a pettine) a monte dell'imbocco della tombinatura [sez.27];
- realizzazione di opera di presa provvisoria (da rimuovere ad avvenuto completamento del canale scolmatore attuabile con futuri lotti) con manufatto di deviazione presso la sezione 17, completo di soglia di scolmo di sicurezza.

Dal punto di vista del rischio idraulico si evidenzia che l'intervento non incide sullo scenario di pericolosità idraulica attuale.

L'opera di primo lotto costituisce comunque un netto miglioramento in quanto:

- mitiga il rischio di occlusione della tombinatura per effetto del trasporto di materiale flottante;
- costituisce messa in sicurezza del tratto di canale "bypassato" rispetto al rischio connesso ad eventuale collasso strutturale del canale esistente;
- mitiga il rischio di inondazione delle aree poste a valle della camera di raccordo a cielo aperto, in quanto, con opportuna sagomatura delle pendenze stradali, le acque superficiali provenienti dalla strada, sia per effetto di eventuale esondazione presso l'imbocco della tombinatura, sia per effetto di crisi del sistema di acque bianche, possono riconfluire nella sede del rio.

Il tracciato del nuovo canale scolmatore assume anche più rettilineo/rettificato e l'innesco, o restituzione delle acque al bacino iniziale, è molto più graduale.

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com



Immagine 34 mappa del modello idraulico stato di 1° Lotto (De Melas, 2023).

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

9.DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO

L'intervento che si andrà a realizzare sarà riconducibile tanto alla situazione non drenata quanto alla situazione drenata questo perché, per i carichi ordinari cui sono sottoposti i terreni nell'ambito dell'ingegneria civile, si ha che in un terreno saturo sia lo scheletro solido sia l'acqua vengono assunti come incomprimibili e pertanto, a seguito dell'applicazione di un carico, il terreno può variare il proprio volume solo espellendo l'acqua contenuta nei pori attraverso una riorganizzazione dello scheletro solido. Nell'istante in cui viene applicato il carico sul terreno, per un terreno saturo l'incremento di tensione dovuto all'applicazione del carico viene incassato completamente dall'acqua contenuta nei pori che subisce una variazione detta "pressione in eccesso". Tale situazione, nella quale non si ha moto relativo tra l'acqua contenuta nei pori e lo scheletro solido prende il nome di condizione non drenata. Tale condizione viene detta condizione di "breve termine" in quanto costituisce la situazione iniziale nella quale si trova il terreno subito dopo l'applicazione del carico.

Dopo un certo lasso di tempo tutto il carico sarà trasferito dall'acqua allo scheletro solido e ciò avviene in quanto parte dell'acqua contenuta nei vuoti sarà espulsa dal volume di terreno, proporzionalmente all'intensità del carico applicato. Nell'ingegneria geotecnica tale situazione, corrispondente alla completa dissipazione della "pressione in eccesso", viene definita come condizione drenata. La condizione drenata coincide con la condizione di "lungo termine" in quanto si verifica dopo un certo lasso di tempo, più o meno lungo, dall'applicazione del carico ovvero quando il processo di consolidazione legato alla dissipazione delle pressioni in eccesso è terminato.

Questa doverosa premessa cerca di spiegare perché nel presente studio i parametri geotecnici saranno riferiti tanto alla situazione non drenata introdotta dall'aumento del carico prodotto dalla realizzazione della nuova opera a progetto quanto alla condizione drenata in quanto oltre ai carichi già presenti da molti anni sul versante, l'intervento in sé comporta, in generale, un aumento della distribuzione dei carichi solo relativamente alla tratta in cui si andrà ad intervenire.

I parametri geotecnici indicati nel presente capitolo sono riferiti alla situazione presente in situ; i valori espressi sono stati ottenuti da prove puntuali in quanto il terreno non è mai perfettamente omogeneo perché costituito per fenomeni ed eventi successivi che determinano differenze dovute a:

- ambienti di deposizione diverse
- eventi temporali diversi
- meccanismi di deposizione
- effetti di alterazioni e pedogenesi
- fenomeni di essiccazione
- condizioni piezometriche
- pressioni litostatiche attuali e remote.

Come prevedibile la situazione reale è complessa e la parametrizzazione è condizionata dalla natura geologica piuttosto che dai dati di progetto. Occorre precisare che possono essere trascurati piccoli livelli, purché si operi sempre a favore della sicurezza. I parametri geotecnici definiti in seguito, tranne che per il substrato roccioso su cui sono state effettuate del-

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

le misure in situ, per le coltri detritiche i parametri sono desunti da precedenti indagini effettuate in prossimità dell'attuale cantiere e da prove S.P.T. già effettuate in situ e dalla bibliografia di settore,

Si è inoltre tenuto conto anche di alcune prove di laboratorio anche se, in quanto discontinue, difficilmente consentono la ricostruzione del modello fisico con le delimitazione di unità diverse in quanto forniscono informazioni discontinue ma danno indicazioni per avvallare i dati ottenuti dalle stratigrafie e dai profili di resistenza e consentono eventuali correzioni. Per questo motivo i parametri geotecnici possono essere ottenuti da prove di laboratorio e da prove in situ, tenendo presente che si dovrà effettuare il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando, come già detto, nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, *mentre si potrà fare riferimento ai valori minimi nel caso in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno*, quale potrebbe essere considerato l'intervento in programma.

Gli orizzonti di cui tener conto sono certamente la coltre detritica che si incontrerà nella realizzazione dell'opera e costituisce la parte più superficiale costituita da materiale incoerente che si adagia sopra al cappellaccio di alterazione del substrato roccioso che appartiene, quasi certamente per tutto l'areale, alle sequenze plioceniche definite come conglomerati immaturi e clastosostenuti o rozzamente organizzati, cappellaccio dei Conglomerati di Monte Villa (parte basale); lo stesso cappellaccio che, insieme alla coltre detritica, rappresenta le litologie interessate dalla realizzazione della nuova tombinatura e, più in profondità (raggiunti con la realizzazione delle palificate di contenimento) si ritrova invece il bedrock più sano e con caratteristiche geotecniche più adeguate.

Attraverso l'interpretazione dei dati ottenuti dagli studi effettuati in situ, le analisi effettuate, considerando i risultati di analisi condotte in passato su siti analoghi a quello attuale e prendendo spunto anche dalla bibliografia di settore si sono perciò definite le prime caratteristiche geotecniche medie per gli affioramenti così come è indicato anche dalle norme in modo da poter dare un range di valori per una prima indicazione dei parametri da usare nelle verifiche di rito. Le sequenze stratigrafiche che saranno poi interessate per il modello geologico vedono perciò una alternanza costituita dai terreni in successione con le indicazioni dei parametri geotecnici generici.

9.1 Primi parametri geotecnici

L'interpretazione dei dati ottenuti dalle analisi effettuate, considerando i risultati di studi condotti in passato su siti analoghi a quello attuale e prendendo spunto anche dalla bibliografia di settore si sono perciò definite gli intervalli dei valori delle caratteristiche geotecniche per gli affioramenti ed il sedime sciolto così come è indicato anche dalle norme in modo da poter dare una prima indicazione dei parametri da usare nelle verifiche di rito. Tali dati si possono perciò desumere nei valori espressi di seguito in base alla stratigrafia riconosciuta. Le sequenze stratigrafiche che saranno poi interessate per il modello geologico vedono perciò una alternanza costituita dai seguenti terreni in successione con le indicazioni dei parametri geotecnici generici.

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

ID. Strato	Descrizione	Spessore (m)	Parametri geotecnici
I.	Strato superficiale/Coltre detritica - terreno superficiale profondo fino a circa 40/50cm, ben areato nelle aree dove si ha ancora un'attività agricola, con presenza di ciottoli di piccola pezzatura e materiale organico quali radici, foglie, anche in decomposizione;	dal p.c. a -0,30/-0,40 m	γ = 16,50 – 19,50 KN/m^3 γ sat = 19 – 21,5 KN/m^3 $c' = 0$ KPa φ = 24°- 26°
II.	Coltre detritica e riporti antropici da poco e/o scarsamente addensata ad addensata e compatta costituita da sabbie arenaceo - limose, rimaneggiato superficialmente da attività antropica e/o frammisto a terreno di riporto antropico, con presenza di pietrame di ridotte/medie dimensioni ed un indice dei vuoti che tende a diminuire con la profondità. Lo spessore di tale strato è variabile e si ritrova fino a circa -1,92/-3,15m dal piano campagna per la stesa S1 e fino a circa -1,62/-3,77m dal piano campagna per la stesa S2. Il valore delle Vs<400m/s;	da -0,30/-0,40m a -2,0/-4,0m circa	γ = 18 – 22,5 KN/m^3 γ sat = 18 – 23,5 KN/m^3 $c' = 0$ KPa φ = 25°- 28° Cu = 10 - 60 KPa
III.	Cappellaccio di alterazione del substrato roccioso in situ, incontrato fino a -8/-10 metri di profondità, con velocità Vs<800m/s. Non rappresenta ancora il bedrock sismico della zona ma costituisce un orizzonte con buone caratteristiche geotecniche.	da -2,0/-4,0m a -8,0/-10,0m circa	γ = 21,00 – 22,50 KN/m^3 γ sat = 21,8 – 22,5 KN/m^3 $c' = 15 – 30$ KPa φ = 24° - 26°
IV.	Substrato sano o bedrock sismico dell'area, si trova ad una profondità variabile. Per distinguere tale limite si è tenuto conto del livello in cui il substrato presenta una velocità delle onde Vs>800m/s. Tale orizzonte si è ritrovato in tutte le indagini eseguite.	oltre -8,0/-10,0m	γ = 22,00 - 23,80 KN/m^3 $c' = 20 - 60$ KPa φ = 25°-28°

Le opere di fondazione per ogni parte dell'intervento descritto come 1° Lotto (con relativa berlinese realizzato con micropali) saranno certamente immorsate nel cappellaccio del Conglomerato di Monte Villa a partire dalle varie profondità così come indicate nel Profilo lon-

Studio Geologico
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

gitudinale realizzato; la coltre detritica costituisce il restante spessore fino al piano campagna. I parametri geotecnici sono stati ricavati tramite prove di laboratorio, le relazioni note in letteratura, dai valori NSPT e dalla esperienza professionale.

9.2 Indicazioni per le verifiche

Le caratteristiche delle litologie che costituiranno e/o saranno interessate dall'intervento sono definite nel quadro dei parametri geotecnici (valori medi) attribuiti ad ogni unità lito – tecnica individuata, i parametri sono desunti dall'analisi effettuata sull'ammasso roccioso, da precedenti dati di laboratorio, da dati ottenuti con indagini effettuate per lavori similari posti nello stesso comprensorio e dalla bibliografia:

- **Coltre detritica (ID II)**

Unità lito – tecniche	Peso di volume **γ** (kN/m^3)	Peso di volume saturo γ_{sat} (kN/m^3)	Angolo di attrito **φ** (°)	Coesione **c** (KPa)	Coesione non drenata C_U (KPa)
Coltre detritica	18 – 22,5	19 – 23,5	25°- 28°	0	10 - 60

La coltre detritica, nelle verifiche di stabilità e/o nei calcoli, dovrà avere i parametri geotecnici definiti con la precedente tabella. La falda non è stata riscontrata al momento delle indagini ma se ne può ipotizzare la presenza al passaggio fra la coltre ed il cappellaccio con sporadiche risalite in caso di eventi piovosi duraturi o di forte intensità. La fluitazione della falda avviene velocemente verso l'alveo e/o verso il Mar Ligure.

- **Ammasso roccioso molto fratturato e molto alterato (ID III)**

Unità lito – tecniche	Peso di volume **γ** (kN/m^3)	Angolo di attrito **φ** (°)	Coesione **c** (KPa)
Sub. alterato e fratturato	21,00 – 22,50	24° - 26°	15 – 30

L'ammasso roccioso alterato e fratturato costituisce la litologia, ai fini dei calcoli con un buon margine di sicurezza, che accoglierà le opere a progetto (insieme alla coltre detritica). I parametri geotecnici da usare sono definiti con la seguente tabella. Questo substrato si incontra in ogni punto dell'intervento.

- **Ammasso roccioso (ID IV)**

Unità lito – tecniche	Peso di volume **γ** (kN/m^3)	Angolo di attrito **φ** (°)	Coesione **c** (KPa)
Bedrock	22,00 - 23,80	25°-28°	20 - 60

L'ammasso roccioso anche se alterato e poco fratturato costituisce la parte di substrato al di sotto del cappellaccio dove la Vs>800m/s, questi orizzonti risentono in modo minore l'influenza degli agenti esogeni e le fratture sono meno importanti anche per effetto del peso della parte di roccia soprastante. Il cappellaccio presenta invece velocità sismiche basse

Studio Geologico
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

(Vs<800m/s). Nelle verifiche di stabilità e/o nei calcoli, si dovranno utilizzare i parametri geotecnici definiti nella tabella precedente. I parametri definiti sono da utilizzarsi a scopo di sicurezza e sono stati definiti, di proposito, i valori più bassi.

In relazione a quanto riportato nella Relazione "INDAGINI SISMICHE AI SENSI DELLE NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI (NTC 2018)" al punto 2. Conclusioni, "*Non si esclude che in corrispondenza della sismica S1, il terzo sismostrato, caratterizzato da una velocità delle onde P pari a 1922 m/s, possa essere costituito dal Flysch di Sanremo, presente al di sotto dei depositi pliocenici*" si riportano i parametri geotecnici anche pe tale litologia rocciosa.

- **Ammasso roccioso del Flysch di Sanremo (ID V)**

Unità lito – tecniche	Peso di volume **γ** (kN/m^3)	Angolo di attrito **φ** (°)	Coesione **c** (KPa)
Bedrock	18,7 – 20,5	29° ÷ 32°	50 ÷ 150

Gli orizzonti stratigrafici indicati come ID I e ID II sono accomunati e perciò presentano anche gli stessi parametri geotecnici. L'orizzonte ID V sarà interessato dall'intervento solo marginalmente. Visto che nell'intervento saranno coinvolti modesti volumi di terreno si dovrà far riferimento ai valori geotecnici minimi fra quelli indicati nelle precedenti tabelle per le verifiche dell'intervento.

9.3 Primi parametri sismici

Con l'utilizzo del software freeware Geostru – PS della Geostru, si è provveduto al calcolo dei parametri e dei coefficienti sismici fondamentali del sito in oggetto utilizzando i dati riportati in tabella e considerando le caratteristiche stratigrafiche e topografiche dell'area di intervento ai fini delle Opere di sostegno NTC2018 per GeostruPS.

Tipo di costruzione	
Vita nominale VN	50 anni
Classe d'uso	II
Coefficiente d'uso CU	1
Vita di riferimento VR = VN * CU	50 anni

Dal Supplemento ordinario n. 8 alla GAZZETTA UFFICIALE Serie generale - n. 42 del 20/02/2018 si sono ottenute le necessarie informazioni relative alla Vita nominale di progetto VN di un'opera che è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali. I valori minimi di VN da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella Tab. 2.4.I. Tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo. Sempre sullo stesso documento si sono dedotte le informazioni relative alle Classi

Studio Geologico
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

d'uso (Paragrafo 2.4.2) Con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso l'opera può essere classificata come in 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. Perciò ricapitolando si ottiene con il Tipo di elaborazione - Paratie NTC 2018:

Categoria del suolo di fondazione: B

Categoria topografica: T 1

Sito in esame.

latitudine: 43,838191

longitudine: 7,874895

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 19122 Lat: 43,8508 Lon: 7,8719 Distanza: 1424,350

Sito 2 ID: 19123 Lat: 43,8541 Lon: 7,9411 Distanza: 5593,691

Sito 3 ID: 19345 Lat: 43,8042 Lon: 7,9456 Distanza: 6817,360

Sito 4 ID: 19344 Lat: 43,8009 Lon: 7,8765 Distanza: 4145,141I

I parametri sismici sono stati determinati mediando i valori del reticolo di riferimento della pericolosità sismica (Allegato A, tab. n. 1 delle N.T.C.) in base alle coordinate geografiche della zona in esame. Si riporta di seguito il report relativo all'elaborazione per la Stabilità dei pendii NTC 2018.

STATO LIMITE DI OPERATIVITÀ SLO

Parametri sismici		Coefficienti sismici	
Probabilità superamento	81 %	Ss	1,200
Tr	30 anni	Cc	1,540
ag	0,026 g	St	1,000
F0	2,574	Kh	0,006
Tc*	0,184 s	Kv	0,003
		amax	0,311 g
		Beta	0,200

STATO LIMITE DI DANNO SLD

Parametri sismici		Coefficienti sismici	
Probabilità superamento	63 %	Ss	1,200

Studio Geologico
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

Parametri sismici		Coefficienti sismici	
Tr	50 anni	Cc	1,510
ag	0,039 g	St	1,000
F0	2,631	Kh	0,009
Tc*	0,208 s	Kv	0,005
		amax	0,455 g
		Beta	0,200

STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA SLV

Parametri sismici		Coefficienti sismici	
Probabilità superamento	10 %	Ss	1,200
Tr	475 anni	Cc	1,410
ag	0,148 g	St	1,000
F0	2,433	Kh	0,043
Tc*	0,290 s	Kv	0,021
		amax	1,744 g
		Beta	0,240

STATO LIMITE DI PREVENZIONE DEL COLLASSO SLC

Parametri sismici		Coefficienti sismici	
Probabilità superamento	5 %	Ss	1,200
Tr	975 anni	Cc	1,390
ag	0,199 g	St	1,000
F0	2,473	Kh	0,057
Tc*	0,305 s	Kv	0,029
		amax	2,346 g
		Beta	0,240

9.4 Liquefazione dei suoli.

La liquefazione è l'annullamento di resistenza al taglio di terreni granulari saturi sotto sollecitazioni sismiche, in conseguenza delle quali il sedimento raggiunge una condizione di fluidità pari a quella di un liquido viscoso.

Molti autori hanno evidenziato una correlazione tra età e tipo di deposito alluvionale continentale riguardo alla suscettibilità alla liquefazione. Youd e Perkins (1978), ad esempio, hanno redatto una tabella con i dati raccolti durante terremoti "strong motion" dell'area di San Diego (California) da cui risulta che i sedimenti deposti dai corsi d'acqua hanno una probabilità di liquefarsi da alta a molto alta se di età minore di 500 anni o Olocenica; se di età pleistocenica e pre-pleistocenica la probabilità di liquefarsi è invece bassa.

Studio Geologico
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

Questa indagine ed altri studi - Mori et Al. (1978), Iwasaki et Al. (1982), etc. – mostrano una correlazione diretta tra suscettibilità alla liquefazione ed età del deposito, nel senso che le maggiori probabilità di accadimento del fenomeno si hanno nei sedimenti granulari saturi recenti (Olocene) e recentissimi (meno di 500 anni).

I terreni dell'intervento a progetto non sono compresi fra i terreni suscettibili di liquefazione, per loro costituzione e/o natura geologica, strati o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, per questo motivo non occorre procedere alla valutazione del coefficiente di sicurezza alla liquefazione.

Tenuto conto, inoltre, che il fenomeno della liquefazione tende a riprodursi negli stessi luoghi ogni qual volta si ripetono le condizioni sismiche, si rileva che per il sito di interesse, in occasione di terremoti, non risultano essere mai stati segnalati né richiamati in letteratura manifestazioni di liquefazione dei terreni.

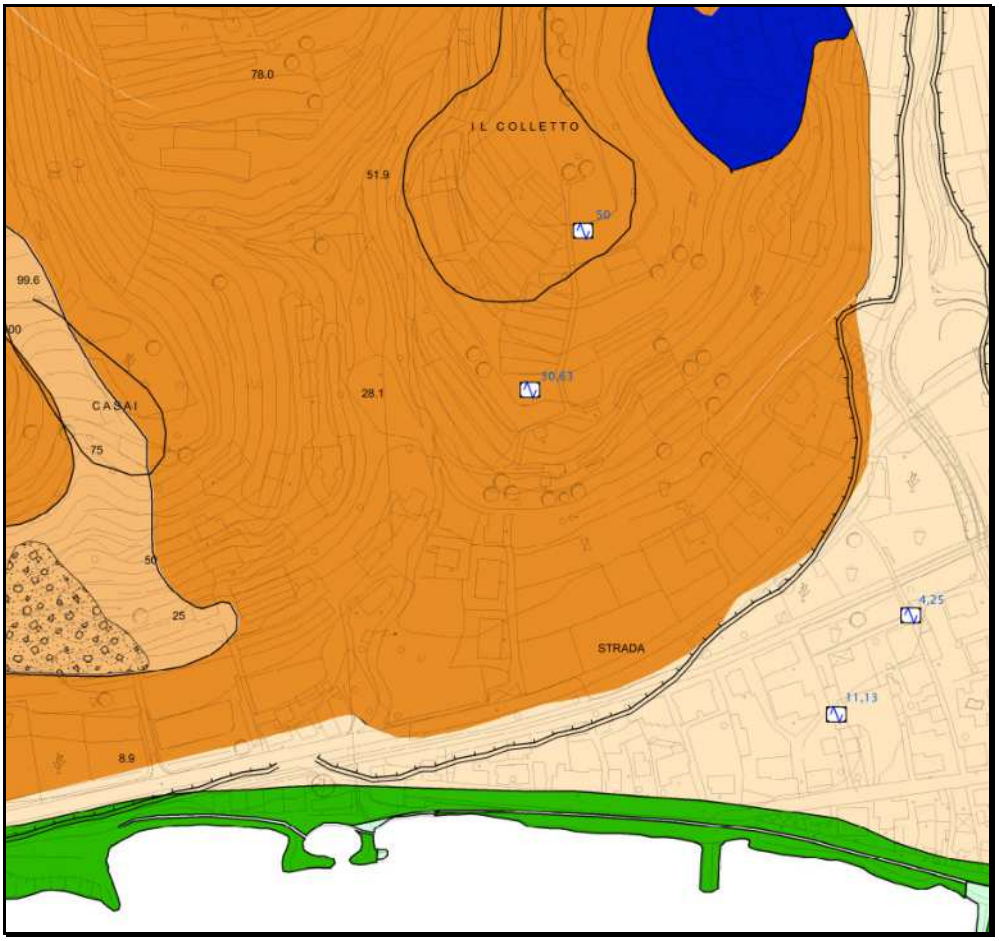


Immagine 35 Estratto Carta di Microzonazione sismica o MOPS (Regione Liguria, 2013)

Il nuovo tracciato va ad interessare due aree (Tavola MOPS) con caratteristiche e comportamento sismico diverso. La parte bassa del tracciato rientra nella zona definita come Zona di attenzione alla liquefazione mentre la parte in alto rientra nelle Zone suscettibili di am-

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

plificazione locali. Fatte queste premesse si è posta particolare attenzione in quanto l'inserimento, seppur anche di una piccola parte, nelle zone instabili soggette a fenomeni co-sismici, ovvero nella tipologia di aree definite come Zona di attenzione per liquefazione. Riportando quanto estrapolato dalla Relazione descrittiva MOPS del Comune di Riva Ligure si legge:

"… L'area di interesse ricade nelle zone stabili soggette a fenomeni di amplificazione sismica in quanto Zona di attenzione per liquefazione. Per tali aree si riporta nella Relazione descrittiva che accompagna lo studio per la tavola delle MOPS:

- *nella successione litologica sono presenti orizzonti di argilla sabbiosa, limi sabbiosi, sabbie, sabbie limose, sabbie ghiaiose, sabbie argillose e ghiaie sabbiose ad una profondità minore di 20 m dal p.c. In alternativa, è possibile rilevare che nella successione litologica sono presenti orizzonti di materiale granulare con particelle di diametro compreso nei fusi granulometrici definiti anche in ICMS08 - Capitolo 2 (Relazione Geologica per la Microzonazione sismica);*
- *falda acquifera a una profondità media stagionale inferiore a 15 m dal p.c.;*
- *eventi sismici attesi di magnitudo Mw uguale o superiore a 5.*
- *accelerazione massima attesa (PGA) su ammassi rocciosi o terreni molto rigidi e in free field uguale o superiore a 0.1g per un periodo di ritorno pari a 475 anni.*

Le normative di riferimento sono:

- gli Eurocodici (UNI ENV 1998-5:1998) che nel caso di edifici su fondazioni superficiali la verifica alla suscettibilità a liquefazione può essere omessa:
  - se il terreno sabbioso saturo si trova a profondità superiore ai 15 m dal piano campagna;
  - per valori di α < 0,15 (α è il coefficiente di accelerazione di progetto) e, al contempo, la sabbia in esame soddisfi almeno una delle condizioni seguenti:
  - contenuto di argilla maggiore del 20% e con indice di plasticità maggiore di 10;
  - contenuto di limo maggiore del 10% e resistenza $(N_1)_{60} > 20$;
  - frazione fine trascurabile e resistenza $(N_1)_{60} > 25$.
- Le NTC 2018 e ss.mm.ii. chiariscono che la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:
  - accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
  - profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
  - depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
  - distribuzione granulometrica esterna alle zone limiti indicate nella figura 32.

Studio Geologico
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

Immagine 36 Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione (§ 7.11.3.4.2 NTC 2018).

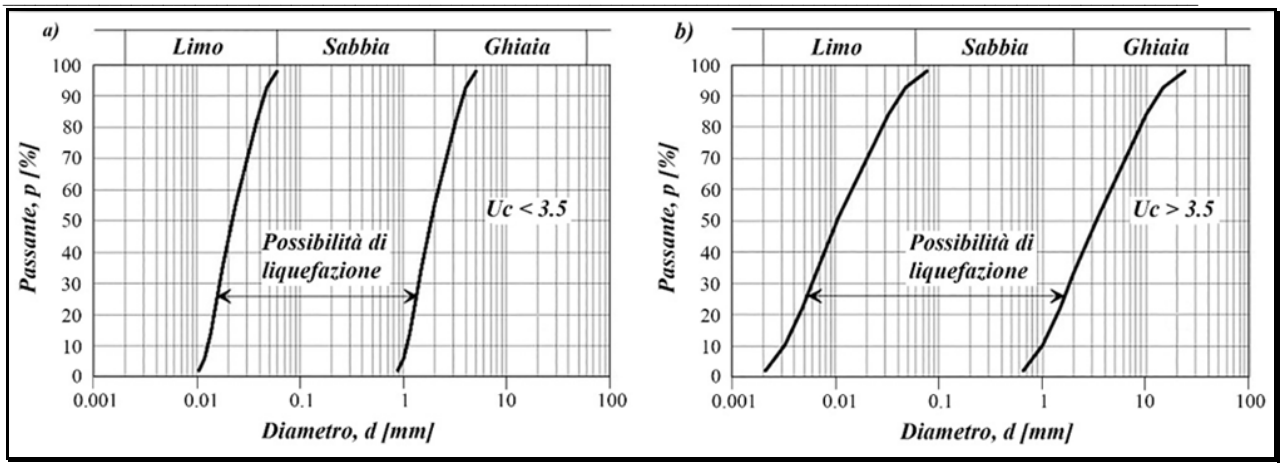


Immagine 37 Distribuzione granulometrica in base a Uc secondo le NTC2018.

Dalle indagini svolte, dalla sovrapposizione dell'intervento sul profilo longitudinale ricostruito, e confrontabile nelle due immagini che seguono, si può dedurre come, ai fini stessi dell'intervento si possa escludere che i fusi granulometrici presenti in situ siano suscettibili di liquefazione ciò è dovuto al limitato spessore degli stessi depositi detritici che occupano la parte più superficiale del versante. Lo spessore contenuto ottenuto dalle indagini sismiche sulle onde P mostra, come valore massimo, uno spessore pari a 3,77m. l'intervento stesso in sé vedrà l'interessamento del cappellaccio di alterazione e, in parte, dello stesso bedrock.

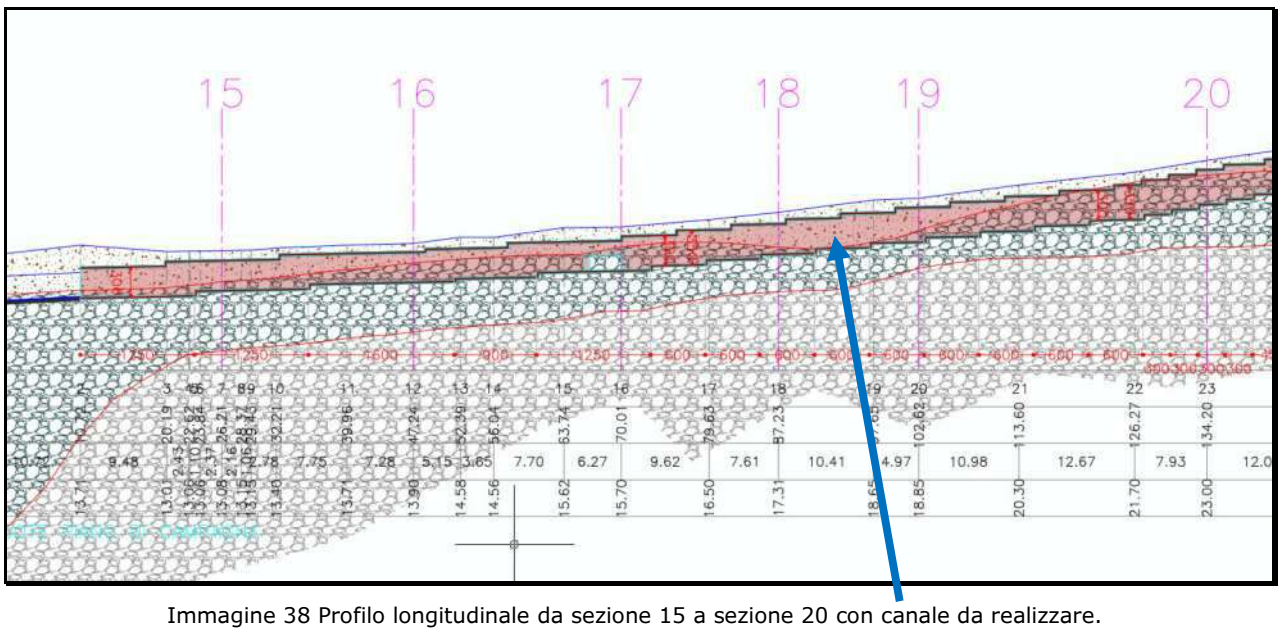


Immagine 38 Profilo longitudinale da sezione 15 a sezione 20 con canale da realizzare.

Come è poi possibile verificare dalle sezioni il nuovo canale, che nelle immagini riportate è segnalato, va ad occupare interamente il livello geologico ID I e II - *Coltre detritica e riporti antropici da poco e/o scarsamente addensata ad addensata e compatta costituita da sabbie*

Studio **G**eologico
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

arenaceo - limose, rimaneggiato superficialmente da attività antropica e/o frammisto a terreno di riporto antropico, con presenza di pietrame di ridotte/medie dimensioni ed un indice dei vuoti che tende a diminuire con la profondità e, frequentemente, la base del canale va ad intestarsi nello strato ID III - *Cappellaccio di alterazione del substrato roccioso in situ, incontrato fino a -8/-10 metri di profondità, con velocità Vs<800m/s. Non rappresenta ancora il bedrock sismico della zona ma costituisce un orizzonte con buone caratteristiche geotecniche*, escludendo, in questo modo, ogni possibilità che la liquefazione possa rappresentare un problema che possa interessare l'opera il sé.

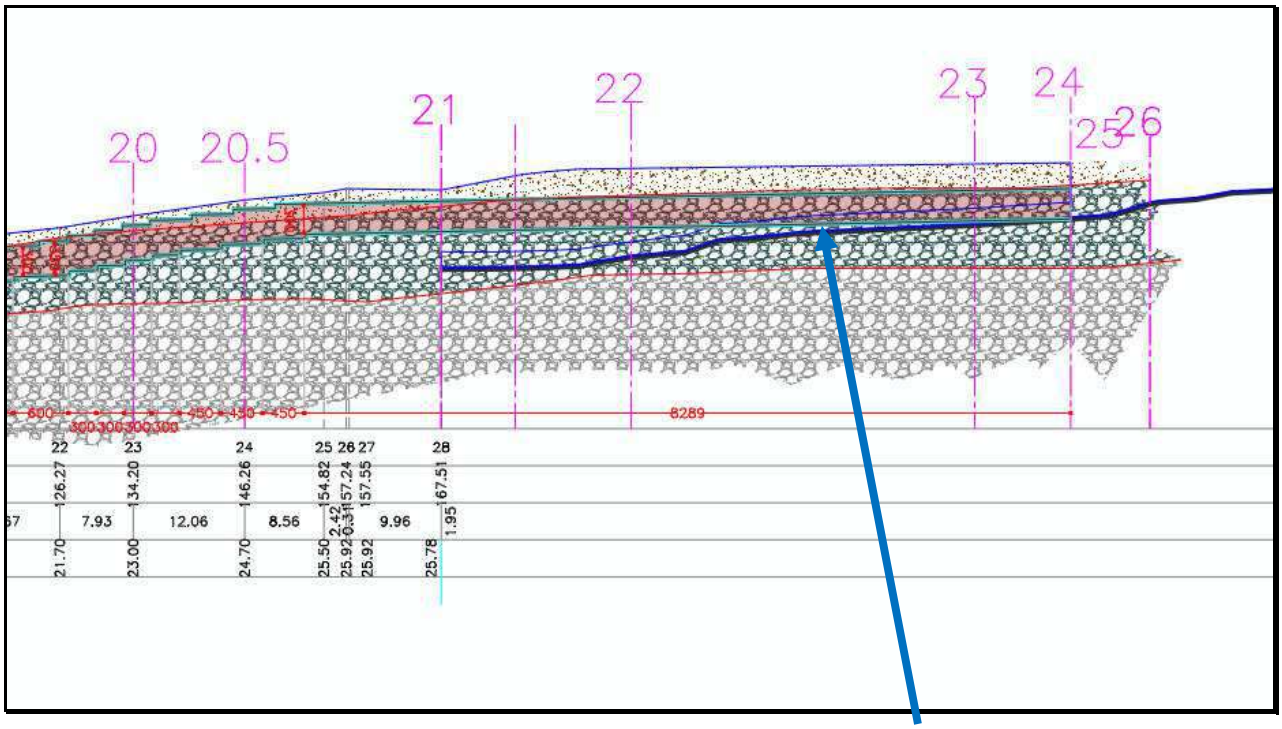


Immagine 39 Profilo longitudinale da sezione 20 a sezione 24 con canale da realizzare

Non si è rilevata la presenza di falda superficiale anche se si pensa che si possa trovare al passaggio fra la coltre detritica/alluvioni ed il cappellaccio del substrato.

9.5 Altre indicazioni.

Il crescente uso delle prove geosismiche sul terreno (per accessibilità, costi, impianto cantiere, ecc.), permette oltre alla ricostruzione dell'andamento del sottosuolo in strati omogenei ed alla definizione delle velocità sismiche, anche la preliminare e cautelativa stima di alcuni parametri geotecnici dei livelli attraversati dall'indagine geofisica stessa.

Occorre subito precisare che tali “correlazioni” tra velocità delle onde sismiche e parametri geomeccanici dovranno essere utilizzate, soprattutto dal progettista, con grande atten-

Studio Geologico
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

zione e spirito critico e dovranno essere necessariamente legate ad un'adeguata conoscenza geologica del sito. Nel dettaglio si vuole stimare, in prima approssimazione, la capacità portante ed il coefficiente di Winkler in "correlazione" alla velocità delle onde di taglio (trasversali - VS). In base agli studi ed alle formule di Imai e Yoshimura (1976) e di Keceli (2012) è possibile riportare il seguente grafico che evidenzia l'andamento della capacità portante in funzione di VS:

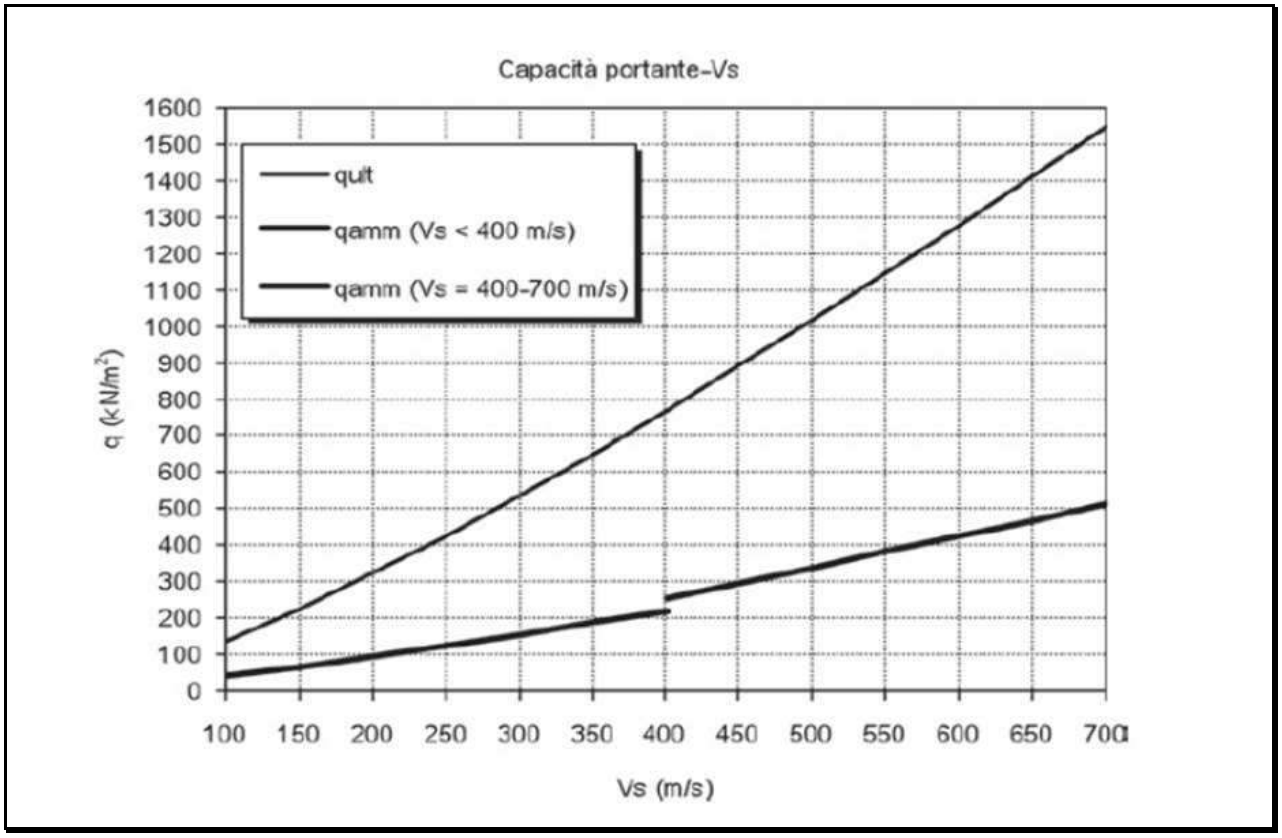


Immagine 40 Capacità portante in relazione al valore della Vs.

Si ricorda, come è noto, che la portanza qa dipende da molti fattori, tra cui la geometria delle fondazioni, la profondità di infissione delle stesse, la modalità realizzativa, il tipo di fondazioni, ecc. I valori riportati sono quindi puramente indicativi.

In merito al coefficiente di Winkler il grafico di riferimento, sempre per gli stessi autori, risulta quello di seguito inserito.

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

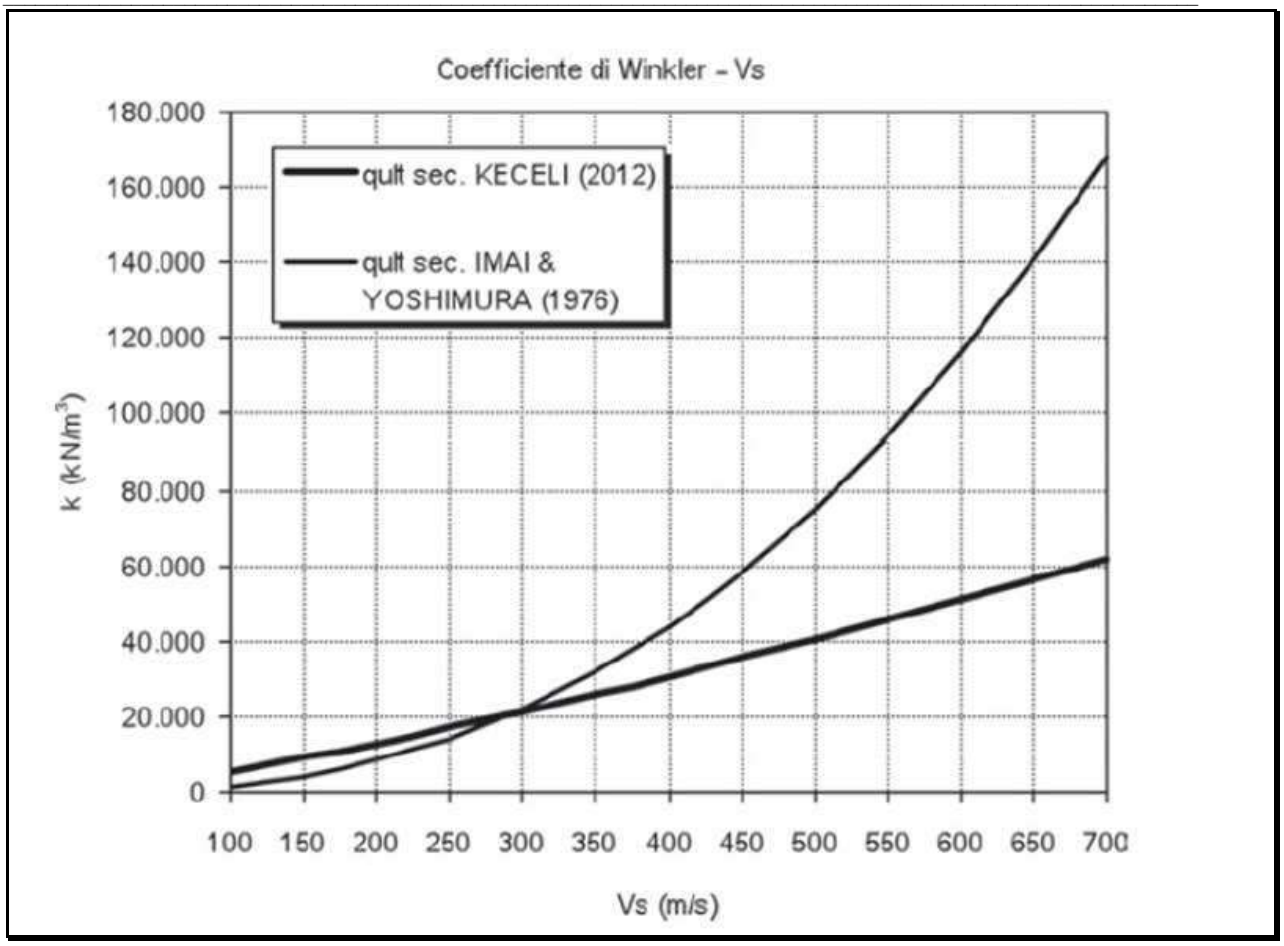


Immagine 41 Correlazione Coefficiente di Winkler e Vs.

Come detto anche in merito alla portanza, il coefficiente di Winkler non risulta essere una proprietà intrinseca del terreno, ovvero determinabile a prescindere dalla geometria delle fondazioni, dalla distribuzione dei carichi, dalle caratteristiche stratigrafiche e geologiche del sottosuolo, ecc. I grafici precedenti forniscono solamente stime ed indicazioni preliminari del comportamento del terreno.

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

10. CONCLUSIONI E PRESCRIZIONI.

In base anche a quanto riportato nella relazione che illustra le indagini effettuate ed i risultati ottenuti dalle stesse, nonché i dati rilevati nei vari sopralluoghi effettuati su un ampio contorno dell'area che sarà interessata dall'intervento a progetto e i dati ottenuti da precedenti studi effettuati dallo scrivente e da altri Colleghi, dal punto di vista geologico - geomorfologico ed allo stato attuale, si ritiene che il progetto, meglio descritto nelle tavole e relazioni progettuali a firma dei Tecnici incaricati, sia fattibile pur se con qualche accorgimento costruttivo che sarà evidenziato in questo capitolo; non si ravvisa, quindi, nulla di ostativo alla realizzazione dell'intervento nel rispetto di quanto espressamente specificato. Per la realizzazione delle opere dovranno, comunque, essere rispettate alcune necessarie prescrizioni generali riportate sotto, senza le quali non si potrà garantire il raggiungimento di un adeguato fattore di sicurezza:

L'assetto dell'area è da ritenersi favorevole a recepire l'intervento in progetto, inoltre le opere a progetto consentiranno di percorrere la via di una prima mitigazione del rischio in quanto, le opere a progetto consentiranno di andare a diminuire la pericolosità idraulica, in quanto l'area è occupata dalle

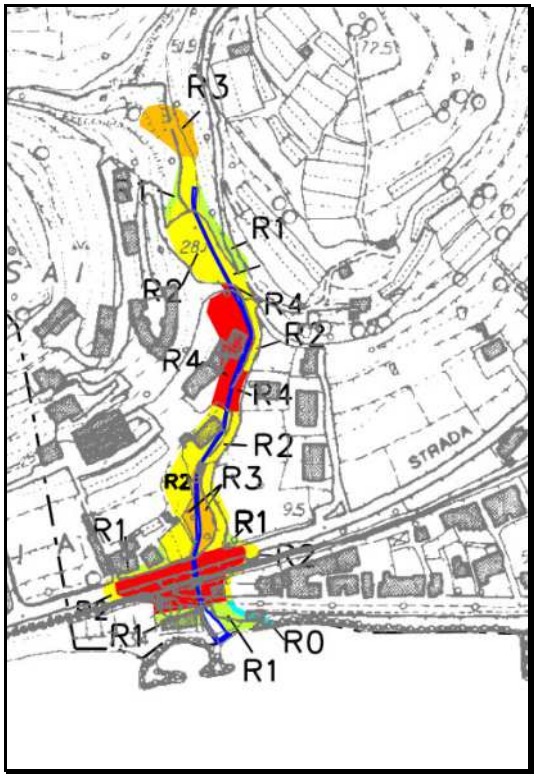


Immagine 42 Estratto Tavola 14bis Carta del Rischio idraulico (Piano di bacino Rii Minori, 2015).

Studio Geologico
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

Il recupero totale dell'area dovrà essere perseguito in futuro con il reperimento di adeguati fondi che consentano di portare a compimento l'adeguamento idraulico dell'intera area come da progettazione idraulica di riferimento a cura dell'Ing. Alessio De Melas. L'opera per poter essere realizzata, in alcuni punti, avrà bisogno che siano realizzate delle importanti opere provvisionali che garantiscano la sicurezza del cantiere durante gli scavi di sbancamento che si rendono necessari per poter impostare il giusto il piano di posa delle stesse opere a progetto.

Le opere di sostegno (berlinesi) si rendono necessarie per la messa in sicurezza degli scavi provvisori in quanto, in alcuni punti, lo sbancamento che si dovrà andare a realizzare può approssimarsi ai 7/8metri di profondità dal piano campagna, poiché vi è un elevato dislivello tra la quota del piano campagna e la quota del fondo del canale. L'opera provvisionale garantirà il necessario grado di sicurezza del cantiere, costituirà elemento fondamentale per evitare smottamenti diffusi, possibili lesioni agli edifici circostanti cagionabile anche da semplici rilassamenti del terreno.

Inoltre, costituiranno una buona garanzia di sicurezza almeno per il transito pedonale lungo Strada Casai, posta a servizio di numerose unità abitative; le berlinesi anzidette, con funzione provvisionale in fase di cantiere, potranno avere funzione definitiva in quanto dimensionabili per ricevere e sostenere anche il solaio di copertura del canale. Le "berlinesi" saranno realizzata con micropali in acciaio – ancorati nel terreno costituito dal substrato del cappellaccio di alterazione del substrato roccioso presente in loco che interessa, come è possibile verificare dalle Immagini 38 e 39, quasi in ogni punto la parte fondazionale del canale che si vuole andare a realizzare.

Al momento della redazione della presente Relazione geologica, l'analisi dei dati mostra come lungo il profilo longitudinale possano, rispetto al contesto generale, identificarsi almeno due aree di criticità più elevata rispetto al contorno. Precisamente, sempre con riferimento alle immagini su elencate, si possono identificare l'area a valle della sezione 16 e l'area compresa fra la sezione 18 e sezione 19. La criticità è legata all'interpretazione dei risultati, ovvero tanto alle profondità dei vari rifrattori sismici quanto alle stesse velocità dei vari sismostrati. I valori ottenuti dalla rielaborazione devono essere perciò considerati con un margine di incertezza che si somma all'errore insito proprio nei metodi geofisici, che si aggira attorno al 10-15%. Il discorso che ci interessa nella presente relazione è l'incertezza sulla profondità. Le zone di criticità evidenziate fra le sezioni riportate sono perciò direttamente collegate a tale incertezza.

La criticità delle due aree è pertanto dovuta alla possibilità che il piano fondazionale dell'intervento non sia quello indicato nella sezione ma possa essere ancora la stessa coltre detritica/antropica. Questo problema si riscontra solo in queste due aree in quanto, in tutti gli altri casi, nonostante l'incertezza, il substrato direttamente interessato dalle fondazioni è ben delineato. Non si delineano, al momento, altre problematiche relative alla tipologia dell'intervento descritto che può essere pensato come un intervento di "alleggerimento" del versante in quanto si tratta di una sostituzione "pieno per vuoto". In sé l'intervento trattasi di sbancamento di materiale in parte detritico ed in parte antropico con una buona percentuale di materiale lapideo proveniente dalla demolizione, al fine di andare a realizzare il piano di posa del nuovo canale, del substrato costituito dal cappellaccio dei Conglomerati di Monte Villa che sono in affioramento in alcuni punti del versante. Nella loro parte più superficiale queste litologie si presentano molto fratturate ed alterate ma, più in profondità, pur rimanendo insita quale caratteristica generale della sequenza deposizionale, la presenza di una micro-

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

fratturazione litologica, le caratteristiche della roccia diventano migliori e diventa più complessa la sua escavazione pur mantenendosi sempre fra le rocce rippabili.



Immagine 43 I Conglomerati di Monte Villa affioranti a lato della Strada Casai (Secondo, 2023).

L'intervento di monte, realizzazione di briglie a pettine, non comporta particolari difficoltà realizzative se non il fatto che "i denti del pettine" debbano essere ancorati saldamente in roccia per almeno un paio di metri al fine di costituire un "saldo appoggio" che possa essere in grado di contrastare le pressioni che si potranno ottenere dal materiale solido trasportato in fluttuazione.

Oltre alla disposizione delle opere a garanzia di sicurezza della stabilità da porre a tutela degli edifici, anche la corretta raccolta delle acque di ruscellamento, il loro corretto convogliamento verso le difese naturali e/o artificiali facendo in modo che le stesse siano adeguate alle nuove portate definite, la disposizione di idonee protezioni lungo vari livelli del versante a monte della zona di attuale intervento. Questi interventi, nella loro globalità, consentiranno di innalzare il fattore di sicurezza dell'area e sul versante che costituisce in bacino del sistema Rio Pinea - Pertusio.

Con gli studi prodotti nella presente Relazione Geologica esecutiva per l'intervento descritto, quali quelli definiti come 1° Lotto, e precisamente:

a) Realizzazione di una o più briglie di tipo a pettine, realizzate con profilati metallici infissi nell'alveo per salvaguardare dalla possibile ostruzione l'imbocco di monte (prossimo alla sezione 27);

b) Realizzazione di un canale scolmatore collocato sotto la pubblica viabilità Strada Casai. L'opera di intercettazione (o di presa) sarà posta presso la sezione 24 e le acque rientreranno in alveo, presumibilmente, presso la sezione 14;

non si ravvisa, quindi, nulla di ostativo alla realizzazione dell'intervento nel rispetto di quanto espressamente specificato. Per la realizzazione delle opere dovranno, comunque, essere ri-

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

spettate alcune necessarie prescrizioni generali riportate sotto, senza le quali non si potrà garantire il raggiungimento di un adeguato fattore di sicurezza alla stabilità del versante:

- *Per quanto riguarda i parametri geotecnici dei terreni che costituiscono il sedime fondazionale delle opere pensate con la presente progettazione e che si sistemeranno sul versante, ci si dovrà attenere alle indicazioni contenute all'interno della presente relazione dove si descrive il modello geologico del sottosuolo;*
- *Il sedime topografico, in relazione ai contenuti della N.T.C. 2018, può essere classificato in base agli studi condotti e illustrati nella presente,* ***come suolo di classe B posto su un versante che rientra in classe T1****. Si esclude al momento, con i dati in possesso, che i terreni rilevati nell'area d'indagine siano potenzialmente soggetti a liquefazione, né a rotture superficiali causate da faglie né tanto meno soggetti ad altri effetti sismici locali se non quelli evidenziati nella presente relazione;*
- *Le acque di ruscellamento superficiale provenienti dalle superfici impermeabili delle aree interessate dall'intervento, dalle vie e dai sentieri che ad essa conducono e quelle intercettate all'interno di scavi dovranno essere adeguatamente raccolte e condotte verso apposite opere che ne consentano il convogliamento, in sicurezza, verso le difese e/o verso dei punti di raccolta da cui poi saranno indirizzate verso la difesa, utilizzando il sistema di allontanamento previsto con la presente progettazione. È di fondamentale importanza far sì che il ruscellamento superficiale sia adeguatamente contenuto e organizzato in modo che il deflusso sia controllato e non sia causa scatenante di episodi erosivi lungo il versante e, proprio ad evitare questa situazione, dovranno essere riviste le pendenze del manto stradale in modo che le acque intercettate sul sedime possano defluire verso la cunetta stradale e convogliate verso le tombinature;*
- *Per quanto concerne gli sbancamenti, l'esecuzione dei lavori, pur prevedendo di ridurre al minimo gli eventuali sbancamenti, comporta in sé lo sbancamento di molto materiale costituito tanto da materiale antropico, coltre detritica e cappellaccio del substrato. Alcuni di questi materiali, previa accertamenti, saranno utilizzati, come riporto e/o rinterro in loco, per il ripristino delle giuste pendenze, questo perché questi terreni provenienti dallo sbancamento sono esclusi, ai sensi del nuovo D.M.161/2012, dal campo di applicazione dei rifiuti. Prima di iniziare i lavori si dovrà provvedere alla compilazione del Piano di Utilizzo secondo le procedure contenute nella norma di riferimento. I terreni dovranno essere disposti in modo tale da non pregiudicare la stabilità geomorfologica dell'areale e non causare dissesti idrogeologici; se dovessero incontrarsi problemi, al momento non definibili, il materiale sbancato sarà portato a discarica autorizzata. Altro discorso dovrà essere fatto per le eventuali demolizioni che riguardano il materiale derivante dalla scarnificazione del cemento/asfalto che costituisce il sedime della strada comunale. Tali materiali saranno portati a discarica autorizzata e/o utilizzati in altro sito;*
- *È opportuno evitare di produrre sbancamenti e lasciarli aperti per lungo tempo, ed in caso di maltempo, ricoprire sempre gli scavi con teli impermeabili ed attenersi, comunque, alle norme del DPR 164/56 (al capo III); visto che gli sbancamenti prevedono profondità maggiori di 1,5 mt dal piano campagna dovranno essere trattati come disposto al capo III punti 12,13,14 del D.P.R. 7.01.1956 n.164 e ss.mm.ii.;*
- ***È obbligatorio avvalersi della presenza di un geologo in cantiere*** *(D.L. geologica – con incarico scritto) per la verifica dello stato del terreno, delle strutture e per eventuali interventi di varianti che si dovessero rendere necessarie e per verifi-*

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

care la corrispondenza fra i dati puntuali ottenuti dagli studi e le effettive condizioni di stabilità dell'area al fine di procedere, se necessario, con eventuali opere di stabilizzazione e/o di messa in sicurezza del versante;

- *È prevista la predisposizione, ante-scavo, di alcune opere provvisionali meglio descritte in precedenza nel presente capitolo e nella relazione a firma dell'ingegnere strutturista e geotecnico.*
- *Per le fondazioni resta valida qualunque opzione realizzativa in quanto, dalle indagini effettuate il manufatto che si andrà a realizzare avrà, come base di appoggio, il cappellaccio di alterazione del substrato rigido in situ. Il canale sarà realizzato con pareti portanti costituite da paratie in micropali armati, completate sul fronte da una parete in c.a. di placcaggio gettata in opera, fondo costituito da platee in c.a. gettate in opera, solaio in c.a. a tipologia prefabbricata. Sono perciò previste opere provvisionali che saranno realizzate attraverso la disposizione di due berlinesi a costituire i due fianchi della tombinatura. Le berlinesi anzidette, con funzione provvisionale in fase di cantiere, potranno avere funzione definitiva in quanto saranno dimensionate per ricevere e sostenere anche il solaio di copertura del canale;*
- *Si ricorda che i micropali provvisionali e/o altra soluzione ritenuta più opportuna dovranno essere immorsate nei livelli del cappellaccio di alterazione del substrato (orizzonte III); le strutture potranno essere dimensionate per trasmettere carichi fino a 150 KN/m^2, del tutto ammissibili con le caratteristiche geotecniche del substrato rinvenute in loco.* ***Si ritiene valido l'utilizzo, quale ipotesi fondativa, dover far ricorso a fondazioni profonde immorsate nell'orizzonte III in relazione ai dati stratigrafici ottenuti con le sismiche di tipo passivo****;*
- *Sotto le fondazioni e sul retro dei muri si dovrà posizionare del materiale arido e/o del geotessuto con buone caratteristiche drenanti per impedire la risalita della falda. I muri, in cemento e pietra locale, dovranno avere dei sistemi di intercettazione (barbacani) delle acque meteoriche e/o di falda con una cadenza di almeno 1 ogni 2 m^2;*
- *Le tombinature dovranno essere adeguate, dopo attenta verifica, alle portate sottese nell'ambito del bacino di appartenenza in cui ricadono. Dovranno inoltre prevedere delle opere di intercettazione del materiale nelle zone di imbocco e/o eventuali vasche di sedimentazione a monte al fine di garantire la "sezione sicura" a garanzia del funzionamento di tutta l'opera;*
- ***Si rende inoltre necessario predisporre un programma di manutenzione di tali opere mediante la pulizia che dovrà essere effettuata almeno due volte all'anno, e comunque ogni qualvolta se ne presenti la necessità, da parte del proprietario e/o concessionario;***
- *Per quanto riguarda il rispetto delle norme contenute nel Piano Stralcio "Ambito n. 5 Prino definito come Piano di Bacino dei Rii Minori dal Torrente San Lorenzo al Torrente Argentina" si fa riferimento ai particolari costruttivi definiti con la relazione del Progettista e a quanto indicato dai Tecnici e dalle A.S.L.;*
- *Le opere a progetto non influiscono sull'idrogeologia dell'area e/o e sulle zone di ricarico della falda acquifera, come raccomandato dalla L.R. 9/93 in applicazione della L. 183/89.*

Ai fini della presente pratica il sottoscritto, in base a quanto ottenuto dalle indagini e dagli studi condotti di cui ha avuto incarico dal Comune di Riva Ligure, in base a disposto dalla normativa in atto, dal P.R.G. Comunale, con riferimento esplicito alla N.T.C. 2018 per

Studio Geologico
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

l'adeguamento al rischio sismico e ai sensi delle norme di attuazione dei Piani di Bacino Stralcio per la difesa idraulica ed idrogeologica conclude che l'intervento a progetto, per quanto concerne l'attuale Progetto definito dai Tecnici Progettisti, può essere portato a termine seguendo le indicazioni e le prescrizioni contenute nella presente relazione.

A conclusione si rende opportuno ricordare che, nella sua globalità, il versante e le opere di drenaggio e allontanamento delle acque hanno bisogno di una manutenzione e di un adeguamento alle norme e questo impone la necessità di intervenire con la verifica/adeguamento delle opere di intercettazione, canalizzazione ed allontanamento delle acque provenienti dal versante. Si rende inoltre necessario predisporre un programma di manutenzione di tali opere mediante la pulizia che dovrà essere effettuata almeno due volte all'anno, e comunque ogni qualvolta se ne presenti la necessità, da parte del proprietario e/o concessionario.

11. CARTOGRAFIA ED ALLEGATI

Tavola 1 – Inquadramento;

Tavola 2 – Carta geologica-geomorfologica;

Tavola 3 – Carta idrogeologica

Tavola 4 – Ubicazione delle indagini;

Tavola 5 – Sezioni geologiche dalla sezione 14 alla sezione 21;

Tavola 6 – Profilo longitudinale;

Allegato 1 – Elaborazioni Prove sismiche: Indagini sismiche ai sensi delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018) – Report dott. Geol. Francesco D'Adamo;

Allegato 2 – Elaborazioni Prove sismiche: Indagini sismiche ai sensi delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018) – Report Indagini HVSR.

Sanremo Febbraio 2023

Il geologo incaricato

_____

(dott. geol. Gianfranco SECONDO)

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

Comune di Riva Ligure

Provincia di Imperia

Via Nino Bixio 15 – 18015 Riva Ligure (IM) – Tel 0184 48.201 Fax 0184 48. 77.00 – C.F. 00248350084

E-mail: info@comunedirivaligure.it - ufficiotecnico@comunedirivaligure.it

sito internet: www.comunedirivaligure.it



Finanziato dall'Unione europea

NextGenerationEU

PRIMO LOTTO FUNZIONALE INTERVENTO DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO INERENTE IL RIO PERTUSIO - PNRR MISSIONE 2 COMPONENTE 4 INTERVENTO 2.2

CUP: I66F20000010006

LOTTO FUNZIONALE

TAVOLE RELAZIONE GEOLOGICA.

***S**tudio **G**eologico*

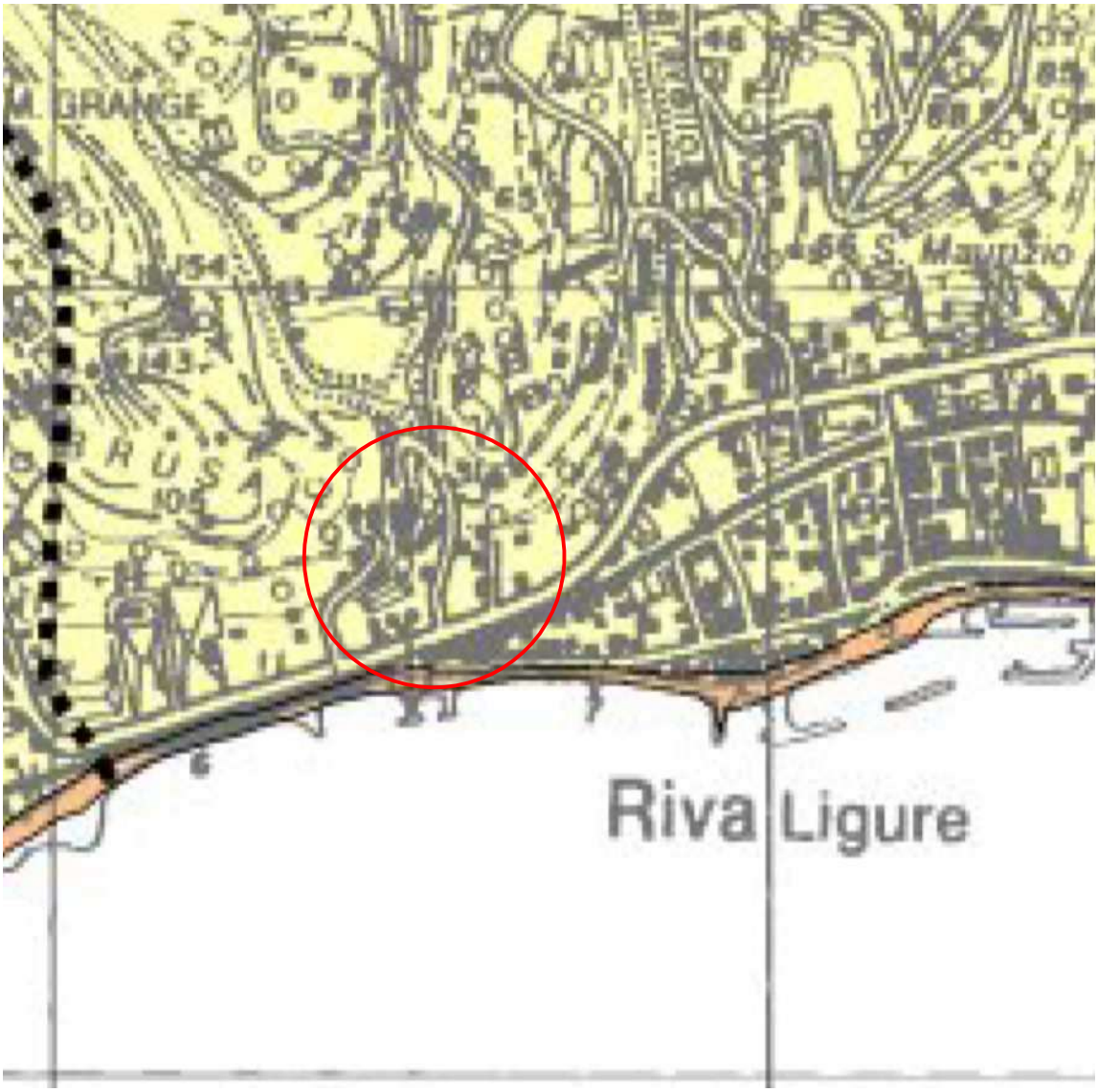
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo

Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)

Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

PEC: studio.geologico.sg@pec.epap.it

Firmato digitalmente da SECONDO GIANFRANCO
C: IT



Legenda

Ubicazione area di interesse e/o di studio.

COMUNE DI RIVA LIGURE
PROVINCIA DI IMPERIA

PRIMO LOTTO FUNZIONALE INTERVENTO DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO INERENTE IL RIO PERTUSIO -
PNRR MISSIONE 2 COMPONENTE 4 INTERVENTO 2.2
CUP: I66F20000010006 - 1° LOTTO FUNZIONALE.

Data: **FEBBRAIO 2023**

Il tecnico:

Tavola: 1

Oggetto della Tavola: *INQUADRAMENTO*

Rif. Int.: 02/2023

Scala: **1:10.000**

Geol. Gianfranco SECONDO



Legenda

Depositi alluvionali terrazzati

b_{n-1} Depositi ghiaiosi, sabbiosi e limosi. I terrazzi sono numerati in ordine crescente a partire dal più recente (b_n). I depositi dei terrazzi più vecchi (b_{n-1} - b_{n0}) presentano una marcata fenetizzazione e un accenno di cementazione.
PLEISTOCENE MEDIO SUP. - OLOCENE?

DEPOSITI PLIOCENICI

CONGLOMERATI DI M. VILLA

CMV_1 CMV_2 CMV_3 CMV_4 Lenti argilloso marnose (CMV_1); lenti ghiaioso-sabbiose caratterizzate da sabbie/arenarie stratificate o massicce (CMV_2); conglomerati grossolanamente stratificati e conglomerati gradati (CMV_3); conglomerati immaturi disorganizzati clastosostenuti o rozzamente organizzati (CMV_4).
ZANCLEANO - Zona a Sphaeroidinellopsis (MPL 1) - Zona a Globorotalia puncticulata (MPL 3) - Zona a Amaurolithus tricorniculatus (MNN 12) - Helicosphaera selli (MNN 13)

UNITA' TETTONICA SAN REMO - M. SACCARELLO

FLYSCH DI SAN REMO

FSM_1 FSM_2 FSM_3 FSM_4 Strati arenaceo-argillitici, con intercalazioni di calciruditi e rari strati marnoso-arenacei (FSM_1: membro "San Lorenzo"); strati arenaceo-argillitici e calciruditici nei quali si intercalano, ad intervalli regolari, "megaritmi" costituiti da megatorbiditi marnoso-arenacee (FSM_2: membro "San Michele"); marne ed arenarie calcaree costituenti strati torbiditici, con spessori inferiori rispetto a quelli della FSM_2 di cui rappresenta la parte distale e superiore, sono inoltre presenti livelli calciruditici passanti a strati marnoso-arenacei e strati arenaceo-argillitici (FSM_3: membro "Villa Faraldi" - Foglio n. 259 "Imperia"); marne ed arenarie calcaree costituenti spessi strati torbiditici, organizzati in sequenze positive, con la porzione terminale costituita da calciruditi, sono inoltre presenti scarsi strati arenaceo-argillitici (FSM_4: membro "Capo Mele' - Foglio n. 259 "Imperia").
FSM_4 è attribuito al *MAASTRICHTIANO SUP. (Zona a Micula murus)*
FSM_2 al *MAASTRICHTIANO SUP. (Zona a Micula murus)*
FSM_3 al *CAMPANIANO SUP. - MAASTRICHTIANO SUP. (Zona a Quadrum trifidum - Zona a Micula murus)*
FSM_1 al *CAMPANIANO SUP. - MAASTRICHTIANO MEDIO (Zona a Quadrum trifidum - Zona a Arkhangelskiella cymbiformis)*

Ubicazione area di interesse e/o di studio.

COMUNE DI RIVA LIGURE
PROVINCIA DI IMPERIA

PRIMO LOTTO FUNZIONALE INTERVENTO DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO INERENTE IL RIO PERTUSIO -
PNRR MISSIONE 2 COMPONENTE 4 INTERVENTO 2.2
CUP: I66F20000010006 - 1° LOTTO FUNZIONALE.

Data: **FEBBRAIO 2023**
Il tecnico:

Tavola: 2
Oggetto della Tavola: *CARTA GEOLOGICA - GEOMORFOLOGICA*
Rif. Int.: 02/2023
Scala: **1:10.000**

Geol. Gianfranco SECONDO



Legenda

TU Compatto o in compattazione.
Impermeabile.

Coltri, alluvioni e riporti.
Permeabili per pososità.

Litologie subaffioranti/affioranti.
Permeabili per fratturazione.

Ubicazione area di interesse e/o di studio.

COMUNE DI RIVA LIGURE
PROVINCIA DI IMPERIA

PRIMO LOTTO FUNZIONALE INTERVENTO DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO INERENTE IL RIO PERTUSIO -
PNRR MISSIONE 2 COMPONENTE 4 INTERVENTO 2.2
CUP: I66F20000010006 - 1° LOTTO FUNZIONALE.

Data: FEBBRAIO 2023

Il tecnico:

Tavola: 3

Oggetto della Tavola: CARTA IDROGEOLOGICA

Rif. Int.: 02/2023

Scala: 1:10.000

Geol. Gianfranco SECONDO



UBICAZIONI INDAGINI SISMICHE MASW, Vp e TOMOGRAFICHE.





UBICAZIONI INDAGINI SISMICHE A STAZIONE SINGOLA HVSR.

COMUNE DI RIVA LIGURE
PROVINCIA DI IMPERIA

PRIMO LOTTO FUNZIONALE INTERVENTO DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO INERENTE IL RIO PERTUSIO -
PNRR MISSIONE 2 COMPONENTE 4 INTERVENTO 2.2
CUP: I66F20000010006 - 1° LOTTO FUNZIONALE.

Data: **FEBBRAIO 2023**

Il tecnico:

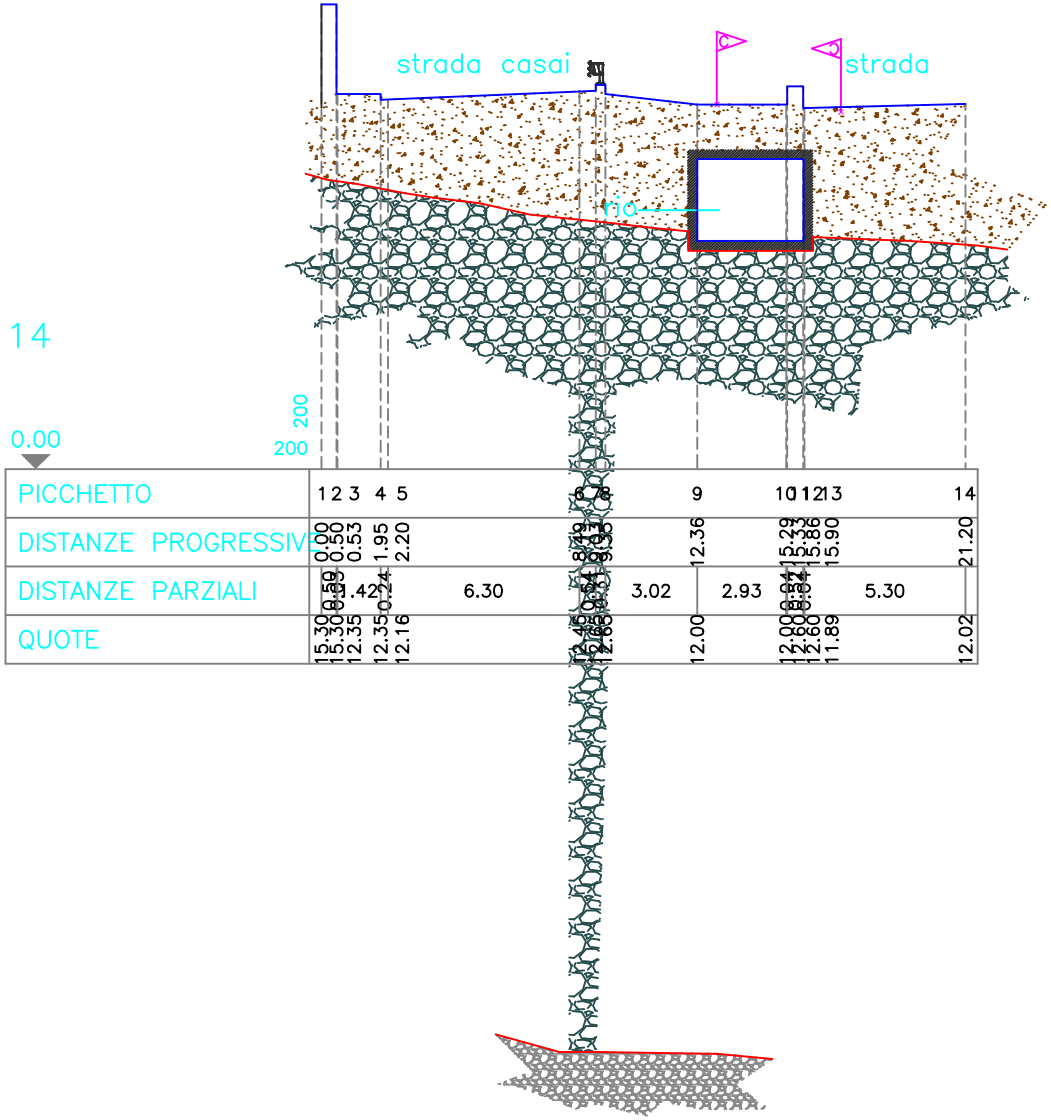
Tavola: 4

Oggetto della Tavola: *UBICAZIONI INDAGINI*

Rif. Int.: 02/2023

Scala: **ND**

Geol. Gianfranco SECONDO



Legenda

dt
Coltri detritiche frammiste a riporti antropici ed alluvioni.

CMV
Conglomerati di Monte Villa (cappellaccio).

CMV
Conglomerati di Monte Villa (Bedrock)..

COMUNE DI RIVA LIGURE
PROVINCIA DI IMPERIA

PRIMO LOTTO FUNZIONALE INTERVENTO DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO INERENTE IL RIO PERTUSIO -
PNRR MISSIONE 2 COMPONENTE 4 INTERVENTO 2.2
CUP: I66F20000010006 - 1° LOTTO FUNZIONALE.

Data: FEBBRAIO 2023

Il tecnico:

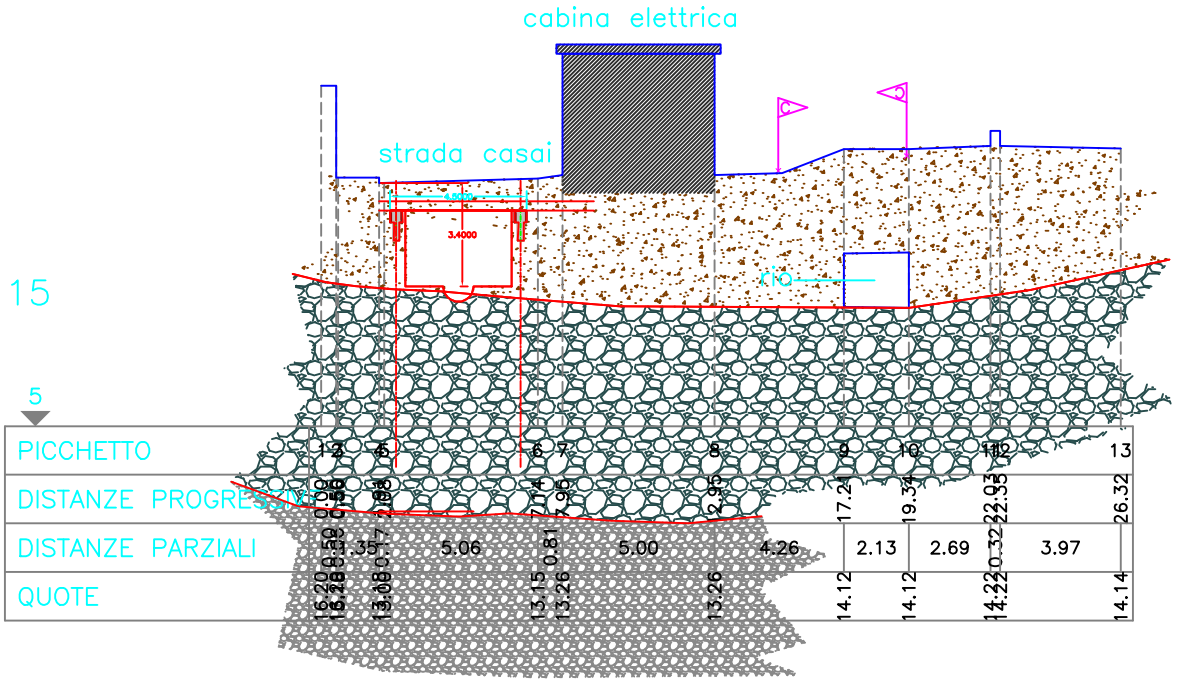
Tavola: 5/14

Oggetto della Tavola: SEZIONE GEOLOGICA SEZIONE 14

Rif. Int.: 02/2023

Scala: 1:150

Geol. Gianfranco SECONDO



Legenda

dt
Coltri detritiche frammiste a riporti antropici ed alluvioni.

CMV
Conglomerati di Monte Villa (cappellaccio).

CMV
Conglomerati di Monte Villa (Bedrock)..

COMUNE DI RIVA LIGURE
PROVINCIA DI IMPERIA

PRIMO LOTTO FUNZIONALE INTERVENTO DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO INERENTE IL RIO PERTUSIO -
PNRR MISSIONE 2 COMPONENTE 4 INTERVENTO 2.2
CUP: I66F20000010006 - 1° LOTTO FUNZIONALE.

Data: FEBBRAIO 2023

Il tecnico:

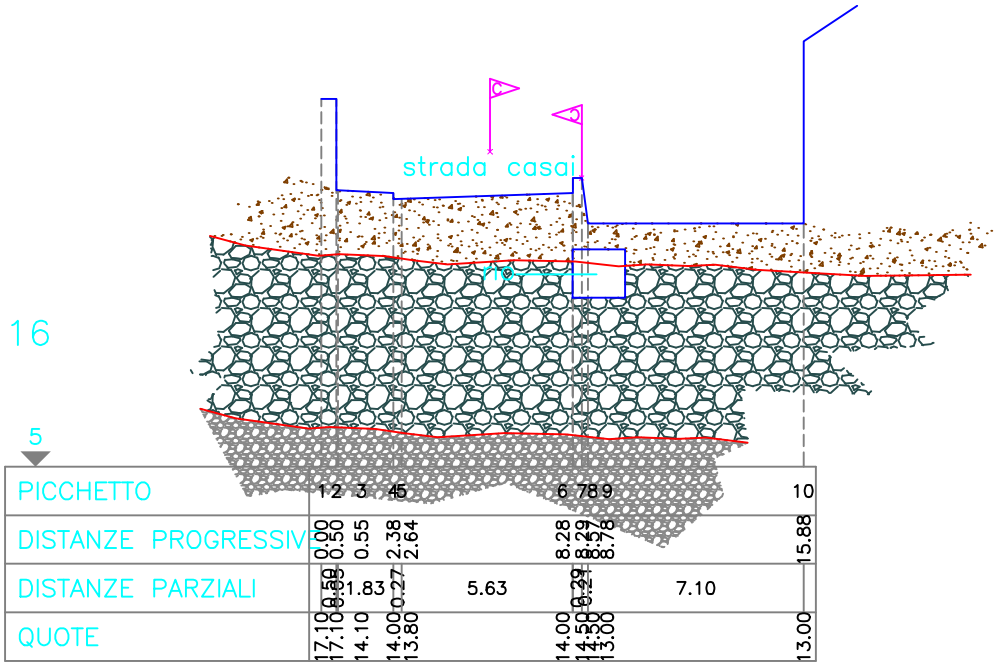
Tavola: 5/15

Oggetto della Tavola: SEZIONE GEOLOGICA SEZIONE 15

Rif. Int.: 02/2023

Scala: 1:150

Geol. Gianfranco SECONDO



PICCHETTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
DISTANZE PROGRESSIVE	0.00	0.50	0.55	2.38	2.64	8.28	8.29	8.57	8.78	15.88
DISTANZE PARZIALI	0.50	0.05	1.83	0.27	5.63	0.29	0.28	0.21	7.10	
QUOTE	17.10	17.10	14.10	14.00	13.80	14.00	14.50	13.00		13.00

Legenda

dt
Coltri detritiche frammiste a riporti antropici ed alluvioni.

CMV
Conglomerati di Monte Villa (cappellaccio).

CMV
Conglomerati di Monte Villa (Bedrock)..

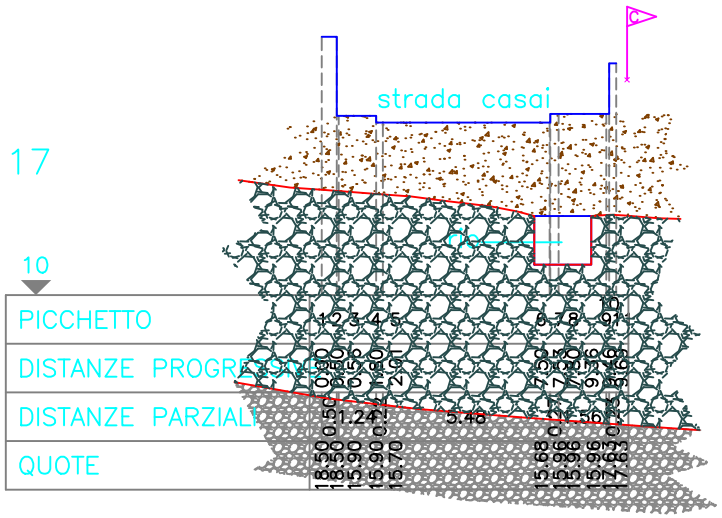
COMUNE DI RIVA LIGURE
PROVINCIA DI IMPERIA

PRIMO LOTTO FUNZIONALE INTERVENTO DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO INERENTE IL RIO PERTUSIO -
PNRR MISSIONE 2 COMPONENTE 4 INTERVENTO 2.2
CUP: I66F20000010006 - 1° LOTTO FUNZIONALE.

Data: FEBBRAIO 2023
Il tecnico:

Tavola: 5/16
Scala: 1:150
Oggetto della Tavola: SEZIONE GEOLOGICA SEZIONE 16
Rif. Int.: 02/2023

Geol. Gianfranco SECONDO



Legenda

dt
Coltri detritiche frammiste a riporti antropici ed alluvioni.

CMV
Conglomerati di Monte Villa (cappellaccio).

CMV
Conglomerati di Monte Villa (Bedrock)..

COMUNE DI RIVA LIGURE
PROVINCIA DI IMPERIA

PRIMO LOTTO FUNZIONALE INTERVENTO DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO INERENTE IL RIO PERTUSIO -
PNRR MISSIONE 2 COMPONENTE 4 INTERVENTO 2.2
CUP: I66F20000010006 - 1° LOTTO FUNZIONALE.

Data: FEBBRAIO 2023

Il tecnico:

Tavola: 5/17

Oggetto della Tavola: SEZIONE GEOLOGICA SEZIONE 17

Rif. Int.: 02/2023

Scala: 1:150

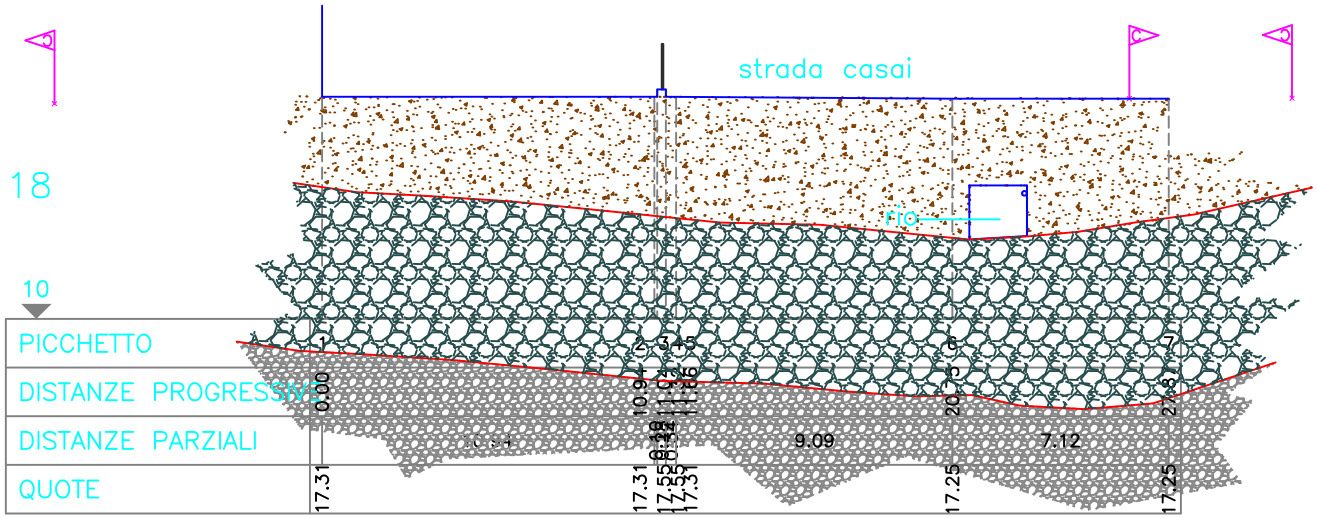
Geol. Gianfranco SECONDO

Legenda

dt
Coltri detritiche frammiste a riporti antropici ed alluvioni.

CMV
Conglomerati di Monte Villa (cappellaccio).

CMV
Conglomerati di Monte Villa (Bedrock)..



COMUNE DI RIVA LIGURE
PROVINCIA DI IMPERIA

PRIMO LOTTO FUNZIONALE INTERVENTO DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO INERENTE IL RIO PERTUSIO -
PNRR MISSIONE 2 COMPONENTE 4 INTERVENTO 2.2
CUP: I66F20000010006 - 1° LOTTO FUNZIONALE.

Data: FEBBRAIO 2023

Il tecnico:

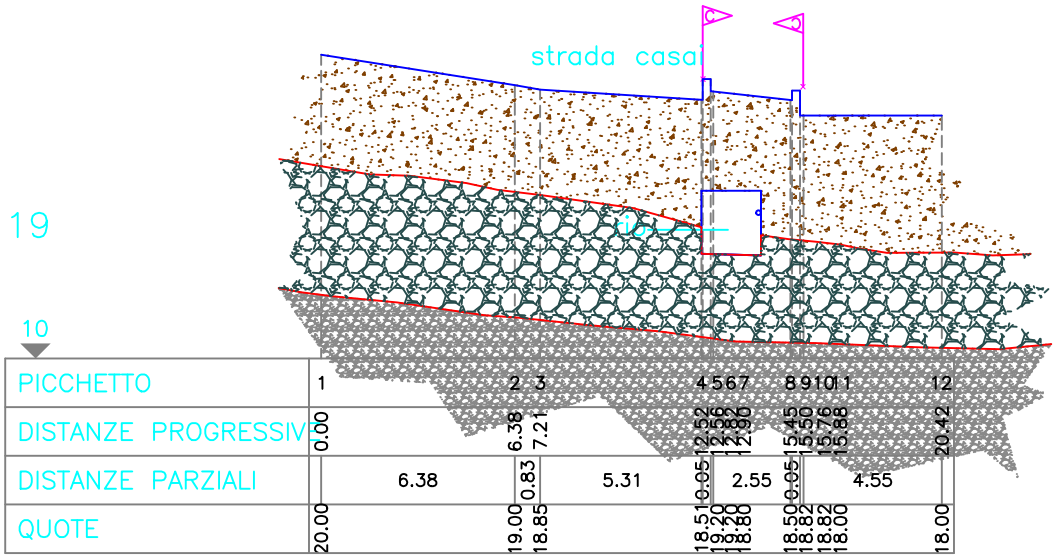
Tavola: 5/18

Oggetto della Tavola: SEZIONE GEOLOGICA SEZIONE 18

Scala: 1:150

Rif. Int.: 02/2023

Geol. Gianfranco SECONDO



Legenda

dt
Coltri detritiche frammiste a riporti antropici ed alluvioni.

CMV
Conglomerati di Monte Villa (cappellaccio).

CMV
Conglomerati di Monte Villa (Bedrock)..

COMUNE DI RIVA LIGURE
PROVINCIA DI IMPERIA

PRIMO LOTTO FUNZIONALE INTERVENTO DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO INERENTE IL RIO PERTUSIO -
PNRR MISSIONE 2 COMPONENTE 4 INTERVENTO 2.2
CUP: I66F20000010006 - 1° LOTTO FUNZIONALE.

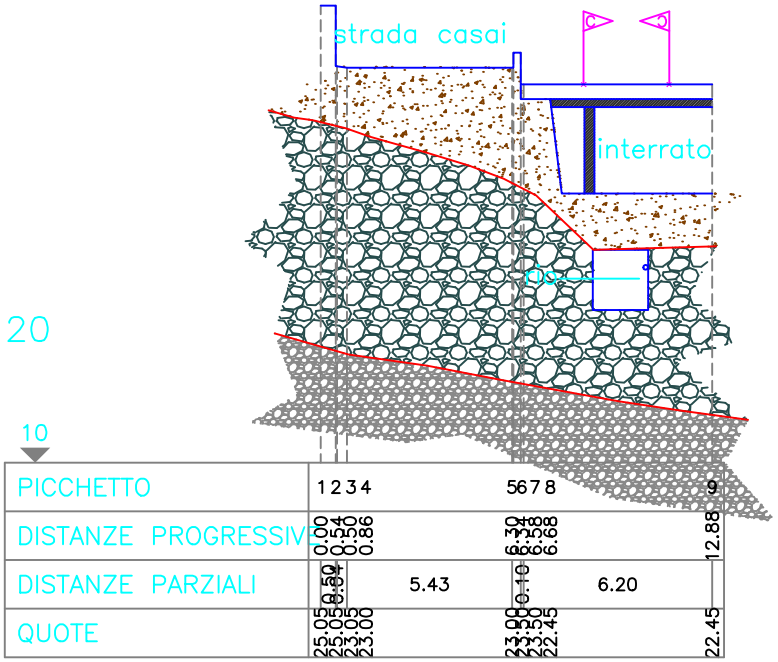
Data: FEBBRAIO 2023
Il tecnico:

Tavola: 5/19
Scala: 1:150

Oggetto della Tavola:
SEZIONE GEOLOGICA
SEZIONE 19

Rif. Int.: 02/2023

Geol. Gianfranco SECONDO



Legenda

dt
Coltri detritiche frammiste a riporti antropici ed alluvioni.

CMV
Conglomerati di Monte Villa (cappellaccio).

CMV
Conglomerati di Monte Villa (Bedrock)..

COMUNE DI RIVA LIGURE
PROVINCIA DI IMPERIA

PRIMO LOTTO FUNZIONALE INTERVENTO DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO INERENTE IL RIO PERTUSIO -
PNRR MISSIONE 2 COMPONENTE 4 INTERVENTO 2.2
CUP: I66F20000010006 - 1° LOTTO FUNZIONALE.

Data: FEBBRAIO 2023

Il tecnico:

Tavola: 5/20

Oggetto della Tavola: SEZIONE GEOLOGICA SEZIONE 20

Rif. Int.: 02/2023

Scala: 1:150

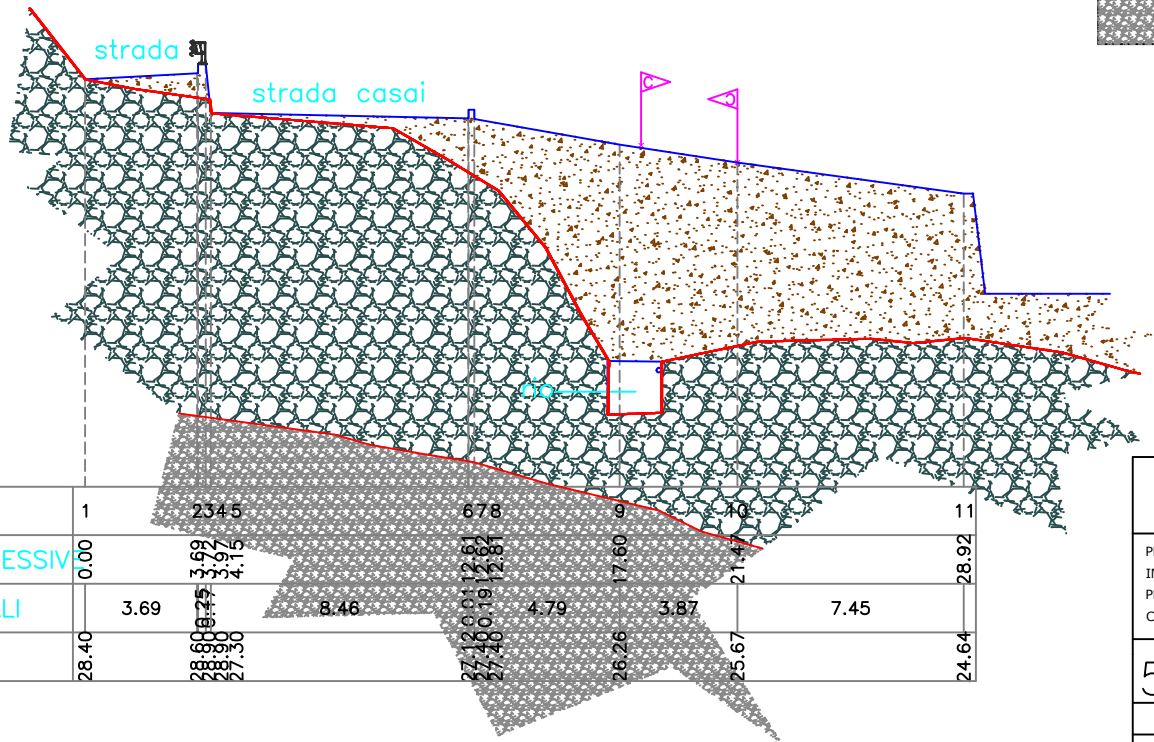
Geol. Gianfranco SECONDO

Legenda

dt
Coltri detritiche frammiste a riporti antropici ed alluvioni.

CMV
Conglomerati di Monte Villa (cappellaccio).

CMV
Conglomerati di Monte Villa (Bedrock)..



PICCHETTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
DISTANZE PROGRESSIVE	0.00		3.69	3.94	4.15						28.92
DISTANZE PARZIALI		3.69	0.25	0.21		8.46		4.79	3.87		7.45
QUOTE	28.40		28.60	28.39	27.30		27.12	27.40	26.26	25.67	24.64

COMUNE DI RIVA LIGURE
PROVINCIA DI IMPERIA

PRIMO LOTTO FUNZIONALE INTERVENTO DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO INERENTE IL RIO PERTUSIO -
PNRR MISSIONE 2 COMPONENTE 4 INTERVENTO 2.2
CUP: I66F20000010006 - 1° LOTTO FUNZIONALE.

Data: FEBBRAIO 2023

Il tecnico:

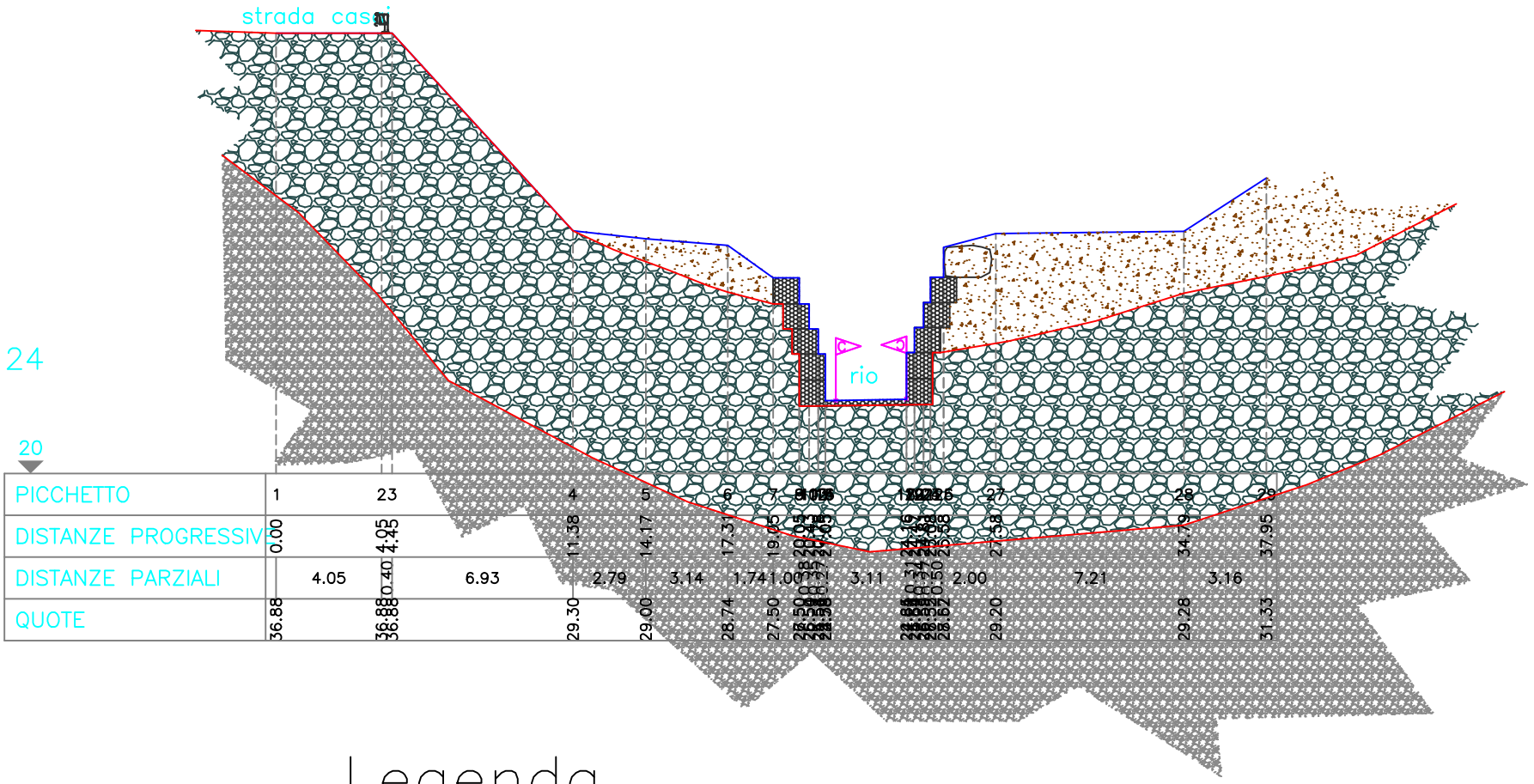
Tavola: 5/21

Oggetto della Tavola: SEZIONE GEOLOGICA SEZIONE 21

Rif. Int.: 02/2023

Scala: 1:150

Geol. Gianfranco SECONDO



PICCHETTO	1	23	4	5	6	7	27	28	29
DISTANZE PROGRESSIVE	0.00	4.05	11.38	14.17	17.31	19.05	34.79	37.95	
DISTANZE PARZIALI	4.05	0.40	6.93	2.79	3.14	1.74	1.00	3.11	2.00	7.21	3.16	
QUOTE	36.88	36.88	29.30	29.00	28.74	27.50	29.20	29.28	31.33	

Legenda

dt
Coltri detritiche frammiste a riporti antropici ed alluvioni.

CMV
Conglomerati di Monte Villa (cappellaccio).

CMV
Conglomerati di Monte Villa (Bedrock)..

COMUNE DI RIVA LIGURE
PROVINCIA DI IMPERIA

PRIMO LOTTO FUNZIONALE INTERVENTO DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO INERENTE IL RIO PERTUSIO -
PNRR MISSIONE 2 COMPONENTE 4 INTERVENTO 2.2
CUP: I66F20000010006 - 1° LOTTO FUNZIONALE.

Data: FEBBRAIO 2023

Il tecnico:

Tavola: 5/24

Oggetto della Tavola: SEZIONE GEOLOGICA SEZIONE 24

Rif. Int.: 02/2023

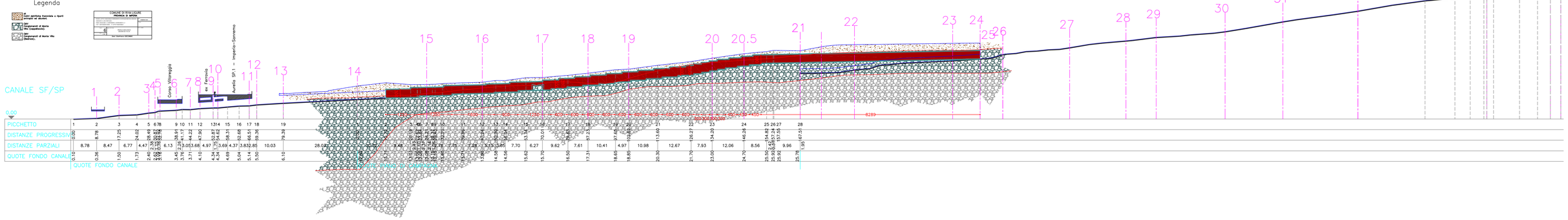
Scala: 1:150

Geol. Gianfranco SECONDO

Legenda

- Gabbionata tipo Reno o Gabbionata tipo Maccaferri
- Calcestruzzo
- Calcestruzzo
- Calcestruzzo

COMUNE DI RIVA LIGURE PROVINCIA DI IMPERIA	
Progetto definitivo/esecutivo per la messa in sicurezza del versante in località Capo Berta a monte della S.P. 64 del Capo Berta - 1° stralcio funzionale	Elaborato:
Committente: Amministrazione Comunale di Riva Ligure	Scala:
Progettista: Ing. Gianluca Gallinaro	



PICCHETTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	20.5	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
DISTANZE PROGRESSIVE	0.00	8.78	17.25	24.02	28.49	32.62	34.62	38.91	41.17	44.22	47.90	51.83	54.62	58.51	62.68	69.36	79.39	107.42	117.45	127.48	133.75	143.78	153.81	163.84	173.87	183.90	189.52	197.23	207.64	217.65	227.67	237.68	246.24	257.94	267.96	273.74
DISTANZE PARZIALI	8.78	8.47	6.77	4.47	4.13	2.00	4.29	2.26	3.05	3.68	4.97	3.69	4.37	3.83	6.68	10.03	28.03	10.03	10.03	6.27	10.03	10.03	10.03	10.03	10.03	5.62	7.70	6.27	9.62	7.61	10.41	4.97	10.98	12.67	7.93	12.06	8.56	5.78	9.96	1.95
QUOTE FONDO CANALE	0.10	0.56	1.50	1.73	2.40	2.60	3.15	3.45	3.70	3.71	4.10	4.34	4.34	4.69	5.04	5.14	5.50	6.10	6.10	14.58	14.58	14.58	14.58	14.58	14.58	14.56	15.62	15.70	16.50	17.31	18.65	18.85	20.30	21.70	23.00	24.70	25.30	25.54	25.92	25.78

QUOTE FONDO CANALE

QUOTE PIANO DI CAMPAGNA

Comune di Riva Ligure

Provincia di Imperia

Via Nino Bixio 15 – 18015 Riva Ligure (IM) – Tel 0184 48.201 Fax 0184 48. 77.00 – C.F. 00248350084

E-mail: info@comunedirivaligure.it - ufficiotecnico@comunedirivaligure.it

sito internet: www.comunedirivaligure.it



Finanziato dall'Unione europea

NextGenerationEU

PRIMO LOTTO FUNZIONALE INTERVENTO DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO INERENTE IL RIO PERTUSIO - PNRR MISSIONE 2 COMPONENTE 4 INTERVENTO 2.2

CUP: I66F20000010006

LOTTO FUNZIONALE

ALLEGATO 1 - Elaborazioni Prove sismiche: Indagini sismiche ai sensi delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018) – Report dott. Geol. Francesco D'Adamo.

***S**tudio **G**eologico*
dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo
Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)
Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com
PEC: studio.geologico.sg@pec.epap.it

Firmato digitalmente da SECONDO GIANFRANCO
C: IT

COMUNE DI RIVA LIGURE (IM)

INDAGINI SISMICHE AI SENSI DELLE NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI (NTC 2018)



LOCALITA': Strada Casai – Riva Ligure (IM)

COMMITTENTE: Dott. Geol. Gianfranco Secondo – C.so Cavallotti, 14 – 18038 Sanremo (IM)

Dott. Geol. Francesco D'Adamo

Strada Rivaira snc (senza numero civico)

18012 Bordighera (IM)

Cell. 3283398511 – mail: fradadamo@libero.it

Descrizione delle indagini geofisiche eseguite in Strada Casai del Comune di Riva Ligure (IM)

1. Premessa

Le indagini geofisiche eseguite utilizzando l'attrezzatura descritta nel paragrafo 1.1, sono costituite da:

- da n. 2 stese sismiche a rifrazione elaborate con il metodo GRM ed elaborate con il metodo tomografico;
- da n. 2 acquisizioni Masw.

COORDINATE WGS 84				
Stesa sismica/Masw	Andata		Ritorno	
Sigla	Lat.	Lon.	Lat.	Lon.
S1	43,83724	7,87367	43,83753	7,87390
S2	43,83767	7,87390	43,83798	7,87405

N.B.: la numerazione delle figure, delle foto e dei grafici riparte da capo in ogni paragrafo

1.1 Stese sismiche a rifrazione elaborate con il metodo GRM

In corrispondenza degli allineamenti predisposti per le acquisizioni Masw (di seguito descritte), sono state eseguite due indagini sismiche a rifrazione, per definire l'andamento delle velocità delle onde P (longitudinali).

Gli allineamenti sismici hanno una lunghezza di 36 metri, con una distanza intergeofonica di 1,5 m. Sono state fatte delle energizzazioni di andata (a 1,5 metri dal primo geofono), delle energizzazioni di ritorno (a 1,5 metri dall'ultimo geofono) e delle energizzazioni centrali a 18,75 metri rispetto allo 0 rappresentato dall'energizzazione di andata.

Per le prove in situ è stata utilizzata un'apparecchiatura costituita da un sismografo DoReMi di Sara Electronic Instruments a 24 bit, con 24 canali modulari con geofoni verticali ad alta sensibilità da 4,5 Hz. Frequenze selezionabili dal sismografo da 500 a 20000 Hz (passi di campionamento da 2 a 0.05 ms). La durata dell'acquisizione per la stesa sismica a rifrazione è stata pari a 0,250 s, per l'acquisizione Masw pari a 2 s.

Per l'energizzazione è utilizzata una mazza da 8 kg con battuta su piastra metallica.

Il sismografo è collegato ad un pc Windows compatibile, tramite porta USB, su cui è installato il software di gestione omonimo DoReMi che consente di controllare le numerose possibilità di acquisizione dello strumento.

Per l'elaborazione delle stese sismiche a rifrazione è stato utilizzato il software Easyrefract di Geostru (metodo GRM o di Palmer).

La prospezione sismica a rifrazione si basa sulla determinazione delle velocità di propagazione delle onde longitudinali (onde P) nel terreno.

Le onde generate da una massa battente si propagano nel terreno e vengono rilevate dai geofoni, mentre i tempi di arrivo delle onde sono registrati e visualizzati sul sismografo.

Dall'elaborazione matematica dei dati si risale alla geometria dei mezzi attraversati e quindi si opera l'interpretazione grafica mediante sezioni interpretative. La profondità di investigazione è pari a circa 1/3 dello stendimento, quindi corrisponde ad una profondità di 12/13 metri dal piano di campagna visibile nella foto 1 e nella foto 2.

Stesa sismica S1

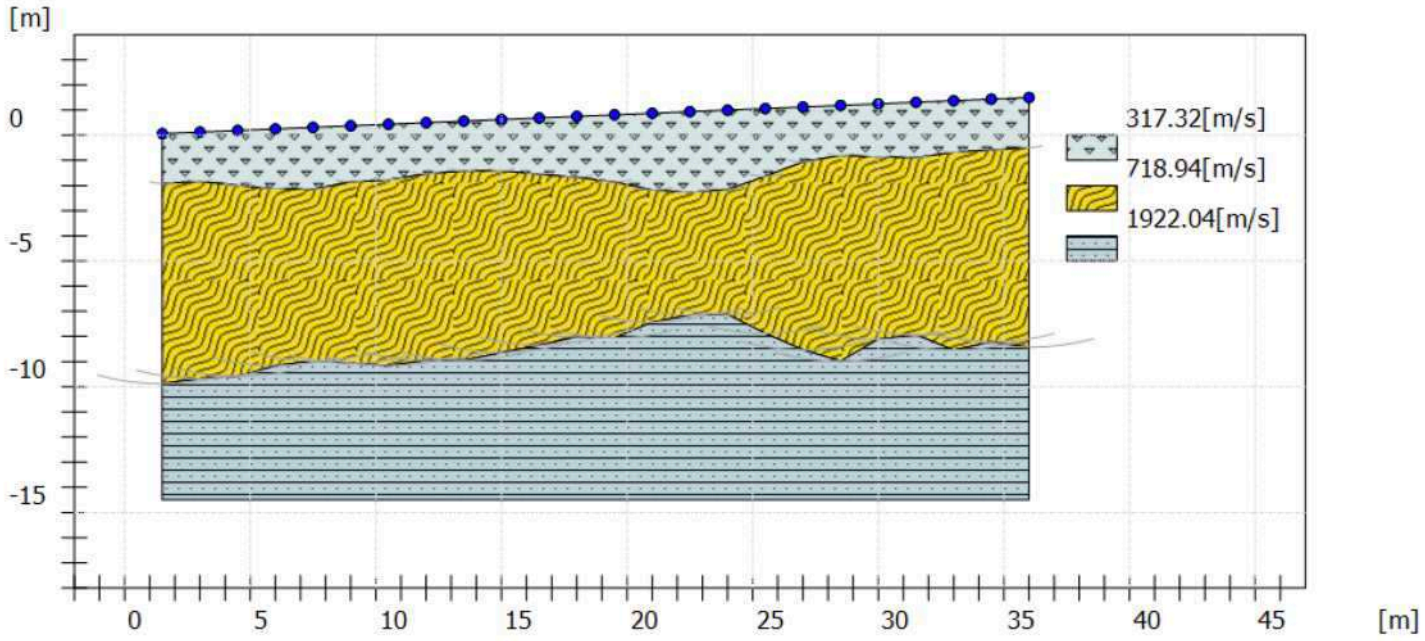


Fig. 1 – Sezione sismica con il metodo GRM

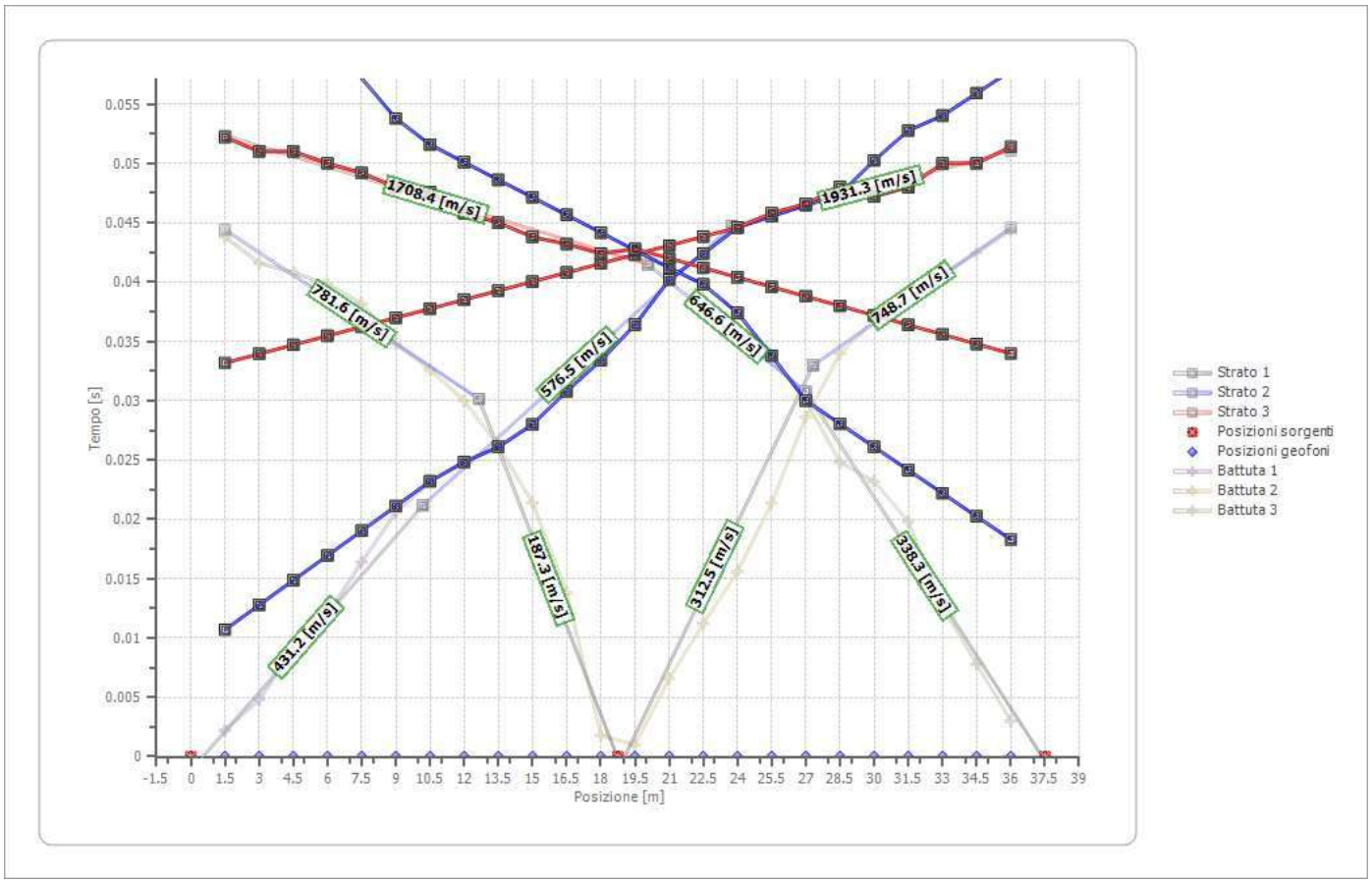


Fig. 2– Dromocrone

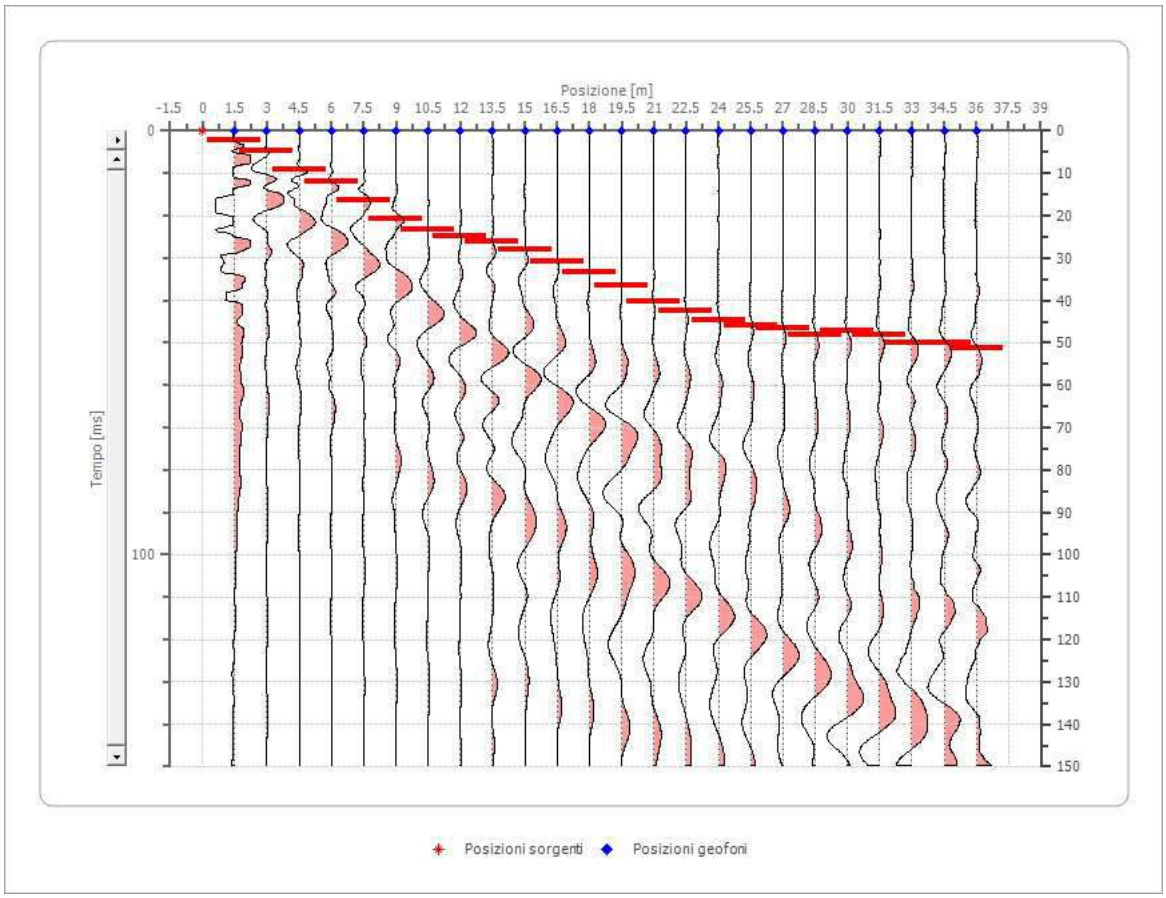


Fig. 3 – Sismogramma con energizzazione a 0 metri

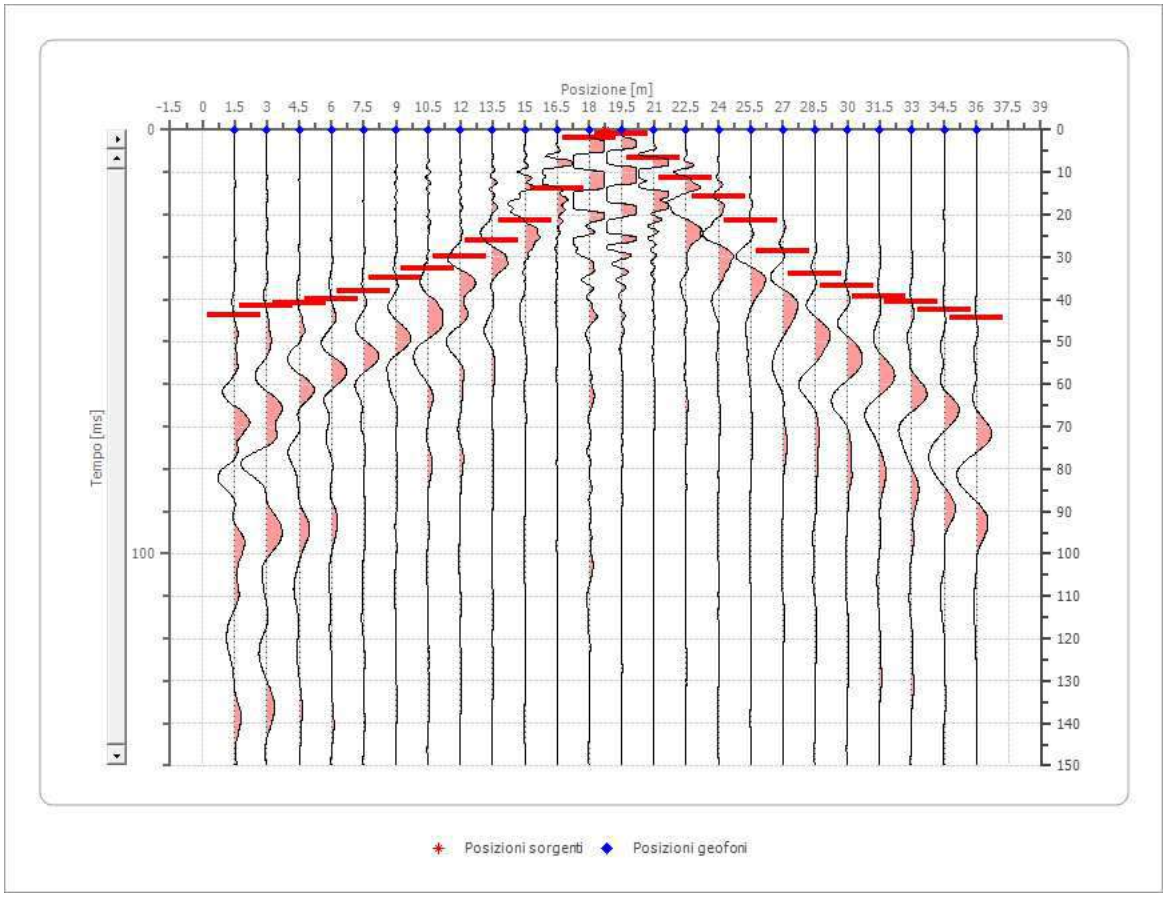


Fig. 4 – Sismogramma con energizzazione a 18,75 metri

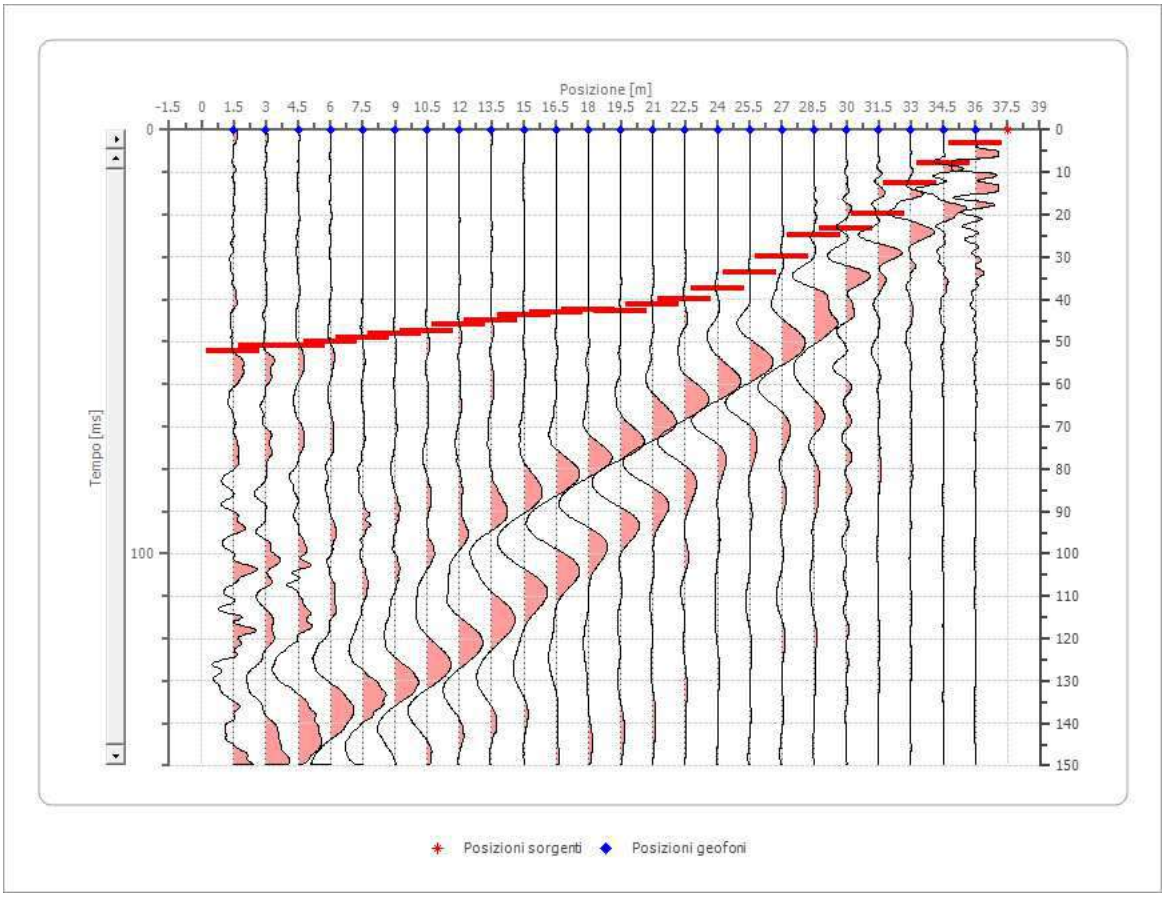


Fig. 5 – Sismogramma con energizzazione a 37,50 metri



Foto 1 – Esecuzione sismica a rifrazione S1 e acquisizione Masw



Fig. 6 -Ubicazione sismica a rifrazione S1 e acquisizione Masw

L'energizzazione di andata è a sinistra (zona S della stesa) dei grafici sopra riportati e l'energizzazione di ritorno a destra (zona N della stesa).

Per cui possono essere definiti i seguenti sismostrati:

- da 0 a -2,00/-2,06 m dal piano di campagna rappresentato in foto 1 – Materiale di riporto, caratterizzato da una velocità delle onde sismiche longitudinali (Vp) pari a 0,32 km/s;

- da -2,00/-2,06 m a –9,93/-9,79 m dal p.c. – Probabile substrato pliocenico mediamente cementato, caratterizzato da una velocità delle onde sismiche longitudinali (Vp) pari a 0,72 km/s;

- da –9,93/-9,79 m dal p.c. in poi – Probabile substrato pliocenico più compatto, caratterizzato da una velocità delle onde sismiche longitudinali (Vp) pari a 1,92 km/s.

Stesa sismica S2

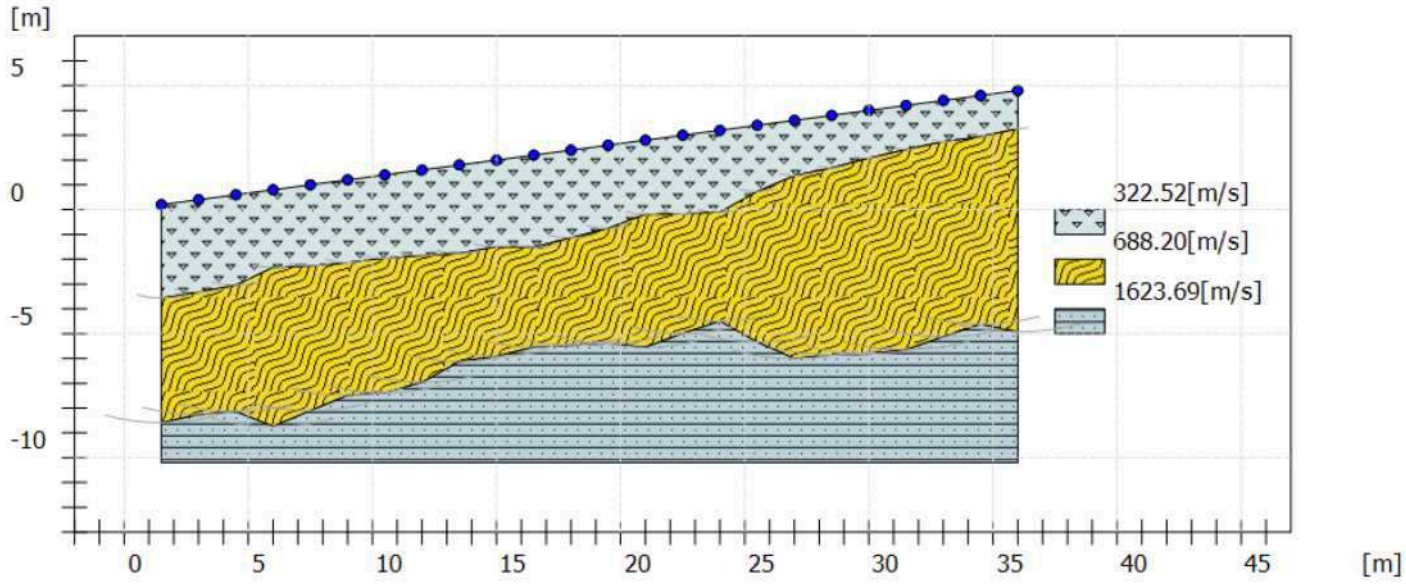


Fig. 7 – Sezione sismica con il metodo GRM

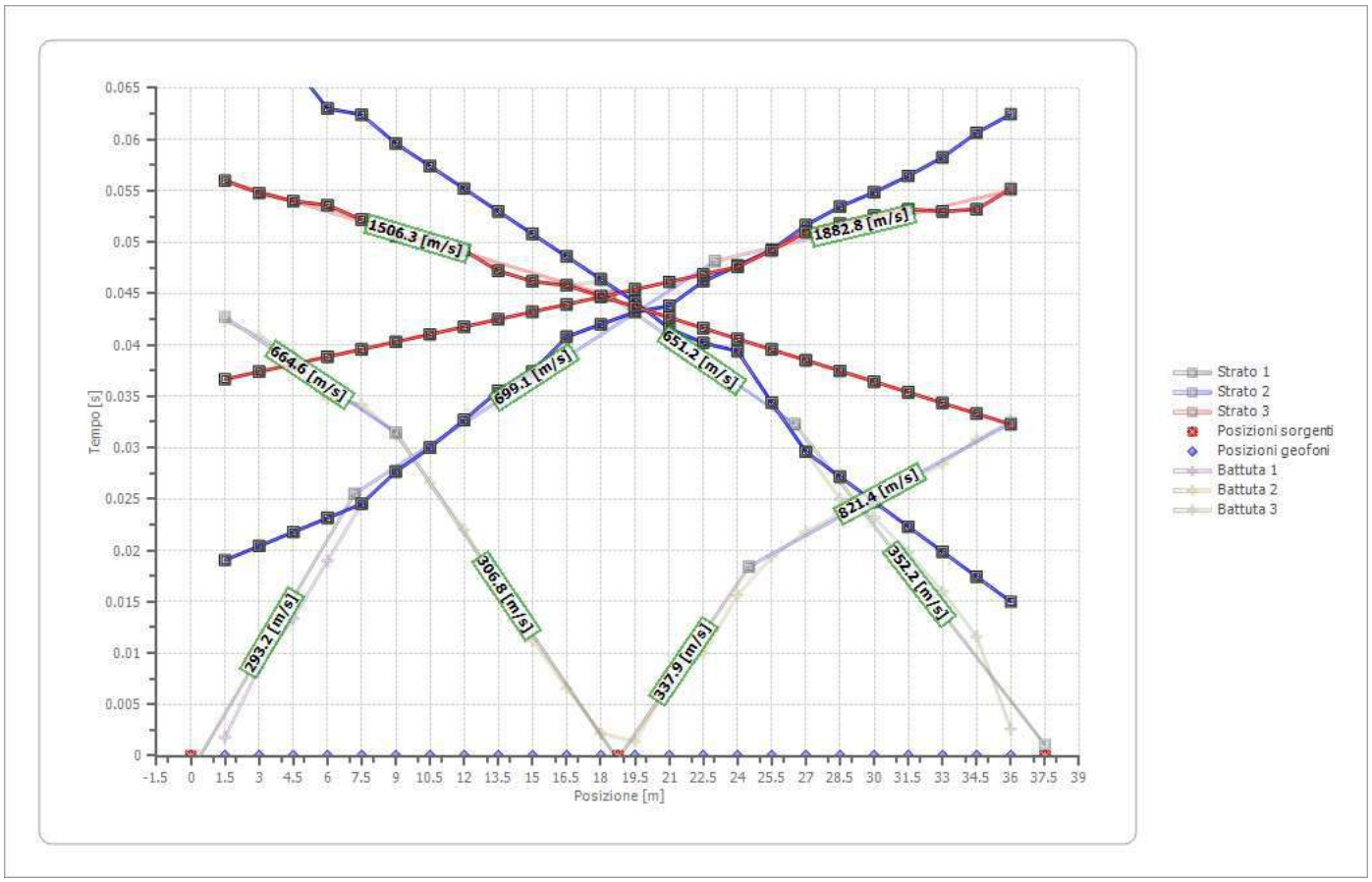


Fig. 8– Dromocrone

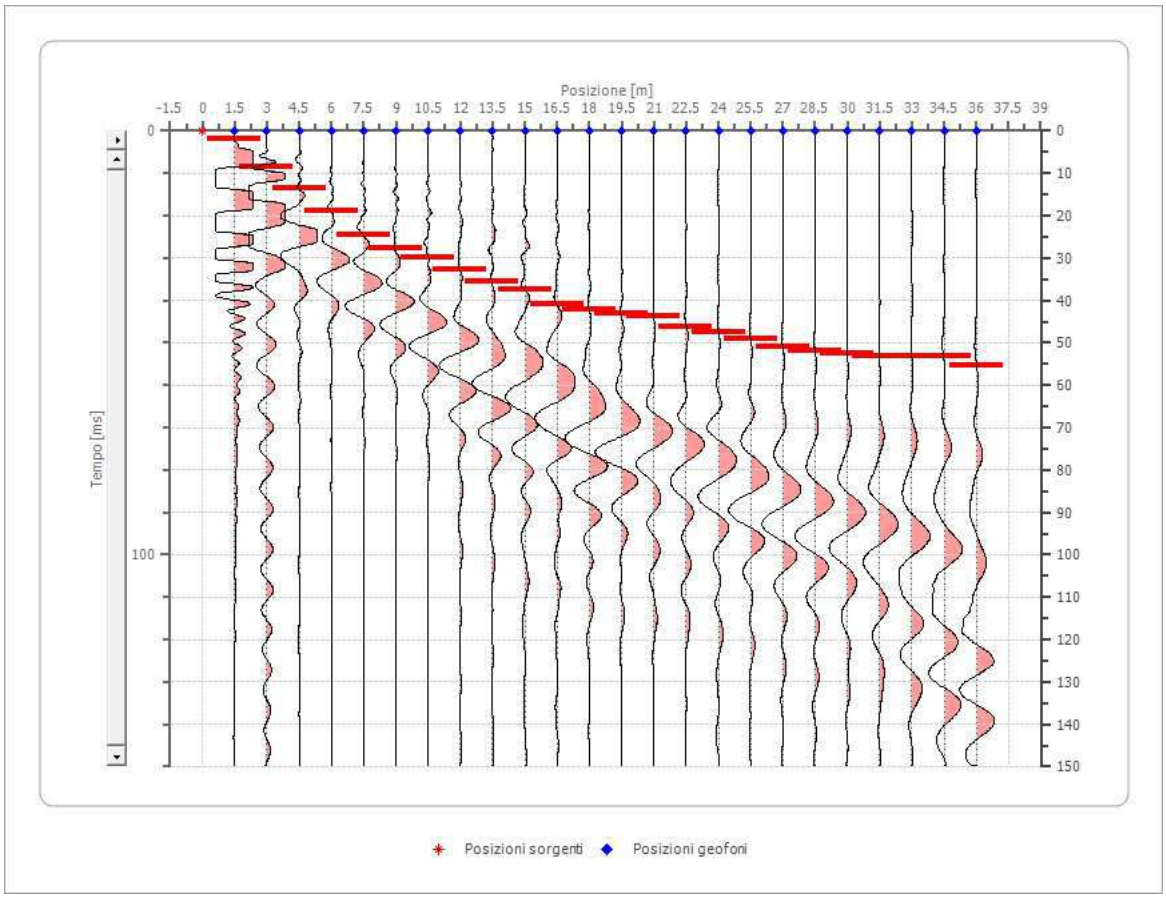


Fig. 9 – Sismogramma con energizzazione a 0 metri

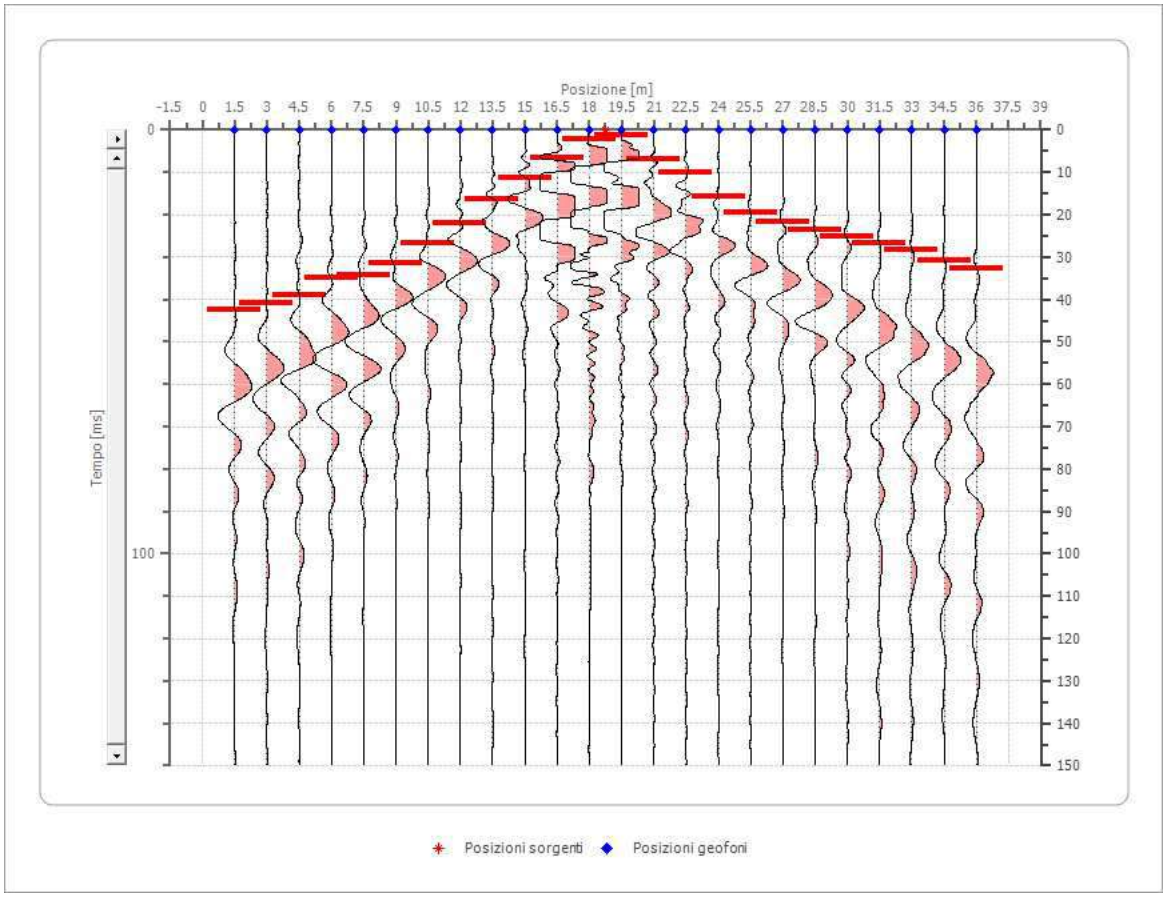


Fig. 10 – Sismogramma con energizzazione a 18,75 metri

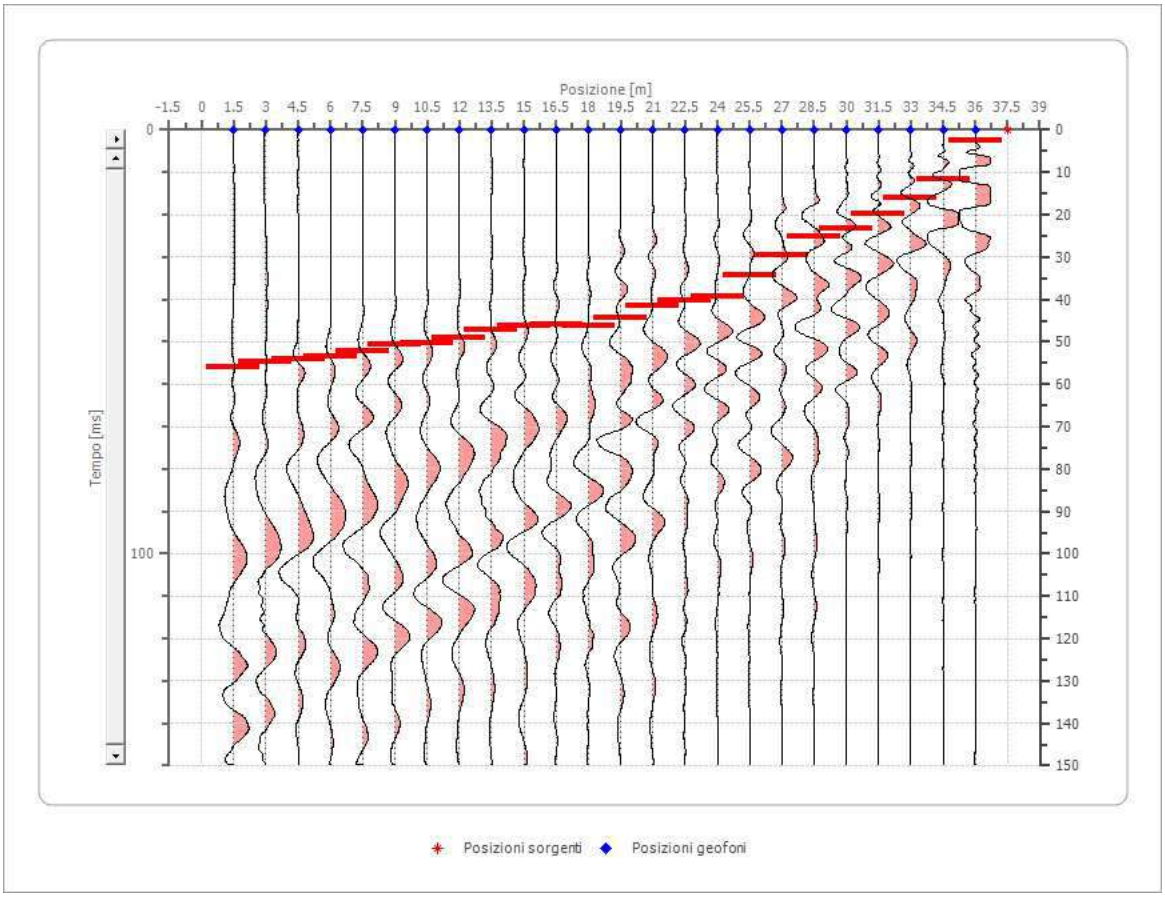


Fig. 11 – Sismogramma con energizzazione a 37,50 metri



Foto 2 – Esecuzione sismica a rifrazione S2 e acquisizione Masw

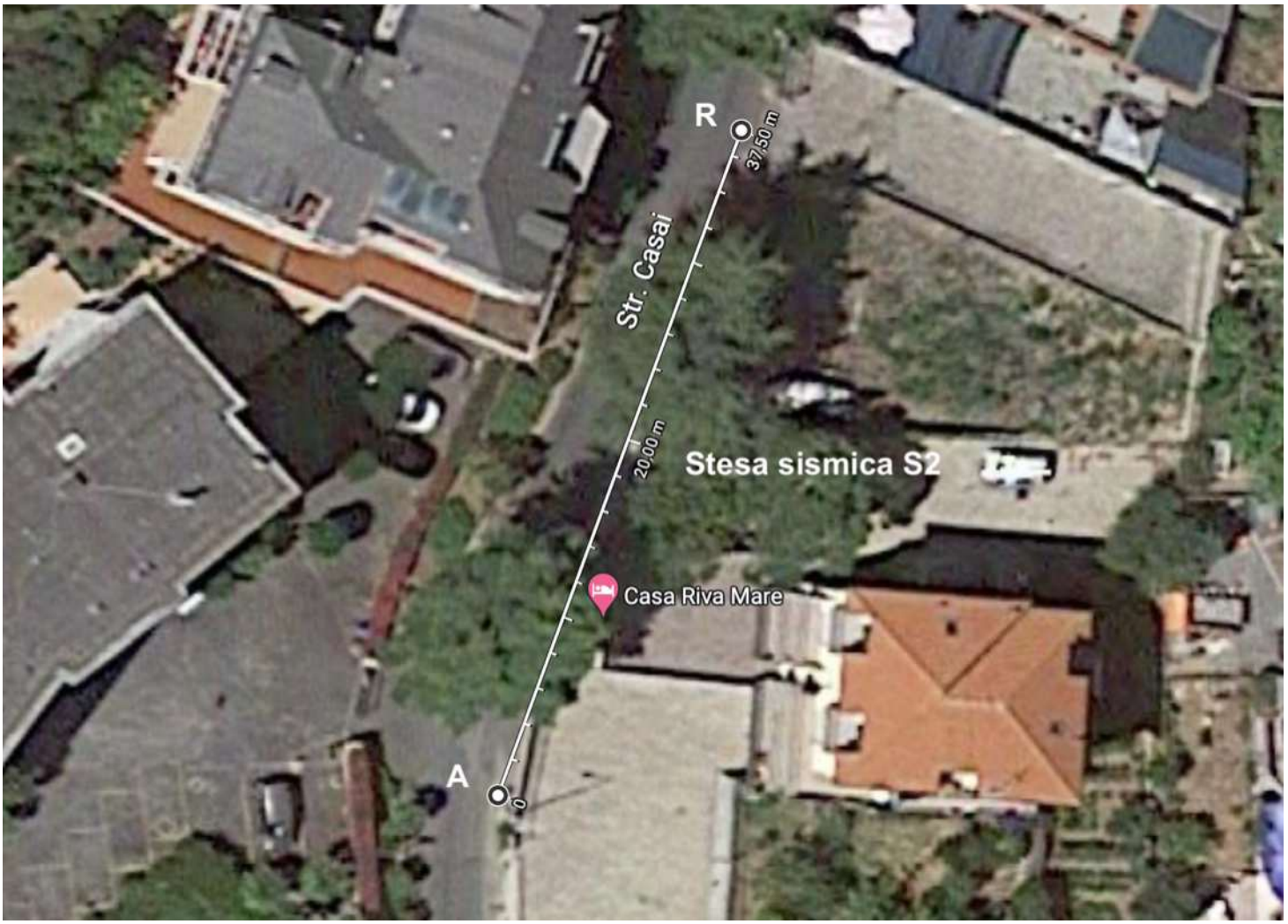


Fig. 12 -Ubicazione sismica a rifrazione S2 e acquisizione Masw

L'energizzazione di andata è a sinistra (zona S della stesa) dei grafici sopra riportati e l'energizzazione di ritorno a destra (zona N della stesa).

Per cui possono essere definiti i seguenti sismostrati:

- da 0 a -3,68/-1,60 m dal piano di campagna rappresentato in foto 2 – Materiale di riporto, caratterizzato da una velocità delle onde sismiche longitudinali (Vp) pari a 0,32 km/s;

- da -3,68/-1,60 m a –8,88/-9,49 m dal p.c. – Probabile substrato pliocenico mediamente cementato, caratterizzato da una velocità delle onde sismiche longitudinali (Vp) pari a 0,69 km/s;

- da –8,88/-9,49 m dal p.c. in poi – Probabile substrato pliocenico più compatto, caratterizzato da una velocità delle onde sismiche longitudinali (Vp) pari a 1,62 km/s.

1.2 Acquisizioni Masw

Per una valutazione della velocità delle onde sismiche trasversale (Vs) nei primi 30 metri di profondità (a partire dalla quota 0 m visibile nella foto 1 e nella foto 2), sono state eseguite delle acquisizioni Masw.

L'apparecchiatura impiegata è quella descritta nel precedente paragrafo, mentre le registrazioni sono state eseguite in corrispondenza dell'andata e del ritorno della prospezione sismica a rifrazione.

Il metodo MASW è una tecnica di indagine non invasiva (non è necessario eseguire perforazioni o scavi e ciò limita i costi), che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè le onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che le onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli stati più profondi del suolo. Il metodo MASW si distingue in metodo attivo e metodo passivo, nel nostro caso è stato considerato il metodo attivo, ovvero eseguendo una energizzazione tramite mazza battente.

Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70 Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, in funzione della rigidezza del suolo.

Il metodo MASW (attivo) consiste in tre fasi (Roma 2002): la prima fase prevede il calcolo della velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale, la seconda fase consiste nel calcolare la velocità di fase apparente numerica, la terza ed ultima fase consiste nell'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, modificando opportunamente lo spessore h, le velocità delle onde di taglio Vs e di compressione Vp (o in maniera alternativa alle velocità Vp è possibile assegnare il coefficiente di Poisson), la densità di massa degli strati che costituiscono il modello del suolo assegnato.

Per l'elaborazione è stato impiegato il software "MASW" dell'Ing. Vitantonio Roma, per una dettagliata descrizione del metodo Masw e del programma fare riferimento a "Caratterizzazione sismica dei suoli con il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) di Vitantonio Roma (Libri Tecnici Professionali Editrice – 2006).

Nel dettaglio sono state eseguite circa quattro registrazioni MASW (in seguito, in fase di elaborazione è stata effettuata una scelta della registrazione migliore), in corrispondenza di entrambi gli estremi delle stese, energizzando con la mazza per una durata ciascuna pari a due secondi.

Di seguito si riporta parte delle elaborazioni delle acquisizioni di andata di entrambe le stese sismiche:

Stesa sismica S1

"1 - Dati sperimentali

Numero di ricevitori 24
Numero di campioni temporali 10000
Passo temporale di acquisizione 0.2ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi 24
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a 0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a 1999.8ms
I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)

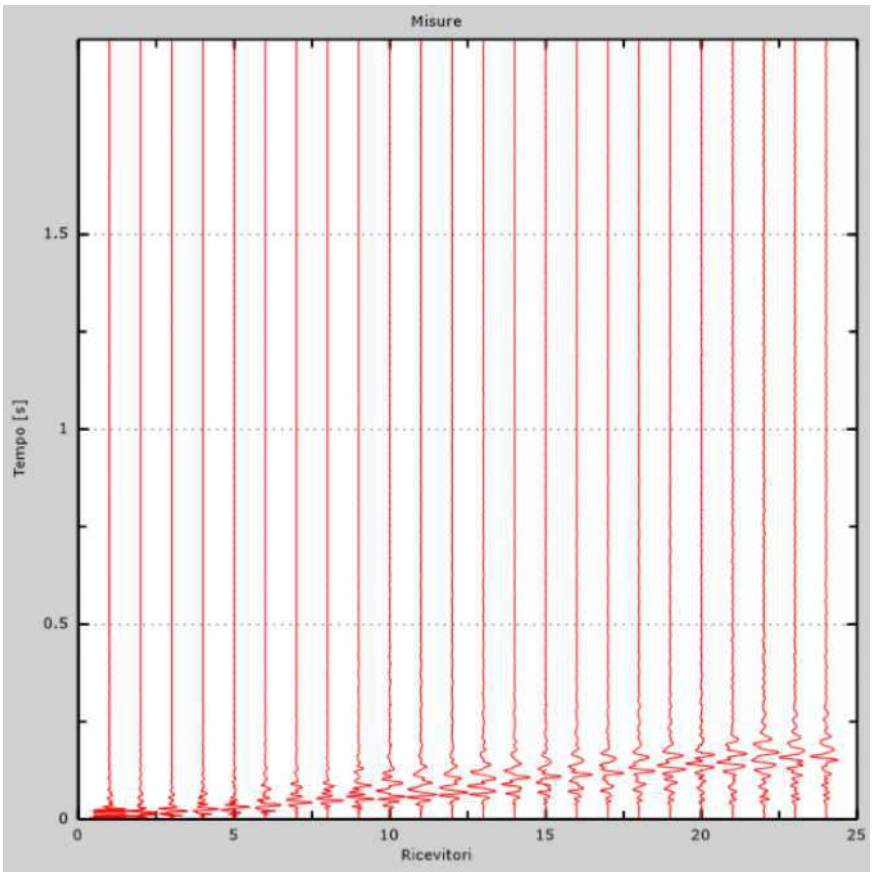


Figura 1: Tracce sperimentali

2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale 70Hz
Frequenza iniziale 2Hz

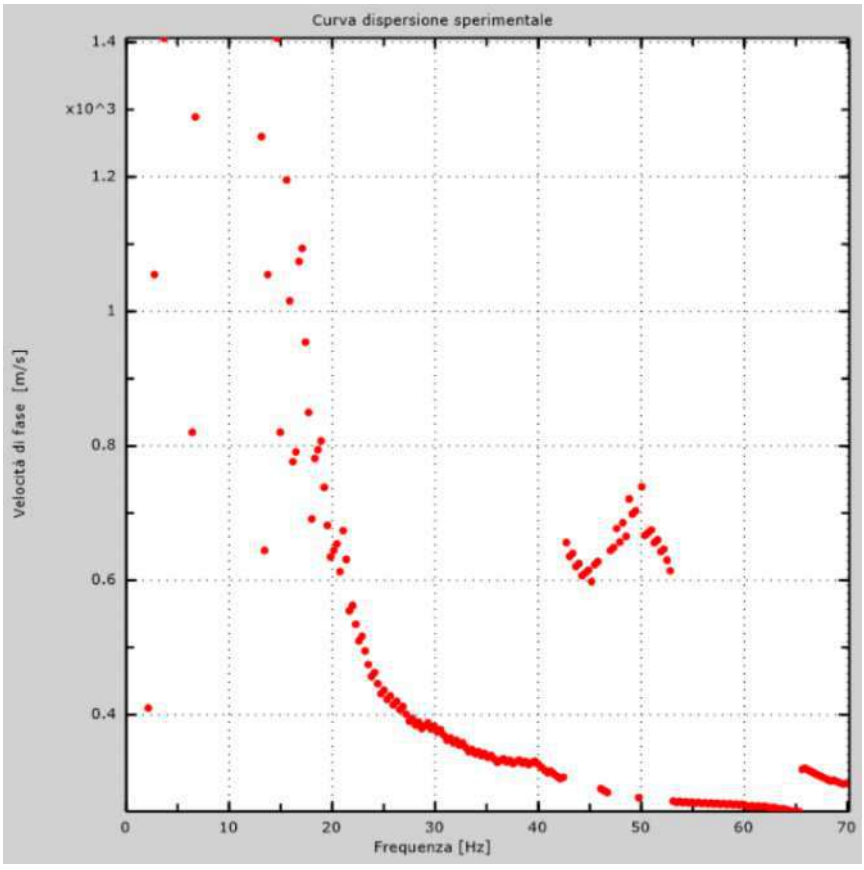


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

3 - Curva di dispersione

Tabella 1:Curva di dispersione

Freq. [Hz]	*V. fase [m/s]*	*V. fase min [m/s]*	*V. fase Max [m/s]*
17.161	*938.25*	*924.893*	*951.607*
19.5453	*728.993*	*720.088*	*737.897*
23.3273	*477.439*	*470.76*	*484.117*
27.4381	*397.298*	*388.393*	*406.202*
33.0289	*357.227*	*334.966*	*379.488*
46.5125	*288.217*	*270.407*	*306.026*
56.4608	*270.407*	*203.623*	*337.192*

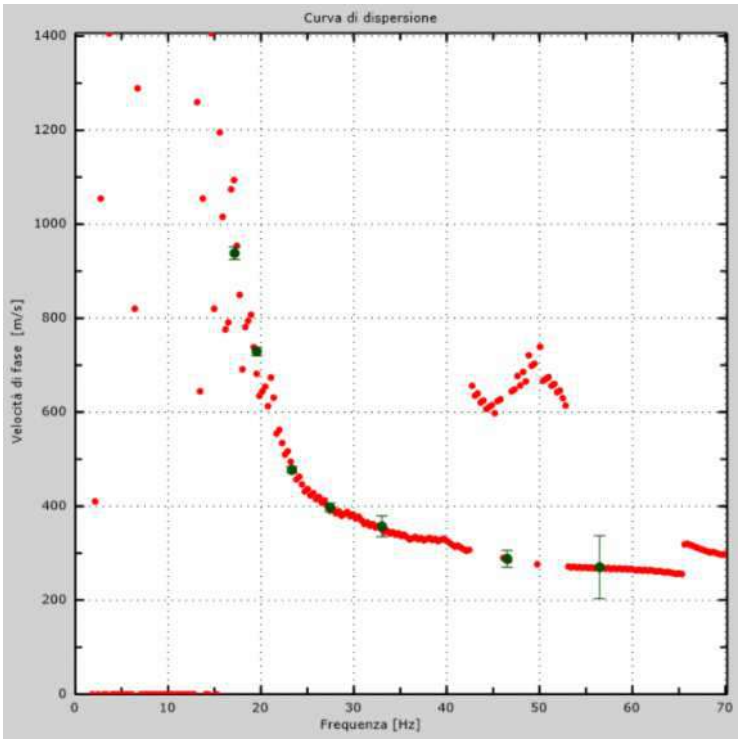


Figura 3: Curva di dispersione

4 - Profilo in sito

Numero di strati (escluso semispazio) 9
Spaziatura ricevitori [m] 1.5m
Numero ricevitori 24

Numero modi 10

Strato 1

h [m] 1.8
z [m] -1.8
Densità [kg/m^3] 1800
Poisson 0.2
Vs [m/s] 257.20
Vp [m/s] 420.01
Vs min [m/s] 150.23
Vs max [m/s] 385.800000
Vs fin.[m/s] 257.200

Strato 2

h [m] 7
z [m] -8.8
Densità [kg/m^3] 2300
Poisson 0.33
Vs [m/s] 382.83
Vp [m/s] 760.01
Vs min [m/s] 198.46
Vs max [m/s] 574.245000
Vs fin.[m/s] 382.830

Strato 3

h [m] 2
z [m] -10.8
Densità [kg/m^3] 2400
Poisson 0.36
Vs [m/s] 898.93
Vp [m/s] 1921.99
Vs min [m/s] 220.72
Vs max [m/s] 1348.395000
Vs fin.[m/s] 898.930

Strato 4

h [m] 4.2
z [m] -15
Densità [kg/m^3] 2400
Poisson 0.36
Vs [m/s] 1028.96
Vp [m/s] 2200.01
Vs min [m/s] 265.24
Vs max [m/s] 1543.440000
Vs fin.[m/s] 1028.960

Strato 5

h [m] 3
z [m] -18
Densità [kg/m^3] 2400
Poisson 0.36
Vs [m/s] 1122.50
Vp [m/s] 2400.01
Vs min [m/s] 405.00
Vs max [m/s] 1683.750000

Vs fin.[m/s] 1122.500

Strato 6

h [m] 3
z [m] -21
Densità [kg/m^3] 2400
Poisson 0.36
Vs [m/s] 1169.27
Vp [m/s] 2500.00
Vs min [m/s] 521.25
Vs max [m/s] 1753.905000
Vs fin.[m/s] 1169.270

Strato 7

h [m] 5
z [m] -26
Densità [kg/m^3] 2400
Poisson 0.36
Vs [m/s] 1350
Vp [m/s] 2886.42
Vs min [m/s] 521.25
Vs max [m/s] 2025.000000
Vs fin.[m/s] 1350.000

Strato 8

h [m] 6
z [m] -32
Densità [kg/m^3] 2400
Poisson 0.36
Vs [m/s] 1400
Vp [m/s] 2993.33
Vs min [m/s] 521.25
Vs max [m/s] 2100.000000
Vs fin.[m/s] 1400.000

Strato 9

h [m] 0
z [m] -oo
Densità [kg/m^3] 2400
Poisson 0.36
Vs [m/s] 1450
Vp [m/s] 3100.23
Vs min [m/s] 521.25
Vs max [m/s] 2175.000000
Vs fin.[m/s] 1450.000

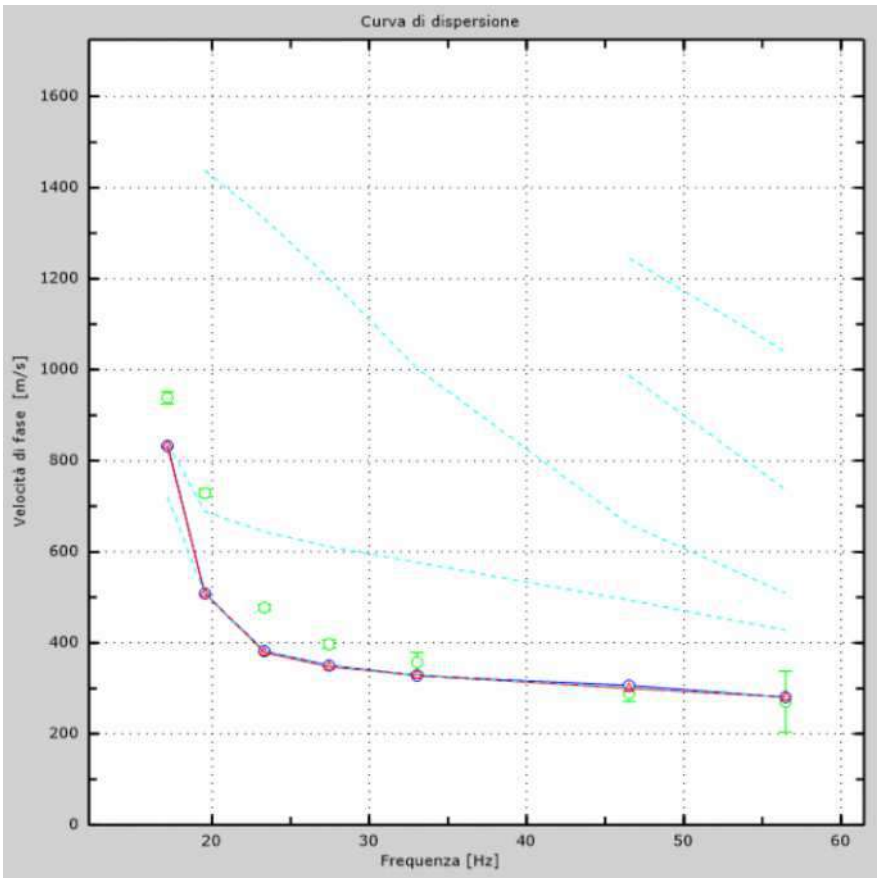


Figura 4: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigth (ciano), curva apparente(blu), curva numerica (rosso)

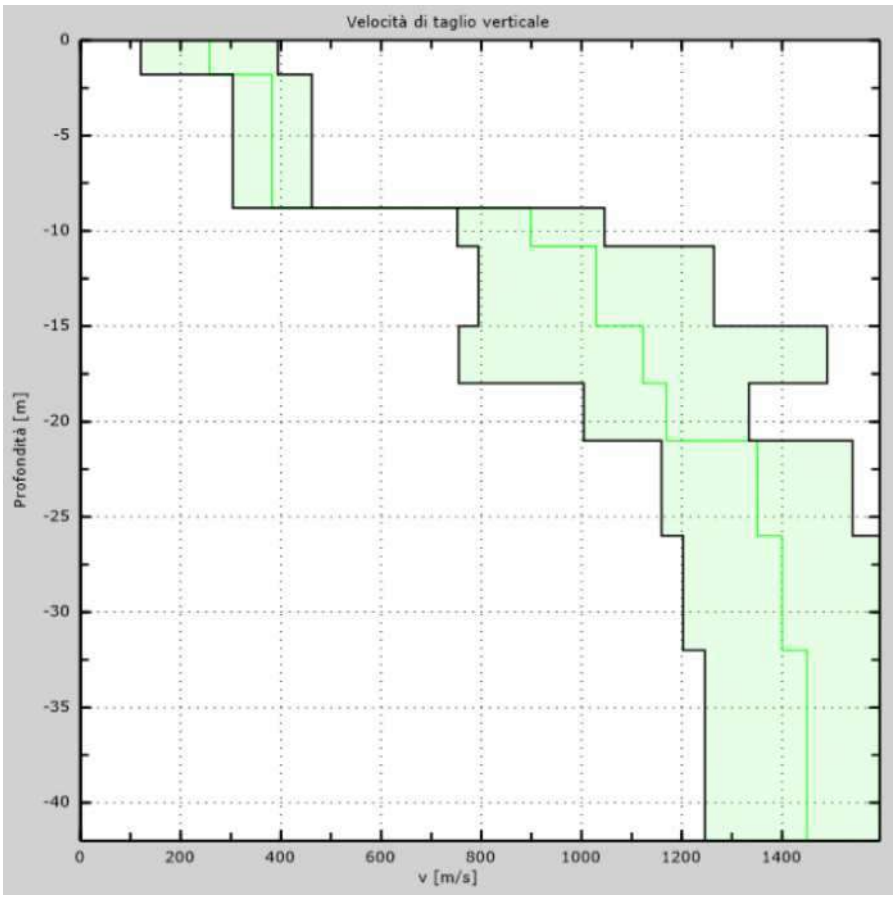


Figura 5: Profilo Vs numerico

5 - Risultati finali

Offset [m] 0

Vs30 (NTC 2008) [m/s] 691
Vsequivalenti (NTC 2018) [m/s] 543"

Stesa sismica S2

"1 - Dati sperimentali

Numero di ricevitori 24
Numero di campioni temporali 10000
Passo temporale di acquisizione 0.2ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi 24
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a 0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a 1999.8ms
I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)

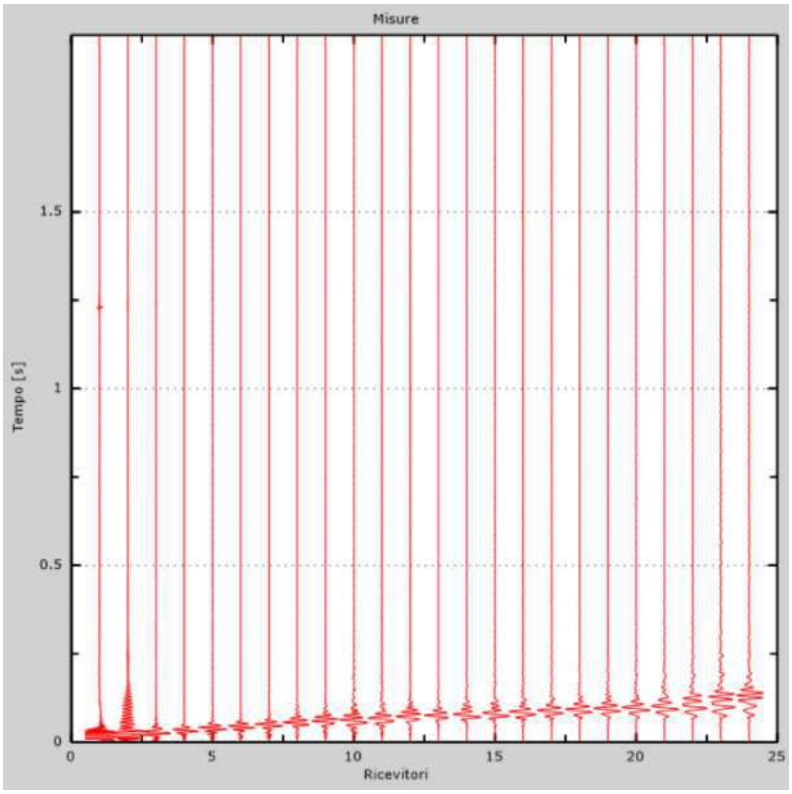


Figura 1: Tracce sperimentali

2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale 70Hz
Frequenza iniziale 2Hz

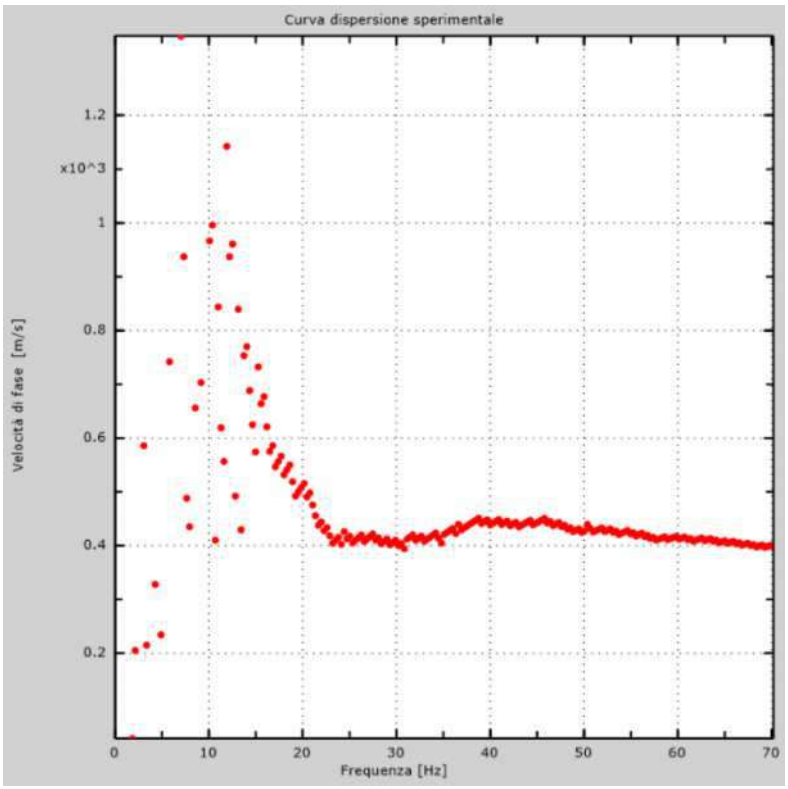


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

3 - Curva di dispersione

Tabella 1:Curva di dispersione

Freq. [Hz]	***V. fase [m/s]***	***V. fase min [m/s]***	***V. fase Max [m/s]***
13.2145	*852.222*	*843.688*	*860.756*
14.9411	*681.551*	*670.884*	*692.218*
16.3388	*604.749*	*596.216*	*613.283*
19.3808	*515.147*	*504.48*	*525.814*
29.2469	*417.011*	*406.344*	*427.678*
44.7038	*417.011*	*355.143*	*478.879*
62.0516	*395.677*	*338.076*	*453.279*

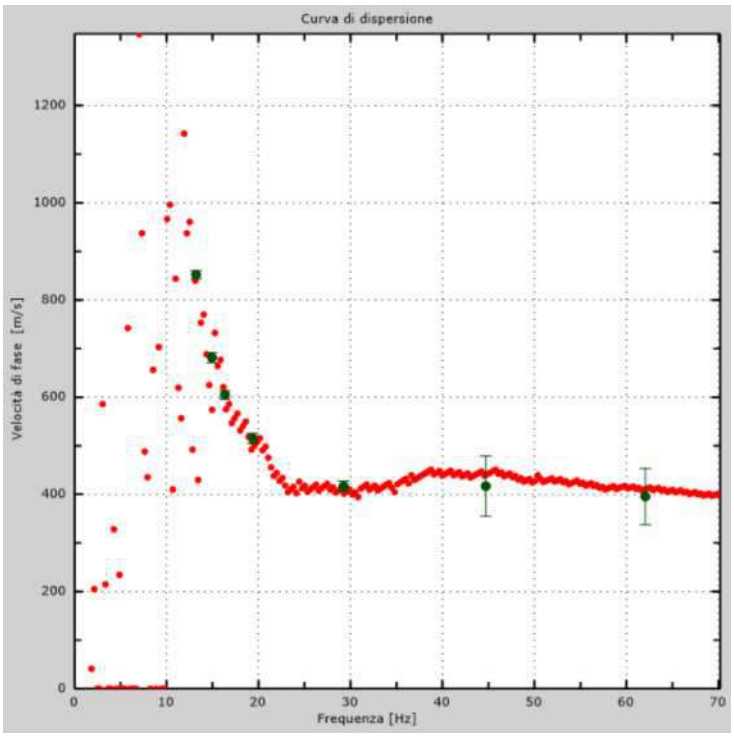


Figura 3: Curva di dispersione

4 - Profilo in sito

Numero di strati (escluso semispazio) 9
Spaziatura ricevitori [m] 1.5m
Numero ricevitori 24
Numero modi 1

Strato 1

h [m] 2.5
z [m] -2.5
Densità [kg/m^3] 1800
Poisson 0.2
Vs [m/s] 244.95
Vp [m/s] 400.00
Vs min [m/s] 131.453333
Vs max [m/s] 367.425000
Vs fin.[m/s] 244.950

Strato 2

h [m] 5
z [m] -7.5
Densità [kg/m^3] 2300
Poisson 0.33
Vs [m/s] 357.64
Vp [m/s] 710.00
Vs min [m/s] 231.67
Vs max [m/s] 536.460000
Vs fin.[m/s] 357.640

Strato 3

h [m] 4
z [m] -11.5

Densità [kg/m^3] 2400
Poisson 0.36
Vs [m/s] 759.09
Vp [m/s] 1623.00
Vs min [m/s] 231.67
Vs max [m/s] 1138.635000
Vs fin.[m/s] 759.090

Strato 4

h [m] 4
z [m] -15.5
Densità [kg/m^3] 2400
Poisson 0.36
Vs [m/s] 1122.50
Vp [m/s] 2400.01
Vs min [m/s] 286.19
Vs max [m/s] 1683.750000
Vs fin.[m/s] 1122.500

Strato 5

h [m] 4
z [m] -19.5
Densità [kg/m^3] 2400
Poisson 0.36
Vs [m/s] 1145.88
Vp [m/s] 2449.99
Vs min [m/s] 335.97
Vs max [m/s] 1718.820000
Vs fin.[m/s] 1145.880

Strato 6

h [m] 5
z [m] -24.5
Densità [kg/m^3] 2400
Poisson 0.36
Vs [m/s] 1155.24
Vp [m/s] 2470.01
Vs min [m/s] 378.64
Vs max [m/s] 1732.860000
Vs fin.[m/s] 1155.240

Strato 7

h [m] 5
z [m] -29.5
Densità [kg/m^3] 2400
Poisson 0.36
Vs [m/s] 1159.91
Vp [m/s] 2479.99
Vs min [m/s] 473.46
Vs max [m/s] 1739.865000
Vs fin.[m/s] 1159.910

Strato 8

h [m] 6
z [m] -35.5

Densità [kg/m^3] 2400
Poisson 0.36
Vs [m/s] 1169.27
Vp [m/s] 2500.00
Vs min [m/s] 473.46
Vs max [m/s] 1753.905000
Vs fin.[m/s] 1169.270

Strato 9

h [m] 0
z [m] -oo
Densità [kg/m^3] 2400
Poisson 0.36
Vs [m/s] 1216.04
Vp [m/s] 2600.00
Vs min [m/s] 473.46
Vs max [m/s] 1824.060000
Vs fin.[m/s] 1216.040

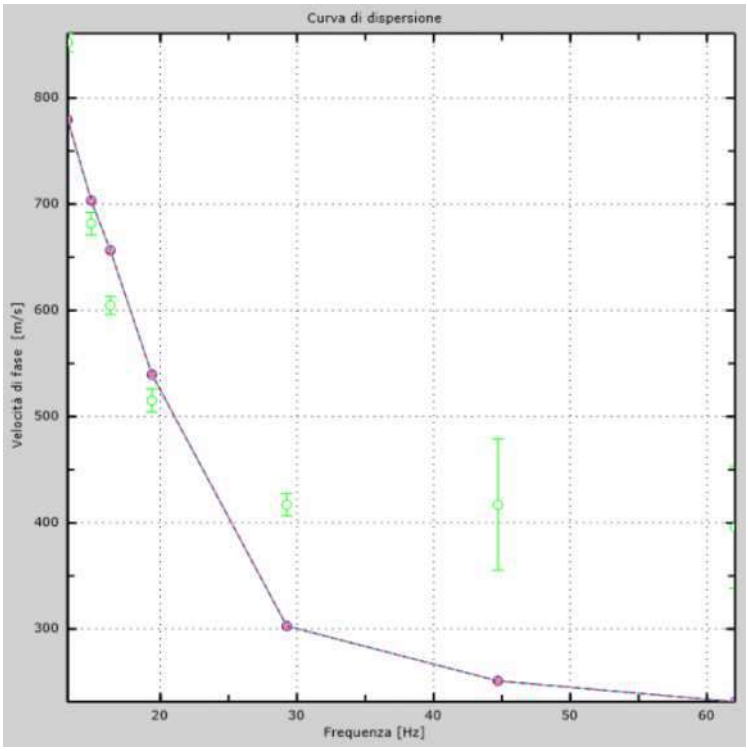


Figura 4: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigth (ciano), curva apparente(blu), curva numerica (rosso)

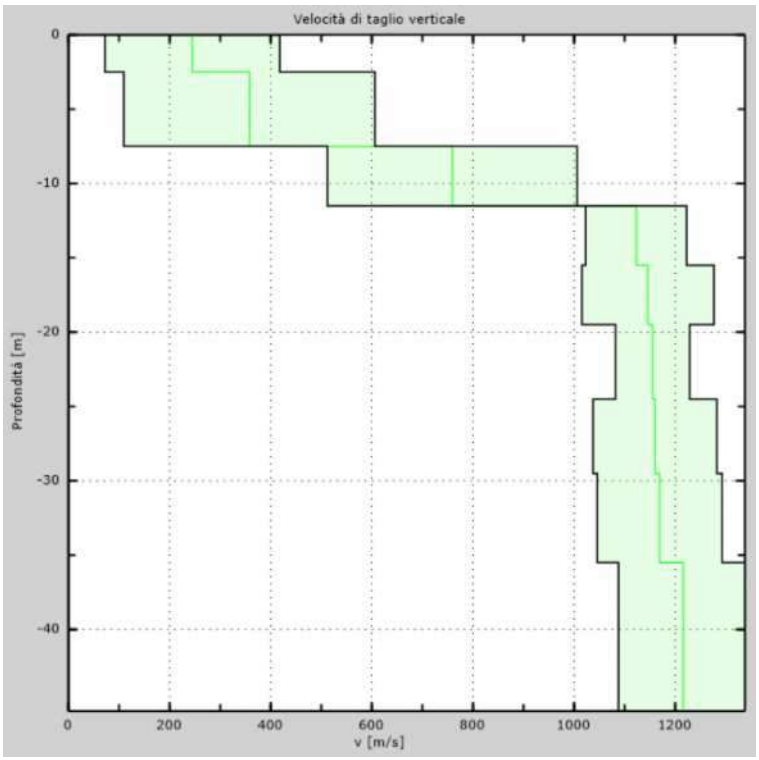


Figura 5: Profilo Vs numerico

5 - Risultati finali

Offset [m] 0
Vs30 (NTC 2008) [m/s] 658
Vsequivalenti (NTC 2018) [m/s] 436".

2.3 Stese sismiche a rifrazione elaborate con procedura tomografica

Le misure effettuate con la tecnica a rifrazione possono essere elaborate con la procedura tomografica al fine di evidenziare nel dettaglio le variazioni locali delle velocità delle onde P (o longitudinali).

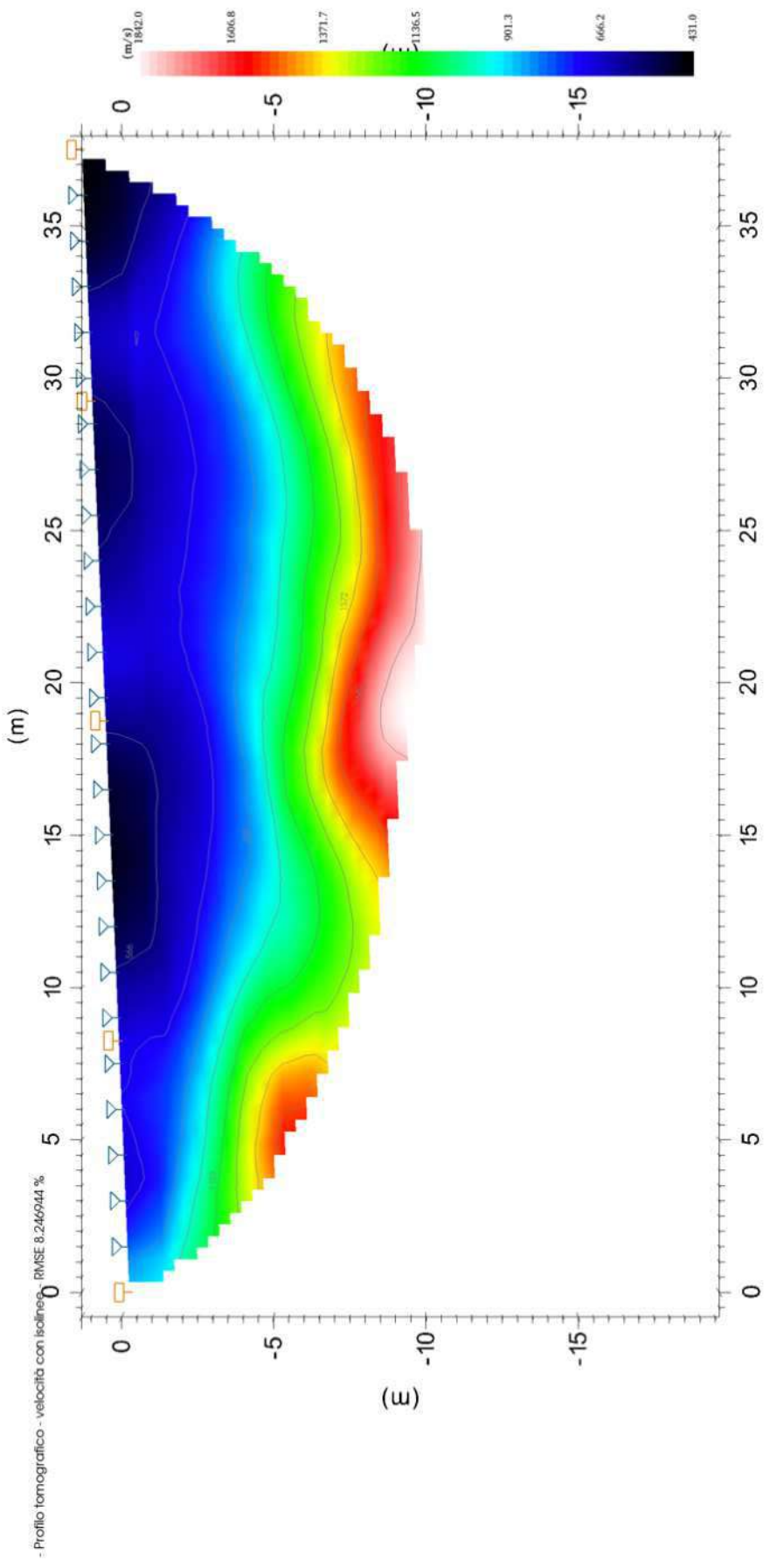
In particolare la tecnica tomografica prevede la creazione di un modello sintetico del sottosuolo e la sua perturbazione alla ricerca del minimo scarto tra le misure eseguite sul terreno e le misure "virtuali" (o ipotizzate) ottenute con il modello sintetico con una procedura iterativa che prevede le seguenti fasi:

- Nella fase "diretta" vengono calcolati sul modello sintetico di tempi di arrivo dell'impulso sismico (si mette in evidenza che il programma utilizzato SmartTomo si basa sul lavoro di Moser, T.J. "Shortest path calculation of seismic rays." Geophysics 56.1 (1991): 59-67). Il modello di velocità iniziale è suddiviso in una griglia le cui celle hanno assegnato un modello di velocità iniziale. Sui lati di tale cella sono presenti più nodi (il cui numero è scelto dall'utente) che costituiscono i nodi dellla rete di ipotetici raggi sismici che connettono tutte le sorgenti sismiche e tutti i geofoni che sono anch'essi dei nodi. Ogni nodo è connesso con quello delle celle adiacenti.
- Nella fase "inversa" i tempi sintetici calcolati nella fase precedente sono confrontati con i tempi misurati; le differenze tra i due tempi sono usate per aggiornare il modello sintetico (smartTomo impiega un algoritmo riconducibile alla famiglia delle "Simultaneous Iterative Recostruction Technique").

Il programma quindi utilizzato per l'elaborazione tomografica è SmartTomo del Dott. Geol. Simone Pittaluga. I grafici ottenuti mostrano un andamento in profondità delle onde P del tutto simile a quello determinato con il metodo GRM. In

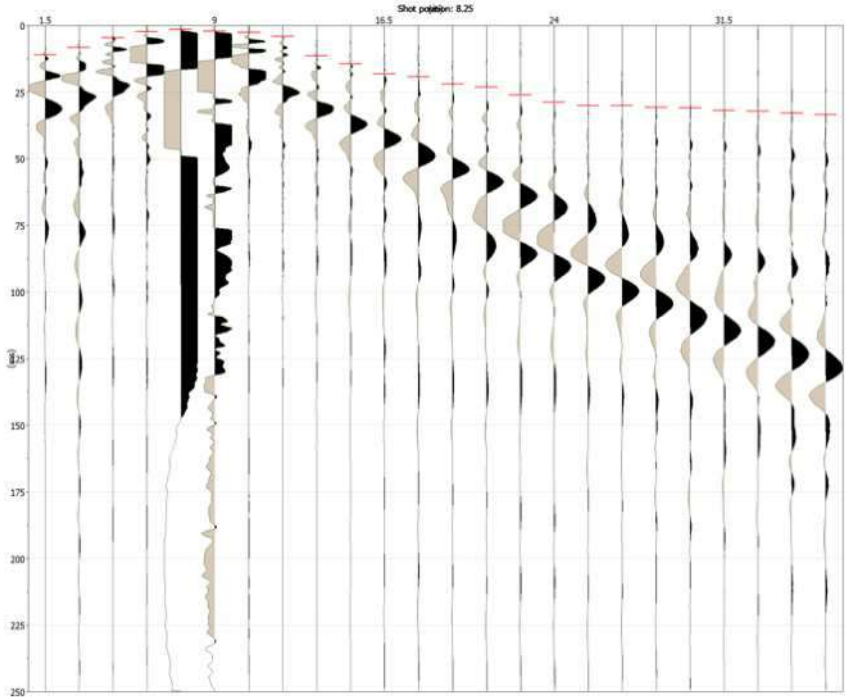
questo caso, per entrambe le stese, in luogo di 3 energizzazioni, sono state utilizzate 5 energizzazioni ed in particolare a 0 m, a 8,25 metri, a 18,75 metri, a 29,25 metri e 37,50 metri in cui la misura 0 è appunto a -1,50 metri rispetto alla posizione del primo geofono. La geometria utilizzata e l'attrezzatura è la stessa descritta nel precedente paragrafo.

Stesa sismica S1

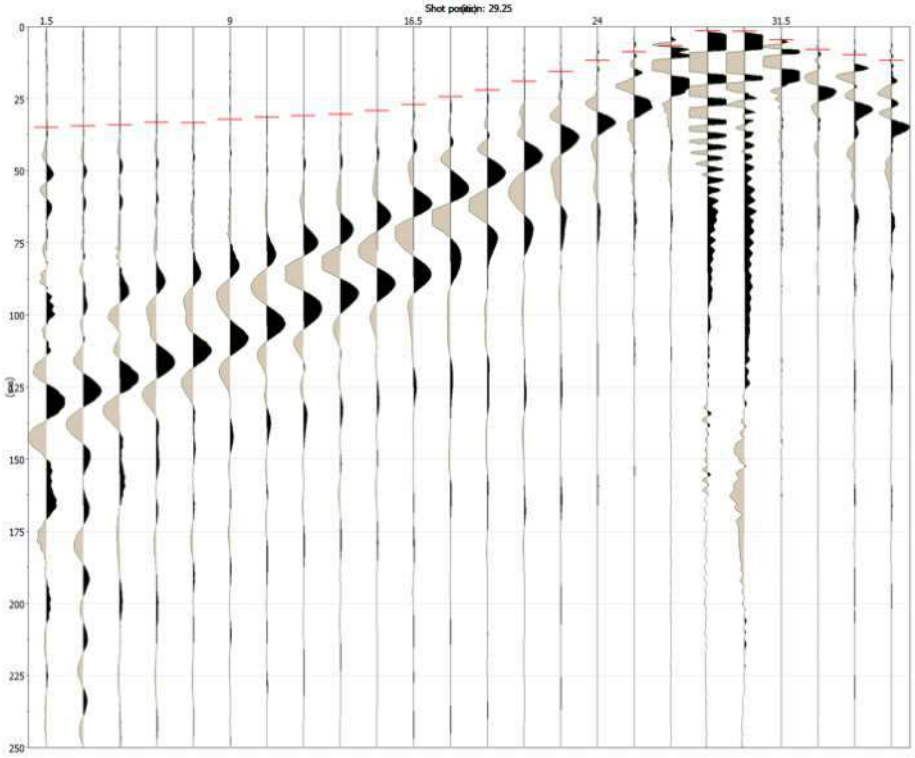


Profilo sismico tomografico (onde P)

Considerando il profilo tomografico S1, si nota un andamento dei valori delle velocità delle onde P con la profondità, del tutto correlabili a quelli ottenuti con l'interpretazione della rifrazione con il metodo GRM ed in particolare si può notare che velocità delle onde P comprese tra 430 e 550/600 m/s possano indicare un livello di riporti, posto al di sopra di depositi pliocenici mediamente cementati caratterizzati da valori delle onde P compresi tra 600 e 1500 m/s. A maggiori profondità valori di velocità delle onde P superiori a 1500 m/s indicano il passaggio a depositi pliocenici maggiormente cementati.

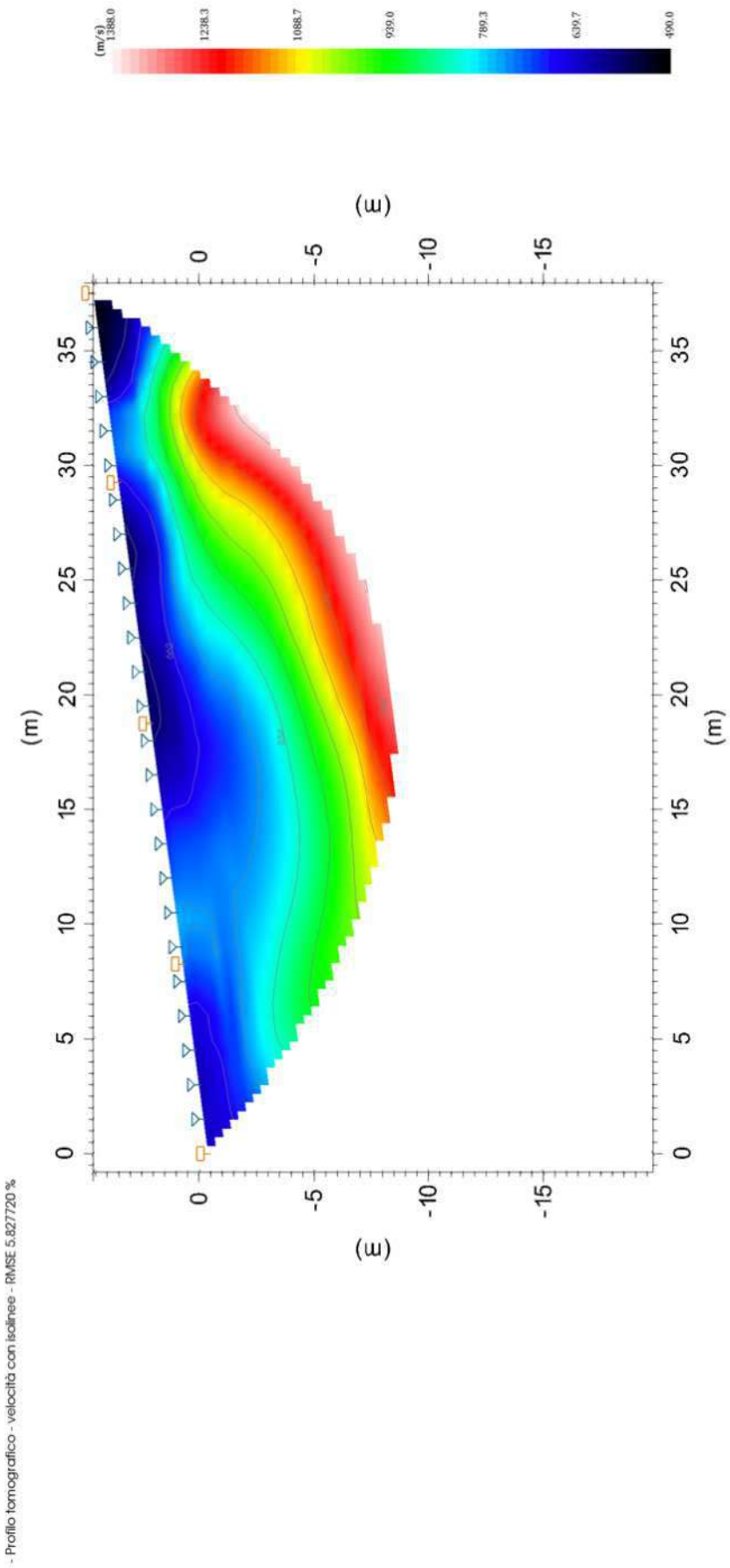


Energizzazione a 8,25 metri



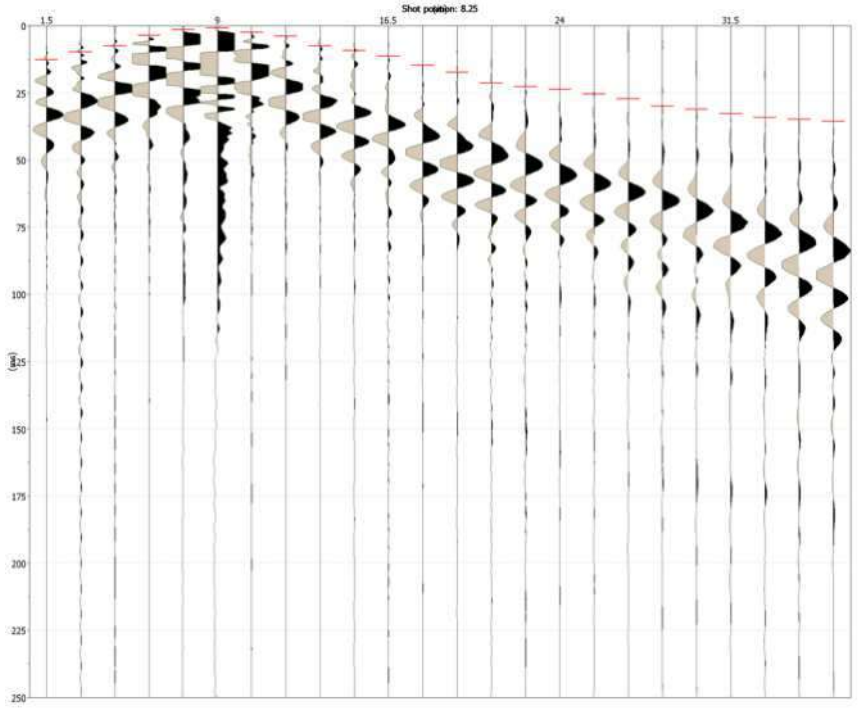
Energizzazione a 29,25 metri

Stesa sismica S2

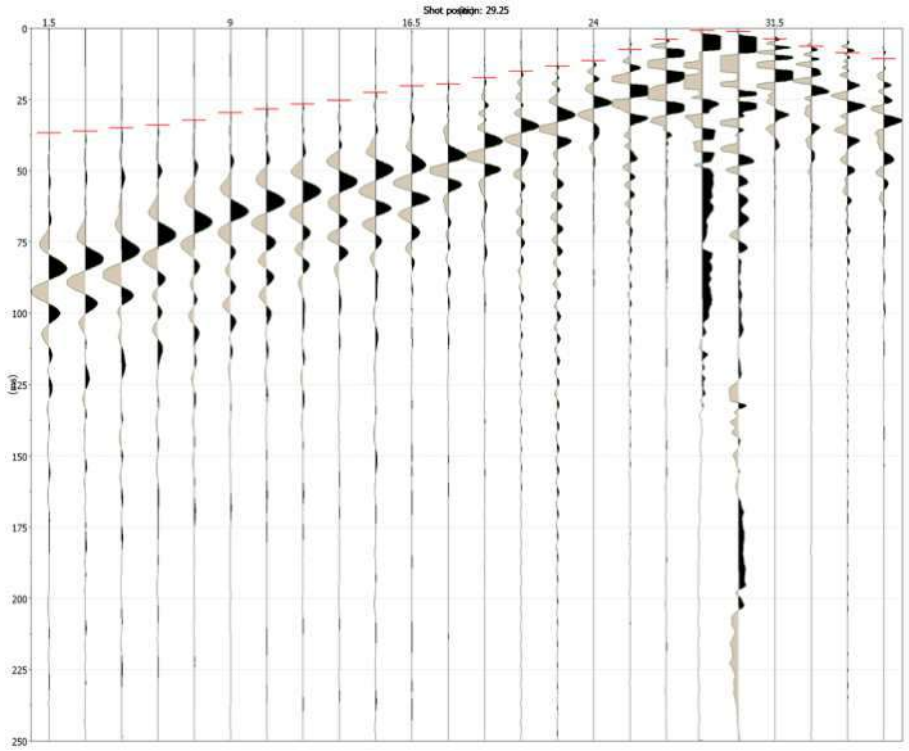


Profilo sismico tomografico (onde P)

Considerando il profilo tomografico S2, si nota un andamento dei valori delle velocità delle onde P con la profondità, del tutto correlabili a quelli ottenuti con l'interpretazione della rifrazione con il metodo GRM ed in particolare si può notare che velocità delle onde P comprese tra 490 e 520 m/s possano indicare un livello di riporti, posto al di sopra di depositi pliocenici mediamente cementati caratterizzati da valori delle onde P compresi tra 550 e 1200 m/s. A maggiori profondità valori di velocità delle onde P superiori a 1200 m/s indicano il passaggio a depositi pliocenici maggiormente cementati.



Energizzazione a 8,25 metri



Energizzazione a 29,25 metri

2. Conclusioni

Nei paragrafi precedenti sono stati illustrati i risultati delle indagini geofisiche eseguite Strada Casai a Riva Ligure (IM).

In base alle indagini sismiche S1 e S2 sopra descritte, il suolo di fondazione, a livello preliminare (e tenuto conto essenzialmente di quanto desunto dalle acquisizioni Masw), ai sensi delle NTC 2018, rispetto al piano di campagna visibile nella foto 1 e nella foto 2 (in corrispondenza del quale sono state eseguite le acquisizioni Masw), si può classificare come appartenente alla Categoria B – Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti.

Non si esclude che in corrispondenza della sismica S1, il terzo sismostrato, caratterizzato da una velocità delle onde P pari a 1922 m/s, possa essere costituito dal Flysch di Sanremo, presente al di sotto dei depositi pliocenici.

Infine, risulterà opportuna una "taratura" delle prove eseguite e descritte nella presente anche attraverso il controllo con ulteriori indagini geognostiche (ad esempio pozzetti geognostici esplorativi, rilevi geomeccanici, sondaggi geognostici, ecc.) e con rilevamento geologico/geomorfologico di dettaglio a cura del committente.

Bordighera, 22-02-2023

Dott. Geol. Francesco D'Adamo



Comune di Riva Ligure

Provincia di Imperia

Via Nino Bixio 15 – 18015 Riva Ligure (IM) – Tel 0184 48.201 Fax 0184 48. 77.00 – C.F. 00248350084

E-mail: info@comunedirivaligure.it - ufficiotecnico@comunedirivaligure.it

sito internet: www.comunedirivaligure.it



Finanziato dall'Unione europea

NextGenerationEU

PRIMO LOTTO FUNZIONALE INTERVENTO DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO INERENTE IL RIO PERTUSIO - PNRR MISSIONE 2 COMPONENTE 4 INTERVENTO 2.2

CUP: I66F20000010006

LOTTO FUNZIONALE

ALLEGATO 2 - Elaborazioni Prove sismiche: Indagini sismiche ai sensi delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018) – Report Indagini HVSR.

***S**tudio **G**eologico*

dott. geol. **G**ianfranco **S**econdo

Corso Felice Cavallotti n. 14/9 - 18038 Sanremo (IM)

Tel. 335 57 02 469 - E-mail: giansecondo.2@gmail.com

PEC: studio.geologico.sg@pec.epap.it

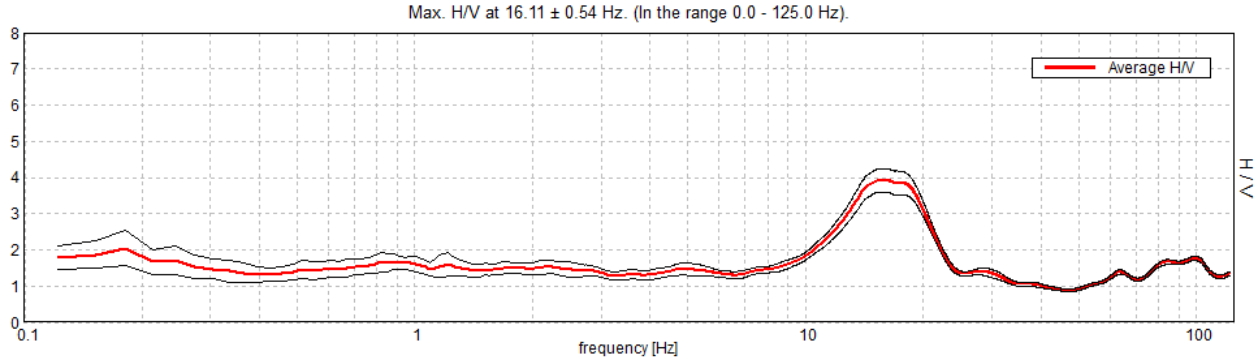
Firmato digitalmente da SECONDO GIANFRANCO C: IT

RIVALIGURE2023, HVSR 1

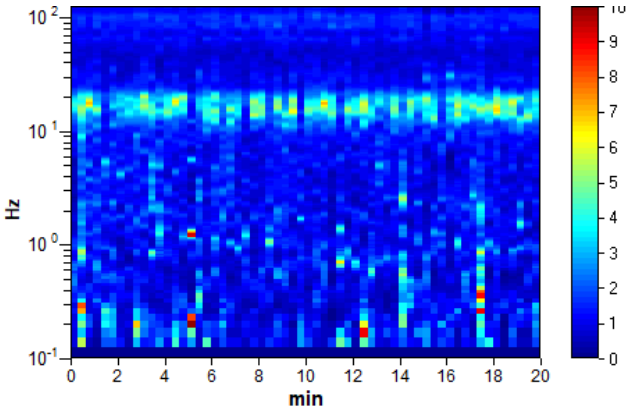
Instrument: EXT-= Theremino
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 20/01/02 11:58:10 End recording: 20/01/02 02:08:00
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the entire trace.
Sampling rate: 250 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

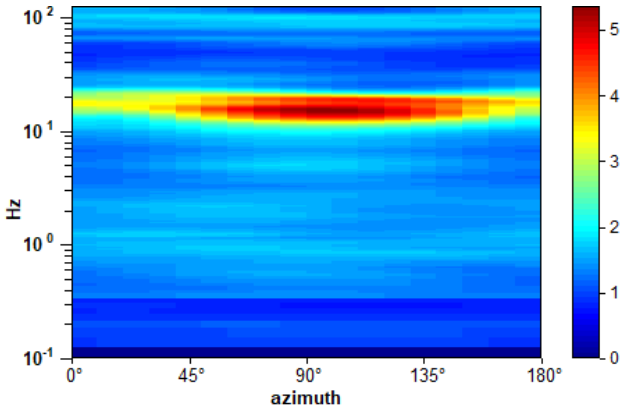
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



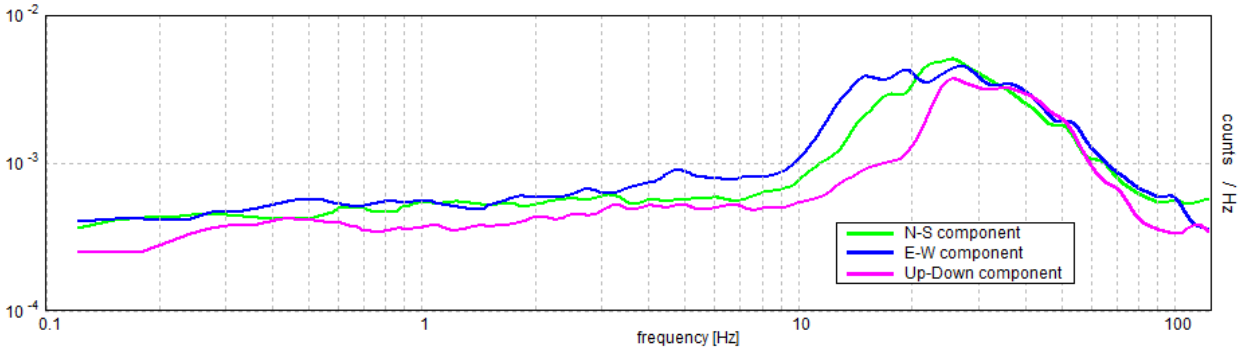
H/V TIME HISTORY



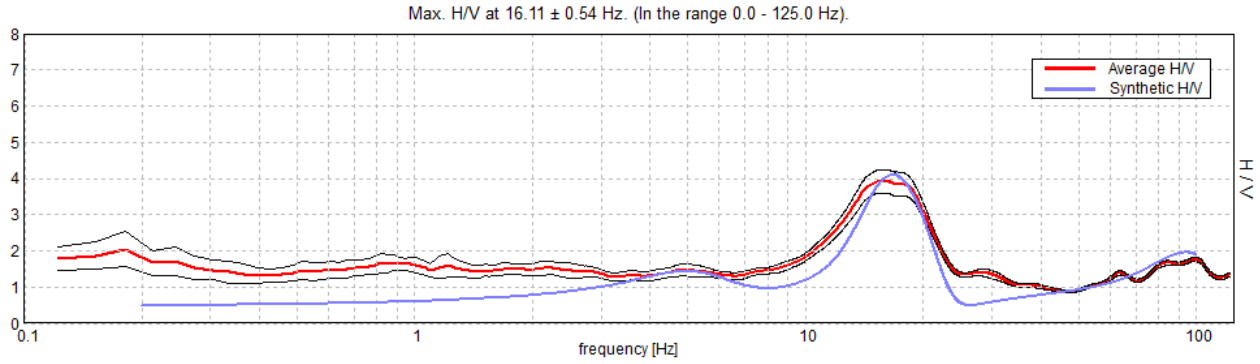
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA

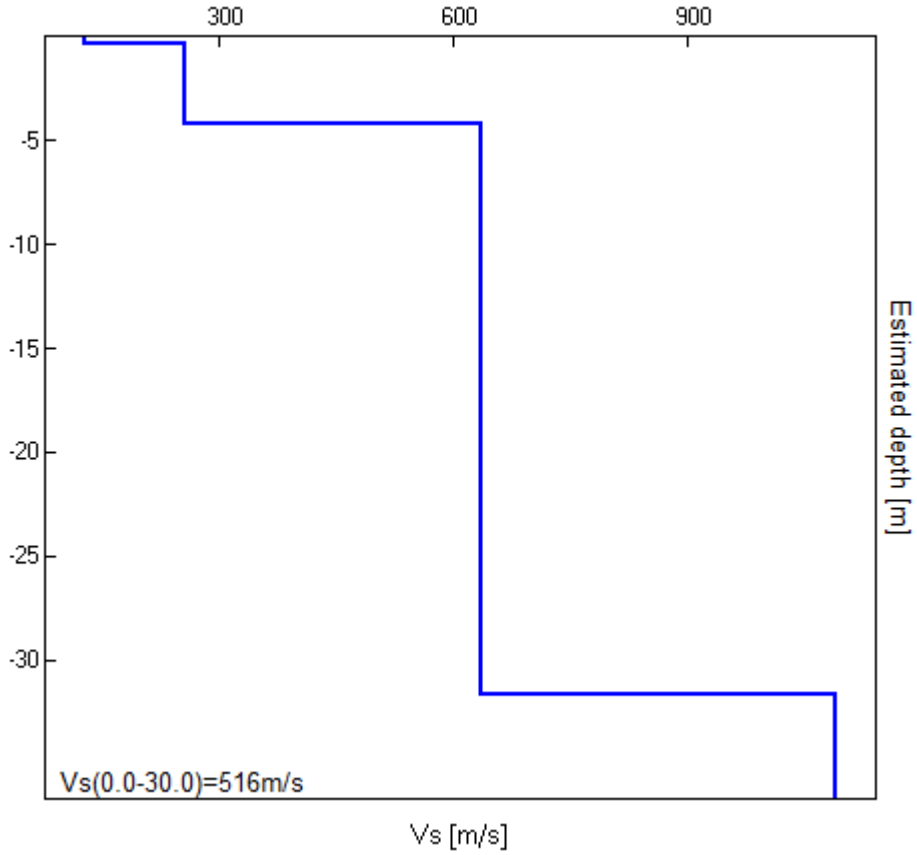


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.34	0.34	129	0.34
4.23	3.89	258	0.32
31.63	27.40	638	0.30
inf.	inf.	1091	0.30

Vs(0.0-30.0)=516m/s



[According to the SESAME, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables**.]

Max. H/V at 16.11 ± 0.54 Hz (in the range 0.0 - 125.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	16.11 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	19335.9 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$Hz **$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$Hz**	Exceeded 0 out of 793 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	10.376 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	22.369 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.91 > 2	OK	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.03322| < 0.05	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.53533 < 0.80566	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.3209 < 1.58	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{logH/V}(f)$	standard deviation of log $A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

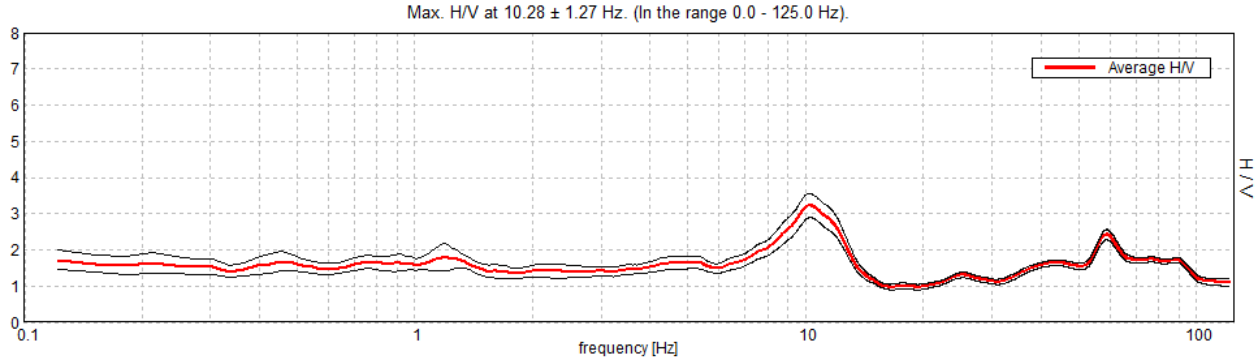
Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

RIVALIGURE2023, HVSR 2

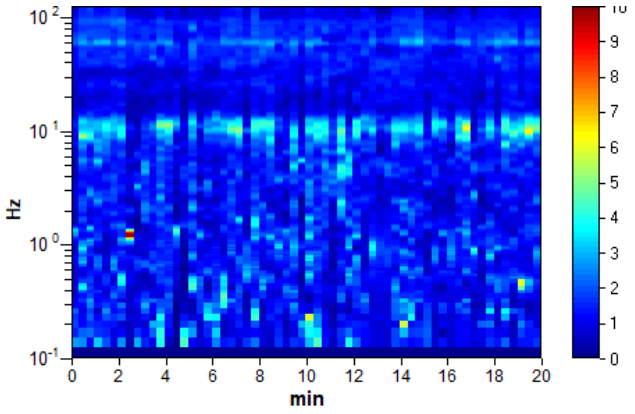
Instrument: EXT-= Theremino
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 20/01/02 12:58:08 End recording: 20/01/02 03:08:08
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

Trace length: 0h20'00''. Analysis performed on the entire trace.
Sampling rate: 250 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

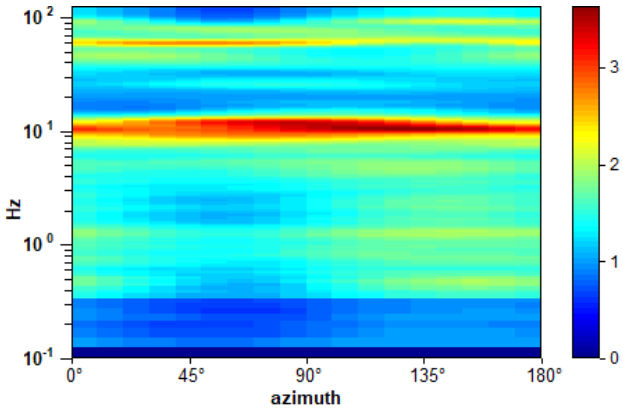
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



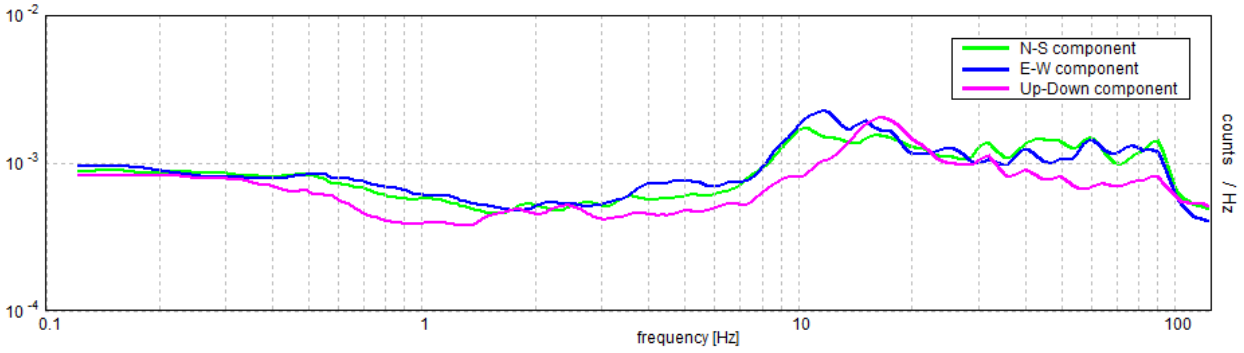
H/V TIME HISTORY



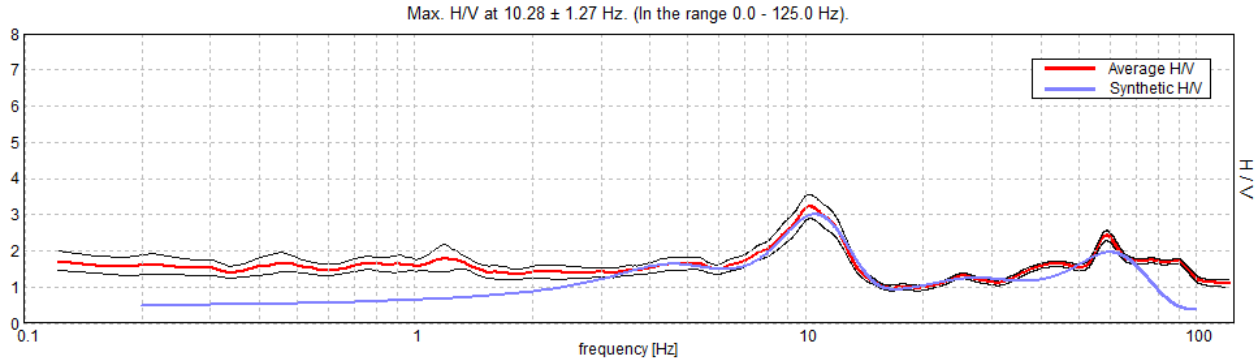
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA

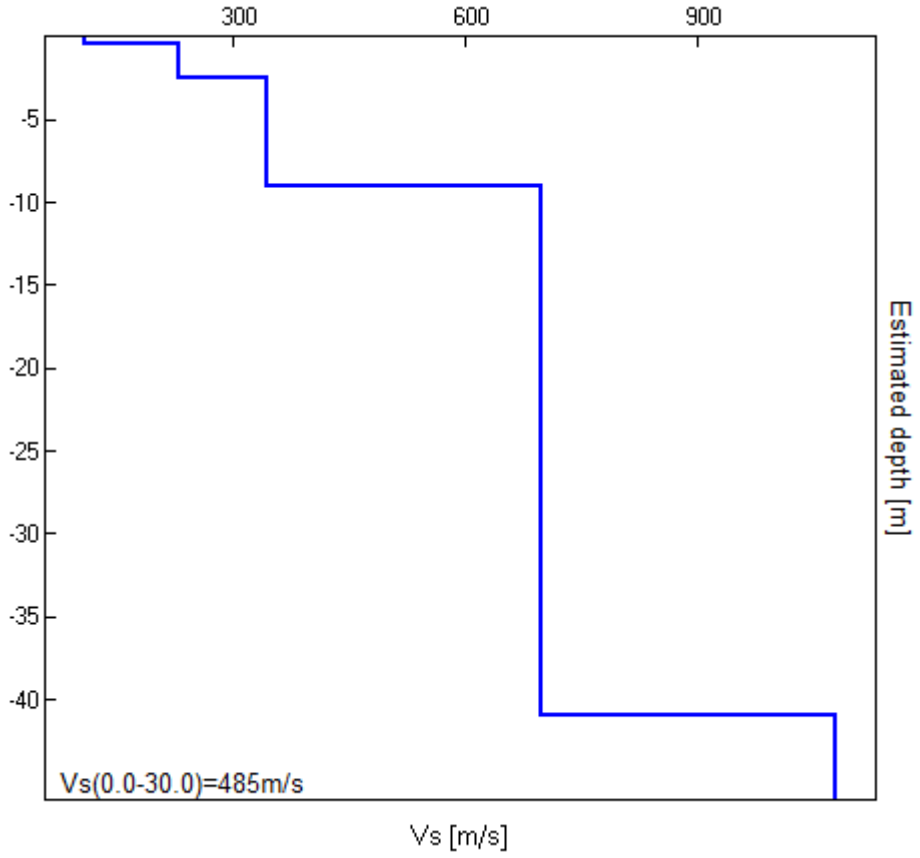


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.47	0.47	109	0.34
2.48	2.01	231	0.32
9.00	6.52	346	0.32
41.00	32.00	699	0.30
inf.	inf.	1080	0.30

Vs(0.0-30.0)=485m/s



[According to the SESAME, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables**.]

Max. H/V at 10.28 ± 1.27 Hz (in the range 0.0 - 125.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	10.28 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	12341.3 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$Hz **$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$Hz**	Exceeded 0 out of 506 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	6.439 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	13.428 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.23 > 2	OK	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.12383| < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1.27356 < 0.51422		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.3302 < 1.58	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{logH/V}(f)$	standard deviation of log $A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

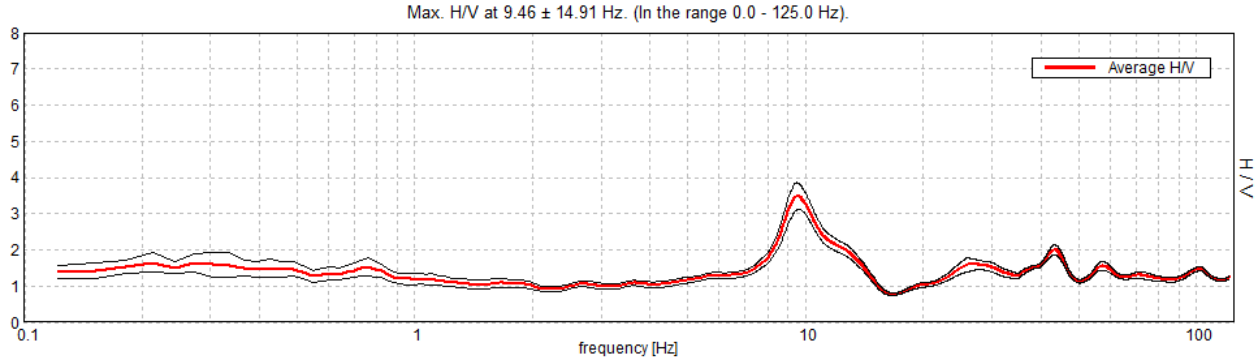
Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

RIVALIGURE2023, HVSR 3

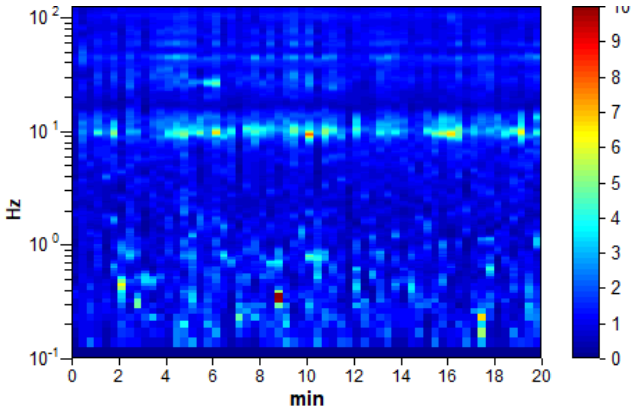
Instrument: EXT-= Theremino
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 20/01/02 13:27:31 End recording: 20/01/02 03:07:01
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

Trace length: 0h20'00''. Analysis performed on the entire trace.
Sampling rate: 250 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

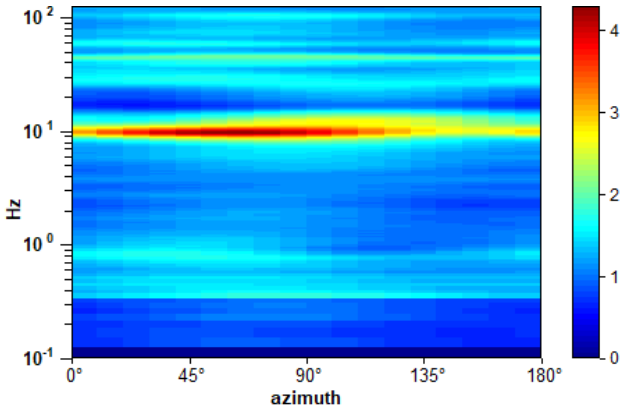
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



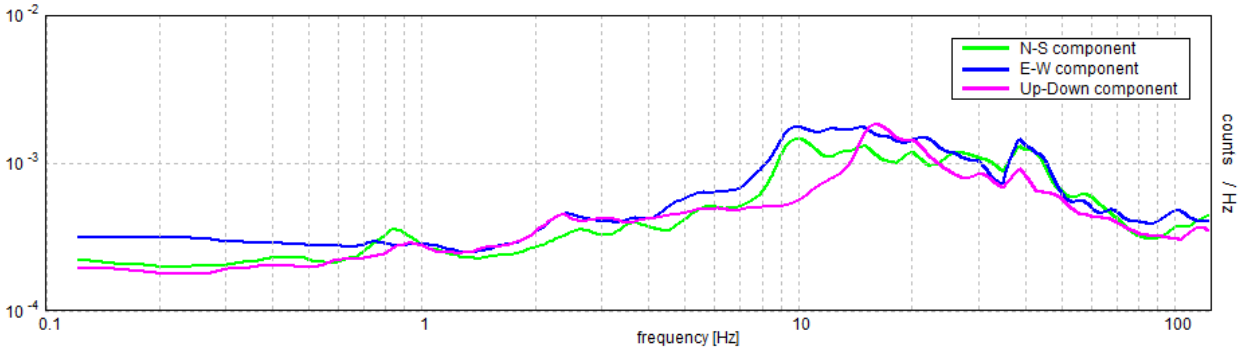
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables**.]

Max. H/V at 9.46 ± 14.91 Hz (in the range 0.0 - 125.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	9.46 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	11352.5 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$Hz **$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$Hz**	Exceeded 0 out of 466 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	7.904 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	13.489 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.48 > 2	OK	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|1.57627| < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	14.91221 < 0.47302		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.3826 < 1.58	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{logH/V}(f)$	standard deviation of log $A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

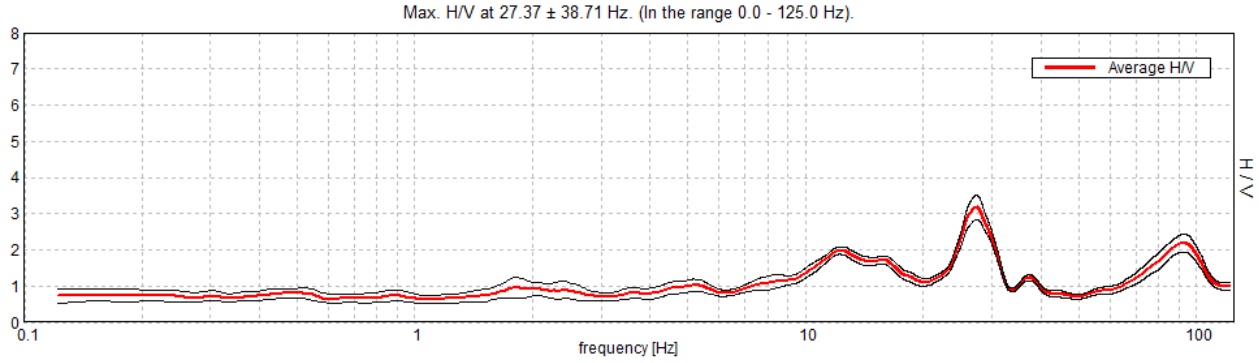
Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

RIVALIGURE2023, HVSR 4

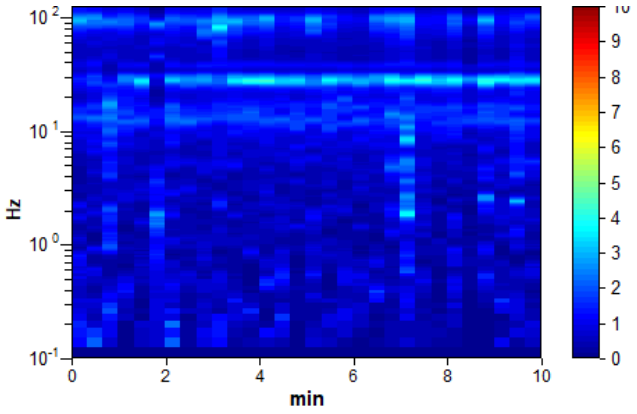
Instrument: EXT-= Theremino
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 20/01/02 13:57:51 End recording: 20/01/02 04:07:01
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

Trace length: 0h10'00''. Analysis performed on the entire trace.
Sampling rate: 250 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

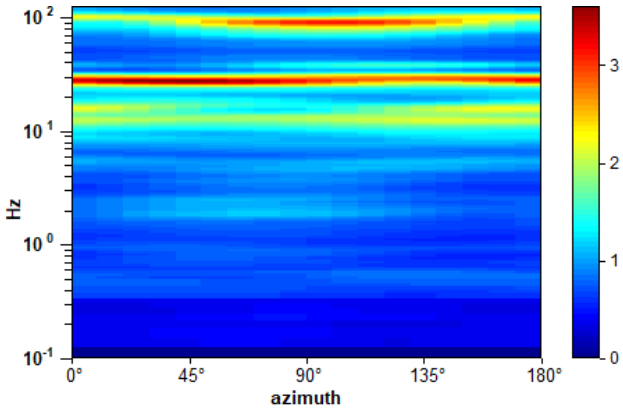
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



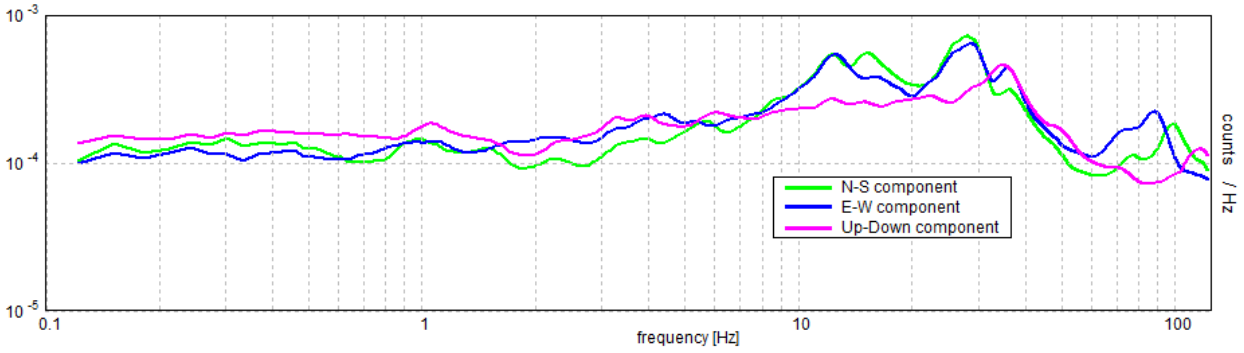
H/V TIME HISTORY



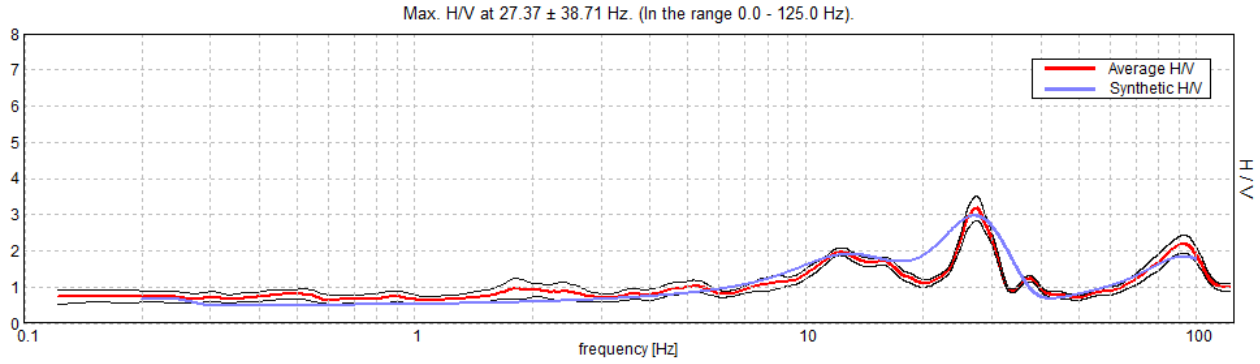
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA

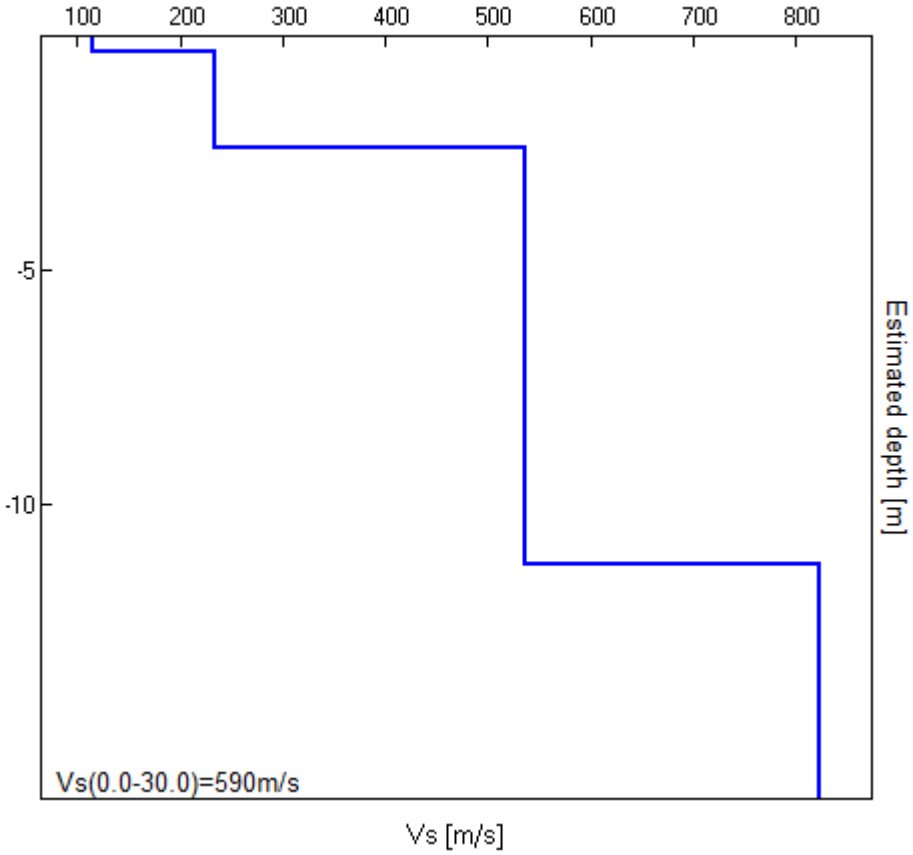


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.31	0.31	115	0.34
2.37	2.06	234	0.32
11.26	8.89	536	0.31
inf.	inf.	823	0.30

Vs(0.0-30.0)=590m/s



[According to the SESAME, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables**.]

Max. H/V at 27.37 ± 38.71 Hz (in the range 0.0 - 125.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	27.37 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	16424.6 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$Hz **$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$Hz**	Exceeded 0 out of 1346 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	23.56 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	31.464 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.18 > 2	OK	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|1.41405| < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	38.70864 < 1.36871		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.3386 < 1.58	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{logH/V}(f)$	standard deviation of log $A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20