

COMUNE DI FOSSANO

PEC DI INIZIATIVA PRIVATA IN VIA ORFANOTROFIO

- 1°) Relazione tecnico-illustrativa
- 2°) Schema di convenzione
- 3°) Norme tecniche di attuazione
- 4°) *RELAZIONE GEOLOGICA***
- 5°) Verifica di assoggettabilità a valutazione di impatto ambientale (VAS)
- 6°) Elaborati grafici di progetto

Proponente:

Sig.ra *BEDINO Margherita*

Il tecnico incaricato
Dott. Arch. Enrico Origlia

Data, Marzo 2020

Regione Piemonte

Provincia di Cuneo



COMUNE DI FOSSANO

PEC DI INIZIATIVA PRIVATA IN VIA ORFANOTROFIO

RELAZIONE GEOLOGICA

Richiedente:

Sig.ra BEDINO Margherita

Il tecnico incaricato
Dott. Geol. Luca Bertino

Data, febbraio 2020

STUDIO GEOLOGICO
VIA RISORGIMENTO 6 - 12084 MONDOVI
TEL. 0174.41589 - E-MAIL: luca.bertino@libero.it
P. I.V.A. 02743670040



INDICE

PREMESSA.....	3
1. INQUADRAMENTO GENERALE	4
1.1. <i>Compatibilità con il P.R.G.C.....</i>	<i>4</i>
2. LINEAMENTI GEOLOGICI	7
3. LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI ED IDROGEOLOGICI	9
3.1. <i>Reticolo idrografico.....</i>	<i>11</i>
3.2. <i>Analisi all'analisi dei fenomeni deformativi tramite la tecnica interferometrica satellitare PSInSARTM.....</i>	<i>12</i>
4. MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO	15
4.1. <i>Indagini geognostiche.....</i>	<i>15</i>
4.2. <i>Trincee esplorative.....</i>	<i>15</i>
5. SITUAZIONE STRATIGRAFICA LOCALE.....	17
5.1. <i>Caratterizzazione geotecnica dei terreni.....</i>	<i>17</i>
6. RISPOSTA SISMICA LOCALE	19
6.1. <i>Sismicità storica.....</i>	<i>19</i>
6.2. <i>Zona sismogenetica pertinente</i>	<i>20</i>
7. INDAGINE GEOFISICA A SISMICA PASSIVA E ATTIVA.....	23
7.1. <i>Strumentazione utilizzata e procedura di analisi dati</i>	<i>23</i>
7.2. <i>Valutazione delle misure. Il progetto Sesame.....</i>	<i>23</i>
8. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA.....	24
9. CENNI TEORICI SULLA CURVA DI DISPERSIONE DA INDAGINE SASW	24
10. ANALISI DELLE MISURE DEL MICROTREMORE SISMICO PASSIVO ED ATTIVO .	26
11. CLASSIFICAZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO SECONDO QUANTO PREVISTO NELLA TABELLA 3.2.II DELLE NTC	26
11.1. <i>Profilo di velocità e valutazione del Vs30</i>	<i>26</i>
11.2. <i>Calcolo fattore di amplificazione topografica (St).....</i>	<i>27</i>
12. VERIFICA DELLA SUSCETTIVITÀ A LIQUEFAZIONE.....	28
13. OSSERVAZIONI E CONCLUSIONI	30
ALLEGATO	

PREMESSA

Lo scrivente si è occupato della realizzazione dell'indagine geologico-tecnica in merito alla "PEC DI INIZIATIVA PRIVATA IN VIA ORFANOTROFIO", comune di Fossano.

Lo studio è finalizzato alla caratterizzazione dell'area su cui è prevista la realizzazione dell'opera sotto l'aspetto geologico generale, geomorfologico e geologico - tecnico.

In tal senso valide considerazioni sono emerse dall'analisi della situazione geologica e geomorfologica dell'area, valutata in un intorno significativo che hanno permesso di accertare la reale potenza delle coltri sciolte superficiali potenzialmente mobilizzabili, il grado di consistenza delle stesse e le condizioni idrogeologiche locali.

La presente viene redatta in conformità a quanto richiesto dalle disposizioni dettate dalle norme di attuazione del P.R.G.C. del Fossano ed in ottemperanza alle norme legislative vigenti in materia, in particolare:

- D.M. del 21.01.1981 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce...." aggiornato dal successivo D.M. dell'11.03.1988 n°47;*
- **Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003** "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".*
- **D.M. 17 gennaio 2018** "Aggiornamento delle Norme tecniche sulle costruzioni" (NTC - 2018);*

1. INQUADRAMENTO GENERALE

Il settore interessato dal presente intervento è situato a nord del centro abitato di Fossano ad una quota di circa 360 m s.l.m.

Le indicazioni di carattere topografico relative al sito in esame risultano contenute nella C.T.R. della Regione Piemonte, alla scala 1:10.000, sezione 210010 – FOSSANO (c.f.r. tavola seguente).

1.1. Compatibilità con il P.R.G.C.

Secondo la “*CARTA SINTESI - IDONEITA' ALL'UTILIZZAZIONE URBANISTICA*”, Variante 12 Approvata con D.C.C. n. 72 del 11.10.2016 l'area interessata dagli interventi edilizi è inserita nella **Classe IIB**, definita nel seguente modo:

Nelle aree di classe II le limitazioni causate da rischi incombenti sono di moderata pericolosità geomorfologica. Le trasformazioni urbanistiche ed edilizie previste o ammesse dal presente PRG dovranno rispettare, oltre alle indagini e verifiche previste dal D.M. 11/03/1988, gli accorgimenti tecnici previsti nella relazione geologica allegata al presente P.R.G.C.

Aree caratterizzate da problematiche di modesti allagamenti prevalentemente a bassa energia con altezze d'acqua inferiori a 0,5 metri. Gli interventi sono ammessi nel rispetto delle seguenti indicazioni:

Classe IIB

- a) rispetto del D.M. 11/03/1988 in fase di progettazione esecutiva, esclusivamente nell'ambito del singolo lotto edificatorio o dell'intorno significativo circostante;
- b) non è ammessa la realizzazione di piani interrati;
- c) i piani terreno delle edificazioni siano predisposti su rilevato con altezza media di almeno 1 metro da p.c. sistemato.

Le prescrizioni di cui alla lett.b) e c) sono derogate qualora vengano realizzate opere per la mitigazione del rischio o interventi strutturali di protezione debitamente descritti in relazione preventiva e convalidati in sede di istanza di agibilità; tali dichiarazioni saranno controfirmate dal richiedente, da tecnico abilitato e dall'esecutore;

STUDIO GEOLOGICO

Dott. Luca Bertino GEOLOGO



- ▼ **Informazioni**
- ▼ **Catasto terreni**
 - FOSSANO Foglio 45 Num. 701
- ▼ **Piano regolatore**
- ▼ **FOSSANO**
 - ▼ **Variente 12 Approvata** Approvata con D.C.C. n. 72 del 11.10.2016
 - ▼ **Destinazioni urbanistiche**
 - C3 Aree residenziali di completamento - Art.39
 - C5 Aree a verde privato della città residenziale - Art.41
 - STR_PR Viabilità in progetto o potenziamento - Art.37
 - ▼ **Vincoli**
 - u1
 - ▼ **Classi**
 - CL_IIB CLASSE IIB - Art.98
 - ▼ **Inquinamento acustico**
 - IV Classe acustica IV

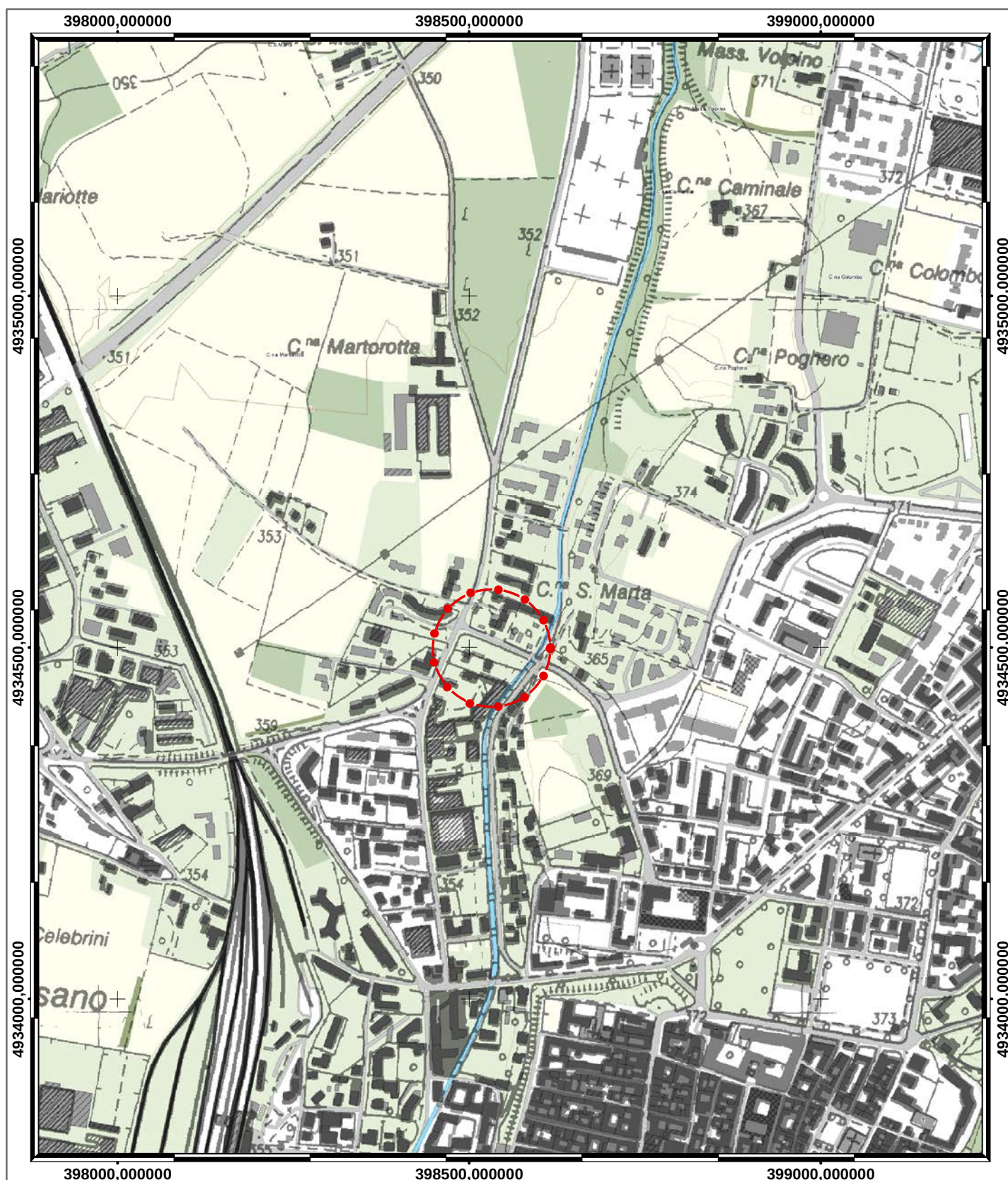
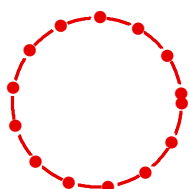


Tavola 1: inquadramento geografico (reticolato WGS 84 UTM Zone 32N)

Estratto della Carta Tecnica Regionale 210010 - FOSSANO



Settore interessato

scala 1:10000



2. LINEAMENTI GEOLOGICI

In merito ai caratteri geologici dei terreni costituenti la zona indagata le informazioni relative sono contenute nel foglio n° 80 CUNEO della "Carta geologica d'Italia" alla scala 1:100.000.

I litotipi che caratterizzano la zona in oggetto vanno inseriti nel contesto delle coperture quaternarie superficiali della Pianura Cuneese e della sottostante serie miopliocenica che costituisce il basamento sul quale si sono depositi i sedimenti che costituiscono il piano principale della pianura.

Dall'alto verso il basso stratigrafico è possibile schematizzare una serie che inizia con terreni alluvionali riferibili al Quaternario, era nel corso della quale i corsi d'acqua, avendo portate decisamente superiori a quelle attuali, scendevano dai versanti alpini alluvionando e depositando forti spessori di sedimenti più o meno grossolani. Tali materiali, dalla granulometria tipicamente sabbioso-ghiaioso-ciottolosa, sono dotati di buona compattezza e piuttosto permeabili, tanto da ospitare, di norma, l'acquifero libero che alimenta i pozzi dell'area.

Le litologie sottostanti sono in contatto erosionale con i precedenti: avendo l'attività fluviale quaternaria asportato completamente nell'area i terreni pliocenici stratigraficamente più alti, le alluvioni poggiano direttamente sul complesso dei sedimenti in Facies Villafranchiana, costituiti da ghiaie e sabbie a stratificazione lenticolare con alternanze argillose, localmente intercalate da lenti di ghiaie cementate e lenti sabbioso-ghiaiose debolmente cementate.

SERIE QUATERNARIA

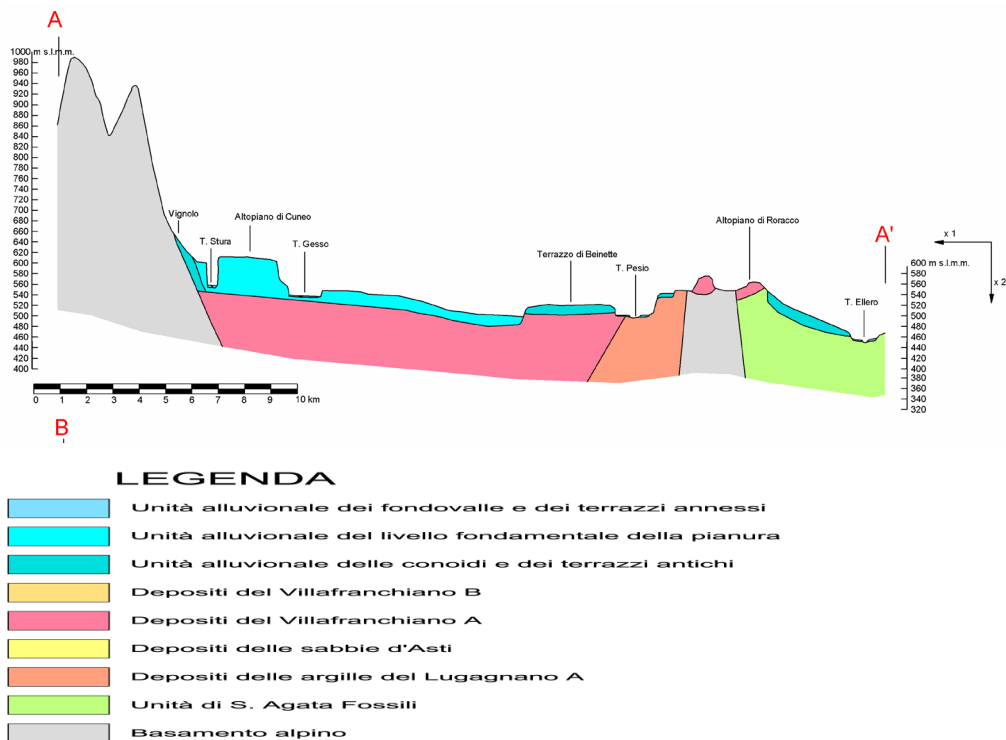
Complesso alluvionale principale: è costituito da un orizzonte di ghiaie, anche molto grossolane, con clasti poco alterati ed abbondante matrice sabbioso-limosa e lenti di sabbie, di potenza compresa tra 3 ed 8 metri e caratterizzato da un paleosuolo parzialmente argillificato dello spessore medio di un metro; tali litotipi, corrispondenti alle unità geologiche del fluvioglaciale e fluviale Riss, devono la loro genesi ad una serie di grandi conoidi che allo sbocco delle valli alpine si irradiavano sulla pianura. Il Complesso alluvionale principale ospita i sistemi acquiferi liberi, di norma più o meno interconnessi, la cui alimentazione dipende dalle precipitazioni e soprattutto dalle perdite si subalveo dei corsi d'acqua provenienti dalle vallate alpine; la permeabilità

relativa è piuttosto elevata, anche se la presenza di abbondante matrice fine può condizionare negativamente tale parametro.

SERIE PLIOCENICA

Rientrano in questa serie sedimenti in facies eteropiche che, procedendo dai basamenti alpini verso l'esterno, passano da ambienti continentali a marino-marginali; la serie presenta una giacitura verso ovest-nordovest con inclinazioni comprese tra 4° e 10° . Le unità plioceniche possono essere suddivise in due sotto unità: la più recente prevalentemente ghiaioso-sabbiosa e la più antica prevalentemente marnosa con orizzonti di sabbie. Affioramenti di questi litotipi si rinvencono soltanto in corrispondenza delle profonde incisioni fluvio-torrentizie e sulle scarpate dei terrazzi principali. Nel seguito verrà trattata soltanto l'unità ghiaioso-sabbiosa presente nel sottosuolo del territorio di Sant'Albano Stura.

Complesso Sabbioso-Ghiaioso: rappresenta la sequenza del Pliocene medio, riferibile alla Formazione delle Sabbie d'Asti, la cui potenza, sebbene variabile, supera i 200 metri in prossimità del Torrente Stura di Demonte.



3. LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI ED IDROGEOLOGICI

Dal punto di vista geomorfologico il settore interessato dal presente intervento, ubicato ad una quota di circa 355 m s.l.m., è individuabile su una superficie pianeggiante coincidente con il livello principale della pianura.

I caratteri morfologici generali del territorio sono quelli peculiari delle aree di piana a margine delle Langhe, contraddistinti da ampie aree pianeggianti separate da incisioni prodotte dai corsi d'acqua che scorrono con andamento circa parallelo in direzione NE-SW. L'approfondimento di tali corsi d'acqua avvenuto nella seconda metà del Quaternario, successivamente al Pleistocene, ha lasciato come eredità una serie di pronunciate digitazioni di terreno alluvionale delimitate da ripide scarpate morfologiche che in questa zona tendono ad approfondirsi da SW verso NE.

L'area presa in considerazione è rappresentata da terreni pianeggianti posti nel settore occidentale di Fossano. L'altopiano in oggetto corrisponde ad un terrazzo alluvionale antico di forma oramai relitta, con un reticolato idrografico quasi assente.

Per quanto riguarda gli aspetti idrogeologici, quanto segue prende spunto soprattutto da recenti lavori sviluppati nell'area cuneese relativamente alla geologia ed idrogeologia tra i quali si segnalano "Le risorse idriche sotterranee del territorio cuneese" (Civita et al., 2000) e "Stratigrafia ed evoluzione plio-quaternaria del settore sud-orientale della pianura cuneese" (Bottino et al., 1994).

In base a tali dati è possibile inquadrare l'assetto idrogeologico per il settore in esame come:

"Complesso alluvionale principale" - ospita un acquifero definito libero principale esteso a tutto il settore di Pianura Principale; tale acquifero è impostato entro sequenze di depositi alluvionali appartenenti all'ambiente deposizionale relativo alla piana alluvionale. La litologia del complesso è costituita da ghiaie grossolane con clasti poco alterati ed abbondante matrice sabbioso-limosa (fluvioglaciale e fluviale Riss), coperte da un suolo parzialmente argillificato con spessore medio di 1 metro. L'alimentazione dell'acquifero dipende dal regime delle precipitazioni atmosferiche e dalle perdite dei principali canali irrigui con fondo non impermeabilizzato.

Le indagini svolte hanno evidenziato la presenza della falda libera a circa 8-10 m dal p.c; è verosimile un temporaneo innalzamento del livello, anche di circa 1 metro in periodi particolarmente piovosi e/o di scioglimento nivale.

3.1. Reticolo idrografico

Analisi del tratto di alveo in esame

Il Naviglio di Bra è posto a monte dell'area in oggetto, presenta degli apporti idrici di massima che sono regolati dalle derivazioni a monte.

Il settore di canale in oggetto, è estremamente omogeneo, con la presenza di un canale circa rettilineo e dalla sezione costante.

In sponda destra l'argine è costituito da una scarpata in terra. In sponda sinistra l'argine è completamente costituito da un muro continuo in cls.



Immediatamente a valle del lotto in oggetto si ha l'attraversamento di Via Orfanotrofio, mediante un ponticello in c.a. a sezione rettangolare che lascia inalterata la sezione di deflusso.

La portata del canale consegue dalle derivazioni di monte che garantiscono pertanto il deflusso entro gli argini esistenti.

Nel settore in oggetto di intervento non si segnalano particolari problematiche di deflusso, inoltre il muro d'argine esistente risulta ampiamente rilevato rispetto al livello raggiungibile dalle portate massime.

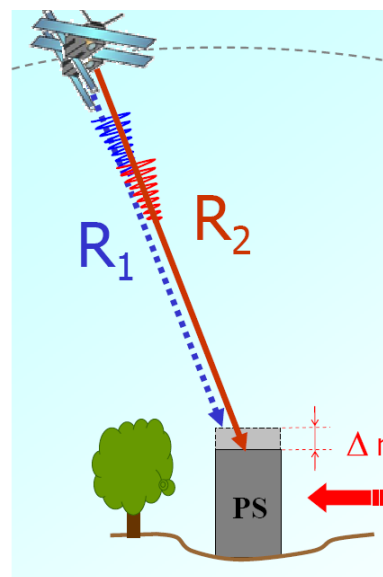
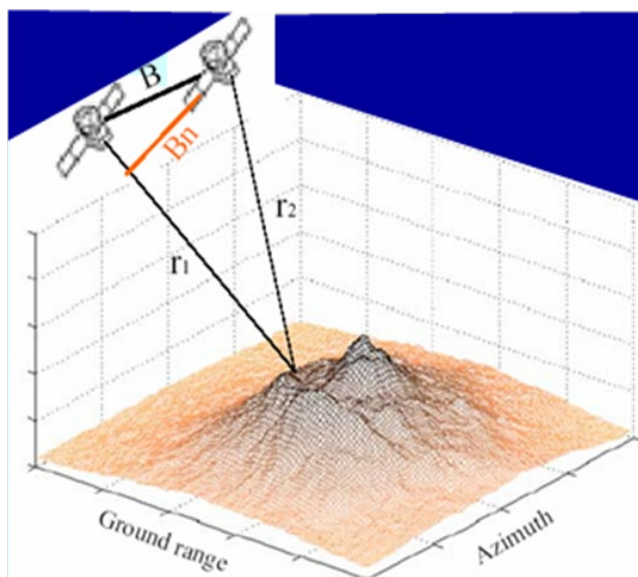
Le eventuali criticità possono derivare dalla scarsa manutenzione degli argini e dalla presenza di eccessiva vegetazione sulle sponde. In casi di eventi piovosi intensi non si può inoltre escludere la presenza di rifiuti e/o vegetali presi in carico dalle acque che vanno a limitare la sezione di deflusso in particolar modo negli attraversamenti stradali.

Per limitare ulteriormente la pericolosità nel Piano Esecutivo è prevista la realizzazione di un muretto di recinzione in c.a. continuo su tutto il perimetro di monte.

3.2. Analisi all'analisi dei fenomeni deformativi tramite la tecnica interferometrica satellitare PSInSARTM

L'analisi dei fenomeni deformativi tramite la tecnica interferometrica satellitare PSInSARTM in Piemonte. Metodo reso possibile grazie alla diffusione dei dati da parte di Arpa Piemonte.

In particolare, la **Tecnica PS** (*Permanent Scatterers Technique*) è un sofisticato algoritmo di elaborazione di dati satellitari di tipo SAR (Radar ad Apertura Sintetica) che consente la stima di moti della superficie terrestre quali subsidenze, frane o faglie sismiche.



Una volta localizzati, la tecnica consente, per ciascun PS, di:

- stimare **la velocità di spostamento** (con un'accuratezza compresa tra 0.1 e 2 mm/anno) lungo la congiungente sensore radar – bersaglio radar
- ricostruire l'intera **serie temporale di deformazione**, a partire dal 1992 grazie alla presenza dell'archivio storico di immagini dell'Agenzia Spaziale Europea

Un settore sul quale uno o più PS indichino fenomeni di deformazione rispetto ad una media definita di “riposo”, ovvero cluster di PS che per caratteristiche fisiche e spaziali (velocità superiori od inferiori alla classe di velocità considerata stabile, distanza interpunti e numerosità) possono rappresentare indizi di geo-processi. Un'area anomala è un poligono (privo di significato fisico) che racchiude più PS con evidenze di spostamento

Nel settore in esame non si rileva la presenza di aree anomale

A titolo esplicativo, di seguito, si presenta la tavola di dettaglio del settore in esame, dal quale si evince puntualmente che in tutto l'intorno del settore in esame si rilevano movimenti non significativi.

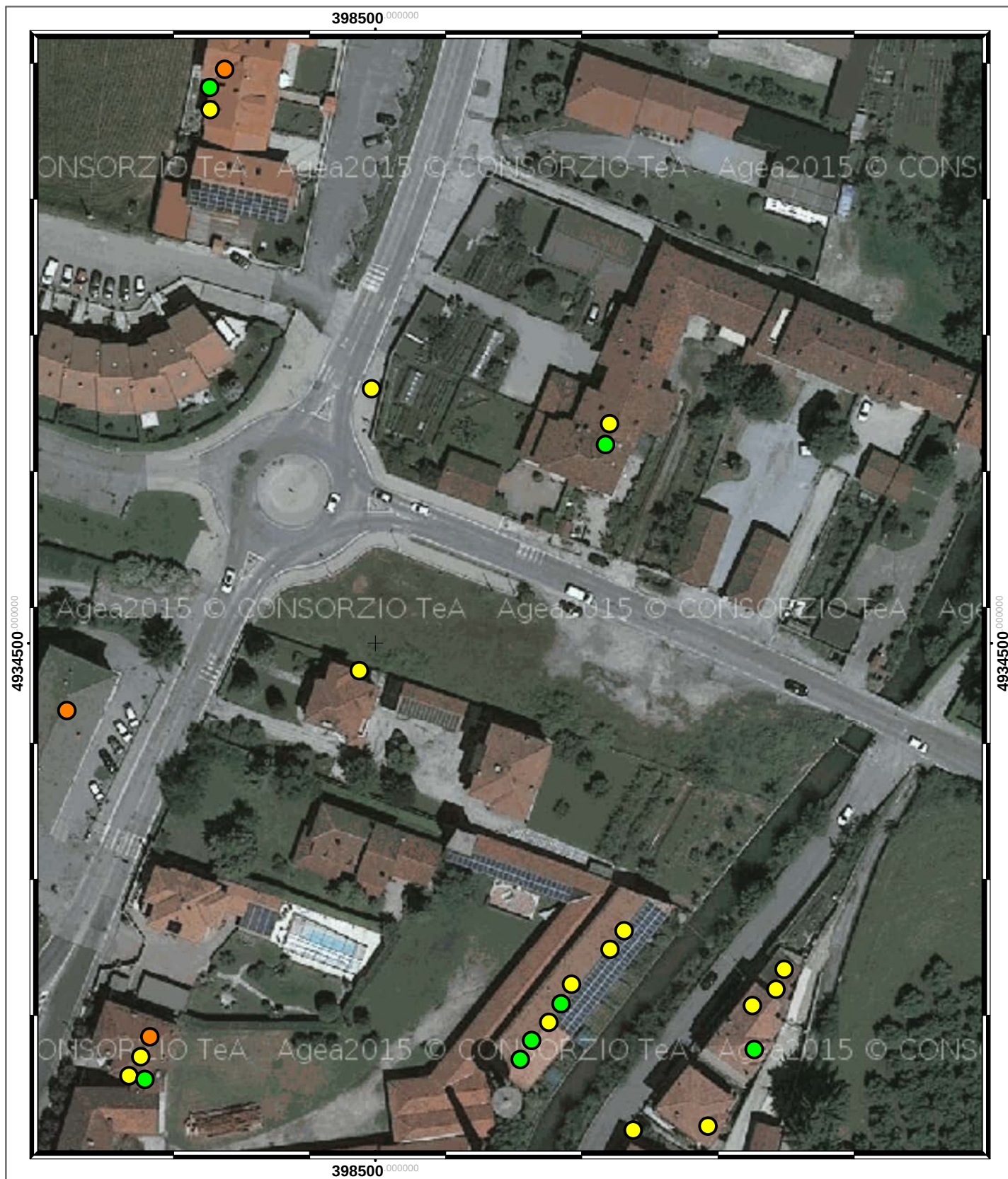


Tavola 4: carta delle velocità dei PS (reticolato WGS 84 UTM Zone 32N)

Dati forniti da ARPA Piemonte, derivati da elaborazione PSInSAR, intervallo 1992-2001

campo di velocità PS (mm/a)

- -15.40 - -10.00
- -9.99 - -4.50
- -4.49 - -2.50
- -2.49 - -1.50
- -1.49 - -0.80
- -0.79 - -0.20
- -0.19 - 0.50
- 0.51 - 3.90

segno (-) allontanamento
segno (+) avvicinamento
lungo la direzione di di vista satellite-bersaglio (LOS)



scala 1:1000

4. MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO

Riguardo la caratterizzazione e la modellazione geotecnica ci si basa sui risultati delle indagini effettuate per rappresentare le condizioni stratigrafiche, il regime delle pressioni interstiziali e la caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e delle rocce comprese nel volume significativo.

4.1. Indagini geognostiche

In osservanza alle NTC 2018, punto 6.6.2 Indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica, che specificano che “I valori caratteristici delle grandezze fisiche e meccaniche da attribuire ai terreni devono essere ottenuti mediante specifiche prove di laboratorio su campioni indisturbati di terreno e attraverso l’interpretazione dei risultati di prove e misure in sito”, si è definito un Piano delle Indagini che ha previsto l’esecuzione di una Indagine geognostica e sismica.

Nel mese di febbraio 2020 è stata eseguita nell’ambito del sito in esame una campagna di indagini finalizzata alla ricostruzione dell’assetto litostratigrafico locale ed alla caratterizzazione geotecnica e sismica dei materiali.

Sono state eseguite le seguenti indagini in sito:

- n° 3 misure HVSR
- n° 1 stendimento SASW
- recupero stratigrafie derivanti da indagini pregresse svolte nell’intorno significativo

4.2. Trincee esplorative

Le trincee sono state eseguite mediante escavatore in un cantiere in area adiacente ed hanno permesso di evidenziare la seguente stratigrafia:

TRINCEA ESPLORATIVA



Intervallo di profondità (m da p.c.)	Composizione litologica
0,0÷0,3	misto stabilizzato di riporto
0,3÷1,8	limo argilloso compressibile
>1,8	deposito alluvionale addensato costituito da ciottoli ghiaia e sabbia

5. SITUAZIONE STRATIGRAFICA LOCALE

L'area oggetto di studio si presenta piuttosto omogenea, sia in senso spaziale sia in senso verticale.

Profilo stratigrafico:

In sintesi si possono riconoscere le seguenti unità stratigrafiche:

- **Unità 1** – profondità 0,3 m – terreno di riporto/rimaneggiato a pezzatura grossolana, compattato nel corso degli anni dal passaggio dei veicoli;
- **Unità 2** – potenza variabile 1-3 m - di natura incoerente costituita da depositi limoso sabbiosi;
- **Unità 3** – profondità > 2-3 m - di natura incoerente costituita da ciottoli in matrice sabbiosa limosa;

5.1. Caratterizzazione geotecnica dei terreni

Parametri geotecnici di progetto [Unità 1]

Peso di volume asciutto:	$\gamma_d = 18.5 \text{ KN/m}^3$
Peso di volume saturo	$\gamma_d = 21.0 \text{ KN/m}^3$
Angolo di resistenza al taglio	$\phi' = 36^\circ$
Coesione	$c' = 0.0 \text{ KPa}$
Classifica CNR-UNI-AASHO	A1-a
Classifica USCS	GW

Falda non presente

Parametri geotecnici di progetto [Unità 2]

Peso di volume asciutto:	$\gamma_d = 18.5 \text{ KN/m}^3$
Peso di volume saturo	$\gamma_d = 21.0 \text{ KN/m}^3$
Angolo di resistenza al taglio	$\phi' = 24-26^\circ$
Coesione	$c' = 0 - 100 \text{ KPa}$
Classifica CNR-UNI-AASHO	A4
Classifica USCS	M

Falda non presente

Parametri geotecnici di progetto [Unità 1]

Peso di volume asciutto: $\gamma_d = 18.5 \text{ KN/m}^3$

Peso di volume saturo $\gamma_d = 21.0 \text{ KN/m}^3$

Angolo di resistenza al taglio $\phi' = 36^\circ$

Coesione $c' = 0.0 \text{ KPa}$

Classifica CNR-UNI-AASHO A2

Classifica USCS G

Falda > 6 m da p.c.

6. RISPOSTA SISMICA LOCALE

Studiare la Risposta sismica locale vuol dire definire la Funzione di trasferimento o la Funzione di amplificazione rappresentativa della situazione geologico-strutturale al di sotto della zona esaminata.

In generale la forma della Funzione Amplificazione o Trasferimento è legata alla modalità di trasmissione delle onde all'interno dello strato superficiale e, in particolare, alle interferenze che si generano tra queste onde.

Nel caso di basamento rigido (bedrock) ricoperto da sedimenti soffici l'onda sismica proveniente dal basso rimane intrappolata all'interno dello strato sedimentario a causa della presenza di forti contrasti di impedenza alla base (interfaccia basamento-copertura) e alla superficie (interfaccia sedimenti-aria). Le onde intrappolate tra forti contrasti di impedenza interferiscono fra loro portando alla amplificazione. Se il contrasto di impedenza è piccolo l'amplificazione riguarda solo alcune frequenze, sulla base del rapporto V_s/H .

All'interno dello strato sedimentario la velocità delle onde S cambia con la profondità e naturalmente cambia anche l'amplificazione. Il processo di propagazione dipende dalle proprietà meccaniche del terreno, proprietà come la rigidità e lo smorzamento.

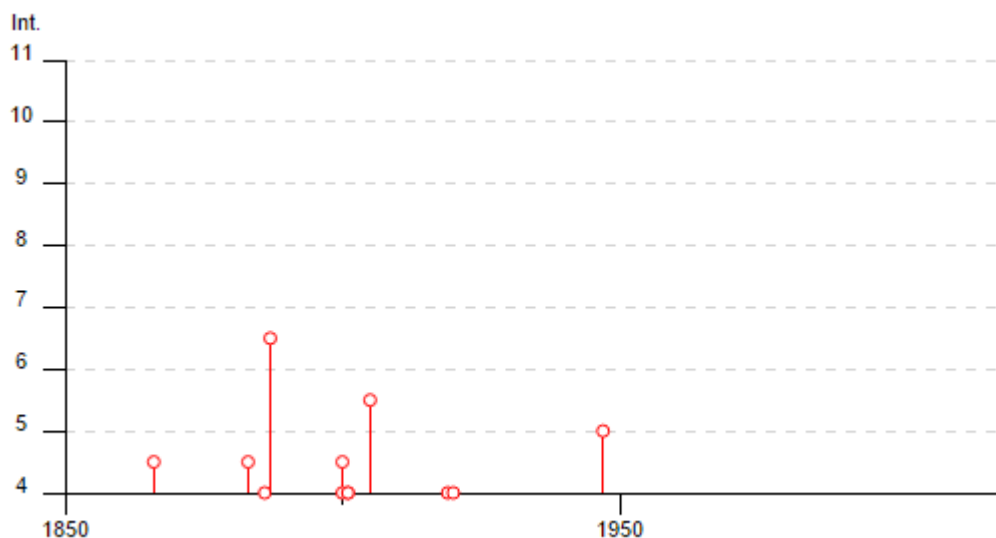
Attraverso codici di calcolo, tenendo conto di quattro parametri: spessore dello strato, densità dei terreni, modulo di taglio e smorzamento, per ciascuno strato, si esegue la valutazione dell'amplificazione stratigrafica. L'amplificazione viene calcolata in funzione della frequenza (o del periodo) scelta come il rapporto fra gli spettri di risposta del moto di input (al basamento) e quello di output (al di sopra del sedimento) di un terremoto di riferimento (condizioni 1D).

6.1. Sismicità storica

La versione aggiornata al 2015 del Database delle Osservazioni Macrosismiche Italiane (a cura di M. Locati, R. Camassi e alii. DBMI15, http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/description_DBMI15.htm. Milano, Bologna) riporta la storia sismica di Fossano.

La storia sismica di Fossano si compone di diversi eventi sismici nell'intervallo temporale che ricomprende: 1849-1887 Liguria Occidentale, 1866 Piemonte centro

meridionale, 1881 Belledonne Pelvoux, 1884 Alpi Cozie, 1889 Gargano, 1901 Garda Occidentale, 1905 Garda Occidentale, Haute Savoie, Cuneese, 1920 Garfagnana, 1947 Alpi Cozie,

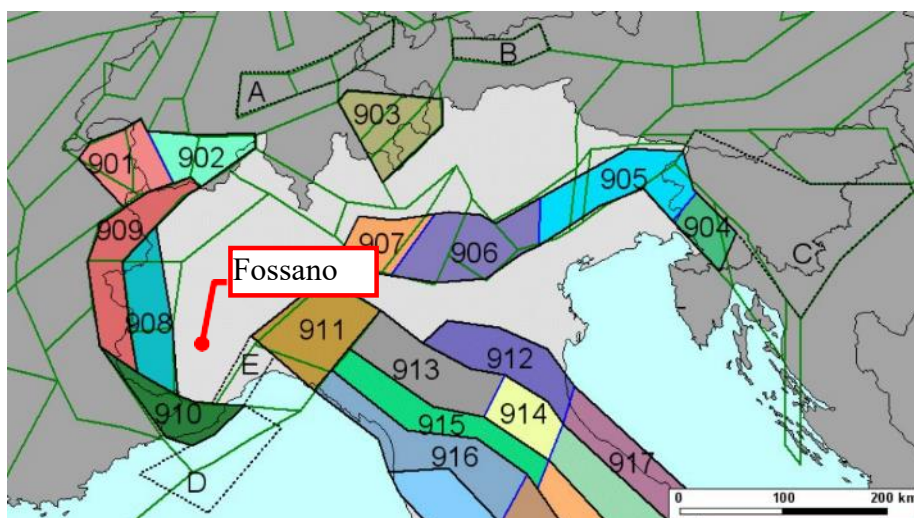


Storia sismica di Fossano

6.2. Zona sismogenetica pertinente

Di seguito si illustrano le zone sismogenetiche come da classificazione nazionale adottata dalla vigente normativa, tali zone sono tuttavia soggette a periodica revisione in virtù dell'avanzamento degli studi in merito.

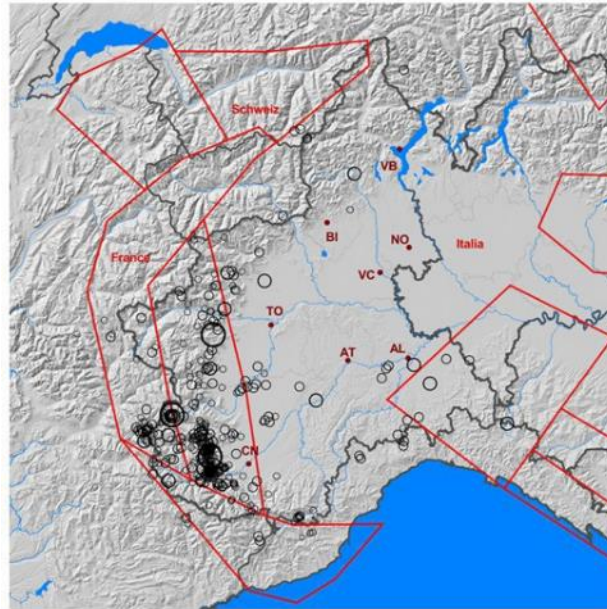
Particolare della rappresentazione delle Zone Sismiche



Meletti C. e Valensise G. (a cura di), 2004. Zonazione sismo genetica ZS9 – App.2 al Rapporto

Conclusivo,

Figura 17.12 - Localizzazione dei sismi in funzione della loro magnitudo e zone sismogenetiche - anno 2007

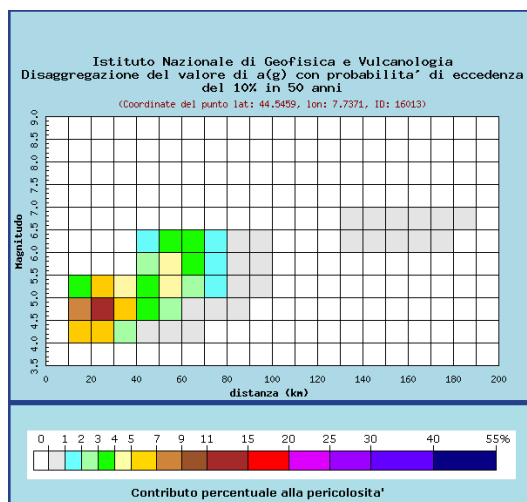
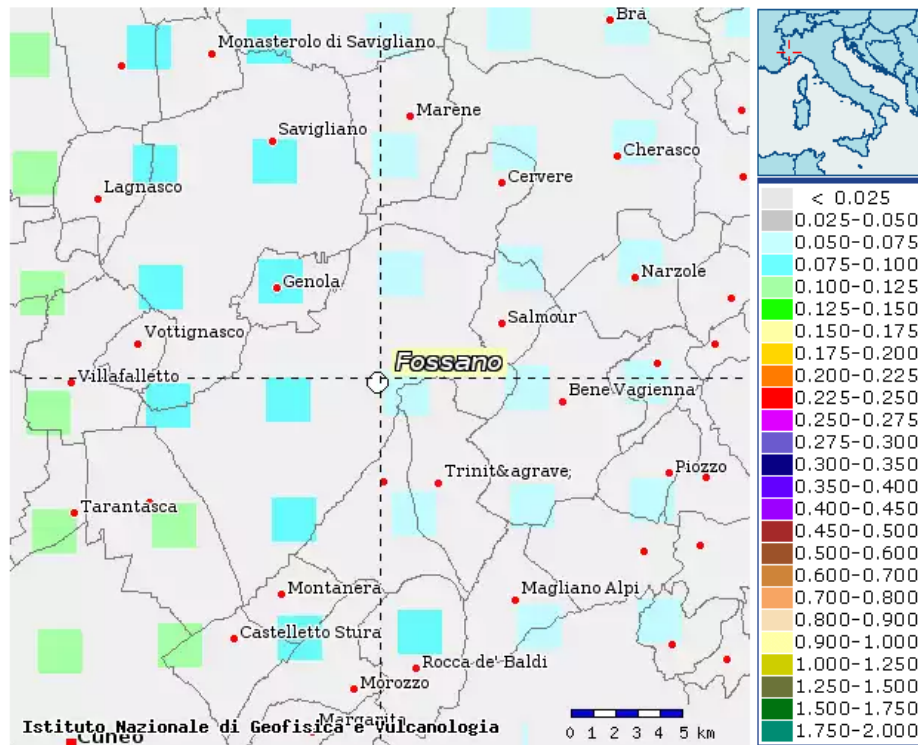


Fonte: Arpa Piemonte

delimitazione delle aree sismogenetiche delle Alpi Occidentali, il territorio di Fossano non ricade in alcuna zona sismica.

Attività sismica recente

Nel corso dell'Aprile 2004 l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ha pubblicato la nuova mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, espressa in termini di accelerazione sismica A Max, per suoli di categoria A, ovvero rocce sane. L'uso della accelerazione sismica per la progettazione sismica è particolarmente utilizzato nella pratica sismica di edifici antisismici in quanto permette di valutare quali saranno gli incrementi delle forze durante un sisma di riferimento (pur nulla dicendo sulla sua durata)



Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.110	39.100	1.570

Utilizzando il criterio del 95° percentile e non il valore medio, ad esempio per probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, corrispondenti a costruzioni ordinarie di classe d'uso 2, la magnitudo attesa supera il valore M5 raggiungendo il valore M1 >5

7. INDAGINE GEOFISICA A SISMICA PASSIVA E ATTIVA

7.1. Strumentazione utilizzata e procedura di analisi dati

Tutte le misure di microtremore ambientale, della durata di circa 20 minuti ciascuna, sono state effettuate con un tromografo digitale progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico. Lo strumento è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, fornito di GPS interno e senza cavi esterni. I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 128 Hz.

Dalle registrazioni del rumore sismico sono state ricavate le curve H/V, ottenute col software Grilla in dotazione al tromografo TROMINO, secondo la procedura descritta in Castellaro *et al.* (2005), con parametri:

- ⇒larghezza delle finestre d'analisi 20 s,
- ⇒lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale,
- ⇒rimozione delle finestre con rapporto STA/LTA (media a breve termine / media a lungo termine) superiore ad 2,
- ⇒rimozione manuale di eventuali transienti ancora presenti.

Come già accennato, nei casi particolarmente semplici (copertura + bedrock) la profondità h della discontinuità sismica viene ricavata tramite la formula semplice della risonanza o, al più, tramite la formula [1] in cui V_0 è la velocità al tetto dello strato, x un fattore che dipende dalle caratteristiche del sedimento (granulometria, coesione ecc.) e f_r la frequenza fondamentale di risonanza (cf. ad esempio Ibs-Von Seht e Wohlenberg, 1999).

$$H = \left[\frac{V_0(1-x)}{4f_r} + 1 \right]^{\frac{1}{1-x}} + 1 \quad [1]$$

Nei casi multistrato più complessi le curve H/V si invertono invece creando una serie di modelli sintetici, da confrontare con quello sperimentale, fino a considerare per buono il modello teorico più vicino alle curve sperimentali

7.2. Valutazione delle misure. Il progetto Sesame

Negli ultimi anni un progetto europeo denominato SESAME (Site EffectS assessment using AMbient Excitations) si è occupato di stabilire linee guida per la corretta esecuzione delle misure di microtremore ambientale in stazione singola ed in array. Esso ha anche fornito dei criteri per valutare la bontà delle curve HVSR e la significatività dei picchi H/V eventualmente trovati. Per ogni sito di misura riportiamo in una apposita tabella i risultati di detti criteri. Si vedrà che tutte le misure HVSR effettuate sono buone, secondo i criteri SESAME, mentre non tutti i picchi trovati sono significativamente importanti ai fini della microzonazione sismica. Che questo accada è normale, in funzione della geologia del sito.

8. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

L'acquisizione dei dati sismici è stata realizzata mediante TROMINO®, dotato di:

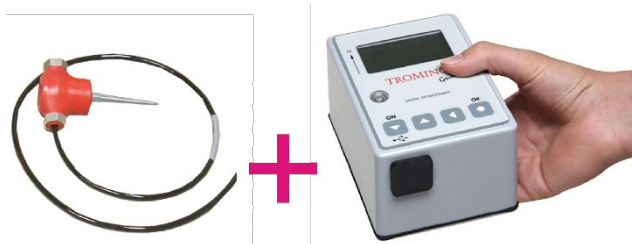
- 3 canali velocimetrici per l'acquisizione del microtremore sismico ambientale (fino a ± 1.5 mm/s $\sim$)
- 3 canali velocimetrici per la registrazione di vibrazioni forti (fino a ± 5 cm/s $\sim$)
- 3 canali accelerometrici per monitoraggio di vibrazioni
- 1 canale analogico (es. trigger esterno per MASW/rifrazione)
- ricevitore GPS integrato, antenna interna e/o esterna per localizzazione e/o sincronizzazione tra diverse unità
- modulo radio per sincronizzazione tra diverse unità e trasmissione di allarmi (es. superamento di soglie)

TROMINO® opera nell'intervallo di frequenze 0.1 - 1024 Hz su tutti canali (fino a 32 kHz su 2 canali) con conversione A/D > 24 bit equivalenti a 128 Hz.

9. CENNI TEORICI SULLA CURVA DI DISPERSIONE DA INDAGINE SASW

La propagazione delle onde di Rayleigh in un mezzo verticalmente eterogeneo è un fenomeno multi-modale: data una determinata stratigrafia, in corrispondenza di una certa frequenza, possono esistere diverse lunghezze d'onda. Di conseguenza, ad una determinata frequenza possono corrispondere diverse velocità di fase, ad ognuna delle quali corrisponde un modo di propagazione e differenti modi di vibrazione possono esibirsi simultaneamente.

La curva di dispersione ottenuta elaborando i dati derivanti dalle indagini sismiche col metodo SWM (surface waves multichannel) è una curva apparente derivante dalla sovrapposizione delle curve relative ai vari modi di vibrazione, e che per i limiti indotti dal campionamento non necessariamente coincide con singoli modi nei diversi intervalli di frequenza campionati.



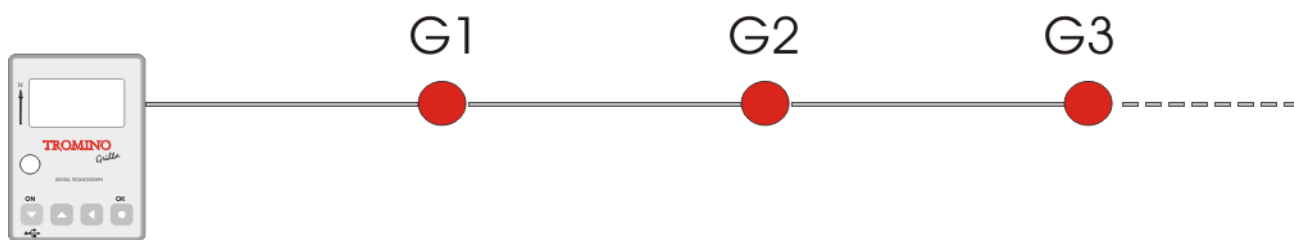


Figura 2: Esempio di dispiegamento del sistema TROMINO® - cavo trigger con geofono. I punti di energizzazione coincidono con G1, G2, G3...

L'indagine di tipo SASW / MASW viene effettuata dal software *Grilla* all'interno del modulo Dispersion curves.



10. ANALISI DELLE MISURE DEL MICROTREMORE SISMICO PASSIVO ED ATTIVO

L'indagine è stata svolta eseguendo n°3 misure di microtremore sismico ambientale a stazione singola ed uno stendimento attivo tipo SASW. Il report dettagliato delle misure è riportato in allegato.

Dal punto di vista applicativo i picchi a più alta frequenza sono causati da alternanze nei terreni rimaneggiati di copertura.

Il *fit* vincolato della curva H/V per produrre profili di Vs e stima del Vs30 è basato su onde di superficie (Rayleigh e Love) a partire da modelli di sottosuolo inseriti dall'utente in prima ipotesi e successivamente congiunto alla *CURVA DI DISPERSIONE* degli spettri di velocità di fase delle onde di superficie proveniente da indagini in array attive di tipo SASW

11. CLASSIFICAZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO SECONDO QUANTO PREVISTO NELLA TABELLA 3.2.II DELLE NTC

L'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003 aggiorna la normativa sismica in vigore, con l'attribuzione alle diverse località del territorio nazionale un valore di scuotimento sismico di riferimento, in particolare l'articolo 2 comma 1 di detta ordinanza cita che "...le regioni...provvedono sulla base dei criteri generali di cui all'allegato 1, all'individuazione, formazione ed aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche.

La Regione Piemonte, con D.G.R. 19/01/2010, n. 11-13058 *Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche (O.P.C.M. n. 3274/2003 e O.P.C.M. 3519/2006)*, pone il comune di Fossano nella Zona sismica 3.

Il D.M. 17.1.2018, in accordo con la ridetta Ordinanza n. 3274 2003 propone l'adozione di un sistema di caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del suolo, mediante cinque (A - B - C - D - E) tipologie di, da individuare in relazione ai parametri di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 metri di terreno (V_{s30}).

11.1. Profilo di velocità e valutazione del Vs30

Per la determinazione della V_{s30} si applica alla lettera quanto prescritto dal paragrafo 3.2.2 delle NTC "ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente V_{s30} di propagazione delle onde di taglio (definita successivamente) entro i primi 30 m di profondità"

Categoria 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.

11.2. Calcolo fattore di amplificazione topografica (S_T)

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella Tab. 3.2.VI, in funzione delle categorie topografiche definite in § 3.2.2 e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Sulla base delle predette tabelle il sito in oggetto ricade nelle seguenti categorie:

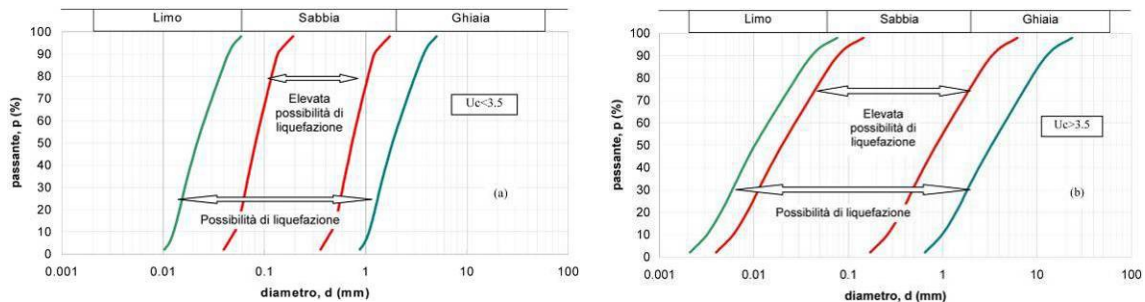
- Categoria topografica **T1** – Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ Sul pendio **$S_T = 1,0$**

12. VERIFICA DELLA SUSCETTIVITÀ A LIQUEFAZIONE

Valutazioni preliminari

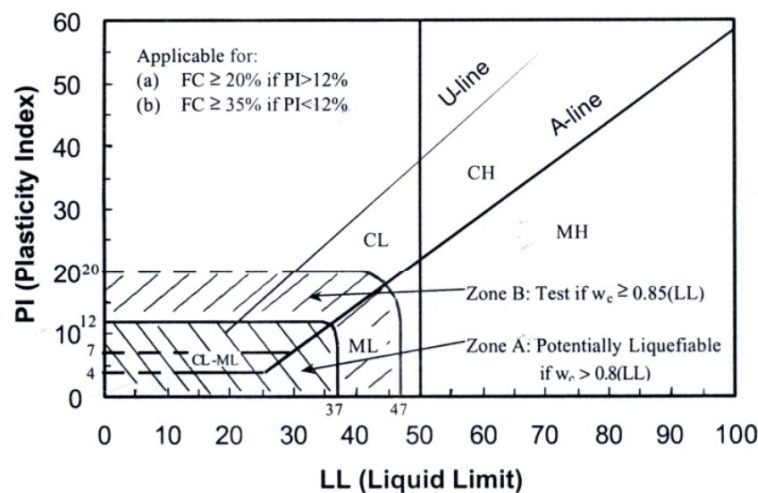
Per liquefazione di un terreno s'intende il quasi totale annullamento della sua resistenza al taglio con l'assunzione del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi.

I fenomeni di liquefazione interessano in genere depositi sabbiosi saturi e dipendono principalmente da: proprietà geotecniche dei terreni, caratteristiche delle vibrazioni sismiche e loro durata, genesi e storia geologica dei terreni.



Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione di un terreno per i terreni (da AGI, 2005)

In generale si tratta quindi di terreni incoerenti non plastici; proprio riguardo alla plasticità, secondo Seed et al. (2003) risultano potenzialmente liquefacibili le terre fini con indice plastico $IP < 12$ e $LL < 37\%$ (Zone A grafico seguente) se il contenuto critico d'acqua è comunque $w_c > 0.8 LL$.



Caratteristiche di plasticità dei terreni potenzialmente liquefacibili (da Seed et al. 2003)

Nei terreni liquefacibili le sollecitazioni indotte dal sisma possono determinare un aumento delle pressioni interstiziali fino ad eguagliare la pressione di

confinamento, annullare la resistenza al taglio efficace e determinare, di conseguenza, una condizione di stato fluido.

La probabilità che un terreno raggiunga tale condizione dipende pertanto da diversi fattori fra i quali: il grado di addensamento, la granulometria, la profondità della falda, la magnitudo dell'evento sismico.

Dalle osservazioni in zone colpite da liquefazione si deduce che generalmente il fenomeno interessa aree caratterizzate da terremoti con magnitudo superiore o uguale a 5.0, con falda prossima al p.c. e spessori di terreno fino a circa 15 metri di profondità.

Valutazione del potenziale di liquefazione

Le NTC richiedono una verifica alla suscettibilità di liquefazione dei terreni del sito sul quale insiste la progettazione di un manufatto. Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità di pendii o manufatti, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione.

Prima della vera e propria verifica della suscettibilità di liquefazione, le NTC propongono una griglia di casi per i quali il sito non presenta possibilità di liquefazione dei terreni. Le NTC recitano che “La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze”:

1. eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub- orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella figura seguente nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$, nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

Nel caso in esame risulta soddisfatta la circostanza almeno del punto 5, pertanto la verifica può essere omessa.

13. OSSERVAZIONI E CONCLUSIONI

Nella presente memoria tecnica sono stati presi in considerazione gli aspetti geologici, geomorfologici e di stabilità locale in merito *al “PEC DI INIZIATIVA PRIVATA IN VIA ORFANOTROFIO”*, comune di Fossano.

Il lavoro è stato svolto sulla base della documentazione disponibile ed in particolare:

- delle indagini condotte in situ;
- della bibliografia esistente sull'area;
- degli elementi e dei dati rilevati nel corso del sopralluogo

Si propongono, di seguito, alcune indicazioni alle quali attenersi per una corretta realizzazione degli interventi previsti nel progetto:

- per la determinazione della capacità portante e per il dimensionamento delle opere di fondazione si potrà fare riferimento ai valori dei parametri geotecnici fondamentali riportati nei paragrafi precedenti;
- nel corso dei lavori andranno sistematicamente verificate le reali caratteristiche litologiche, stratigrafiche e tecniche del terreno messo in luce dagli scavi e andranno confrontate con le condizioni ed i parametri assunti in sede di progetto, al fine di valutare l'eventuale necessità di adeguamenti progettuali, in caso di scostamenti rilevanti da quanto ipotizzato.
- Le opere in progetto prevedono una limitata movimentazione terra consistente esclusivamente nella rimozione dell'orizzonte di terreno vegetale. Tale materiale verrà accantonato e riutilizzato in sito per la sistemazione finale a verde.
- Per limitare la pericolosità del sito la recinzione verso monte verrà realizzata con un muretto c.a. continuo su tutto il perimetro di monte.

Tenendo conto dell'assetto idrogeologico dell'area e delle risultanze dell'indagine svolta si riconosce la compatibilità degli interventi a progetto nei confronti delle condizioni di pericolosità indicate nella cartografia degli ambiti ai sensi della legislazione regionale vigente nell'ambito della pianificazione territoriale attuale (L.R. 5 Dicembre 1977, n° 56 e s.m.i. - Circolare P.G.R. 8 Maggio 1996 n° 7/Lap e successiva Nota Tecnica Esplicativa del Dicembre 1999) e con le caratteristiche geologiche generali, geomorfologiche e geologico-tecniche dei terreni interessati.

ALLEGATO

- ❑ Ubicazione indagini geognostiche
- ❑ Misure di microtremore ambientale tipo HVSR
- ❑ Spettri di velocità di fase dell'onda (RAYLEIGH e LOVE) e curva di dispersione tipo MASW



Localizzazione indagini geognostiche (scala 1:500)

FOSSANO_PEC, TR 0001

Strumento: TEN-0024/01-07

Formato dati: 16 byte

Inizio registrazione: 10/02/20 10:29:06 Fine registrazione: 10/02/20 10:45:00

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; TRIG+ TRIG-

Durata registrazione: 0h15'48". Analizzato 89% tracciato (selezione automatica)

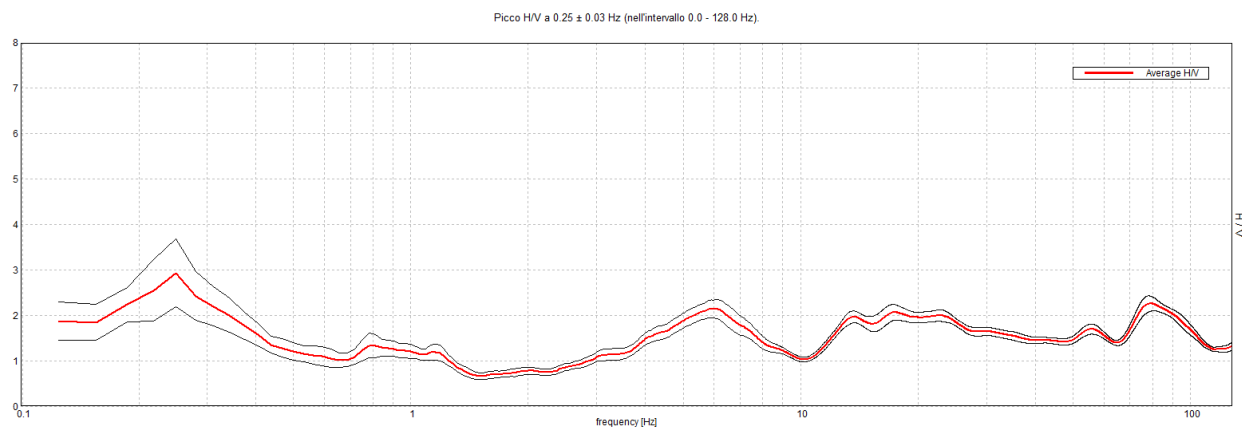
Freq. campionamento: 256 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

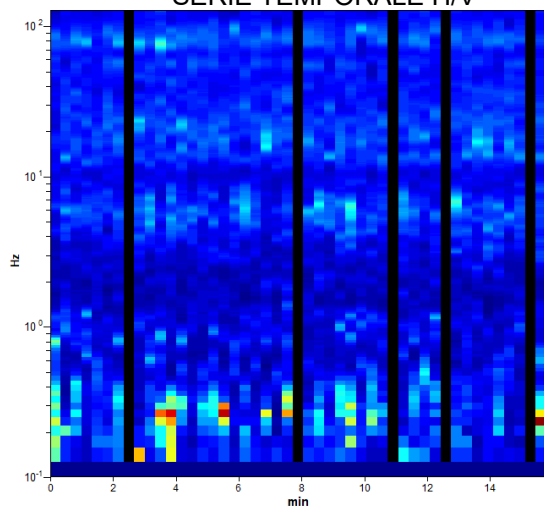
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

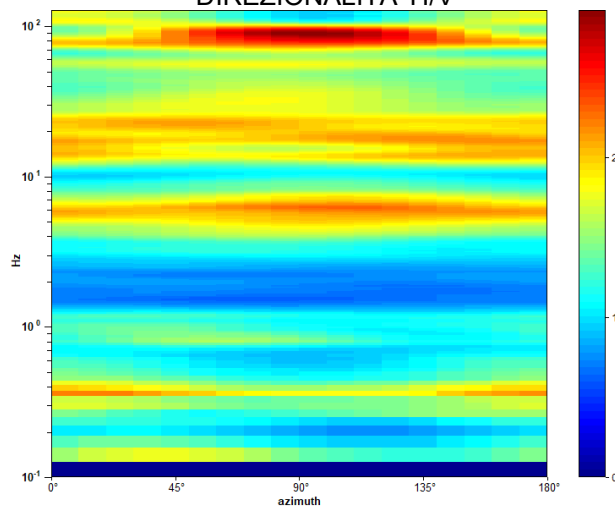
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



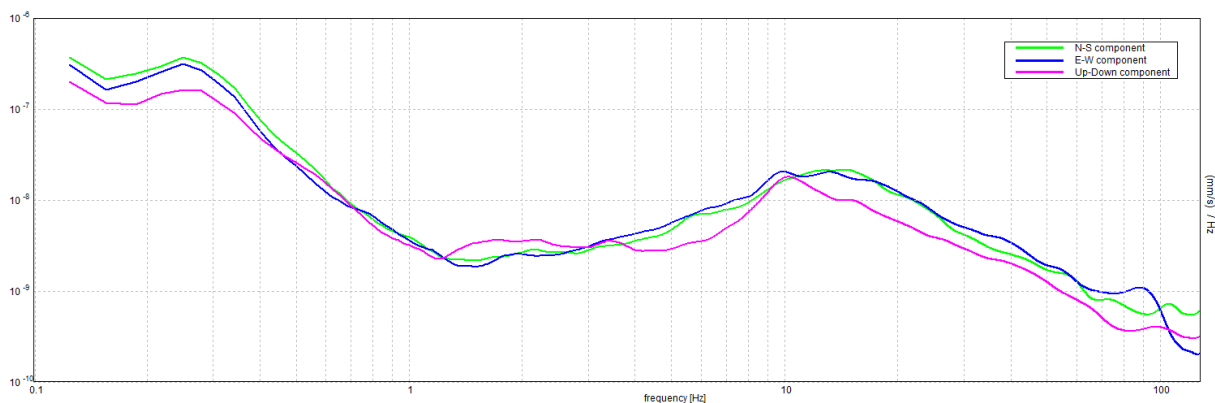
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente**].

Picco H/V a 0.25 ± 0.03 Hz (nell'intervallo 0.0 - 128.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.25 > 0.50$		NO
$n_c(f_0) > 200$	$210.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 13	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.094 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	0.438 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.93 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.13502 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.03375 < 0.05$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.7492 < 2.5$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

FOSSANO_PEC, TR 0002

Strumento: TEN-0024/01-07

Formato dati: 16 byte

Fondo scala [mV]: 51

Inizio registrazione: 10/02/20 10:59:14 Fine registrazione: 10/02/20 11:10:37

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; TRIG+ TRIG-

Durata registrazione: 0h11'12". Analizzato 94% tracciato (selezione automatica)

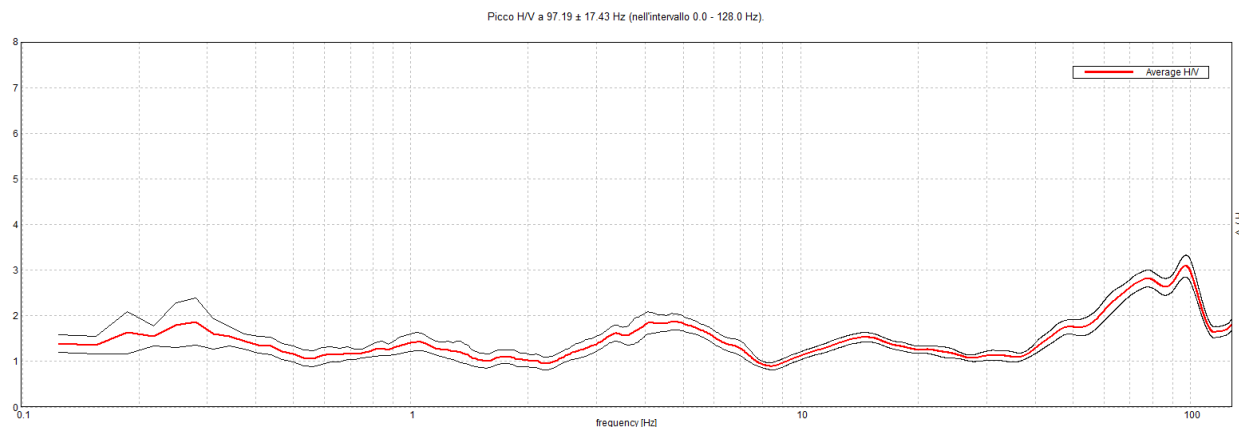
Freq. campionamento: 256 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

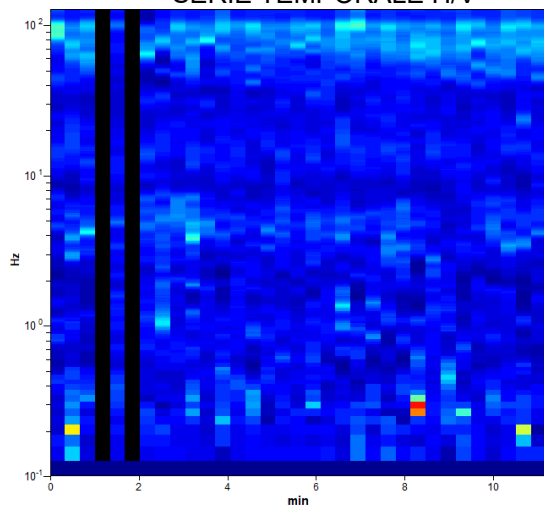
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

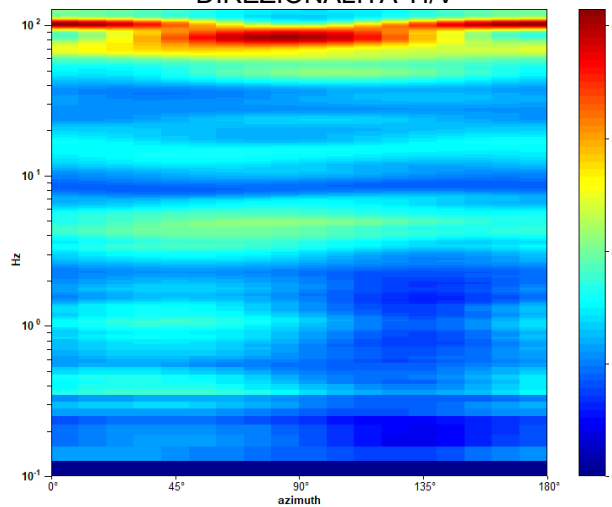
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



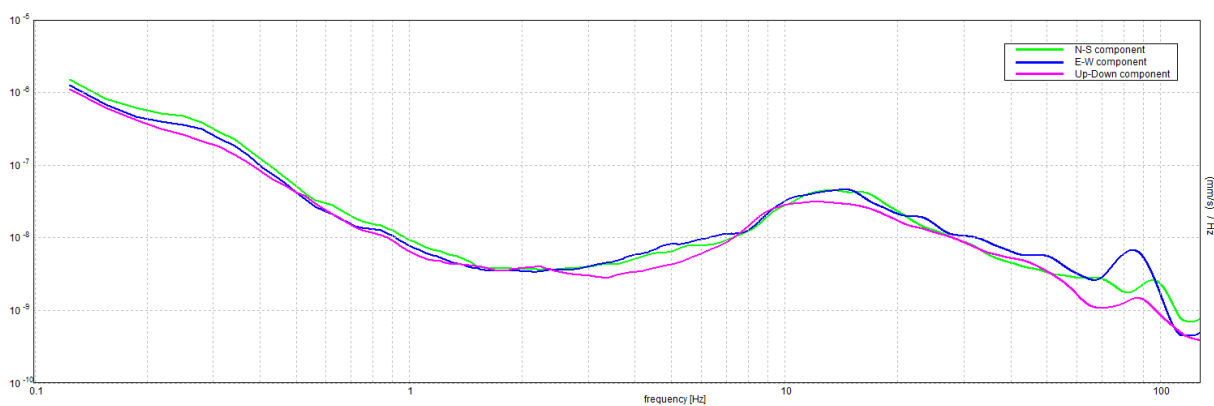
SERIE TEMPORALE H/V



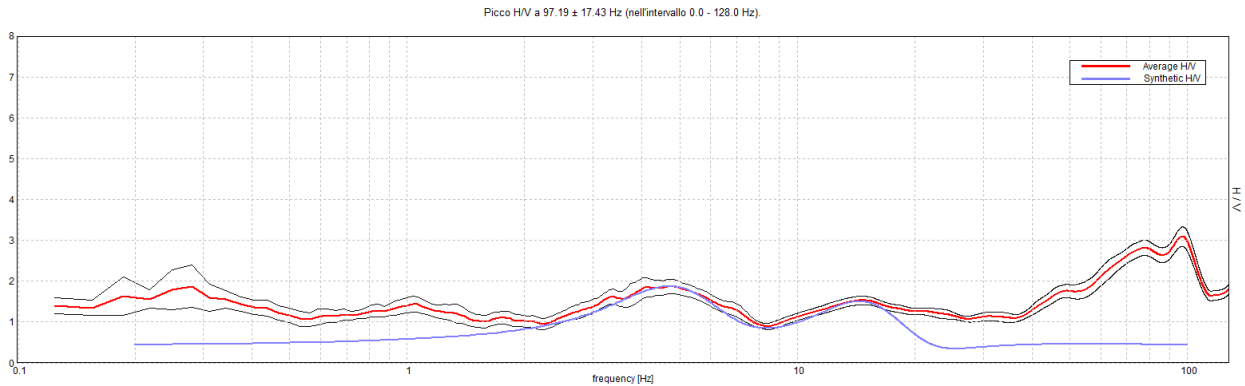
DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

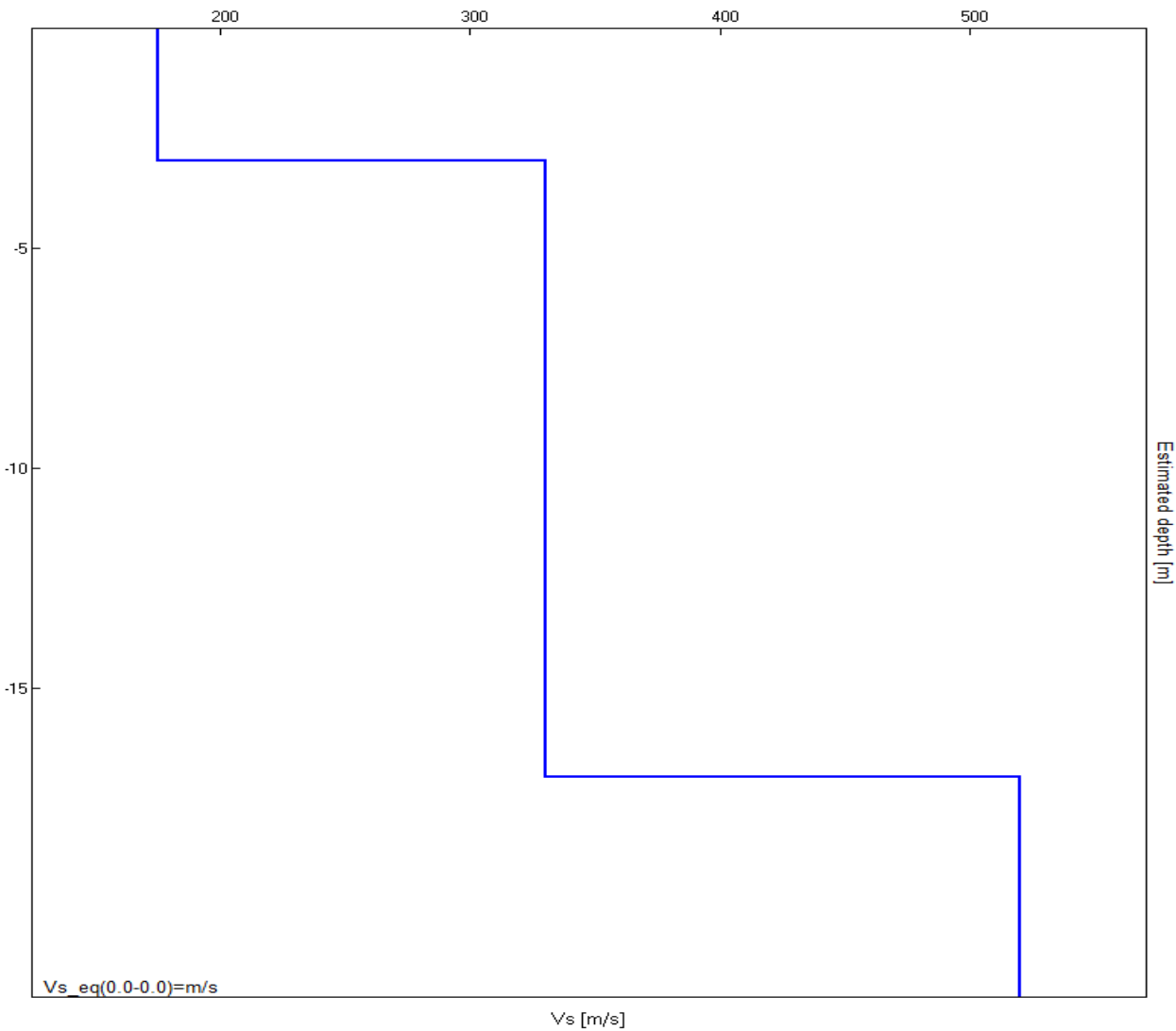


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
3.00	3.00	175	0.42
17.00	14.00	330	0.42
inf.	inf.	520	0.42

Vs_eq(0.0-0.0)=m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente**].

Picco H/V a 97.19 ± 17.43 Hz (nell'intervallo 0.0 - 128.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$97.19 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$60256.3 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 2542	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	43.938 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$3.09 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.17936 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$17.43195 < 4.85938$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2392 < 1.58$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

FOSSANO_PEC, TR 0003

Strumento: TEN-0024/01-07

Formato dati: 16 byte

Fondo scala [mV]: 51

Inizio registrazione: 10/02/20 11:15:34 Fine registrazione: 10/02/20 11:32:05

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; TRIG+ TRIG-

Durata registrazione: 0h16'24". Analizzato 92% tracciato (selezione automatica)

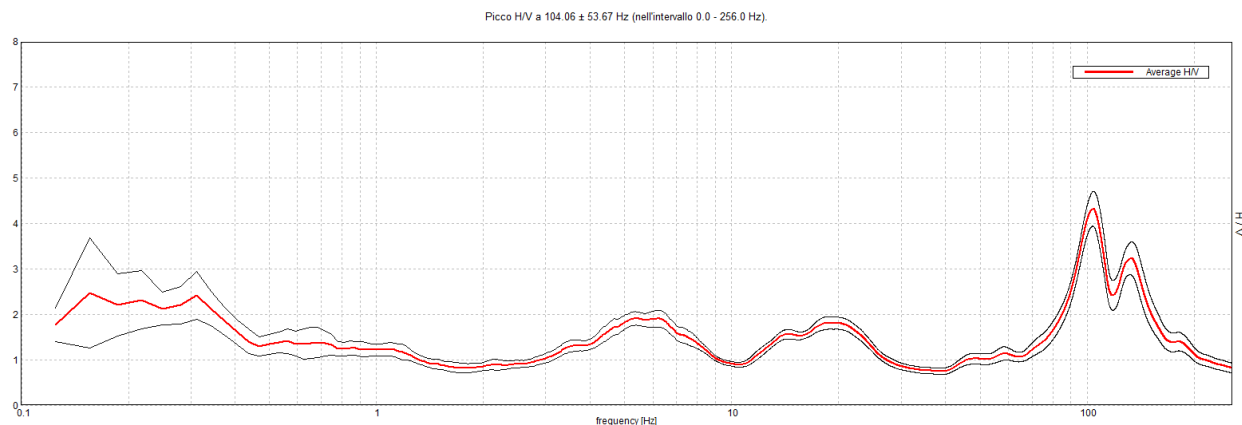
Freq. campionamento: 512 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

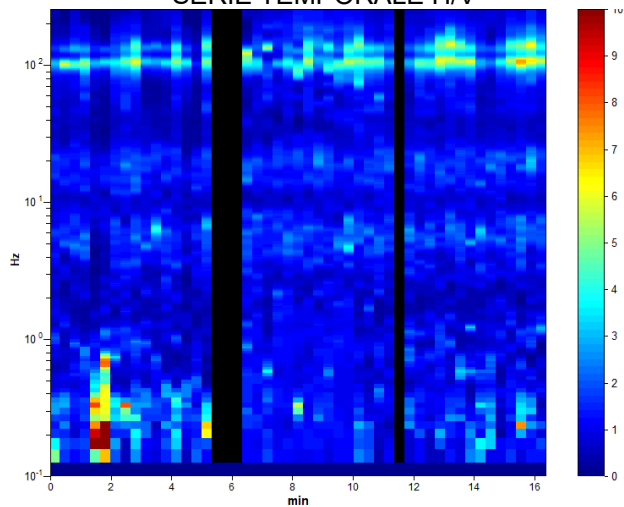
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

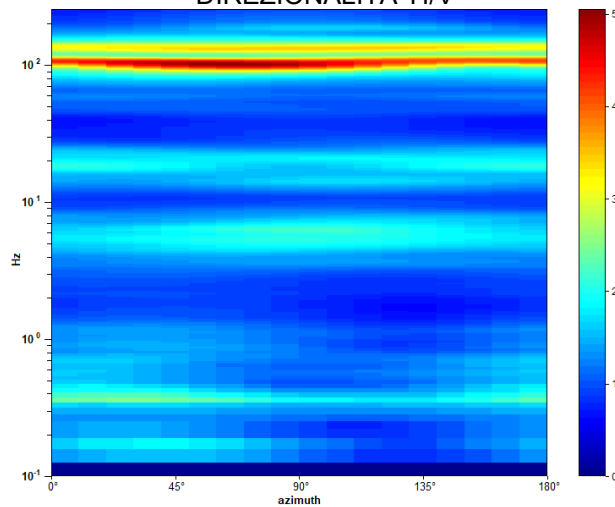
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



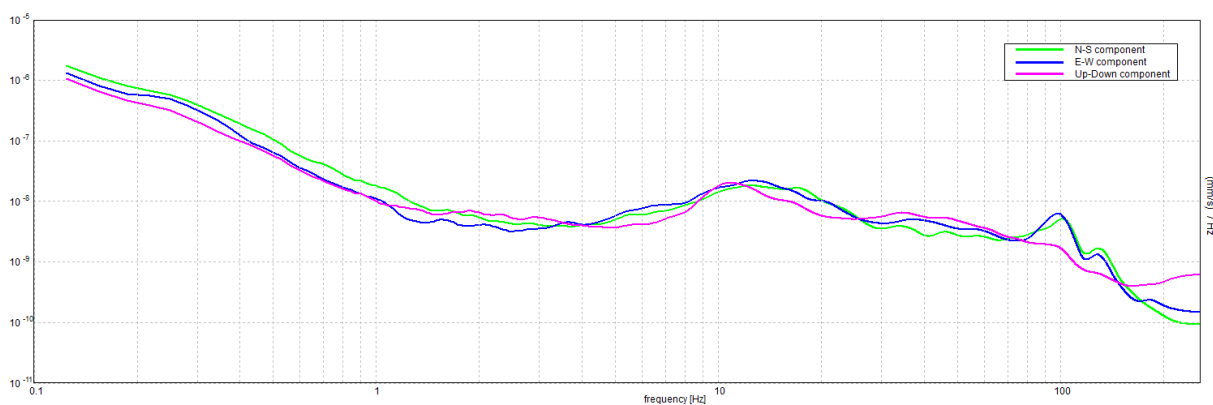
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente**].

Picco H/V a 104.06 ± 53.67 Hz (nell'intervallo 0.0 - 256.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$104.06 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$93656.3 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 4996	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	87.0 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	148.969 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$4.32 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.51575 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$53.67064 < 5.20313$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3837 < 1.58$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	$0.2 - 0.5$	$0.5 - 1.0$	$1.0 - 2.0$	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

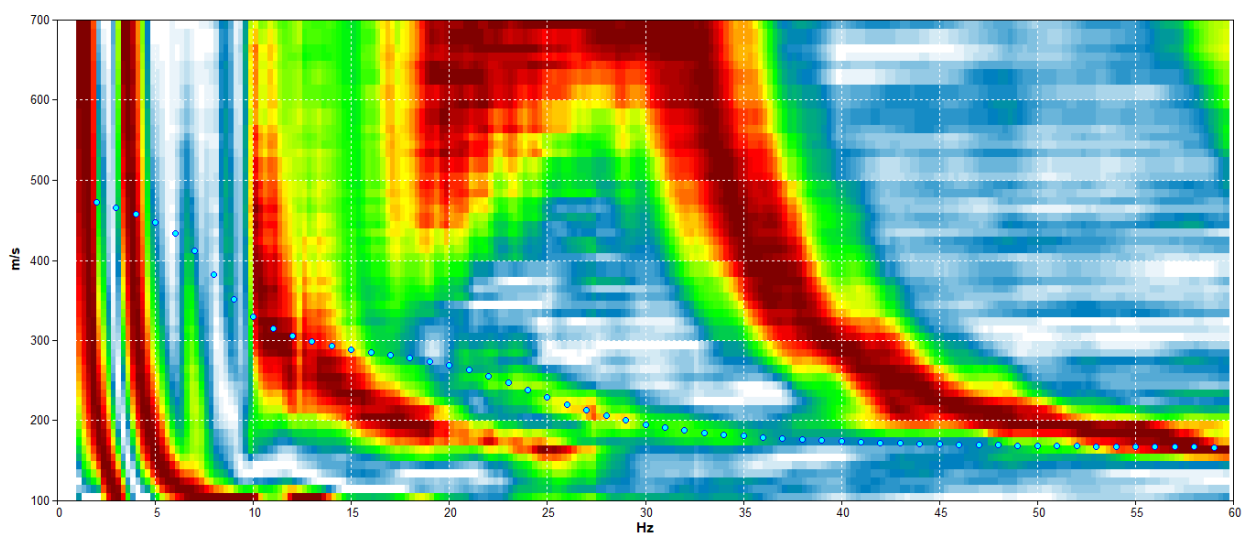
FOSSANO_PEC, SASW

Inizio registrazione: 10/02/20 10:59:14 Fine registrazione: 10/02/20 11:10:37
Durata registrazione: 0h11'12". Analizzato 94% tracciato (selezione automatica)
Freq. campionamento: 256 Hz

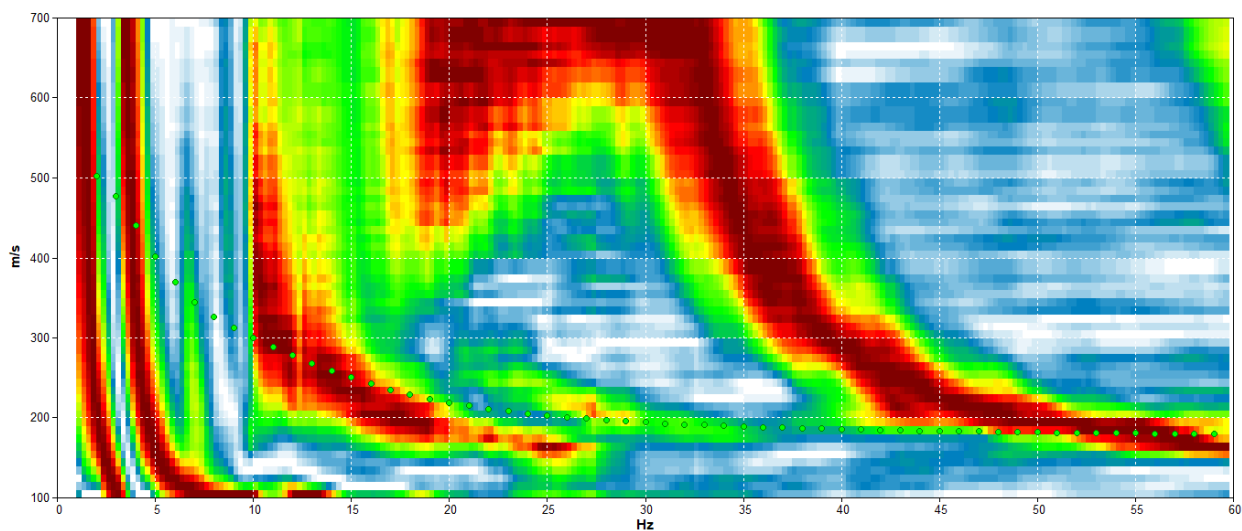
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; TRIG+ TRIG-

Array geometry (x): 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 21.0 24.0 27.0 30.0 m.

MODELLED **RAYLEIGH** WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



MODELLED **LOVE** WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
3.00	3.00	175	0.42
17.00	14.00	330	0.42
inf.	inf.	520	0.42

