

Regione Piemonte

Provincia di Cuneo



COMUNE DI CAVALLERMAGGIORE

PIANO ESECUTIVO CONVENZIONATO DENOMINATO “PEC SOLAVAGGIONE”

RELAZIONE GEOLOGICA

Proponente: Az. Agr. SOLAVAGGIONE Dario

Il tecnico incaricato
Dott. Geol. Luca Bertino

Data, gennaio 2021

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



INDICE

PREMESSA.....	4
1. INQUADRAMENTO GENERALE	5
2. VINCOLI IDROGEOLOGICI, AMBIENTALI E DI P.R.G.C.	6
2.1. <i>Compatibilità con il P.R.G.C.....</i>	<i>6</i>
2.2. <i>Compatibilità con il PAI</i>	<i>7</i>
2.3. <i>Compatibilità con la deliberazione n. 5 del 17/12/2015– Carte della pericolosità da alluvione.....</i>	<i>7</i>
2.4. <i>Studio idraulico bidimensionale in moto vario sui torrenti Maira e Mellea.....</i>	<i>11</i>
3. LINEAMENTI GEOLOGICI	13
4. LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI ED IDROGEOLOGICI	14
5. MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO	17
5.1. <i>Indagini geognostiche.....</i>	<i>17</i>
5.2. <i>Trincee esplorative.....</i>	<i>18</i>
5.3. <i>Situazione stratigrafica locale</i>	<i>20</i>
6. RISPOSTA SISMICA LOCALE	21
6.1. <i>Sismicità storica.....</i>	<i>21</i>
6.2. <i>Zona sismogenetica pertinente</i>	<i>22</i>
7. INDAGINE GEOFISICA SISMICA	26
7.1. <i>Procedura di analisi dati</i>	<i>26</i>
7.2. <i>Valutazione delle misure. Il progetto Sesame.....</i>	<i>26</i>
7.3. <i>Strumentazione utilizzata</i>	<i>27</i>
7.4. <i>Stima di Vs30 da misure H/V vincolate</i>	<i>27</i>
7.5. <i>Vincolo sullo spessore.....</i>	<i>28</i>
7.6. <i>Vincolo su Vs iniziale.....</i>	<i>28</i>

STUDIO GEOLOGICO

Dott. Luca Bertino GEOLOGO

8. CLASSIFICAZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO SECONDO QUANTO PREVISTO NELLA TABELLA 3.2.II DELLE NTC	29
8.1. <i>Profilo di velocità e valutazione del V_{s30}</i>	29
8.2. <i>Calcolo fattore di amplificazione topografica (S_T).....</i>	29
9. VERIFICA DELLA SUSCETTIVITÀ A LIQUEFAZIONE.....	30
10. OSSERVAZIONI E CONCLUSIONI	32
ALLEGATO	

PREMESSA

Lo scrivente si è occupato della realizzazione dell'indagine geologico-tecnica in merito al PIANO ESECUTIVO CONVENZIONATO DENOMINATO "PEC SOLAVAGGIONE", comune di Cavallermaggiore.

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 Cavallermaggiore ed in ottemperanza alle norme legislative vigenti in materia, in particolare:

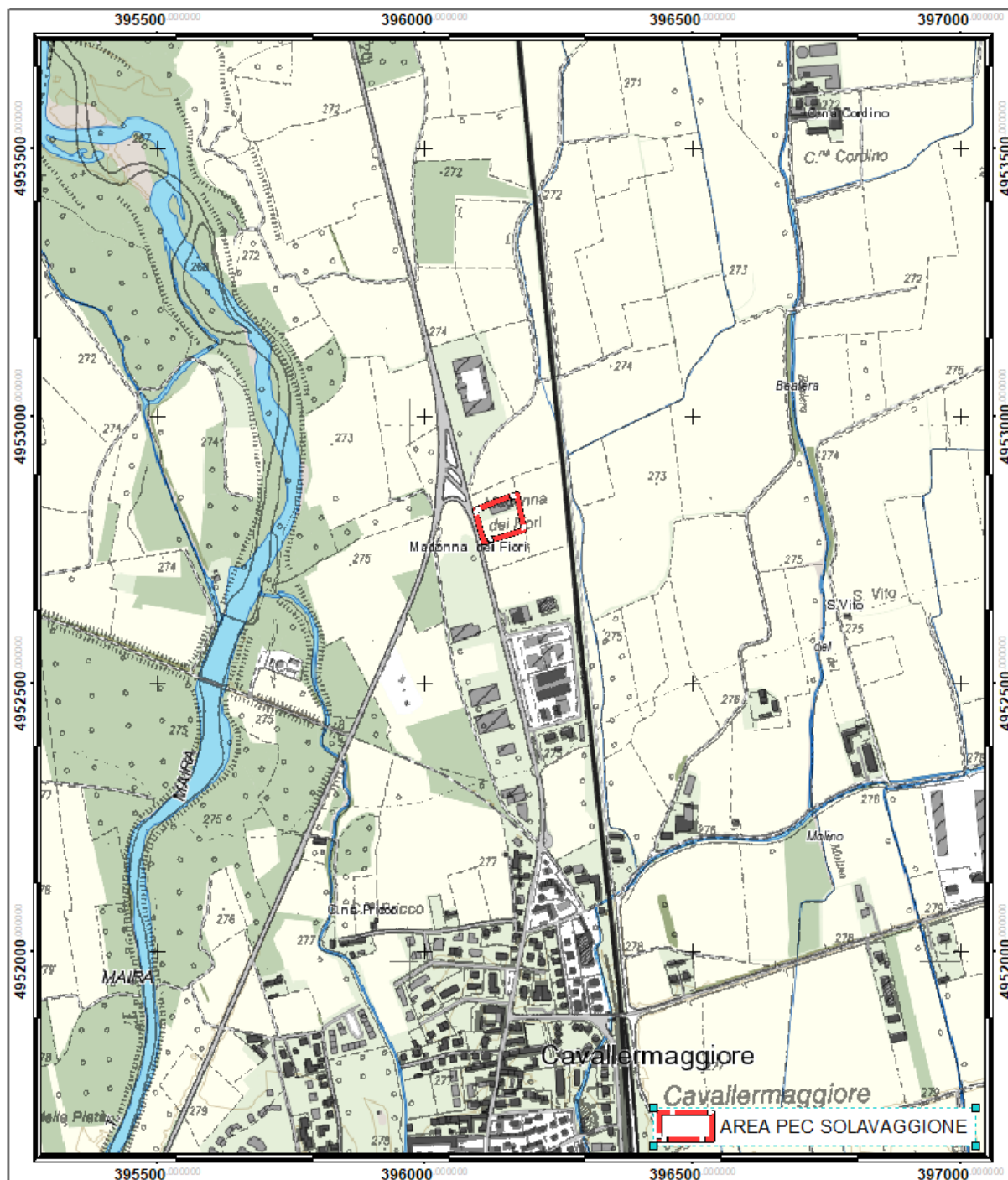
-D.M. del 21.01.1981 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce...." aggiornato dal successivo D.M. dell'11.03.1988 n°47;

- **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 nell'abitato di Cavallermaggiore ad una quota di circa 286 m s.l.m.

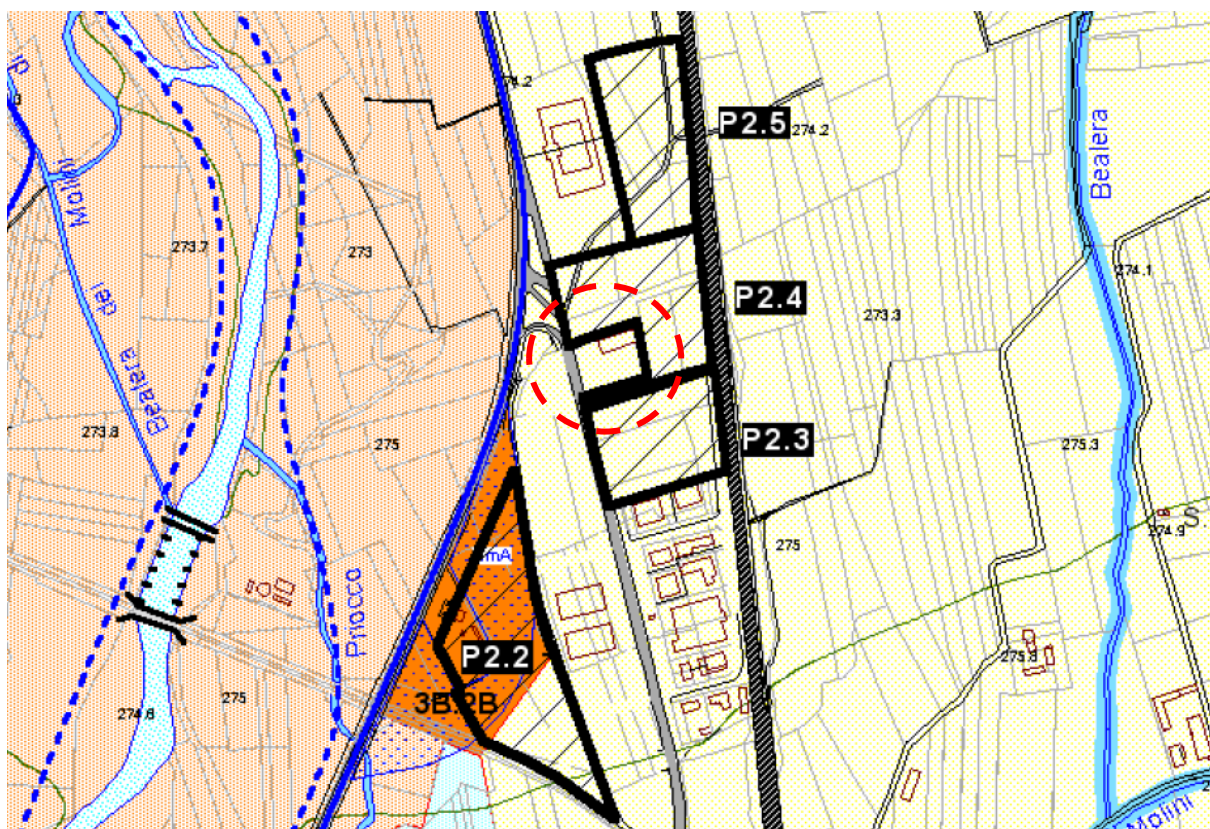
Le indicazioni di carattere topografico relative al sito in esame risultano contenute nella C.T.R. della Regione Piemonte, alla scala 1:10.000, sezione 102050 – CAVALLERMAGGIORE (c.f.r. tavola seguente).

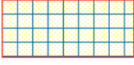


2. VINCOLI IDROGEOLOGICI, AMBIENTALI E DI P.R.G.C.

2.1. Compatibilità con il P.R.G.C.

Secondo la “*CARTA SINTESI - IDONEITA' ALL'UTILIZZAZIONE URBANISTICA*”, Elaborato SG 6, allegata al P.R.G. (L.R. del 5/12/1977 n°56), l'area interessata dagli interventi edilizi è inserita nella **Classe 2.1**, definita nel seguente modo:



2		2.1	<i>Pericolosità geomorfologica moderata</i> Aree idonee all'utilizzo urbanistico con adozione di limitati accorgimenti tecnici	La classe 2.1 interessa la piana principale ove le limitazioni sono date dalla presenza di acquifero superficiale e da possibilità di primo sottosuolo con caratteristiche geotecniche scadenti.	In queste aree è necessario che il progetto di intervento sia basato su di un'indagine geologica attuata secondo le indicazioni del D.M. 14.1.2008 "Norme tecniche per le costruzioni" comprendente: - rilievo geomorfologico esteso ad un intorno significativo; - caratterizzazione geotecnica dei terreni; - valutazione del regime della falda freatica e delle possibili interferenze con le strutture in progetto; - definizione del reticolato locale di drenaggio con verifica di eventuali insufficienze e valutazione delle modificazioni indotte dall'intervento in progetto; - per gli interventi di cui alla classe 2.4 verifica di stabilità dei versanti in relazione ad eventuali modificazioni morfologiche previste. L'indagine dovrà indicare gli eventuali accorgimenti necessari per superare le limitazioni e le problematiche esistenti in ordine agli aspetti idraulici, geotecnici e di stabilità dei pendii. (Per il dettaglio delle prescrizioni delle diverse classi si vedano le Norme di Attuazione)
		2.2		Nella classe 2.2 a tali condizioni si somma la possibilità di difficoltà locali di sgorgo; in tale classe sono altresì comprese le aree che ricadono nella Fascia Fluviale C del PAI.	
		2.3		Nella classe 2.3 ricadono aree già interessate da cave a fossa con parziali ritombamenti (ove pertanto si hanno condizioni geotecniche variabile, in genere scadenti) e con formazione di specchi idrici.	
		2.4		La classe 2.4 comprende le scarpate perimetrali ed i settori articolati dell'altopiano di Madonna del Pilone.	

2.2. Compatibilità con il PAI

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), è stato adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po con deliberazione n. 18, in data 26.04.2001, e successivamente approvato in forma definitiva con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri in data 24.05.2001.

Obiettivo prioritario del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico è la riduzione del rischio idrogeologico entro valori compatibili con gli usi del suolo in atto, in modo tale da salvaguardare l'incolumità delle persone e ridurre al minimo i danni ai beni esposti.

Il Comune di Cavallermaggiore è mappato nelle "Tavole di delimitazione delle fasce fluviali", di cui si riporta di seguito uno stralcio.

2.3. Compatibilità con la deliberazione n. 5 del 17/12/2015– Carte della pericolosità da alluvione

La deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po n. 5 del 17/12/2015, adozione del progetto di variante delle norme di attuazione del PAI –Titolo V – al fine della sua integrazione con il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA)- previa rinuncia da parte del soggetto interessato al risarcimento in caso di danno

La Direttiva Alluvioni prevede che la valutazione e la gestione dei rischi di alluvioni sia effettuata da parte degli Stati Membri per ciascun distretto idrografico o unità di gestione attraverso un percorso così articolato:

- valutazione preliminare del rischio di alluvioni;
- elaborazione di mappe della pericolosità e del rischio di alluvione;
- predisposizione ed attuazione di piani di gestione del rischio di alluvioni.

La Direttiva Alluvioni prevede all'art. 7 che, sulla base delle mappe della pericolosità e del rischio, gli Stati membri stabiliscano Piani di Gestione del rischio di Alluvioni (PGRA) e definiscano obiettivi appropriati per la gestione dei rischi di alluvioni, ponendo l'accento sulla riduzione delle potenziali conseguenze negative che un simile evento potrebbe avere per la salute umana, l'ambiente, il patrimonio culturale e l'attività economica e, se ritenuto opportuno, su iniziative non strutturali e/o sulla

STUDIO GEOLOGICO

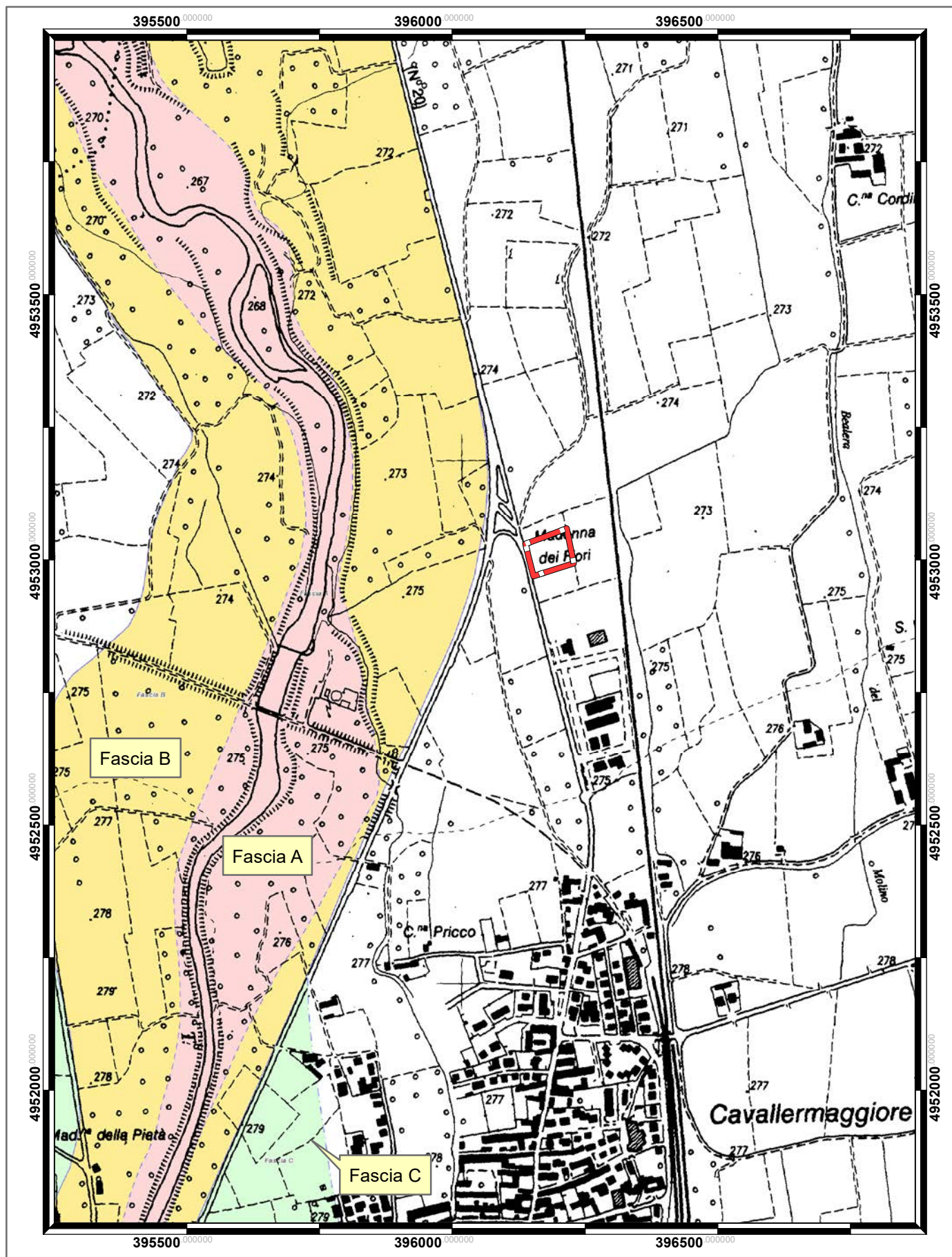
Dott. Luca Bertino GEOLOGO

riduzione della probabilità di inondazione, attraverso la definizione di specifiche misure.

Le mappe della pericolosità di alluvioni contengono la perimetrazione delle aree geografiche che potrebbero essere interessate da alluvioni secondo tre scenari:

Direttiva Alluvioni		Pericolosità
Scenario	Tempo di ritorno	
Aree allagabili – scenario frequente Elevata probabilità di alluvioni (H = high)	20 - 50 anni (frequente)	P3 elevata
Aree allagabili – scenario poco frequente Media probabilità di alluvioni (M = medium)	100 - 200 anni (poco frequente)	P2 media
Aree allagabili – scenari rari Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi e stremità (L = low)	500 anni o massimo storico registrato	P1 bassa

Il settore in oggetto risulta esterno alle perimetrazioni di pericolosità



Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.)



AREA PEC SOLAVAGGIONE

scala 1:10000



2.4. Studio idraulico bidimensionale in moto vario sui torrenti Maira e Mellea

Lo studio idraulico relativo agli *Approfondimenti modellistici per individuazione delle dinamiche di allagamento dei torrenti Maira e Mellea e primi interventi per la mitigazione del rischio in comune di Cavallermaggiore - Studio idraulico con modellazione numerica bidimensionale in condizioni di moto vario ed esecuzione di rilievo topografico/batimetrico integrativo sulle aste dei torrenti Maira e Grana-Mellea*, redatto per incarico di AIPo, rappresenta il miglior documento di riferimento sulle dinamiche dei torrenti Maira e Mellea di cui si dispone e pertanto è necessario considerarlo come base per la pianificazione, con particolare riferimento all':

- aggiornamento delle Fasce Fluviali del PAI
- aggiornamento del quadro della pericolosità rappresentato nel PGRA
- verifica ed aggiornamento del PRGC

Analisi della componente idraulica

Nel settore oggetto di indagine si è fatto particolare riferimento ai livelli di massima piena relativi alla Q₂₀₀ nel campo della velocità, al fine di prescrivere gli accorgimenti necessari alla salvaguardia dei beni pubblici e privati.

Negli stralci seguenti sono indicati i livelli di massima piena con riferimento al lotto edilizio in oggetto di intervento.

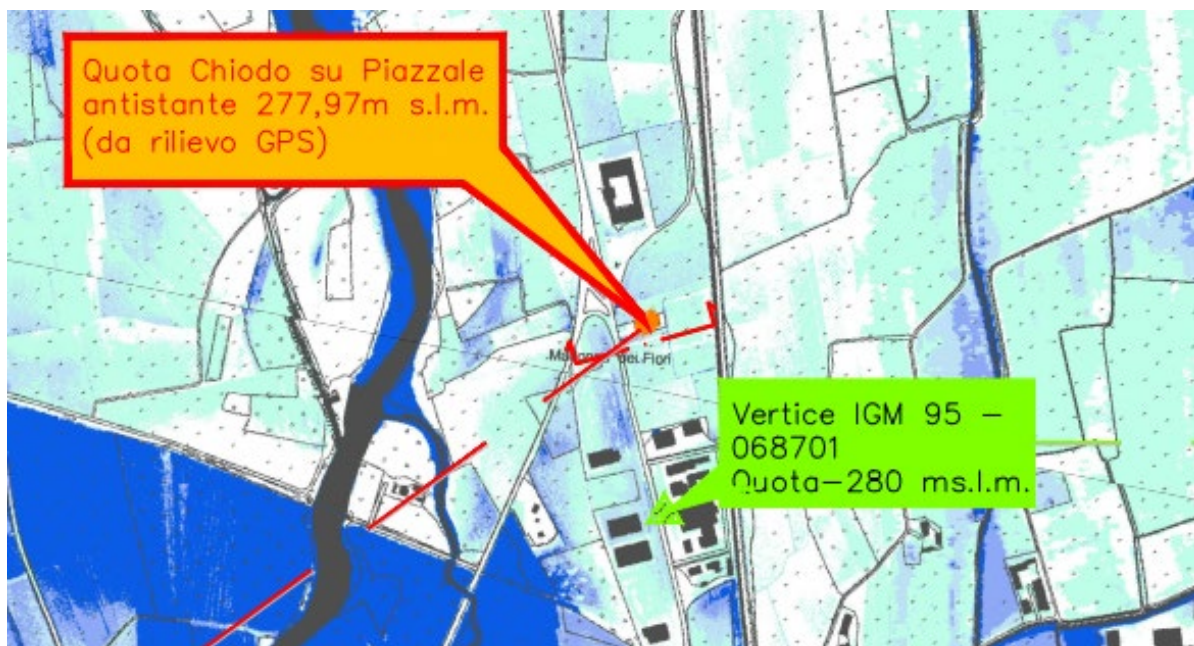
I rilievi sono stati realizzati dal Geom. Lingua Fabrizio con strumentazione GPS/GNSS e sono sintetizzati nella Tavola PGRA 08 allegata al progetto.

E' stato rilevato il piano campagna attuale e verificata la quota finale di progetto in riferimento alla quota di massima piena.

Dall'analisi dei dati ne deriva che la Quota del Piano del Pavimento Finito di tutta l'area del PEC in progetto risulta ampiamente verificata rispetto alla quota di esondazione della Q₂₀₀

STUDIO GEOLOGICO

Dott. Luca Bertino GEOLOGO



QUOTA DI RIFERIMENTO PIANO INTERNO CAPANNONE ESISTENTE RILEVATA CON STRUMENTAZIONE GPS/GNSS Leika , integrato a rilievo con stazione totale Leika TS02
Quota di riferimento rilevata Passaggio comune a Nord del lotto :
278.07 m s.l.m.

VERIFICA DELLA QUOTA MINIMA ALLA QUALE DOVRA' ESSERE REALIZZATO IL PIANO PAVIMENTO FINITO DELL'ABITAZIONE IN PROGETTO

Quota di massima piena in corrispondenza del lotto Solavaggione: **277.26 m s.l.m.** (pari a 52 cm di acqua sul terreno, adottando la quota rilevata da sistema GIS fornito dalla Regione Piemonte)

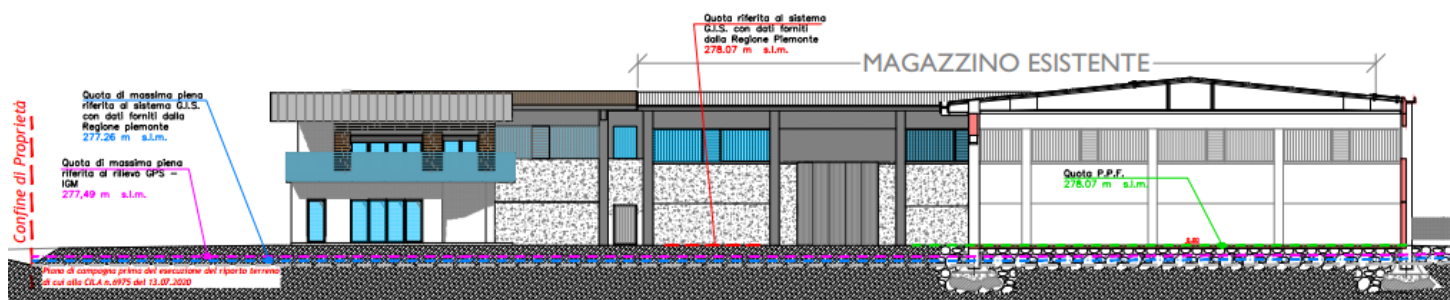
Quota di massima piena in corrispondenza del lotto Solavaggione: **277.49 m s.l.m.** (pari a 52 cm di acqua sul terreno, calcolata su quota lotto determinata da rilievo GPS, riferito a punti IGM)

Quota di progetto piano pavimento finito (p.p.f.)
278.07 m s.l.m.

Verifica:

278.07 > 277.26 m s.l.m. --- Verificato (sistema GIS)
278.07 > 277.49 m s.l.m. --- Verificato (sistema IGM)

La quota del piano pavimento finito del fabbricato in progetto nel lotto Solavaggione (278.07 m s.l.m.) risulta essere maggiore della quota di massima piena in base ai dati forniti dal sistema GIS (277.26 m s.l.m.) e dal IGM (277.49 m s.l.m.)



3. LINEAMENTI GEOLOGICI

In merito ai caratteri geologici dei terreni costituenti la zona indagata le informazioni relative sono contenute nel foglio n° 68 CARMAGNOLA 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 del Po 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

La piana di Cavallermaggiore è quindi costituita da materiali alluvionali di età olocenica (da recente ed attuale) depositi oltre che dai torrenti Mellea e Maira. Si tratta di ghiaie e sabbie con subordinati livelli limosi in cui gli elementi ciottolosi hanno diametri prevalenti intorno a 5-10 cm. Questi materiali sono bene osservabili sulle scarpate di erosione lungo i fianchi del Maira o del Mellea, in corrispondenza dei tratti più incisi. Localmente, in particolare in corrispondenza di lanche o di rami d'alveo abbandonati, il primo sottosuolo è caratterizzato da materiali a granulometria fine con limi e sabbie

4. LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI ED IDROGEOLOGICI

Nello studio “Geologia e idrostratigrafia profonda della Pianura Padana occidentale” (2009, CNR, Dipartimento di Scienze della Terra di Torino, Regione Piemonte) viene applicata

l'analisi di bacino allo studio degli acquiferi, da quelli superficiali fino a quelli molto profondi, a scala regionale. Lo studio si basa sulla conoscenza della geometria a grande scala e dell'architettura interna delle unità idrostratigrafiche profonde, con un approccio stratigrafico fondato sull'analisi di bacino applicata a scala regionale. L'analisi di bacino consente di ricostruire tridimensionalmente le geometrie complessive dei corpi sedimentari, le tipologie e la distribuzione delle facies e litofacies caratteristiche dei principali ambienti deposizionali, e la localizzazione delle principali strutture tettoniche.

Attraverso i concetti di superfici di discontinuità (individuate tramite interpretazione di linee sismiche a riflessione), di contesto deposizionale, e di associazioni di litofacies, l'approccio utilizzato perviene alla definizione e all'identificazione di una serie di Sintemi, così definiti: “corpo sedimentario complesso delimitato da superfici di discontinuità stratigrafica, costituito da strati o gruppi di strati con geometria e litologia variabili ma legati geneticamente, ossia depositi in contesti deposizionali diversi e contigui ed in continuità di sedimentazione. Le superfici di strato possono toccare ma non intersecare le superfici di discontinuità a base e a tetto dei sintemi”.

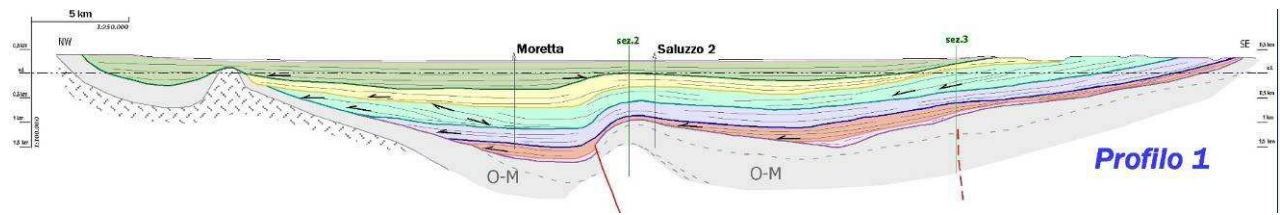
A		BACINI SAVIGLIANO-ALESSANDRIA				
Scala cronostratigrafica		UNITA' AFFIORANTI CGI 1:100.000	UNITA' SEPOLTE	SINTEMI	GRUPPI ACQUIFERI	UNITA' IDROGEOLOGICHE DI GRUPPO ACQUIFERO
OLOCENE	0.01 Ma					
PLEISTOCENE	superiore	DEPOSITI FLUVIALI E E FLUVIO-GLACIALI	Q2	A	A I A II A IV	
	medio					
	inferiore	"VILLAFRANCHIANO SUPERIORE"	Q1	B	B I B II B III	
P L I O C E N E	superiore					
	2.5 Ma					
	medio	"VILLAFRANCHIANO INFERIORE" ASTIANO	P3	C	C I C II C III	
	3.5 Ma					
	inferiore	"VILLAFR." "ASTIANO" "PIAC."	P2	D	D I D II D III D IV	
	5.3 Ma	"PIACENZIANO"	M/P	P1	E	E I E II E III E IV
MIOCENE		"MESSINIANO"		M2	F	F I F II F III
MIOCENE	Messiniiano superiore	"CASSANO-SPINOLA"				
		"MESSINIANO"		M1	G	G I G II G III G IV
		"F. GESSOSO-SOLF."				

Schema riassuntivo delle corrispondenze tra Sintemi, Gruppi Acquiferi e Unità Idrogeologiche nel Bacino di Savigliano (da “Geologia e idrostratigrafia profonda della Pianura Padana occidentale”, 2009).

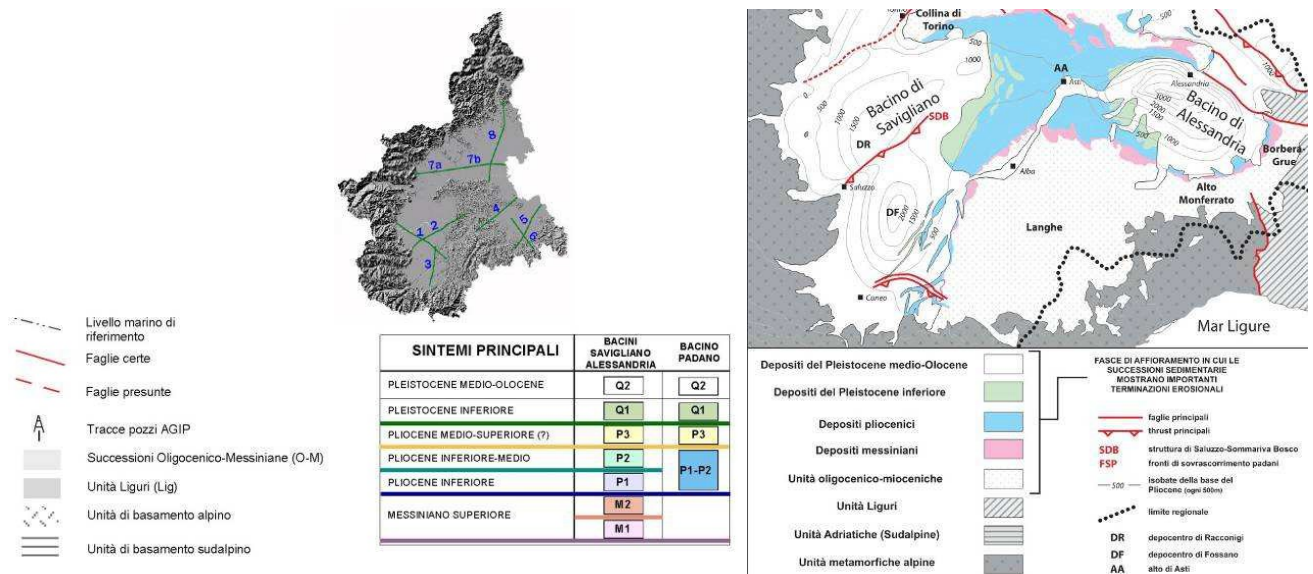
STUDIO GEOLOGICO

Dott. Luca Bertino GEOLOGO

Lo schema riassuntivo dei Sintemi individuati nel Bacino di Savigliano nell'ambito di questo complesso lavoro, è visibile nella figura seguente



Profilo geologico interpretativo n° 1, in cui è illustrato lo spessore, la geometria esterna e l'architettura interna dei sintemi riconosciuti, e relativa legenda; schema geologico semplificato del Piemonte meridionale con rappresentazione dei depocentri e delle principali strutture tettoniche (da “Geologia e idrostratigrafia profonda della Pianura Padana occidentale”, 2009).



Partendo dalla porzione più profonda della successione, il Sintema M1 (Messiniano superiore) non è presente sulla verticale dell'area in esame. Il Sintema M2 (sempre Messiniano superiore) comprende sedimenti terrigeni di ambiente da continentale a salmastro, con spessore variabile tra 400 m massimo nei depocentri e meno di 100 m; è presente in aree poste qualche km ad est di Lagnasco.

Il Sintema P1 è rappresentato unicamente da facies marine del Pliocene inferiore; la superficie basale coincide con il limite Miocene/Pliocene. Nel Bacino di Savigliano è costituito da depositi di ambiente da circalitorale profondo a epibatiale, rappresentati da alternanze continue di strati da metrici a plurimetrici di areniti e marne in percentuali variabili. Nel settore in esame (corrispondente grosso modo a un'area a

pag. 15

sud, cioè a destra, del Pozzo Saluzzo 2) raggiungono spessori superiori a 100 m, con un massimo di 300 m nel depocentro bacinale. Il Sintema P1 corrisponde alle successioni cartografate come Piacenziano e Argille di Lugagnano.

Segue verso l'alto il Sintema P2 (Pliocene inferiore-medio), che nel sottosuolo del settore occidentale della pianura cuneese è costituito essenzialmente da depositi di pianura alluvionale e deltizia-tidale (ghiaie e sabbie prevalenti, con orizzonti limoso-argillosi discontinui e con torbe), identificabili come Villafranchiano in affioramento. I depositi continentali verso est e verso nord passano a depositi litorali, di piattaforma e di fronte deltizio (coincidenti in affioramento con l'Astiano, Pliocene in facies sabbiosa). I depositi di ambiente più profondo di questo Sintema, si trovano tra Fossano e Moretta-Sommariva Bosco, nelle zone depocentrali; si tratta di alternanze discontinue di peliti e sabbie e ghiaie che, dove affioranti, sono state attribuite al Piacenziano e alle Argille di Lugagnano. Lo spessore del Sintema P2 sulla verticale dell'area in esame risulta essere di almeno 200- 250 m.

Il Sintema P3, del Pliocene medio-superiore, è prevalentemente costituito da depositi continentali con abbondanti livelli di torba, e rappresentati essenzialmente da alternanze discontinue di sabbie, ghiaie e peliti; in affioramento corrispondono ai depositi cartografati come Villafranchiano nel Foglio Cuneo. Verso N-NE i depositi continentali fanno passaggio a depositi transizionali lagunari-deltizi, che affiorano lungo gli attuali margini nord-orientale e sud-orientale del Bacino di Savigliano (Villafranchiano inferiore e Astiano in affioramento). Lo spessore è di 100-150 m circa.

Il Sintema Q1 del Pleistocene inferiore nel Bacino di Savigliano raggiunge potenze di 500- 600 m in corrispondenza dei due depocentri sepolti a NO e SE della Struttura di Saluzzo- Sommariva del Bosco; sulla verticale di Lagnasco lo spessore risulta essere di almeno 250-300 m. La litologia prevalente nel Bacino di Savigliano è un'alternanza discontinua e subordinatamente continua di sabbie e ghiaie prevalenti con peliti, corrispondenti in affioramento alle successioni cartografate come Villafranchiano nei Fogli Cuneo e Asti, e come Villafranchiano superiore nel Foglio Carmagnola. L'ambiente è praticamente ovunque di tipo continentale.

Il Sintema Q2 (Pleistocene medio-Olocene) presenta caratteri deposizionali solo continentali e comprende i depositi fluviali e fluvio-glaciali, come cartografati nella Carta Geologica d'Italia nei vari Fogli del Piemonte. Gli spessori aumentano verso le aree pedemontane (aree di conoide), con valori massimo di 80-100 m.

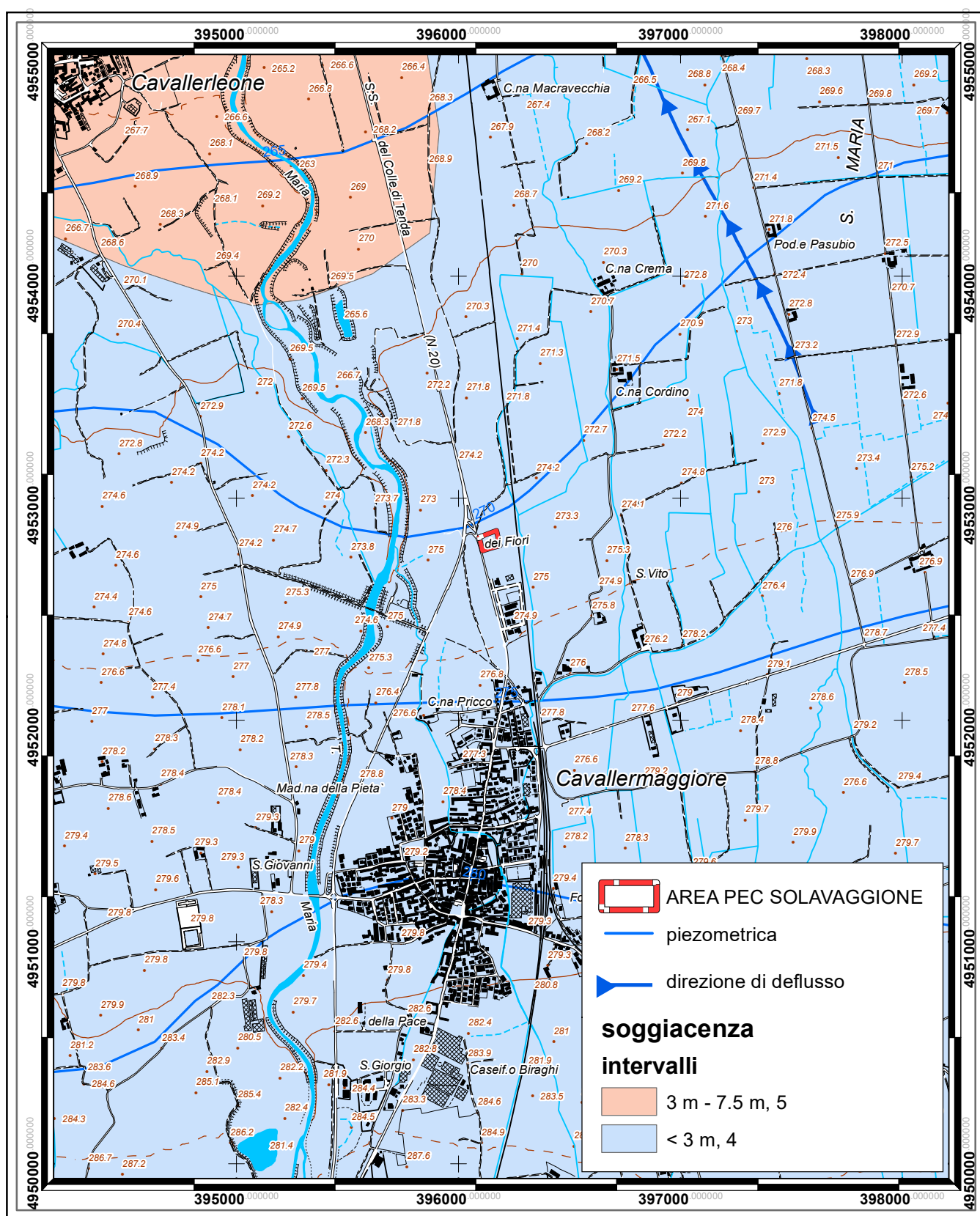


Tavola 3: Carta Idrogeologica

Estratto della Carta Idrogeologica con rappresentate le isopiezometriche e le linee di deflusso (Civita et al., 2011)

scala 1:25000



5. 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.

5.1. Indagini geognostiche

In osservanza alle NTC 2008, 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.

Le indagini fanno riferimento alla campagna di rilievi svolte nel settembre 2020, inoltre vengo anche riportati le indagini maggiormente rappresentative della campagna di indagini nel lotto adiacente svolte dallo scrivente nell’anno 2018.

Sono state eseguite le seguenti indagini in sito:

anno 2020

- n° 2 prove sismiche HVSR
- n°2 trincee esplorative

anno 2018

- n°1 stendimento sismico tipo SASW
- n°2 prove penetrometriche

5.2. Trincee esplorative

Le trincee sono state eseguite mediante escavatore durante i lavori di preparazione dell'area; il terreno agrario di copertura era pertanto già stato rimosso. Di seguito si riporta la stratigrafia rilevata a partire dal predetto piano campagna:



TRINCEA 1



TRINCEA 2



STRATIGRAFIA RILEVATA

Intervallo di profondità (m da p.c.)	Composizione litologica
precedentemente asportato	terreno vegetale
0.0÷1,5	deposito limoso colore marrone
>1,5	deposito alluvionale sciolto di colore grigio costituito da sabbia con ghiaietto e talora ciottoli centimetrici

5.3. Situazione stratigrafica locale

L'area oggetto di studio si presenta piuttosto uniforme, in sintesi si possono riconoscere le due unità stratigrafiche seguenti:

- **Unità 1** – profondità 0,0-1,5 limo debolmente sabbioso
- **Unità 2** – profondità > 1,5 m - di natura incoerente costituito da sabbie limose con ghiaietto

Parametri geotecnici di progetto

[Unità 1] limo

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-AASHTO	A4
Classifica USCS	M

[Unità 2] sabbie limose con ghiaietto

Nspt= 10÷15

Peso di volume asciutto:	$\gamma_d = 18 \text{ KN/m}^3$
Peso di volume saturo	$\gamma = 20.0 \text{ KN/m}^3$
Angolo di resistenza al taglio	$\phi' = 30-32^\circ$
Coesione	$c' = 0.0 \text{ KPa}$
Classifica CNR-UNI-AASHTO	A1-A2
Classifica USCS	GW-GP

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

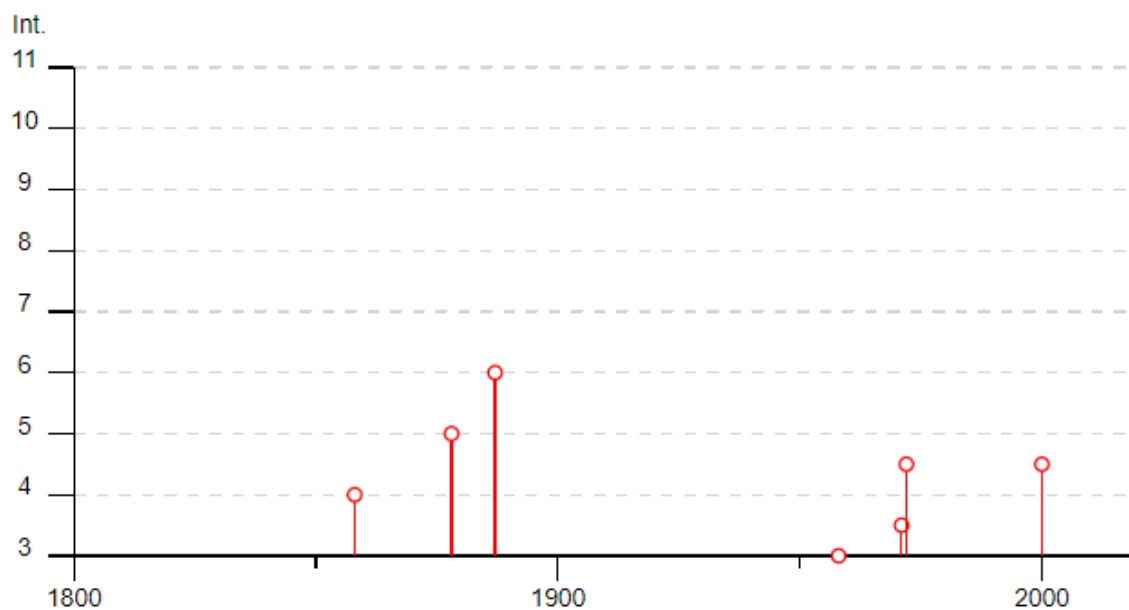
La versione aggiornata al 2015 del Database delle Osservazioni Macrosismiche Italiane (a cura di M. Locati, R. Camassi e alii. DBMI15, http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/description_DBMI15.htm. Milano, Bologna) riporta la storia sismica di Fossano.

La storia sismica di Cavallermaggiore si compone de seguenti eventi sismici:

STUDIO GEOLOGICO

Dott. Luca Bertino GEOLOGO

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
4		1858	08	30	14	30	Cuneese	8	5	4.45
5		1878	06	07	22	25	Cuneese	34	6	4.86
6		1887	02	23	05	21 50	Liguria occidentale	1511	9	6.27
3		1958	05	04	10	52 45	Cuneese	37	6	4.62
3-4		1971	02	01	12	26 55	Cuneese	22	5	4.39
4-5		1972	01	18	23	26	Liguria occidentale	41	6-7	4.60
2-3		1989	12	26	19	59 5	Mar Ligure	290		4.46
4-5		2000	08	21	17	14	Monferrato	595	6	4.94

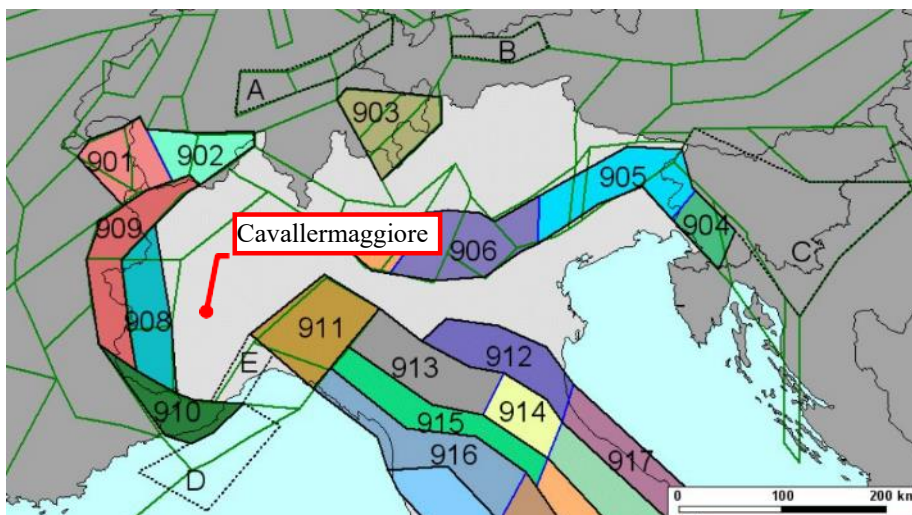


Storia sismica di Cavallermaggiore

6.2. Zona sismogenetica pertinente

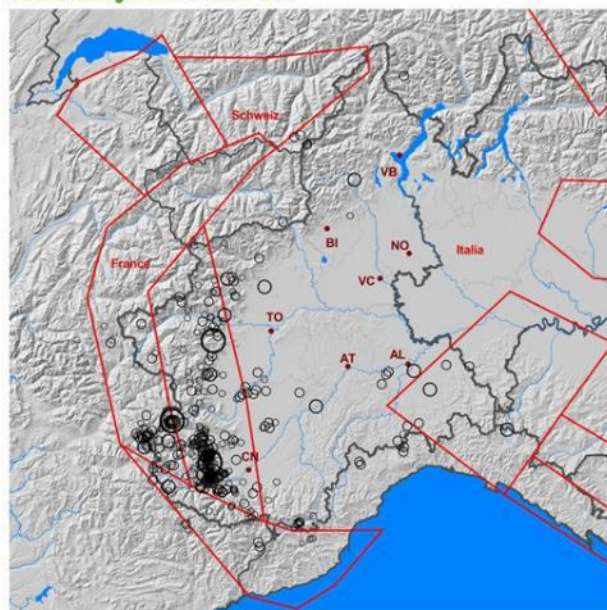
Di seguito si illustrano le zone sismogenetiche come da classificazione nazionale adottata dalla vigente normativa, tali zone sono tuttavia soggette a periodica revisione in virtù dell'avanzamento degli studi in merito.

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

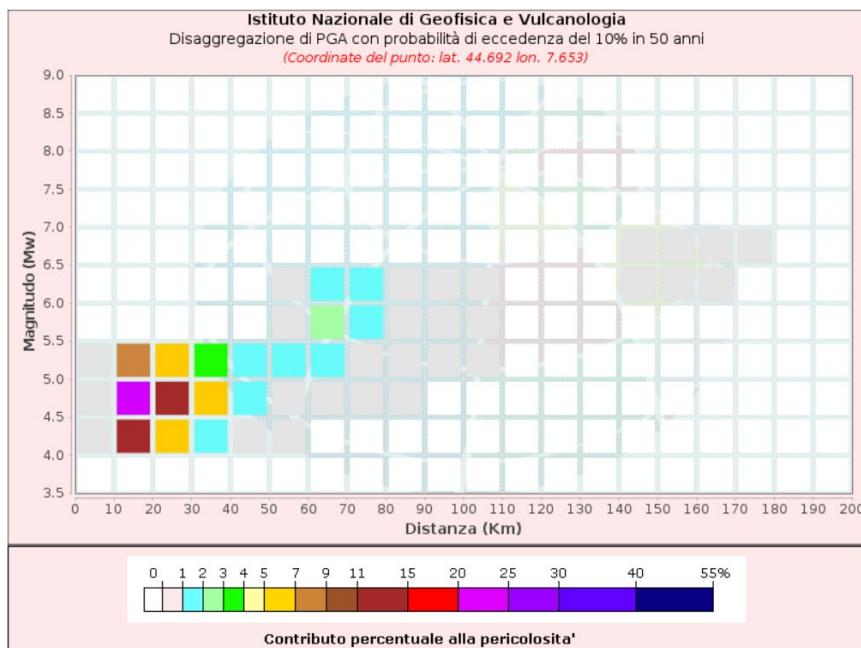
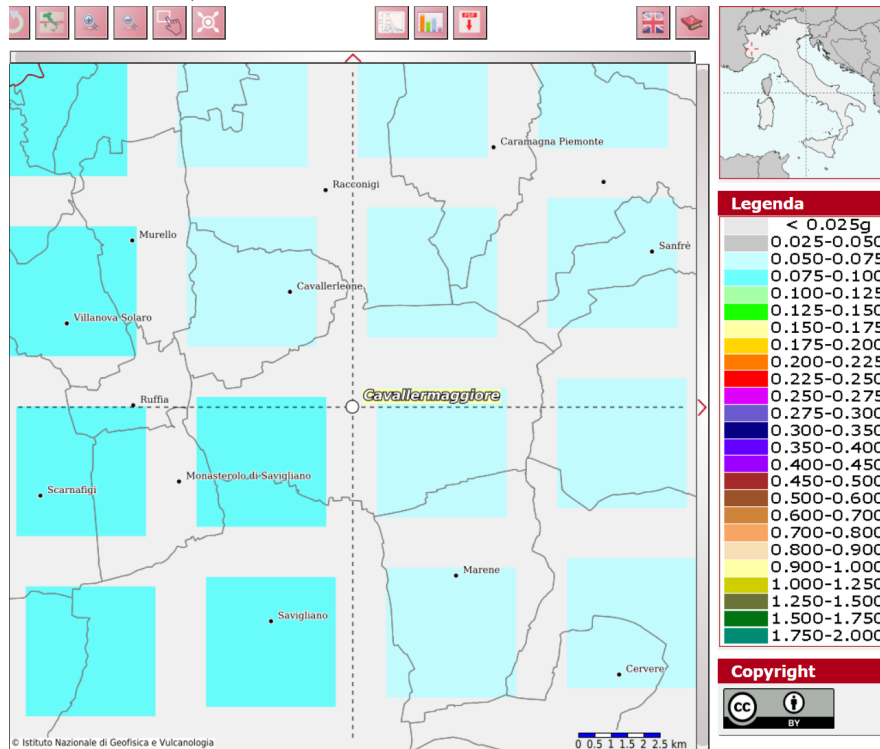


Fonte: Arpa Piemonte

delimitazione delle aree sismogenetiche delle Alpi Occidentali, il territorio di Cavallermaggiore 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)



STUDIO GEOLOGICO

Dott. Luca Bertino GEOLOGO

Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 44.692 lon. 7.653)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5- 4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0- 5.5	5.5- 6.0	6.0- 6.5	6.5- 7.0	7.0- 7.5	7.5- 8.0	8.0- 8.5	8.5- 9.0
0-10	0.0000	0.1630	0.2030	0.0616	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	14.2000	20.9000	8.1500	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	6.5400	12.4000	6.7100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	1.9500	5.1500	3.7700	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.2060	1.7500	1.9500	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0032	0.4490	1.1900	0.6820	0.5880	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.3320	1.4600	2.1100	1.9800	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0683	0.7990	1.5200	1.5800	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0008	0.2750	0.7840	0.9190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0729	0.3660	0.4850	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0073	0.0771	0.1160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006	0.0008	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0006	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.92	29.4	1.42

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 SISMICA

7.1. 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.

7.3. 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.



7.4. Stima di Vs30 da misure H/V vincolate

A partire da una misura di frequenza di risonanza, tramite l'equazione 2, si può ottenere una stima delle Vs delle coperture, a patto che sia nota la profondità del bedrock, o viceversa. L'Equazione 1 vale però solo nei sistemi costituiti da monostrato+bedrock mentre nei casi multistrato è necessario ricorrere a modelli più complessi, basati sulla propagazione delle onde di superficie. Il problema è stato affrontato in Arai e Tokimatsu (2005), Mulargia *et al.* (2008), Castellaro e Mulargia (2009a).

7.5. Vincolo sullo spessore

requisito per trasformare una curva H/V in un profilo di Vs è il possesso di un vincolo, che normalmente è la profondità di un contatto tra litologie diverse, noto da prove penetrometriche, sondaggi o trincee esplorative (non necessariamente spinte a 30 m).

Individuato il vincolo e ottenuta una curva H/V statisticamente significativa, la procedura per il fit della curva H/V segue il percorso seguente:

- 1) riconoscimento nella curva H/V del pattern (solitamente un picco di risonanza) cui associare il vincolo stratigrafico (solitamente lo spessore del primo strato che risuona),
- 2) stima delle Vs del primo strato tramite confronto della frequenza sperimentale di picco con quella teorica, ottenuta da modellazione del campo d'onde di superficie in sistemi multi-strato,
- 3) la Vs del secondo strato è ora determinata dall'ampiezza del picco H/V da fittare. Contrasti di impedenza forti danno picchi H/V più ampi e viceversa,
- 4) il fit del modello riprende dal punto 1 per ogni picco H/V con valenza stratigrafica individuato.

La curva H/V ha comunque il duplice vantaggio di misurare se esista amplificazione stratigrafica e, in caso affermativo, di dire a quale frequenza. Ha poi il vantaggio di poter essere usata come stimatore della rigidità media degli strati in presenza di vincoli stratigrafici.

Tab. 1 - Abaco per la stima dello spessore delle coperture (h) a partire dai valori delle frequenze di risonanza (f_0) determinate dalle misure H/V

F_0 (Hz)	h (m)
<1	>100
1 -2	50 -100
2 -3	30 -50
3 -5	20 -30
5 -8	10 -20
8 -20	5 -10
>20	<5

D. Albarello S. Castellaro da Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola (2011)

7.6. Vincolo su Vs iniziale

È anche possibile che il vincolo sia fornito, anziché da H, dal valore di Vs di uno strato superficiale, ottenuto da prove indipendenti, quali quelle basate correlazione dei segnali (attivi o passivi) tra più sensori disposti in configurazione 1D o 2D. Tra le tecniche più note di questo tipo (dette tecniche in array), che si basano tutte sulla ricostruzione della velocità di fase o di gruppo delle onde di superficie di Rayleigh o Love.

8. 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. 30 dicembre 2019, n. 6-887 - OPCM 3519/2006. Presa d'atto e approvazione dell'aggiornamento della classificazione sismica del territorio della Regione Piemonte, di cui alla D.G.R. del 21 maggio 2014, n. 65-7656, pone il comune di Cavallermaggiore 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}).

8.1. Profilo di velocità e valutazione del V_{s30}

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 C: *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.*

8.2. 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:

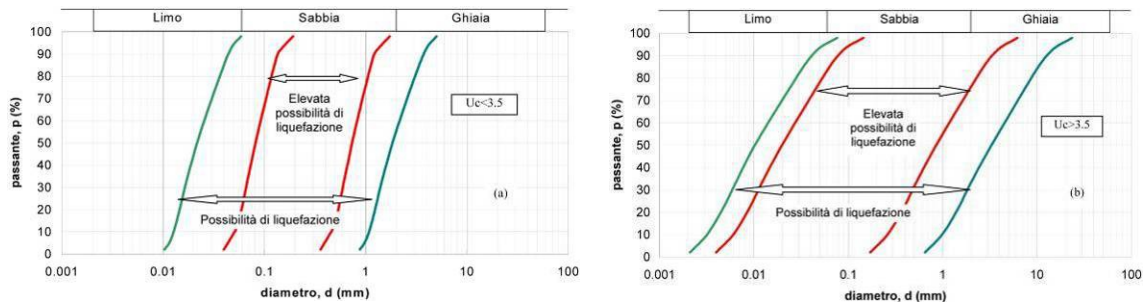
- Categoria topografica **T1** – Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
- Sul pendio $S_T = 1,0$

9. VERIFICA DELLA SUSCETTIVITÀ A LIQUEFAZIONE

Valutazioni preliminari

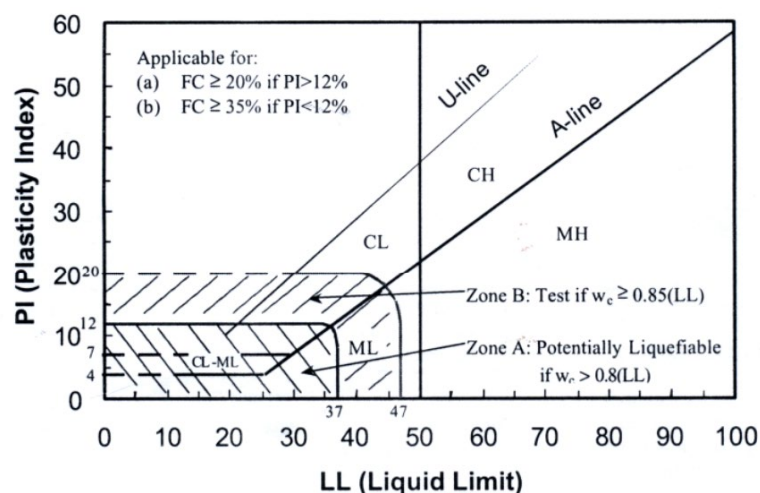
Per liquefazione di un terreno s'intende il quasi totale annullamento della sua resistenza al taglio con l'assunzione del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi.

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 dei punti 4-5, pertanto la verifica può essere omessa.

10. OSSERVAZIONI E CONCLUSIONI

Nella presente memoria tecnica sono stati presi in considerazione gli aspetti geologici, geomorfologici in merito al “*PIANO ESECUTIVO CONVENZIONATO DENOMINATO “PEC SOLAVAGGIONE”*”, comune di Cavallermaggiore.

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

In particolare lo scrivente dichiara di essere a conoscenza di tutti gli strumenti conoscitivi e degli studi inerenti la pericolosità territoriale attualmente disponibili, con particolare riferimento all'assetto idraulico dei Torrenti Maira, Grana-Mellea e Varaita nel comune di Cavallermaggiore (cfr. paragrafo 2) e di avere conseguentemente individuato le soluzioni tecniche necessarie al fine di garantire condizioni di sicurezza per il progetto presentato.

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

- nella classificazione di pericolosità definita dal PRG il sito è stato attribuito alla classe 2.1;
- in riferimento allo studio bidimensionale sulle dinamiche dei torrenti Maira e Mellea, dall'analisi dei dati svolta in ambiente GIS, ne deriva che il livello della Q200 nel campo della velocità, risulta inferiore al piano pavimento di progetto dei locali al piano terreno;
- le conseguenze della realizzazione dell'intervento sullo stato di dissesto sono sostanzialmente ininfluenti.
- i terreni di copertura a modesta consistenza tendono ad avere uno spessore piuttosto variabile. La progettazione esecutiva ed il dimensionamento delle strutture di fondazione dovrà pertanto essere eseguito in funzione dei carichi previsti e delle caratteristiche geotecniche dei terreni proposte in questa sede;
- ai fini della normativa sismica (NTC 2018) il terreno di fondazione è classificabile in categoria C;
- nel corso della progettazione esecutiva andranno sistematicamente verificate le reali caratteristiche litologiche, stratigrafiche e tecniche del terreno messo in luce

dalle indagini svolte e andranno confrontate con le condizioni ed i parametri assunti in sede di progetto;

- per la realizzazione degli scavi si raccomanda, di porre particolare attenzione alla stabilità dei fronti di scavo. Essendo le litologie in oggetto prive di coesione si dovrà valutare la necessità di sorreggere anche i fronti temporanei con adeguate sbatacchiature in modo da consentire il lavoro in sicurezza agli operatori;

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

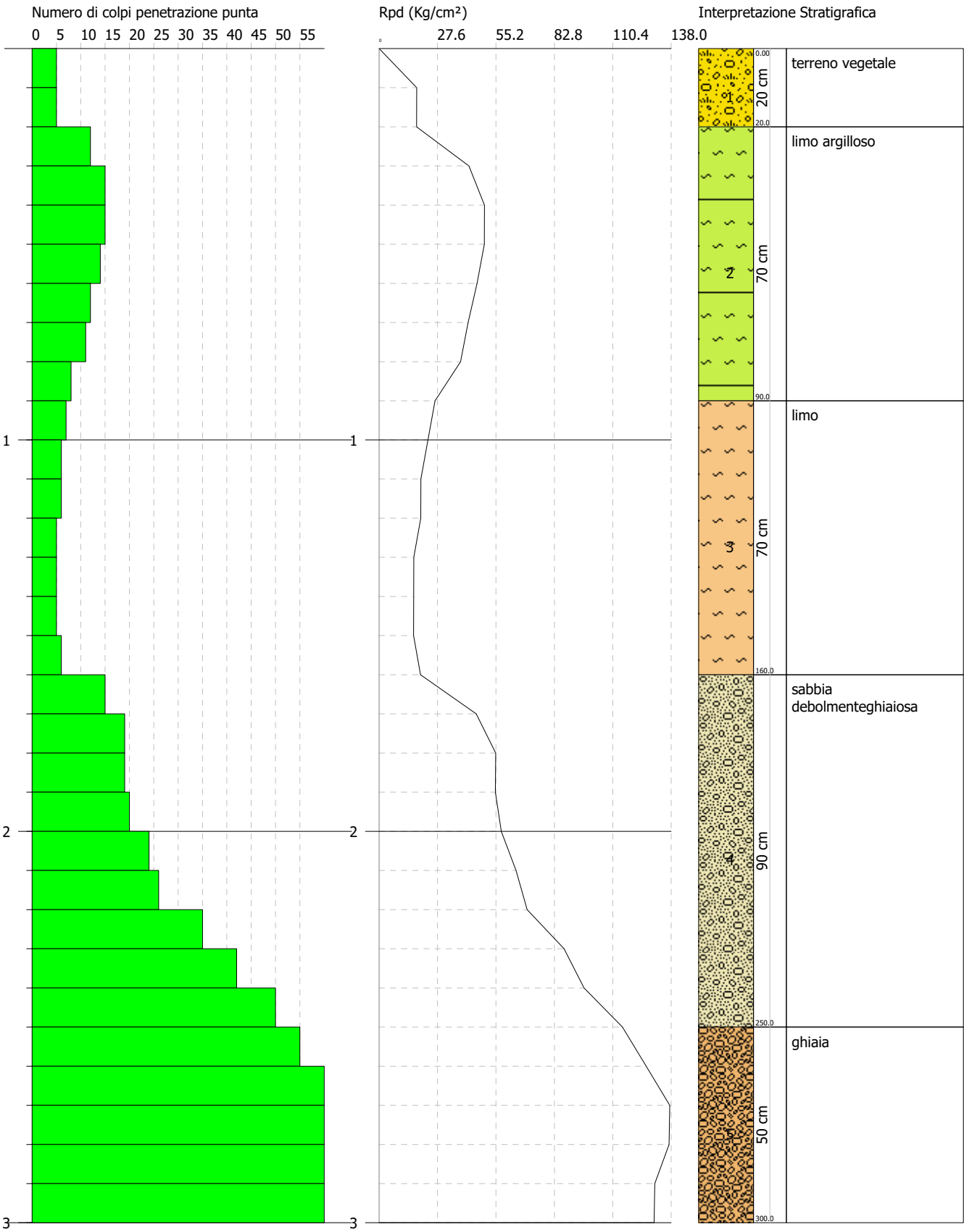
- ❑ Ubicazione indagini geognostiche
- ❑ Tabulati prove penetrometriche
- ❑ Report indagini sismiche HVSR

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
 Strumento utilizzato... DL-30 (60°)

Committente: GEOMETAL - UPD
 Cantiere: S.U.E. DI INIZIATIVA PROVATA P.E.C. P2.3
 Località: CAVALLERMAGGIORE

Data: 06/09/2018

Scala 1:14

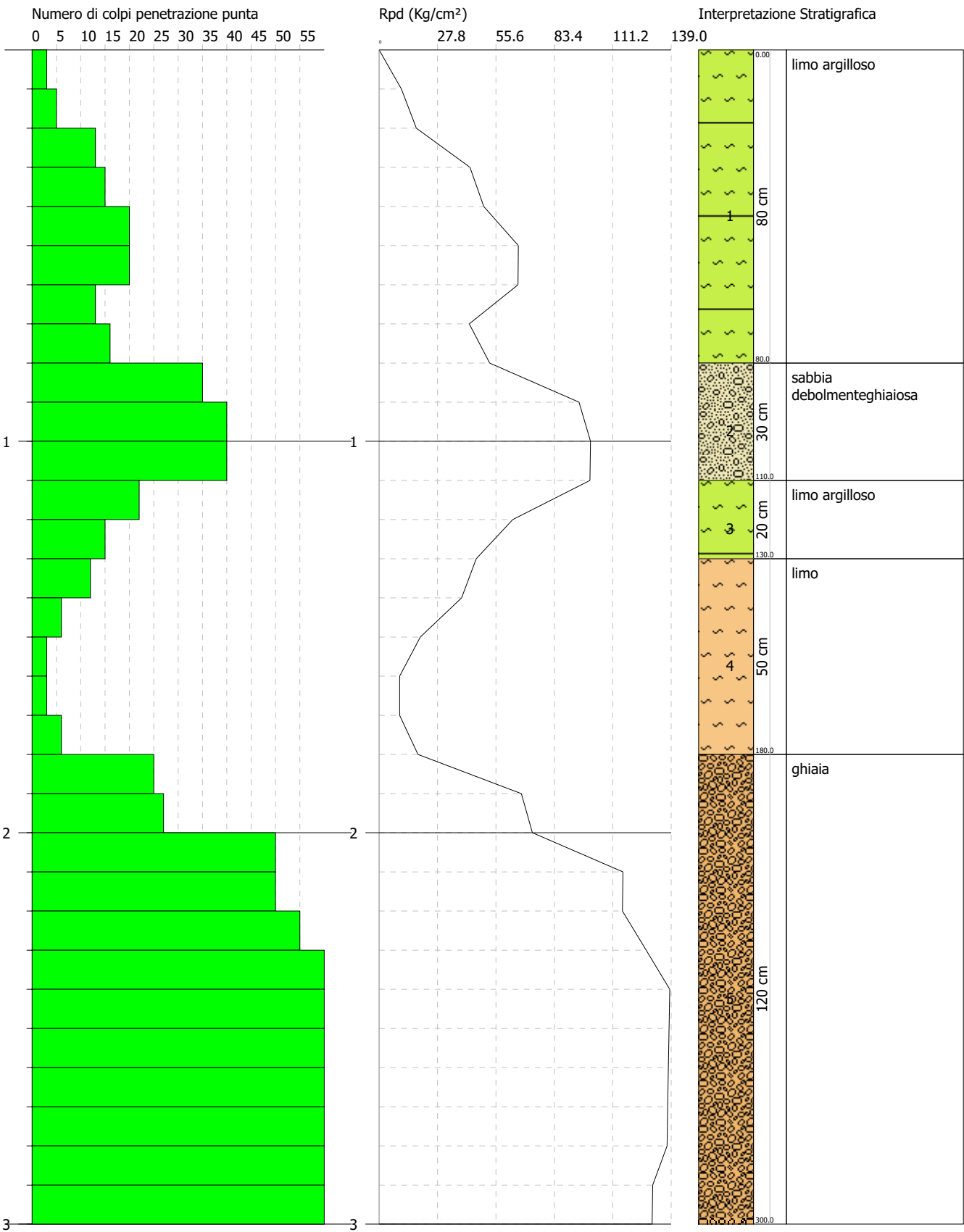


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIN2
 Strumento utilizzato... DL-30 (60°)

Committente: GEOMETAL - UPD
 Cantiere: S.U.E. DI INIZIATIVA PROVATA P.E.C. P2.3
 Località: CAVALLERMAGGIORE

Data: 06/09/2018

Scala 1:14



SIGNATURE 1

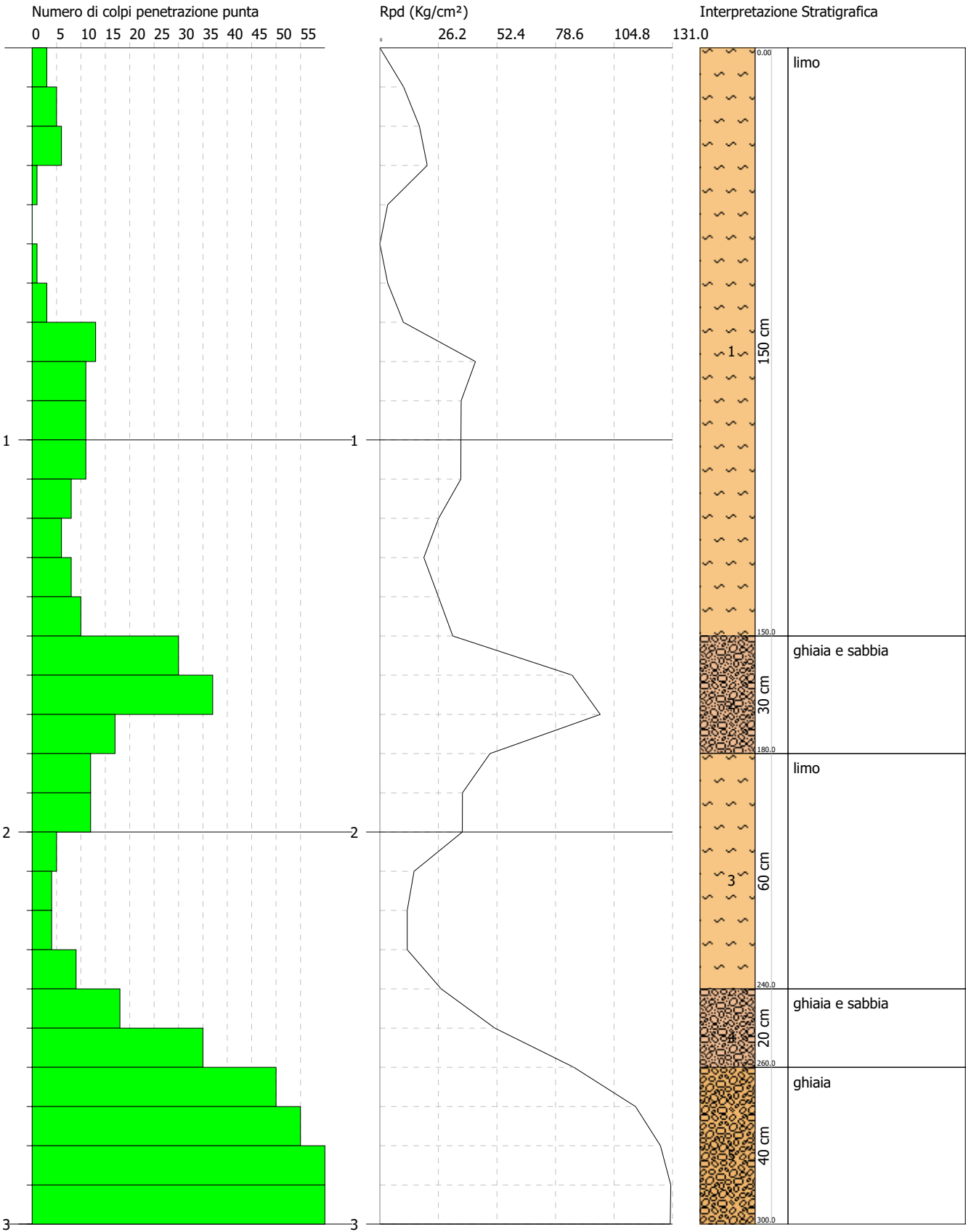
SIGNATURE 2

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.3
 Strumento utilizzato... DL-30 (60°)

Committente: GEOMETAL - UPD
 Cantiere: S.U.E. DI INIZIATIVA PROVATA P.E.C. P2.3
 Località: CAVALLERMAGGIORE

Data: 06/09/2018

Scala 1:14



SIGNATURE 1

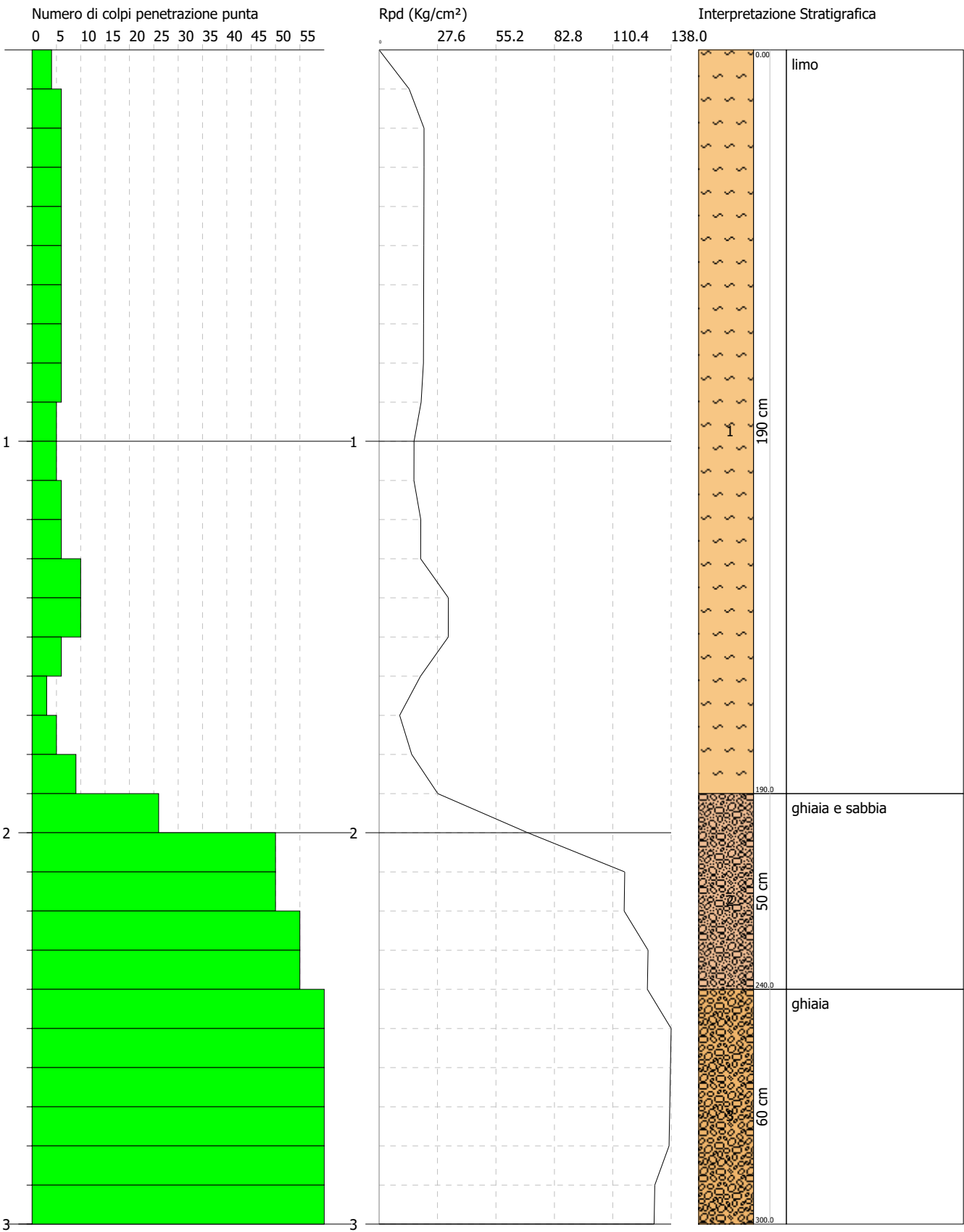
SIGNATURE 2

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIN4
 Strumento utilizzato... DL-30 (60°)

Committente: GEOMETAL - UPD
 Cantiere: S.U.E. DI INIZIATIVA PROVATA P.E.C. P2.3
 Località: CAVALLERMAGGIORE

Data: 06/09/2018

Scala 1:14



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

CAVALLERMAGGIORE_PEC, TR 0001

Strumento: TEN-0024/01-07

Formato dati: 16 byte

Inizio registrazione: 04/09/18 09:25:18 Fine registrazione: 04/09/18 10:26:32

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

Durata registrazione: 1h01'12". Analizzato 37% tracciato (selezione manuale)

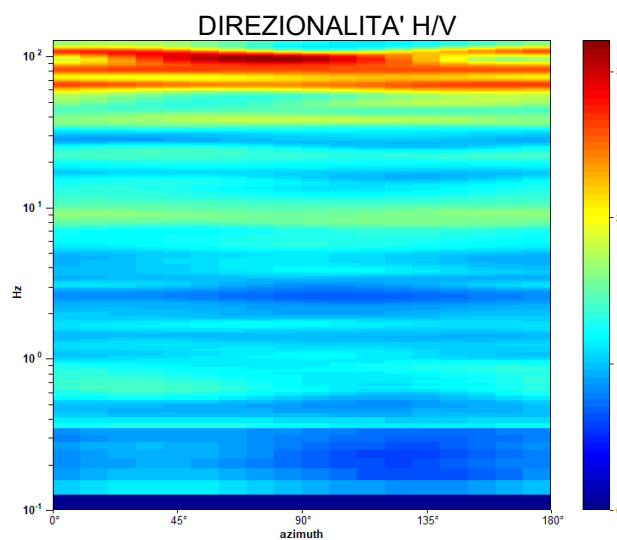
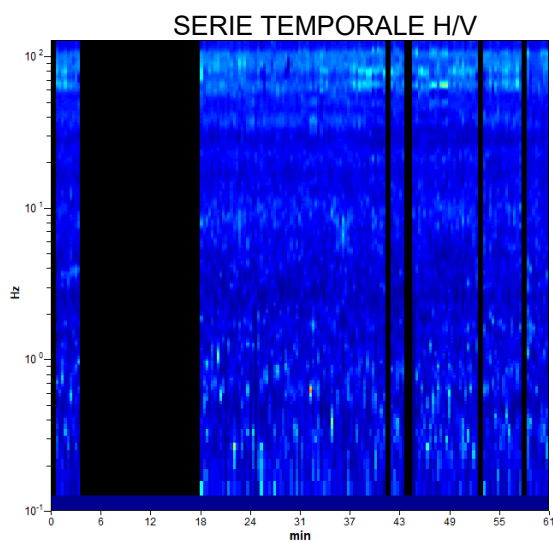
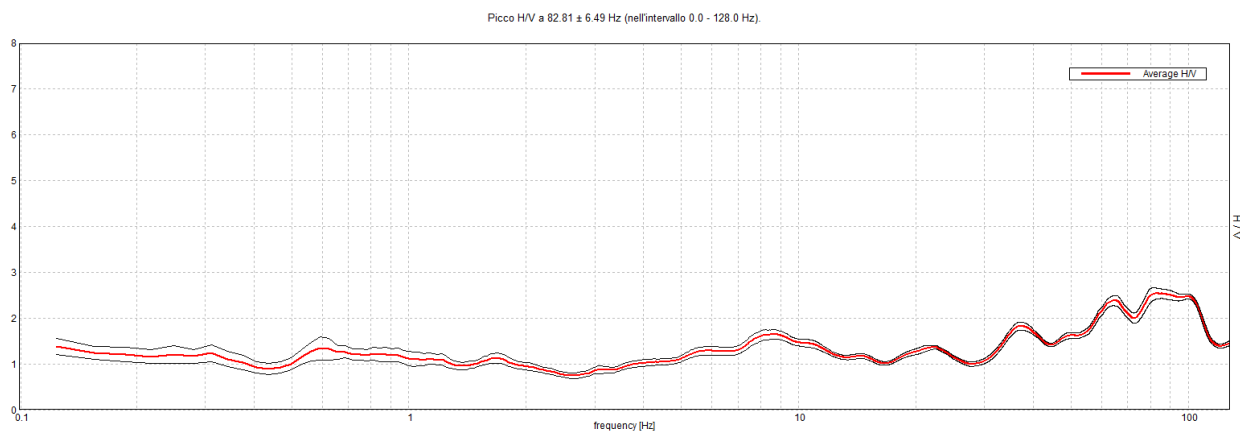
Freq. campionamento: 256 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

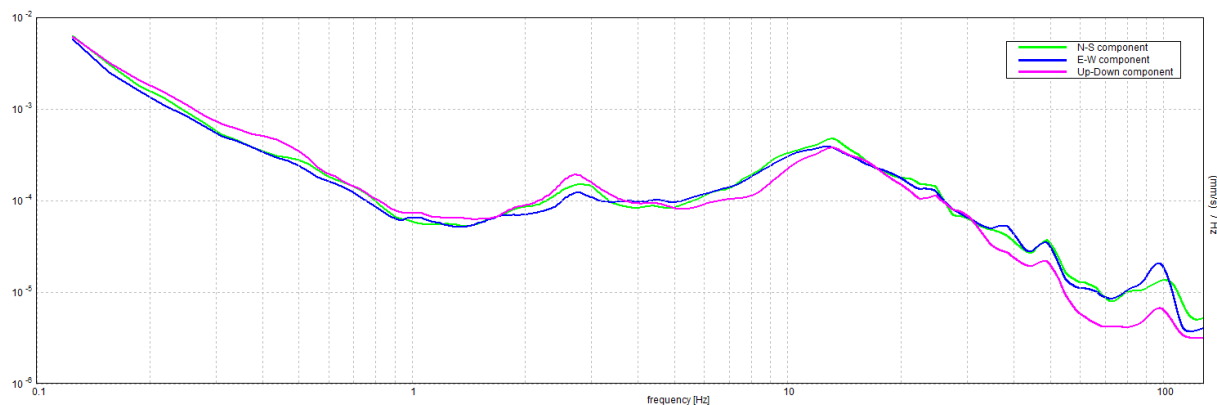
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

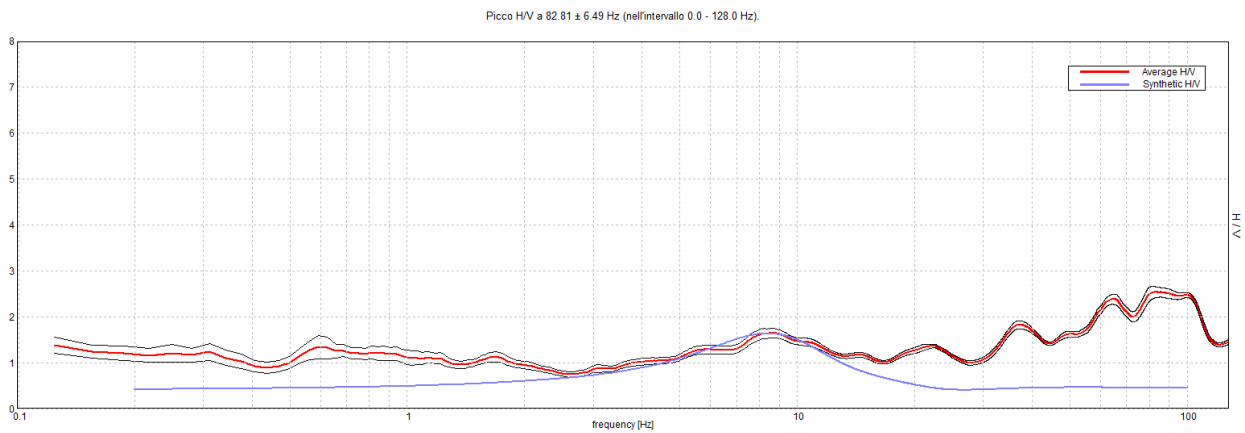
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

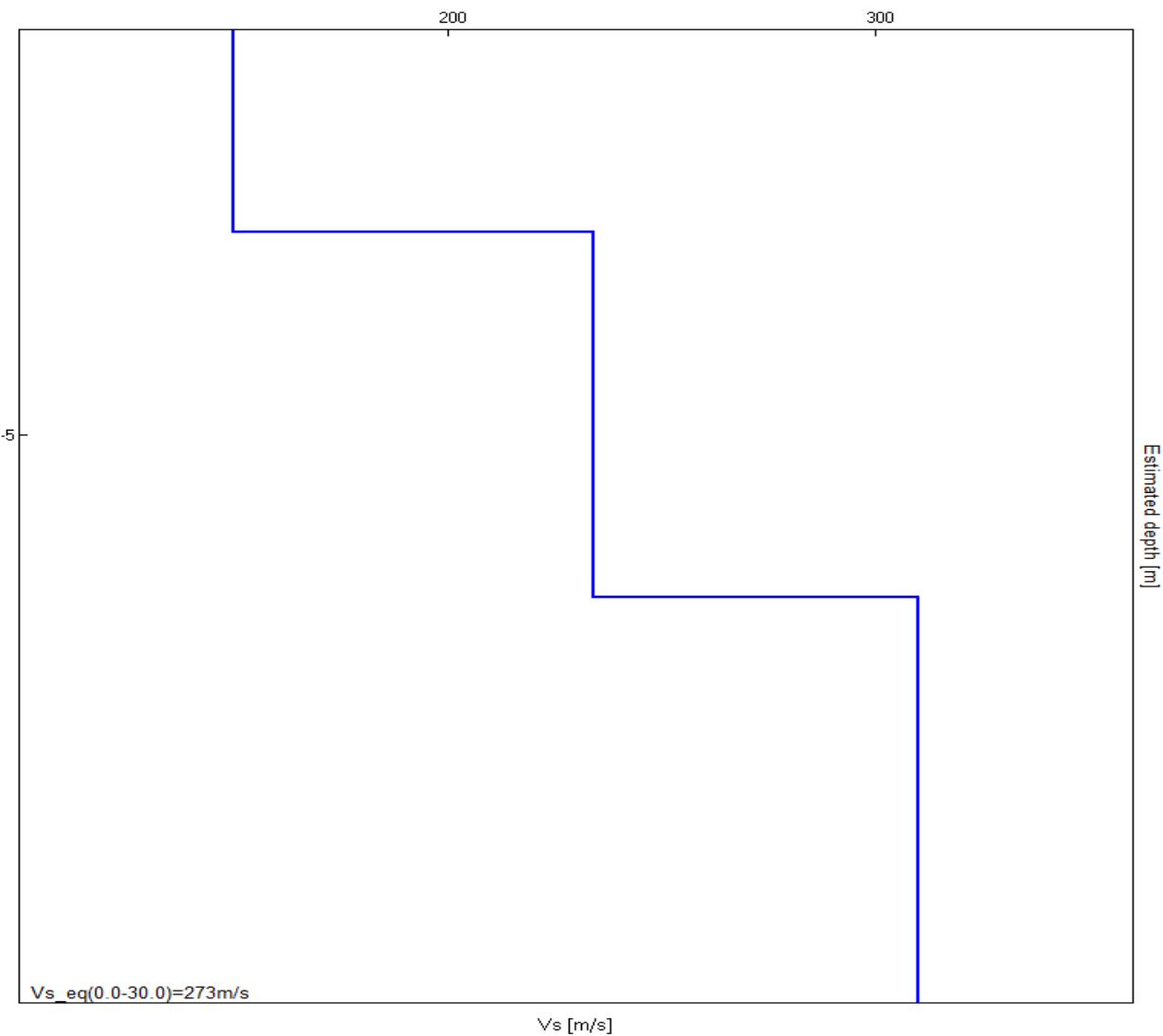


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
2.50	2.50	150	0.42
7.00	4.50	234	0.42
inf.	inf.	310	0.45

Vs_eq(0.0-30.0)=273m/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 82.81 ± 6.49 Hz (nell'intervallo 0.0 - 128.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$82.81 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$110968.8 > 200$	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 2772	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	32.188 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$2.54 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.07834 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$6.48767 < 4.14063$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.121 < 1.58$	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

CAVALLERMAGGIORE_PEC, TR 0002

Strumento: TEN-0024/01-07

Formato dati: 16 byte

Inizio registrazione: 04/09/18 10:28:45 Fine registrazione: 04/09/18 11:37:54

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

Durata registrazione: 1h09'00". Analizzato 96% tracciato (selezione automatica)

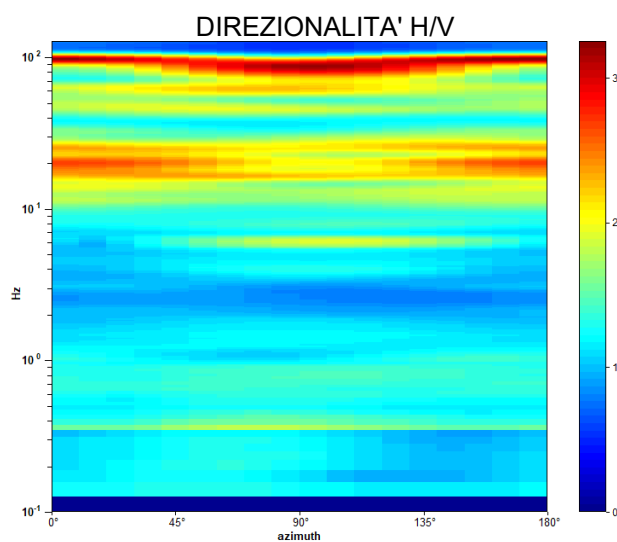
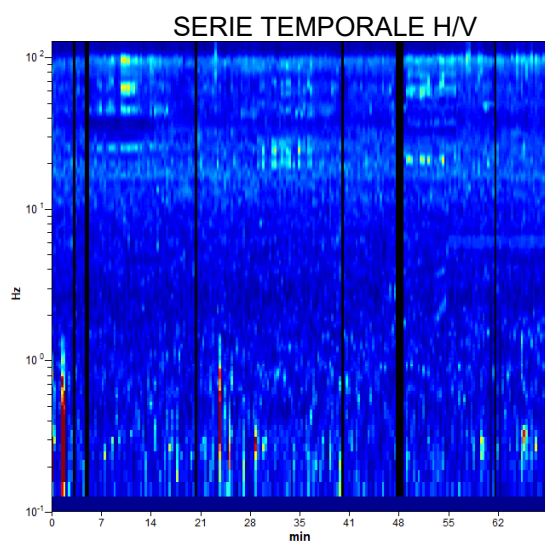
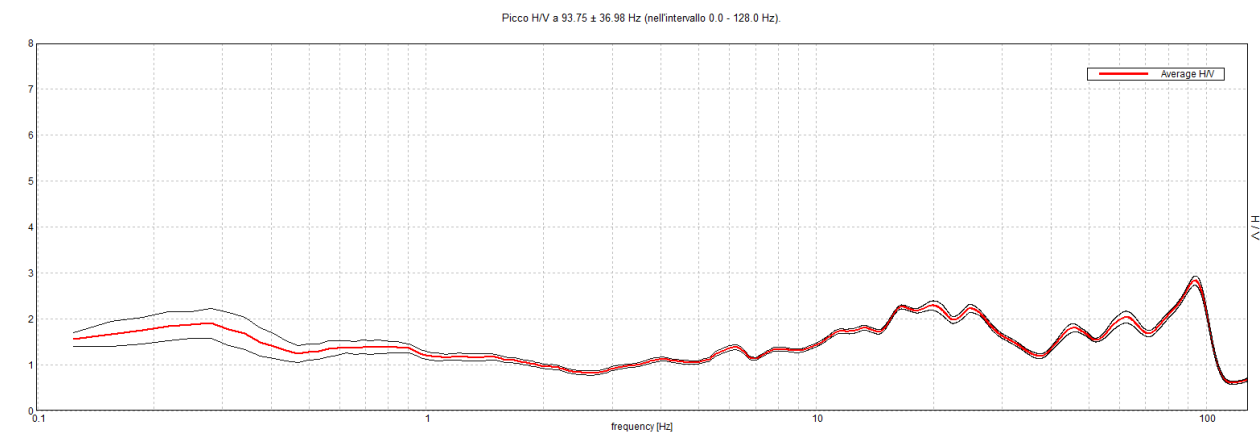
Freq. campionamento: 256 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

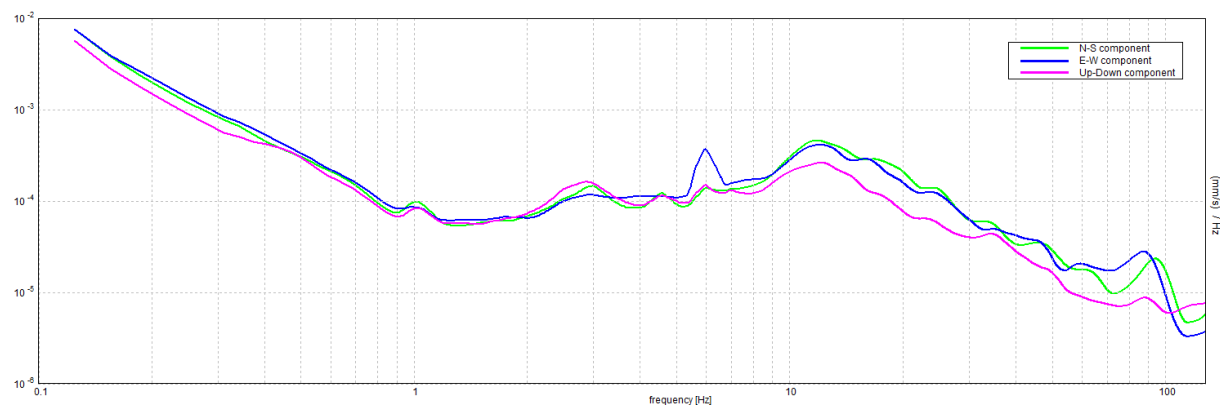
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



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 93.75 ± 36.98 Hz (nell'intervallo 0.0 - 128.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$93.75 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$371250.0 > 200$	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 2597	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	40.75 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	104.094 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.83 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.39449 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$36.9831 < 4.6875$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1015 < 1.58$	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

CAVALLERMAGGIORE, TR 0003

Strumento: TEN-0024/01-07

Formato dati: 16 bit

Fondo scala [mV]: 51

Inizio registrazione: 16/09/2020 11:07:53

Fine registrazione: 16/09/2020 11:29:53

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

Durata registrazione: 0h22'00".

Analizzato 92% tracciato (selezione automatica)

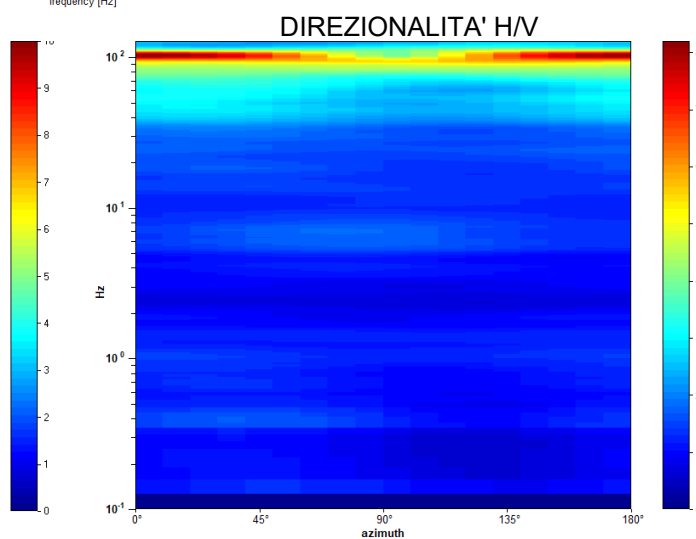
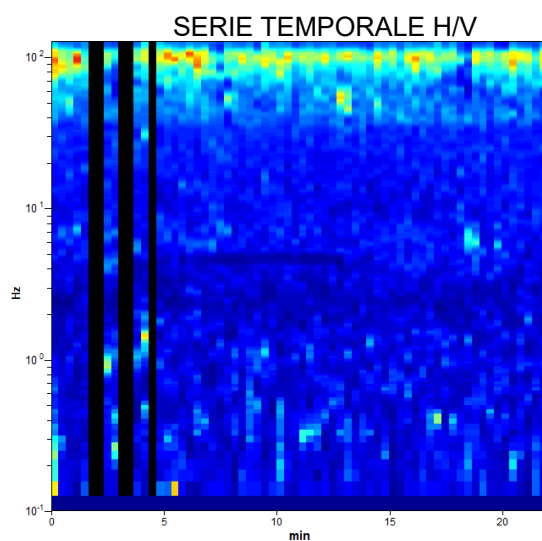
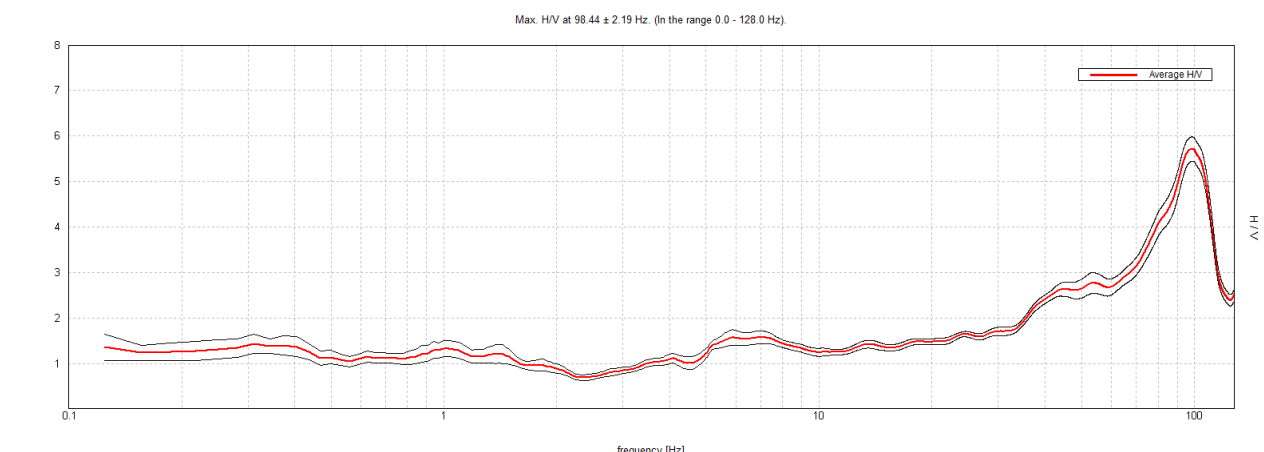
Freq. campionamento: 256 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

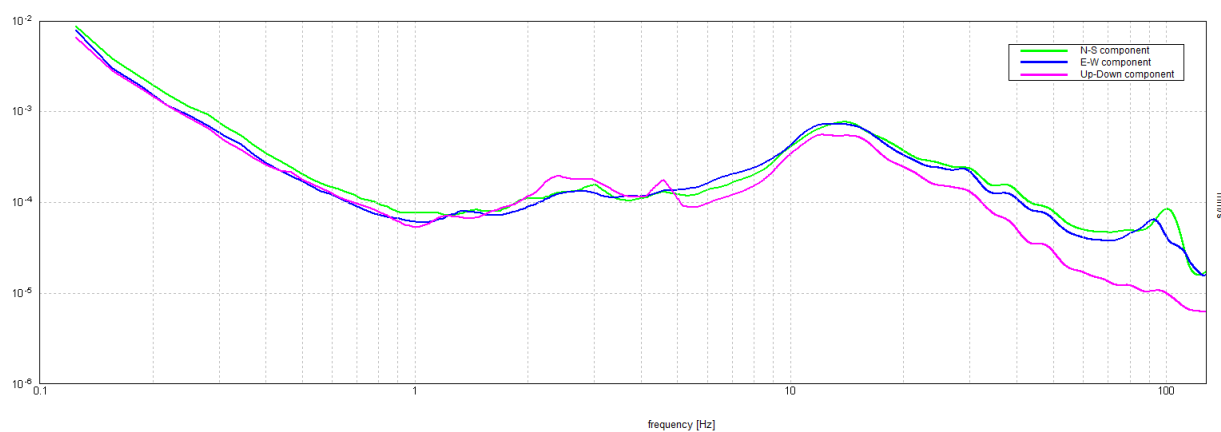
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



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 98.44 ± 2.19 Hz (nell'intervallo 0.0 - 128.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$98.44 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$120093.8 > 200$	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 2522	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	64.188 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	116.313 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$5.71 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.0222 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$2.18571 < 4.92188$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2652 < 1.58$	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

CAVALLERMAGGIORE, TR 0004

Strumento: TEN-0024/01-07

Formato dati: 16 bit

Fondo scala [mV]: 51

Inizio registrazione: 16/09/2020 11:34:28

Fine registrazione: 16/09/2020 11:54:50

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

Durata registrazione: 0h20'12".

Analizzato 90% tracciato (selezione automatica)

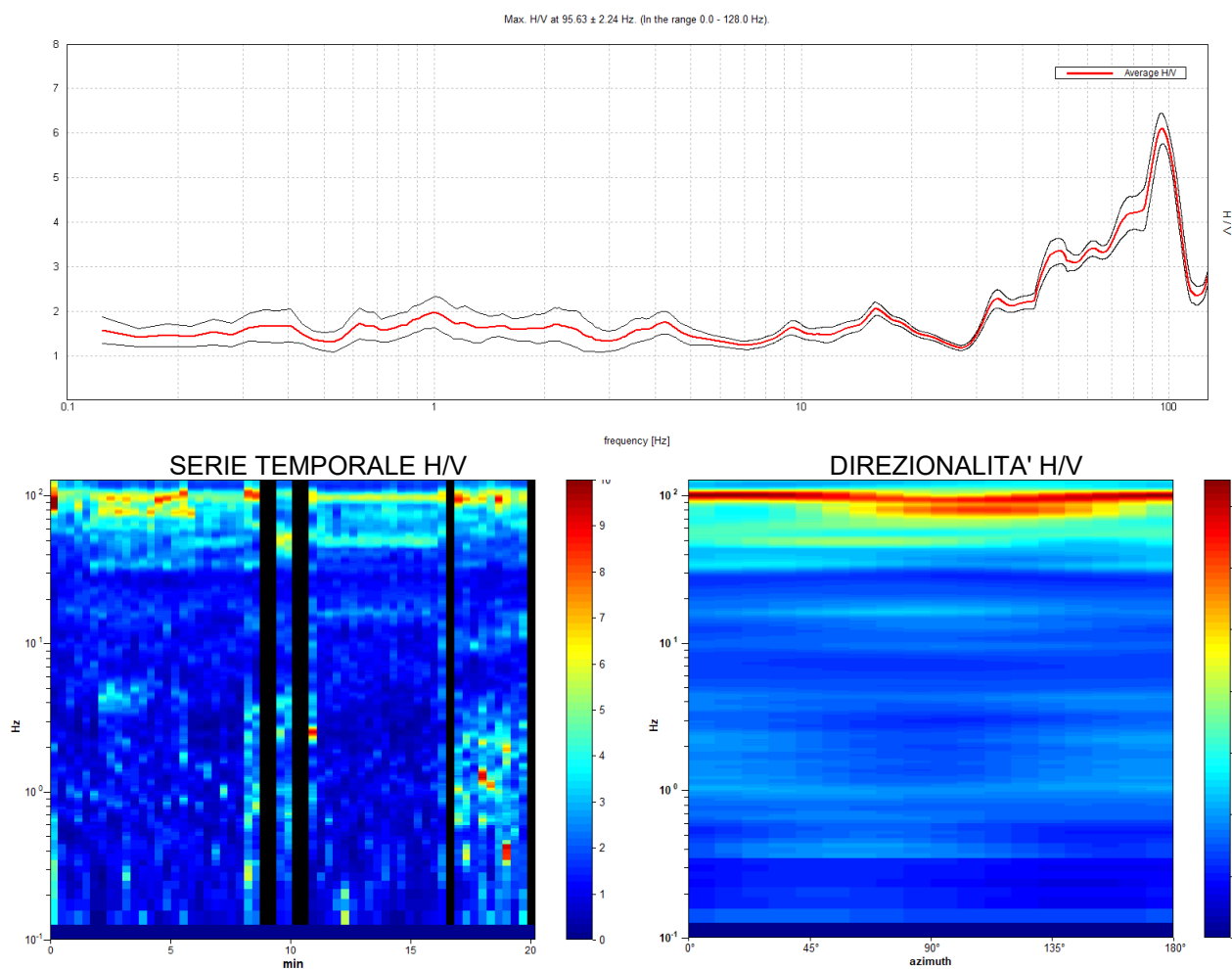
Freq. campionamento: 256 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

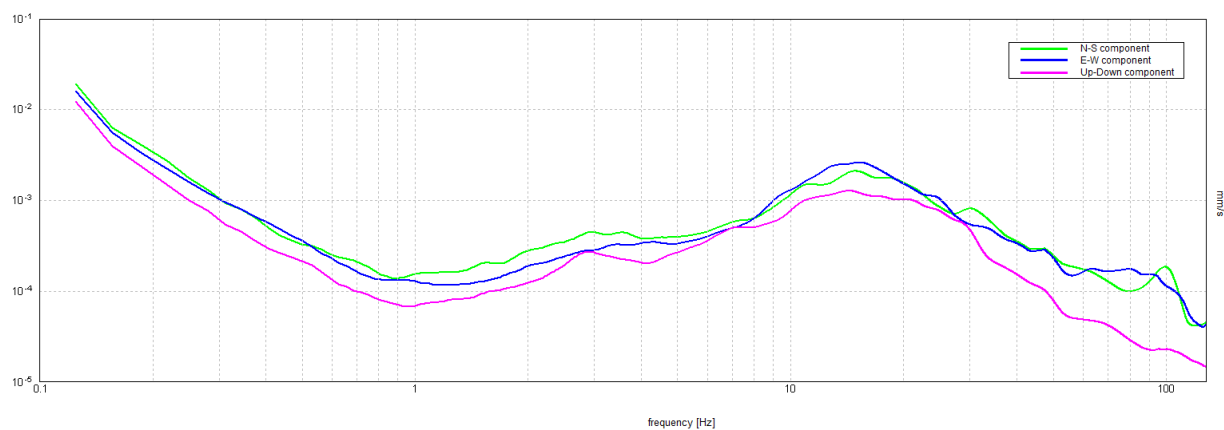
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

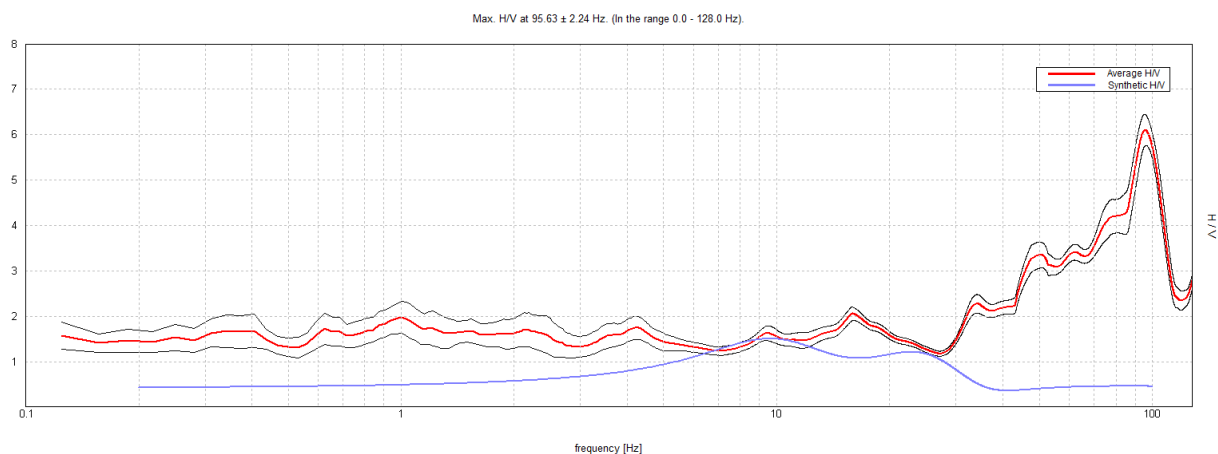
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

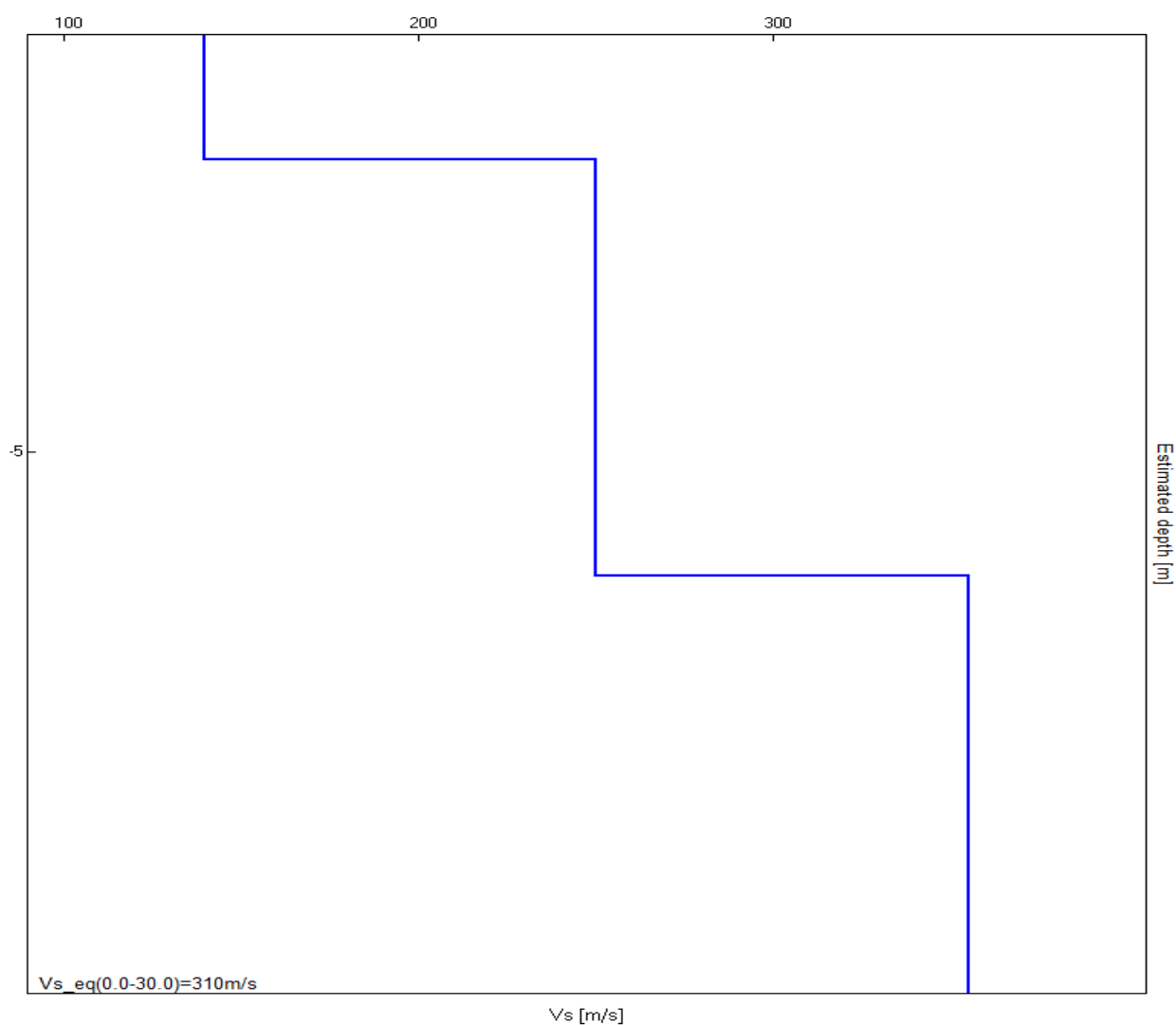


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.50	1.50	140	0.42
6.50	5.00	250	0.42
inf.	inf.	355	0.42

$Vs_{eq}(0.0-30.0)=310\text{m/s}$



[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 95.63 ± 2.24 Hz (nell'intervallo 0.0 - 128.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$95.63 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$103275.0 > 200$	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 2567	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	46.219 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	111.281 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$6.10 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.02337 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$2.23511 < 4.78125$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3474 < 1.58$	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

CAVALLERMAGGIORE_PEC, [Z] TR 0003

Inizio registrazione: 04/09/18 11:39:13 Fine registrazione: 04/09/18 11:55:44
Durata registrazione: 0h00'02". Analizzato 70% tracciato (selezione manuale)
Freq. campionamento: 512 Hz
Nomi canali: B1 ; B2 ; B3 ; B4 ; B5 ; B6 ; B7 ; B8 ; B9
; B10 ; B11 ; B12 ; B13 ; B14 ; B15 ; B16
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 33.0 36.0 39.0 42.0 45.0 m.

MODELLED LOVE WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE

