

REGIONE PIEMONTE
PROVINCIA DI ALESSANDRIA
COMUNE DI ALESSANDRIA

PIANO DI RECUPERO PALAZZO GAVIGLIANI VIA MAZZINI 58 ALESSANDRIA
RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA
FASE DI PROGETTAZIONE DEFINITIVA

COMMITTENTE: EDILINGEGNO SAS VIA SAN GIOVANNI BOSCO 22 – 15121 ALESSANDRIA	PER PRESA VISIONE
PROGETTISTA: DOTT. ING. FICARRA FRANCESCO VIA SAN GIOVANNI BOSCO 22 – 15121 ALESSANDRIA	PER PRESA VISIONE

	rif. M19D
Il Tecnico Incaricato Dott. Geol. Marco Orsi Dottore di Ricerca in Scienze Ambientali Ordine dei Geologi del Piemonte n.287 via Nizza 7 - 15011 Acqui Terme (AL) tel.: 0144-321225 fax 0144-980163 cell:348-5835102 E-mail: <a href="mailto:studio@geolorsi.it">studio@geolorsi.it</a> pec <a href="mailto:geolorsi@pec.it">geolorsi@pec.it</a>	
	Acqui Terme, gennaio 2019

### **Premessa**

*Lo Scrivente è stato incaricato dalla ditta EdilIngegno Sas via San Giovanni Bosco 22 – 15121 Alessandria p.iva 02110180060 di procedere agli studi geologici geotecnici e simici a supporto del progetto del Piano di Recupero Palazzo Gavigliani sito in via Mazzini 58 Alessandria.*

*L'ing F. Ficarra con studio in via San Giovanni Bosco 22 – 15121 Alessandria, è stato incaricato della Progettazione Generale dell'intervento.*

*La presente indagine è stata svolta ai sensi del D.M. 17/01/2018 “T.U. sulle Costruzioni”, per quello che riguarda la produzione dei modelli geologici di intervento nonché per la produzione della caratterizzazione sismica di sito.*

*Come previsto dalla vigente normativa si è anche fornito un quadro della pericolosità geomorfologica insistente sull'area e sulle modalità di gestione e minimizzazione della stessa alla luce della classificazione dell'area di intervento contenuta nel vigente P.R.G.C.*

*In considerazione dell'incidenza e della pericolosità delle situazioni progettuali evidenziate dai colloqui preliminari, delle condizioni al contorno e nel rispetto degli standard di lavoro previsti nella normativa di riferimento, l'indagine è stata articolata come segue:*

- *sopralluoghi necessari a prendere visione dello stato dei luoghi e raccogliere tutta la documentazione occorrente nel mese di dicembre 2018 e gennaio 2019;*
- *analisi ed acquisizione di tutta la documentazione ed i dati pregressi prodotti dallo Scrivente sull'area o su aree contigue e/o assimilabili con particolare riferimento ad una analoga indagine svolta per la stessa Committenza in via Parma a ca 300 m dal sito in esame;*
- *analisi delle foto satellitari disponibili così come delle risorse GIS e WMS disponibili on line, integrata dall'analisi della documentazione geologica idrogeologica ed idraulica esistente a supporto del vigente strumento urbanistico comunale PRG ;*
- *esecuzione di una campagna di indagine sui sedimi interessati costituita dal rilievo di dettaglio delle caratteristiche geologiche e geomorfologiche del sito, integrata dall'esecuzione di 3 Prove Penetrometriche DPM30 e 3 Sondaggi Sismici Verticali SSV con il metodo dell'analisi dei microtremori ambientali (H/V method) tutti volti a ricavare il dato geologico-stratigrafico sulla verticale dei sedimi di intervento ed a fornire una valutazione delle caratteristiche sismiche del sito in esame.*

*Si è infine proceduto ad una rielaborazione di tutto quanto emerso nel presente lavoro, arrivando a produrre una proposta per l'esecuzione dei lavori in progetto coerente con la situazione evidenziata dalle indagini eseguite; tale proposta contiene nello specifico sia le indicazioni per la mitigazione della pericolosità geomorfologica puntuale insistente sull'area ai sensi della normativa geologica d'uso del territorio contenuta nel vigente P.R.G.C. che le indicazioni geologico geotecniche indispensabili alla progettazione di fase esecutiva ai sensi del disposto del D.M. 17/01/2018.*

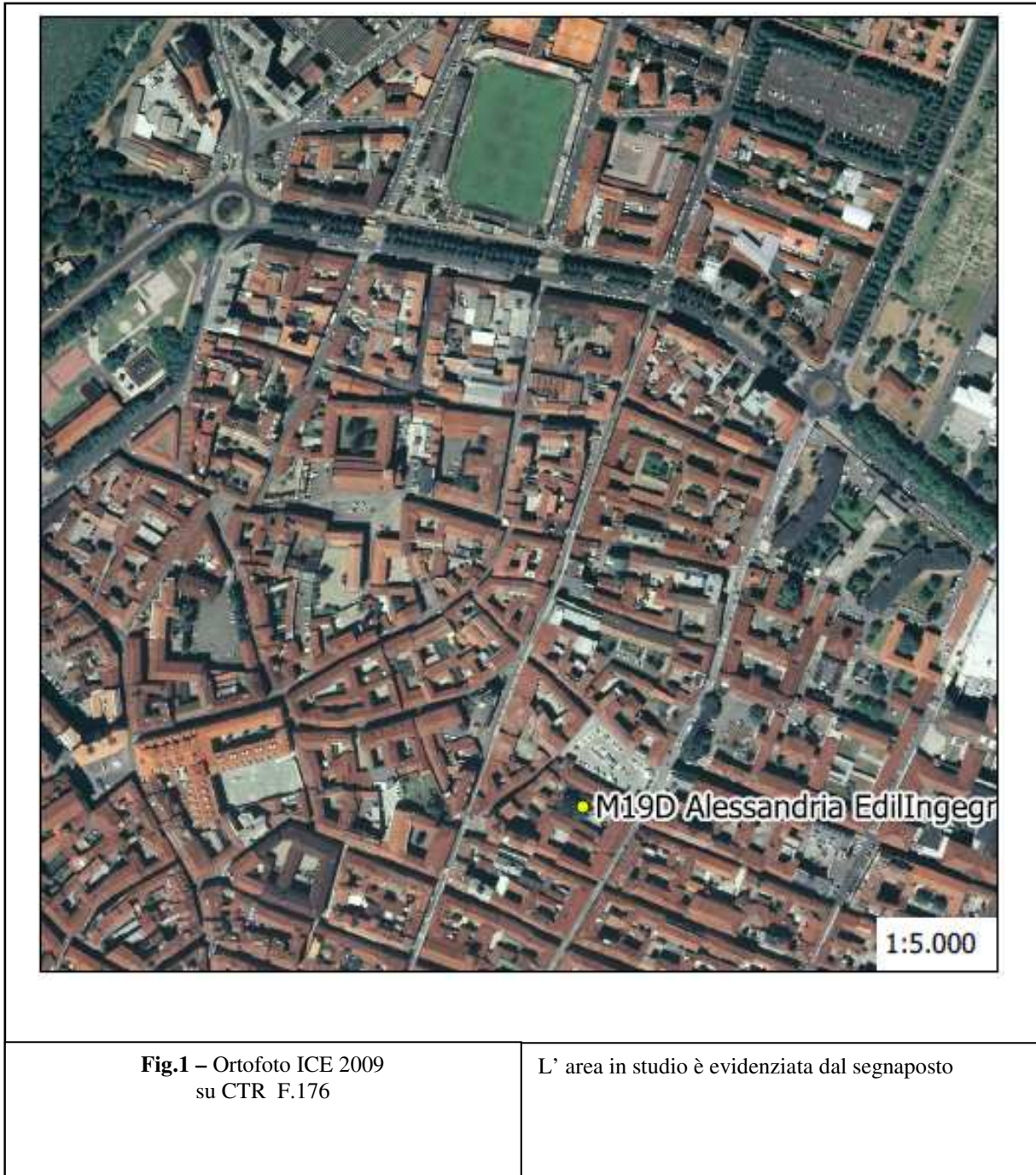
## Inquadramento generale

### Inquadramento geografico

Il sito in esame si trova in via Mazzini 58, Alessandria AL

Coordinate UTM WGS84 44°54'55.64"N

8°37'4.15"E



### Geomorfologia

L'area in esame risulta essere inserita ad una quota di ca 90 m s.l.m. all'interno nella parte centrale della città di Alessandria, (cfr. corografia dei luoghi di Fig.2).

Alla microscala si tratta di una zona residenziale inserita in una zona pianiziale molto ampia a all'interno del concentrico cittadino; il concentrico risulta caratterizzato da edifici residenziali anche di notevole dimensione e da attività commerciali che costituiscono il centro città.

Tutto tale concentrico si è sviluppata nella pianura di confluenza tra il Fiume Tanaro (destra idrografica) che scorre poco più a N e il Fiume Bormida (sinistra idrografica) che scorre ad SE a ca 2.5 km dai luoghi, in corrispondenza del suo tratto finale piuttosto rettilineo, prima di confluire nel suddetto Fiume Tanaro.

Il Tanaro scorre a ca 700 m di distanza dal sedime di intervento, ad una quota più depressa e nell'ordine di ca. 5 m rispetto alla quota minima del piano più ribassato su cui si svilupperà l'intervento.

L'idrografia di superficie alla microscala è da considerarsi totalmente antropizzata e si esplica secondo una direzione preferenziale di drenaggio essenzialmente adducante al succitato Fiume Tanaro.

### Geologia

I terreni nel complesso sono ascrivibili alle successioni alluvionali pleisto-oloceniche che costituiscono l'intera pianura alluvionale padana dell'area in esame (cfr. Carta Geologica d'Italia F.70 Alessandria in Fig.).

Nel dettaglio i depositi affioranti nel sito di intervento sono ascrivibili alla Formazione delle Alluvioni Postglaciali e del Fluviale Recente; questi termini si presentano in facies di alluvioni ghiaiose, sabbiose, argillose, con modesta alterazione superficiale in continuità laterale su larga scala; usualmente, e in una matrice comunque a buona permeabilità, si riscontrano lenti a predominante grossolana e pulite.

Visto il notevole spessore dei depositi alluvionali, caratteristico del bacino padano, il substrato litoide giacente al di sotto di queste coltri (cfr. Carta Geologica d'Italia in Fig.3) è di difficile interpretazione, ma comunque verosimilmente rappresentato da un corpo litoide marnoso-arenaceo e talora sabbioso, dalle caratteristiche analoghe al corpo litoide affioranti nei primi versanti collinari.

Lo spessore di queste successioni alluvionali non è determinabile a priori ma è comunque da ritenersi che sia tale da mantenere il substrato litoide, rappresentato in sito dalle successioni sedimentarie marine del Bacino Terziario Piemontese, ben distante dal piano di imposta delle opere fondazionali.

Per quanto attiene alla compattezza delle coltri, essa è da ritenersi variabile sia in dipendenza della granulometria che dello stato di addensamento dei materiali ed è da investigarsi con prospezioni dirette come quelle più avanti descritte.

### *Idrogeologia*

Le successioni alluvionali in oggetto sono solitamente sede di un sistema acquifero in cui i livelli a predominanza grossolana sono sede di scorrimento preferenziale mentre eventuali livelli più francamente limo argillosi funzionano da isolamento e protezione per la falda; si configura così un sistema acquifero multilayer in cui non sempre è agevole discriminare i contributi in pressione da quelli a pelo libero.

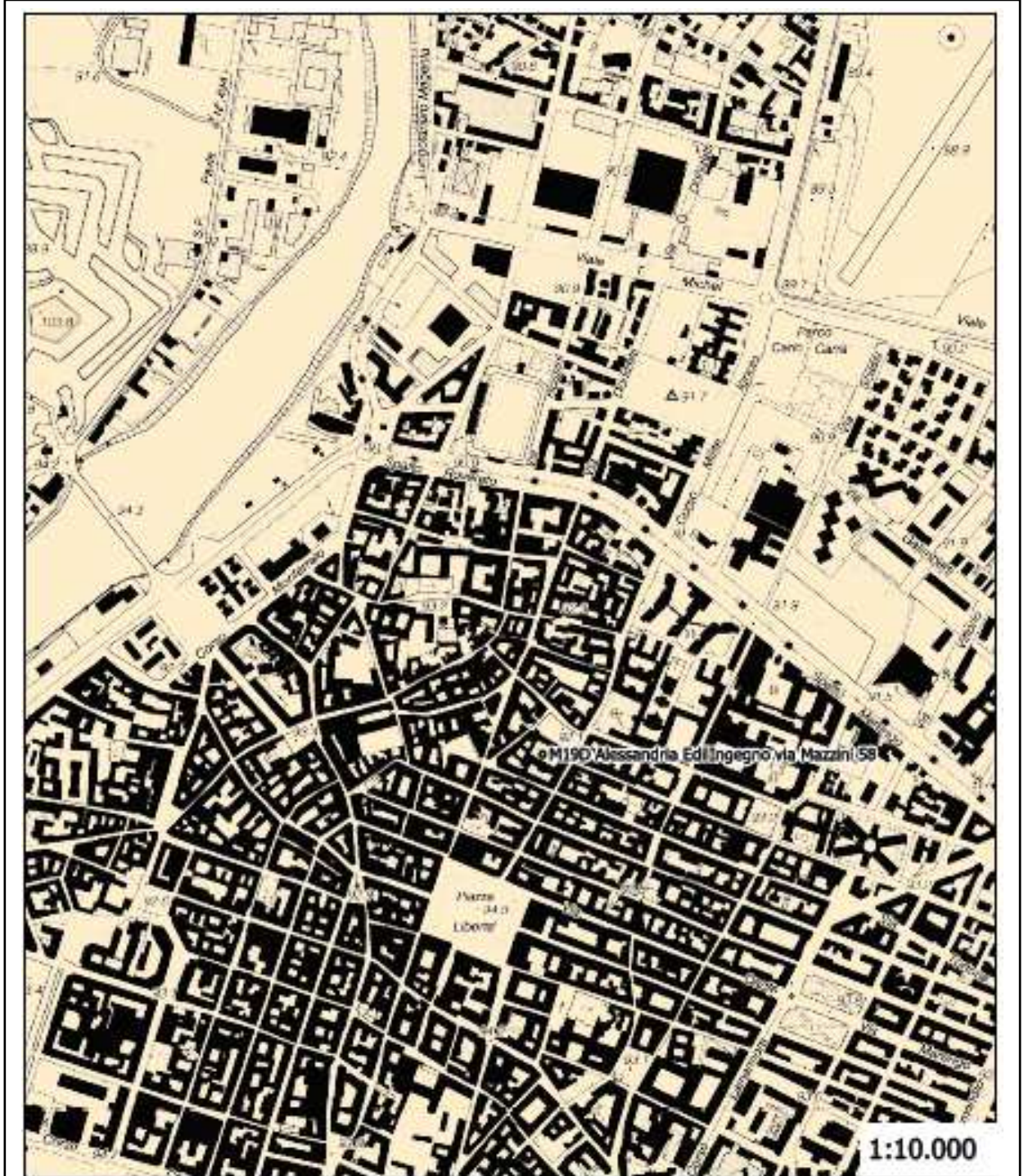
La soggiacenza e l'eventuale interferenza di questa prima falda non è prevedibile a priori e dovrà essere investigata con la campagna di prospezioni dirette più avanti descritta in modo da poter correttamente valutare eventuali sue interferenze con le opere in progetto.

Dall'analisi del dato idrogeologico di base e da esperienze dirette dello Scrivente comunque la prima falda in Alessandria si mantiene al minimo su soggiacenze di 6-8 m quindi ben al di sotto delle quote di interesse per il presente lavoro.

Il substrato litoide a sua volta è frequentemente sede di un secondo acquifero che vi scorre sia per permeabilità primaria, sia, e in misura solitamente più marcata nei litotipi in esame, per fratturazione di origine tettonica.

La soggiacenza di questa seconda falda non è determinabile a priori ma è ovviamente da ritenersi totalmente estranea alle profondità che verranno interessate dall'opera in progetto.

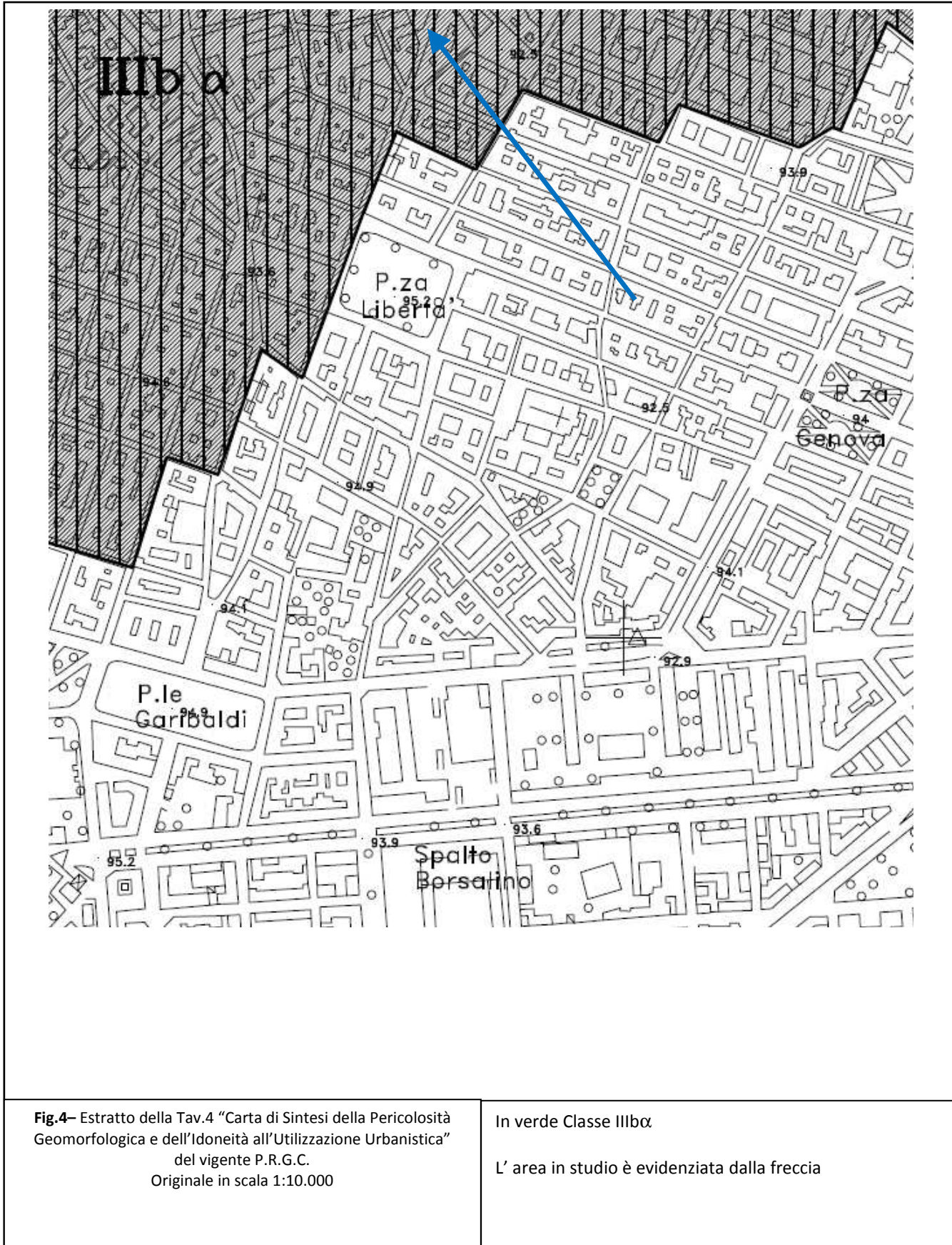


Documentazione cartografica

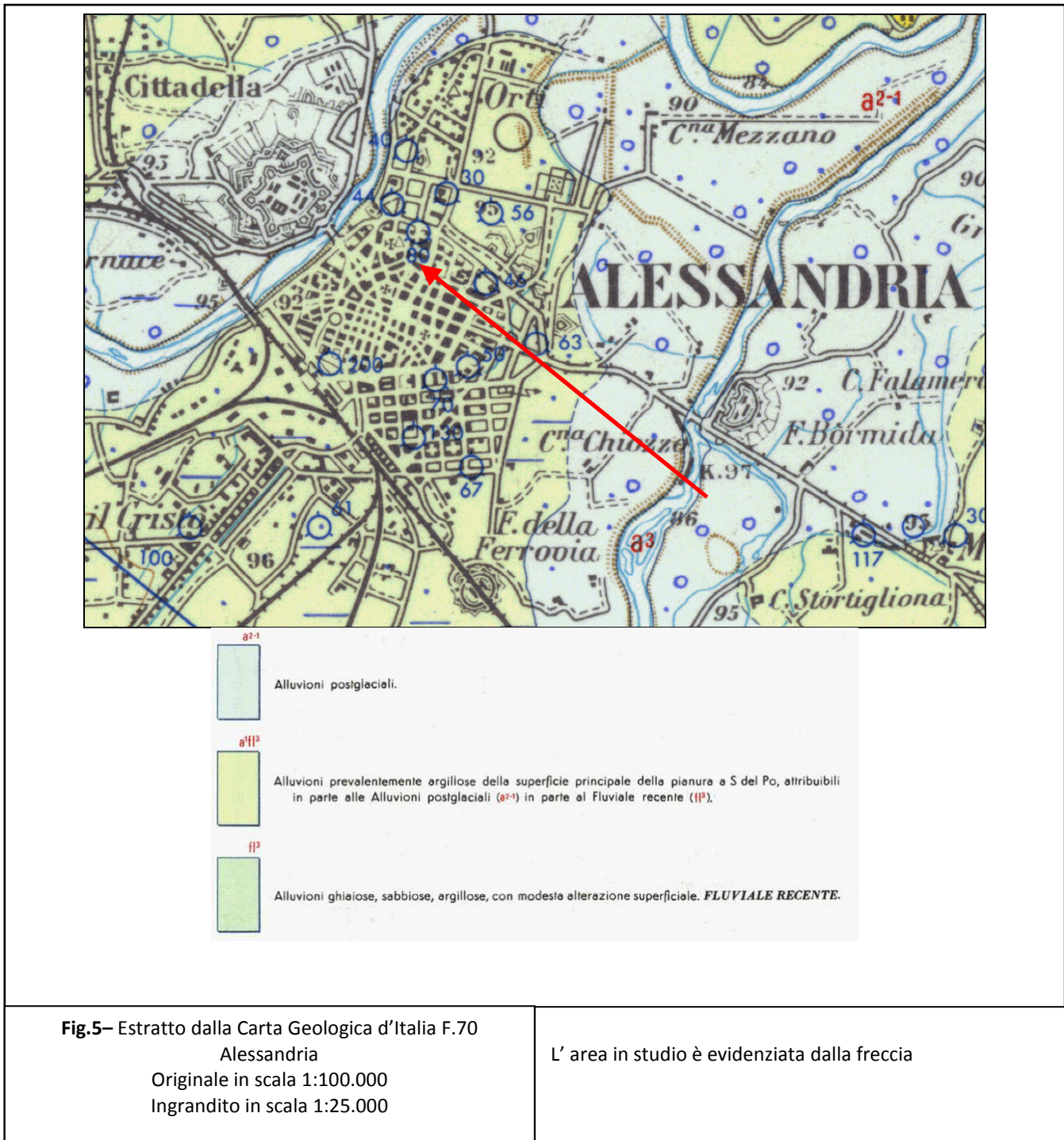
**Fig.2– Analisi geomorfologica**  
C.T.R. F.176

Fasce altimetriche da DTM ICE2009 a 5 m di passo  
Reticolo Idrografico da dato DbPrior\_ElemIldr Reg  
Piemonte  
Dissesti Cartografati da dBase SiFraP Reg Piemonte











## **Fattibilità Normativa**

Negli intendimenti della Spett.le Committenza vi è in progetto la realizzazione di un Piano di recupero denominato Piano di recupero Palazzo gavigliani che avrà come oggetto l'immobile del palazzo e le pertinenze esistenti o da edificare nel cortile retrostante.

Nella fattispecie è prevista la realizzazione di un ascensore interno all'edificio; di una manica di box e il rifacimento di una manica secondaria di età più tarda e di nessun pregio aggettante sul cortile interno (cfr Documentazione Progettuale).

### Vincolo idrogeologico

L'area non è sottoposta a Vincolo Idrogeologico ai sensi del R.D. 30/12/1923.

### Normativa geologica del vigente P.R.G.C.:

Il vigente P.R.G.C. inserisce la zona in cui si svilupperà l'intervento in Classe IIIb $\alpha$  nella Tav. 4 "Carta di Sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica" ovvero aree Ubiccate i fascia C o di retro della Fascia B di progetto.

In tale classe le condizioni di pericolosità geomorfologica sono da ascrivere a potenziali dinamiche di esondazione di bassa energia da parte del Fiume Tanaro per eventi massimali.

Un intervento come quello in progetto risulta dunque comunque assentibile ai sensi della vigente normativa di gestione territoriale.

### Terre e rocce da scavo ex L98/2013

L'eventuale materiale di scavo prodotto dovrà essere gestito ai sensi delle vigenti norme in materia e tale progetto di gestione delle terre e rocce da scavo dovrà necessariamente fare parte della progettazione esecutiva dell'intervento.

### Progettazione geologico geotecnica

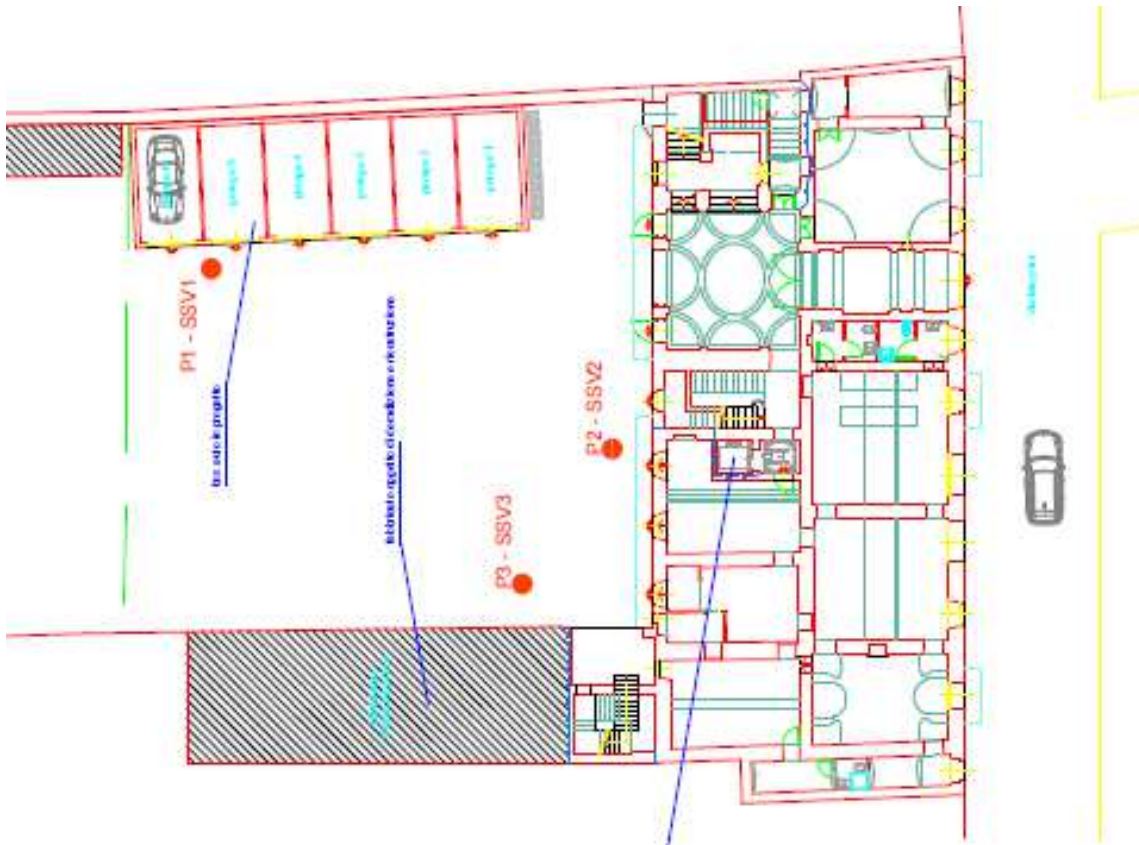
La presente Relazione Geologica e Geotecnica si pone quale strumento esecutivo per la realizzazione del progetto in parola ai sensi del disposto del T.U. 17/01/2018.

La presente Relazione Geologica, si pone inoltre come strumento di analisi puntuale delle situazioni di rischio idrogeologico e geomorfologico connesse con la realizzazione del progetto in parola arrivando ad esprimere una valutazione sul corretto inserimento delle opere in progetto nel comparto geostatico in questione.

## Piano di indagine

Per arrivare a determinare tutto quanto prima discusso, lo Scrivente ha eseguito una campagna di indagine geognostica così strutturata:

1. rilievo di dettaglio delle caratteristiche geologiche e geomorfologiche del sito;
2. analisi e studio di indagini di dettaglio pregresse eseguite in aree limitrofe al sito in esame o ad esso ben assimilabili con particolare riferimento ad una analoga indagine svolta per la stessa Committenza in via Parma a ca 300 m dal sito in esame su terreni assolutamente analoghi a quelli presenti in situ;
3. esecuzione in situ di 3 prove penetrometriche DPM30
4. esecuzione in situ di 3 Sondaggi Sismici Verticali, mediante una tecnica di nuovissima concezione (analisi dei microtremori ambientali H/V method) ad estendere in profondità le risultanze delle prove penetrometriche e a fornire una prima stima sulla caratteristiche elastiche dei terreni interessati;



**Fig.6** - Planimetria di progetto ed ubicazione indagini

## **Le risultanze delle indagini eseguite**

### Premessa

Tutte le schede e i diagrammi relativi alle prove eseguite sono disponibili in allegato; si tenga presente che per tutti i riferimenti di quota si è utilizzato il livello del piano campagna (p.c.) al momento dell'esecuzione delle indagini e prima di qualsiasi interventi di sbancamento e/o riporto così come riportato nelle foto allegate alla presente e come rilevato nelle planimetrie di Stato di Fatto (cfr. documentazione progettuale).

### Rilievo di campagna

Dal rilievo di dettaglio si è evidenziato come non sono emerse problematiche geomorfologiche attive a carico del sito in esame oltre a quelle evidenziate nella cartografia geologica di PRG.

Il rilievo di campagna alla scala del lotto di intervento e dei suoi interni significativi non ha dunque evidenziato caratteristiche di pericolosità geomorfologica tali da limitare le realizzazioni in progetto.

Un'altra criticità eventualmente riscontrabile può essere rappresentata dalla possibile saturazione dei terreni superficiali in caso di precipitazioni intense e persistenti.

Tali problematiche non sono trascurabili, ma verranno affrontate tramite una attenta gestione dei deflussi superficiali verso la circolazione artificiale fognaria presente.



### Penetrometrie dinamiche

La prova P1 (cfr. schede di prova in allegato) realizzata nella zona di prevista realizzazione box dopo un livello di sottofondi di cortile molto addensati per 0.40 m ha attraversato un primo livello esteso fino a -3.80 dalla medio basse caratteristiche geotecniche identificabile come coltri alluvionali in facies di Sabbie Limose Debolmente Consistenti (Unità Litostratigrafica 1) .

Entro questo livello si è arrestata la prova per raggiunta profondità di interesse a -3.80 m dal locale p.c.

La prova P2 realizzata in corrispondenza del realizzando ascensore ha incontrato l'Unità Litostratigrafica 1 estesa fino a -2.40 m dal p.c. per poi passare a una Unità Litostratigrafica 2 costituita da depositi alluvionali a miglior compattezza in facies di Sabbie Ghiaiose Mediamente Consistenti fino -3.50 m dal locale p.c..

Entro questo livello si è arrestata la prova per raggiunta profondità di interesse a -3.50 m dal locale p.c.

La prova P3 realizzata in corrispondenza della manica in ristrutturazione ha incontrato l'Unità Litostratigrafica 1 estesa fino a -2.40 m dal p.c. per poi passare a una Unità Litostratigrafica 2 costituita da depositi alluvionali a miglior compattezza in facies di Sabbie Ghiaiose Mediamente Consistenti fino -3.80 m dal locale p.c..

Entro questo livello si è arrestata la prova per raggiunta profondità di interesse a -3.80 m dal locale p.c.

Dalla pregressa prova M13M\_P1 citata in premessa si è ricavata la presenza di un terzo orizzonte alluvionale a miglior compattezza Unità Litostratigrafica 3 in facies di Ghiaie Sabbiose Addensate che nell'area si colloca attorno ai 7-8 m di profondità.

### Rilievo piezometrico dei luoghi

Al momento dell'esecuzione delle indagini non è stata riscontrata la presenza di una falda superficiale all'interno dei fori di prova.

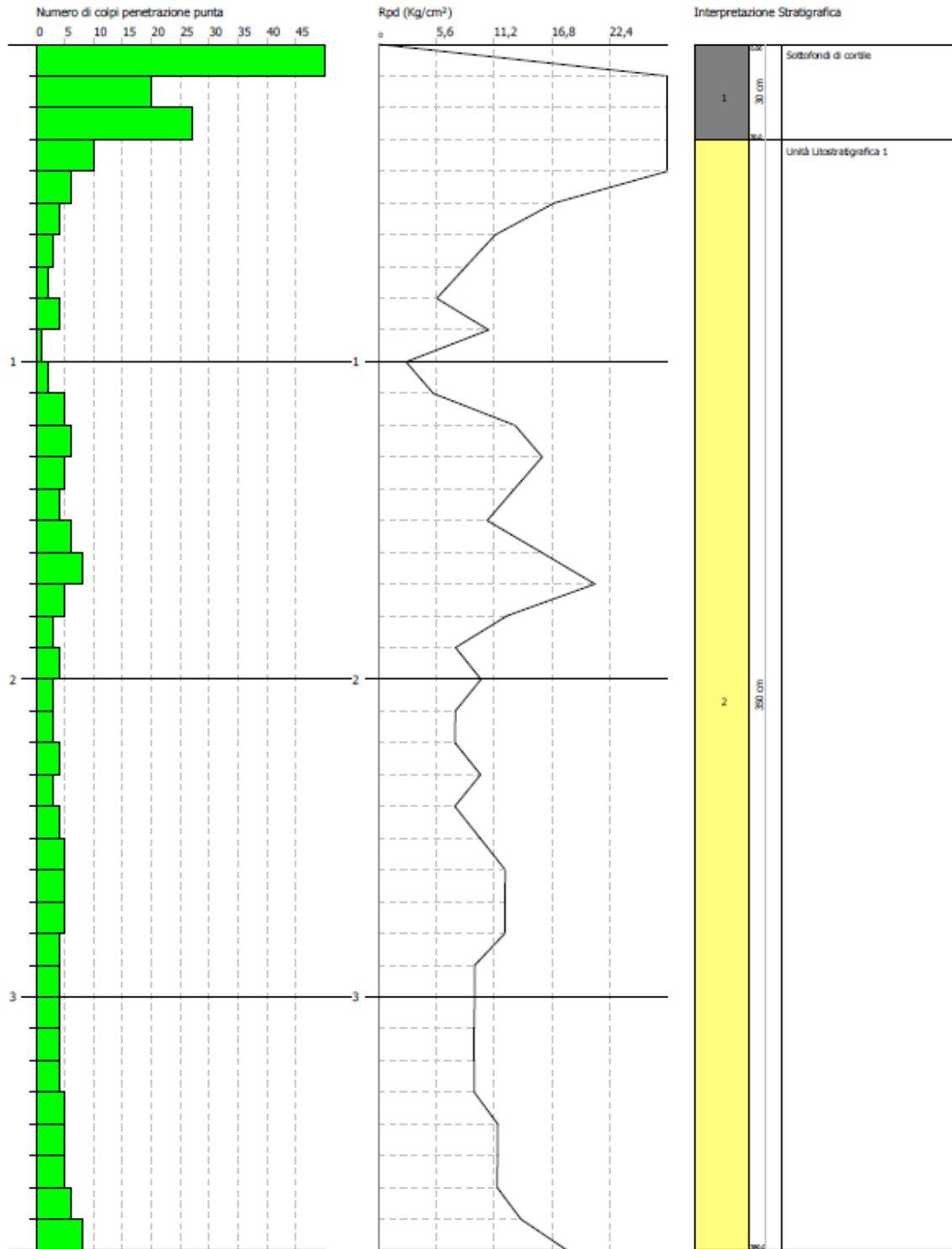
### Prova P1

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1  
Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)

Committente:  
Cantiere:  
Località:

Data: 21/01/2019

Scale 1:17



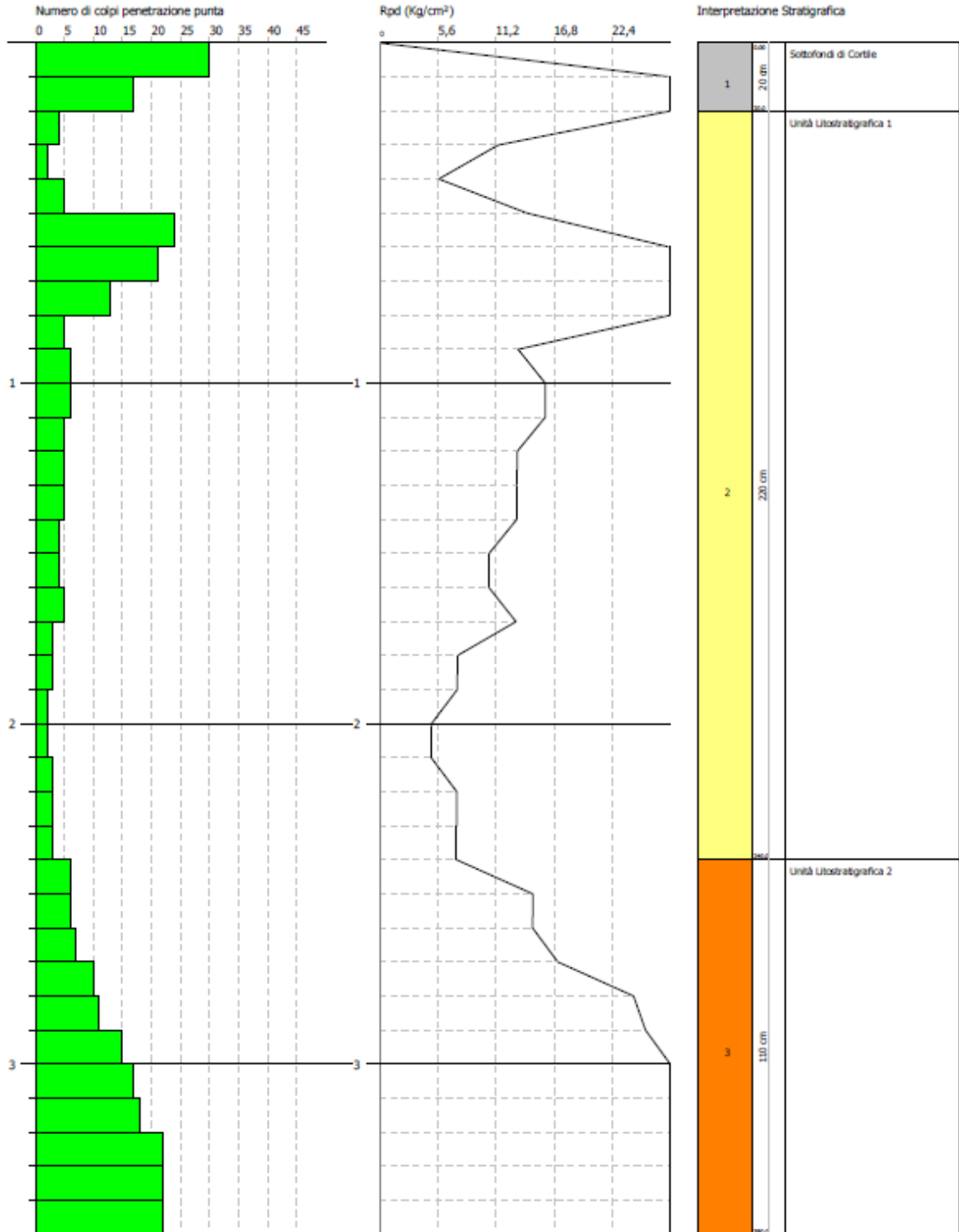
### Prova P2

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2  
Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)

Committente:  
Carriere:  
Località:

Data: 21/01/2019

Scala 1:16





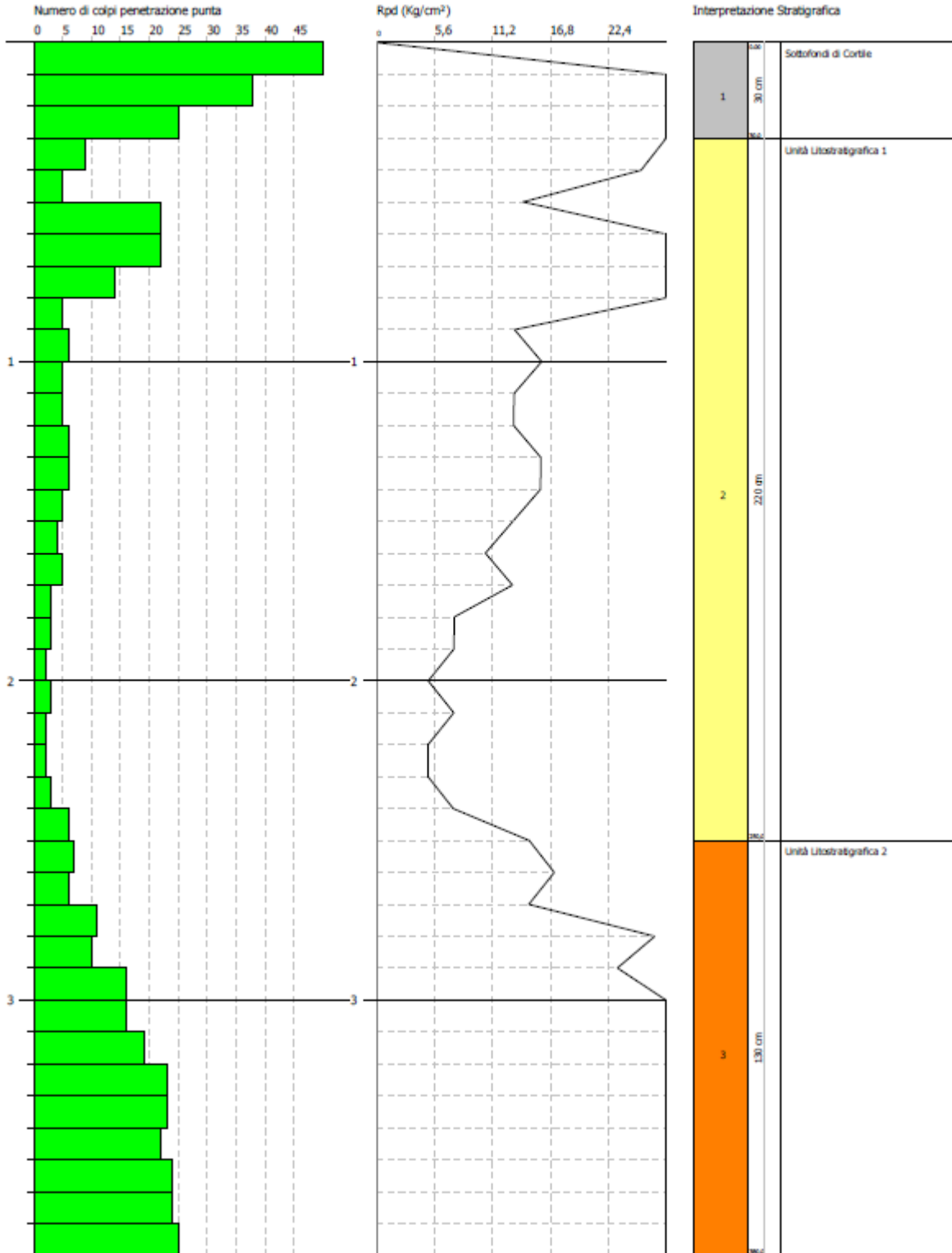
### Prova P3

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.3  
Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)

Committente:  
Cantiere:  
Località:

Data: 21/01/2019

Scala 1:17



### Sondaggi Sismici Verticali SSV - metodo

Si sono eseguiti 3 Sondaggi Sismici Verticali (SSV1 SSV2 e SSV3), in prossimità delle 3 prove penetrometriche eseguite

Tali indagini hanno consentito di fornire una prima stima sulle caratteristiche in profondità del substrato litoide e sulle caratteristiche elastiche dei materiali investigati.

I rilievi sismostratigrafici eseguiti hanno utilizzato una tecnica di nuovissima concezione e di ancor più recente applicazione in Italia, che è quella dell'analisi dei microtremori ambientali (cfr scheda esplicativa sul metodo in allegato).

Nello specifico si tratta di eseguire una misura delle minime oscillazioni naturali sempre presenti nella crosta terrestre perché indotte dall'azione di vento, maree ecc., e di andarne a studiare il rapporto tra le componenti orizzontali e verticali di tale moto.

Tale misura è tutt'altro che semplice complice le ridottissime energie e i minimi spostamenti da misurare, ed a tale scopo si utilizza un tromografo digitale ad altissima sensibilità appositamente progettato.

In estrema sintesi la tecnica H/V mette in relazioni le variazioni del rapporto alle varie frequenze tra la componente orizzontale e verticale dei microtremori ambientali, con le variazioni litostratigrafiche che si incontrano nel sottosuolo al di sotto del punto di misura e fornisce così un'indicazione litostratigrafica al di sotto del punto di misura.

Laddove il rapporto H/V ha un picco si ha una variazione di litologia che è tanto più marcata tanto più grande è il picco in questione.

Il passo ulteriore è mettere in rapporto la frequenza a cui avviene questo passaggio con la sua profondità (inversione) operazione questa usualmente eseguita o tramite punti di taratura noti nelle vicinanze del sito di indagine o tramite programmi appositi che sfruttano tecniche di regressione matematica.

### Sondaggi Sismici Verticali SSV - risultati

I grafici delle misure eseguite sono riportati nelle figure a seguire ove è possibile vedere sia lo spettro delle 3 componenti X, Y e Z dei microtremori misurati sia l'analisi del rapporto H/V alle varie frequenze di interesse, mentre le schede di prova in esteso secondo le linee guida del progetto europeo Sesame sono riportate in allegato.

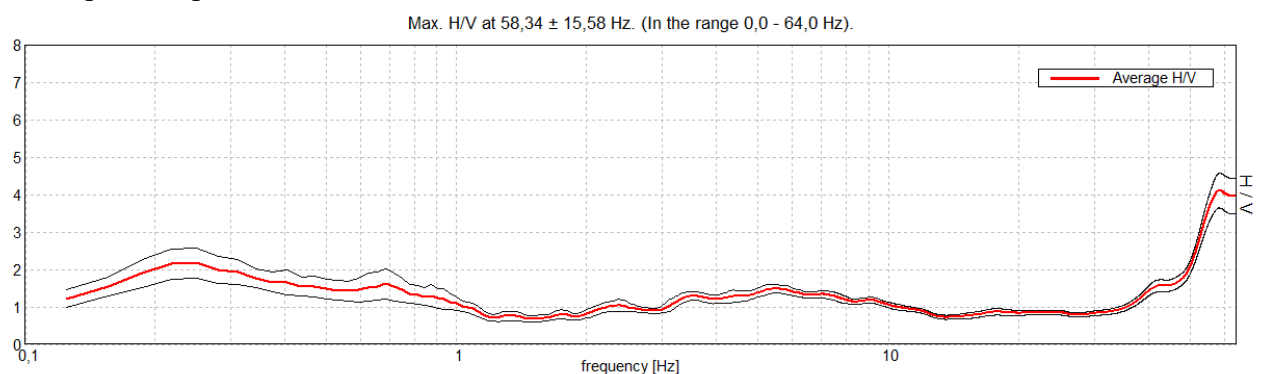
Si noti bene che in assenza di un punto di taratura diretta in situ le profondità che verranno qui di seguito esposte sono suscettibili di un errore di  $\pm 10\%$ . Considerato il minimo spessore delle coltri, il grafico non mostra contrasti di impedenza rilevanti.

## M19E EDILINGEGNO VIA MAZZINI 58 AL SSV, SSV1

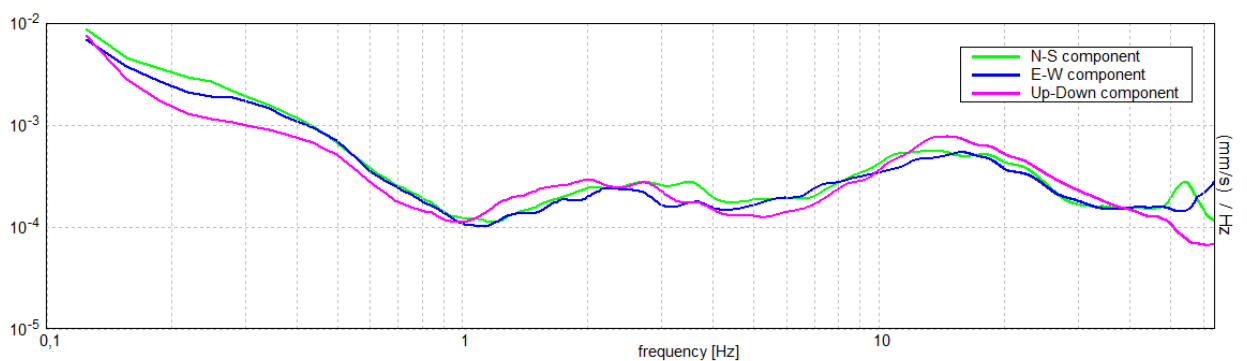
La misura SSV1 appare ben correlabile con il dato stratigrafico ricavato dalla prove DPM30 mostrando dapprima una sostanziale assenza di strutture di risonanza fino a ca 10 Hz per poi passare a una successione di deboli picchi dai 9Hz in giù; tali picchi sono correlabili con la presenza di ghiaie più compatte in profondità anche se tali orizzonti non originano risonanze bedrock like.

Tali strutture di risonanza consentono di attribuire ai primi livelli di coltri una  $V_s \approx 200$  m/s

A seguire verso le basse frequenze, il grafico mostra un andamento costante del rapporto H/V, intorno all'unità, indice di assenza di rilevanti discontinuità intrinseche dell'ammasso roccioso, né tantomeno di discontinuità tettoniche rilevanti entro i primi 30 m di profondità oltre a quella sopra descritta.



RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



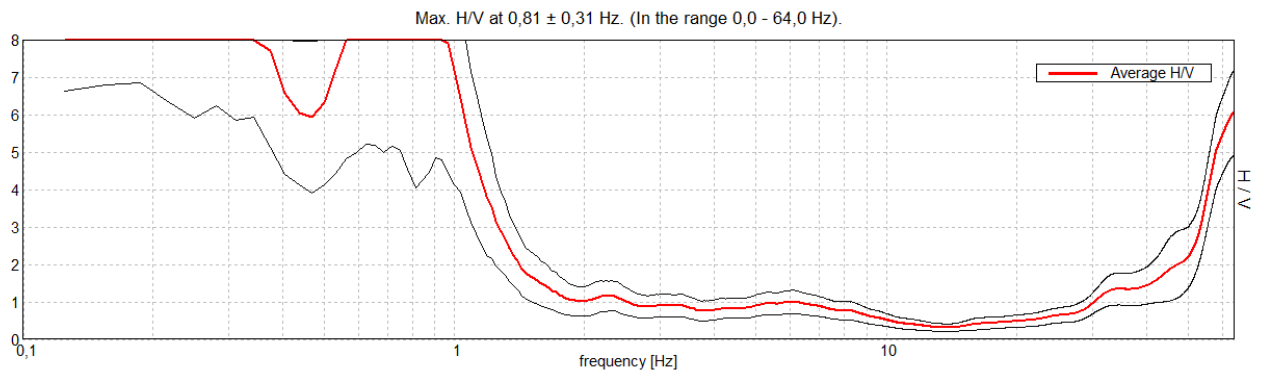
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

**Fig.10** – SSV1 - Grafico delle 3 componenti dei moti misurati e rapporto H/V alle frequenze d interesse. Le frecce nere indicano le frequenza di risonanza principali discusse

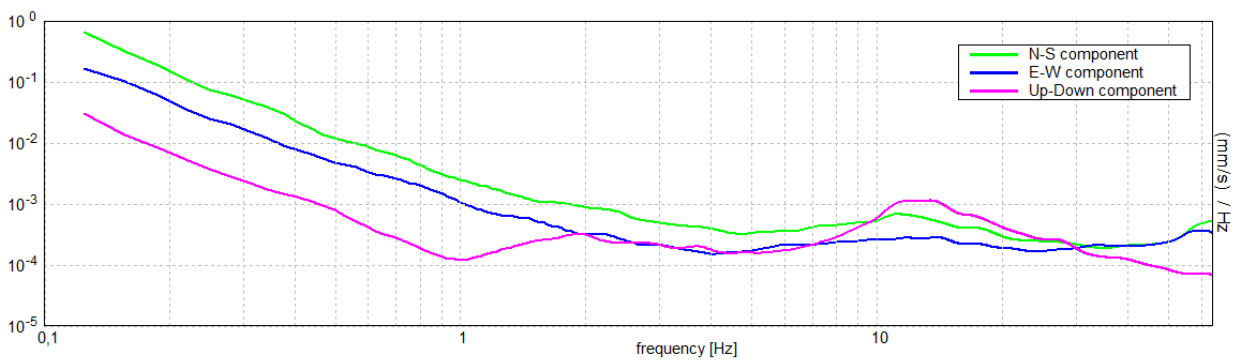


## M19E EDILINGEGNO VIA MAZZINI 58 AL SSV, SSV2

La misura SSV2 è assolutamente raffrontabile con SSV1 e ne conferma le risultanze in toto sebbene sia stata molto disturbata verso i campi estremi della finestra di analisi (>60 Hz e < 2 Hz) da disturbi antropici.



RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

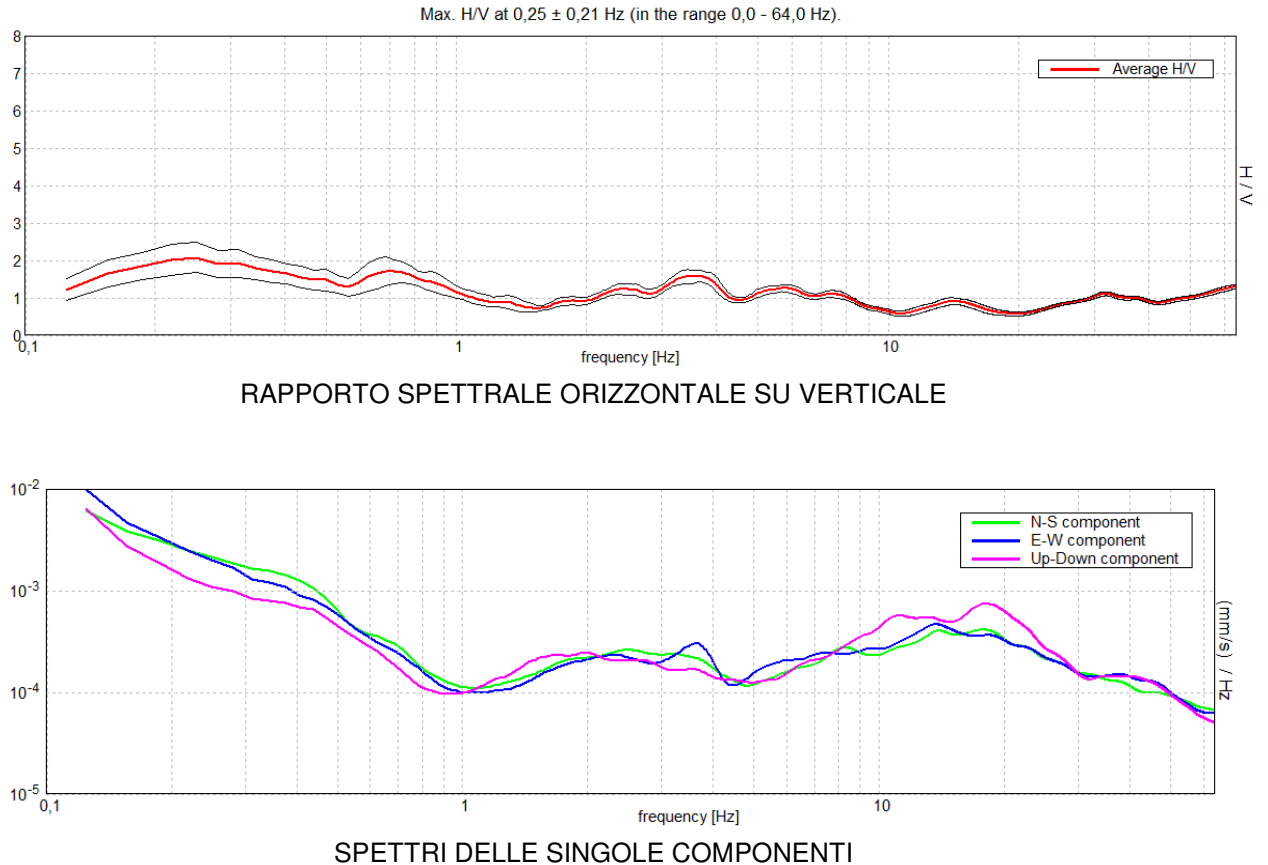


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

**Fig.11** – SSV2 - Grafico delle 3 componenti dei moti misurati e rapporto H/V alle frequenze d'interesse.  
Le frecce nere indicano le frequenze di risonanza principali discusse

### M19E EDILINGEGNO VIA MAZZINI 58 AL SSV, SSV3

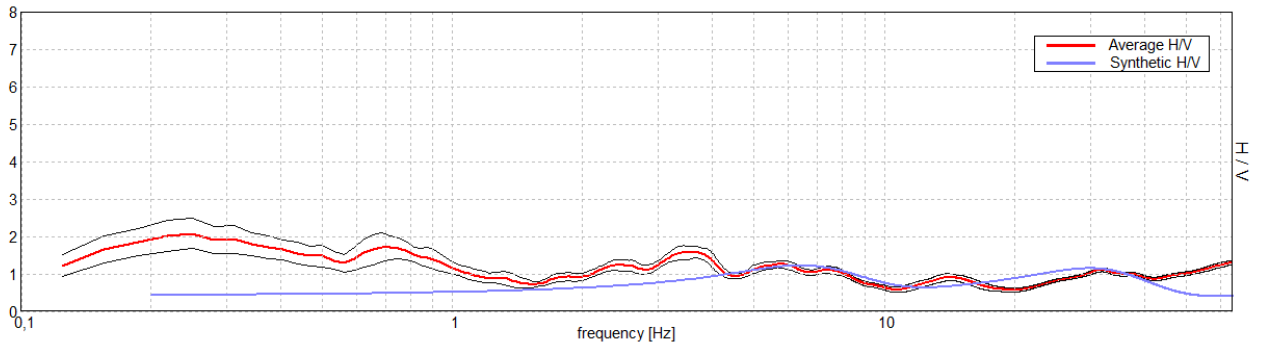
La misura SSV2 è assolutamente raffrontabile con SSV1 e SSV2 e ne conferma le risultanze mostrando la stessa struttura sismostratigrafica sebbene con picchi attorno ai 4/5 Hz più marcati



**Fig.8** – SSV2 - Grafico delle 3 componenti dei moti misurati e rapporto H/V alle frequenze d interesse.  
Le frecce nere indicano le frequenza di risonanza principali discusse

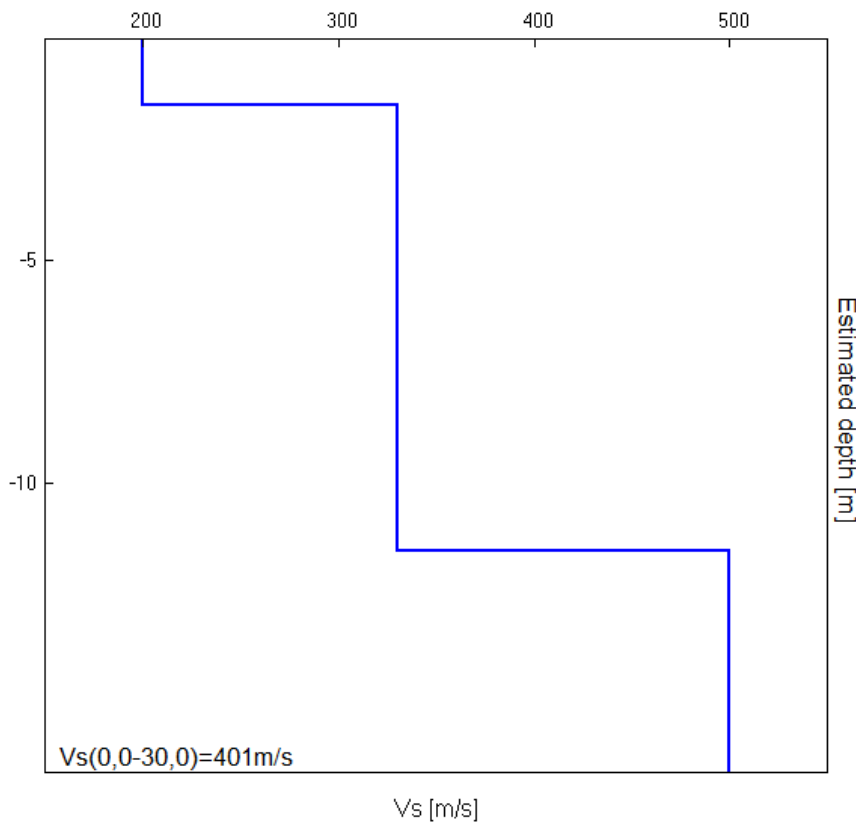
**M19E EDILINGEGNO VIA MAZZINI 58 AL SSV, SSV3**  
 EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at  $0,25 \pm 0,21$  Hz (in the range 0,0 - 64,0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1,50	1,50	200	0,42
11,50	10,00	330	0,42
inf.	inf.	500	0,42

$Vs(0,0-30,0)=401m/s$



## Caratterizzazione litostratigrafica, geotecnica ed idrogeologica dei terreni

*Suddivisione litostratigrafica*  
MODELLO GEOLOGICO ex T.U. 17/01/2018

	<b>0.00 m</b>	
<b>Unità Litostratigrafica 1</b> <i>Sabbie Limose debolmente consistenti</i>		
	<b>- 2.50 m in P2 e P3</b>	
<b>Unità Litostratigrafica 2</b> <i>Sabbie Ghiaiose Mediamente Consistenti</i>		
	<b>- 8.00 m ca</b>	
<b>Unità Litostratigrafica 3</b> <i>Ghiaie Sabbiose Addensate</i>		
	<b>&gt; 30 m</b>	

Tab.1 Modello Geologico

### Situazione piezometrica dei luoghi

I dati e le misurazioni pregresse eseguite nelle captazioni all'intorno del sito così come nei fori di prova eseguiti non hanno riscontrato la presenza di alcun livello piezometrico a quote interferenti con le strutture fondazionali in progetto; è d'altronde noto che la prima falda si mantenga per tutto il centro cittadino di Alessandria su soggiacenze comprese tra i 6 e gli 8 m rispetto al locale p.c.

Restano ovviamente possibili fenomeni di saturazione transitoria dei terreni superficiali in caso di precipitazioni intense e persistenti.

Caratterizzazione geotecnica degli orizzonti attraversatiMODELLO GEOTECNICO ex T.U. 14/01/2008 in termini di parametri caratteristici Fk

Da questi valori di prova, in base alle formule di uso comune disponibili in letteratura, si possono assegnare alle coltri in esame, i seguenti parametri meccanici, relativi a terreni di tipo granulare, così come desunti da Meyerhof, ed i corrispondenti valori dei fattori di capacità portante di Terzaghi ( $N_c$ ,  $N_q$ , ed  $N_\gamma$ ) così come calcolati da Vesic (1975) e ripresi da Lancellotta (1987); la densità relativa del materiale  $D_r$  calcolata sulla base dei valori di  $N_{spt}$  e delle pressione geostatica verticale efficace  $\sigma'_{v0}$  ed il Coef. di sottofondo  $k$  Winkler (NAVFAC-DM1 1986) per una fondazione standard larga 1 m; in ultimo si noti bene che nei terreni granulari la coesione efficace  $c'$  viene sempre posta cautelativamente da 0 kPa a 5 kPa quale 5° percentile inferiore delle coesioni efficaci misurate dallo Scrivente in laboratorio, per terreni analoghi a quello qui esaminato.

**Unità Litostratigrafica 1***Sabbie Limose debolmente consistenti*

$\langle N_{spt} \rangle = 4$

da cui:

$\gamma \cong 18 \text{ kNt/m}^3$

$\Phi = 22,0^\circ$

$N_c = 16,88$

$N_q = 7,82$

$N_\gamma = 7,13$

$c' = 5 \text{ kPa}$

$D_r = 45 \%$

$K \text{ Winkler} = 0,50 \text{ kg/cm}^3$

**Unità Litostratigrafica 2 - sabbie ghiaiose mediamente consistenti**

$\langle N_{spt} \rangle \cong 15,77$

$\langle R_{pd} \rangle \cong 44,11$  da cui:

$\gamma \cong 20 \text{ kNt/m}^3$

$\Phi = 28,7^\circ$

$N_c = 27,16$

$N_q = 15,85$

$N_\gamma = 18,43$

$c' = 5 \text{ kPa}$

$D_r = 65\%$

$K \text{ Winkler} = 10 \text{ kg/cmq}$

**Unità Litostratigrafica 2 - ghiaie addensate**

$\langle N_{spt} \rangle \cong 29,77$

$\langle R_{pd} \rangle \cong 92,07$  da cui:

$\gamma \cong 20 \text{ kNt/m}^3$

$\Phi = 32,8^\circ$

$N_c = 41,62$

$N_q = 28,84$

$N_\gamma = 41,58$

$c' = 5 \text{ kPa}$

$D_r = 65\%$

$K \text{ Winkler} = 10 \text{ kg/cmq}$



### Sismicità generale dell'area

#### *Opcm 3274/03*

Il Comune in esame ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 20/03/2003 viene classificato **sismico in Zona 4**.

Il 21 maggio 2014 la Giunta Regionale ha approvato una delibera di aggiornamento ed adeguamento delle zone sismiche del Piemonte in cui il Comune in esame viene classificato in **Zona Sismica 3**.

#### *Opcm 3519/06*

la seguente dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3519 del 24/04/2006 individua i valori di pericolosità sismica dell'intero territorio nazionale su di apposita cartografia prodotta dall'INGV -griglia di riferimento pari a  $0.05^\circ$  poi infittita a  $0.02^\circ$ - espressi in termini di accelerazione massima del suolo  $a_g$  con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi.

Tale cartografia per il sito in esame fornisce il seguente valore:

Accelerazione del suolo, riferita a suoli rigidi **0.025-0.050 g** con probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni

#### Classificazione sismica di sito

##### *V<sub>s30</sub>*

Dalle indagini eseguite si è potuta stimare una  
 $V_{s30} \approx 400 \text{ m/s} \pm 20 \text{ m/s}$

##### *n*

Dalle indagini eseguite si è potuta calcolare una Vs media riferita al pacco di sedimento sovrastante il substrato simico.

$\langle V_s \rangle = 200 \text{ m/s}$

#### *Frequenza di risonanza specifica dei terreni*

L'analisi del tracciato della curva H/V mostra strutture di risonanza di cui la principale posizionata attorno ai 8.5 Hz e poi una serie di picchi minori a più basse frequenze in rapporto alle caratteristiche sismostratigrafiche dei terreni investigati.

Dati tali frequenze principali di risonanza dovrà essere cura degli strutturisti evitare l'insorgenza di fenomeni di doppia risonanza terreno/struttura potenzialmente assai pericolosi e distruttivi.

#### *Controllo Stratigrafico e Topografico ex NTC18*

Nelle NTC18 la definizione dell'azione sismica è valutata in primis in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (cat. A) e superficie orizzontale (Cat. T1) così come ricavabile dalla Opcm 3519/06.

Viene poi introdotta la necessità di valutare sia la categoria stratigrafica di sottosuolo che le condizioni stratigrafiche di sito (Tab. 3.2.II, III e IV NTC18) intesi come modificatori della risposta sismica orizzontale mentre per le Zone 3 e 4 quali quelle in esame si esclude esplicitamente l'esame delle componenti verticali.

*Controllo Stratigrafico e Topografico ex NTC18*

Nelle NTC18 la definizione dell'azione sismica è valutata in primis in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (cat. A) e superficie orizzontale (Cat. T1) così come ricavabile dalla Opem 3519/06.

Viene poi introdotta la necessità di valutare sia la categoria stratigrafica di sottosuolo che le condizioni stratigrafiche di sito (Tab. 3.2.II, III e IV NTC08) intesi come modificatori della risposta sismica orizzontale mentre per le Zone 3 e 4 quali quelle in esame si esclude esplicitamente l'esame delle componenti verticali.

In rapporto a tali classificazioni la zona oggetto di intervento può essere cautelativamente classificata come **Categoria C** in quanto sebbene la misura di  $V_{s,30}$  eseguita la ponga al limite inferiore della Categoria B i limiti intrinseci di analisi e le incertezze legate al metodo suggeriscono tale cautelativa assunzione.

**NTC18 - Tabella 3.2.II e V – Categorie di sottosuolo e massimo valore corrispondente di  $S_s$**

<b>Categoria</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Max coef. di Amplificazione Stratigrafica <math>S_s</math></b>
<b>A</b>	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.	1.0
<b>B</b>	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).	1.20
<b>C</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).	1.50
<b>D</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).	1.80
<b>E</b>	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).	1.60

Mentre considerate le caratteristiche topografiche l'area può essere classificata **Categoria T2**

**NTC18 - Tabella 3.2.IV e VI – Categorie topografiche e Valore del coef. di amplificazione**

Categoria	Descrizione	Coef. di Amplificazione Topografica $S_t$
<b>T1</b>	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	1.0
<b>T2</b>	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	1.2
<b>T3</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	1.2
<b>T4</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	1.4
<b>Note applicative</b>		
a)	le susedposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m	
b)	le susedposte categorie topografiche si riferiscono a ubicazioni in prossimità della sommità o della cresta mentre il coef. di amplificazione topografica decresce linearmente con l'altezza del pendio fino a diventare pari all'unità alla base dello stesso	

#### *Liquefazione dei terreni*

Ai sensi della vigente normativa la verifica della possibilità di liquefazione dei terreni in condizione sismica può essere omessa, in alcuni casi tra cui caso di accelerazione massima attesa in condizioni di campo libero  $a_g < 0.1$  g quale quella del sito in esame (cfr. NTC 08 § 7.11.3.4.2).

#### *Analisi Sismica Pseudostatica*

La valutazione dell'azione sismica equivalente può essere condotta in condizioni pseudostatiche (cfr. NTC 08 § 7.11.3.5.2).secondo le equazioni seguenti

$$P_{sismica\ h} = W K_h \quad e \quad P_{sismica\ v} = W K_v$$

con dati i due coef. di spinta orizzontale e verticale  $K_h$  e  $K_v$

$$K_h = B_m \frac{a_{max}}{g} \quad \text{con} \quad a_{max} = a_g S_S S_T$$

$$B_m = 0.2 \text{ per } a_g \leq 0.1$$



e

$$K_v = \pm \frac{1}{2} K_h$$

Con contributo di spinta verticale comunque da trascurarsi all'interno delle Zone 3 e 4 (cfr. NTC 08 § 7.11.3.5.2)

## Parametri Sismici

### Coefficienti sismici

 Tipo Stabilità dei pendii e fondazioni 

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.


H (m) us (m)

 1  0.1

 Cat. Sottosuolo C 


 Cat. Topografica T1 


	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,50	1,50
CC Coeff. funz. categoria	1,92	1,81	1,60	1,59
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Acc.ne massima attesa al sito [m/s<sup>2</sup>]  0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.005	0.007	0.017	0.022
kv	0.003	0.004	0.008	0.011
Amax [m/s <sup>2</sup> ]	0.267	0.351	0.832	1.066
Beta	0.200	0.200	0.200	0.200

### Stati limite

 Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali... 

 Vita Nominale 50 

 Interpolazione Media ponderata 

**CU = 1**

Stato Limite	Tr [anni]	a <sub>g</sub> [g]	F <sub>0</sub>	Tc <sup>*</sup> [s]
Operatività (SLO)	30	0.018	2.530	0.161
Danno (SLD)	50	0.024	2.523	0.194
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.057	2.565	0.278
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.072	2.567	0.287

Periodo di riferimento per l'azione sismica: 50

## Conclusioni

Lo Scrivente è stato incaricato dalla ditta EdilIngegno Sas via San Giovanni Bosco 22 – 15121 Alessandria p.iva 02110180060 di procedere agli studi geologici geotecnici e simici a supporto del progetto del Piano di Recupero Palazzo Gavigliani sito in via Mazzini 58 Alessandria.

L'ing F. Ficarra con studio in via San Giovanni Bosco 22 – 15121 Alessandria, è stato incaricato della Progettazione Generale dell'intervento.

La presente indagine è stata svolta ai sensi del D.M. 17/01/2018 "T.U. sulle Costruzioni", per quello che riguarda la produzione dei modelli geologici di intervento nonché per la produzione della caratterizzazione sismica di sito.

Ad opera dello Scrivente, ai sensi del vigente disposto normativo, è stato quindi effettuato uno studio sui luoghi teso alla valutazione sul corretto inserimento delle opere in progetto, nel comparto geostatico in questione ai sensi del disposto della normativa di utilizzo del territorio contenuta nel vigente P.R.G.C. ed una modellizzazione geologica del sottosuolo dell'intervento ai sensi della vigente normativa (T.U. 17/01/2018).

- il sito su cui insisteranno i volumi in progetto è classificato dal vigente P.R.G.C. in Classe IIIb $\alpha$
- nelle aree in questione sono ritenuti ammissibili trasformazioni quali quella qui in esame
- l'intervento in progetto appare compatibilmente inserito con l'assetto idrogeologico locale in quanto gli interventi di progetto che non vanno a modificare e/o a peggiorare, la pericolosità geomorfologica alla microscala;
- dunque la realizzazione appare compatibile con la destinazione d'uso del territorio prevista dal vigente strumento urbanistico;
- la situazione stratigrafica dei luoghi è schematizzabile come la presenza di un esteso livello di deposizioni alluvionali a medio bassa compattezza sovrastanti deposizioni più grossolane a compattezza via via crescente;
- le peculiarità stratigrafiche e giaciture dei luoghi sono da considerarsi non predisponenti per movimenti gravitativi a larga scala;
- un livello della falda superficiale non è stato riscontrato a quote potenzialmente interferenti con le opere in progetto al momento dell'esecuzione delle indagini, anche se restano più che possibili saturazioni temporanee degli orizzonti presenti;
- considerata la situazione idrogeologica della zona, si consiglia qualora fossero previste ora o in futuro parti interrato, l'esecuzione di un monitoraggio piezometrico volto ad escludere l'interferenza della falda superficiale con le nuove opere in progetto;
- il modello geologico di intervento secondo le NTC18 è stato derivato dalle indagini eseguite;
- il modello geotecnico di intervento secondo le NTC18 è stato derivato dalle indagini eseguite;
- la caratterizzazione sismica di sito secondo le NTC18 è stato derivato dalle indagini eseguite e dalle banche dati disponibili;
- Gestione e Terre e Rocce da scavo la quota di materiale di scavo prodotto sarà in parte riutilizzato per scopi di riempimento e rimodellamento nel sito di produzione e sarà



accettato “tal quale” dal ciclo produttivo di destinazione ed ogni lavorazione successivamente subita sarà prevista dal ciclo produttivo medesimo;

- le eccedenze di materiale verranno gestite con conferimento a discarica regolarmente autorizzata nel rispetto delle vigenti norme in materia;
- Qualora nel corso dei lavori si rendessero disponibili dei siti diversi di destinazione nel rispetto delle vigenti norme in materia il collocamento del materiale verrà gestito con le procedure cd “terre e rocce da scavo” ai sensi Art.41/bis L 98/2013.

Si ritiene quindi, sulla base dei dati sin qui resisi disponibili e seguendo le prescrizioni e i suggerimenti prima discussi, l’esecuzione dei lavori in progetto coerente con la situazione emersa dalle indagini e razionalmente inserita nel contesto geologico ed idrogeologico locale.

Resta comunque indifferibile l’esigenza di una continua assistenza geologica alla D.L. durante l’esecuzione degli scavi e delle opere di sistemazione previste, onde valutare momento per momento, le condizioni di esecuzione a regola d’arte e le eventuali problematiche sorte nel frattempo.

*Il presente lavoro si compone di 27  
pagine compresa la presente  
e di 1 allegato grafico*

Acqui Terme, gennaio 2019



REGIONE PIEMONTE
PROVINCIA DI ALESSANDRIA
COMUNE DI ALESSANDRIA

PIANO DI RECUPERO PALAZZO GAVIGLIANI VIA MAZZINI 58 ALESSANDRIA
RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA
FASE DI PROGETTAZIONE DEFINITIVA

- Allegato 1 – Penetrometrie – Schede di Prova  
 Allegato 2 – Sondaggi Sismici Verticali – Schede di prova  
 Allegato 3 – Penetrometrie – Metodologia  
 Allegato 4- Sondaggi Sismici Verticali – Metodologia

COMMITTENTE: EDILINGEGNO SAS VIA SAN GIOVANNI BOSCO 22 – 15121 ALESSANDRIA	PER PRESA VISIONE
PROGETTISTA: DOTT. ING. FICARRA FRANCESCO VIA SAN GIOVANNI BOSCO 22 – 15121 ALESSANDRIA	PER PRESA VISIONE

	rif. M19D
Il Tecnico Incaricato Dott. Geol. Marco Orsi Dottore di Ricerca in Scienze Ambientali Ordine dei Geologi del Piemonte n.287 via Nizza 7 - 15011 Acqui Terme (AL) tel.: 0144-321225 fax 0144-980163 cell:348-5835102 E-mail: <a href="mailto:studio@geolorsi.it">studio@geolorsi.it</a> pec <a href="mailto:geolorsi@pec.it">geolorsi@pec.it</a>	 <p>Acqui Terme, gennaio 2019</p>

## Allegato 1 – Penetrometrie – Schede di Prova

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**

Committente: Edilingegno Sas Cantiere: via Mazzini 58 Località: Alessandria	
---	--

## Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPM (DL030 10) (Medium)

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	30 Kg
Altezza di caduta libera	0,20 m
Peso sistema di battuta	21 Kg
Diametro punta conica	35,68 mm
Area di base punta	10 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	2,9 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,10 m
Numero colpi per punta	N(10)
Coeff. Correlazione	0,761
Rivestimento/fanghi	Si
Angolo di apertura punta	60 °

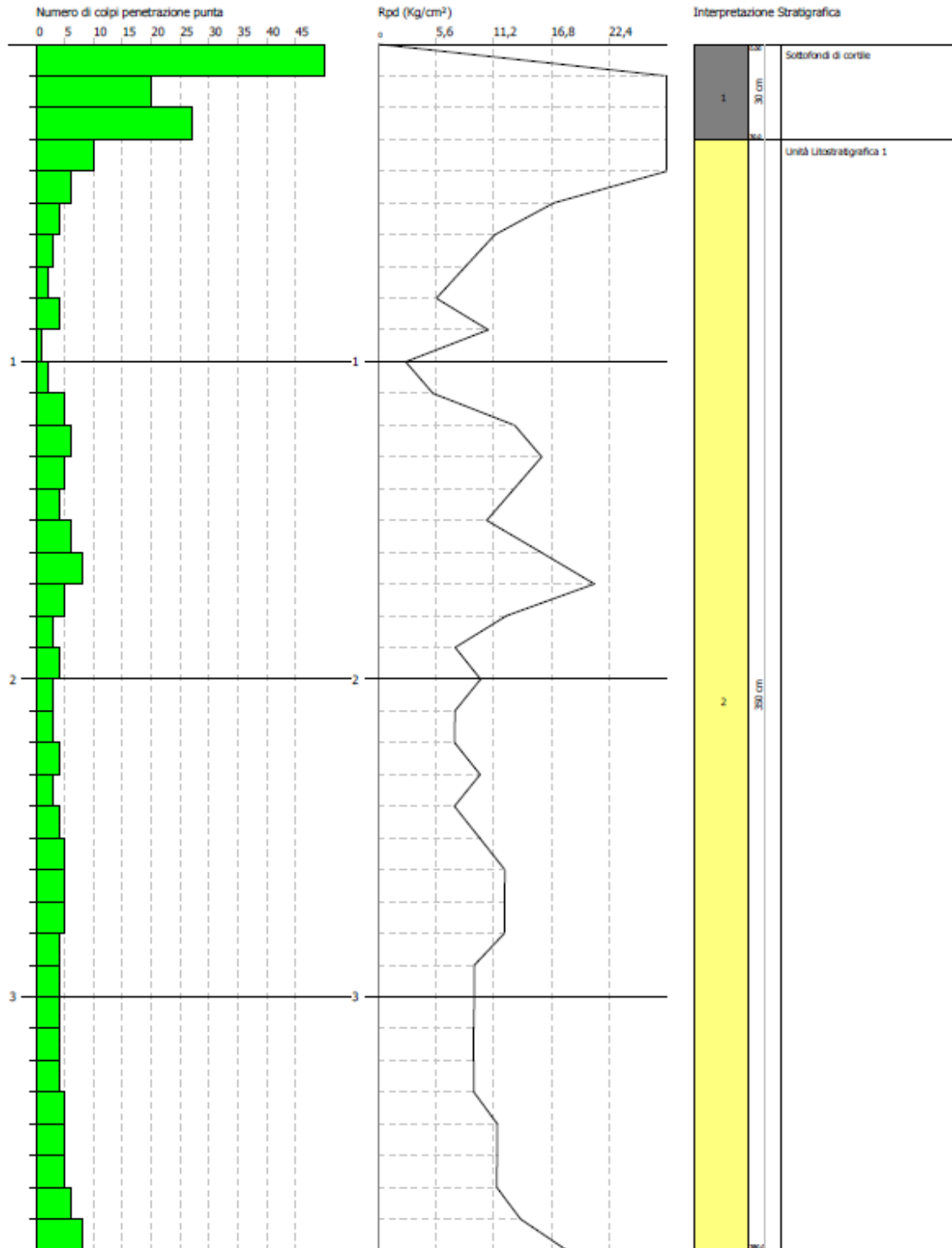
### Prova P1

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1  
Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)

Committente:  
Cantiere:  
Località:

Data: 21/01/2019

Scale 1:17



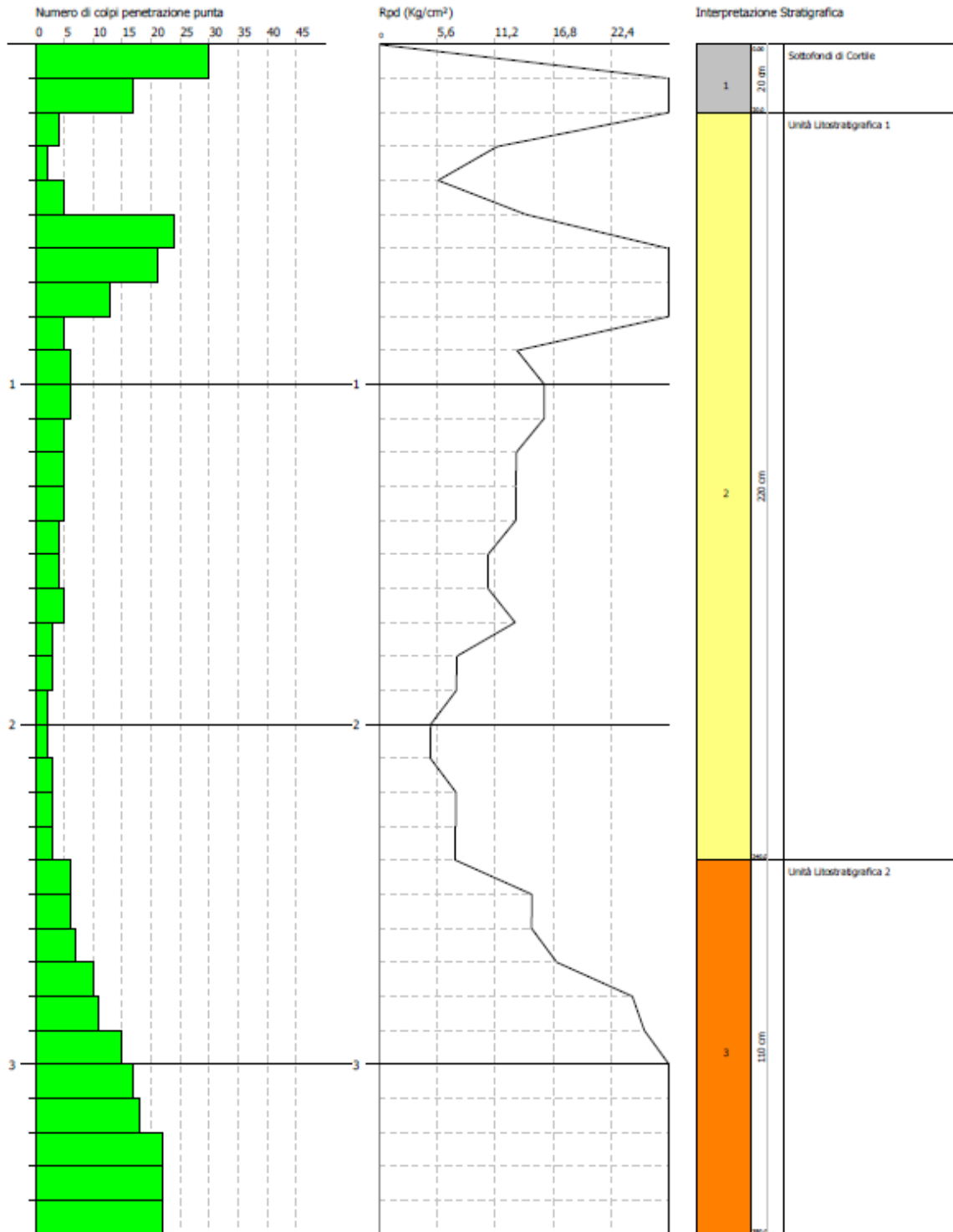
### Prova P2

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2  
Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)

Committente:  
Carriere:  
Località:

Data: 21/01/2019

Scala 1:16





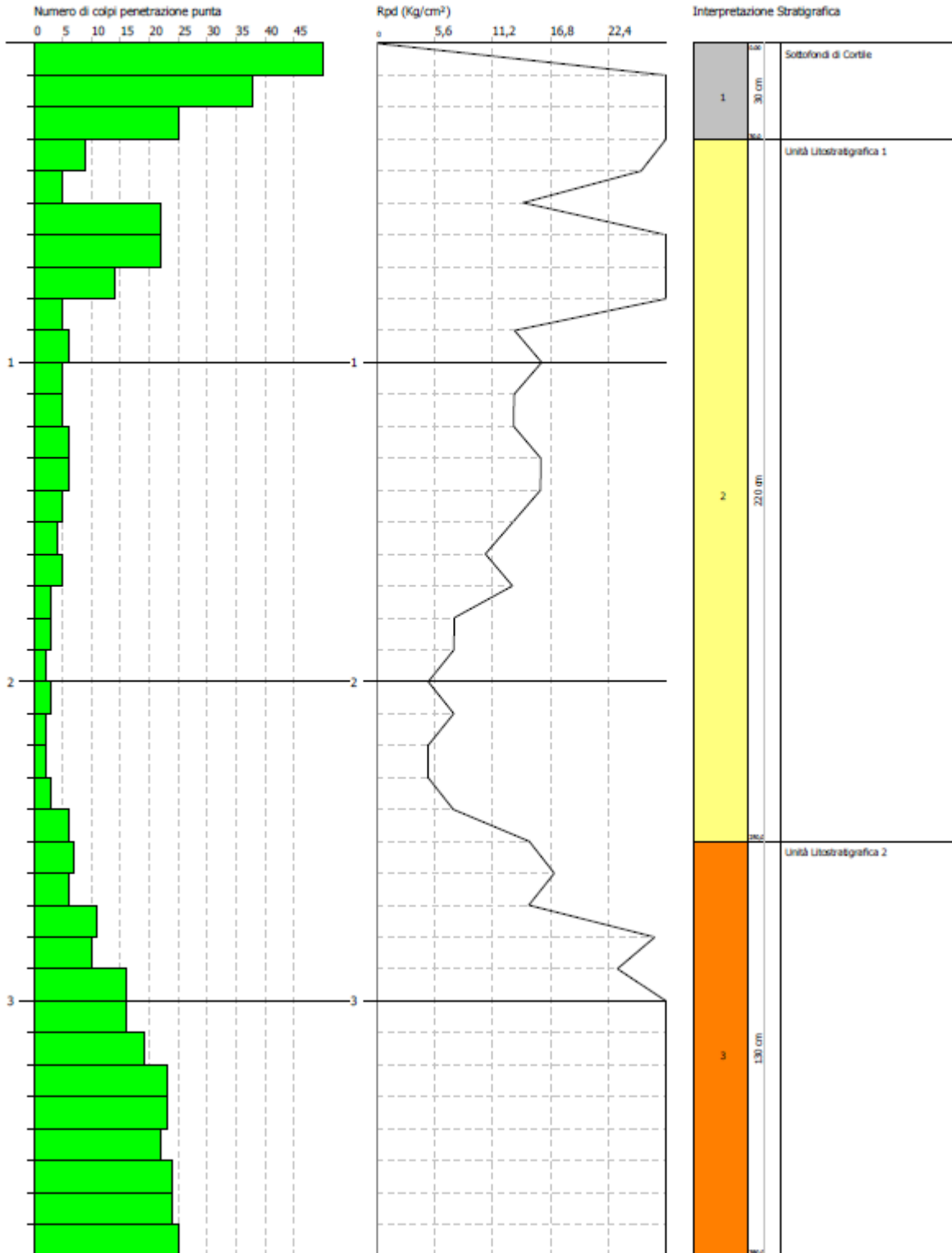
### Prova P3

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.3  
Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)

Committente:  
Carriere:  
Località:

Data: 21/01/2019

Scala 1:17



## PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)  
 Prova eseguita in data 21/01/2019  
 Profondità prova 3,80 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rivestimento	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,10	60	0	0,657	131,56	200,37	6,58	10,02
0,20	20	0	0,805	53,74	66,79	2,69	3,34
0,30	27	0	0,753	67,87	90,17	3,39	4,51
0,40	10	0	0,851	28,41	33,40	1,42	1,67
0,50	6	0	0,849	17,01	20,04	0,85	1,00
0,60	4	0	0,847	11,31	13,36	0,57	0,67
0,70	3	0	0,845	8,47	10,02	0,42	0,50
0,80	2	0	0,843	5,63	6,68	0,28	0,33
0,90	4	0	0,842	10,67	12,68	0,53	0,63
1,00	1	0	0,840	2,66	3,17	0,13	0,16
1,10	2	0	0,838	5,31	6,34	0,27	0,32
1,20	5	0	0,836	13,25	15,85	0,66	0,79
1,30	6	0	0,835	15,87	19,01	0,79	0,95
1,40	5	0	0,833	13,20	15,85	0,66	0,79
1,50	4	0	0,831	10,54	12,68	0,53	0,63
1,60	6	0	0,830	15,77	19,01	0,79	0,95
1,70	8	0	0,828	20,99	25,35	1,05	1,27
1,80	5	0	0,826	13,09	15,85	0,65	0,79
1,90	3	0	0,825	7,46	9,05	0,37	0,45
2,00	4	0	0,823	9,93	12,06	0,50	0,60
2,10	3	0	0,822	7,43	9,05	0,37	0,45
2,20	3	0	0,820	7,42	9,05	0,37	0,45
2,30	4	0	0,819	9,87	12,06	0,49	0,60
2,40	3	0	0,817	7,39	9,05	0,37	0,45
2,50	4	0	0,816	9,84	12,06	0,49	0,60
2,60	5	0	0,814	12,28	15,08	0,61	0,75
2,70	5	0	0,813	12,25	15,08	0,61	0,75
2,80	5	0	0,811	12,23	15,08	0,61	0,75
2,90	4	0	0,810	9,32	11,50	0,47	0,58
3,00	4	0	0,809	9,30	11,50	0,47	0,58
3,10	4	0	0,807	9,29	11,50	0,46	0,58
3,20	4	0	0,806	9,27	11,50	0,46	0,58
3,30	4	0	0,805	9,26	11,50	0,46	0,58
3,40	5	0	0,803	11,55	14,38	0,58	0,72
3,50	5	0	0,802	11,53	14,38	0,58	0,72
3,60	5	0	0,801	11,51	14,38	0,58	0,72
3,70	6	0	0,800	13,80	17,25	0,69	0,86
3,80	8	0	0,798	18,37	23,00	0,92	1,15

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
0,3	27	90,17		0	0,0	0,0	0,0	0,76	20,55	Sottofondi di cortile
3,8	4,54	13,94	Incoerente - coesivo	0	1,66	1,86	0,29	0,76	3,45	Unità Litostratigrafica 1

Edilingegno Sas

Piano Di Recupero Palazzo Gavigliani  
via Mazzini 58 Alessandria

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1****TERRENI COESIVI****Coesione non drenata (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman n	De Beer
[2] - Unità Litostratigrafica 1	3,45	3,80	0,22	0,43	0,15	0,14	0,33	0,42	0,31	0,69	0,17	0,17	0,43

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[2] - Unità Litostratigrafica 1	3,45	3,80	Robertson (1983)	6,90

**Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[2] - Unità Litostratigrafica 1	3,45	3,80	15,83	51,75	36,98	43,13

**Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[2] - Unità Litostratigrafica 1	3,45	3,80	19,28	34,50

**Classificazione AGI**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[2] - Unità Litostratigrafica 1	3,45	3,80	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE

**Peso unità di volume**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
[2] - Unità Litostratigrafica 1	3,45	3,80	Meyerhof ed altri	1,66

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[2] - Unità Litostratigrafica 1	3,45	3,80	Meyerhof ed altri	1,86

**Velocità onde di taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[2] - Unità Litostratigrafica 1	3,45	3,80	Ohta & Goto (1978) Limi	97,35

**TERRENI INCOERENTI****Densità relativa**

	Intestazione NSPT\$	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[2] - Unità Litostratigrafica 1	3,45	3,80	14,98	39,19	42,77	16,58

**Angolo di resistenza al taglio**

	Nspt	Prof. Strato	Nspt corretto	Peck-Hanson-	Meyerhof	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof	Schmertmann	Mitchell & Katti	Shioi-Fukuni	Japanese	De Mello	Owasaki &
[2] - Unità Litostratigrafica 1														

Edilingegno Sas

Piano Di Recupero Palazzo Gavigliani  
via Mazzini 58 Alessandria

		(m)	per presenza falda	Thorn- bu- rn- Meyerh of 1956	(1956)			(1965)	(1977) Sabbie	(1981)	1982 (ROAD BRIDG E SPECIF ICATIO N)	National Railway		Iwasaki
[2] - Unità Litostrat igrafica 1	3,45	3,80	3,45	27,99	20,99	28,97	29,69	31,01	0	<30	22,19	28,03	28,71	23,31

**Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze- Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[2] - Unità Litostratigrafica 1	3,45	3,80	3,45	---	27,60	---	---	---

**Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman- Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[2] - Unità Litostratigrafica 1	3,45	3,80	3,45	---	34,55	24,50	53,39

**Classificazione AGI**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[2] - Unità Litostratigrafica 1	3,45	3,80	3,45	Classificazione A.G.I	SCIOLTO

**Peso unità di volume**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
[2] - Unità Litostratigrafica 1	3,45	3,80	3,45	Meyerhof ed altri	1,47

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[2] - Unità Litostratigrafica 1	3,45	3,80	3,45	Terzaghi-Peck 1948- 1967	1,88

**Modulo di Poisson**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[2] - Unità Litostratigrafica 1	3,45	3,80	3,45	(A.G.I.)	0,35

**Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[2] - Unità Litostratigrafica 1	3,45	3,80	3,45	208,19	266,39

**Velocità onde di taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)

Edilingegno Sas

Piano Di Recupero Palazzo Gavigliani  
via Mazzini 58 Alessandria

[2] - Unità Litostratigrafica 1	3,45	3,80	3,45	Ohta & Goto (1978) Limi	97,35
---------------------------------	------	------	------	----------------------------	-------

**Liquefazione**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[2] - Unità Litostratigrafica 1	3,45	3,80	3,45	Seed e Idriss (1971)	--

**Modulo di reazione Ko**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[2] - Unità Litostratigrafica 1	3,45	3,80	3,45	Navfac 1971-1982	0,62

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[2] - Unità Litostratigrafica 1	3,45	3,80	3,45	Robertson 1983	6,90

PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato...  
 Prova eseguita in data  
 Profondità prova  
 Falda non rilevata

DPM (DL030 10) (Medium)  
 21/01/2019  
 3,50 mt

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rivestimento	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,10	30	0	0,757	75,80	100,19	3,79	5,01
0,20	17	0	0,805	45,68	56,77	2,28	2,84
0,30	4	0	0,853	11,39	13,36	0,57	0,67
0,40	2	0	0,851	5,68	6,68	0,28	0,33
0,50	5	0	0,849	14,17	16,70	0,71	0,83
0,60	24	0	0,747	59,87	80,15	2,99	4,01
0,70	21	0	0,745	52,26	70,13	2,61	3,51
0,80	13	0	0,793	34,44	43,41	1,72	2,17
0,90	5	0	0,842	13,33	15,85	0,67	0,79
1,00	6	0	0,840	15,97	19,01	0,80	0,95
1,10	6	0	0,838	15,93	19,01	0,80	0,95
1,20	5	0	0,836	13,25	15,85	0,66	0,79
1,30	5	0	0,835	13,22	15,85	0,66	0,79
1,40	5	0	0,833	13,20	15,85	0,66	0,79
1,50	4	0	0,831	10,54	12,68	0,53	0,63
1,60	4	0	0,830	10,52	12,68	0,53	0,63
1,70	5	0	0,828	13,12	15,85	0,66	0,79
1,80	3	0	0,826	7,86	9,51	0,39	0,48
1,90	3	0	0,825	7,46	9,05	0,37	0,45
2,00	2	0	0,823	4,96	6,03	0,25	0,30
2,10	2	0	0,822	4,95	6,03	0,25	0,30
2,20	3	0	0,820	7,42	9,05	0,37	0,45
2,30	3	0	0,819	7,40	9,05	0,37	0,45
2,40	3	0	0,817	7,39	9,05	0,37	0,45
2,50	6	0	0,816	14,76	18,09	0,74	0,90
2,60	6	0	0,814	14,73	18,09	0,74	0,90
2,70	7	0	0,813	17,16	21,11	0,86	1,06
2,80	10	0	0,811	24,46	30,15	1,22	1,51
2,90	11	0	0,810	25,62	31,63	1,28	1,58
3,00	15	0	0,759	32,72	43,13	1,64	2,16
3,10	17	0	0,757	37,02	48,88	1,85	2,44
3,20	18	0	0,756	39,13	51,76	1,96	2,59
3,30	22	0	0,705	44,58	63,26	2,23	3,16
3,40	22	0	0,703	44,50	63,26	2,22	3,16

Edilingegno Sas

Piano Di Recupero Palazzo Gavigliani  
 via Mazzini 58 Alessandria



3,50	22	0	0,702	44,42	63,26	2,22	3,16
------	----	---	-------	-------	-------	------	------

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
0,2	23,5	78,48		0	0,0	0,0	0,0	0,75	17,7	Sottofondi di Cortile
2,4	6,05	19,58	Incoerente - coesivo	0	1,74	1,87	0,19	0,76	4,6	Unità Litostratigrafica 1
3,5	14,18	41,15	Coesivo	0	1,99	2,19	0,49	0,77	10,88	Unità Litostratigrafica 2

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2****TERRENI COESIVI****Coesione non drenata (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman n	De Beer
[2] - Unità Litostratigrafica 1	4,6	2,40	0,29	0,58	0,25	0,19	0,45	0,59	0,42	0,78	0,23	0,52	0,58
[3] - Unità Litostratigrafica 2	10,88	3,50	0,73	1,36	0,50	0,43	1,07	1,24	0,96	1,27	0,54	1,45	1,36

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[2] - Unità Litostratigrafica 1	4,6	2,40	Robertson (1983)	9,20
[3] - Unità Litostratigrafica 2	10,88	3,50	Robertson (1983)	21,76

**Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[2] - Unità Litostratigrafica 1	4,6	2,40	21,11	69,00	48,71	57,50
[3] - Unità Litostratigrafica 2	10,88	3,50	49,92	--	112,76	108,80

**Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[2] - Unità Litostratigrafica 1	4,6	2,40	32,50	46,00
[3] - Unità Litostratigrafica 2	10,88	3,50	104,72	108,80

**Classificazione AGI**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[2] - Unità Litostratigrafica 1	4,6	2,40	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[3] - Unità Litostratigrafica 2	10,88	3,50	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

**Peso unità di volume**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
--	------	------------------	--------------	--

Edilingegno Sas

Piano Di Recupero Palazzo Gavigliani  
via Mazzini 58 Alessandria

[2] - Unità Litostratigrafica 1	4,6	2,40	Meyerhof ed altri	1,74
[3] - Unità Litostratigrafica 2	10,88	3,50	Meyerhof ed altri	1,99

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
[2] - Unità Litostratigrafica 1	4,6	2,40	Meyerhof ed altri	1,87
[3] - Unità Litostratigrafica 2	10,88	3,50	Meyerhof ed altri	2,19

**Velocità onde di taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[2] - Unità Litostratigrafica 1	4,6	2,40	Ohta & Goto (1978) Limi	93,71
[3] - Unità Litostratigrafica 2	10,88	3,50	Ohta & Goto (1978) Limi	127,39

**TERRENI INCOERENTI****Densità relativa**

	Intestazione NSPT\$	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[2] - Unità Litostratigrafica 1	4,6	2,40	21,61	47,7	54,74	19,76

**Angolo di resistenza al taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[2] - Unità Litostratigrafica 1	4,6	2,40	4,6	28,31	21,31	29,29	31,06	31,5	0	<30	23,31	28,38	31,6	24,59

**Modulo di Young (Kg/cm²)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[2] - Unità Litostratigrafica 1	4,6	2,40	4,6	---	36,80	---	---	---

**Modulo Edometrico (Kg/cm²)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[2] - Unità Litostratigrafica 1	4,6	2,40	4,6	---	36,91	32,66	58,52

**Classificazione AGI**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[2] - Unità Litostratigrafica 1	4,6	2,40	4,6	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO

**Peso unità di volume**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
[2] - Unità Litostratigrafica 1	4,6	2,40	4,6	Meyerhof ed altri	1,52

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[2] - Unità Litostratigrafica 1	4,6	2,40	4,6	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,88

**Modulo di Poisson**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[2] - Unità Litostratigrafica 1	4,6	2,40	4,6	(A.G.I.)	0,34

**Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[2] - Unità Litostratigrafica 1	4,6	2,40	4,6	272,84	317,58

**Velocità onde di taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[2] - Unità Litostratigrafica 1	4,6	2,40	4,6	Ohta & Goto (1978) Limi	93,71

**Liquefazione**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[2] - Unità Litostratigrafica 1	4,6	2,40	4,6	Seed e Idriss (1971)	--

**Modulo di reazione Ko**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[2] - Unità Litostratigrafica 1	4,6	2,40	4,6	Navfac 1971-1982	0,89

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[2] - Unità Litostratigrafica 1	4,6	2,40	4,6	Robertson 1983	9,20

PROVA ... Nr.3

Strumento utilizzato...

DPM (DL030 10) (Medium)

Prova eseguita in data

21/01/2019

Profondità prova

3,80 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rivestimento	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,10	50	0	0,657	109,64	166,98	5,48	8,35

Edilingegno Sas

Piano Di Recupero Palazzo Gavigliani  
via Mazzini 58 Alessandria

0,20	38	0	0,705	89,42	126,90	4,47	6,35
0,30	25	0	0,753	62,84	83,49	3,14	4,17
0,40	9	0	0,851	25,57	30,06	1,28	1,50
0,50	5	0	0,849	14,17	16,70	0,71	0,83
0,60	22	0	0,747	54,88	73,47	2,74	3,67
0,70	22	0	0,745	54,75	73,47	2,74	3,67
0,80	14	0	0,793	37,09	46,75	1,85	2,34
0,90	5	0	0,842	13,33	15,85	0,67	0,79
1,00	6	0	0,840	15,97	19,01	0,80	0,95
1,10	5	0	0,838	13,28	15,85	0,66	0,79
1,20	5	0	0,836	13,25	15,85	0,66	0,79
1,30	6	0	0,835	15,87	19,01	0,79	0,95
1,40	6	0	0,833	15,84	19,01	0,79	0,95
1,50	5	0	0,831	13,17	15,85	0,66	0,79
1,60	4	0	0,830	10,52	12,68	0,53	0,63
1,70	5	0	0,828	13,12	15,85	0,66	0,79
1,80	3	0	0,826	7,86	9,51	0,39	0,48
1,90	3	0	0,825	7,46	9,05	0,37	0,45
2,00	2	0	0,823	4,96	6,03	0,25	0,30
2,10	3	0	0,822	7,43	9,05	0,37	0,45
2,20	2	0	0,820	4,95	6,03	0,25	0,30
2,30	2	0	0,819	4,94	6,03	0,25	0,30
2,40	3	0	0,817	7,39	9,05	0,37	0,45
2,50	6	0	0,816	14,76	18,09	0,74	0,90
2,60	7	0	0,814	17,19	21,11	0,86	1,06
2,70	6	0	0,813	14,70	18,09	0,74	0,90
2,80	11	0	0,811	26,91	33,17	1,35	1,66
2,90	10	0	0,810	23,29	28,75	1,16	1,44
3,00	16	0	0,759	34,90	46,01	1,75	2,30
3,10	16	0	0,757	34,84	46,01	1,74	2,30
3,20	19	0	0,756	41,30	54,63	2,07	2,73
3,30	23	0	0,705	46,60	66,13	2,33	3,31
3,40	23	0	0,703	46,52	66,13	2,33	3,31
3,50	22	0	0,702	44,42	63,26	2,22	3,16
3,60	24	0	0,701	48,37	69,01	2,42	3,45
3,70	24	0	0,700	48,28	69,01	2,41	3,45
3,80	25	0	0,698	50,21	71,88	2,51	3,59

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
0,3	37,67	125,79		0	0,0	0,0	0,0	0,76	28,67	Sottofondi di Cortile
2,5	6,5	21,01	Incoerente - coesivo	0	1,76	1,88	0,19	0,76	4,95	Unità Litostratigrafica 1
3,8	17,38	50,25	Incoerente - coesivo	0	2,04	2,24	0,52	0,76	13,23	Unità Litostratigrafica 2

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3

## TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm<sup>2</sup>)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman n	De Beer
[2] - Unità Litostratigrafica 1	4,95	2,50	0,31	0,62	0,25	0,20	0,48	0,63	0,45	0,80	0,25	0,57	0,62
[3] - Unità Litostratigrafica 2	13,23	3,80	0,89	1,65	0,50	0,52	1,30	1,51	1,16	1,47	0,66	1,81	1,65

Edilingegno Sas

Piano Di Recupero Palazzo Gavigliani  
via Mazzini 58 Alessandria

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[2] - Unità Litostratigrafica 1	4,95	2,50	Robertson (1983)	9,90
[3] - Unità Litostratigrafica 2	13,23	3,80	Robertson (1983)	26,46

**Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[2] - Unità Litostratigrafica 1	4,95	2,50	22,71	74,25	52,28	61,88
[3] - Unità Litostratigrafica 2	13,23	3,80	60,70	--	136,73	132,30

**Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[2] - Unità Litostratigrafica 1	4,95	2,50	36,53	49,50
[3] - Unità Litostratigrafica 2	13,23	3,80	131,75	132,30

**Classificazione AGI**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[2] - Unità Litostratigrafica 1	4,95	2,50	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[3] - Unità Litostratigrafica 2	13,23	3,80	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

**Peso unità di volume**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
[2] - Unità Litostratigrafica 1	4,95	2,50	Meyerhof ed altri	1,76
[3] - Unità Litostratigrafica 2	13,23	3,80	Meyerhof ed altri	2,04

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[2] - Unità Litostratigrafica 1	4,95	2,50	Meyerhof ed altri	1,88
[3] - Unità Litostratigrafica 2	13,23	3,80	Meyerhof ed altri	2,24

**Velocità onde di taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[2] - Unità Litostratigrafica 1	4,95	2,50	Ohta & Goto (1978) Limi	96,27
[3] - Unità Litostratigrafica 2	13,23	3,80	Ohta & Goto (1978) Limi	133,45

**TERRENI INCOERENTI****Densità relativa**

	Intestazione NSPT\$	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[2] - Unità Litostratigrafica 1	4,95	2,50	22,9	49,43	56,53	20,7
[3] - Unità Litostratigrafica 2	13,23	3,80	36,86	69,16	69,82	39,69

**Angolo di resistenza al taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza	Peck-Hanson-Thornburn-	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD)	Japanes e National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki

Edilingegno Sas

Piano Di Recupero Palazzo Gavigliani  
via Mazzini 58 Alessandria

			falda	Meyerh of 1956							BRIDG E SPECIF ICATIO N)			
[2] - Unità Litostrat igrafica 1	4,95	2,50	4,95	28,41	21,41	29,39	31,16	31,65	0	<30	23,62	28,49	32,23	24,95
[3] - Unità Litostrat igrafica 2	13,23	3,80	13,23	30,78	23,78	31,7	30,6	34,86	37,68	30-32	29,09	30,97	39,57	31,27

**Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze- Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[2] - Unità Litostratigrafica a 1	4,95	2,50	4,95	---	39,60	---	---	---
[3] - Unità Litostratigrafica a 2	13,23	3,80	13,23	259,63	105,84	156,81	279,23	141,15

**Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman- Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[2] - Unità Litostratigrafica 1	4,95	2,50	4,95	---	37,63	35,15	60,08
[3] - Unità Litostratigrafica 2	13,23	3,80	13,23	79,38	54,64	93,93	97,01

**Classificazione AGI**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[2] - Unità Litostratigrafica 1	4,95	2,50	4,95	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[3] - Unità Litostratigrafica 2	13,23	3,80	13,23	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

**Peso unità di volume**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
[2] - Unità Litostratigrafica 1	4,95	2,50	4,95	Meyerhof ed altri	1,54
[3] - Unità Litostratigrafica 2	13,23	3,80	13,23	Meyerhof ed altri	1,83

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[2] - Unità Litostratigrafica 1	4,95	2,50	4,95	Terzaghi-Peck 1948- 1967	1,89
[3] - Unità Litostratigrafica 2	13,23	3,80	13,23	Terzaghi-Peck 1948- 1967	1,94

**Modulo di Poisson**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[2] - Unità	4,95	2,50	4,95	(A.G.I.)	0,34

Edilingegno Sas

Piano Di Recupero Palazzo Gavigliani  
via Mazzini 58 Alessandria

Litostratigrafica 1					
[3] - Unità Litostratigrafica 2	13,23	3,80	13,23	(A.G.I.)	0,33

**Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[2] - Unità Litostratigrafica 1	4,95	2,50	4,95	292,31	332,13
[3] - Unità Litostratigrafica 2	13,23	3,80	13,23	736,51	605,60

**Velocità onde di taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[2] - Unità Litostratigrafica 1	4,95	2,50	4,95	Ohta & Goto (1978) Limi	96,27
[3] - Unità Litostratigrafica 2	13,23	3,80	13,23	Ohta & Goto (1978) Limi	133,45

**Liquefazione**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[2] - Unità Litostratigrafica 1	4,95	2,50	4,95	Seed e Idriss (1971)	--
[3] - Unità Litostratigrafica 2	13,23	3,80	13,23	Seed e Idriss (1971)	--

**Modulo di reazione Ko**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[2] - Unità Litostratigrafica 1	4,95	2,50	4,95	Navfac 1971-1982	0,98
[3] - Unità Litostratigrafica 2	13,23	3,80	13,23	Navfac 1971-1982	2,77

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[2] - Unità Litostratigrafica 1	4,95	2,50	4,95	Robertson 1983	9,90
[3] - Unità Litostratigrafica 2	13,23	3,80	13,23	Robertson 1983	26,46



## Allegato 2 – Sondaggi Sismici Verticali – Schede di Prova

**M19E EDILINGEGNO VIA MAZZINI 58 AL SSV, SSV1**

Instrument: TRS-0010/00-06

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 21/01/19 16:26:01 End recording: 21/01/19 16:36:02

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h10'00". Analyzed 93% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

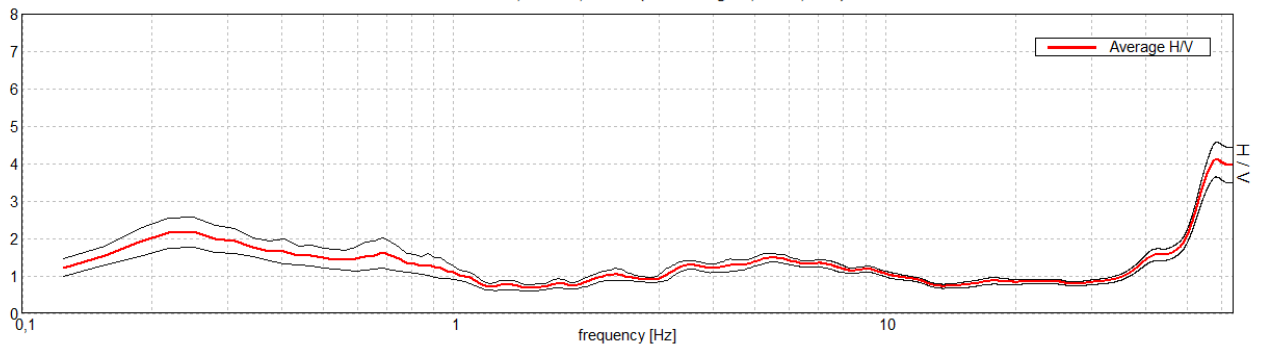
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

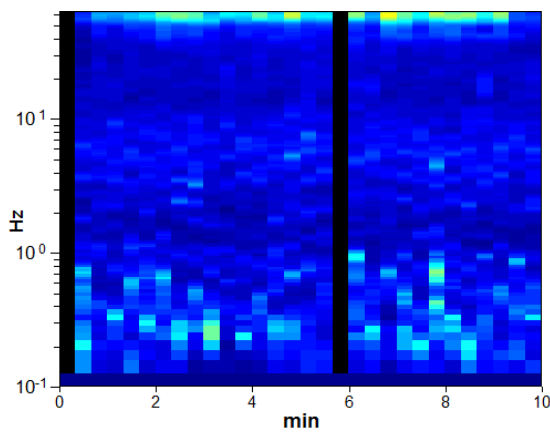
Smoothing: 10%

## HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

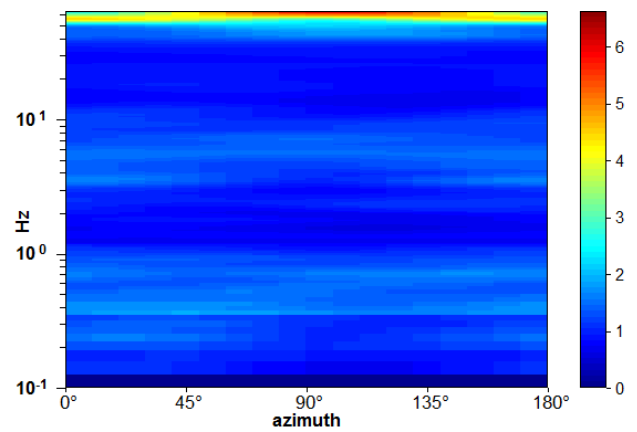
Max. H/V at 58,34 ± 15,58 Hz. (In the range 0,0 - 64,0 Hz).



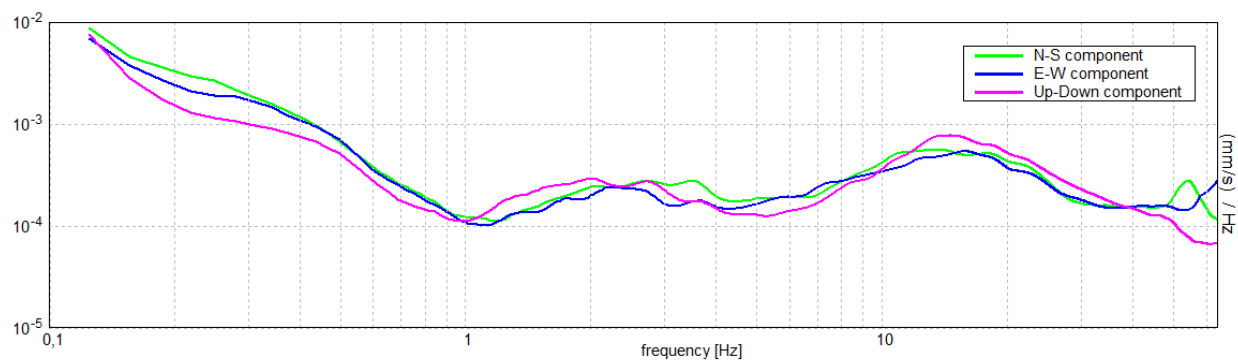
## H/V TIME HISTORY



## DIRECTIONAL H/V



### SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

**Max. H/V at 58,34 ± 15,58 Hz (in the range 0,0 - 64,0 Hz).**

<b>Criteria for a reliable H/V curve</b> [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	58,34 > 0,50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	32672,5 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 1116 times	OK	
<b>Criteria for a clear H/V peak</b> [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	49,906 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	4,11 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0,26704  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	15,58008 < 2,91719		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0,4663 < 1,58	OK	

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

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

**M19E EDILINGEGNO VIA MAZZINI 58 AL SSV, SSV2**

Instrument: TRS-0010/00-06

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 21/01/19 16:37:15 End recording: 21/01/19 16:47:16

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

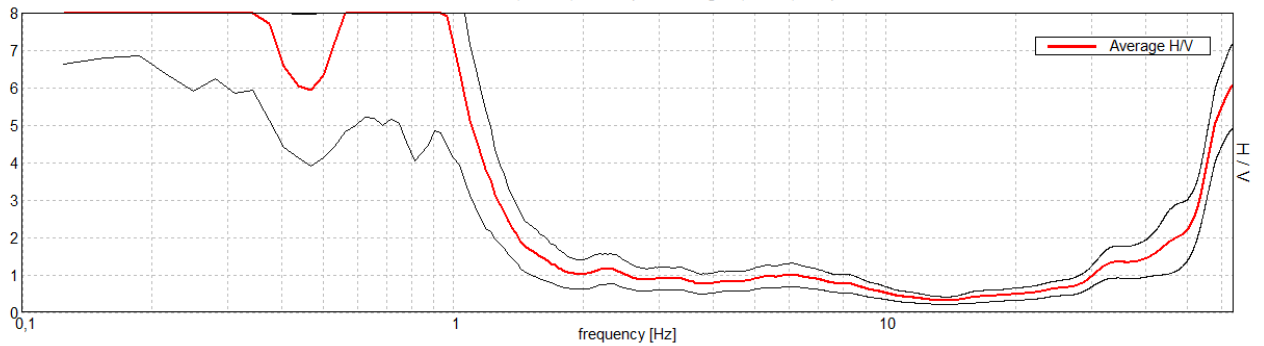
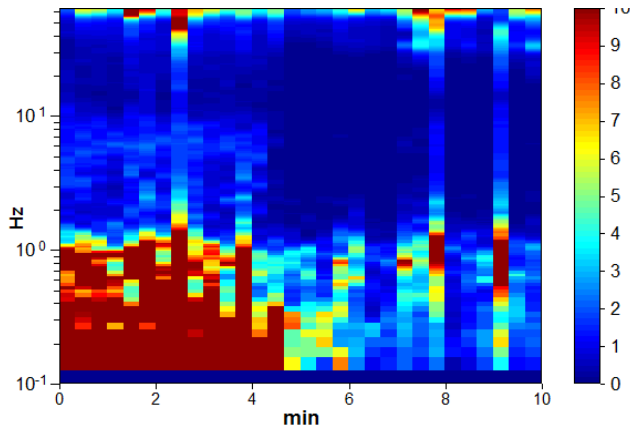
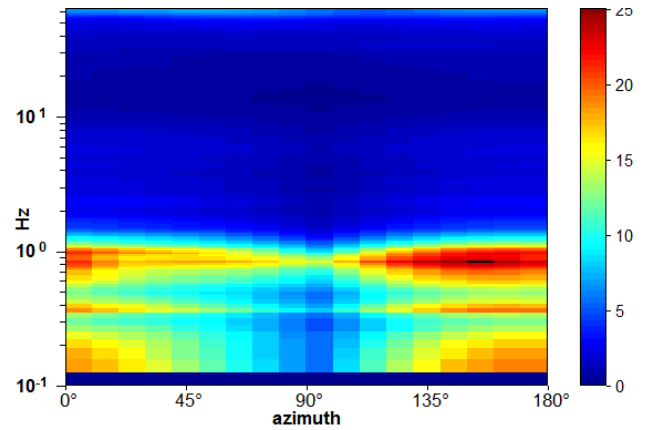
Trace length: 0h10'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling rate: 128 Hz

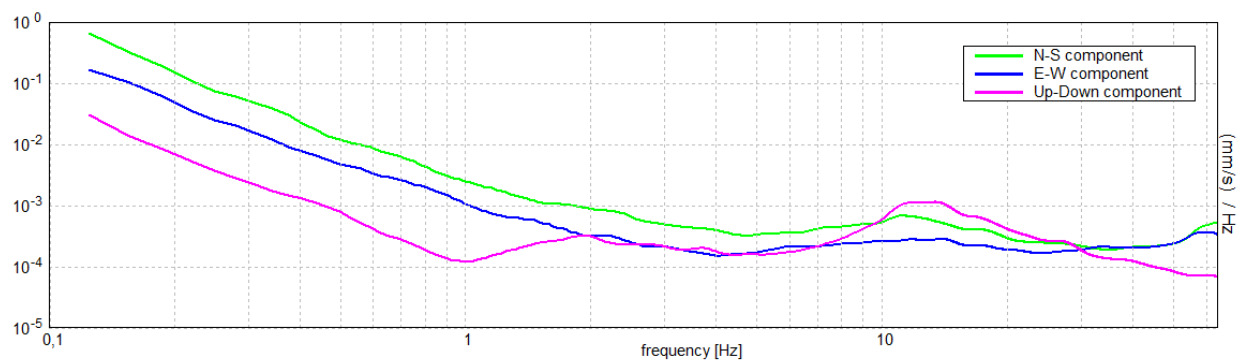
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

**HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO**Max. H/V at  $0,81 \pm 0,31$  Hz. (In the range 0,0 - 64,0 Hz).**H/V TIME HISTORY****DIRECTIONAL H/V**

### SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

**Max. H/V at  $0,81 \pm 0,31$  Hz (in the range 0,0 - 64,0 Hz).**

<b>Criteria for a reliable H/V curve</b> [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	0,81 > 0,50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	487,5 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 22 out of 40 times		NO
<b>Criteria for a clear H/V peak</b> [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0,469 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1,063 Hz	OK	
$A_0 > 2$	12,24 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0,37828  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0,30735 < 0,12188$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$8,2028 < 2,0$		NO

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

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

**M19E EDILINGEGNO VIA MAZZINI 58 AL SSV, SSV3**

Instrument: TRS-0010/00-06

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 21/01/19 16:49:26 End recording: 21/01/19 16:59:27

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

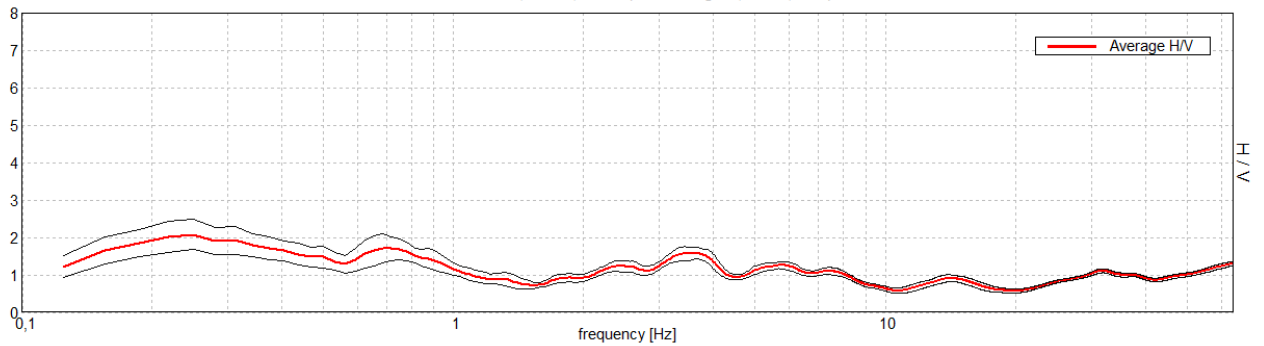
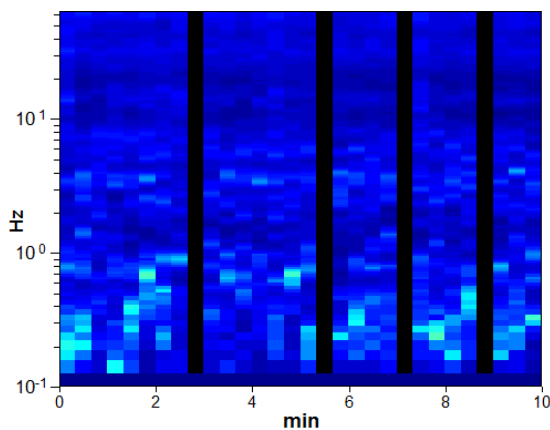
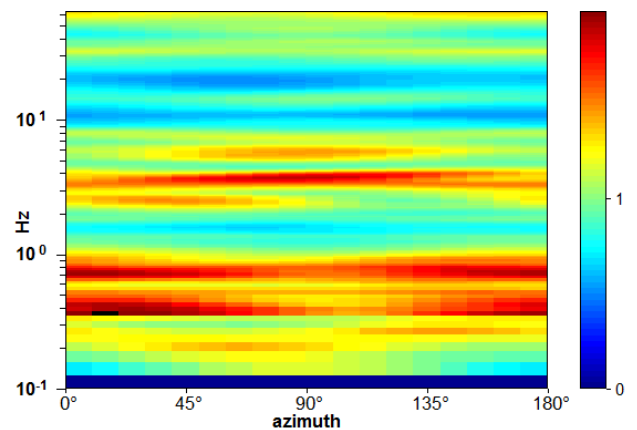
Trace length: 0h10'00". Analyzed 87% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

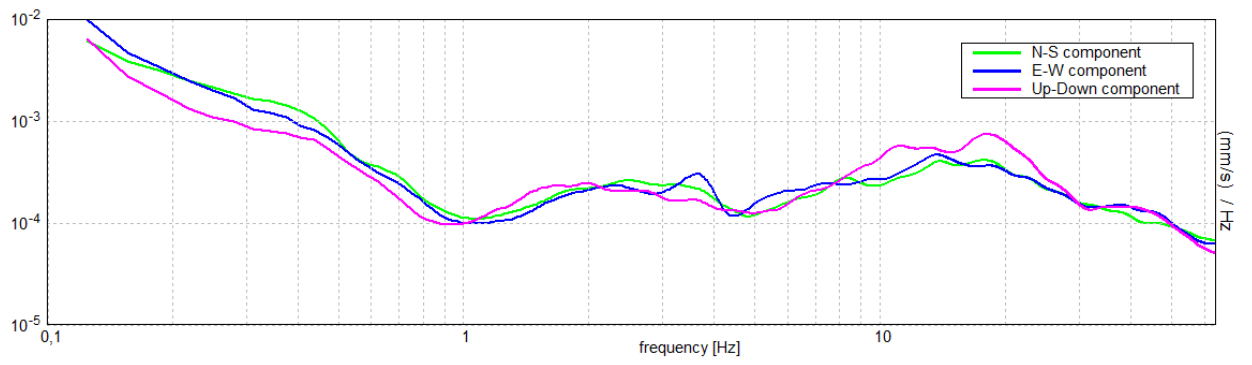
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

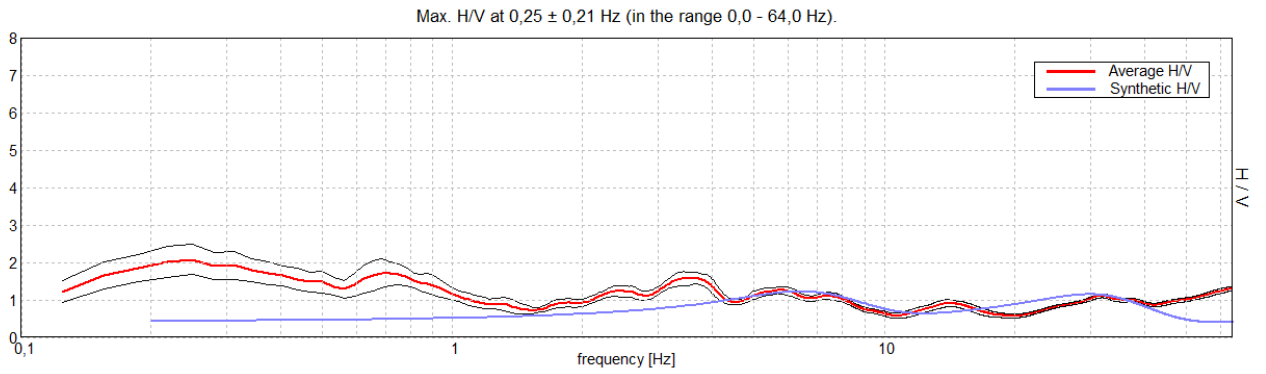
**HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO**Max. H/V at  $0,25 \pm 0,21$  Hz (in the range 0,0 - 64,0 Hz).**H/V TIME HISTORY****DIRECTIONAL H/V**



SINGLE COMPONENT SPECTRA

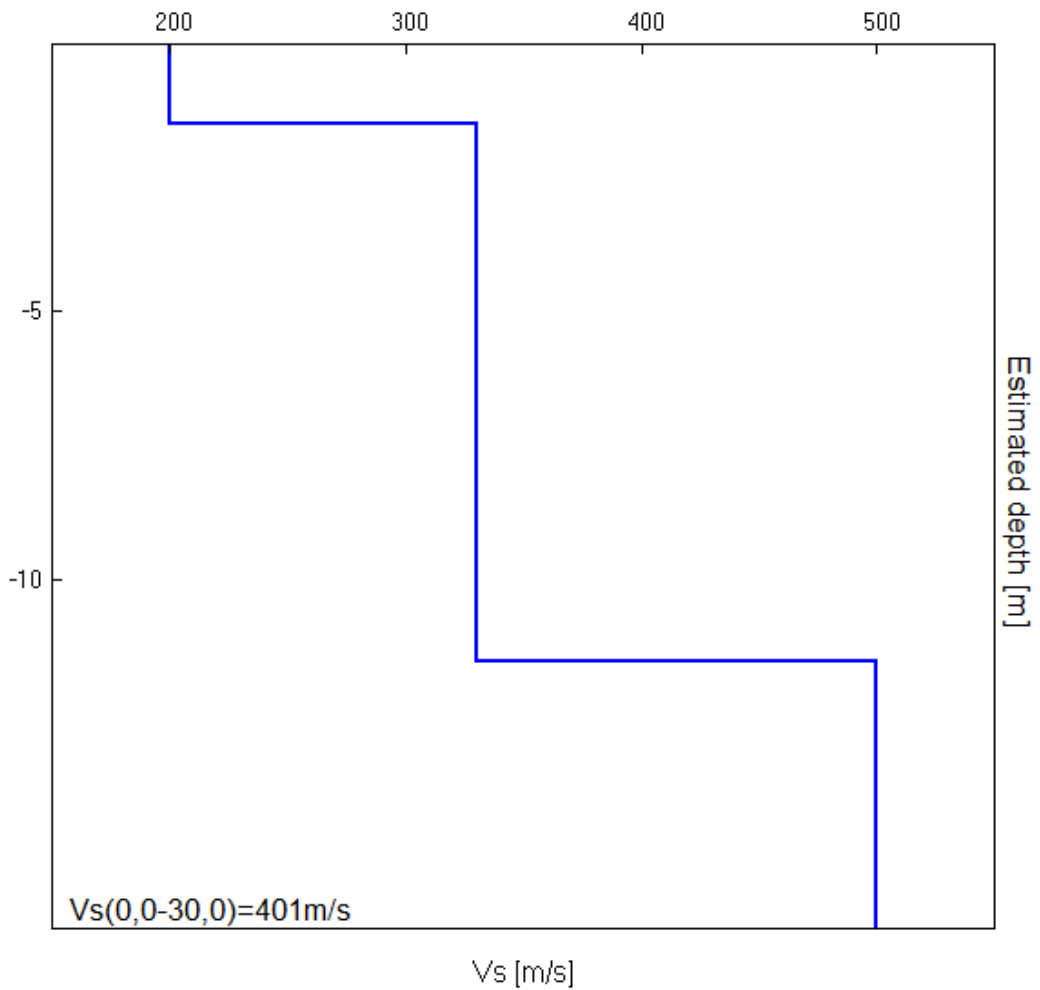


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1,50	1,50	200	0,42
11,50	10,00	330	0,42
inf.	inf.	500	0,42

$Vs(0,0-30,0)=401m/s$



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

**Max. H/V at  $0,25 \pm 0,21$  Hz (in the range 0,0 - 64,0 Hz).**

<b>Criteria for a reliable H/V curve</b> [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	0,25 > 0,50		NO
$n_c(f_0) > 200$	130,0 > 200		NO
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 13 times	OK	
<b>Criteria for a clear H/V peak</b> [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0,094 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	2,08 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0,85661  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0,21415 < 0,05		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0,408 < 2,5	OK	

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

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



## Allegato 4– Sondaggi Sismici Verticali – metodologia

### Modalità di indagine.

Nei siti indicati in relazione e negli allegati cartografici sono state effettuate altrettante misure di microtremore ambientale della durata di 14 minuti ciascuna utilizzando un tromografo digitale progettato specificatamente per l'acquisizione del rumore sismico ambientale.

Lo strumento è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente ed è fornito di GPS interno.

I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 128 Hz che è quella più risolutiva possibile per le profondità investigate.

### Definizioni.

Il tipo di stratigrafia che le tecniche di sismica passiva possono restituire si basa sul concetto di *contrasto di impedenza*.

Per *strato* si intende cioè un'unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto di impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

### La tecnica impiegata.

Dai primi studi di Kanai (1957) in poi, diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo a partire dagli spettri del rumore sismico registrati in un sito. Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è la tecnica dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (HVSR), applicata da Nogoshi e Igarashi (1970).

Il metodo fu in seguito reso popolare principalmente da Nakamura (1989) come strumento per la determinazione dell'amplificazione sismica locale; sebbene su questo punto non sia ancora stato raggiunto consenso, è invece ampiamente riconosciuto che l'HVSR è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali di risonanza dei sottosuoli.

Riconosciuta questa capacità e dato che, se è disponibile una stima delle velocità delle onde elastiche, le frequenze di risonanza possono essere convertite in stratigrafia, ne risulta che il metodo HVSR può essere in linea di principio usato come strumento stratigrafico.

Le basi teoriche dell'HVSR sono relativamente semplici in un sistema stratificato in cui i parametri variano solo con la profondità (1-D). Consideriamo il sistema di Fig.a in cui gli strati 1 e 2 si distinguono per le diverse densità ( $\rho_1$  e  $\rho_2$ ) e le diverse velocità delle onde sismiche ( $V_1$  e  $V_2$ ).

Un'onda che viaggia nel mezzo 1 viene (parzialmente) riflessa dall'orizzonte che separa i due strati; l'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente ( $\lambda$ ) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore  $H$  del primo strato.

In altre parole la frequenza fondamentale di risonanza ( $f_r$ ) dello strato 1 relativa alle onde P è pari a

$$f_r = V_{P1}/(4 H) \quad [1]$$

mentre quella relativa alle onde S è

$$f_r = V_{S1}/(4 H). \quad [2]$$

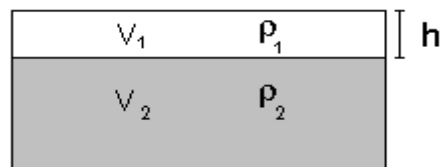
Teoricamente questo effetto è sommabile cosicché la curva HVSR mostra come massimi relativi le frequenze di risonanza dei vari strati. Questo, insieme ad una stima delle velocità, è in grado di fornire previsioni sullo spessore  $H$  degli strati.

Questa informazione è per lo più contenuta nella componente verticale del moto ma la prassi di usare il rapporto tra gli spettri orizzontali e quello verticale, piuttosto che il solo spettro verticale, deriva dal fatto che il rapporto fornisce un'importante normalizzazione del segnale per *a)* il contenuto in frequenza, *b)* la risposta strumentale e *c)* l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.

La normalizzazione, che rende più semplice l'interpretazione del segnale, è alla base della popolarità del metodo. Rileviamo inoltre come i microtremori siano solo in parte costituiti da onde di volume, P o S, e in misura molto maggiore da onde superficiali, in particolare da onde di Rayleigh (Lachet e Bard, 1994).

Tuttavia ci si può ricondurre a risonanza delle onde di volume poiché le onde di superficie sono prodotte da interferenza costruttiva di queste ultime è poiché la velocità dell'onda di Rayleigh è molto prossima a quella delle onde S.

L'applicabilità pratica della semplice formula [2] è stata già dimostrata in molti studi sia nell'ambito della prospezione geofisica che nell'ambito ingegneristico (per un riassunto cf. Gallipoli *et al.*, 2000; Mucciarelli e Gallipoli, 2001; Castellaro *et al.*, 2005]. Poiché la situazione illustrata è tipica delle coltri sedimentarie sovrastanti basamenti rocciosi, il metodo HVSR è parso immediatamente applicabile alla determinazione dello spessore delle coltri sedimentarie (per un esempio magistrale si veda Ibs-Von Seht e Wohlenberg, 1999).



**Fig.α** - Modello di suolo costituito da due strati a diverse velocità delle onde sismiche e densità.

In questo lavoro i segnali sono stati analizzati non solo attraverso i rapporti spettrali HVSR ma anche attraverso gli spettri delle singole componenti, come in Mulargia e Castellaro (2006).

#### Procedura di analisi dati.

Dalle registrazioni del rumore sismico sono state ricavate e analizzate due serie di dati:

1. le curve HVSR desunta dalle misure in sito e ricavate, secondo la procedura descritta in Castellaro *et al.* (2005), con parametri:
  - ⇒ larghezza delle finestre d'analisi 20 s,

Edilingegno Sas

Piano Di Recupero Palazzo Gavigliani  
via Mazzini 58 Alessandria

- ⇒ 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.

2. le curve dello spettro di velocità delle tre componenti del moto (ottenute dopo analisi con gli stessi parametri del punto 1).

Le profondità  $H$  delle discontinuità sismiche sono state ricavate tramite la formula [3] in cui  $V_0$  è la velocità al tetto dello strato,  $a$  un fattore che dipende dalle caratteristiche del sedimento (granulometria, coesione ecc.) e  $v$  la frequenza fondamentale di risonanza (cf. ad esempio Ibs-Von Seht e Wohlenberg, 1999).

$$[3] \quad H = \left[ \frac{V_0(1-a)}{4\hat{v}_1} + 1 \right]^{1/(1-a)} - 1$$