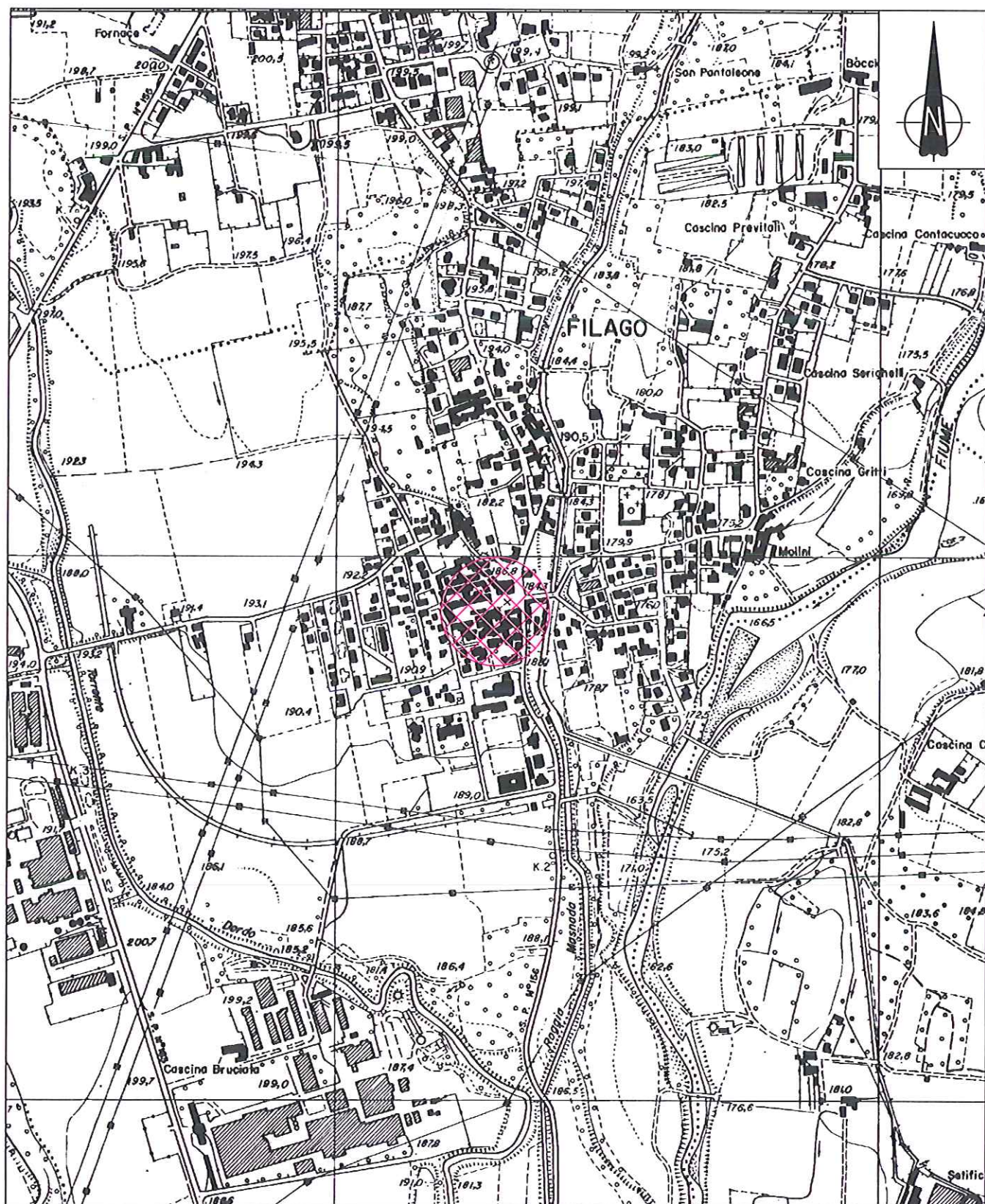


Allegato 1

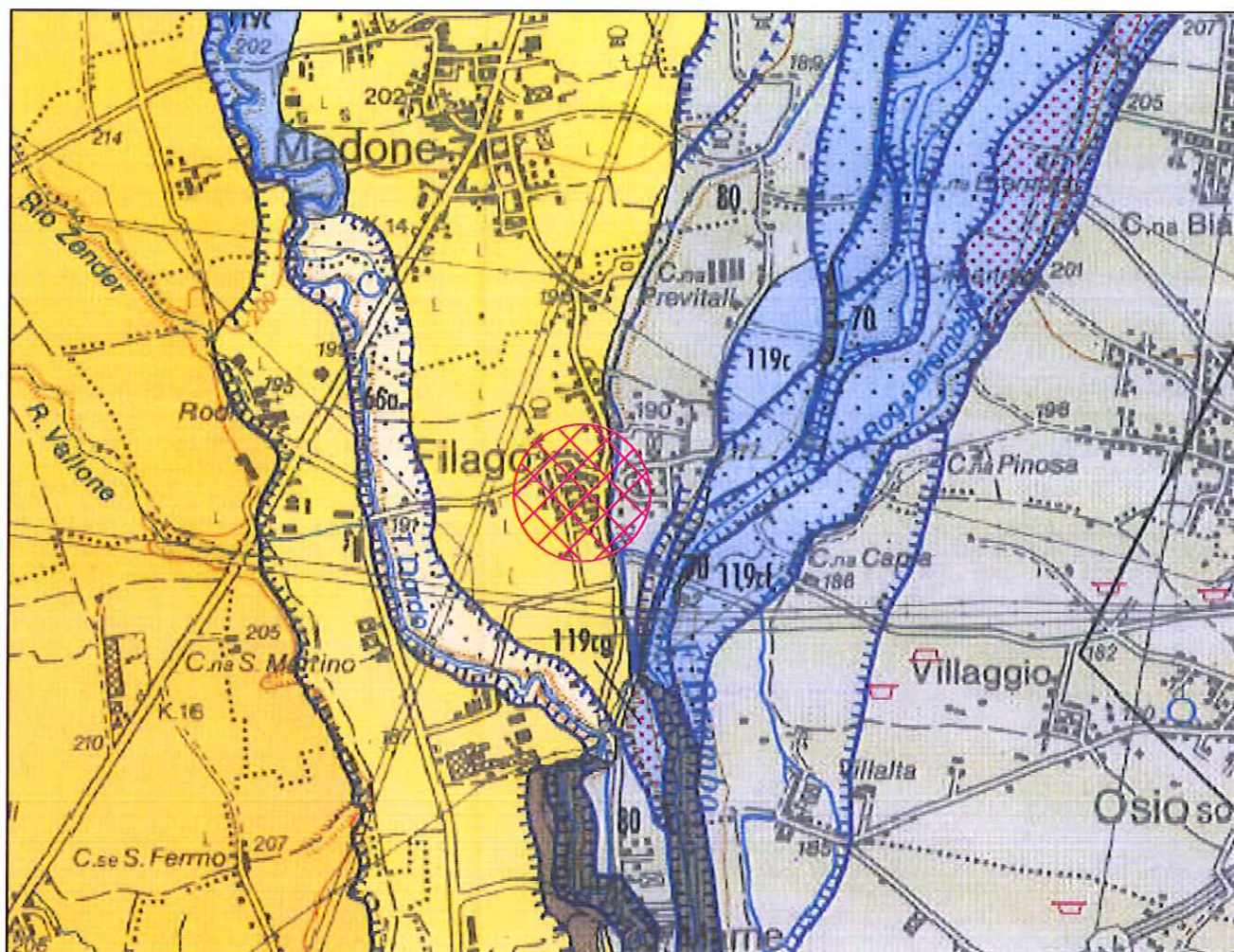
INQUADRAMENTO GEOGRAFICO
scala 1:10.000



Allegato 2

INQUADRAMENTO GEOLOGICO

CARTA GEOLOGICA DELLA
PROVINCIA DI BERGAMO
scala 1:25.000



UNITA' POSTGLACIALE (119)



- 119a) depositi di versante.
 - 119b) depositi di conoide.
 - 119c) depositi alluvionali.
 - 119d) depositi lacustri, palustri e di torbiera.
 - 119e) depositi glaciali.
 - 119cf) depositi alluvionali in pianura con superficie limite superiore caratterizzata da Entisuoli.
 - 119cg) depositi alluvionali in pianura con superficie limite superiore caratterizzata da Inceptisuoli.
 - 119ch) depositi alluvionali in pianura con superficie limite superiore caratterizzata da Inceptisuoli rubefatti o da Alfisuoli poco espressi.
- Morfologie ancora in evoluzione. **PLEISTOCENE SUPERIORE - OLOCENE**

COMPLESSO DEL BREMBO (80)



Depositi glaciali, fluvioglaciali alluvionali e di versante. Superficie limite superiore: morfologie ben conservate, profili di alterazione inferiori a 1,6 m, scarsa alterazione dei clasti e della matrice, colore tra 7.5YR e 10YR, copertura loessica assente. Comprensivo di: Unità del Plan di Bobbio, Unità di Ornica, Unità di Mezzoldo, Unità di Bàresi, Unità della Cima di Menna, Unità dei Tre Pizzi, Unità di Val Mezzeno, Unità di Zogno, Unità di Treviglio. **PLEISTOCENE SUPERIORE**

UNITA' DI CARVICO (65)



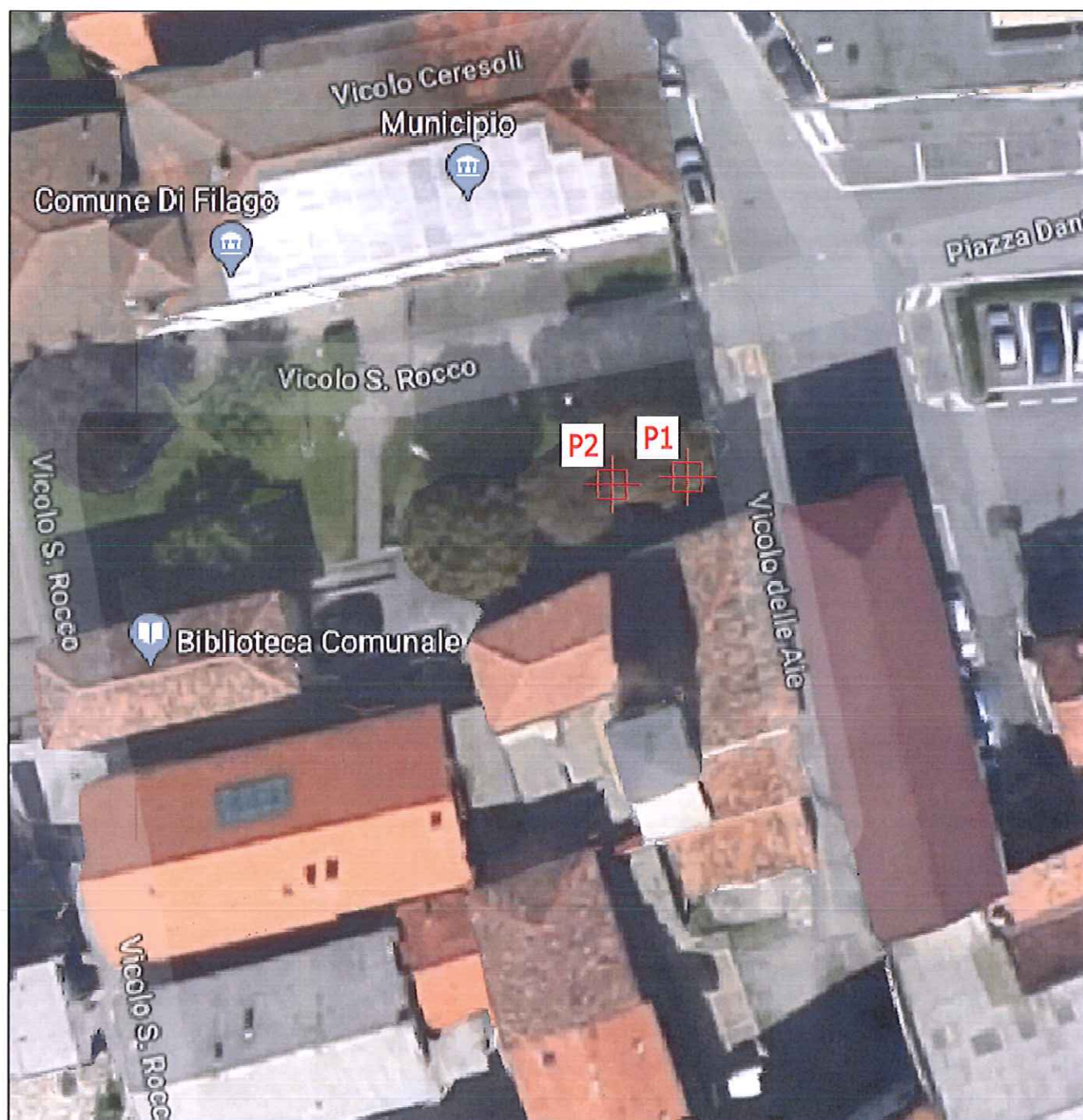
Depositi glaciali e fluvioglaciali. Clasti di litotipi dell'Alto Lario e della Valtellina. Superficie limite superiore: morfologia ben conservata, copertura loessica discontinua presente, profilo di alterazione evoluto con profondità massima del fronte di decarbonatazione compreso tra 3 e 4 m, colore 7.5YR. **PLEISTOCENE MEDIO - SUPERIORE ?**

Allegato 3

PLANIMETRIA CON
UBICAZIONE INDAGINI

E

CARATTERISTICHE TECNICHE DEL
PENETROMETRO IN USO



P1



Ubicazione prove penetrometriche dinamiche

PENETROMETRO DINAMICO IN USO: TG 73-100 M-A.C

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

CARATTERISTICHE TECNICHE: TG 73-100 M-A.C

PESO MASSA BATTENTE	M =	73.00 Kg	
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H =	0.75 m	
DIAMETRO PUNTA CONICA	D =	51.00 mm	
AREA BASE PUNTA CONICA	A =	20.43 cm ²	
ANGOLO APERTURA PUNTA	α =	60°	
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La =	0.90 cm	
PESO ASTE PER METRO	Ma =	6.31 Kg	
PROF. GIUNZIONE 1° ASTA	P1 =	0.30 m	
AVANZAMENTO PUNTA	δ =	0.30 m	
NUMERO DI COLPI PUNTA	N =	N(30) →	Relativo ad un avanzamento di 30 cm
RIVESTIMENTO/FANGHI	NO		
ENERGIA SPECIFICA X COLPO	Q =	(Mh)/(A δ) = 8.93 Kg/cm ²	(prova SPT: Qspt = 7.83 kg/cm ²)
COEFF. TEORICO DI ENERGIA	β_t =	Q/Qspt = 1.141	(teoricamente: Nspt = β_t N)

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd [funzione del numero di colpi N]
(FORMULA OLANDESE):

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

Rpd	=	resistenza dinamica punta [area A]
e	=	infissione per colpo = δ / N
M	=	peso massa battente (altezza caduta H)
P	=	peso totale aste e sistema battuta

Allegato 4

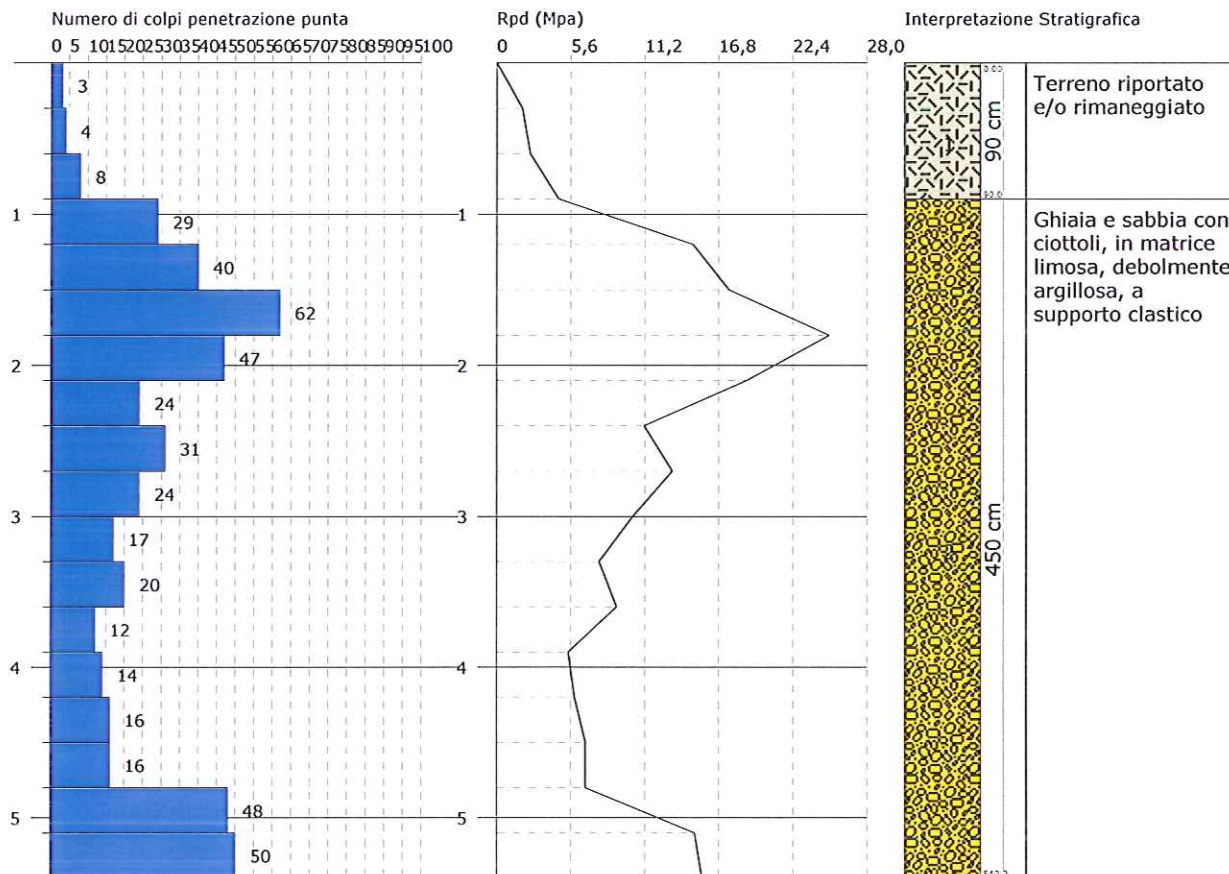
PROFILI PROVE
PENETROMETRICHE DINAMICHE

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1 **Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)**

Committente: Comune di Filago
Cantiere: Ristrutturazione ex Municipio per la realizzazione della nuova biblioteca
Località: Filago (BG) - Piazza Dante Alighieri

Data: 28/11/2017

Scala 1:50



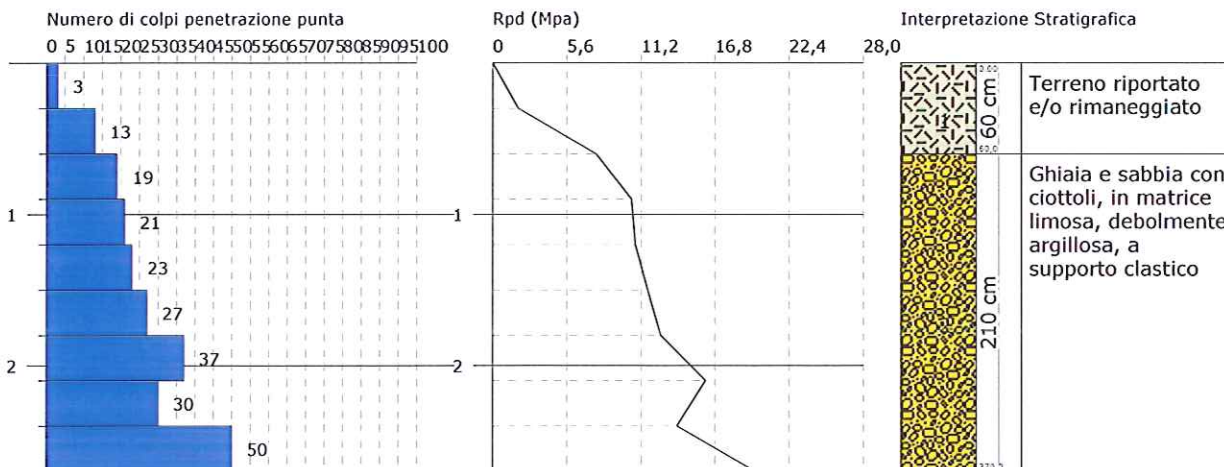
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2

Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)

Committente: Comune di Filago
Cantiere: Ristrutturazione ex Municipio per la realizzazione della nuova biblioteca
Località: Filago (BG) - Piazza Dante Alighieri

Data: 28/11/2017

Scala 1:50



Allegato 5

INDAGINE SISMICA DI SITO

COMUNE DI FILAGO

(Provincia di Bergamo)

Oggetto

Indagini geofisiche in Piazza Dante Alighieri

Committente	Data
Comune di Filago	Novembre 2017



SOMMARIO

1	PREMESSA.....	3
	1.1 Dati generali.....	3
	1.2 Tecniche multicanale a onde di superficie	5
	1.2.1 Cenni metodologici	5
	1.2.2 Acquisizione dati	6
	1.2.3 Elaborazione ed interpretazione dei risultati.....	7
	1.3 Tecnica H/V	8
	1.3.1 Cenni metodologici	8
	1.3.2 Acquisizione dati	10
	1.3.3 Elaborazione ed interpretazione dei risultati	10
2	INDAGINE MASW	11
	2.1 Parametri di acquisizione	11
	2.2 Acquisizione ed elaborazione	12
3	INDAGINE H/V	13
	3.1 Informazioni generali.....	13
	3.2 Analisi della traccia.....	14
	3.3 Modellazione.....	15
4	CONCLUSIONI.....	16
5	BIBLIOGRAFIA	19



1 PREMESSA

1.1 *Dati generali*

Su incarico della committenza è stata eseguita la presente indagine geofisica sui terreni ubicati in Piazza Dante Alighieri nel comune di Filago (BG). L'obiettivo è ricavare, per il sito in esame, il modello geofisico di sottosuolo, la frequenza di risonanza del terreno e la categoria di sottosuolo derivante dalla Vs30 (NTC08).

A tal fine è stata eseguita una campagna di indagine sismica caratterizzata dalla combinazione delle seguenti tecniche:

- prospezione sismica multicanale a onde si superficie (MASW, ReMi),
- sismica passiva a stazione singola con tecnica H/V.

Nelle figure seguenti viene evidenziata l'ubicazione delle indagini eseguite.



Figura 1 - Immagine dell'area tratta da www.maps.google.it. con ubicazione delle indagini eseguite



1.2 Tecniche multicanale a onde di superficie

1.2.1 Cenni metodologici

La propagazione delle onde, nel caso di mezzi stratificati è caratterizzata da una diversa velocità di propagazione a sua volta legata alle varie lunghezze d'onda che interessano il terreno a diverse profondità e che risultano condizionate dalle caratteristiche elastiche e di rigidità del sottosuolo. Lunghezza d'onda “ λ ”, frequenza “ f ” e velocità di propagazione “ V ” sono legate dalla relazione:

$$V = \lambda \cdot f$$

In generale, lunghezze d'onda più grandi corrispondono alle frequenze più basse e vanno ad interessare il terreno più in profondità; al contrario lunghezze d'onda minori, poiché associate alle frequenze più alte, rimangono nelle immediate vicinanze della superficie. Questa proprietà, chiamata dispersione, è valida solo per le onde di superficie, Rayleigh e Love in mezzi stratificati.

Le tecniche per ricavare le curve di dispersione da sorgenti attive o passive con due o più ricevitori hanno una varietà di nomi che dipendono da dettagli quali la geometria dei ricevitori, sorgente attiva o passiva etc. I più diffusi tra i metodi attivi sono: SASW (spectral analysis of surface waves; Heisey et al., 1982) e MASW (multichannel analysis of surface waves; Park et al., 1999); mentre tra i metodi passivi sono ESAC (extended spatial auto correlation; Ohori et al., 2002) e ReMi (refraction microtremor; Louie, 2001).

La base di tutte queste tecniche è lo slant - stack o correlazione del segnale registrato da una serie di ricevitori (geofoni), che permette la determinazione della velocità di propagazione di onde a frequenze diverse che attraversano lo stendimento.



1.2.2 Acquisizione dati

Per l'esecuzione delle indagini sismiche in oggetto si è utilizzata la seguente strumentazione:

- sismografo digitale multicanale Soilspy Rosina (Moho s.r.l.) a 16 canali;
- n. 16 geofoni verticali da 4,5 Hz;
- mazza battente da 8 kg;
- piattello metallico di battuta;
- pc portatile.

Sullo stesso stendimento è possibile realizzare due tipologie di indagini: MASW e ReMi.

Nel caso di una indagine con tecnica MASW, per il posizionamento del piattello di battuta (shot point) è stata preparata una piazzola asportando i primi centimetri di suolo vegetale e infiggendo la piastra metallica di alcuni centimetri nel terreno; in questo modo si è ottenuta una migliore energizzazione sismica in termini di ampiezza e di spettro dell'impulso immesso, con un incremento del rapporto segnale/rumore.

In seguito sono state acquisite n. 5 energizzazioni, generate battendo la mazza da 8 kg sulla piastra metallica.

Nel caso di una indagine con tecnica ReMi, invece, si esegue una registrazione simultanea in più geofoni del rumore sismico ambientale. La registrazione ha una durata di alcuni minuti.



1.2.3 Elaborazione ed interpretazione dei risultati

Per quanto riguarda, infine, l'elaborazione delle misure è stato impiegato il software Grilla prodotto da Moho s.r.l., col quale il segnale sismico registrato viene processato attraverso procedure di slant - stack (traslazione e somma) e FFT ottenendo gli spettri di velocità di fase. Questi indicano, per ogni frequenza, la più probabile velocità delle onde di superficie investigate.

Da tali spettri è possibile ricostruire un profilo di V_s , sapendo che:

- per ogni frequenza è possibile calcolare la lunghezza d'onda corrispondente secondo la relazione $\lambda = V/f$;
- la profondità corrispondente z è compresa tra $\lambda/3$ e $\lambda/2$.

La V_s , inoltre, è collegata alle velocità delle onde di Love e di Rayleigh attraverso il coefficiente di Poisson e normalmente risulta maggiore di queste ultime del 10 - 15 %.

Le onde di superficie possiedono diversi modi di propagazione; questo implica che negli spettri di velocità, alla stessa frequenza, sono possibili diversi massimi relativi di energia.

Nel caso di sorgente impulsiva ideale (con spettro bianco), geometria dei ricevitori ideale (perfettamente sintonizzata su tutte le frequenze) e suolo ideale (isotropo, lateralmente omogeneo, con graduale aumento della velocità in profondità) il modo fondamentale è quello dominante in termini di energia.

Individuare la curva di dispersione del modo fondamentale o classificare correttamente i modi superiori implica un certo grado di soggettività. Utilizzando gli spettri di velocità di fase si ha il vantaggio di avere un dato più oggettivo e più completo, che conserva le informazioni sulla natura multi modale delle curve di dispersione.



1.3 *Tecnica H/V*

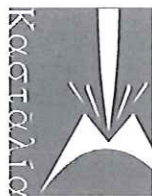
1.3.1 Cenni metodologici

La tecnica H/V, appartenente alla sismica passiva, nasce da studi condotti in Giappone attorno al 1950 ed è basata sullo studio dei rapporti di ampiezza che, nelle diverse frequenze di vibrazione (rapporti spettrali), esistono fra il rumore sismico misurato sul piano orizzontale (H) e quello misurato lungo la componente verticale (V). L'idea che sta alla base della procedura è quella secondo cui il rapporto H/V consente di eliminare il ruolo della sorgente isolando gli effetti delle modalità di propagazione delle onde sismiche. In particolare, si osserva che l'andamento dei rapporti spettrali in funzione della frequenza di vibrazione (funzione H/V) mostra dei massimi in corrispondenza delle frequenze di risonanza per le onde S generate da forti variazioni di velocità.

Il significato teorico del rapporto spettrale H/V è abbastanza immediato nel caso in cui si consideri un mezzo semplice formato da due soli strati: il bedrock ed uno strato superficiale più soffice. Si precisa che per bedrock si intende qualunque strato con velocità nettamente maggiore di quello sovrastante, in grado di determinare un picco di risonanza; tale strato non deve necessariamente essere una roccia ma, soprattutto in ambiti di pianura, può essere una sabbia o una ghiaia. Le frequenze di risonanza, in questo sistema, sono pertanto date da:

$$f_r = \frac{V_s}{4H}$$

dove V_s indica la velocità delle onde di taglio nel mezzo e H lo spessore dello strato che risuona alla frequenza f_r . Tali frequenze, associabili ai picchi del rapporto H/V, possono essere quindi eccitate dal rumore di fondo e diventare visibili nello spettro del rumore sismico misurato in superficie.



1.3.1.1 Frequenze di vibrazione e doppia risonanza

Un sisma è composto da onde di frequenza differente, che subiscono amplificazioni differenti. La frequenza a cui corrisponde la massima amplificazione viene detta frequenza naturale di vibrazione del terreno. I danni maggiori si hanno in quelle strutture la cui frequenza naturale di vibrazione è prossima alla frequenza naturale di vibrazione del terreno. In questi casi si verifica il fenomeno della doppia risonanza. Le ampiezze di oscillazione del terreno e dell'edificio si combinano, amplificando in maniera disastrosa le sollecitazioni sulla struttura.

Il fenomeno della doppia risonanza consente di spiegare il danneggiamento selettivo che si osserva quasi sempre nelle aree colpite da un sisma. Variando le condizioni geologiche locali, varia la frequenza naturale del terreno. Edifici con simile frequenza naturale possono subire livelli di danno molto differenti fra loro, perché posti in siti dove cambia la situazione geologica.

Grazie all'impiego della tecnica H/V è possibile determinare la frequenza naturale del terreno, fornendo una informazione fondamentale per la progettazione di nuovi edifici o per la verifica di quelli esistenti.

La frequenza naturale degli edifici si determina attraverso formule empiriche, come quelle proposte nelle NTC08, oppure eseguendo misure dirette con strumentazione sensibile posta all'interno dell'edificio.



1.3.2 Acquisizione dati

Per l'esecuzione dell'indagine sismica secondo la tecnica H/V in oggetto si è utilizzato il tromometro digitale Tromino 3G prodotto dalla Moho s.r.l., dotato di tre canali velocimetrici ad alta risoluzione per l'acquisizione del microtremore sismico ambientale, due livelli di amplificazione (saturazione ± 1.2 mm/s in banda) e frequenze di campionamento 128, 256, 512, 1024 Hz su tutti i canali.

Le misure vengono eseguite posizionando lo strumento al suolo, avendo cura della sua messa in bolla, e successivamente registrando per alcuni minuti.

1.3.3 Elaborazione ed interpretazione dei risultati

Per quanto riguarda, infine, l'elaborazione delle misure è stato impiegato il software Grilla prodotto da Moho s.r.l., eseguendo su ciascuna tromografia le seguenti operazioni.

- **Analisi della traccia.** La pulizia della traccia è preliminare a qualsiasi tipo di modellazione. La rimozione dei disturbi è di fondamentale importanza anche per l'analisi delle curve H/V. Tali curve devono essere statisticamente significative, ossia essere caratterizzate da una deviazione in ampiezza e in frequenza ridotta. Quando questa caratteristica non sia presente sin dall'inizio, essa va ricercata tramite una pulizia del tracciato.
- **Modellazione.** L'osservazione simultanea delle curve H/V e degli spettri delle singole componenti permette di distinguere i picchi di origine stratigrafica da quelli di natura antropica. Un picco di origine naturale individuato sulla curva H/V coincide, sugli spettri delle singole componenti, ad un minimo locale della componente spettrale verticale.



2 INDAGINE MASW

2.1 Parametri di acquisizione

<i>Numero geofoni</i>	<i>Spaziatura geofoni [m]</i>	<i>Lunghezza stendimento [m]</i>	<i>Geofono trigger</i>	<i>Offset [m]</i>	<i>Durata registrazione [s]</i>	<i>Frequenza di campionamento [Hz]</i>
10	3	27	1	10	2	512



Figura 2 – Esecuzione dell'indagine

2.2 *Acquisizione ed elaborazione*

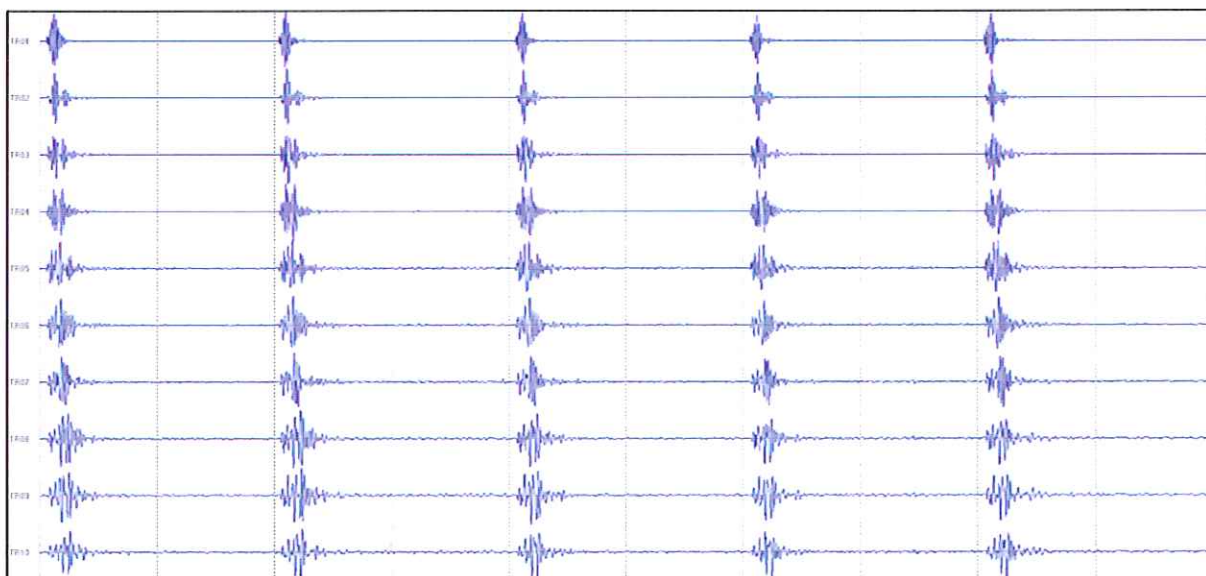


Figura 3 - Sismogramma acquisito

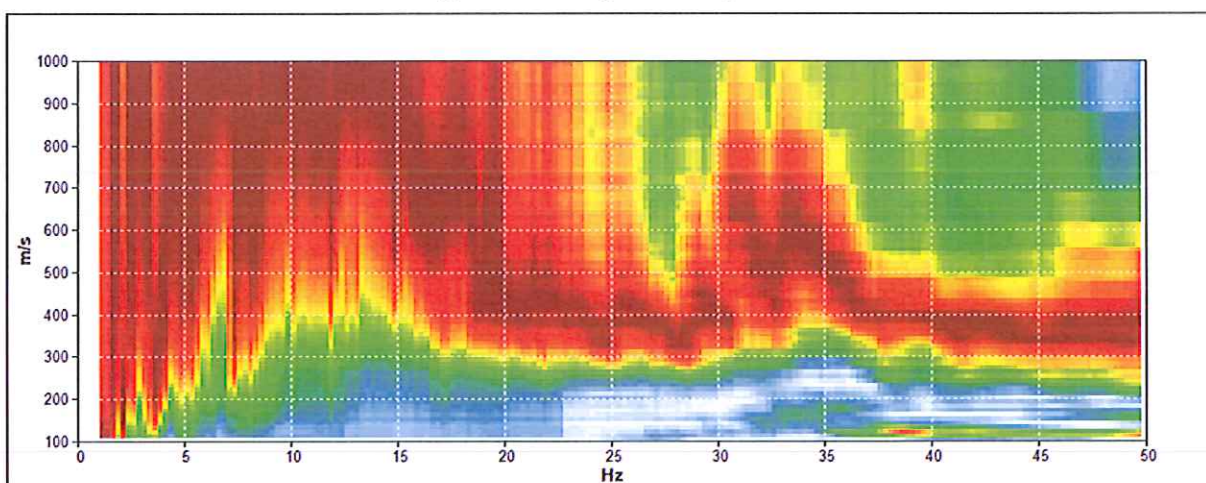


Figura 4 - Spettro delle velocità ottenuto dalla prova MASW

La fase di processing digitale del segnale ha permesso di ottimizzare l'identificazione dello spettro di velocità di fase, nel quale si osservano frammentazioni e sovrapposizioni dei modi. Tuttavia il modo fondamentale risulta meglio definito ed interpretabile nell'intervallo di frequenza $15 \div 30$ Hz.

3 INDAGINE H/V

3.1 Informazioni generali

<i>Frequenza di campionamento</i>	128 Hz	<i>Condizioni meteorologiche</i>	Sereno
<i>Data registrazione</i>	28/11/2017	<i>Lunghezza finestre</i>	20 s
<i>Terreno di misura</i>	Suolo	<i>Tipo di lisciamento</i>	Triangular window
<i>Accoppiamento suolo strumento</i>	Piedini lunghi	<i>Lisciamento</i>	10 %
<i>Orientamento dello strumento</i>	Nord	<i>Durata della registrazione</i>	14' 00"
<i>Vincolo stratigrafico</i>	Prove penetrometriche dinamiche, sismica multicanale a onde di superficie		



Figura 5 – Esecuzione dell'indagine



3.2 Analisi della traccia

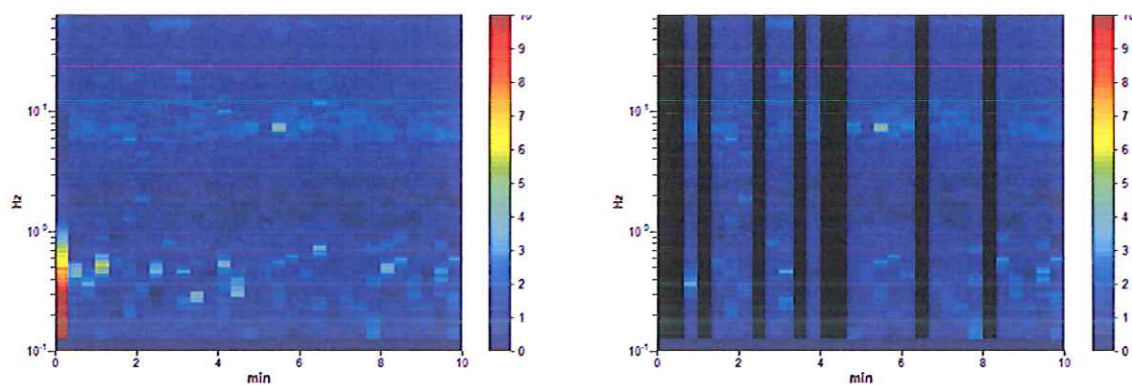


Figura 6 – Serie temporale H/V durante la misura e in seguito alla rimozione dei disturbi

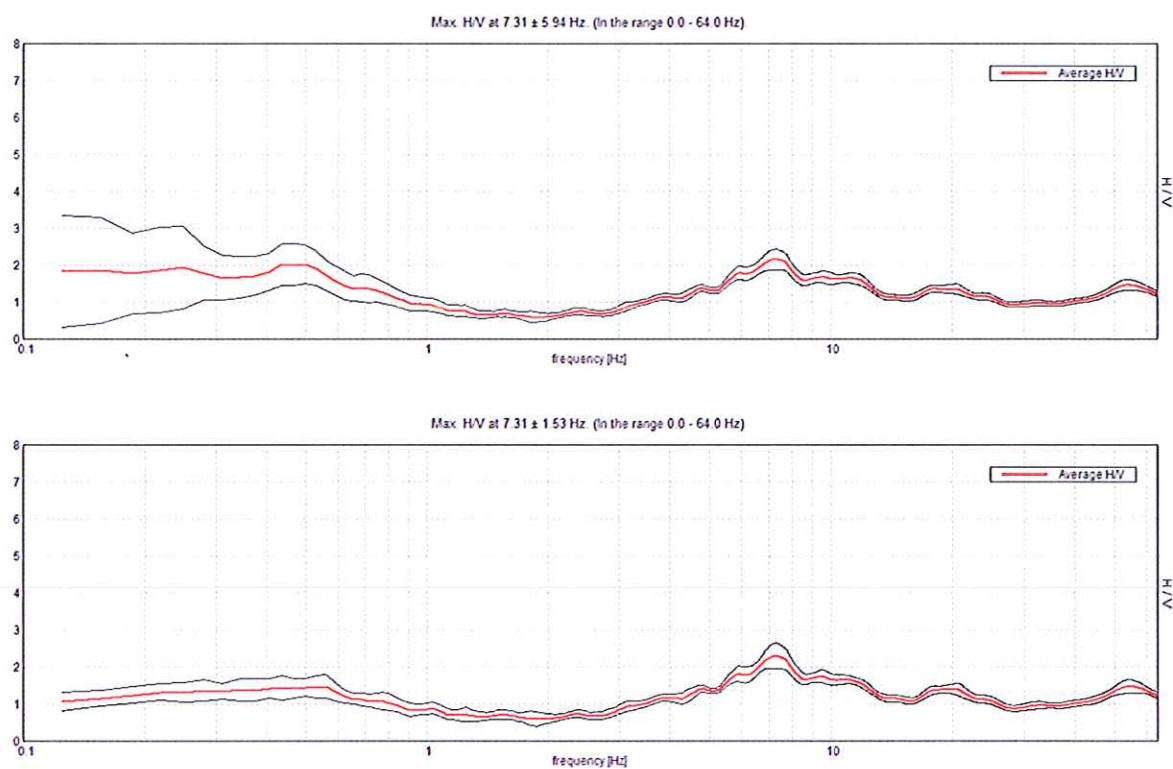


Figura 7 - Curve H/V e deviazione standard prima e dopo la rimozione dei disturbi



3.3 Modellazione

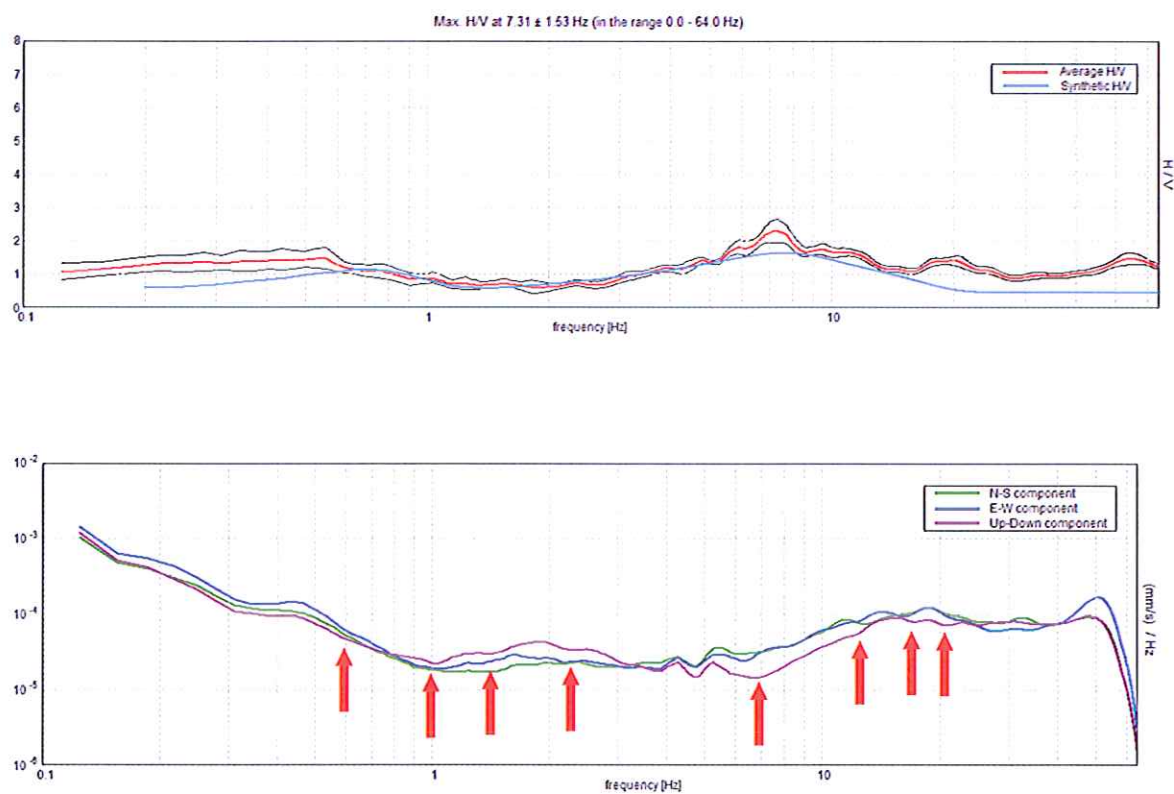


Figura 8 - Dall'alto in basso: curva H/V nella prima immagine; spettri delle singole componenti nella seconda immagine. Le frecce rosse indicano i picchi di origine stratigrafica

4 CONCLUSIONI

Il profilo sismo - stratigrafico verticale ricavato dall'interpretazione congiunta delle due indagini geofisiche (H/V + MASW) eseguite evidenzia velocità delle onde di taglio crescenti gradualmente, con orizzonti piuttosto rigidi già nei primi metri di sottosuolo. La V_s , infatti, è pari a 347 m/s alla profondità di 3 m da p.c.. Il bedrock sismico ($V_s \approx 1080$ m/s), infine, è collocato a circa 200 m di profondità.

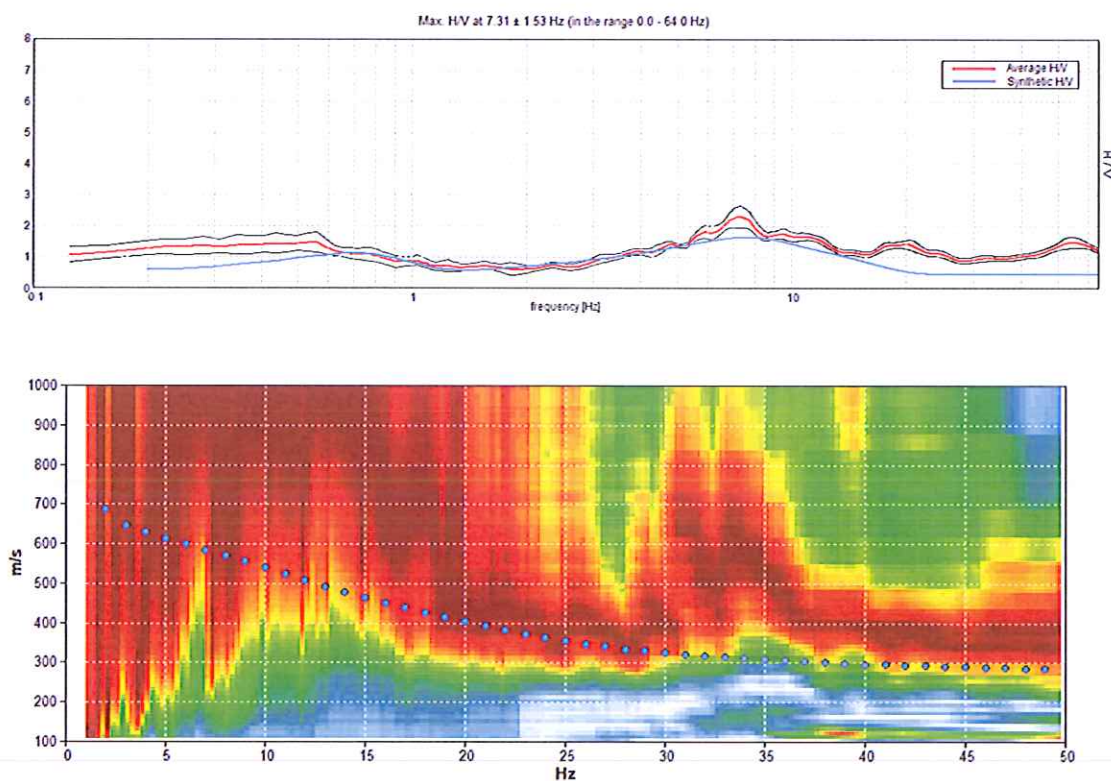
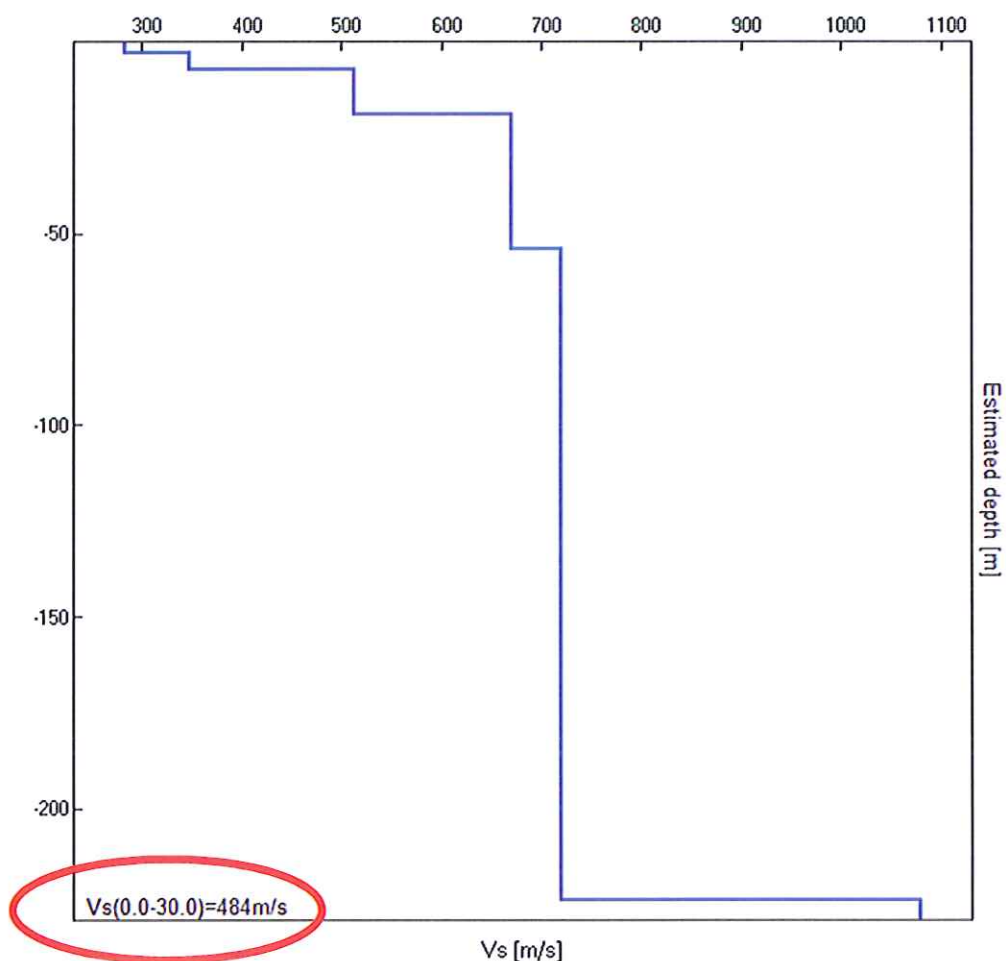


Figura 9 - Interpretazione congiunta delle curve di inversione e H/V



Di seguito sono riassunti: il modello sismo stratigrafico del sito, il profilo verticale delle onde S ed il valore di Vs30 riferibili ai primi metri di sottosuolo e la categoria di sottosuolo derivante ai sensi delle NTC08.



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
3,0	3,0	282
7,0	4,0	347
19,0	12,0	513
54,0	35,0	670
224,0	170,0	720
∞	∞	1080



Nel caso in esame lo spettro H/V ha consentito di individuare le frequenze di risonanza del terreno, per le quali si rimanda alla figura 8 (cap. 3.3).

È bene ricordare, infine, che le procedure di misura impiegate per l'indagine geofisica si basano su tecniche di esplorazione indiretta che, nonostante siano utilizzate allo stato dell'arte sia delle conoscenze scientifiche che degli avanzamenti tecnologici, hanno una serie di intrinseche limitazioni. L'indagine, infatti, è basata sull'applicazione di conoscenze e di leggi scientifiche ufficialmente riconosciute ma anche su calcoli e valutazioni professionali circa fenomeni suscettibili di interpretazione. Inoltre, qualunque tecnica di geofisica applicata ha un margine di errore intrinseco variabile in funzione del tipo di tecnica usata, di strumentazione utilizzata e di problematiche incontrate durante la fase di acquisizione. Infine, i profili di Vs ricavati con queste tecniche, come tutti i metodi indiretti, non presentano una soluzione univoca e quindi più modelli possono fornire curve sintetiche simili tra loro. Per questi motivi la presente indagine geofisica non può e non deve sostituire una appropriata campagna di esplorazione diretta.

04 dicembre 2017

dott. Giulio Mazzoleni, geologo

dott. Davide Incerti, geologo

La proprietà intellettuale e il diritto d'autore del presente elaborato appartengono in maniera esclusiva ai firmatari. Ogni riproduzione, anche parziale, deve essere autorizzata. Ogni utilizzo diverso da quello previsto deve considerarsi illegittimo.



5 BIBLIOGRAFIA

- Castellaro S., 2017. Tecniche multicanale a onde di superficie. 22 pp. Moho s.r.l..
- Castellaro S., 2016. The complementarity of H/V and dispersion curves. 16 pp. Geophysics, Vol. 81, No. 6 (November-December 2016).
- Castellaro S., 2012. Tecnica sismica passiva a stazione singola. 137 pp. Micromed s.p.a..
- Repertorio cartografico del Geoportale della Regione Lombardia, www.cartografia.regione.lombardia.it.

Allegato 6

APPROFONDIMENTO SISMICO DI SECONDO LIVELLO

Approfondimento 5 relativo agli aspetti sismici (App5) - AMPLIFICAZIONE

Tenuto conto di tutti i dati illustrati in relazione e quindi del modello stratigrafico-geofisico-geotecnico evidenziato, possono essere applicate le procedure finali dell'All. 5 della D.G.R. 9/2616/2011 per la Stima degli Effetti Litologici e del relativo Fattore di amplificazione (F_a) di sito.

Sono stati esaminati gli scenari di Pericolosità Sismica Locale, funzione della litologia, individuati per l'area del territorio comunale oggetto di approfondimento di 2° livello, per la quale sono stati acquisiti i dati di sismica multicanale (MASW) e passiva (test H/V).

Si è proceduto a definire in primo luogo la Categoria di Sottosuolo attribuibile al sito, tenendo conto della normativa vigente (D.M. 14/01/08) ed a partire dal piano di campagna.

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

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

Tabella 3.2.III – Categorie aggiuntive di sottosuolo.

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.



Per l'ambito esaminato i terreni possono essere classificati come appartenenti alla **categoria B**.

In accordo con la procedura, la successione stratigrafica di riferimento e lo spessore e la velocità di ciascuno strato, come definiti mediante la linea sismica, sono stati **riportati nelle "Schede di Stima degli Effetti Litologici" (figura nella pagina successiva)**.

Il primo passo della procedura prevede la definizione della scheda di valutazione (All. 5 D.G.R. 9/2616/2011) più idonea alla stima degli effetti litologici.

Sulla base delle informazioni acquisite durante la fase di indagine geognostica condotta sull'area in esame, nell'impossibilità di applicare la scheda riferita ai terreni ghiaiosi (in quanto il profilo ricostruito esce dal campo di validità), è stata utilizzata la scheda per la litologia **sabbiosa**, tenuto conto dei campi di validità riportati nei diagrammi Z-Vs (correlazione profondità- velocità onde sismiche), secondo quanto indicato in proposito dagli Enti Competenti.

Il passo successivo permette, per la scheda litologica scelta, la definizione della curva caratteristica da utilizzare per la stima del valore di Fa di sito. La profondità del primo strato o del primo strato equivalente (spessore > 4 m) e la relativa velocità Vs, definiscono la curva caratteristica da utilizzare ai fini dei calcoli. Qualora lo strato superficiale abbia una profondità inferiore a 4 m (come nel caso in esame, dove tale strato è profondo solo 3 m) si deve utilizzare, per la scelta della curva, lo strato superficiale equivalente, a cui si assegna una velocità Vs calcolata come media pesata del valore di Vs degli strati superficiali la cui somma supera i 4 m di spessore. Nel caso specifico, ne è risultato uno strato superficiale equivalente di spessore pari a 7 m e con una velocità Vs di 319 m/s.

È stato quindi calcolato il valore del periodo del sito (T), riportato nella scheda in allegato (pari a 1.371 s), ottenuto considerando tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore è uguale o superiore a 800 m/sec ed utilizzando la formula riportata nell'All.5 della DGR 2616/11.

Si è quindi proceduto alla stima del fattore di amplificazione di sito (Fa di sito). Nel calcolo di tale fattore è stata utilizzata la curva 2 riferita all'intervallo di periodo compreso fra 0.1 e 0.5 s (valido per edifici bassi, regolari e piuttosto rigidi, a cui può essere associato l'edificio in progetto), in accordo alla metodologia prevista dalla normativa citata, considerando il tratto rettilineo della curva (valido per valori del periodo proprio del sito maggiori di 0,80 s (nel caso specifico il valore di T calcolato è risultato pari a 1.371 s).

Ne è risultato un fattore di amplificazione Fa pari a 1.0.

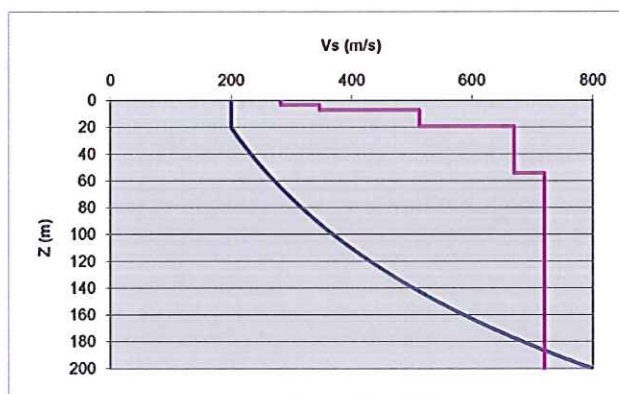


STIMA DEGLI EFFETTI LITOLOGICI - ANALISI DI 2° LIVELLO

secondo le procedure dell'All.5 - d.g.r. 9-2616 del 30/11/2011

TERRENO SABBIOSO

Prof base	Nspt	Vs
0		
3		282
7		347
19		513
54		670
224		720
250		1080
275		1080
300		1080
325		1080
350		1080



Primo strato	
Prof base:	7
Vs	319

Periodo del sito	
T (s)	1,371

Curva caratteristica	
n°	2

		Profondità primo strato (m)																							
		1-3	4	5-12	13	14	15	16	17	18	20	25	30	40	50	60	70	90	110	130	140	160	180		
Velocità primo strato (m/s)	200	2	2	1-2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
	250	2	2	1-2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
	300	2	2	1-2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
	350	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
	400	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
	450	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
	500	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
	600	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
700	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			

VERIFICA

Valori Fa di sito

0,1 s < T < 0,5 s	1,0
-------------------	-----

0,5 s < T < 1,5 s	1,5
-------------------	-----

COMUNE DI FILAGO (BG)

Valori di Fa di soglia

Terreni di tipo:

B	C	D	E
1,5	1,9	2,3	2,0
1,7	2,4	4,3	3,1

Il Fattore di Amplificazione (Fa) calcolato (1,0) risulta inferiore a quello soglia (1,5) fornito da Regione Lombardia per i terreni di categoria B (come ricavato dall'indagine geofisica condotta) e per edifici con periodo di oscillazione compreso fra 0,1 e 0,5 s (edifici bassi, regolari e piuttosto rigidi), cui appartiene l'edificio in progetto



2.4 Considerazioni conclusive

Una volta calcolato il Fattore di Amplificazione F_a di sito, la valutazione del grado di protezione viene effettuata in termini di contenuti energetici confrontando tale valore con un parametro di analogo significato calcolato dal Politecnico di Milano per ciascun comune della Regione Lombardia, e per le diverse categorie di suolo (Norme Tecniche per le Costruzioni) soggette ad amplificazioni litologiche (B, C, D ed E).

Tale valore di riferimento rappresenta il valore soglia oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

Nel caso specifico, il valore fornito da Regione Lombardia per il Comune di Filago, riferito all'intervallo di periodo compreso fra 0.1 e 0.5 s, è pari a 1.5 per terreni di categoria B (la categoria di suolo di fondazione è stata stabilita sulla base dell'esito della prospezione geofisica condotta).

Ne risulta che il Fattore di Amplificazione F_a misurato (1.0) è inferiore al valore soglia proposto da Regione Lombardia (1.5), e la normativa nazionale è sufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica.

Come conseguenza dell'analisi condotta, si ritiene possibile terminare l'approfondimento 5 relativo agli aspetti sismici utilizzando la categoria di Sottosuolo superiore a quella corrispondente al V_{s30} misurato.

**Nei calcoli geotecnici si dovrà pertanto far riferimento alla
categoria di Sottosuolo B**

04 dicembre 2017

dott. geol. Giulio Mazzoleni

dott. geol. Davide Incerti

Diritti d'autore e proprietà intellettuale del presente elaborato, a norma dell'art. 9 del "Tariffario per le prestazioni professionali dei geologi" approvato con Decreto del Ministero di Grazia e Giustizia 18/11/1971 (G.U. n. 306 del 3/12/1971) e s.m.i. del 30/07/1996 (D.M. n. 519), appartengono in maniera esclusiva ai firmatari. Ogni riproduzione, anche parziale, deve essere autorizzata. Ogni utilizzo diverso da quello per cui alle finalità indicate deve essere considerato un abuso.

Allegato 7

PARAMETRI SISMICI DI SITO E DI PROGETTO

Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii
Muro rigido: 0

Sito in esame.

latitudine: 45,637999
longitudine: 9,556342
Classe: 3
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 11599	Lat: 45,6189	Lon: 9,4916	Distanza: 5464,366
Sito 2	ID: 11600	Lat: 45,6212	Lon: 9,5629	Distanza: 1938,667
Sito 3	ID: 11378	Lat: 45,6711	Lon: 9,5596	Distanza: 3692,697
Sito 4	ID: 11377	Lat: 45,6688	Lon: 9,4882	Distanza: 6306,237

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento: 75anni
Coefficiente cu: 1,5

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %
Tr: 45 [anni]
ag: 0,033 g
Fo: 2,487
Tc*: 0,207 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
Tr: 75 [anni]
ag: 0,041 g
Fo: 2,497
Tc*: 0,224 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
Tr: 712 [anni]
ag: 0,110 g
Fo: 2,454
Tc*: 0,277 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 1462 [anni]
ag: 0,142 g
Fo: 2,476
Tc*: 0,283 [s]

Coefficienti sismici

SLO:

Ss: 1,200
Cc: 1,510
St: 1,000
Kh: 0,008
Kv: 0,004
Amax: 0,384
Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,200
Cc: 1,480
St: 1,000
Kh: 0,010
Kv: 0,005
Amax: 0,486
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,200
Cc: 1,420
St: 1,000
Kh: 0,032
Kv: 0,016
Amax: 1,290
Beta: 0,240

SLC:

Ss: 1,200
Cc: 1,420
St: 1,000
Kh: 0,041
Kv: 0,021
Amax: 1,677
Beta: 0,240

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50
Geostru software - www.geostru.com
Coordinate WGS84
latitudine: 45.637072
longitudine: 9.555288