



GEOENGINEERING ASSOCIAZIONE TRA PROFESSIONISTI

GEOLOGIA IDROGEOLOGIA GEOTECNICA STUDI TERRITORIALI E AMBIENTALI

dott. geol. Renata De Vecchi Pellati

dott. geol. Alberto Strona



COMUNE DI ALBIANO D'IVREA
CITTÀ METROPOLITANA DI TORINO

**LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DI FABBRICATI ACCESSORI
PRESSO IL PALAZZO MUNICIPALE**

*INDAGINE GEOLOGICA
CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI MATERIALI
ASPETTI SISMICI*

RAPPORTO TECNICO



Cossato, 12 Settembre 2019

FIRMATO DIGITALMENTE IN ORIGINALE



PREMESSA

Per incarico del Comune di Albiano d'Ivrea è stata svolta un'indagine geologico-tecnica per il progetto di *"lavori di messa in sicurezza dei fabbricati accessori ubicati nel cortile interno del palazzo municipale, situato in Corso Vittorio Emanuele n.54"*.

Il rapporto tecnico, che espone i risultati dello studio, si articola come segue:

- Sezione I – Relazione geologica – in cui è descritto il contesto geologico del sito e dell'area vasta in cui esso si colloca, sono individuate le limitazioni di ordine geologico-idrogeologico ed è definita la fattibilità geologica del progetto, anche attraverso l'eventuale adozione di soluzioni di mitigazione.
- Sezione II – Caratterizzazione dei materiali geotecnici – in cui è esposta la caratterizzazione geotecnica di base dei materiali costituenti il sito di progetto.
- Sezione III – Aspetti sismici – in cui sono esaminati gli aspetti della sismicità locale ed e sono definite le caratteristiche sismiche sito-specifiche.

A tale scopo è stata condotta una prospezione sismica secondo il metodo MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) attivo.

Lo studio e la memoria tecnica ottemperano a quanto prescritto dalla normativa vigente in merito agli aspetti geologici di progetto.

COMUNE DI ALBIANO D'IVREA - P.O.F. 0002015 PER I3\08\S018 LTF AI CT 4 E980

1.0 SITO DI INDAGINE E NATURA DELL'INTERVENTO

La figura individua il sito di progetto, ubicato nel territorio del Comune di Albiano d'Ivrea (TO) in Corso Vittorio Emanuele II n.54, in corrispondenza del palazzo municipale.

L'intervento prevede la messa in sicurezza di una struttura accessoria dell'edificio municipale, con demolizione e ricostruzione delle preesistenze.

Si rimanda al progetto architettonico e strutturale per ulteriori informazioni.

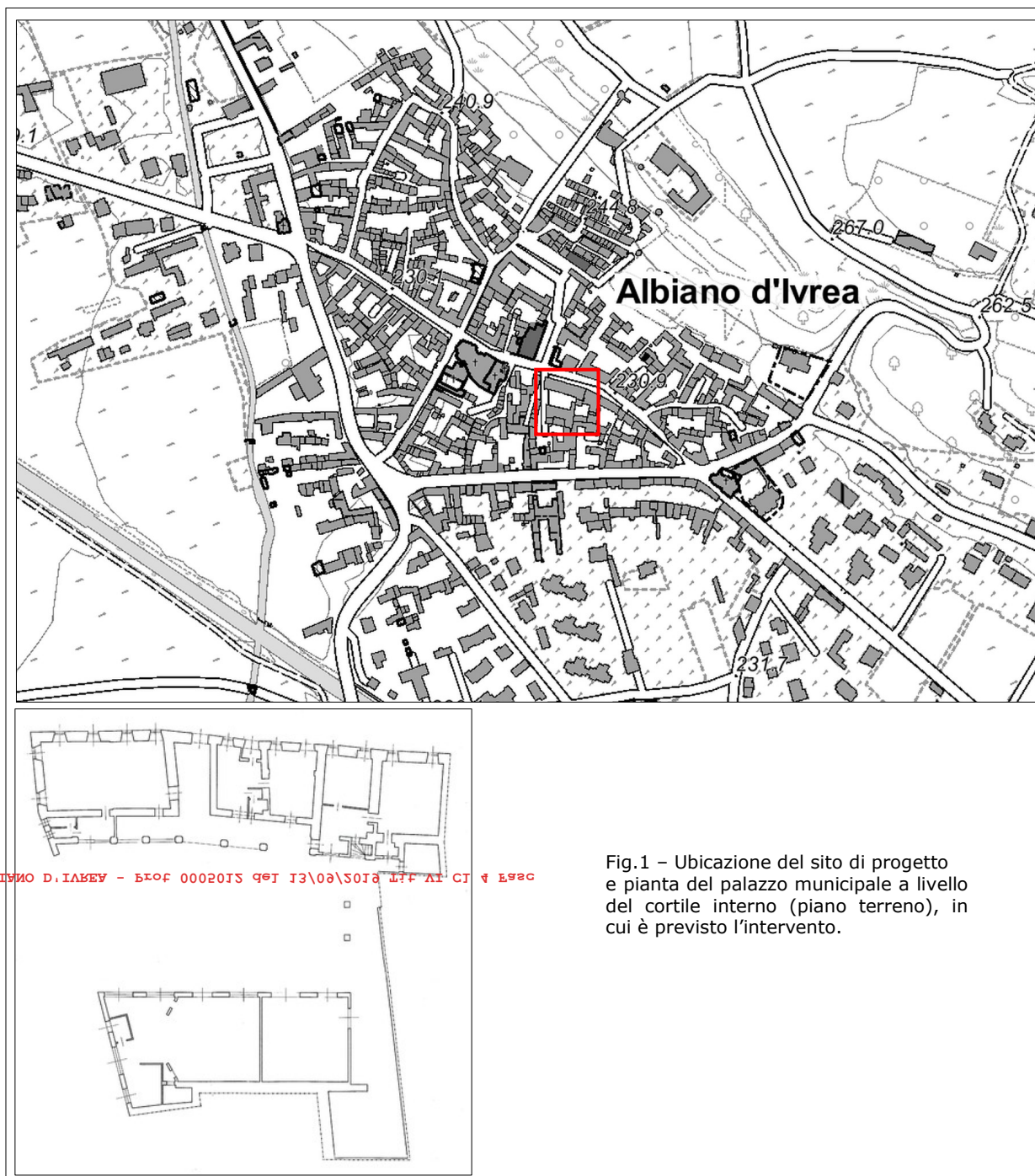


Fig.1 - Ubicazione del sito di progetto e pianta del palazzo municipale a livello del cortile interno (piano terreno), in cui è previsto l'intervento.

Sezione I – RELAZIONE GEOLOGICA

2.0 QUADRO GEOLOGICO GENERALE

- GEOLOGIA – MORFOLOGIA

L'area è compresa nel settore interno dell'Anfiteatro Morenico di Ivrea, articolato sistema di rilievi di origine glaciale ed associati corpi glaciofluviali che sottende un ampio bacino interno attraversato dal F.Dora Baltea e, in parte, geneticamente ad esso connesso.

Le più recenti interpretazioni suddividono l'insieme dei depositi glacigenici che definiscono l'Anfiteatro in tre principali gruppi (di San Michele-Borgo, della Serra di Ivrea, di Bollengo-Albiano), cronologicamente compresi tra la fine del Pleistocene inferiore (Gruppo di San Michele) ed il Pleistocene superiore-Tardiglaciale (Gruppo di Bollengo-Albiano)¹.

Il settore esaminato si estende alla base del rilievo collinare che costituisce la cosiddetta "Morena di Albiano d'Ivrea" (Sintema di Ivrea – Subsintemi di Andrate e di Palazzo), in corrispondenza del suo innesto con l'antistante piana fluviale, ed è caratterizzato da un'espressione morfologica a superficie pianeggiante regolare, con debolissima inclinazione verso Sud-Ovest.

- LITOLOGIA

Nell'area e negli ambiti limitrofi la pressochè totale assenza di sezioni non consente una precisa definizione della natura litologica del substrato.

Con riferimento ad un quadro più generale e ad osservazioni condotte in ambiti limitrofi a questo confrontabili, il substrato è riconducibile ai depositi glaciofluviali (*proglacial outwash deposits*) che lasciano la base del rilievo glaciale.

Nel complesso, essi sono rappresentati da una successione di depositi prevalentemente fini (sabbie e limi) con intercalazioni ghiaioso-ciottolose a frazione fine sabbioso-limosa.

- GEOIDROLOGIA

La struttura geoidrologica generale di questo settore è rappresentata da un'unità alluvionale sabbioso-limosa e ghiaioso-sabbiosa spessa 30-40 m che veicola una falda idrica di tipo libero, sovrapposta ad una potente sequenza (un centinaio di metri) di sedimenti prevalentemente fini, geoidrologicamente molto poco produttiva.

Indagini pregresse condotte da questo Studio hanno evidenziato che, in corrispondenza del

¹ Successivi approfondimenti hanno condotto a ripartire i tre gruppi in 10 unità morfo-stratigrafiche di rango inferiore (sintemi e subsintemi), sostanzialmente corrispondenti ad altrettanti episodi glaciali, differenziabili per espressione morfologica, grado di evoluzione pedogenetica e collocazione cronologica.

nucleo urbano principale, la falda idrica libera (freatica) si attesta ad una profondità dell'ordine di 3-4 metri dal piano di campagna. Tale quadro è sostanzialmente confermato da quanto disponibile presso le banche-dati regionali e in particolare, nel *Geoportale Regione Piemonte – Piezometria della falda a superficie libera del territorio di pianura* ².

La superficie piezometrica è soggetta ad oscillazioni a carattere stagionale, in risposta all'andamento delle precipitazioni ed al regime dei deflussi idrici.

3.0 IDROGRAFIA E DINAMICA DEL RETICOLO IDROGRAFICO

L'ambito di progetto ed il settore circostante di interesse ai fini dell'indagine non sono interessati da alcun elemento dell'idrografia di superficie.

Il deflusso delle acque meteoriche avviene sostanzialmente attraverso processi di ruscellamento diffuso (di tipo areale) a bassa energia, ed è condizionato dall'impianto del nucleo urbano.

4.0 QUADRO DEL DISSESTO

In corrispondenza del sito di progetto e nel suo intorno significativo non si sono evidenziate manifestazioni di dissesto in atto o indizi di processi latenti.

In particolare, le caratteristiche plano-altimetriche e morfologiche del sito escludono la possibilità di innesco di processi gravitativi.

L'area non è inondabile da parte del F.Dora Baltea, nè dagli elementi minori del reticolo idrografico naturale o da rogge e canali artificiali.

Non si sono rilevate forme riconducibili a processi di erosione da parte delle acque di scorrimento superficiale, nè indizi di idromorfia per ristagno o drenaggio ritardato.

5.0 VINCOLI GEOLOGICI E CLASSIFICAZIONE DI P.R.G.

Alla presente data il Comune di Albiano d'Ivrea non è dotato di strumento urbanistico adeguato al PAI (Piano per l'assetto idrogeologico) ³.

Con riferimento alla DGR 30/07/2018 n. 25-7286 ⁴, si riporta lo scenario di alluvione per

² http://www.datigeo-piem-download.it/direct/Geoportale/RegionePiemonte/Acqua/piezo_100.zip

³ In ottemperanza alle disposizioni del PAI, è demandata ai Comuni, attraverso la revisione dei propri strumenti urbanistici, la verifica delle effettive situazioni di dissesto e di rischio idraulico e idrogeologico presenti sul proprio territorio rispetto a quelle individuate dal PAI medesimo. Per quanto riguarda gli indirizzi procedurali e tecnici forniti dalla Regione Piemonte: DGR n. 64-7417 del 7/4/2014 e succ.

⁴ Disposizioni regionali riguardanti: l'attuazione del Piano di gestione rischio alluvioni (PGRA) nel settore urbanistico (art. 58 Norme di Attuazione PAI, integrate dal Titolo V), le attività per i comuni non ancora adeguati al PAI e l'aggiornamento del quadro del dissesto a seguito di eventi calamitosi.

Si rileva che il sito in esame e gli ambiti limitrofi di estensione significativa ai fini della presente indagine sono esterni rispetto a quelli soggetti a probabilità di alluvione (e di corrispondente rischio).

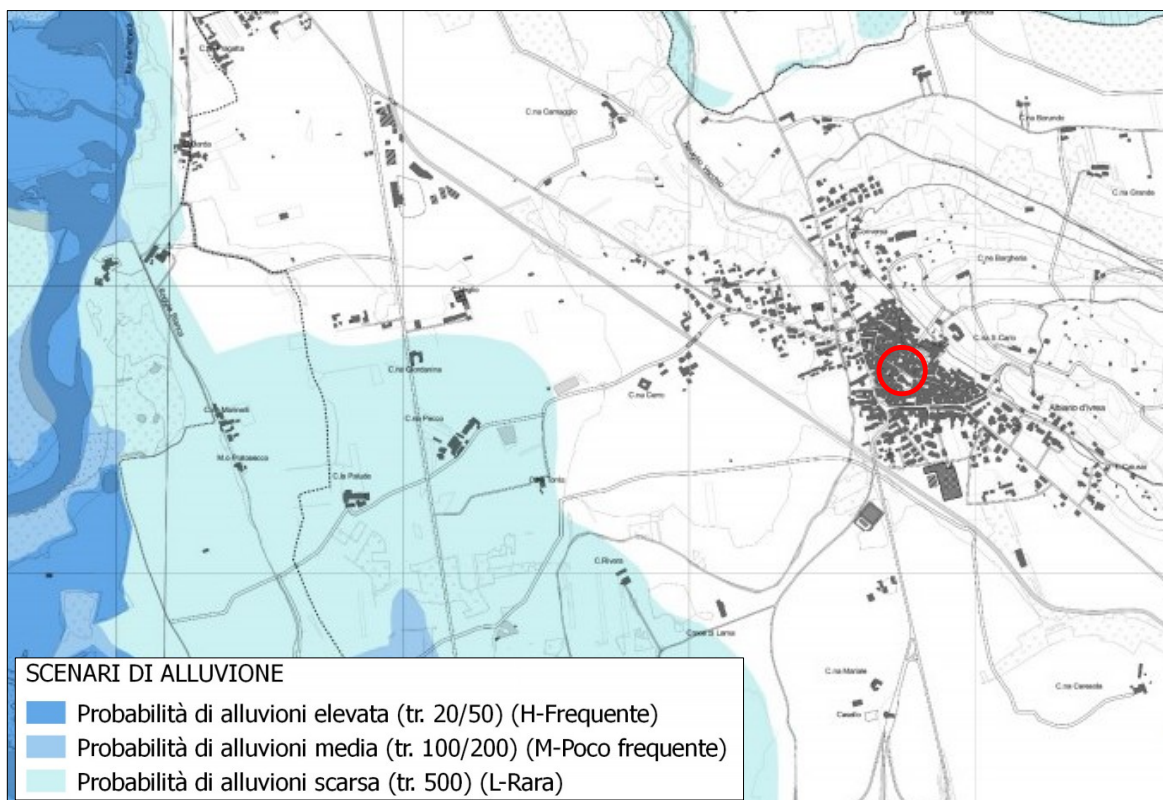


Fig.2 – Scenario di alluvione per il settore comprendente l'area di progetto.
Direttiva 2007/60 CE – D.Lgs 49/2010 – Tavola 114 SE "Carta della pericolosità da alluvione"

Il sito non è sottoposto a vincolo idrogeologico ai sensi del R.D. n° 3267 del 30/12/1923 (L. R. n°45 del 9/8/1989).

6.0 SINTESI GEOLOGICA

- Morfologia Settore pianeggiante di raccordo tra il rilievo della "Morena di Albiano" e l'antistante pianura fluviale riconducibile all'attività della Dora Baltea.
- Litologia Materiali prevalentemente sabbioso-limosi e limoso-argillosi con intercalazioni ghiaioso-ciottolose con frazione sabbioso-limosa.
- Geoidrologia E' presente una falda idrica di tipo libero (falda freatica) la cui superficie si attesta ad una profondità di 3-4 m dal piano di campagna
- Idrografia Il sito non è interessato da alcun elemento della rete di drenaggio naturale.
- Dissesto Al momento del sopralluogo nell'area di intervento non sono stati riscontrati processi in atto o latenti. La documentazione tecnica disponibile non segnala dissesti pregressi, né individua alcuna propensione al dissesto.
- Vincoli e prescrizioni Non sussistono vincoli a carattere geologico. In particolare, il sito non è soggetto a vincolo idrogeologico.

Il Comune di Albiano d'Ivrea non è dotato di strumento urbanistico adeguato al Piano per l'assetto idrogeologico (PAI). Secondo il Piano di Gestione dei Rischi di Alluvione (PGRA) il sito di progetto e gli ambiti limitrofi non sono compresi tra quelli inondabili.

7.0 COMPATIBILITÀ GEOLOGICA DELL'INTERVENTO

La realizzazione di quanto in progetto è compatibile con lo stato dei luoghi, e non introdurrà elementi tali da condizionare negativamente il quadro della pericolosità idrogeologica locale.

Sezione II – CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI GEOTECNICI

Per la caratterizzazione dei materiali costituenti il substrato del sito si è proceduto a:

- Esecuzione di un pozzetto eseguito in corrispondenza del sito di intervento.
- Esecuzione di due prove penetrometriche dinamiche standard tramite penetrometro superpesante (prova SCPT/DPSH).

Nell'ubicare le prove (fig.5) si è dovuto tenere in conto della presenza di vari sottoservizi (linea idrica, elettrica, fognaria).

8.0 POZZETTO ESPLORATIVO

Eseguito con escavatore meccanico e spinto alla profondità di circa 2 metri, ha evidenziato la seguente successione:

Profondità (da m a m)	Materiali
0,0 - 0,5	Materiali rimaneggiati e con apporti artificiali (frammenti di laterizi, ciottolame)
0,5 - 0,7	Sabbia medio fine, rimaneggiata
0,7 - 2,0	Sabbia medio-fine (substrato naturale)

Tab.1 – Successione osservata nel pozzetto geognostico

Pertanto, si rileva un livello sommitale rimaneggiato, conseguente all'intervento di edificazione e di collocazione dei sottoservizi, sovrapposto al substrato naturale rappresentato da una sabbia medio-fine, sciolta, con caratteristiche omogenee sino alla base del pozzetto.

9.0 PENETROMETRIE

COMUNE DI VITRIVANO D. IABEV - BPOF 0002013 99T J3\08\S013 11F AI CJ 4 E98C

Sono state eseguite due prove penetrometriche dinamiche standard SCPT/DPSH (distinte con le sigle S1 e S2) spinte sino a circa 10 m (9,9 m) di profondità dal piano di campagna, al fine di verificare il grado di addensamento dei materiali e di pervenire ad una stima dei loro parametri geotecnici fondamentali

La profondità raggiunta è adeguata in relazione alla struttura in progetto ed alle caratteristiche delle fondazioni che, in prima istanza, si prevedono di tipo superficiale diretto.

9.1. CORRELAZIONE TRA N_{SCPT} E N_{SPT} E NORMALIZZAZIONE DEL DATO

Dalle analisi comparative disponibili in letteratura⁵ tra i risultati della prova SCPT/DPSH (N_{30}) e la prova penetrometrica standard in foro SPT (N_{SPT}), per materiali e profondità di indagine quali quelli in essere è applicabile la seguente relazione:

$$N_{SPT} \cong 1,5 N_{SCPT}$$

alla quale ci si è attenuti nell'interpretazione dei dati.

Per la normalizzazione dell'indice N_{SPT} ci si è ricondotti alla procedura ordinaria, che prevede la correzione del dato ottenuto in sito attraverso un coefficiente riferito ad un rendimento effettivo del dispositivo di infissione rispetto a quello teorico.

Pertanto:

$$N_{60} = \frac{ER_{iM}}{60} \cdot N_{SPT}$$

Con riferimento al rendimento medio del sistema penetrometrico, nello sviluppo del procedimento si è assunto $ER_{iM} = 60\%$.

Il valore normalizzato di N_{60} per la tensione verticale agente σ_v è dato da:

$$N'_{60} = C_N \cdot N_{60}$$

con C_N definito secondo Skempton, 1986 in funzione della granulometria del materiale.

L'analoga relazione proposta da Liao e Whitman, 1986:

$$C_N = \left(\frac{p_a}{\sigma_{v0}} \right)^{0,5}$$

porta a risultati strettamente confrontabili.

Applicando tali correzioni, il dato penetrometrico risulta dipendere unicamente dalle caratteristiche del mezzo esaminato.

È in ogni caso utile ricordare che ciascun terreno segue percorsi degli sforzi efficaci diversi (ovvero, ciascun terreno ha una sua propria storia), per cui i risultati della prova penetrometrica possono essere correlati solo empiricamente con le specifiche proprietà del terreno oggetto di indagine (Jamiolkowsky et al., 1985).

Ai materiali fini costituenti il substrato naturale è stato attribuito qualitativamente un peso di volume $\gamma = 18 \text{ kN m}^{-3}$. Si è imposta una profondità della falda idrica pari a 3,5 m dal piano di campagna (valore medio stimato).

⁵ CESTARI F. - Le prove geotecniche in sito - ed. Geo-Graph s.n.c., Segrate 1990

TISSONI A. - La "prova SPT e SCPT" a confronto nei terreni fluvioglaciali della pianura torinese - *Geologia Tecnica*, 4/87, Roma 1987

9.2. INTERPRETAZIONE DEL DATO PENETROMETRICO

La tabella espone il valore nominale dell'angolo di resistenza al taglio di picco⁶ ricavato attraverso le relazioni lineari proposte da Skempton (1986) tra N_{SPT} e D_R e da Schmertmann (1978) tra D_R e ϕ'_{picco} .

Profondità (m)	S1		S2	
	N_{SPT}	ϕ'_{picco}	N_{SPT}	ϕ'_{picco}
0,0-0,3	8	38	21	41
0,3-0,6	4	36	9	38
0,6-0,9	3	36	6	39
0,9-1,2	5	36	3	35
1,2-1,5	8	37	4	36
1,5-1,8	5	36	4	36
1,8-2,1	6	37	8	37
2,1-2,4	11	38	5	36
2,4-2,7	25	42	12	38
2,7-3,0	22	41	22	41
3,0-3,3	25	41	31	42
3,3-3,6	31	42	18	40
3,6-3,9	32	42	13	38
3,9-4,2	21	40	10	38
4,2-4,5	14	39	3	35
4,5-4,8	8	37	2	34
4,8-5,1	2	34	1	33
5,1-5,4	2	34	2	34
5,4-5,7	2	34	2	34
5,7-6,0	3	35	4	35
6,0-6,3	5	36	5	36
6,3-6,6	5	36	6	36
6,6-6,9	6	36	7	36
6,9-7,2	7	36	8	37
7,2-7,5	7	36	9	37
7,5-7,8	8	37	8	37
7,8-8,1	9	37	9	37
8,1-8,4	8	37	9	37
8,4-8,7	9	37	10	37
8,7-9,0	13	38	12	38
9,0-9,3	12	38	14	38
9,3-9,6	12	38	13	38
9,6-9,9	13	38	14	38

Tab.2 – Valore dell'angolo di resistenza di picco al taglio (ϕ'_p) da prove SCPT.

⁶ Come riportato dalle normative e dagli indirizzi operativi europei e nazionali, nelle analisi di capacità portante è di norma opportuno utilizzare il valore di picco della resistenza al taglio.

10.0 MODELLO GEOTECNICO

Sebbene il dato penetrometrico indichi una certa dispersione dei valori, situazione caratteristica dei terreni eterogranulari in ambienti di sedimentazione con spiccata variabilità laterale (ad esempio: fluviali e torrentizi), il quadro litologico può essere ricondotto ad una sostanziale omogeneità orizzontale e verticale.

E' quindi possibile estendere le osservazioni puntuali all'intera area di indagine attraverso un modello concettuale globale, in cui lo spessore di ciascuna unità ed il valore dell'angolo di resistenza al taglio di picco costituiscono una media.

Alla luce del quadro litologico e del dato penetrometrico si definisce il seguente schema a quattro livelli geotecnici, di cui quello superiore è di natura antropica (Tab.2).

Ciascuno di essi va considerato come un "sistema aperto" (non coesivo), tale da consentire la dissipazione in tempi relativamente rapidi delle sovrappressioni interstiziali indotte dall'applicazione di un carico, e può essere quindi descritto in termini di tensioni efficaci.

Qualora si ritenga di adottare un valore di resistenza al taglio non già in condizioni di picco ϕ'_p bensì a volume costante ϕ'_{cv} ($\phi'_p > \phi'_{cv}$), in prima approssimazione tale valore ridotto può essere derivato da ϕ'_p attraverso la relazione di Terzaghi, che tiene conto della possibile compressibilità del materiale (meccanismo di rottura locale non rigido).

$$\tan(\phi_{ridotto}) \cong 0,67 \tan(\phi_{picco})$$

Il valore così ottenuto è ritenuto eccessivamente conservativo da numerosi autori; secondo Vesic è opportuno usare la seguente equazione, che tiene in conto del valore della densità relativa D_R del materiale:

$$\tan(\phi_{ridotto}) \cong (0,67 + D_R - 0,75 * D_R^2) \tan(\phi_{picco})$$

Una correlazione tra ϕ'_p e ϕ'_{cv} e D_R è inoltre proposta da Bolton (1986); con riferimento al relativo nomogramma, per valori di D_R quali quelli proprii del materiale in esame (D_R bassa o media), la differenza tra ϕ'_p e ϕ'_{cv} è dell'ordine di 2-3 gradi.

<i>Livello geotecnico</i>	<i>Intervallo (m dal p.c.)</i>	<i>Materiale geotecnico</i>	<i>Caratteri geotecnici salienti</i>	<i>Valore dei parametri geotecnici fondamentali</i>
L1	0,0 - 0,7	Riporto artificiale. Ciottoli e ghiaie con frazione sabbioso-limosa.	Materiali granulari eterometrici ed eterogenei, sciolti, non coesivi, permeabili. Il livello non è idoneo a fini fondazionali per bassa capacità portante e predisposizione a cedimenti significativi, anche di tipo differenziale.	$\gamma' = 16 \text{ kN m}^{-3}$ $c' = 0 \text{ kPa}$ $\phi'_p = 38^\circ$ $\phi'_k = 36^\circ$
L2	0,7 - 2,4	Sabbie medio-fini, debolmente limose.	Materiali granulari fini, da sciolti a poco densi, non coesivi, permeabili. Comportamento fondazionale mediocre. L'idoneità deve essere verificata in relazione all'entità del cedimento indotto dall'applicazione del carico strutturale di progetto.	$\gamma' = 18 \text{ kN m}^{-3}$ $c' = 0 \text{ kPa}$ $\phi'_p = 37^\circ$ $\phi'_k = 36^\circ$
L3	2,4- 4,2	Ghiaie ciottolose con frazione sabbiosa*	Materiali granulari mediamente densi, non coesivi, permeabili. Adeguati a fini fondazionali in relazione a strutture di tipo ordinario. Poiché il livello ha basso spessore, va accertata la sua idoneità con riferimento ai requisiti progettuali.	$\gamma' = 19 \text{ kN m}^{-3}$ $c' = 0 \text{ kPa}$ $\phi'_p = 41^\circ$ $\phi'_k = 40^\circ$
L4	4,2 - 9,9 <i>fine prova</i>	Sabbie limose e limi*	Materiali granulari fini da sciolti a poco densi, non coesivi, permeabili. La profondità del livello non è compatibile con l'inserimento di una "fondazione superficiale diretta". La risposta fondazionale è complessivamente mediocre, sebbene migliori con la profondità .	$\gamma' = 18 \text{ kN m}^{-3}$ $c' = 0 \text{ kPa}$ $\phi'_p = 36^\circ$ $\phi'_k = 35^\circ$
<i>Falda idrica libera a 3,5 m dal p.c. (stima)</i>				

* Natura litologica interpretata, in relazione al contesto geologico e alla risposta penetrometrica

Tab.3 - Sintesi del modello concettuale

COMUNE DI VIGEVANO D. ILABEV - P.O.F. 0002015 99T I3\08\5018 47F AI CT 4 E98C

I valori dei parametri geotecnici esposti in tabella sono da considerarsi come "nominali".

Per l'angolo di resistenza al taglio viene fornito il relativo valore caratteristico (ϕ'_k), inteso come una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro stesso (5° percentile della distribuzione della media, criterio adeguato in ambito fondazionale, in cui sono interessati "grandi volumi").

A fini progettuali devono essere pertanto rielaborati in termini di "valore di progetto", secondo quanto prescritto dalle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018).

Si prescrive che in fase di scavo fondazionale venga verificata la natura dei materiali del piano di appoggio

10.1. COEFFICIENTE DI REAZIONE DI WINKLER

Il modello di Winkler (1867) di interazione terreno-fondazione caratterizza il materiale di appoggio attraverso una reazione lineare fra il cedimento (w) di un punto della superficie limite e la pressione agente nello stesso punto (p), indipendentemente dalle tensioni applicate in punti diversi. Si assume cioè :

$$p = k \cdot w$$

dove k [$F L^{-3}$] è la "costante di sottofondo" o "coefficiente di reazione".

Per terreni verticalmente omogenei (nel campo di profondità di interesse progettuale) la definizione del valore di k deriva dall'esecuzione di prove di carico con piastra di dimensioni standard a livello del piano fondazionale; indirettamente, come prima approssimazione, si può fare riferimento ai valori proposti dalla letteratura.

Nel caso specifico, per materiali granulari incoerenti fini (Viggiani, 2000) :

	stato di addensamento		
	sciolto	medio	denso
Campo di variabilità di k_1 [$N cm^{-3}$]	$7 \div 20$	$20 \div 100$	$100 \div 350$
<i>Valori consigliati</i>			
In condizioni non sature: k_1	15	50	175
In condizioni sature: k_1	10	30	110

Tab.4 - Stima del coefficiente di Winkler per materiali fini

Tali valori si riferiscono a prove di carico con piastra circolare con diametro $d=30$ cm; l'estrapolazione alla fondazione di larghezza B avviene mediante la relazione:

$$k = k_1 \cdot \left(\frac{B + d}{2B} \right)^2$$

COMUNE DI VIGGIANI D. L. 11/2018 - P. 0002015 P. 13\08\2018 L. 11/21 C. 1 P. 11/21

Sez.III – ASPETTI SISMICI

11.0 SISMICITA' REGIONALE

Per l'analisi della sismicità storica dell'ambito che comprende il territorio di Albiano d'Ivrea si è fatto riferimento ai cataloghi e alle banche dati dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

In particolare, la documentazione DISS 3.2.1 - *Database of Individual Seismogenic Sources*⁷ non evidenzia nel territorio la presenza di aree sismogenetiche, ossia di settori arealmente estesi in grado di dare origine a terremoti, o di sorgenti focali singole.

Sono per altro possibili risentimenti sismici di tipo indiretto, per eventi il cui ipocentro è collocato in zone sismicamente attive, esterne al territorio ma ad esso relativamente vicine.

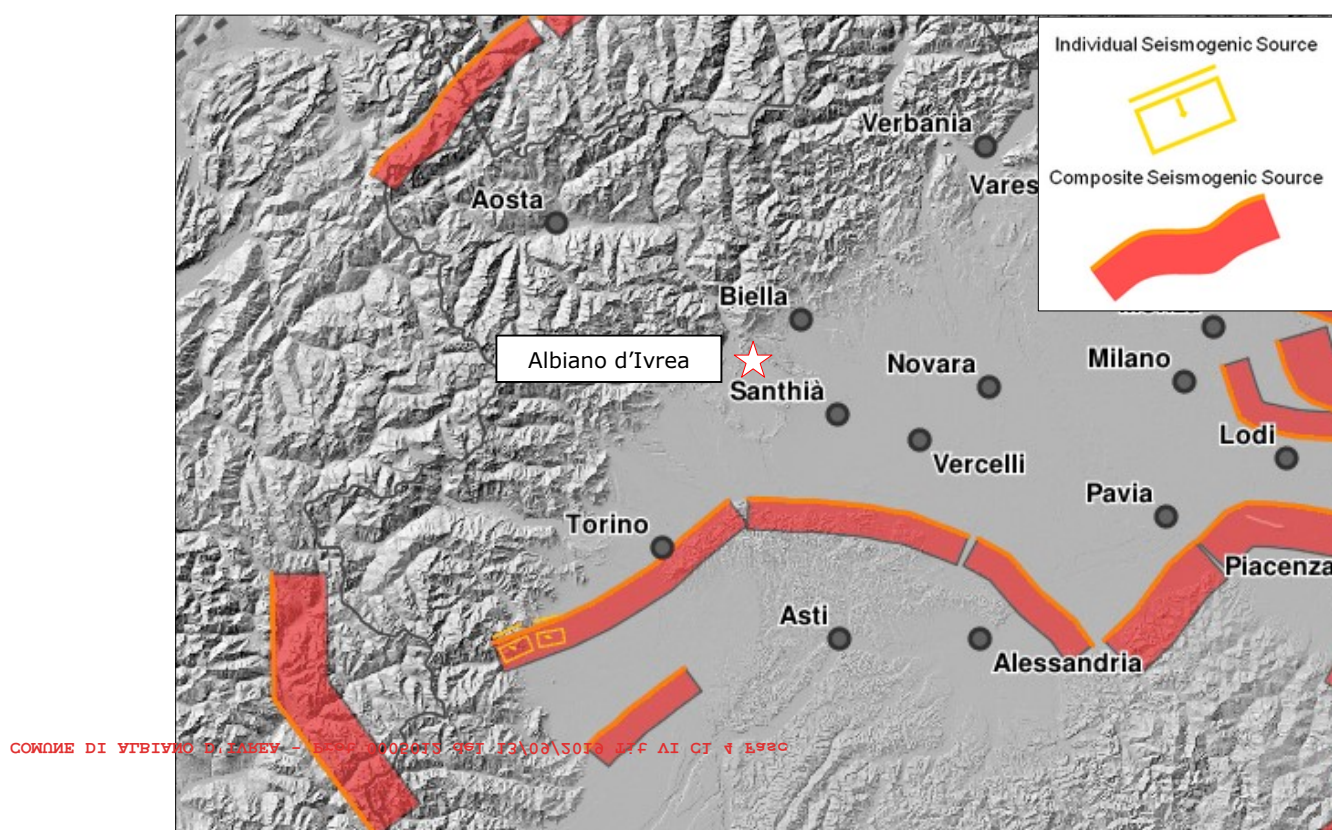
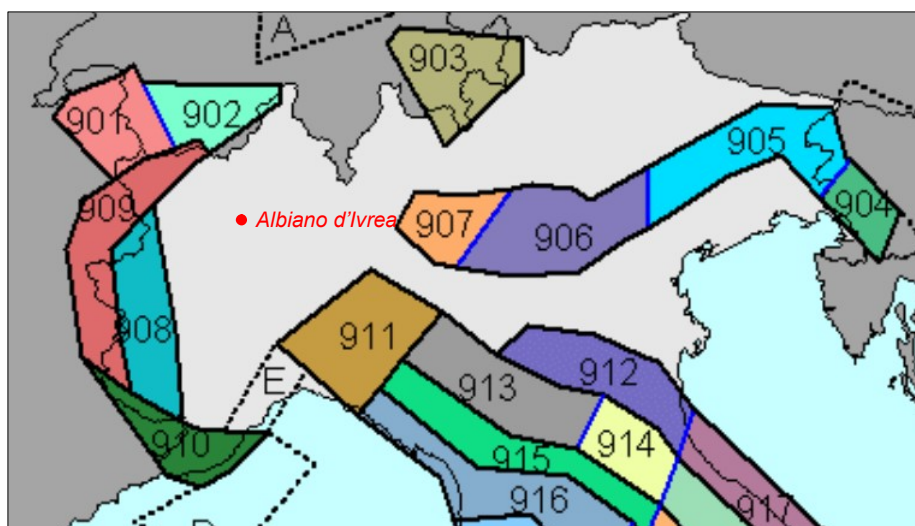


Fig.3 – Sorgenti sismogenetiche
(tratto da: INGV-Database of Individual Seismogenic Sources –DISS3)

⁷ Basili R., G. Valensise, P. Vannoli, P. Burrato, U. Fracassi, S. Mariano, M.M. Tiberti, E. Boschi (2008), *The Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), version 3*

A tale proposito, dall'interrogazione dei cataloghi INGV CPTI15⁸ e DBMI15⁹ si rileva che i risentimenti sismici locali sono correlabili ad eventi di intensità bassa, le cui località epicentrali sono collocate soprattutto nel settore alpino e pedemontano occidentale e nord-occidentale (Zone sismogenetiche ZS908 "Piemonte", ZS909 "Alpi Occidentali", ZS902 "Vallese") e, subordinatamente, nel settore ligure occidentale.



Albiano d'Ivrea

PlaceID IT_00033
 Coordinates (lat, lon) 45.434, 7.946
 Municipality (ISTAT 2015) Albiano d'Ivrea
 Province Torino
 Region Piemonte
 No. of reported earthquakes 3

Effects	Reported earthquakes									
Int.	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
5	1887	02	23	05	21	5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
NF	2005	07	05	12	33	5	Canavese	92	5	3.48
NF	2005	09	08	11	27	1	Massif du Mont-Blanc	281		4.44

Fig.4 – Individuazione delle zone sismogenetiche (in alto) ed interrogazione del catalogo DBMI15 per il Comune di Albiano d'Ivrea.

⁸ Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15).

⁹ Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). Database Macrosismico Italiano (DBMI15).

12.0 CLASSIFICAZIONE SISMICA

Sotto il profilo normativo, sia con riferimento all'O.P.C.M. n. 3274/2003 sia ai sensi della recente D.G.R. Piemonte del 19/01/2010, n. 11-13058 "Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche", il territorio del Comune di Albiano d'Ivrea è compreso nella **Zona sismica 4** caratterizzata da un valore di accelerazione orizzontale massima attesa a_g (o PGA, *Peak Ground Acceleration*) inferiore a 0,05 g (sismicità bassa).

13.0 CONDIZIONI SISMICHE SITO SPECIFICHE

13.1. EFFETTI TOPOGRAFICI

La configurazione plano-altimetrica locale è compatibile con la Categoria **T1** : "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ".

13.2. EFFETTI STRATIGRAFICI

Poiché le condizioni stratigrafiche locali e le proprietà dei terreni sono chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC), per l'accertamento della Categoria di sottosuolo ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto è stato adottato un approccio semplificato, fondato sulla velocità di propagazione delle onde di taglio V_s entro i primi 30 m di profondità (V_{s30}).

A tale fine è stata condotta una prospezione sismica secondo il metodo MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) attivo.

Si rimanda alla sezione in appendice per la descrizione della tecnica e l'interpretazione del dato acquisito, mentre si espone qui di seguito il risultato dell'indagine geofisica.

Categoria di sottosuolo	Descrizione	V_{s30}
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.	319 m s ⁻¹

Tab.5 – Categoria sismica di sottosuolo (cfr Tabella 3.2.II – NTC 2018)

14.0 AZIONE SISMICA

14.1. PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

Viene definita l'azione sismica di base per il sito di progetto (substrato rigido e superficie topografica orizzontale) in relazione a differenti condizioni prestazionali con riferimento a:

- Vita nominale di progetto $V_N=100$ anni: "Costruzioni con livelli di prestazioni elevati".
- Classe d'uso = IV (coefficiente $C_u=2$): "Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche ... anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità".

La tabella riporta il valore dei seguenti parametri:

- T_R periodo di ritorno del sisma
- a_g accelerazione orizzontale massima al sito (riferimento rigido)
- F_O valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- T_C^* valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

Stato limite	T_R [anni]	a_g [g]	F_O [-]	T_C^* [s]
SLO	120	0,029	2,650	0,220
SLD	201	0,033	2,651	0,240
SLV	1898	0,056	2,778	0,318
SLC	2475	0,060	2,811	0,324

Tab.6 – Parametri di pericolosità sismica per il sito di progetto
(software Spettri di risposta ver. 1.0.3 – Consiglio Superiore dei Lavori pubblici)

14.2. AZIONE SISMICA DI PROGETTO

Per i vari stati-limite, la tabella seguente caratterizza la risposta sismica locale con riferimento ai valori dei parametri sismici di base, alla categoria di sottosuolo ed alle condizioni topografiche, e definisce il valore di accelerazione massima attesa al sito (a_{max}):

Stato limite	S_s [-]	S_t [-]	S [-]	C_C [-]	T_B [s]	T_C [s]	T_D [s]	a_{max} [g]
SLO	1,500	1,000	1,500	1,729	0,127	0,381	1,715	0,044
SLD	1,500	1,000	1,500	1,681	0,135	0,404	1,733	0,050
SLV	1,500	1,000	1,500	1,532	0,163	0,488	1,825	0,084
SLC	1,500	1,000	1,500	1,522	0,165	0,494	1,838	0,090

Tab.7 – Valori dei parametri dello spettro di risposta elastico in accelerazione
(componente orizzontale) e accelerazione massima attesa al sito.

15.0 SUSCETTIVITA' ALLA LIQUEFAZIONE

La presenza di un substrato a significativa componente sabbiosa con grado di addensamento complessivamente medio-basso ($N_{1(60)} < 30$) e di una falda idrica a bassa profondità (3-4 m da pc.) rappresentano altrettanti caratteri compatibili con il potenziale innesco di processi di liquefazione per effetti sismici¹⁰.

Le vigenti NTC, alla sezione 7.11.3.4.2, elencano una serie di circostanze, verificate le quali la liquefazione non è possibile, per cui la relativa analisi di suscettività può essere omessa.

In particolare:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g

Essendo:

$$a_{\max} = a_g \cdot S_s \cdot S_t \text{ [g]}$$

con: a_{\max} = accelerazione massima attesa al piano campagna (di sito, campo libero)
 a_g = accelerazione massima attesa su riferimento rigido
 $S_s ; S_t$ = fattori di amplificazione stratigrafica e topografica

In condizioni di stato limite ultimo SLV:

$$a_{\max} = 0,056 \cdot 1,5 \cdot 1 = 0,084 \text{ [g]}$$

Viene quindi verificata la condizione di esclusione di cui al punto 1 di cui sopra.

COMUNE DI VIGEVANO D. ILLAVEA - P. 0002015 991 13\08\5018 11F AI CT 4 1999

¹⁰ In estrema sintesi: il termine "liquefazione sismica" denota una perdita totale o parziale della resistenza al taglio e della rigidezza del mezzo, causata dall'incremento della pressione interstiziale in un terreno a grana medio-grossa (prevalentemente: sabbia), poco addensato, saturo, sollecitato da azioni dinamiche cicliche in seguito alla propagazione di onde sismiche.

ALLEGATI

UBICAZIONE DELLE PROVE
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
DIAGRAMMI DELLE PROVE PENETROMETRICHE
RAPPORTO DI INDAGINE SISMICA
(MASW – Multichannel Analysis of Surface Waves)

COMUNE DI VIGEVANO D. L. 11/2018 - P. 0002015 del 13/08/2018 L. 11/2018

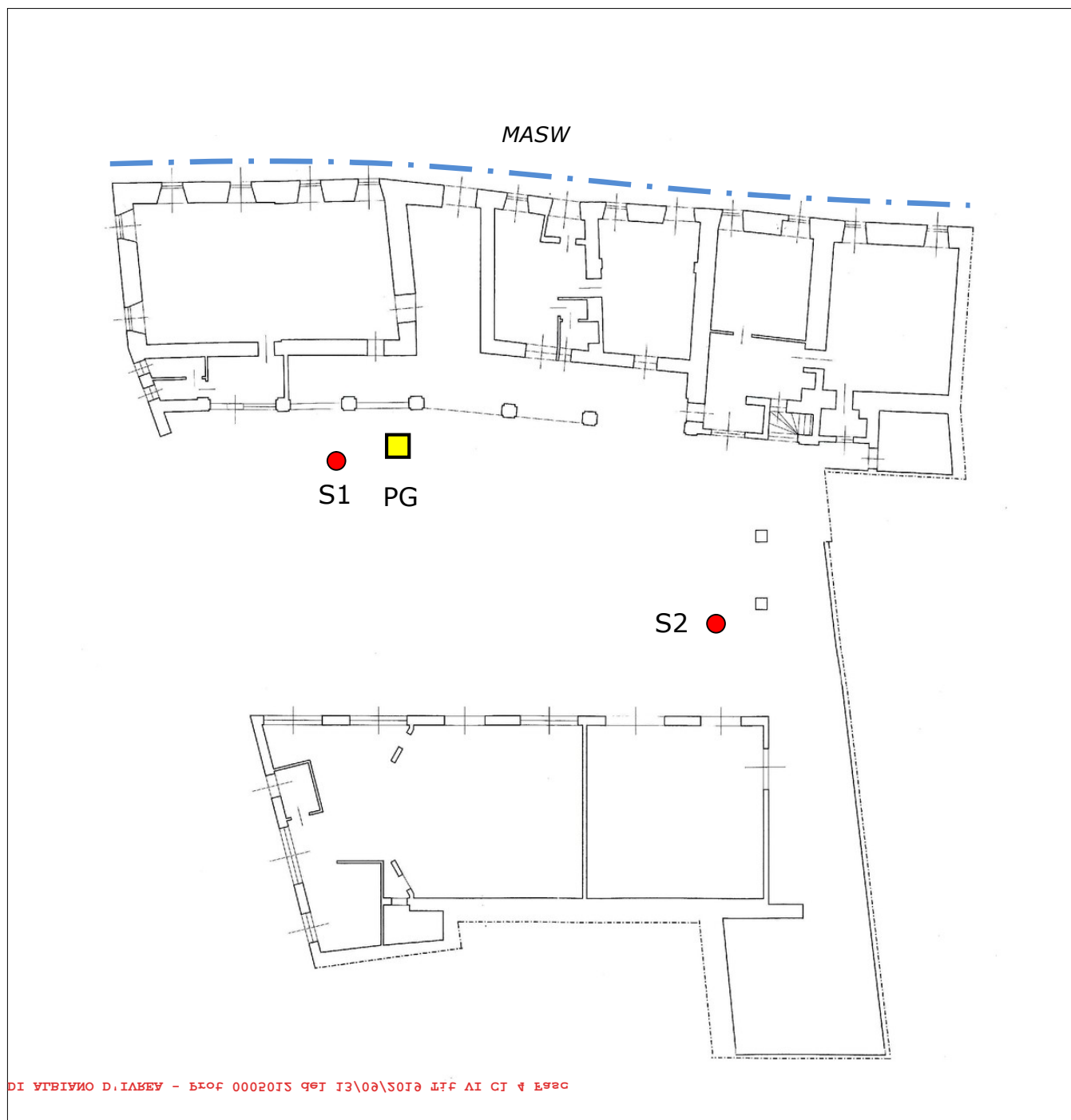


Fig.5 – Ubicazione delle prove SCPT (S1 - S2), del pozzetto geognostico (PG) e dello stendimento geofonico per l'indagine di sismica attiva (MASW)



Fig. 6 - 7 Substrato naturale sabbioso alla base del livello di riporto e rimaneggiato, e materiale estratto



Fig. 8 - 9 Prova penetrometrica SCPT (S2) e stendimento geofonico per indagine sismica attiva (MASW).

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SCPT - DPSH

MAGLIO PUNTA ASTE
peso kg 73,0 diam. mm 51 diam. mm 34
volata m 0,75 apertura 60° peso kg/m 4,8

COMMITTENTE
Comune di Albiano d'Ivrea

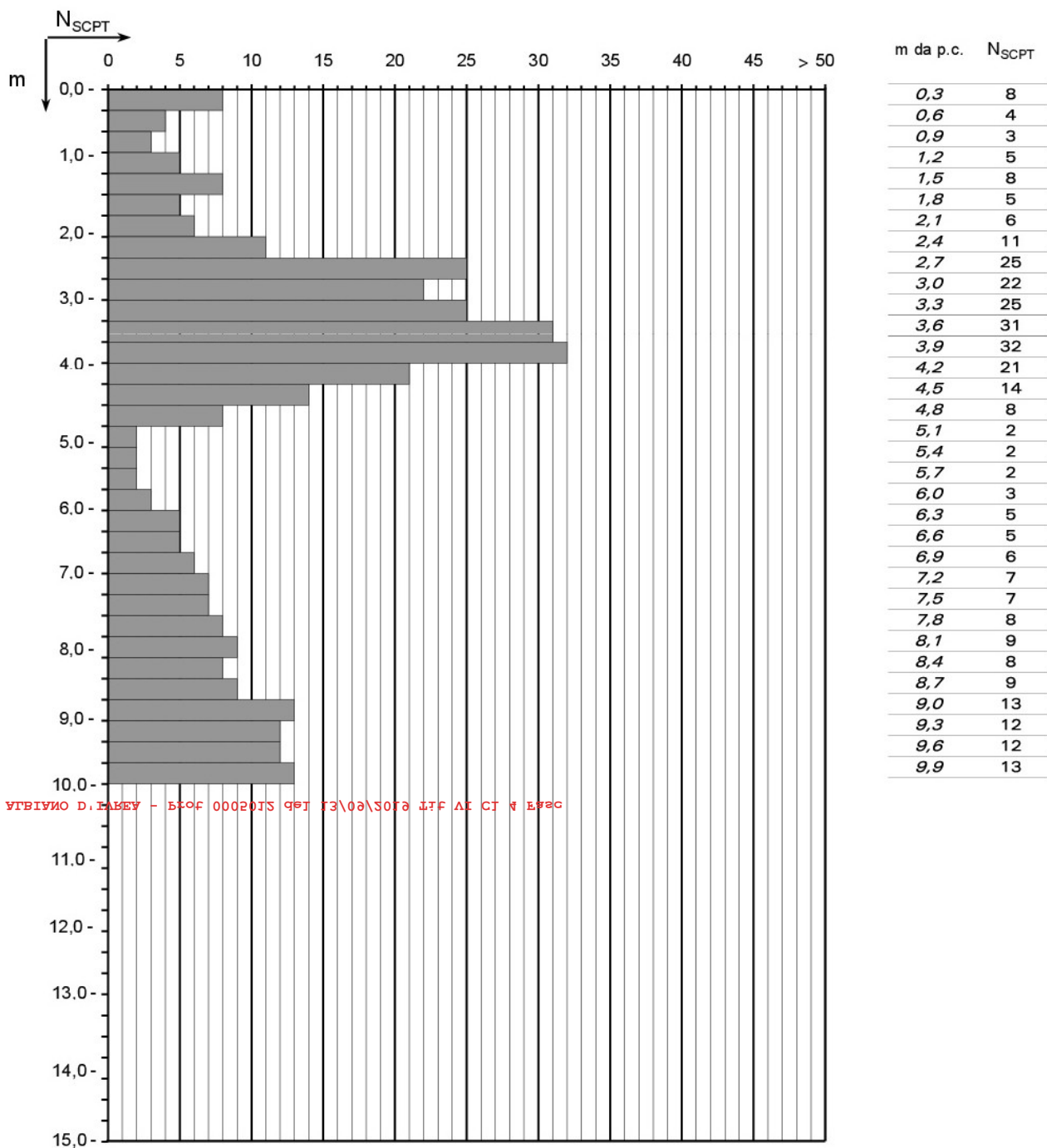
LOCALITA'
Palazzo comunale

DATA
29/8/2019

PROVA

S1

- Messa in sicurezza di fabbricati accessori -



COMUNE DI ALBIANO D. IVEA - B:\04\0002015\901\73\00\5070\47F\AC\CI\4\Esac

GEOENGINEERING
ASSOCIAZIONE TRA PROFESSIONISTI

e-mail : posta@geoengineeringstudio.it

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SCPT - DPSH

MAGLIO
peso kg 73,0
volata m 0,75PUNTA
diam. mm 51
apertura 60°ASTE
diam. mm 34
peso kg/m 4,8

COMMITTENTE

Comune di Albiano d'Ivrea

LOCALITA'

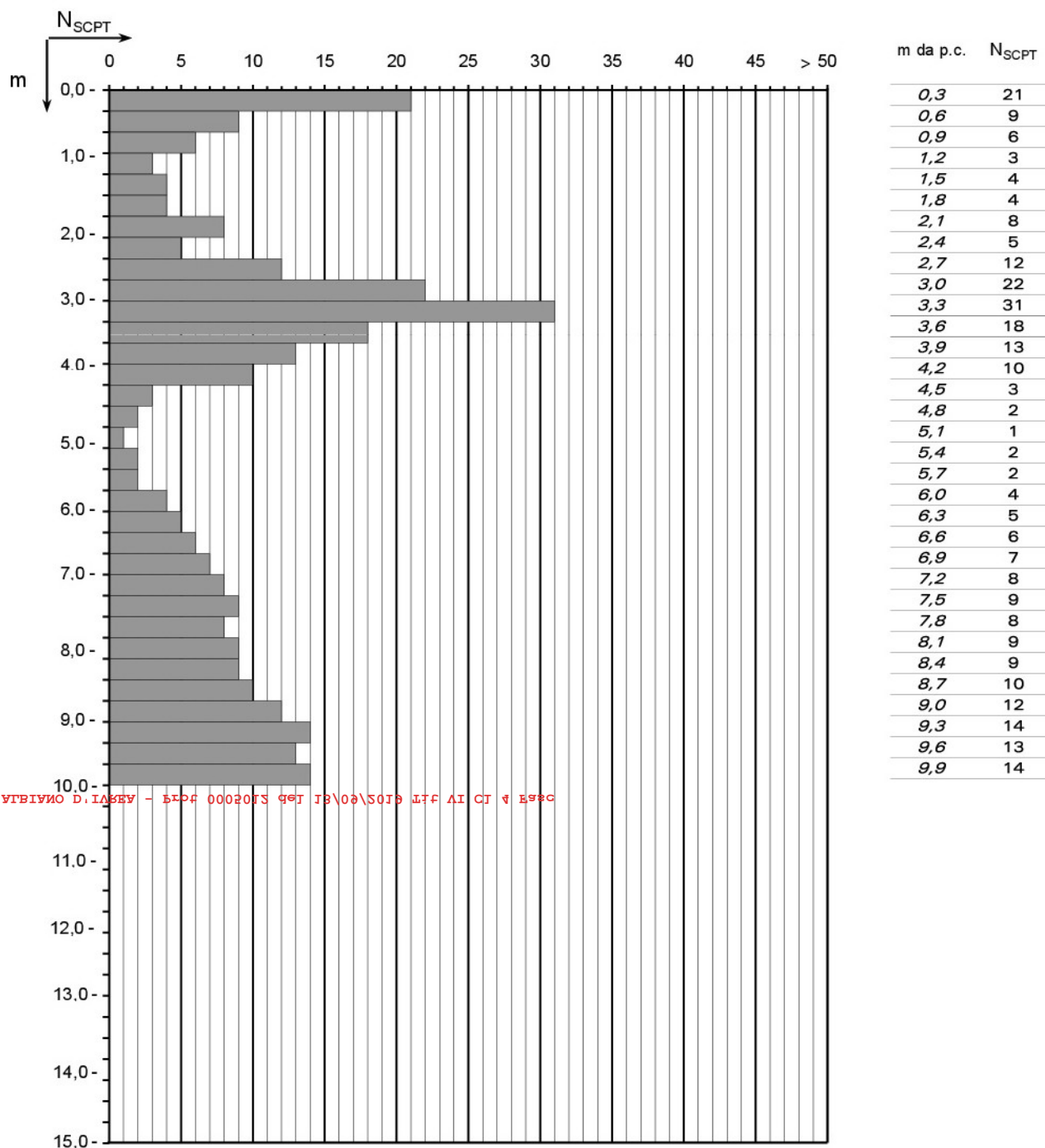
Palazzo comunale

DATA

29/8/2019

PROVA

S2

- Messa in sicurezza di fabbricati accessori -

COMUNE DI ALBIANO D'IVREA - 0002075 99T J3\00\5019 1TF AI CJ 4 E99C

PROSPEZIONE SISMICA CON TECNICA MASW PER LA DEFINIZIONE DEL PARAMETRO V_{s30}

Moto del segnale sismico

Le onde sismiche, generate da un impulso naturale (terremoto) od artificiale, sono perturbazioni meccaniche che si propagano nel mezzo in relazione alle sue caratteristiche di densità ed elasticità.

Il segnale sismico viene acquisito in forma di sismogramma, che corrisponde alla registrazione dell'arrivo del segnale sismico

Il sismogramma può essere scomposto in più fasi, ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Si distinguono i seguenti tipi di onda:

- | | |
|---|--|
| P | Longitudinale: profonda di compressione |
| S | Trasversale: profonda di taglio |
| L | di Love: di superficie, prodotta dalla composizione di onde P e S; |
| R | di Rayleigh: di superficie, composta da un movimento ellittico e retrogrado. |

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs basandosi sulla misura delle onde superficiali registrata da specifici sensori (accelerometri o geofoni) posti alla superficie del suolo.

Il contributo predominante nella generazione delle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, la cui velocità di propagazione è direttamente correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata.

Acquisito il segnale, la sua interpretazione comporta tre fasi distinte:

1. calcolo della velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale;
2. calcolo della velocità di fase apparente numerica;
3. definizione di un modello concettuale di suolo composto di più strati di spessore h, ciascuno con assegnata velocità Vs (onda di taglio), Vp (onda di compressione) e densità di massa γ , ed individuazione del relativo profilo di velocità.
4. Modifica dei valori assegnati fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la curva di dispersione sperimentale e la curva di dispersione numerica.

In genere, si assume che il modello sismico di sottosuolo sia valido a fini applicativi quando l'errore relativo tra curva sperimentale e curva numerica sia compreso tra il 5% e il 10% .

COMUNE DI VIGEVANO D. IABEV - P.O.F. 0002075 997 73\08\5078 17F AI CT 4 E92C

Analisi del segnale con tecnica MASW

Il segnale acquisito viene elaborato mediante l'analisi di Fourier (trasformata di Fourier) e decomposto in uno spettro discreto. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza.

Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel

dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

Modellizzazione

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times \nu$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

Profondità di indagine

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

ACQUISIZIONE DEL SEGNALE SISMICO

Per l'esecuzione dell'indagine sono state utilizzate le seguenti attrezzature:

- Sismografo collegato a elaboratore portatile, e dotato di geofono starter per la valutazione di t_0 .
- Per l'energizzazione del substrato: massa battente di 10 kg che impatta verticalmente su piastra metallica poggiata a terra (MASW di tipo attivo).
- Serie di geofoni acquisitori con frequenza di risonanza pari a 4.5 Hz
- Software specifico per l'acquisizione ed elaborazione dei segnali.

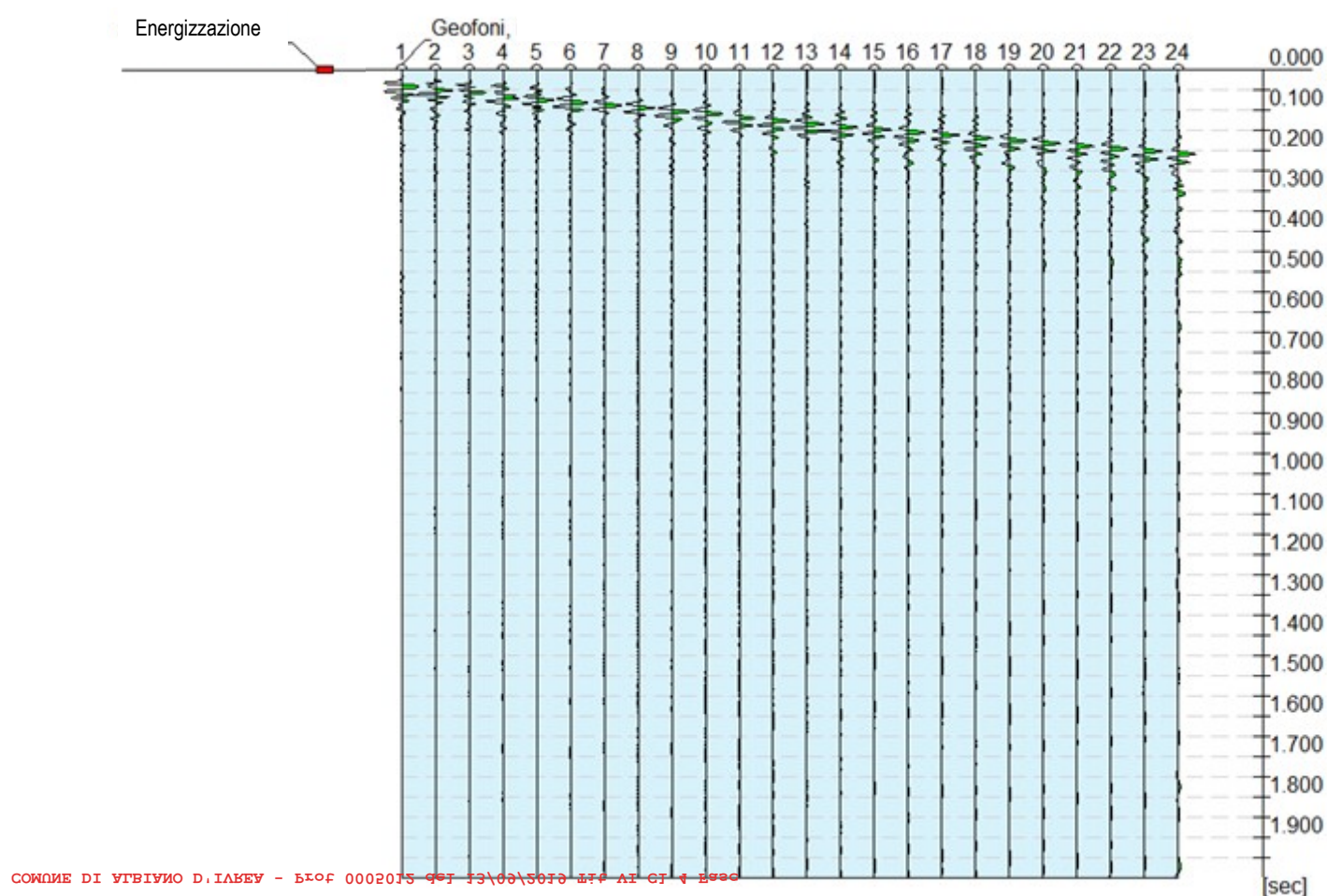
COMUNE DI VIGEVANO D. IABEV - 510F 0002015 961 I3\08\S018 17F AI CJ 4 E98C

Per vincoli connessi allo spazio disponibile in un contesto di nucleo urbano intensamente edificato, nel sito è stato predisposto uno stendimento a 12 geofoni .

Sono state prodotte tre serie di battute agli estremi della catena con interdistanza di 2 m dal più vicino geofono, al fine di interlacciare i sismogrammi e simulare uno stendimento virtuale di 24 geofoni .

INTERPRETAZIONE DEL DATO IN TERMINI DI $V_{S,eq}$

Località	Albiano d'Ivrea (TO)
Data della prova	29/08/2019
Coordinate punto medio stendimento	32T 417833 m E 5031664 m N
Numero tracce	24
Durata acquisizione [msec]	2000.0
Interdistanza geofoni [m]	1,5
Periodo di campionamento [msec]	1.00



Sismogramma registrato

ANALISI SPETTRALE

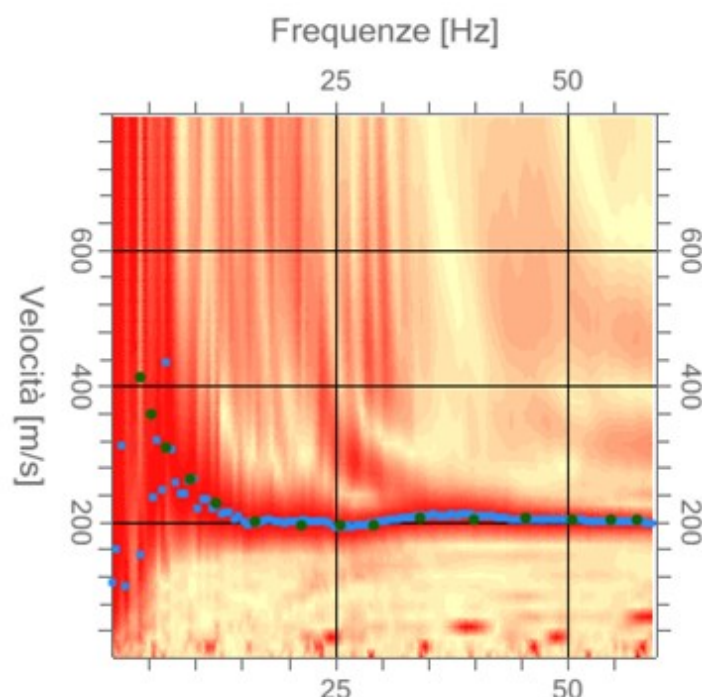
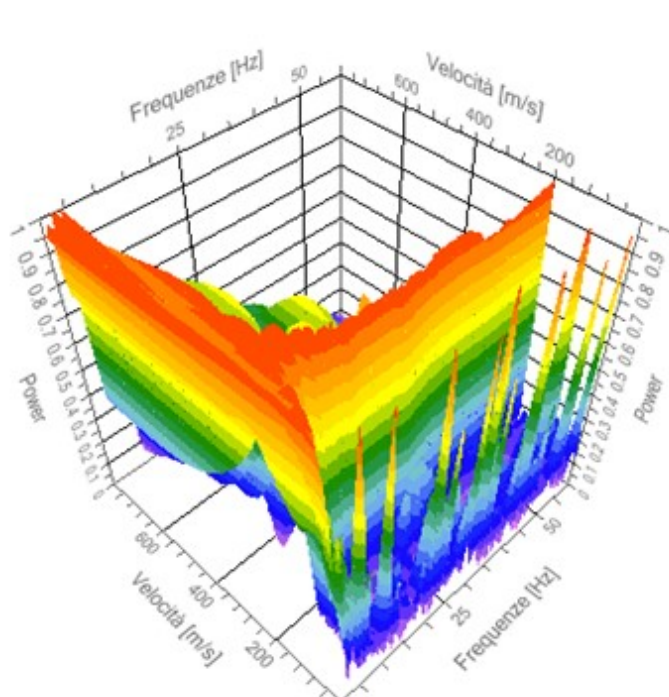
CURVA DI DISPERSIONE APPARENTE

I dati acquisiti sono stati sottoposti ad una fase di elaborazione al fine di stimare la curva di dispersione caratteristica del sito in oggetto ovvero, la velocità di fase delle onde di Rayleigh in

funzione della frequenza.

Viene di seguito riportata la tabella che espone l'intervallo di variazione delle velocità ed il relativo spettro velocità di fase/frequenze.

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1



n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	4.0	413.7	0
2	5.3	358.1	0
3	6.8	308.3	0
4	9.4	261.5	0
5	12.2	226.4	0
6	16.5	200.0	0
7	21.4	194.2	0
8	25.7	194.2	0
9	29.1	194.2	0
10	34.3	205.9	0
11	40.1	202.9	0
12	45.6	205.9	0
13	50.6	202.9	0
14	54.9	202.9	0
15	57.7	202.9	0

Spettro e curva di dispersione della velocità Vs in funzione della frequenza e della velocità di fase.

DETERMINAZIONE DELLA CURVA DI DISPERSIONE SPERIMENTALE

Dalla curva di dispersione apparente è stata ricavata la curva di dispersione sperimentale e, per approssimazione, quella numerica (procedimento di inversione).

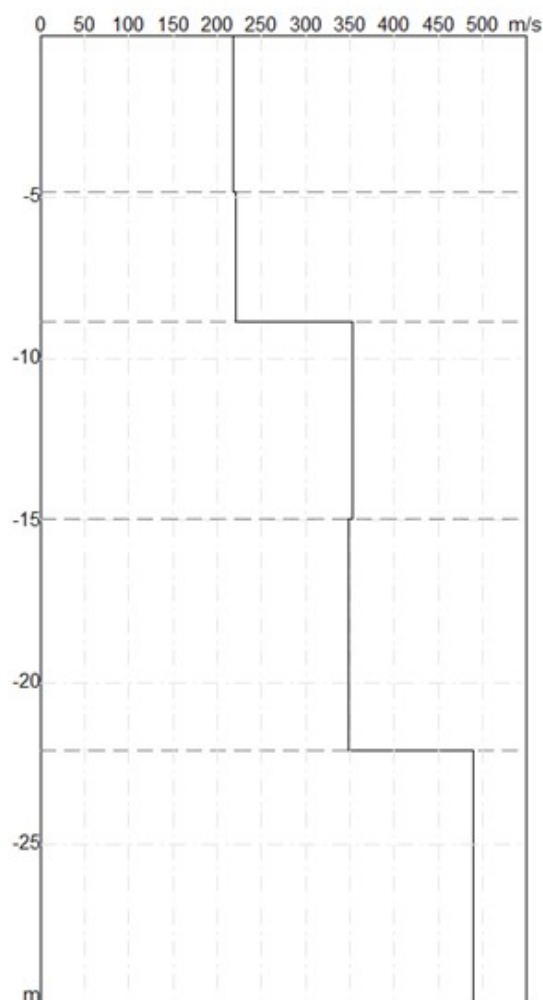
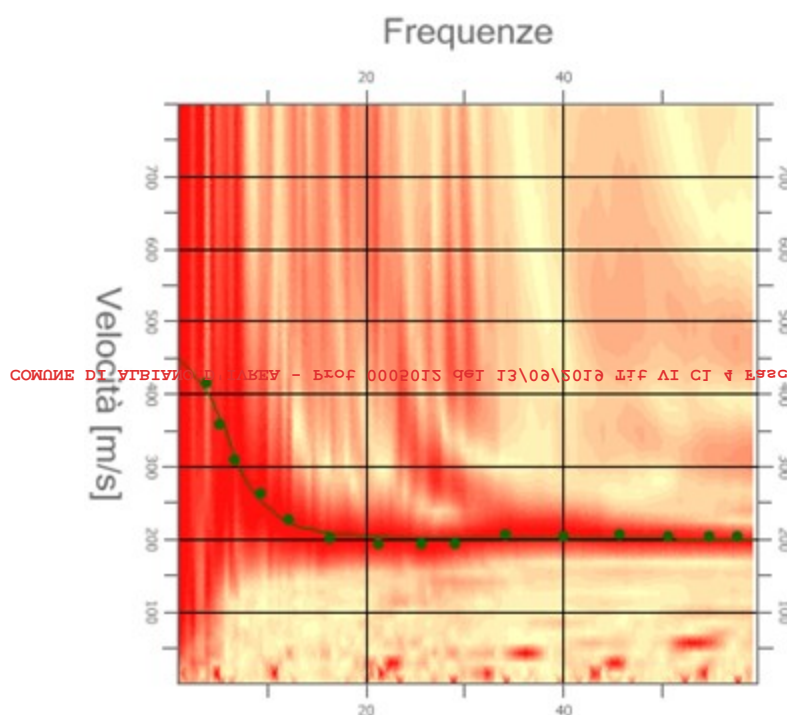
La fase di inversione deve essere preceduta da una parametrizzazione del sottosuolo, che viene di norma schematizzato come un mezzo viscoelastico a strati piano-paralleli, omogenei ed isotropi, nel quale l'eterogeneità è rappresentata dalla differenziazione delle caratteristiche meccaniche degli strati. Il processo di inversione è iterativo, e prende origine da un profilo di primo tentativo, costruito sulla base di metodi semplificati, ed eventualmente delle informazioni note a priori riguardo la stratigrafia. Il processo termina quando viene individuato un insieme di parametri di modello che minimizza la differenza fra il dato sperimentale (curva di dispersione misurata) e il dato calcolato (curva di dispersione sintetica).

Si riporta di seguito il modello concettuale rappresentativo per il sito in esame, costituito da 5 intervalli omogenei distinti, come rappresentato nella tabella e nel relativo grafico.

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	4.82	4.82	357.2	218.8
2	8.85	4.04	362.0	221.7
3	14.95	6.10	801.2	352.5
4	22.09	7.13	791.1	348.0
5	∞	∞	1113.9	490.0

Percentuale di errore 0.073%
Fattore di disadattamento della soluzione 0.028

*Modello concettuale e relativo spettro di inversione velocità di fase – frequenza.
Sotto: profilo verticale delle velocità delle onde di taglio*



CATEGORIA SISMICA DI SOTTOSUOLO

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

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1...N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} = \frac{H}{\sum_{i=1...N} t_i} \quad \text{dove} \quad t_i = \frac{h_i}{V_{s,i}}$$

in cui h_i e $V_{s,i}$ rappresentano rispettivamente lo spessore e la velocità di propagazione delle onde di taglio dello strato i -esimo degli N che costituiscono la sezione di riferimento di spessore H .

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H = 30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Nel caso specifico:

$V_{s30} [m s^{-1}]$	318,53
Categoria di sottosuolo	C

"Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s" (NTC 2018).

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.