



COMUNE DI BOVISIO MASCIAGO (MB)

P.zza Biraghi, 3 – 20813 Bovisio Masciago (MB)

PIANO DI GOVERNO NEL TERRITORIO

ANALISI E VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI SISMICI DI SITO FINALIZZATE ALLA DEFINIZIONE DELLA COMPONENTE SISMICA NEI PIANI DI GOVERNO DEL TERRITORIO

AI SENSI DELLA D.G.R. IX/2616 DEL 30 NOVEMBRE 2011



Committente:

Comune di Bovisio Masciago

P.zza Biraghi, 3

20813 Bovisio Masciago (MB)

Tel. (+39) 03625111

Elaborato:

**C-Relazione
illustrativa**

Scala:

-

Nome file:

558_Relazione Sismica

Professionista incaricato

Geol. Giovanna Sacchi

Via Pignolo, 78

24121 Bergamo (BG)

Tel. (+39) 0350792555

studio.giovanнасacchi@gmail.com



novembre 2025

Vietata la riproduzione e la divulgazione senza autorizzazione – Tutti i diritti riservati a norma di legge

SOMMARIO

1. PREMESSA.....	3
2. GENERALITÀ.....	5
3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
4. BREVI CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITÀ DELLA PIANURA PADANA.....	8
5. METODOLOGIA DI ANALISI DELLA SISMICITÀ DEL TERRITORIO	12
5.1. 1° Livello.....	12
5.2. 2° Livello.....	13
5.3. 3° Livello.....	14
6. ANALISI DI 1° LIVELLO – CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE.....	16
6.1. Documentazione consultata	16
6.2. Individuazione degli scenari di tipo Z3 – Amplificazioni Topografiche	17
6.3. Individuazione degli scenari di tipo Z4 – Amplificazioni litologiche e geometriche	18
7. ANALISI DI 2° LIVELLO – VALUTAZIONE DEL’AMPLIFICAZIONE SISMICA	19
7.1. Premessa.....	19
7.2. Indagini.....	21
7.3. Analisi degli effetti litologici (Z4)	24
7.3.1. Stazione n.1 – Parco pubblico “Giorgio Perlasca”, Via Bertacciola	25
7.3.2. Stazione n.2 – Verde Pubblico in area di parcheggio, Piazza Maria Montessori	27
7.3.3. Stazione n.3 – Parco della resistenza e della memoria, Via Roma	29
7.3.4. Stazione n.4 – Bosco in Città “Agostino Andermark”- Via Superga	31
7.3.5. Stazione n.5 – Parco delle Groane, accesso da Via Monte Bianco.....	33
7.4. Analisi degli effetti morfologici (Z3).....	35
8. OSSERVAZIONI FINALI.....	37
9. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	39

Tavole

Tavola C1	Carta della pericolosità sismica locale	Scala 1:5.000
Tavola C1a	Carta geologica	Scala 1:5.000
Tavola C1b	Sezione geologica	Scala 1:5.000
Tavola C2	Carta dei fattori di amplificazione	Scala 1:5.000
Tavola C3	Carta della fattibilità delle azioni di piano soprassegnata	Scala 1:5.000

Allegati

Allegato 1	Rapporto tecnico delle indagini effettuate
Allegato 2	Profili topografici

1. PREMESSA

Il presente documento, intitolato *“Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito finalizzate alla definizione della componente sismica”*, è redatto ai sensi dell’Allegato 5 della D.G.R. n. IX/2616 del 30 novembre 2011. Lo studio aggiorna la componente sismica precedentemente definita, poiché riferita a un periodo anteriore all’entrata in vigore della D.G.R. IX/2616/2011 e del D.M. 17 gennaio 2018, recante *“Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni”*.

Successivamente alla redazione del precedente studio, sono intervenuti i seguenti provvedimenti normativi:

- La **D.G.R. n. X/2129 del 11 luglio 2014** *“Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (L.R. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)”* che ha riclassificato dal punto di vista sismico molti Comuni del territorio lombardo, il Comune di **Bovisio Masciago non ha subito modifiche (Zona sismica 4)**.
- La **D.G.R. n. X/2489 del 10 ottobre 2014** *“Differimento del termine di entrata in vigore della nuova classificazione sismica del territorio approvata con DGR 21 luglio 2014, n. 2129 - Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (L.R. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d),”* che ha prorogato i termini di applicazione della nuova classificazione, approvata nel mese di luglio 2014.
- La **L. R. 12 ottobre 2015, n. 33** *“Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche”* la legge regionale contiene disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche, nel rispetto dei principi fondamentali contenuti nella parte II, capo IV, del decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380 (Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia).
- La **D.G.R. 30 marzo 2016 - n. X/5001** *“Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l’esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica (artt. 3, comma 1, e 13, comma 1, della l.r. 33/2015);* la delibera contiene le procedure previste dall’applicazione delle L.R. 33 del 2015.
- La **D.d.u.o. 22 maggio 2019 - n. 7237** *“Aggiornamento del d.d.u.o. 21 novembre 2003 n. 19904 - Approvazione elenco delle tipologie degli edifici ed opere infrastrutturali di interesse strategico e di quelli che possono assumere rilevanza per le conseguenze di un eventuale collasso in attuazione della d.g.r. n. 19964 del 7 novembre 2003”*.

Con l’entrata in vigore della D.G.R. n. X/2129 del 11 luglio 2014 *“Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (L.R. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)”*, in seguito all’approvazione della L. R. del 12 ottobre 2015, n. 33 *“Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche”*, è stata **aggiornata la classificazione, dal punto di vista sismico, dei comuni della Regione Lombardia.**

Il Comune di Bovisio Masciago risulta confermato in Zona sismica 4.

Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito finalizzate alla definizione della componente sismica nei piani di governo del territorio

ai sensi della D.G.R. XI/2616 del 30 novembre 2011

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Per i Comuni ricadenti in Zona sismica 4 è obbligatoria l'esecuzione dell'**analisi sismica di 1° livello**, con redazione della **Carta di Pericolosità Sismica Locale (PSL)**, comprendente:

- la perimetrazione delle zone areali **Z1, Z2 e Z4**,
- l'individuazione degli elementi lineari appartenenti alle zone **Z3 e Z5**, le quali rappresentano fattori potenzialmente influenti sugli effetti sismici locali (v. **Tab. 1**).

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2a	Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.)	Cedimenti
Z2b	Zone con depositi granulari fini saturi	Liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc.)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z3c	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	
Z4a	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4c	Zona con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z4d	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

Tab. 1 – Scenari di Pericolosità Sismica Locale (D.G.R. n. IX/2616 del 30 novembre 2011)

In conformità con la normativa vigente, lo studio prevede inoltre l'obbligo di eseguire l'**approfondimento di 2° livello** nelle aree PSL classificate **Z3 e Z4**, limitatamente agli **edifici strategici e rilevanti di nuova previsione**, come definiti dal D.d.u.o. 21 novembre 2003 e successivamente aggiornati con D.d.u.o. 22 maggio 2019, n. 7237.

Nella **Tab. 2** è illustrato lo schema procedurale di riferimento per l'analisi della componente sismica, come evidenziato dal rettangolo rosso.

	Livelli di approfondimento e fasi di applicazione		
	1° livello fase pianificatoria	2° livello fase pianificatoria	3° livello fase progettuale
Zona sismica 2-3	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili	- Nelle aree indagate con il 2° livello quando F_a calcolato > valore soglia comunale; - Nelle zone PSL Z1e Z2.
Zona sismica 4	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti di nuova previsione (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03)	- Nelle aree indagate con il 2° livello quando F_a calcolato > valore soglia comunale; - Nelle zone PSL Z1 e Z2 per edifici strategici e rilevanti.

PSL = Pericolosità Sismica Locale

Tab. 2 – Schema procedurale di applicazione della componente sismica a supporto del P.G.T.

Si precisa che il Comune di Bovisio Masciago, con il presente elaborato, **estende l'approfondimento di 2° livello all'intero territorio urbanizzato**, e non esclusivamente agli edifici strategici e rilevanti di nuova previsione

2. GENERALITÀ

Lo scopo della microzonazione sismica è quello di fornire gli strumenti necessari alla realizzazione di una protezione preventiva, con conseguente diminuzione del rischio sismico.

Il danno che possono subire le costruzioni in occasione di terremoti può variare fortemente, anche entro distanze ravvicinate (da poche centinaia fino a poche decine di metri), in relazione al diverso comportamento dei terreni di fondazione ed ai fattori geologici e geomorfologici che hanno capacità di amplificare localmente l'effetto sismico. Appare evidente come la microzonazione sismica debba, al fine di valutare le situazioni più pericolose, innanzitutto basarsi sul riconoscimento delle caratteristiche geotecniche, geologiche e geomorfologiche del territorio in esame. Le modalità di rilascio dell'energia, il cammino di propagazione delle onde sismiche dalla sorgente al sito e la loro interazione con la morfologia e geologia locale, possono far variare fortemente l'intensità di un terremoto entro la regione geologica di riferimento.

La microzonazione sismica rappresenta un efficace mezzo mediante il quale caratterizzare qualitativamente e quantitativamente i terreni ove si intende edificare, in relazione alla loro potenziale o reale pericolosità sismica.

SCENARI DI PERICOLOSITÀ

L'individuazione e la prevenzione del rischio sismico hanno portato al continuo sviluppo di metodologie che si basano sul riconoscimento dei contesti geomorfologici dove si possono verificare amplificazioni del moto del suolo e fenomeni di instabilità concomitanti.

Alla luce delle più recenti metodologie, appare ormai appurato che, per quanto riguarda la pericolosità, maggiore importanza rivestono i parametri sorgente per i siti vicini all'area ipocentrale; mentre allontanandosi da quest'ultima acquistano invece sempre maggiore importanza le caratteristiche locali, quali:

- fattori geometrici, legati essenzialmente alla profondità e alla geometria del substrato roccioso, con priorità rivolta all'individuazione di strati o livelli con caratteristiche meccaniche inferiori a quelle sovrastanti;
- proprietà meccaniche delle unità litologiche (importanti sia in senso assoluto che relativamente al substrato litoide);
- presenza di falde superficiali e di terreni potenzialmente liquefacibili.

Gli "scenari potenziali di pericolosità sismica" rappresentano quindi una schematizzazione di "situazioni geomorfologiche tipo", per ognuna delle quali si possono verificare situazioni di rischio sismico.

3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La normativa di riferimento ha subito un progressivo aggiornamento dopo i primi anni 2000, in seguito agli eventi di natura sismica che hanno colpito alcune regioni dell'Italia meridionale.

Con l'**Ordinanza del Presidente del Consiglio dei ministri n° 3274 del 20 marzo 2003**, vengono individuate, in prima applicazione, le zone sismiche sul territorio nazionale e fornite le norme tecniche da adottare per la progettazione di costruzioni in zona sismica.

L'Ordinanza è stata recepita dalla Regione Lombardia con la **D.G.R. n°7/14964 del 7 novembre 2003** che ha successivamente avviato una procedura di revisione e aggiornamento delle norme sismiche, sia a livello pianificatorio che progettuale.

La Regione Lombardia, con il **D.d.u.o. 21 novembre 2003 - n. 19904**, ha approvato l'elenco delle tipologie degli edifici ed opere infrastrutturali di competenza regionale e il programma temporale delle verifiche. Il monitoraggio degli edifici e delle opere rilevanti e strategiche viene effettuato mediante la compilazione da parte dei tecnici di una apposita scheda predisposta dal Consiglio Nazionale delle Ricerche e dal Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti.

La **D.d.u.o. 21 novembre 2003 - n. 19904** è stata aggiornata con la **D.d.u.o. 22 maggio 2019 - n. 7237**.

I criteri di zonazione della pericolosità sismica locale (PSL) sono stati in prima stesura definiti con la **D.G.R. 8/1566 del 2005** e aggiornate, prima con la **D.G.R. 8/7374 del 2008** e infine con la **D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011**, attualmente in vigore.

In seguito, la **D.G.R. n. X/2129 del 11 luglio 2014** ha modificato la classificazione sismica dei comuni stabilita dalla D.G.R. n°7/14964 del 7 novembre 2003, mentre la **D.G.R. n. X/2489 del 10 ottobre 2014** ha chiarito le modalità e la tempistica di applicazione della nuova classificazione.

Infine, con la **L. R. 12 ottobre 2015, n. 33** "Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche" e la successiva delibera di applicazione **D.G.R. 30 marzo 2016 - n. X/5001** "Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica (artt. 3, comma 1, e 13, comma 1, della l.r. 33/2015)", sono stati definiti i nuovi criteri di vigilanza nelle aree sismiche. La normativa, in questo caso, non interviene sulle modalità di esecuzione degli studi sismici a supporto della pianificazione (normati dalla D.G.R. IX/2616 del 2011), ma sulla congruità dei contenuti tra gli elaborati di progetto nelle zone sismiche, rispetto al D.M. 17 gennaio 2018 e alla D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011.

La normativa nazionale è regolata dal **D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni" – NTC 2018**.

Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito finalizzate alla definizione
della componente sismica nei piani di governo del territorio

ai sensi della D.G.R. XI/2616 del 30 novembre 2011

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Il Comune di Bovisio Masciago risulta, ai sensi della vigente normativa sismica, classificato in Zona sismica 4 (v. **Tab. 3**).

Denominazione	Categoria secondo la classificazione precedente (decreti fino al 1984)	Categoria secondo la Proposta del GdL del 1998	Zona ai sensi D.G.R. n°7/14964 del 7 novembre 2003	Zona ai sensi D.G.R. n° X/2129 del 11 luglio 2014
Bovisio Masciago	N.C.	N.C.	4	4

Tab. 3 – Zona sismica di appartenenza del Comune di Bovisio Masciago

Si precisa che ai sensi delle NTC 2018, la determinazione delle azioni sismiche in fase di progettazione non è più valutata riferendosi ad una zona sismica territorialmente definita, bensì sito per sito, secondo i valori riportati nelle citate NTC 2018.

Come illustrato nella **Tab. 3**, la suddivisione del territorio in zone sismiche è finalizzata ad individuare l'ambito di applicazione dei livelli di approfondimento in fase pianificatoria, ai sensi della D.G.R. n. IX/2616 del 30 novembre 2011.

Le NTC 2018 adottano un approccio prestazionale per la progettazione delle strutture nuove e per la verifica di quelle esistenti.

L'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire da una *pericolosità sismica di base*, in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (Categoria di suolo "A" delle NTC 2018).

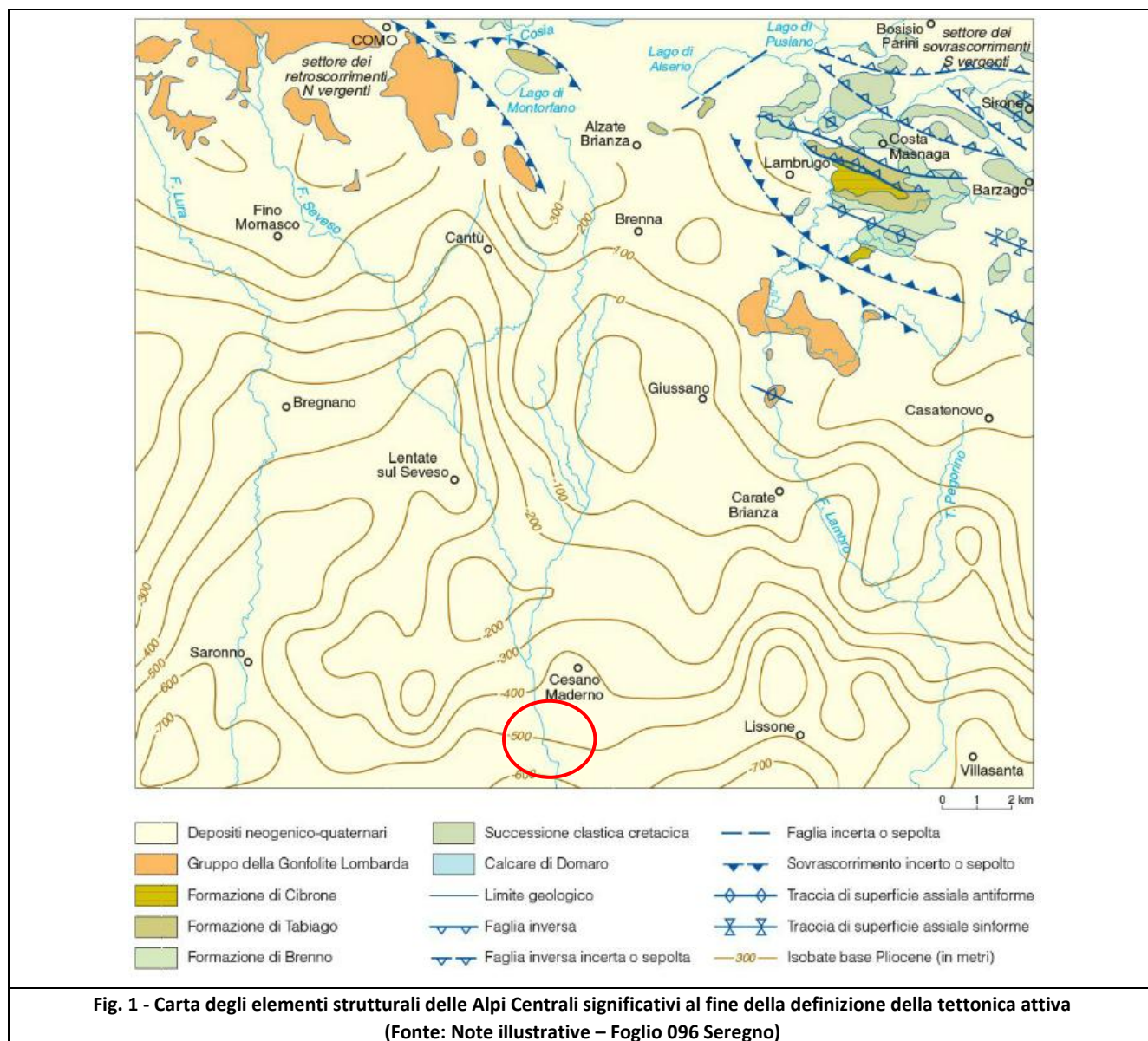
La valutazione della *pericolosità sismica di base*, nel seguito chiamata semplicemente *pericolosità sismica*, costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

4. BREVI CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITÀ DELLA PIANURA PADANA

Il territorio del Comune di Bovisio Masciago si trova nella provincia di Monza e della Brianza, dal punto di vista morfologico è caratterizzato dall'attraversamento da nord a sud del torrente Seveso; ricade in un'area classificata a bassa pericolosità sismica (v. Fig. 1).

La sismicità della porzione lombarda della Pianura Padana è caratterizzata da pochi terremoti di magnitudo da media a bassa, localizzati principalmente lungo il margine delle Alpi tra i laghi di Garda e Iseo, mentre verso ovest gli eventi si presentano più sparsi.

In generale, si osserva una diminuzione sia dell'energia rilasciata che del numero di terremoti da est verso ovest, con la quasi assenza di terremoti a ovest di Milano.



Il **quadro sismogenetico definito** è quello proposto nel 2004 nel progetto *Gruppo di Lavoro MPS (2004): "Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'O.P.C.M. del 20 marzo 2003"* e riportato nella sottostante Fig. 2.

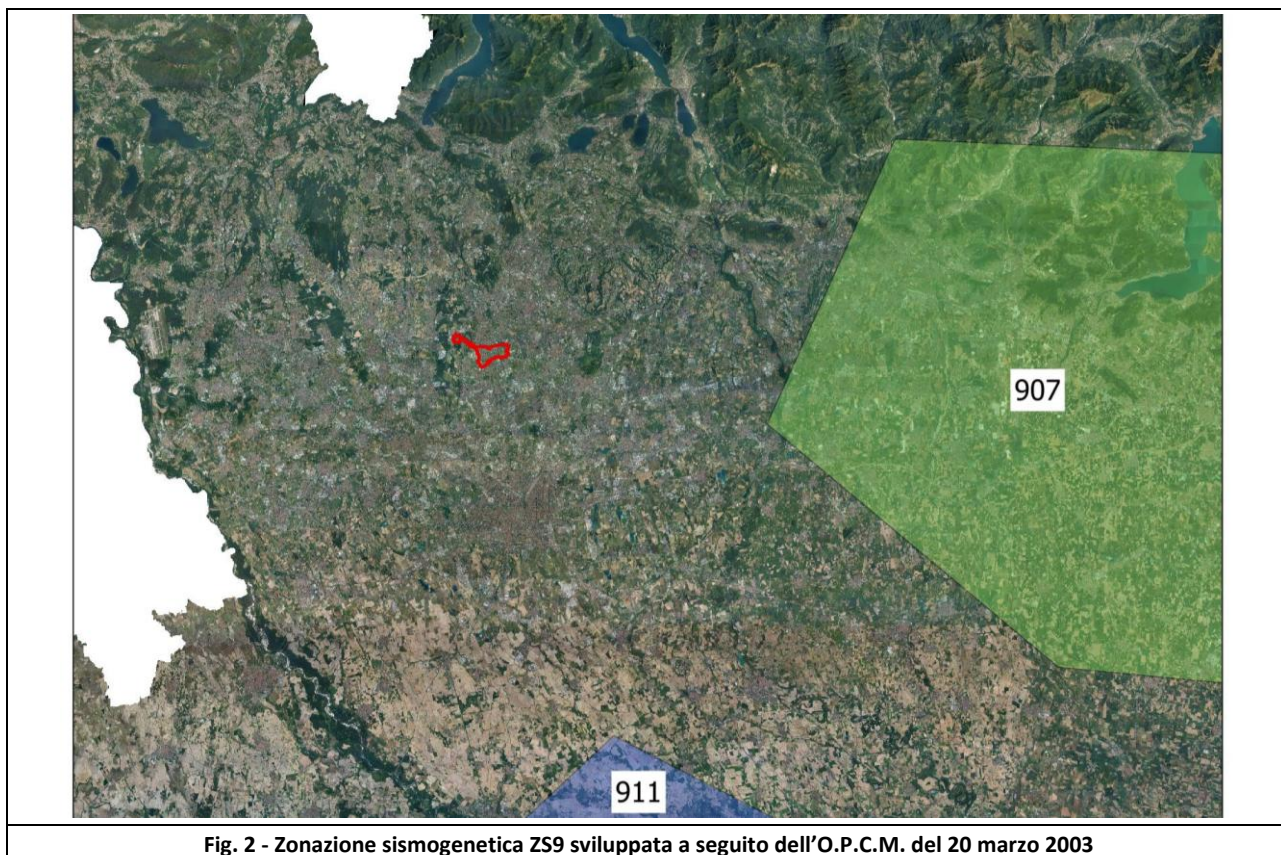


Fig. 2 - Zonazione sismogenetica ZS9 sviluppata a seguito dell'O.P.C.M. del 20 marzo 2003

La nuova zonazione chiamata ZS9, che sostituisce la precedente ZS4 (1996), è stata definita sulla base dei più recenti sviluppi della ricerca scientifica, in considerazione di nuovi studi sismologici (DISS 2.0, *Database of Potential Sources for Earthquake largher then M5.5 in Italy*, Valenise e Pantosti 2001) e sulla base dell'analisi dei dati relativi ai terremoti più importanti verificatisi successivamente alla predisposizione di ZS4.

Alcuni di questi terremoti (tra i quali Bormio 2000, Monferrato 2001, Merano 2001, Palermo 2002, Molise 2002) sono localizzati al di fuori delle zone sorgente in essa definite.

Il Comune di Bovisio Masciago è ubicato a ovest della zona sismogenetica 907 e a nord della zona 911 (v. Fig. 2).

ATTIVITÀ SISMICA

L'attività sismica riferita al Comune di Bovisio Masciago è desunta dal Database Macrosismico Italiano del 2015, il quale ha raccolto e organizzato in modo critico i dati macrosismici utilizzati per la compilazione del catalogo parametrico CPTI15, (Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

Doi: <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>).

La consultazione del catalogo parametrico CPTI15¹ (Eventi sismici per località) ha evidenziato un solo evento sismico associato alla città di Monza.

¹ *Catalogo parametrico dei terremoti italiani, versione CPTI15 a cura di Andrea Rovida, Mario Locati, Romano Camassi, Barbara Lolli e Paolo Gasperini - INGV*

Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito finalizzate alla definizione
della componente sismica nei piani di governo del territorio

ai sensi della D.G.R. XI/2616 del 30 novembre 2011

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

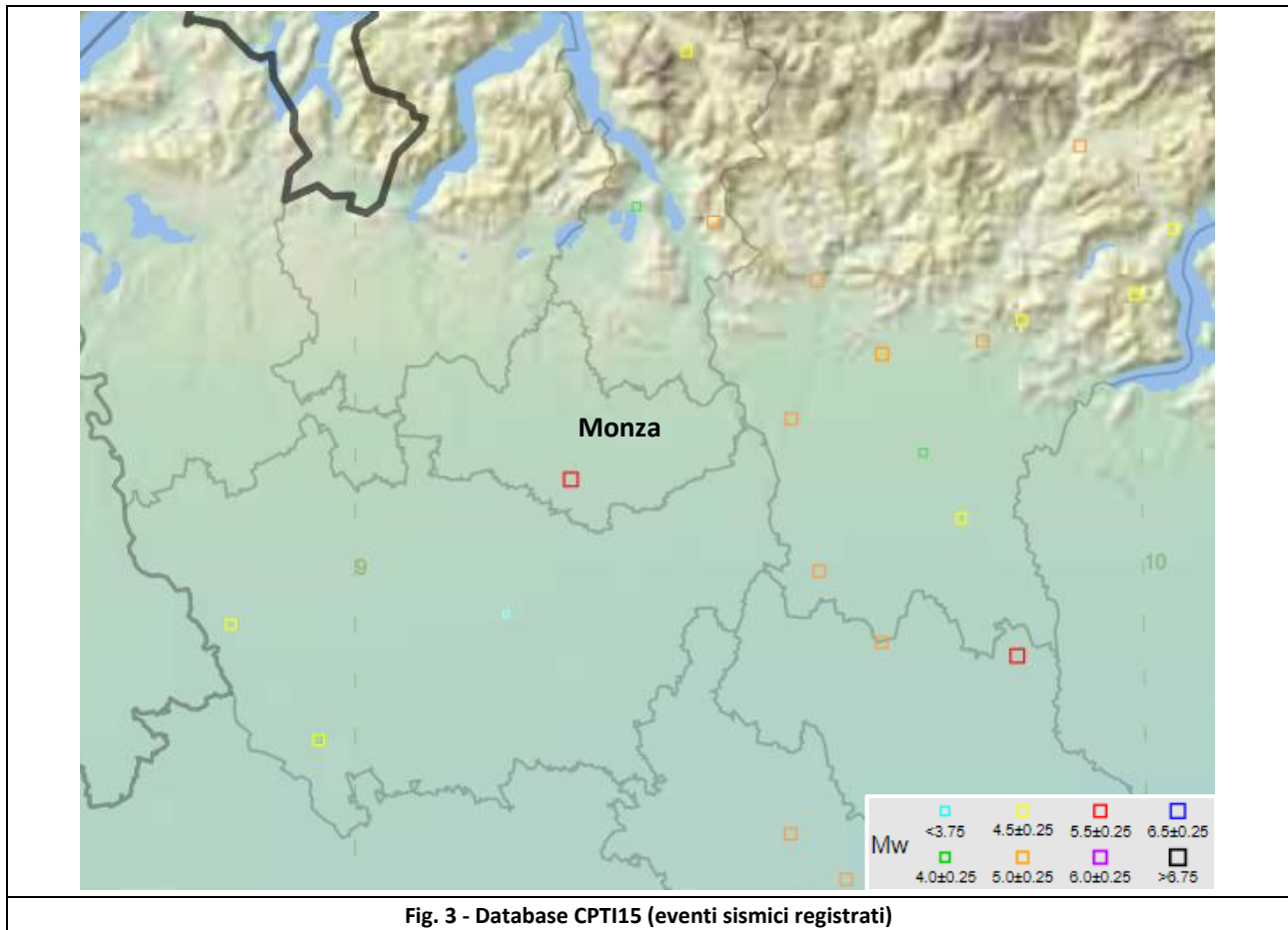


Fig. 3 - Database CPT15 (eventi sismici registrati)

Le caratteristiche dell'evento sono riportate nella tabella sottostante:

Data	Località	N. eventi	Intensità Epicentrale	Magnitudo Momento
26/11/1396	Monza	1	7÷8	5.33

Nel territorio di Bovisio Masciago non sono censiti eventi sismico di rilievo.

La consultazione del catalogo DBMI15 (terremoti per località) evidenzia due eventi sismici, rispettivamente nel 1968 (Valle d'Aosta) e nel 2011 (Pianura lombardo-veneta), che sono stati registrati anche nel territorio di Bovisio Masciago.

**Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito finalizzate alla definizione
della componente sismica nei piani di governo del territorio**

ai sensi della D.G.R. XI/2616 del 30 novembre 2011

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
4	1968	06	18	05	27		Valle d'Aosta	60	6	4.86
F	2011	07	17	18	30	2	Pianura lombardo-veneta	73	5	4.79

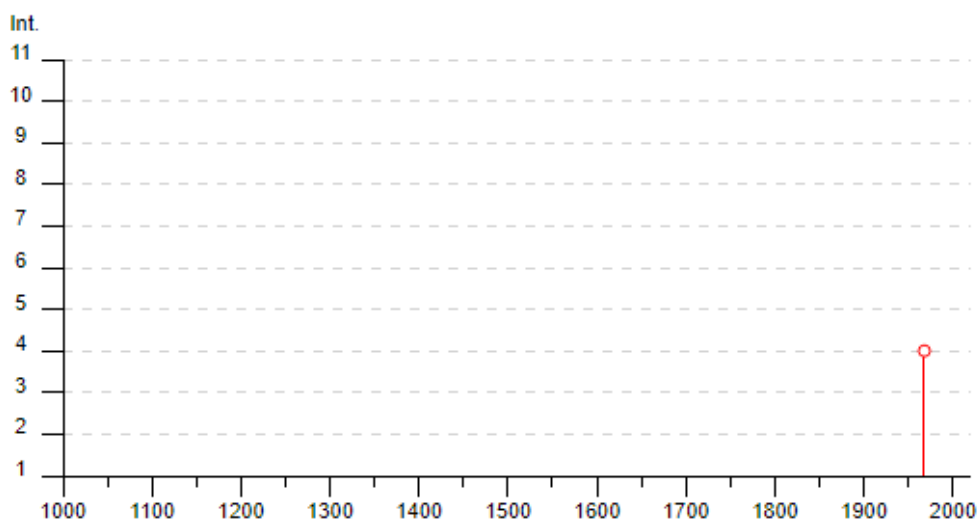


Fig. 4 - Consultazione per località del catalogo DBMI15

Legenda:

- **Is = Intensità al sito** espressa secondo la scala Mercalli-Cancani-Sieberg, (MCS);
- F = AVVERTITO: si ritiene di escludere che si siano verificati danni;
- 3 = LEGGERO
- 4 = MODERATO
- 5 = ABBASTANZA FORTE
- 6 = FORTE

- **Anno, (Me)se, (Gi)orno, (Ho)ur, (Mi)nutes, (Se)cond=** Collocazione temporale dell'evento;
 - **Ae** = Denominazione dell'area dei maggiori effetti;
 - **NMDP** = Numero di osservazioni macrosismiche del terremoto;
 - **Io** = Intensità epicentrale espressa secondo la scala Mercalli-Cancani-Sieberg, (MCS);
 - **Mw** = Magnitudo del momento sismico.

La magnitudo del momento sismico (Mw) esprime in scala logaritmica il momento sismico (*il prodotto dell'area della frattura per lo spostamento della faglia per la resistenza massima alla rottura della roccia*).

La scala Mw è stata definita in modo da coincidere con la scala Richter per i terremoti inferiori a magnitudo 6-7. In letteratura il valore M = 5 corrisponde alla soglia di danno.

5. METODOLOGIA DI ANALISI DELLA SISMICITÀ DEL TERRITORIO

La metodologia utilizzata si fonda sull'analisi di indagini dirette e prove sperimentali effettuate su alcune aree campione della Regione Lombardia.

Essa prevede tre livelli di approfondimento, di seguito sintetizzati.

5.1. 1° Livello

Il primo livello prevede il riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sulla base sia di amplificazioni geologiche, sia di dati esistenti.

Questo livello obbligatorio per tutti i Comuni prevede la redazione della “*Carta della pericolosità sismica locale*”, nella quale deve essere riportata la perimetrazione areale delle diverse situazioni tipo, illustrate nella tabella sottostante, in grado di individuare gli effetti sismici locali.

SIGLA	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2a	Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.)	Cedimenti
Z2b	Zone con depositi granulari fini saturi	Liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite – arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

Tab. 4 – Scenari di pericolosità sismica locale

5.2. 2° Livello

Caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi nelle aree perimetrate nella “*Carta di pericolosità sismica locale*”, che fornisce la stima della risposta sismica dei terreni, in termini di valore di Fattore di Amplificazione **Fa**.

L’applicazione del 2° livello consente l’individuazione delle aree in cui la normativa nazionale risulta insufficiente a comprendere gli effetti di amplificazione sismica locale (*Fa* calcolato superiore a *Fa* di soglia comunale di riferimento, assegnato dalla Regione Lombardia).

Per queste aree, nei casi previsti, si dovrà procedere alle indagini ed agli approfondimenti di 3° livello, qualora il valore di *Fa* calcolato sia superiore a *Fa* di soglia comunale.

SIGLA	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	CLASSE DI PERICOLOSITA' SISMICA
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	H3
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	H2 – livello di approfondimento 3°
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2a	Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.)	H2 – livello di approfondimento 3°
Z2b	Zone con depositi granulari fini saturi	H2 – livello di approfondimento 3°
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	H2 – livello di approfondimento 2°
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite – arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	H2 – livello di approfondimento 2°
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	H2– livello di approfondimento 3°
Tab. 5 – Classi di pericolosità per ogni scenario di pericolosità sismica locale		

Il secondo livello è obbligatorio, per i Comuni ricadenti nelle zone sismiche 2 e 3, nelle aree PSL, individuate attraverso il 1° livello, suscettibili di amplificazioni sismiche morfologiche e litologiche, (zone Z3 e Z4 della Tab. 5) e interferenti con l’urbanizzato e/o con aree di espansione urbanistica.

Per le aree a pericolosità sismica locale caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti, e/o liquefazione per le zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse (Z1, Z2 e Z5 della Tab. 5), non è prevista l’applicazione degli studi di 2° livello, ma il passaggio diretto a quelli di 3° livello.

L'approfondimento di 3° livello può essere sostituito in fase progettuale dall'utilizzo dello spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, con il seguente schema:

- **anziché lo spettro della categoria di suolo B si utilizzerà quello della categoria di suolo C; nel caso in cui la soglia non fosse ancora sufficiente si utilizzerà lo spettro della categoria di suolo D;**
- **anziché lo spettro della categoria di suolo C si utilizzerà quello della categoria di suolo D;**
- **anziché lo spettro della categoria di suolo E si utilizzerà quello della categoria di suolo D.**

5.3. 3° Livello

Il 3° livello si applica in fase progettuale agli scenari qualitativi suscettibili di instabilità (Z1b e Z1c), cedimenti e/o liquefazioni (Z2), per le aree suscettibili di amplificazioni sismiche (morfologiche Z3 e litologiche Z4) che sono caratterizzate da un valore di F_a superiore al valore di soglia corrispondente, così come ricavato dall'applicazione del 2° livello.

Per le zone di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse (Z5) non è necessaria la valutazione quantitativa, in quanto è da escludere la costruzione su entrambi i litotipi.

In fase progettuale tale limitazione può essere rimossa qualora si operi in modo tale da avere un terreno di fondazione omogeneo.

Nell'impossibilità di ottenere tale condizione, si dovranno prevedere opportuni accorgimenti progettuali atti a garantire la sicurezza dell'edificio.

I risultati delle analisi di 3° livello saranno utilizzati in fase di progettazione al fine di ottimizzare l'opera e gli eventuali interventi di mitigazione della pericolosità.

Gli accelerogrammi vengono utilizzati, per l'analisi dinamica non lineare delle strutture, in quanto consentono di ottenere una stima accurata e statisticamente corretta della domanda sismica.

Un accelerogramma è un diagramma in funzione del tempo che rappresenta le accelerazioni indotte al suolo in un dato sito, durante un evento sismico.

Con l'emanazione delle NTC 2018, sono stati modificati gli accelerogrammi **da applicare nelle analisi di 3° livello** e viene esplicitamente richiesto l'uso di 5 accelerogrammi registrati nelle analisi dinamiche dei sistemi geotecnici (amplificazioni, frane, ecc.).

Tali accelerogrammi devono essere rappresentativi della sismicità del sito in analisi, compatibili con le caratteristiche sismogenetiche della sorgente (con la coppia magnitudo-distanza dalla sorgente e con la massima accelerazione orizzontale attesa) e registrati sui bedrock sismici provenienti dai database nazionali ed internazionali più accreditati.

Il territorio della Regione Lombardia è stato suddiviso in fasce caratterizzate da severità sismica omogenea.

**Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito finalizzate alla definizione
della componente sismica nei piani di governo del territorio**

ai sensi della D.G.R. XI/2616 del 30 novembre 2011

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

In particolare, sono state individuate **8 fasce** nelle quali i Comuni presentano valori di accelerazione massima attesa al suolo e valori dell'ordinata spettrale massima (NTC 2018), compresi in un range del $\pm 10\%$ dal valore medio.

Per ogni fascia sono stati messi a disposizione n. 7 accelerogrammi registrati, compatibili con quanto previsto dalle NTC 2018.

Il Comune di Bovisio Masciago ricade in fascia 2.

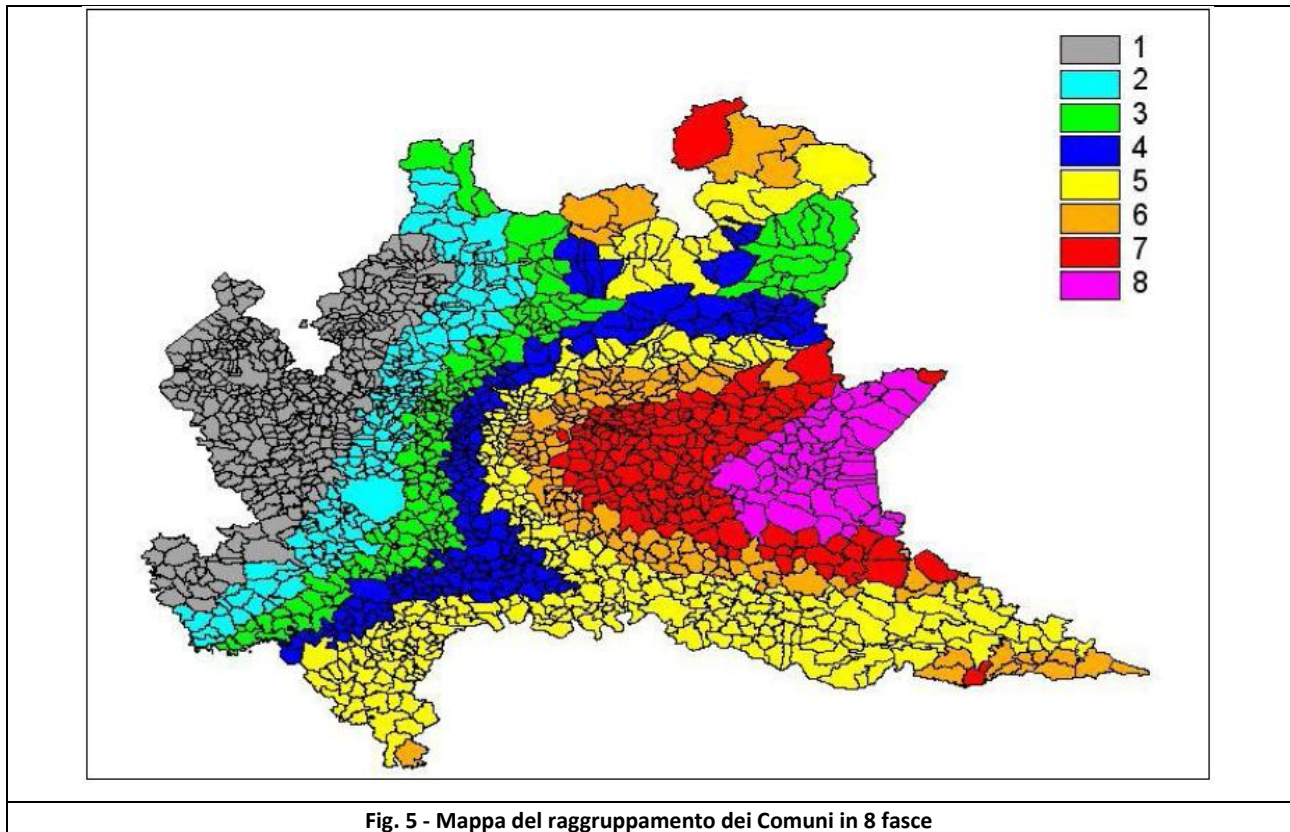


Fig. 5 - Mappa del raggruppamento dei Comuni in 8 fasce

6. ANALISI DI 1° LIVELLO – CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

L'analisi di 1° livello comporta la definizione delle zone di pericolosità sismica locale che sono state rappresentate sulla "*Carta della pericolosità sismica locale*" del Comune di Bovisio Masciago, redatta in scala 1: 5.000, per tutto il territorio comunale (v. Tav. C1).

6.1. Documentazione consultata

Partendo dall'analisi dei seguenti dati:

- Modello Digitale del Terreno (D.T.M.) del territorio di Bovisio Masciago;
- Componente sismica contenuta nel PGT vigente;
- Carta di sintesi contenuta nel PGT vigente;
- Inventario delle frane e dei dissesti idrogeologici della Regione Lombardia (Geoportale - IFFI);
- DUSAF 7.0 (Destinazione d'Uso dei Suoli Agricoli e forestali) di Regione Lombardia;
- Foglio n.96 "Seregno" del progetto CARG disponibili sul Geoportale della Regione Lombardia;
- Letteratura geologica disponibile nell'area di studio;

è stata redatta un'apposita cartografia tematica rappresentata da:

- Tavola C1a: "*Carta geologica*" (scala 1: 5.000);
- Tavola C1b: "*Sezione Geologica*" (Scala 1: 5.000),

redatte partendo sia dati contenuti nel P.G.T. vigente sia utilizzando quanto contenuto nel Foglio n. 96 "Seregno" del progetto CARG.

La "*Carta della pericolosità sismica locale*" individua le seguenti aree a PSL (pericolosità sismica locale) omogenea:

- **Z3a**: Zona di ciglio H >10 m (amplificazioni topografiche);
- **Z4a**: Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulare e/o coesivi (amplificazioni litologiche);
- **Z4d**: Zona con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale (amplificazioni litologiche).

6.2. Individuazione degli scenari di tipo Z3 – Amplificazioni Topografiche

Gli scenari di pericolosità Z3 rappresentano quelle aree che per le loro caratteristiche morfologiche (zona di ciglio con $h > 10$ m, scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, zona di cresta rocciosa o cocuzzolo) possono essere sede di fenomeni di amplificazione topografica.

Nel territorio di Bovisio Masciago, l'elemento morfologico più significativo è rappresentato dalla scarpata presente nel territorio del Parco delle Groane, in Località "Villa Biffi".

Si riportano, in **Allegato 2**, i profili topografici ubicati in prossimità della località "Villa Biffi", nella porzione nord-occidentale del territorio comunale (v. **Fig. 6**).



Fig. 6 – Area di scarpata (rappresentata dalla linea rossa) in prossimità della loc. "Villa Biffi"

6.3. Individuazione degli scenari di tipo Z4 – Amplificazioni litologiche e geometriche

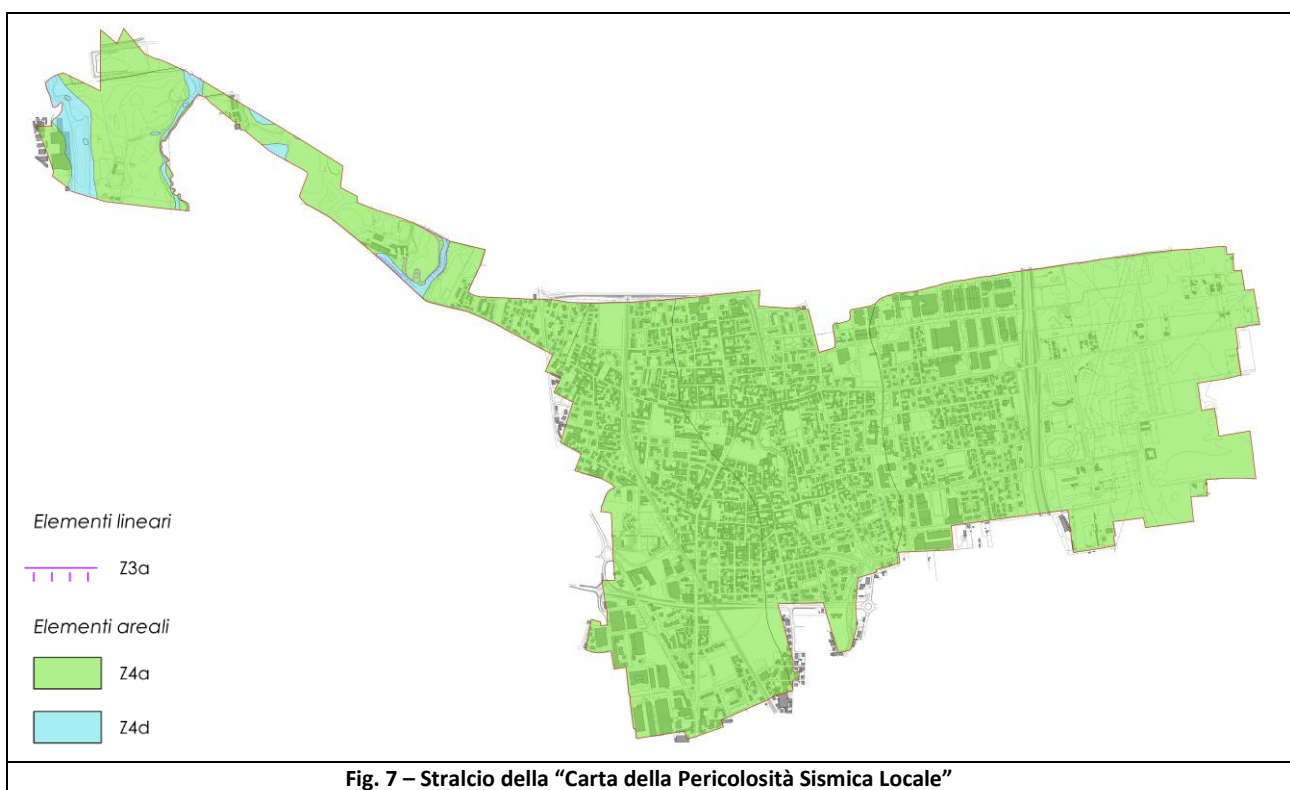
Z4A – ZONA DI FONDOVALLE CON PRESENZA DI DEPOSITI ALLUVIONALI E/O FLUVIOGLACIALI GRANULARI E/O COESIVI

La zona si sviluppa sulla maggior parte del territorio comunale di Bovisio Masciago, ad esclusione della parte nord-occidentale, in destra idrografica del Fiume Seveso, in prossimità del Torrente Garbogera e del Torrente Lombra.

Z4D – ZONE CON PRESENZA DI ARGILLE RESIDUALI E TERRE ROSSE DI ORIGINE ELUVIO-COLLUVIALE

Tale area è ubicata nella porzione nord-occidentale del comune di Bovisio Masciago, al confine con i comuni di Limbiate e di Cesano Maderno, in prossimità del Torrente Garbogera e del Torrente Lombra.

L'area è rappresentativa dei terreni "ferrettizzati", associati ai depositi dell'*Allogruppo di Venegono*.



7. ANALISI DI 2° LIVELLO – VALUTAZIONE DELL'AMPLIFICAZIONE SISMICA

7.1. Premessa

La procedura di 2° livello consiste in un approccio di tipo semiquantitativo e fornisce la stima della risposta sismica dei terreni, in termini di valore di Fattore di amplificazione (F_a).

In funzione dei risultati ottenuti, è stata redatta la "Carta dei fattori di amplificazione" (Tav. C2) in scala 1: 5.000. Gli studi sono stati condotti con metodi quantitativi semplificati, validi per la valutazione delle amplificazioni litologiche e morfologiche e utilizzati per zonare l'area di studio, in funzione del valore di F_a predefinito secondo la classificazione dei Comuni della Regione Lombardia contenuta nel database pubblicato dal S.I.T. della Regione Lombardia.

Per il Comune di Bovisio Masciago, i valori di soglia di riferimento sono:

Comune di Bovisio Masciago				
Valori di soglia (T compreso tra 0,1÷0,5)				
Suolo tipo A	Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
1	1,4	1,9	2,2	1,9
Valori di soglia (T compreso tra 0,5÷1,5)				
Suolo tipo A	Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
1	1,7	2,4	4,1	3,0
Tab. 6 – Valori soglia di riferimento				

I valori di F_a sono riferiti agli intervalli di periodo tra **0.1/0.5 s e 0.5/1.5 s**.

Gli intervalli di periodo per i quali viene calcolato il valore di F_a sono stati scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio regionale; in particolare **l'intervallo tra 0.1÷0.5 si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo 0.5 ÷1.5 è relativo a strutture più alte e più flessibili.**

La classificazione delle categorie di sottosuolo, definita dalle NTC 2018, è di seguito riportata.

Suoli di tipo 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.

Suoli di tipo 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.

Suoli di tipo 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.

Suoli di tipo 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.

Suoli di tipo 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.

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

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

con:

- h_i = spessore dell' i -esimo strato;
- $V_{S,i}$ = velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;
- N = numero di strati;
- H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

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 territorio di Bovisio Masciago, tale condizione è stata applicata per tutte le valutazioni della $V_{S,eq}$.

7.2. Indagini

Per effettuare l'analisi dell'amplificazione sismica, è necessaria la conoscenza dell'andamento delle V_s con la profondità fino a valori pari o superiori a 800 m/s.

L'Allegato 5 della D.G.R. n. 9/2616 del 30 novembre 2011 dispone che la scelta dei dati stratigrafici, geotecnici e geofisici, in termini di valore di V_s , utilizzati nella procedura di 2° livello deve essere opportunamente motivata e a ciascun parametro utilizzato deve essere assegnato un grado di attendibilità, secondo la **Tab. 7**.

Dati	Attendibilità	Tipologia
Litologici	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Alta	Da prove di laboratorio su campioni e da prove in sito
Stratigrafici (spessori)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette (penetrometriche e/o geofisiche)
	Alta	Da indagini dirette (sondaggi a carotaggio continuo)
Geofisici (V_s)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette e relazioni empiriche
	Alta	Da prove dirette (sismica in foro o sismica superficiale)
Tab. 7 – Grado di attendibilità relativo alle fonti utilizzate in termini di valutazione del valore V_s		

Per la definizione della V_s , nel territorio di Bovisio Masciago, sono state effettuate delle indagini geofisiche ad hoc, utilizzando il metodo dei rapporti spettrali (H/V o HVSR o anche "Metodo di Nakamura").

Trattasi di una tecnica di sismica passiva che quindi utilizza i rumori ambientali definiti "microtremori", assumendoli come onde di Rayleigh che si propagano in un solo strato su un semispazio.

Il metodo è basato sullo studio dei rapporti di ampiezza che esistono, nelle diverse frequenze di vibrazione (rapporti spettrali), 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 (ipoteticamente presente nella stessa misura nelle componenti verticali e orizzontali) isolando gli effetti delle modalità di propagazione delle onde sismiche.

La metodologia H/V richiede l'esecuzione di misure di rumore mediante un sistema di acquisizione tri-direzionale su un intervallo di frequenze di interesse solitamente comprese tra 0.1 e 10 Hz.

Nell'esecuzione delle misure si è fatto riferimento al protocollo sperimentale SESAME (SESAME European project, 2005) e ad altre indicazioni della letteratura tecnica.

In estrema sintesi, il rapporto H/V rappresenta l'ellitticità della traiettoria di una particella di terreno attraversata da un'onda. Il rapporto H/V plottato per un certo range di frequenze costituisce la cosiddetta curva di ellitticità.

Il picco (il massimo valore del rapporto spettrale) viene prodotto per quella frequenza in cui lo spostamento orizzontale del terreno tende a diventare massimo e quello verticale tende a diventare minimo.

Le stazioni di registrazione del rumore sismico sono ubicate, come riportato in **Fig. 8**.

Sebbene il territorio di Bovisio Masciago non sia caratterizzato da elementi geologici significativi (faglie, contatti tettonici, e/o strutture sepolte), l'ubicazione dei punti di indagine sul territorio comunale ha tenuto conto delle diverse unità litologiche presenti (v. Tav. C1a), come indicato in **Tab. 8**.

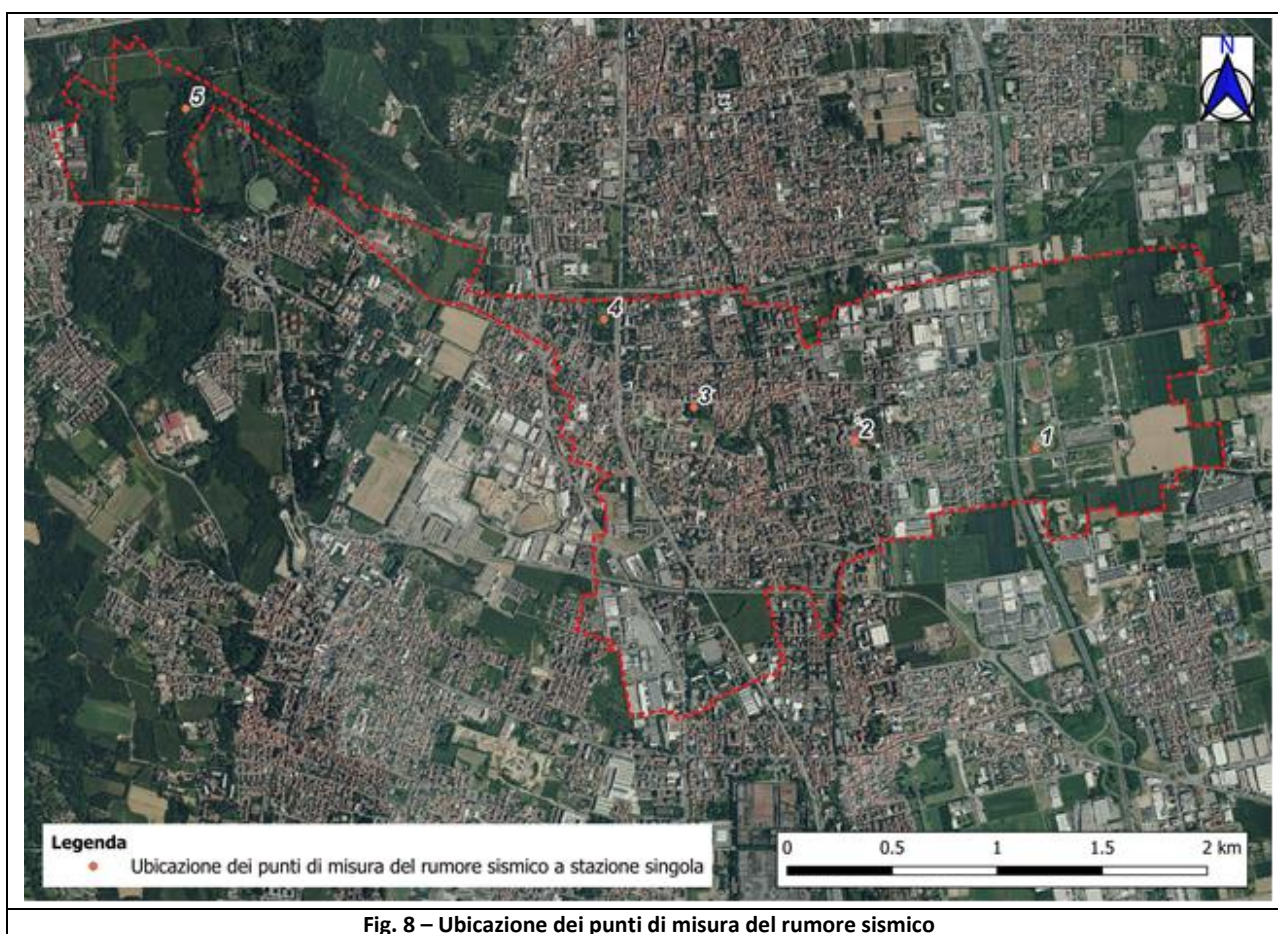


Fig. 8 – Ubicazione dei punti di misura del rumore sismico

Le stazioni di misura del rumore sismico sono state individuate tenendo conto, inoltre, dell'accessibilità del sito, della presenza di scarsa urbanizzazione nell'immediato intorno e, per quanto possibile, distanti da possibili sorgenti di rumore spurio quali vie comunicazioni ad alto traffico, industrie, cavi di alta tensione e linee ferroviarie (il territorio di Bovisio Masciago è attraversato dalla linea ferroviaria "Milano-Meda-Asso" e dalla strada statale SS527 "Bustese").

**Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito finalizzate alla definizione
della componente sismica nei piani di governo del territorio**

ai sensi della D.G.R. XI/2616 del 30 novembre 2011

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Le stazioni di misura sono sinteticamente descritte in **Tab. 8** e illustrate singolarmente nei paragrafi successivi.

Punto stazione	Descrizione sintetica della locazione	Unità litologica (Tav. C1a – Foglio 096 “Seregno)
1	Parco pubblico “Giorgio Perlasca”, Via Bertacciola	Unità di Guanzate
2	Verde Pubblico in area di parcheggio, Piazza Maria Montessori.	Sintema del Pò
3	Parco della resistenza e della memoria, Via Roma	Sintema del Pò
4	Bosco in Città “Agostino Andermark”; Via Superga	Sintema di Cantù
5	Parco delle Groane, accesso da Via Monte Bianco	Supersintema del Bozzente

Tab. 8 – Ubicazione dei punti di indagine

Il Rapporto tecnico delle indagini effettuate è riportato in **Allegato 1** alla presente relazione.

7.3. Analisi degli effetti litologici (Z4)

La procedura prevede la valutazione degli effetti litologici, sulla base dei parametri seguenti:

- Litologia prevalente dei materiali presenti in sito;
- Stratigrafia del sito;
- Andamento delle V_s con la profondità fino a valori pari o superiori a 800 m/s;
- Spessore e velocità di ciascun strato;
- Sezioni geologiche, e relative informazioni circa il modello geofisico – geotecnico e scelta dei punti rappresentativi su cui effettuare l'analisi.

Sulla base delle informazioni acquisite, è stata individuata la litologia prevalente presente nel sito ed è stata selezionata la relativa scheda di valutazione di riferimento; ne è stata poi verificata la validità, in base all'andamento dei valori di V_s con la profondità.

Per la stima del valore F_a nell'intervallo 0.1 – 0.5 s e 0.5 – 1.5 s, in base al valore del periodo proprio del sito T , è stata scelta, in funzione della profondità e della velocità V_s dello strato superficiale, la curva più rappresentativa riportata nella scheda di valutazione.

7.3.1. Stazione n.1 – Parco pubblico “Giorgio Perlasca”, Via Bertacciola

Strato	Spessore [m]	Quota tetto [m da p.c.]	Quota base [m da p.c.]	Vs [m/s]
1	2.40	0.00	-2.40	124.92
2	12.00	-2.40	-14.40	234.88
3	69.60	-14.40	-84.00	500.50
4	36.00	-84.00	-120.00	650.65
Vs,eq = 293 m/s – Suolo di categoria C ai sensi delle NTC 2018				
Tab. 9 - Velocità dei sismostrati in corrispondenza della Stazione 1				

In funzione dei valori di velocità V_s misurati in sito ed in base alle caratteristiche litologiche dell'area, è stata selezionata la scheda litologica, il cui andamento dei valori di V_s è compatibile con quello ottenuto in fase di indagine.

Dal grafico riportato è possibile osservare come la scheda utilizzata sia quella della *Litologia sabbiosa*, dove l'andamento della velocità risulta compatibile con la scheda fino ad oltre 30 m di profondità.

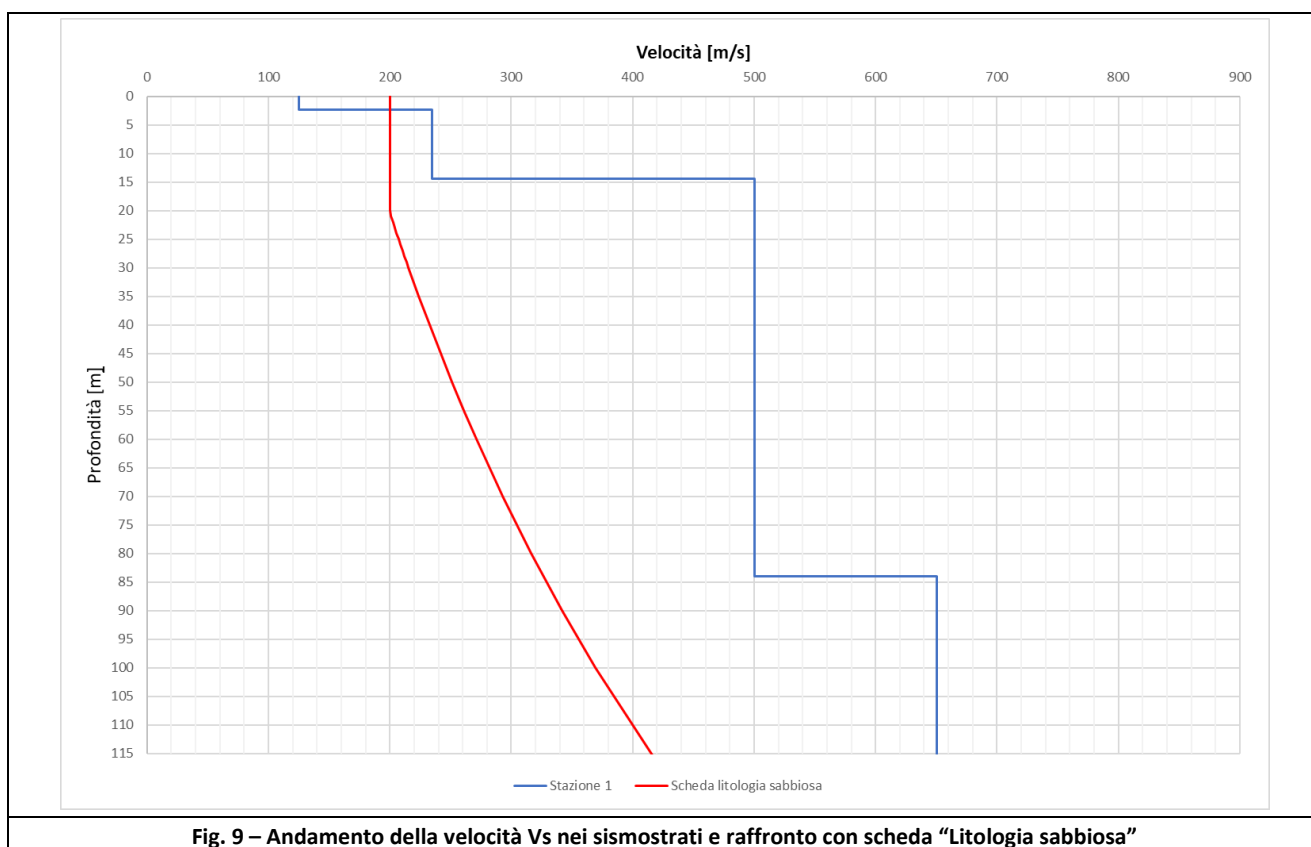


Fig. 9 – Andamento della velocità V_s nei sismostrati e raffronto con scheda “Litologia sabbiosa”

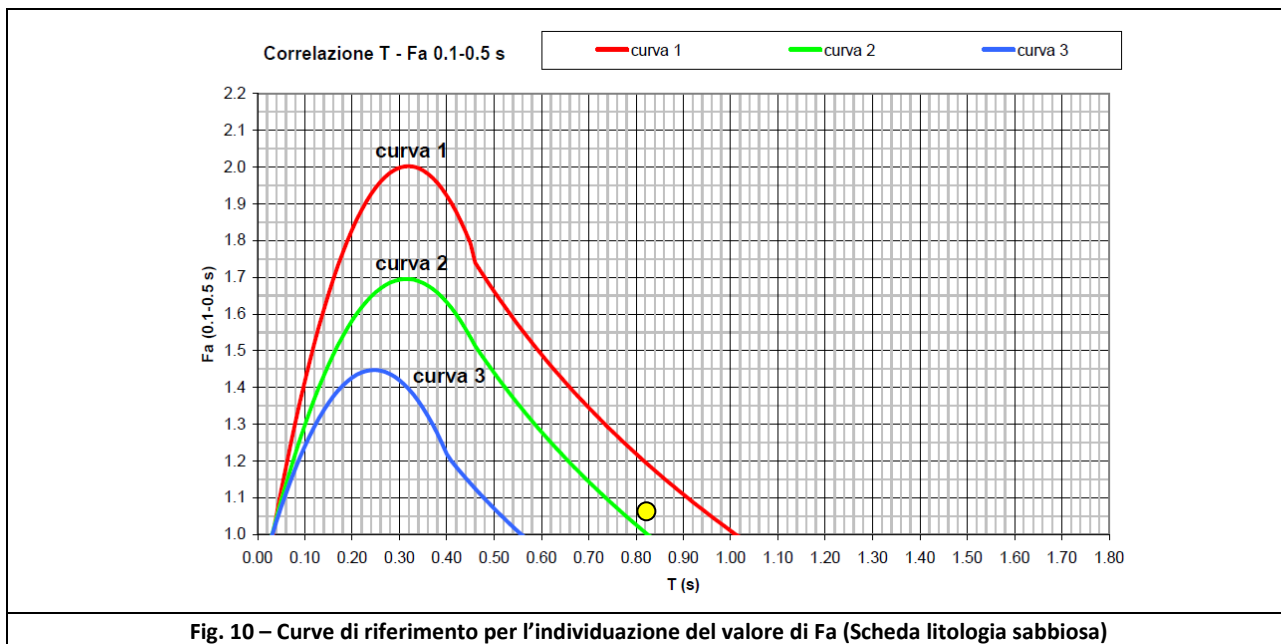
Dalla relazione per il calcolo del periodo T in funzione dell'andamento di V_s si ricava $T = 0.82$.

Si applica poi la correlazione utilizzando la curva 2, in quanto lo strato superficiale ha uno spessore maggiore di 12 m.

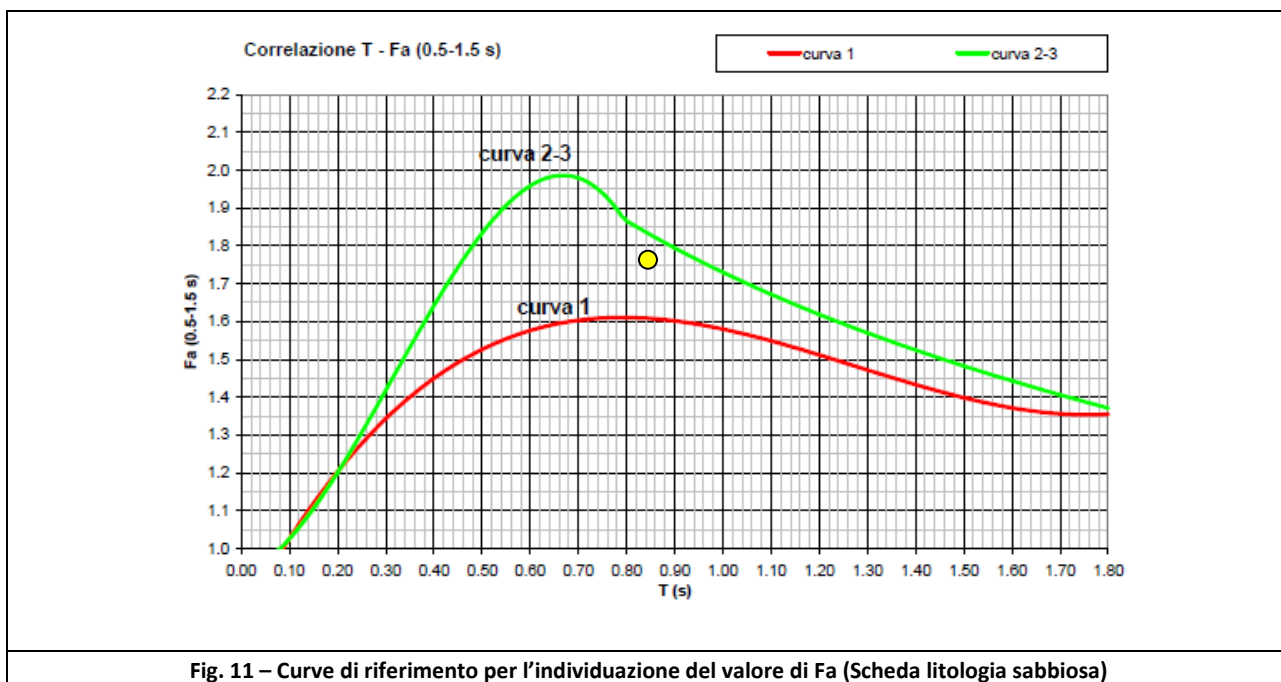
Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito finalizzate alla definizione della componente sismica nei piani di governo del territorio

ai sensi della D.G.R. XI/2616 del 30 novembre 2011

RELAZIONE ILLUSTRATIVA



Per il valore di $T = 0.82$ si verifica che il valore di $Fa_{0.1-0.5} = 1.51$ per la curva 2; poiché per la categoria di sottosuolo C (v. **Tab. 6**), il valore soglia è pari a 1.8 si verifica che $1.51 < 1.8$, pertanto la categoria di sottosuolo risulta compatibile.



Per il valore di $T = 0.82$ si verifica che il valore di $Fa_{0.5-1.5} = 1.76$ per la curva 2; poiché per la categoria di sottosuolo C (v. **Tab. 6**) il valore soglia è pari a 2.4 si verifica che $1.76 < 2.4$, pertanto la categoria di sottosuolo risulta compatibile.

Per le verifiche sismiche si adotta lo spettro del suolo di categoria C ai sensi delle NTC 2018.

7.3.2. Stazione n.2 – Verde Pubblico in area di parcheggio, Piazza Maria Montessori

Strato	Spessore [m]	Quota tetto [m da p.c.]	Quota base [m da p.c.]	Vs [m/s]
1	4.00	0.00	-4.00	200.20
2	13.00	-4.00	-17.00	370.37
3	13.00	-17.00	-30.00	502.40
4	69.00	-30.00	-99.00	748.62
Vs,eq = 371 m/s – Suolo di categoria B ai sensi delle NTC 2018				
Tab. 10 - Velocità dei sismostrati in corrispondenza della Stazione 1				

In funzione dei valori di velocità V_s misurati in sito ed in base alle caratteristiche litologiche dell'area, è stata selezionata la scheda litologica, il cui andamento dei valori di V_s è compatibile con quello ottenuto in fase di indagine.

Dal grafico riportato è possibile osservare come la scheda utilizzata sia quella della *Litologia limoso – sabbiosa tipo 2*, dove l'andamento della velocità risulta compatibile con la scheda fino ad oltre 30 m di profondità.

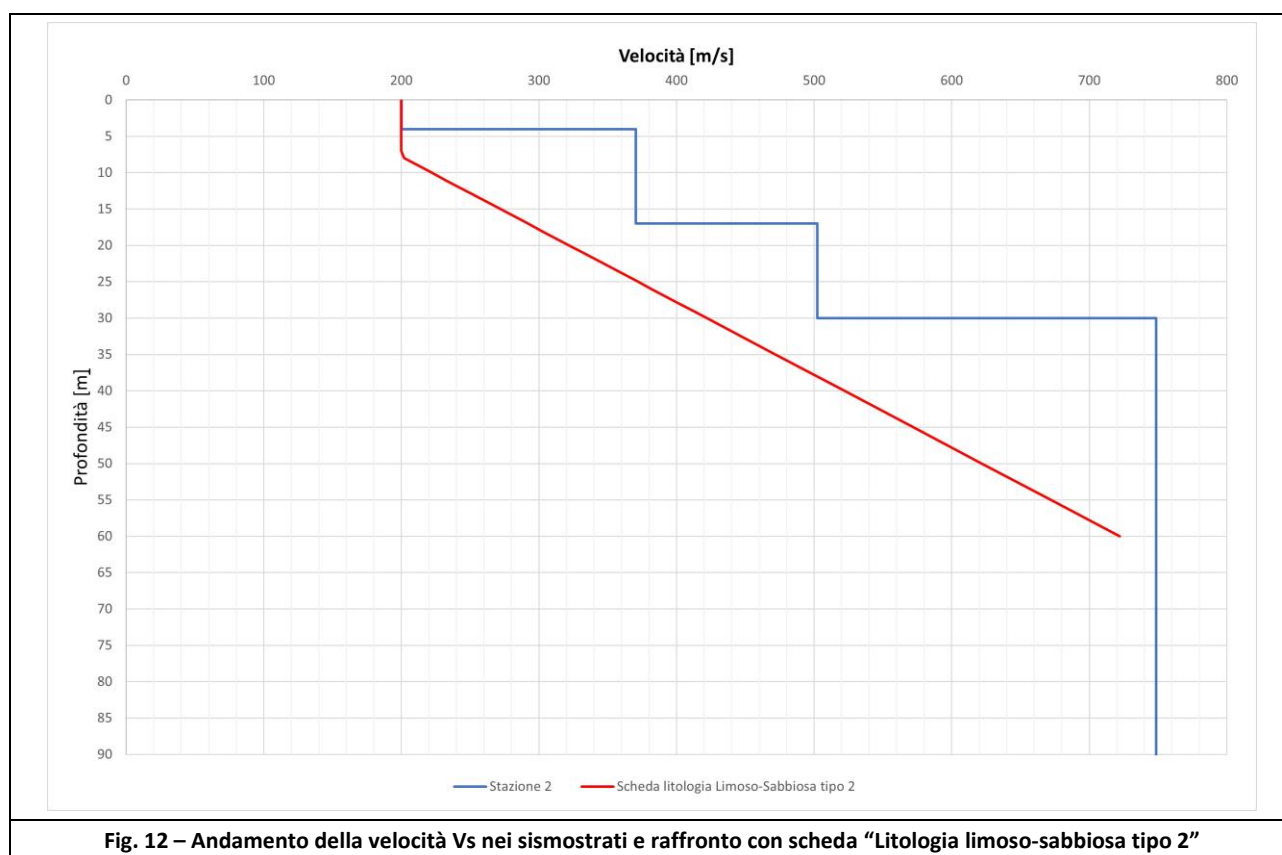


Fig. 12 – Andamento della velocità Vs nei sismostrati e raffronto con scheda “Litologia limoso-sabbiosa tipo 2”

Dalla relazione per il calcolo del periodo T in funzione dell'andamento di V_s si ricava $T = 0.61$.

Si applica poi la correlazione utilizzando la curva 2, in quanto lo strato superficiale ha uno spessore maggiore di 12 m.

Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito finalizzate alla definizione della componente sismica nei piani di governo del territorio

ai sensi della D.G.R. XI/2616 del 30 novembre 2011

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

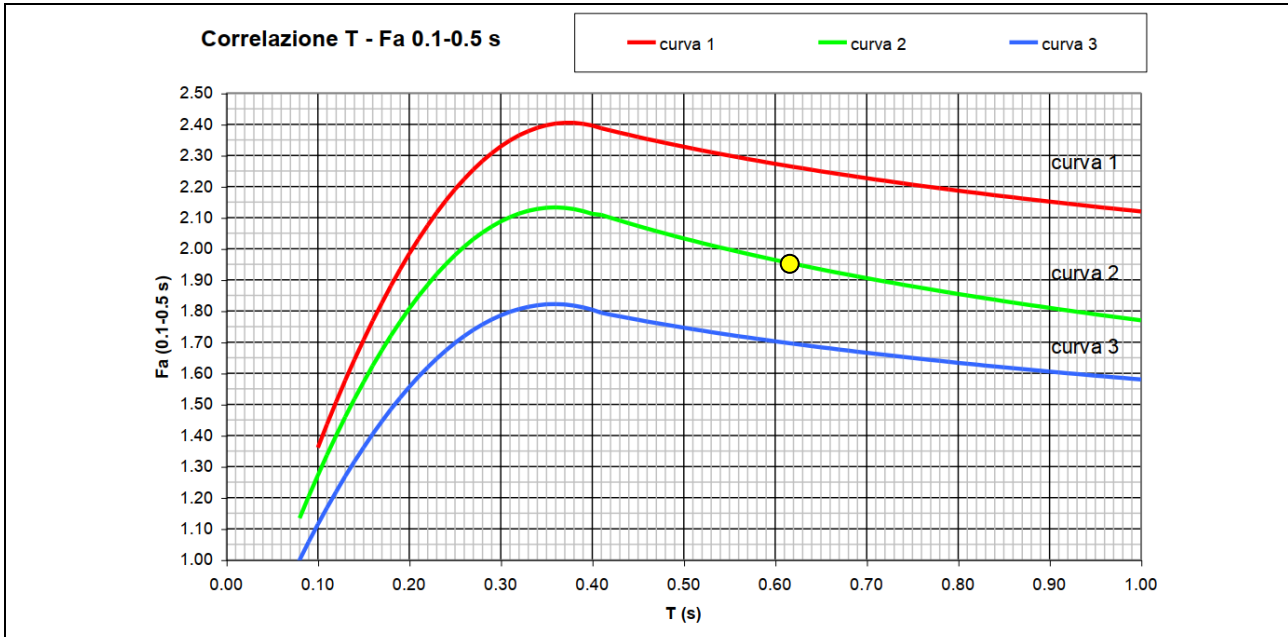


Fig. 13 – Curve di riferimento per l'individuazione del valore di Fa (Scheda Litologia limoso-sabbiosa tipo 2)

Per il valore di $T = 0.61$ si verifica che il valore di $F_{a_{0.1-0.5}} = 1.95$ per la curva 2; poiché per la categoria di sottosuolo B (v. Tab. 6) il valore soglia è pari a 1.4 si verifica che $1.4 < 1.95$, pertanto la categoria di sottosuolo risulta non compatibile.

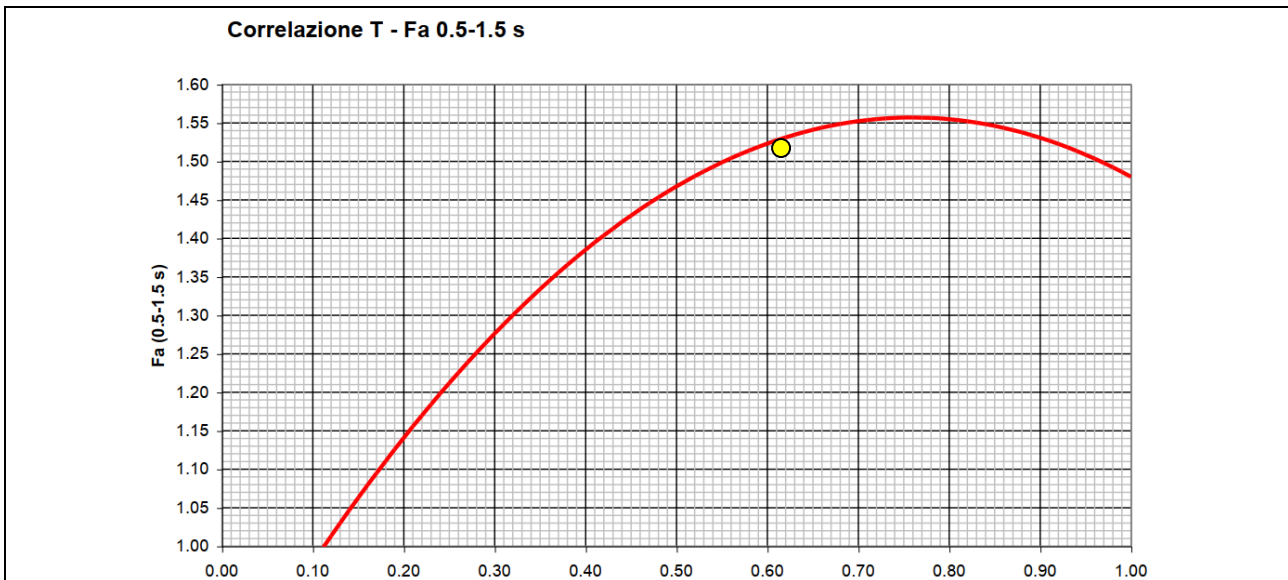


Fig. 14 – Curva di riferimento per l'individuazione del valore di Fa (Litologia limoso-sabbiosa tipo 2)

Per il valore di $T = 0.61$ si verifica che il valore di $F_{a_{0.5-1.5}} = 1.53$ per la curva di riferimento; poiché per la categoria di sottosuolo B (v. Tab. 6) il valore soglia è pari a 1.7 si verifica che $1.53 < 1.7$, pertanto la categoria di sottosuolo risulta compatibile.

Per le verifiche sismiche si adotta lo spettro del suolo di categoria C ai sensi delle NTC 2018.

7.3.3. Stazione n.3 – Parco della resistenza e della memoria, Via Roma

Strato	Spessore [m]	Quota tetto [m da p.c.]	Quota base [m da p.c.]	Vs [m/s]
1	2.40	0.00	-2.40	101.17
2	12.00	-2.40	-14.40	234.88
3	72.00	-14.40	-86.40	500.50
4	46.80	-86.40	-133.20	650.65
Vs,eq = 283 m/s – Suolo di categoria C ai sensi delle NTC 2018				
Tab. 11 - Velocità dei sismostrati in corrispondenza della Stazione 3				

In funzione dei valori di velocità V_s misurati in sito ed in base alle caratteristiche litologiche dell'area, è stata selezionata la scheda litologica, il cui andamento dei valori di V_s è compatibile con quello ottenuto in fase di indagine.

Dal grafico riportato è possibile osservare come la scheda utilizzata sia quella della *Litologia sabbiosa*, dove l'andamento della velocità risulta compatibile con la scheda fino ad oltre 30 m di profondità.

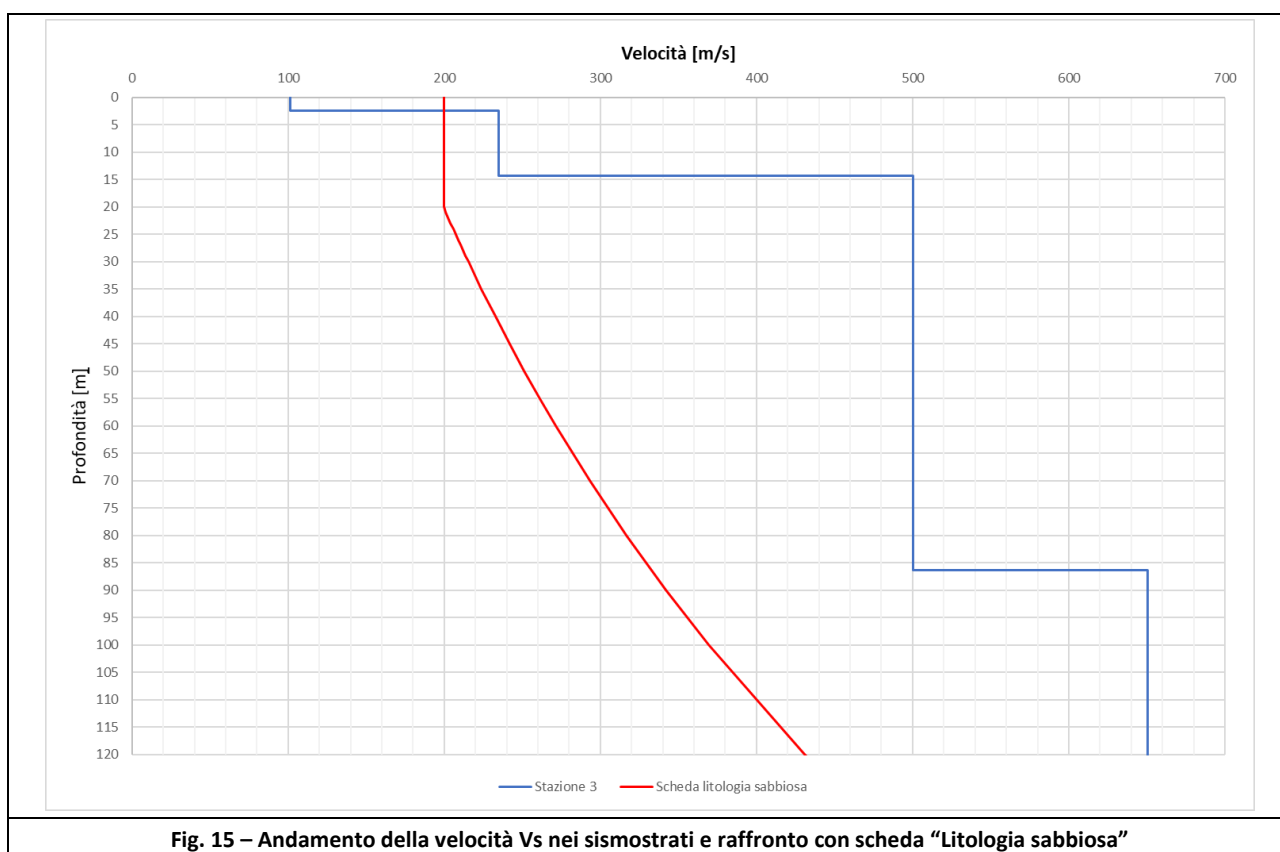


Fig. 15 – Andamento della velocità V_s nei sismostrati e raffronto con scheda "Litologia sabbiosa"

Dalla relazione per il calcolo del periodo T in funzione dell'andamento di V_s si ricava $T = 0.82$.

Si applica poi la correlazione utilizzando la curva 2, in quanto lo strato superficiale ha uno spessore maggiore di 12 m.

Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito finalizzate alla definizione della componente sismica nei piani di governo del territorio

ai sensi della D.G.R. XI/2616 del 30 novembre 2011

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

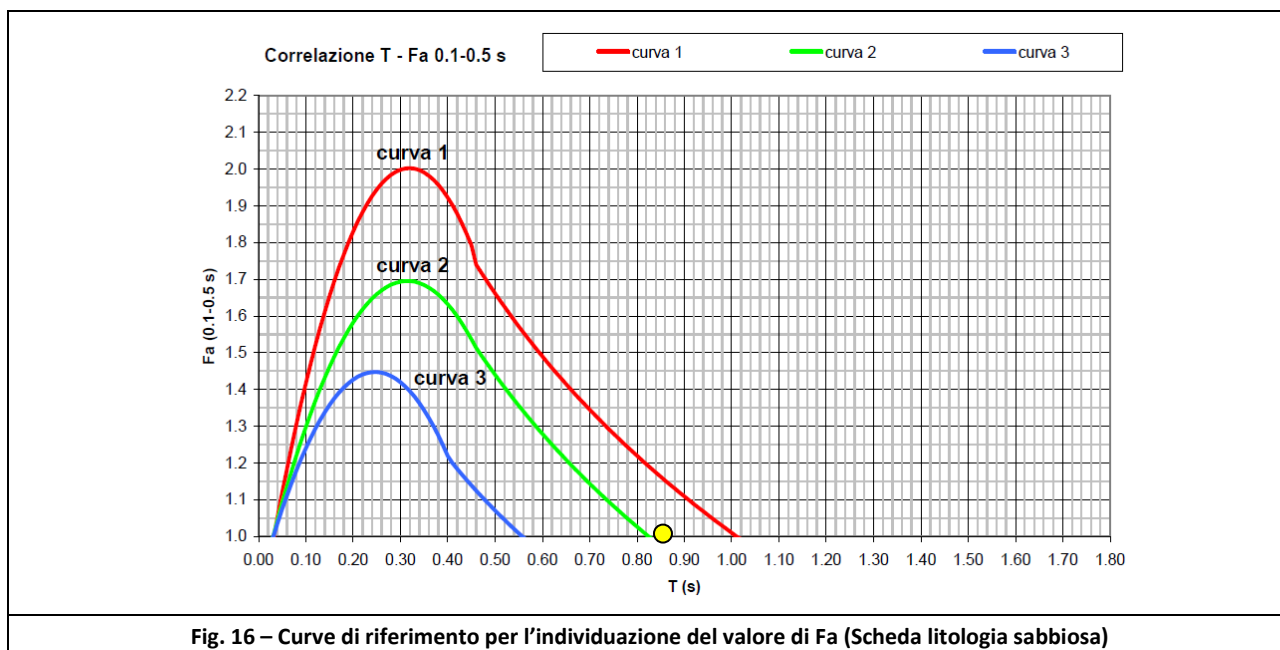


Fig. 16 – Curve di riferimento per l'individuazione del valore di Fa (Scheda litologia sabbiosa)

Per il valore di $T = 0.82$ si verifica che il valore di $F_{a_{0.1-0.5}} = 1.00$ per la curva 2; poiché per la categoria di sottosuolo C (v. **Tab. 6**) il valore soglia è pari a 1.9 si verifica che $1.00 < 1.9$, pertanto la categoria di sottosuolo risulta compatibile.

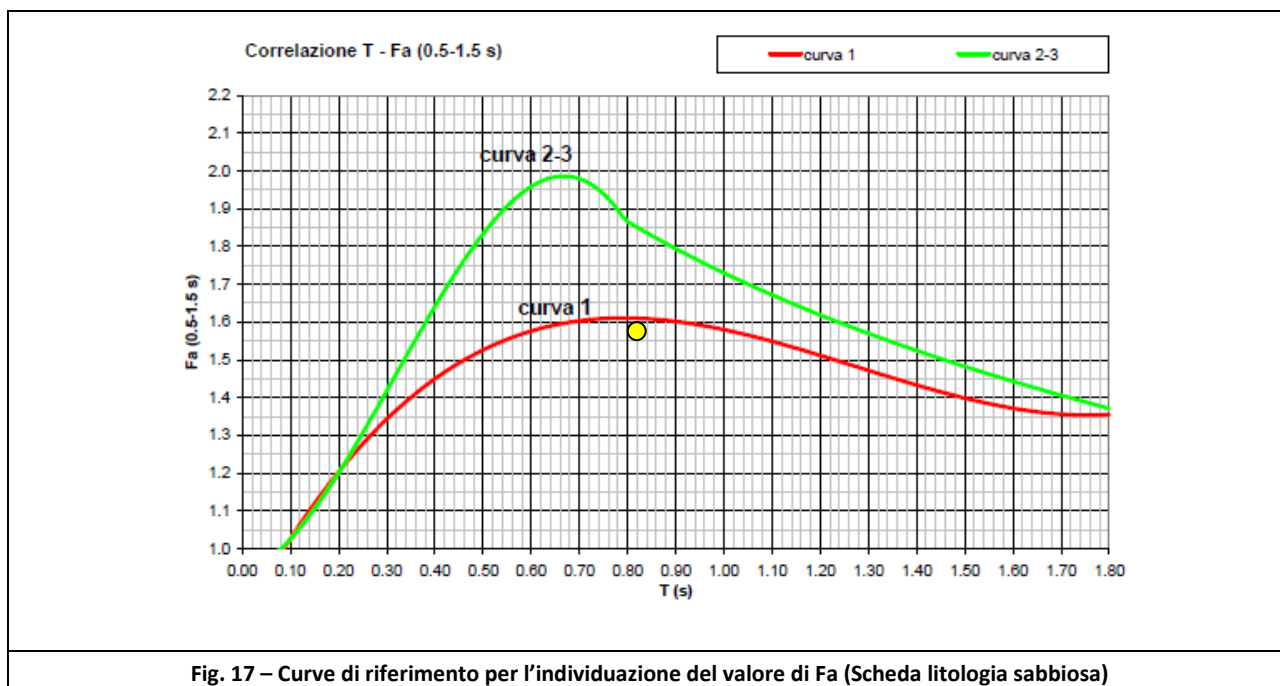


Fig. 17 – Curve di riferimento per l'individuazione del valore di Fa (Scheda litologia sabbiosa)

Per il valore di $T = 0.82$ si verifica che il valore di $F_{a_{0.5-1.5}} = 1.57$ per la curva 1; poiché per la categoria di sottosuolo C (v. **Tab. 6**) il valore soglia è pari a 2.4 si verifica che $1.57 < 2.4$, pertanto la categoria di sottosuolo risulta compatibile.

Per le verifiche sismiche si adotta lo spettro del suolo di categoria C ai sensi delle NTC 2018.

7.3.4. Stazione n.4 – Bosco in Città “Agostino Andermark”- Via Superga

Strato	Spessore [m]	Quota tetto [m da p.c.]	Quota base [m da p.c.]	Vs [m/s]
1	3.00	0.00	-3.00	115.20
2	12.00	-3.00	-15.00	250.50
3	68.00	-15.00	-83.00	484.62
4	37.00	-83.00	-120.00	749.12
Vs,eq = 286 m/s – Suolo di categoria C ai sensi delle NTC 2018				
Tab. 12 - Velocità dei sismostrati in corrispondenza della Stazione 4				

In funzione dei valori di velocità V_s misurati in sito ed in base alle caratteristiche litologiche dell'area, è stata selezionata la scheda litologica, il cui andamento dei valori di V_s è compatibile con quello ottenuto in fase di indagine. Dal grafico riportato è possibile osservare come la scheda utilizzata sia quella della *Litologia sabbiosa*, dove l'andamento della velocità risulta compatibile con la scheda fino ad oltre 30 m di profondità.

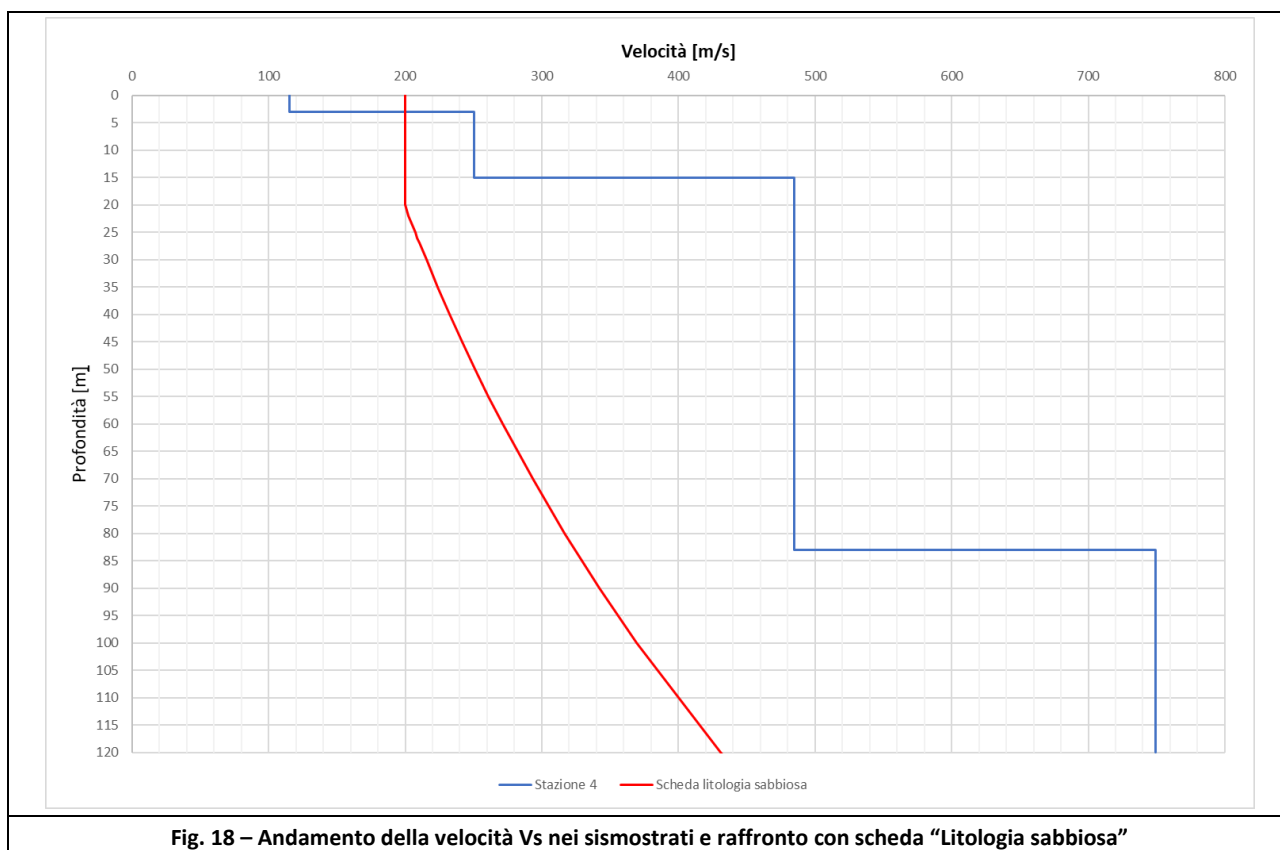


Fig. 18 – Andamento della velocità Vs nei sismostrati e raffronto con scheda “Litologia sabbiosa”

Dalla relazione per il calcolo del periodo T in funzione dell'andamento di V_s si ricava $T = 0.82$.

Si applica poi la correlazione utilizzando la curva 2, in quanto lo strato superficiale ha uno spessore maggiore di 12 m.

Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito finalizzate alla definizione della componente sismica nei piani di governo del territorio

ai sensi della D.G.R. XI/2616 del 30 novembre 2011

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

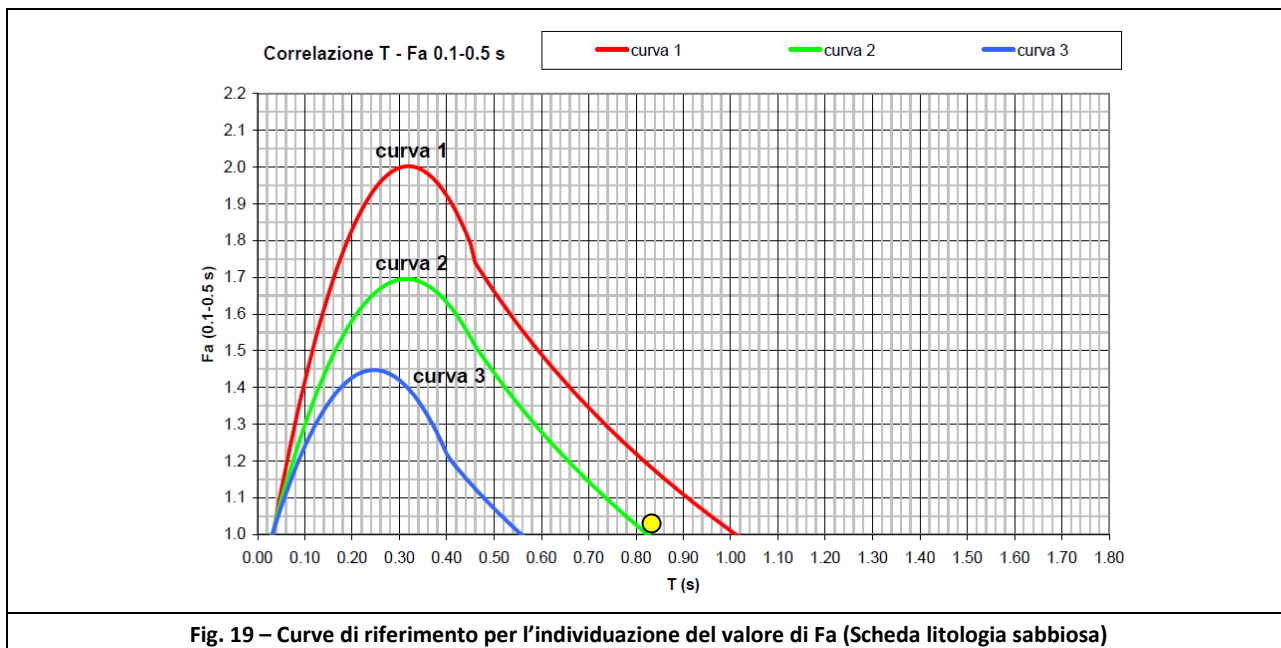


Fig. 19 – Curve di riferimento per l'individuazione del valore di Fa (Scheda litologia sabbiosa)

Per il valore di $T = 0.82$ si verifica che il valore di $F_{a_{0.1-0.5}} = 1.11$ per la curva 2; poiché per la categoria di sottosuolo C (v. **Tab. 6**) il valore soglia è pari a 1.8 si verifica che $1.11 < 1.9$, pertanto la categoria di sottosuolo risulta compatibile.

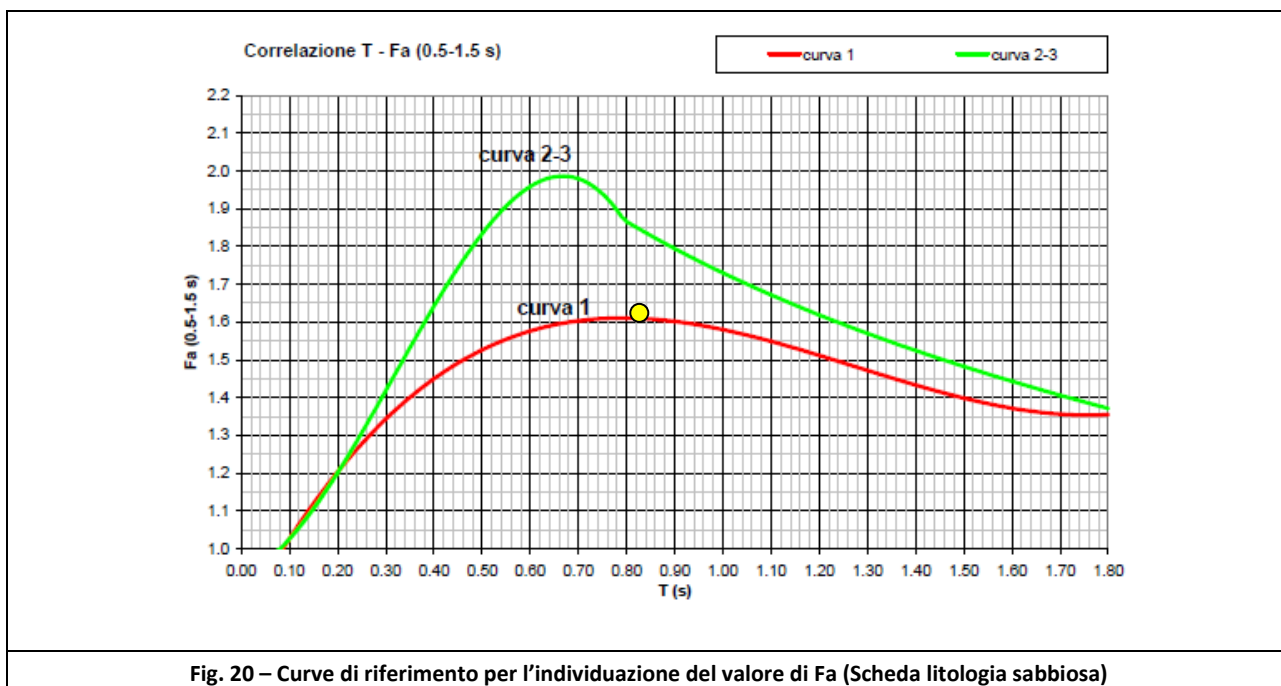


Fig. 20 – Curve di riferimento per l'individuazione del valore di Fa (Scheda litologia sabbiosa)

Per il valore di $T = 0.82$ si verifica che il valore di $F_{a_{0.5-1.5}} = 1.60$ per la curva 2; poiché per la categoria di sottosuolo C (v. **Tab. 6**) il valore soglia è pari a 2.4 si verifica che $1.87 < 2.4$, pertanto la categoria di sottosuolo risulta compatibile.

Per le verifiche sismiche si adotta lo spettro del suolo di categoria C ai sensi delle NTC 2018.

7.3.5. Stazione n.5 – Parco delle Groane, accesso da Via Monte Bianco

Strato	Spessore [m]	Quota tetto [m da p.c.]	Quota base [m da p.c.]	Vs [m/s]
1	4.80	0.00	-4.80	131.98
2	85.20	-4.80	-90.00	435.98
3	28.80	-90.00	-118.80	661.14
Vs,eq = 319 m/s – Suolo di categoria C ai sensi delle NTC 2018				
Tab. 13 - Velocità dei sismostrati in corrispondenza della Stazione 5				

In funzione dei valori di velocità V_s misurati in sito ed in base alle caratteristiche litologiche dell'area, è stata selezionata la scheda litologica, il cui andamento dei valori di V_s è compatibile con quello ottenuto in fase di indagine.

Dal grafico riportato è possibile osservare come la scheda utilizzata sia quella della *Litologia sabbiosa*, dove l'andamento della velocità risulta compatibile con la scheda fino ad oltre 30 m di profondità.

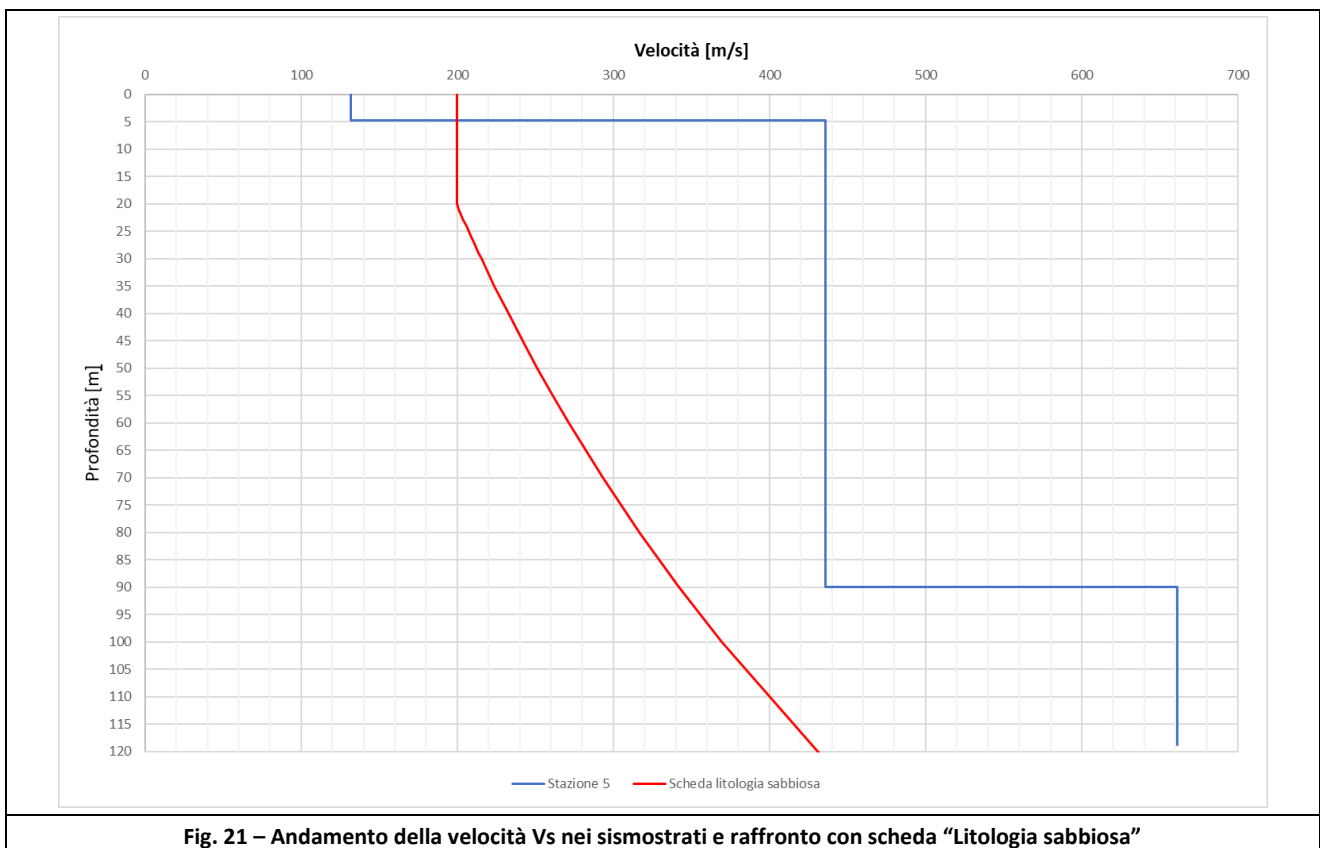


Fig. 21 – Andamento della velocità V_s nei sismostrati e raffronto con scheda “Litologia sabbiosa”

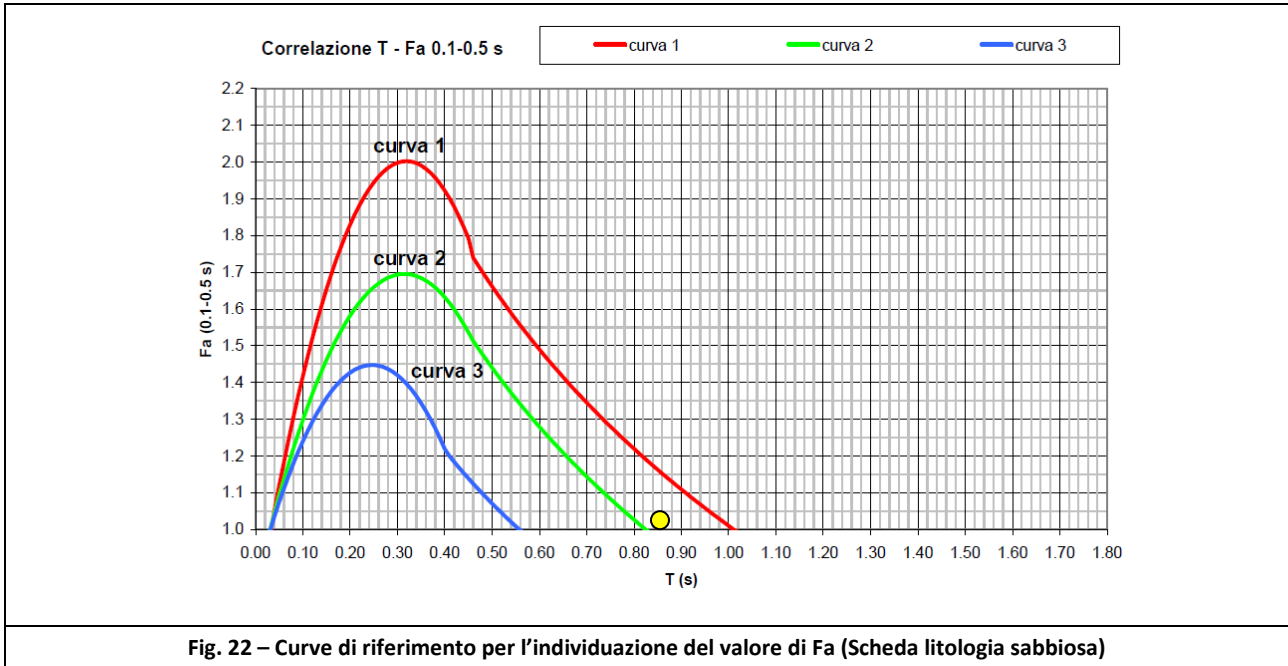
Dalla relazione per il calcolo del periodo T in funzione dell'andamento di V_s si ricava $T = 0.82$.

Si applica poi la correlazione utilizzando la curva 2, in quanto lo strato superficiale ha uno spessore maggiore di 12 m.

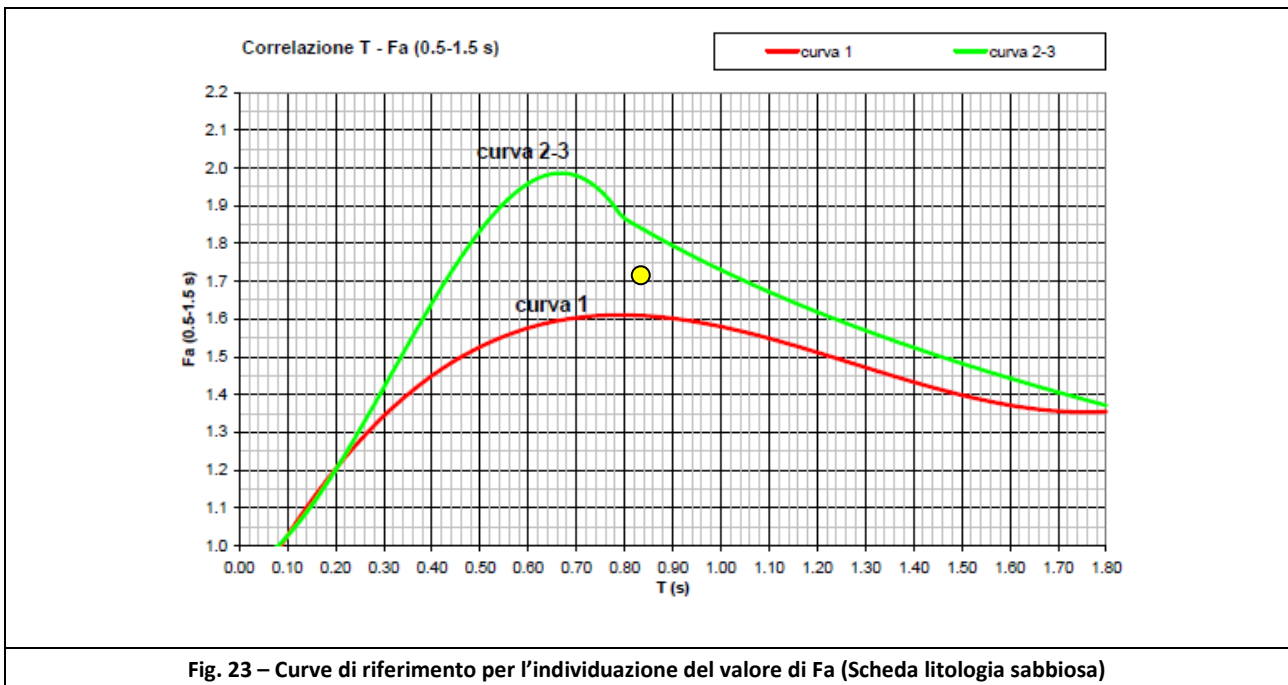
Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito finalizzate alla definizione della componente sismica nei piani di governo del territorio

ai sensi della D.G.R. XI/2616 del 30 novembre 2011

RELAZIONE ILLUSTRATIVA



Per il valore di $T = 0.82$ si verifica che il valore di $Fa_{0.1-0.5} = 1.00$ per la curva 2; poiché per la categoria di sottosuolo C (v. **Tab. 6**) il valore soglia è pari a 1.8 si verifica che $1.00 < 1.9$, pertanto la categoria di sottosuolo risulta compatibile.



Per il valore di $T = 0.82$ si verifica che il valore di $Fa_{0.5-1.5} = 1.73$ per la curva 2; poiché per la categoria di sottosuolo C (v. **Tab. 6**) il valore soglia è pari a 2.4 si verifica che $1.73 < 2.4$, pertanto la categoria di sottosuolo risulta compatibile.

Per le verifiche sismiche si adotta lo spettro del suolo di categoria C ai sensi delle NTC 2018.

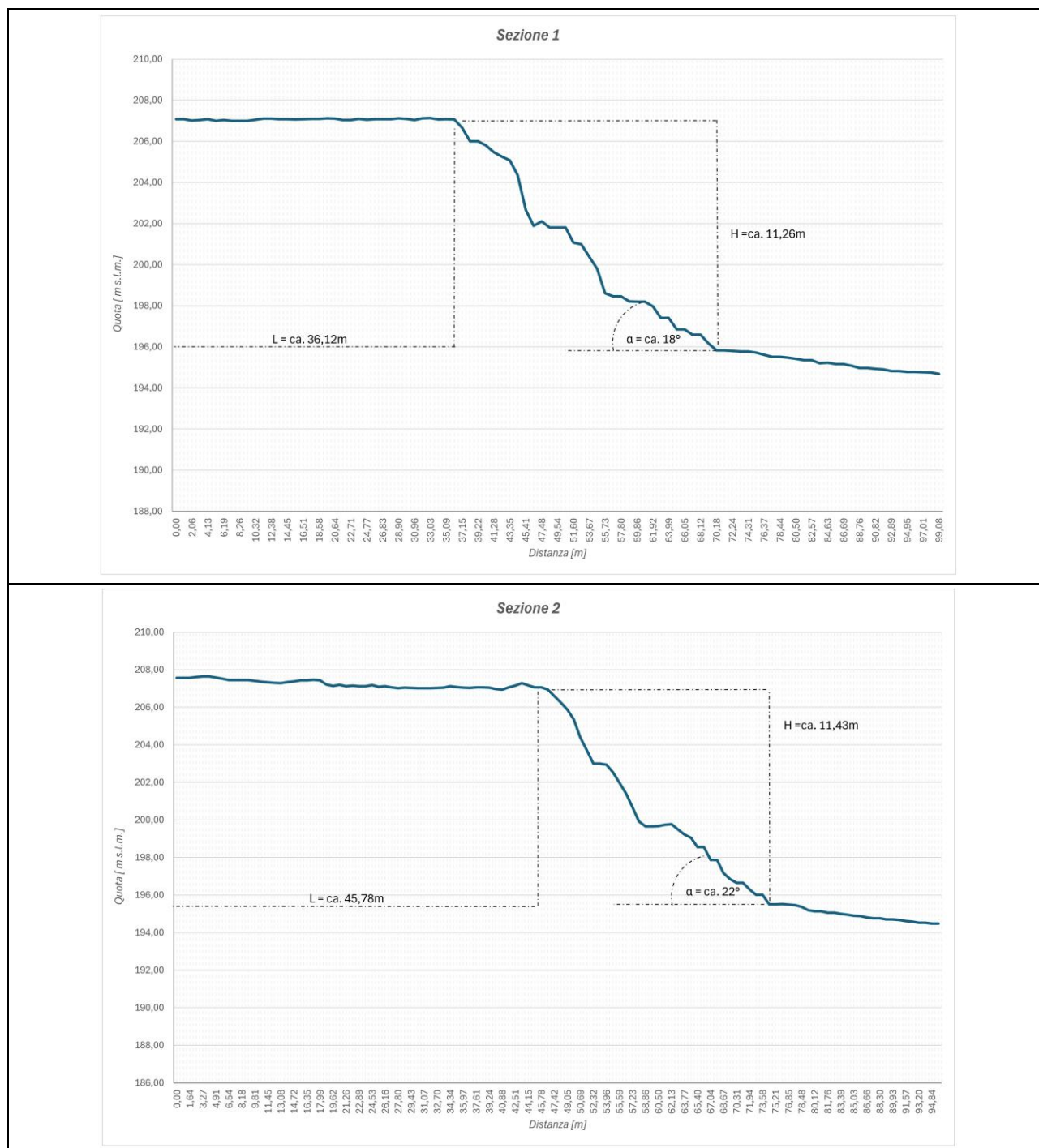
**Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito finalizzate alla definizione
della componente sismica nei piani di governo del territorio**

ai sensi della D.G.R. XI/2616 del 30 novembre 2011

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

7.4. Analisi degli effetti morfologici (Z3)

Criteria di riconoscimento della scarpata:



**Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito finalizzate alla definizione
della componente sismica nei piani di governo del territorio**

ai sensi della D.G.R. XI/2616 del 30 novembre 2011

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

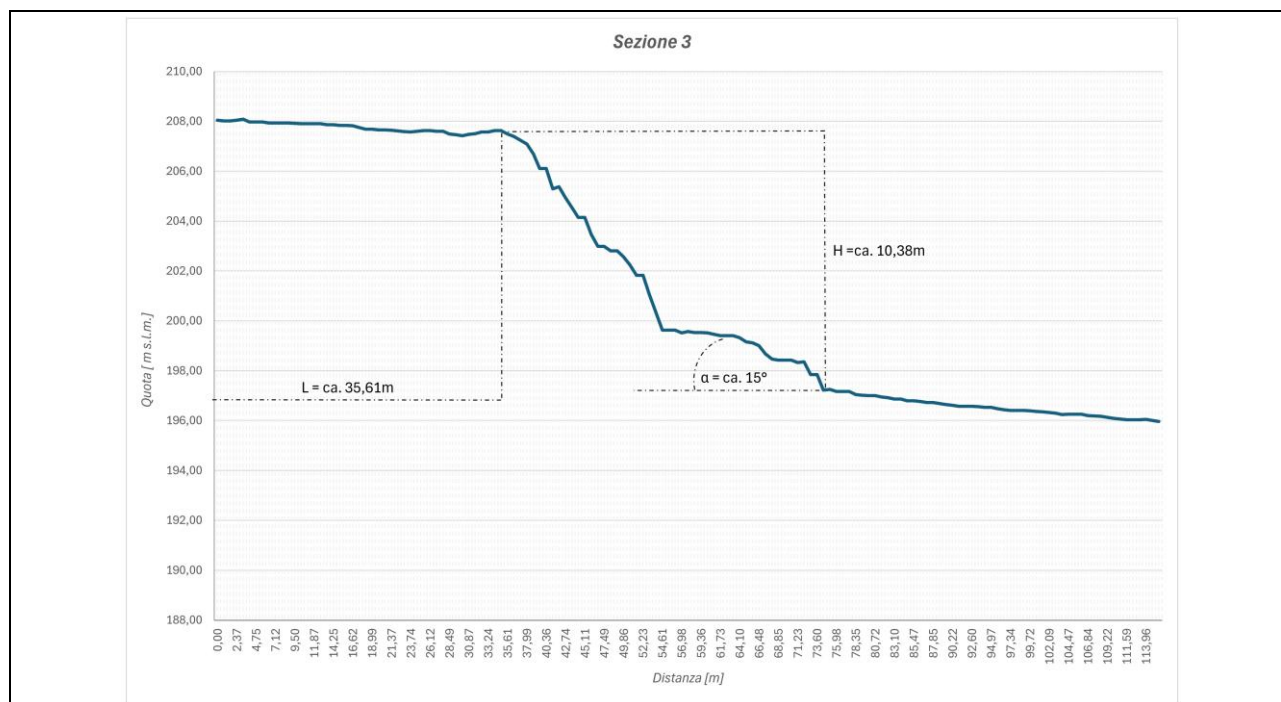


Fig. 24 – Applicazione dei criteri di riconoscimento della scarpata ubicata in località “Villa Biffi” nel territorio del Parco delle Groane

Sezione 1			
Classe altimetrica	10 m < H < 20 m	H =	11.26
Classe di inclinazione	10° ≅ α ≅ 90°	α =	18°
Area di influenza	Ai = H	Ai =	11.26

Sezione 2			
Classe altimetrica	10 m < H < 20 m	H =	11.43
Classe di inclinazione	10° ≅ α ≅ 90°	α =	22°
Area di influenza	Ai = H	Ai =	11.43

Sezione 3			
Classe altimetrica	10 m < H < 20 m	H =	10.38
Classe di inclinazione	10° ≅ α ≅ 90°	α =	15°
Area di influenza	Ai = H	Ai =	10.38

L'applicazione dei criteri previsti dall'Allegato 5 della D.G.R. IX/2616/2011 ai fini della valutazione dell'amplificazione sismica determina il superamento dei valori previsti dalla Regione Lombardia.

Il valore di **F_a** lungo la scarpata è **1.1**.

8. OSSERVAZIONI FINALI

Le risultanze dello studio "Analisi e valutazione degli effetti sismici in sito finalizzate alla definizione della componente sismica nei piani di governo del territorio, ai sensi della D.G.R. n. XI/2616 del 30 novembre 2011"

hanno evidenziato che il territorio comunale di Bovisio Masciago ricade nelle classi **PSL Z3, PSL Z4a, PSL Z4d**.

Le aree di pericolosità sismica locale sono rappresentate nella "Carta della Pericolosità Sismica Locale" (Tav. C1).

Per l'analisi di secondo livello sono state condotte indagini sismiche di tipo HVSR che hanno mostrato una sostanziale omogeneità del sottosuolo in termini di rumore ambientale.

Sulla base dei dati stratigrafici, il sottosuolo risulta costituito da alternanze di sabbie e argille con spessori superiori ai 100 m, riconducibili ai depositi glaciali e fluvioglaciali wurmiani.

I risultati delle analisi sismiche di secondo livello sono riportati nella tabella seguente.

Stazione	F ₀	V _{s, eq} [m/s]	Categoria di Sottosuolo	F _a 0.1-05	F _a soglia 01-05	F _a 0.5-1.5	F _a soglia 0.5-1.5
1	3.611110	293	C	1.51	1.9	1.76	2.4
2	3.523040	371	B	1.95	1.4	1.53	1.7
3	4.187780	283	C	1.00	1.9	1.57	2.4
4	5.102410	286	C	1.11	1.9	1.60	2.4
5	7.209570	319	C	1.00	1.9	1.73	2.4

Tab. 14 - Sintesi delle indagini effettuate

L'applicazione dei criteri previsti dall'Allegato 5 della D.G.R. IX/2616/2011 ai fini della valutazione dell'amplificazione sismica determina il **superamento dei valori soglia** previsti dalla Regione Lombardia **esclusivamente per il sito di indagine n. 2**, ubicato su depositi fluviali recenti del Torrente Seveso (Sintema del Po – Unità post-glaciale).

L'ubicazione dei siti di indagine e gli esiti delle analisi sono riportati nella "Carta dei fattori di amplificazione" (Tav. C2).

L'applicazione della metodologia di secondo livello agli scenari di potenziale amplificazione sismica (scenari litologici Z4) ha evidenziato che il valore del **F_a** (Fattore di amplificazione) supera il valore di soglia regionale nell'area interessata dal Torrente Seveso.

Le aree con valore di **F_a** superiore alla soglia sono rappresentate con apposito soprassegno nella "Carta della fattibilità delle azioni di piano sovrassegnata" (Tav. C3).

**Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito finalizzate alla definizione
della componente sismica nei piani di governo del territorio**

ai sensi della D.G.R. XI/2616 del 30 novembre 2011

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Si precisa che lo studio sismico ai sensi dell'Allegato 5 della DGR IX/2616/2011 non comporta modifiche delle classi di fattibilità geologica, ma esclusivamente l'individuazione delle aree soggette ad amplificazione.

Come previsto dalla normativa, qualora il valore di **F_a** calcolato risulti superiore alla corrispondente soglia, le procedure regionali non consentono una valutazione esaustiva degli effetti di amplificazione litologica o morfologica; risulta pertanto necessario effettuare analisi più approfondite (3° livello) in fase di progettazione edilizia.

In alternativa, è ammesso l'impiego dello spettro di risposta caratteristico della categoria di suolo superiore, come di seguito specificato:

- anziché lo spettro della categoria di suolo B si utilizzerà quello della categoria di suolo C; nel caso in cui la soglia non fosse ancora sufficiente si utilizzerà lo spettro della categoria di suolo D;
- anziché lo spettro della categoria di suolo C si utilizzerà quello della categoria di suolo D;
- anziché lo spettro della categoria di suolo E si utilizzerà quello della categoria di suolo D.



9. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Atti del Convegno del 29 marzo 2006, “L.R. 11 marzo 2005, 12 – Legge per il Governo del Territorio” a cura della Regione Lombardia.
- Atti del Convegno del 5 dicembre 2006 “Rischio sismico nella Lombardia orientale” a cura dell’Università degli Studi di Brescia.
- Criteri attuativi L.R. 12/05 per il Governo del Territorio – Componente Geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, B.U.R.L. n. 13, Edizione Speciale del 28 marzo 2006, Milano.
- D.M. del 17 gennaio 2018 “Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”.
- La microzonazione sismica - Metodi, esperienze e normativa, Università degli Studi di Roma “La Sapienza”, 2004 (CD), Roma.
- O.P.C.M. 3274 del 20 marzo 2003 “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche da adottare per le costruzioni in zona sismica”.
- D.G.R. 30 novembre 2011 – n. IX/2616 “Aggiornamento dei ‘Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell’art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12’, approvati con D.G.R. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 e successivamente modificati con D.G.R. 28 maggio 2008, n. 8/7374”, pubblicata sul BURL n. 50 Serie ordinaria del 15 dicembre 2012.
- Note illustrative della Carta Geologica d’Italia alla scala 1: 50.000 – Foglio 96 “Seregno”.

**Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito finalizzate alla definizione
della componente sismica nei piani di governo del territorio**

ai sensi della D.G.R. XI/2616 del 30 novembre 2011

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

ALLEGATI

ALLEGATO 1

RAPPORTO TECNICO DELLE INDAGINI EFFETTUATE

SOMMARIO

1. DESCRIZIONE DEL METODO.....	2
2. STRUMENTAZIONE E SOFTWARE UTILIZZATO	3
3. CRITERI E MODALITÀ INTERPRETATIVE	4
4. UBICAZIONE DEI PUNTI DI INDAGINE.....	6
4.1. <i>Stazione n.1</i>	8
4.1.1. Elaborazione del segnale	9
4.2. <i>Stazione n.2</i>	14
4.2.1. Elaborazione del segnale	15
4.3. <i>Stazione n.3</i>	20
4.3.1. Elaborazione del segnale	21
4.4. <i>Stazione n.4</i>	26
4.4.1. Elaborazione del segnale	27
4.5. <i>Stazione n.5</i>	32
4.5.1. Elaborazione del segnale	33
5. SINTESI DEI RISULTATI	38

1. DESCRIZIONE DEL METODO

L'influenza della risposta sismica locale sugli effetti del terremoto, e più in generale, sul rischio sismico è interpretata e giustificata in relazione a una differenza sostanziale dello scuotimento anche fra siti molto vicini, in cui la differenza è determinata dall'amplificazione delle onde sismiche nell'attraversamento degli ultimi strati di terreno.

Lo scopo della microzonazione sismica è quello di fornire gli strumenti necessari alla realizzazione di una protezione preventiva, con conseguente diminuzione del rischio sismico.

Appare evidente come la microzonazione sismica debba, al fine di valutare le situazioni più pericolose, innanzitutto basarsi sul riconoscimento delle caratteristiche geotecniche, geologiche e geomorfologiche del territorio in esame. In un contesto geologico complesso, infatti, le modalità di rilascio dell'energia, il cammino di propagazione delle onde sismiche dalla sorgente al sito e la loro interazione con la morfologia e geologia locale, possono far variare fortemente l'intensità di un terremoto entro la stessa regione geologica. La microzonazione sismica rappresenta un efficace mezzo mediante il quale caratterizzare qualitativamente e quantitativamente i terreni ove si intende edificare, in relazione alla loro potenziale o reale pericolosità sismica.

Fra i vari metodi di indagine, a supporto dell'analisi sismica, si è fatto riferimento ai metodi della sismica passiva, basati sullo studio del campo d'onde associato al rumore sismico ambientale. Più precisamente, è stato utilizzato il metodo dei rapporti spettrali (H/V o HVSR o anche "*metodo di Nakamura*").

Il metodo è basato 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 (ipoteticamente presente nella stessa misura nelle componenti verticali e orizzontali) isolando gli effetti delle modalità di propagazione delle onde sismiche. La metodologia H/V richiede l'esecuzione di misure di rumore mediante un sistema di acquisizione tri-direzionale su un intervallo di frequenze di interesse solitamente comprese tra 0.1 e 10 Hz. Nell'esecuzione delle misure si è fatto riferimento al protocollo sperimentale SESAME (SESAME European project, 2005) e a altre indicazioni della letteratura tecnica.

In estrema sintesi, il rapporto H/V rappresenta l'ellitticità della traiettoria di una particella di terreno attraversata da un'onda. Il rapporto H/V plottato per un certo range di frequenze costituisce la cosiddetta curva di ellitticità. Il picco (il massimo valore del rapporto spettrale) viene prodotto per quella frequenza in cui lo spostamento orizzontale del terreno tende a diventare massimo e quello verticale tende a diventare minimo. Tale picco corrisponde alla frequenza fondamentale di risonanza del terreno f_0 . Alla frequenza fondamentale, dunque, viene associata la relazione chiave del metodo HVSR di Nakamura:

$$f_0 = V_s/4H$$

Noti due dei tre parametri presenti nell'equazione, sarà possibile determinare il terzo.

2. STRUMENTAZIONE E SOFTWARE UTILIZZATO

La configurazione della strumentazione di acquisizione viene definita a stazione singola, consistendo infatti in un unico sismografo costituito da tre geofoni che, orientati nelle tre direzioni dello spazio registrano le vibrazioni del terreno e le tramutano in segnale elettrico.

Unità di acquisizione in campagna:

L'SR04 GeoBox è un sismografo basato sul convertitore sismico SADC20, in abbinamento a sensori elettrodinamici da 4.5 Hz incorporati nello strumento. Sono prodotti da Sara Electronic Instruments s.r.l.¹ Lo strumento può essere utilizzato con l'aggiunta dell'antenna GPS per la sincronizzazione del dato tra più sistemi con GPS.

Software di acquisizione:

Codice Log-MT della Suite SeismoWIN² di Sara Electronic Instruments s.r.l.

Software di elaborazione

Per l'elaborazione del segnale acquisto in fase di terreno è stato utilizzato il codice GEOPSY³, al fine di ottenere la curva di ellitticità sito specifica (Curva H/V) con la frequenza naturale di vibrazione del sito f_0 .

Software di interpretazione

Successivamente all'elaborazione del segnale acquisto in fase di terreno con il codice GEOPSY, è stata ricavata la curva di inversione con il codice DINVER⁴. Si è operato in modo da modellare la stratigrafia sismica rappresentativa del sito in funzione dei dati stratigrafici noti (v. **Paragrafo 3**).

I codici GEOPSY e DINVER sono stati sviluppati nell'ambito del progetto SESAME (Site Effects assessment using **AM**ambient Excitation) e sono *Open Source*.

¹ <https://www.sara.pg.it>

² Vedi nota 1

³ <https://www.geopsy.org/>

⁴ Vedi nota 3

3. CRITERI E MODALITÀ INTERPRETATIVE

L'analisi della dispersione delle onde di superficie è condizionata dall'interpretazione delle curve di dispersione ed è affetta come qualsiasi metodologia geofisica di superficie, da problema della non univocità della soluzione. Il metodo del rapporto spettrale H/V, essendo sensibile puramente ad eventuali contrasti di velocità delle onde di taglio, soffre in maniera ancora più pesante del problema della non univocità della soluzione e può essere soggetto a variazioni legate alle condizioni meteorologiche stagionali.

L'HVSR viene tradizionalmente utilizzato per definire il periodo fondamentale del sito in studio e successivamente come strumento utile ad ottenere anche informazioni inerenti il profilo verticale di V_s . Gli approfondimenti in campo scientifico sono ancora in corso su alcuni punti particolarmente delicati del metodo quali, numero di modi coinvolti nella curva HVSR osservata, importanza relativa delle onde di superficie (Rayleigh, Love) e di volume, ruolo dell'attenuazione e variabilità del rapporto HVSR osservato in momenti diversi finalizzati all'utilizzo per indagini del sottosuolo non ambigue⁵.

Tenuto conto delle indicazioni contenute nella letteratura tecnica (Criteri SESAME ed. 2005, Indirizzi e Criteri per la microzonazione sismica a cura del Dipartimento della Protezione Civile – ed. 2008) i dati misurati sono stati preceduti dall'analisi stratigrafico-geologica del territorio di Bovisio Masciago (vedi *Relazione descrittiva*).

In funzione dei dati stratigrafici (v. **Fig. 1**), si verifica che preliminarmente i valori di frequenza attesa sul territorio di Bovisio Masciago sono compresi tra $F_0=2$ Hz e $F_0=8$ Hz per l'assenza di rifrattori superficiali, in quanto cambiamenti litologici significativi si verificano in seguito alla comparsa dei livelli cementati di conglomerato (livelli a "ceppo") generalmente oltre 20 ÷ 30 m da piano campagna.

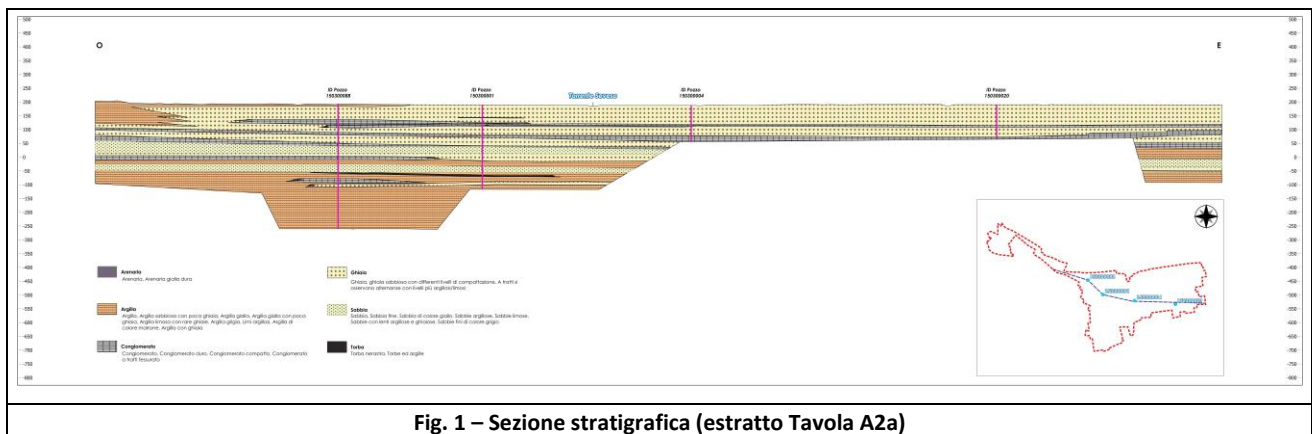


Fig. 1 – Sezione stratigrafica (estratto Tavola A2a)

L'abaco di seguito illustrato (v. **Fig. 2**), (valido a rigore per mezzi granulari non cementati), permette di correlare le frequenze di risonanza con gli spessori del sottosuolo permettendo una identificazione preliminare delle interfacce risonanti.

Tale valutazione fornisce indicazioni preliminari sulla struttura del sottosuolo in accordo con la stratigrafia del sito.

⁵ G. Dal Moro, M. Pipan – Alcune problematiche nell'analisi delle onde di superficie e del rapporto spettrale H/V – Rivista Italiana di Geotecnica 2/2012

f_0 (Hz)	h (m)
< 1	> 100
1 – 2	50 – 100
2 – 3	30 – 50
3 – 5	20 – 30
5 – 8	10 – 20
8 – 20	5 – 10
> 20	< 5

Fig. 2 – Abaco per correlazione tra frequenza di risonanza e spessore dei sedimenti⁶

I criteri SESAME forniscono inoltre dei criteri interpretativi, nel caso di picchi a bassa frequenza, associati alle valli alluvionali profonde, con spessore dei sedimenti dell'ordine di alcune decine metri (v. Fig. 4). In questo caso non sono rispettati tutti i criteri previsti per la chiarezza del "picco", ma la curva ottenuta è comunque rappresentativa del contesto geologico analizzato.

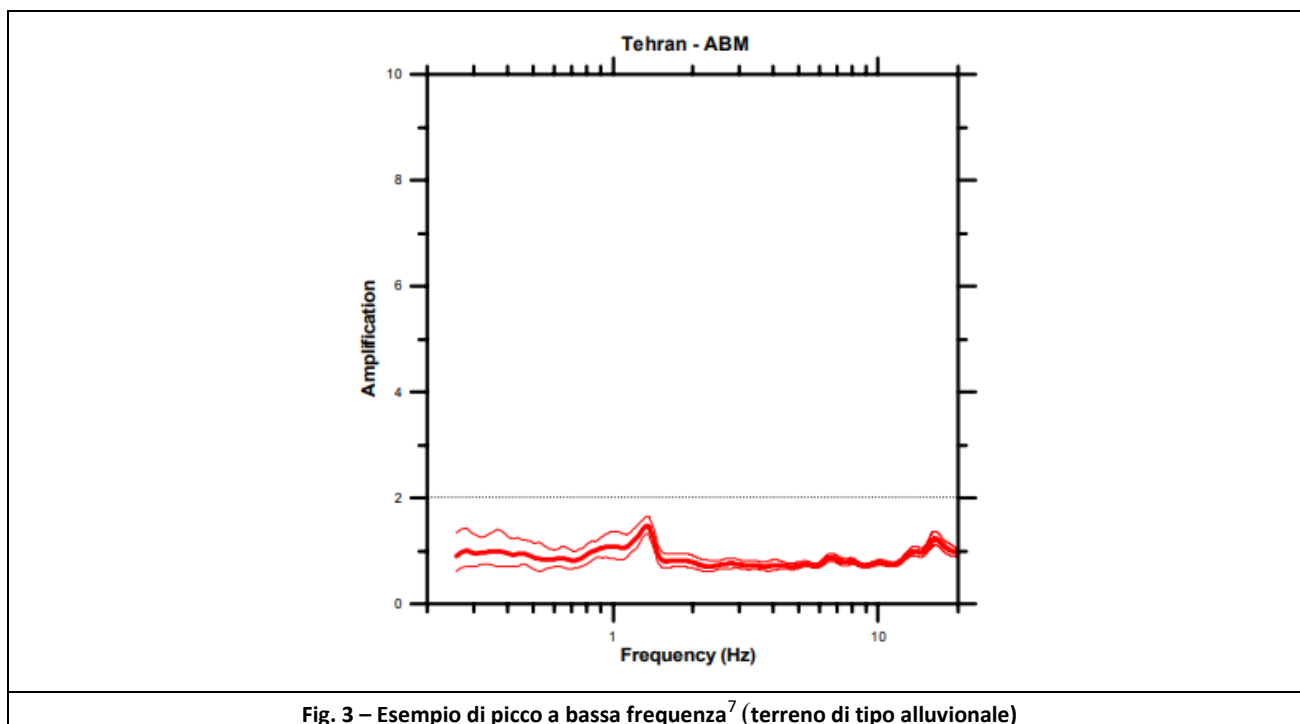


Fig. 3 – Esempio di picco a bassa frequenza⁷ (terreno di tipo alluvionale)

I criteri vanno naturalmente considerati con buon senso e nella consapevolezza che essi rappresentano un sussidio e non un vincolo eccessivamente rigido da utilizzare senza comprenderne valore e modalità di calcolo e utilizzo⁸.

⁶ D. Albarello - Sismica passiva con tecniche a stazione singola e antenna - Seminario ODG- Vicenza, 6 Novembre 2013

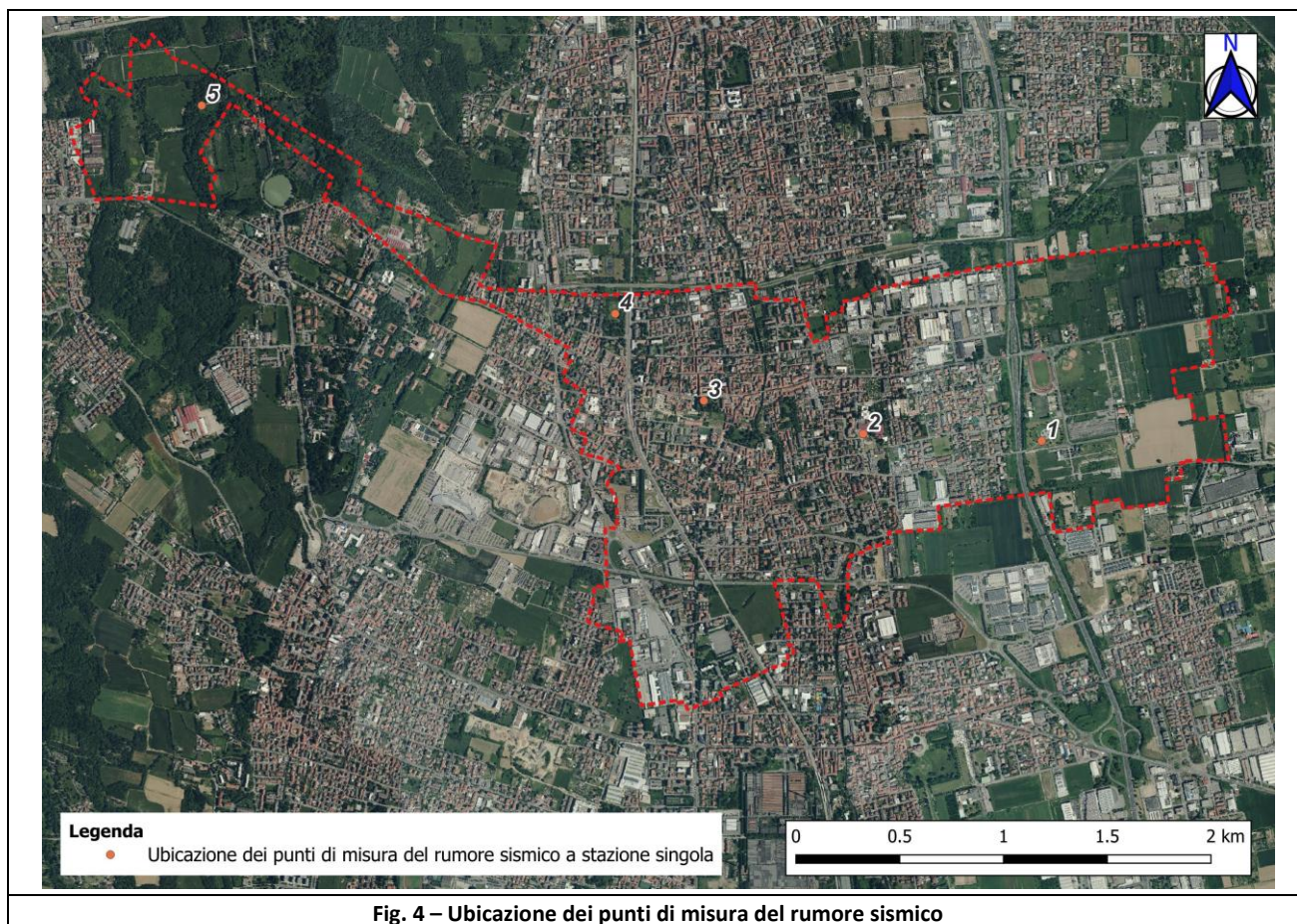
⁷ SESAME H/V User Guidelines

⁸ G. Dal Moro – Onde di superficie in geofisica applicata – Ed.Flaccovio, 2012

4. UBICAZIONE DEI PUNTI DI INDAGINE

Le stazioni di registrazione del rumore sismico sono ubicate, come riportato in **Fig. 4**.

Sebbene il territorio di Bovisio Masciago non sia caratterizzato da elementi geologici significativi (faglie, contatti tettonici, e/o strutture sepolte), l'ubicazione dei punti di indagine sul territorio comunale ha tenuto conto delle diverse unità litologiche presenti (v. Tav. C1a), come indicato in **Tab. 1**.



Le stazioni di misura del rumore sismico sono state individuate tenendo conto, inoltre, dell'accessibilità del sito, della presenza di scarsa urbanizzazione nell'immediato intorno e, per quanto possibile, distanti da possibili sorgenti di rumore spurio quali vie comunicazioni ad alto traffico, industrie, cavi di alta tensione e linee ferroviarie (il territorio di Bovisio Masciago è attraversato dalla linea ferroviaria "Milano-Meda-Asso" e dalla strada statale SS527 "Bustese").

Le stazioni di misura sono sinteticamente descritte nella seguente tabella e illustrate singolarmente nei paragrafi successivi.

Punto stazione	Descrizione sintetica della locazione	Unità litologica (Tav. C1a – Foglio 096 “Seregno”)
1	Parco pubblico “Giorgio Perlasca”, Via Bertacciola	Unità di Guanzate
2	Verde Pubblico in area di parcheggio, Piazza Maria Montessori.	Sintema del Pò
3	Parco della resistenza e della memoria, Via Roma	Sintema del Pò
4	Bosco in Città “Agostino Andermark”; Via Superga	Sintema di Cantù
5	Parco delle Groane, accesso da Via Monte Bianco	Supersintema del Bozzente
Tab. 1 – Ubicazione dei punti di indagine		

4.1. Stazione n.1



	PUNTO STAZIONE		1		
	DESCRIZIONE SINTETICA DELLA LOCAZIONE				
	Parco pubblico "Giorgio Perlasca", Via Bertacciola				
	Data attività di rilievo		2023		
	X [WGS84 UTM32]		Y [WGS84 UTM32]		
	513020		5050755		
	Quota [m s.l.m.]		190,82		
Strumentazione	sismografo Geobox SR04	Frequenza sensore		4.5 Hz	
Frequenza di campionamento	400 s	Durata campionamento		20 minuti	
Condizioni meteo	Vento	<u>assente</u>	debole	medio	forte
	Pioggia	<u>assente</u>	debole	medio	forte
	Temperatura [C°]	9°	Osservazioni		
Tipo di terreno	copertura erbacea	Suolo	<u>asciutto</u>	umido	bagnato
Densità edificato	assente	Strutture interferenti		non presenti	

4.1.1. Elaborazione del segnale

Stazione	Frequenza di picco [Hz]	3.611110	A_0 (rapporto spettrale)	2.21887
1	Lunghezza delle finestre	20	Finestre validate	13
Criteri per una curva affidabile				
$f_0 > 10/l_w$		3.611110	0.5	verificato
$n_c(f_0) > 200$		$n_c = l_w * n_w * f_0$	938.8886	verificato
$\sigma A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$ Hz				verificato
	$\sigma A(f) =$	$0.5 * f_0 =$	$2.0 * f_0 =$	
		1.805555	7.22222	
$\sigma A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$ Hz				
Criteri per la valutazione del picco				
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid AH/V(f^-) < A_0/2$		$f_0/4 =$	0.9027775	
$AH/V(f^-) =$	0.848986	$A_0/2 =$	1.109435	verificato
$\exists f^+ \in [f_0, 4f_0] \mid AH/V(f^+) < A_0/2$		$f_0 * 4 =$	14.44444	
$AH/V(f^+) =$	9.93847	$A_0/2 =$	1.109435	non verificato
$A_0 > 2$		2.21887	2	verificato
$f_{peak}[AH/V(f) \pm \sigma A(f)] = f_0 \pm 5\%$		$f_0 + 5\%$	$f_0 - 5\%$	
3.611110	1.447235	3.7916655	3.4305545	verificato
$\sigma f < \epsilon(f_0)$	$\sigma f =$	1.44724	$\epsilon(f_0) =$	non verificato
epsilon(f_0) = 0.25 f_0 Hz if $f_0 < 0.2$ Hz				
epsilon(f_0) = 0.20 f_0 Hz if 0.2 Hz < $f_0 < 0.5$ Hz				
epsilon(f_0) = 0.15 f_0 Hz if 0.5 Hz < $f_0 < 1.0$ Hz				0.180556
epsilon(f_0) = 0.10 f_0 Hz if 1.0 Hz < $f_0 < 2.0$ Hz				
epsilon(f_0) = 0.05 f_0 Hz if $f_0 > 2.0$ Hz			0.1805555	
$\sigma A(f_0) < \theta(f_0)$	$\sigma A(f_0)$	1.44724	$\theta(f_0) =$	verificato
theta(f_0) = 3.0 if $f_0 < 0.2$ Hz				
theta(f_0) = 2.5 if 0.2 Hz < $f_0 < 0.5$ Hz				
theta(f_0) = 2.0 if 0.5 Hz < $f_0 < 1.0$ Hz				1.580000
theta(f_0) = 1.78 if 1.0 Hz < $f_0 < 2.0$ Hz				
theta(f_0) = 1.58 Hz if $f_0 > 2.0$ Hz			1.58	
Osservazioni: la curva rispetta i criteri di affidabilità, mentre il picco non risulta chiaramente definito				

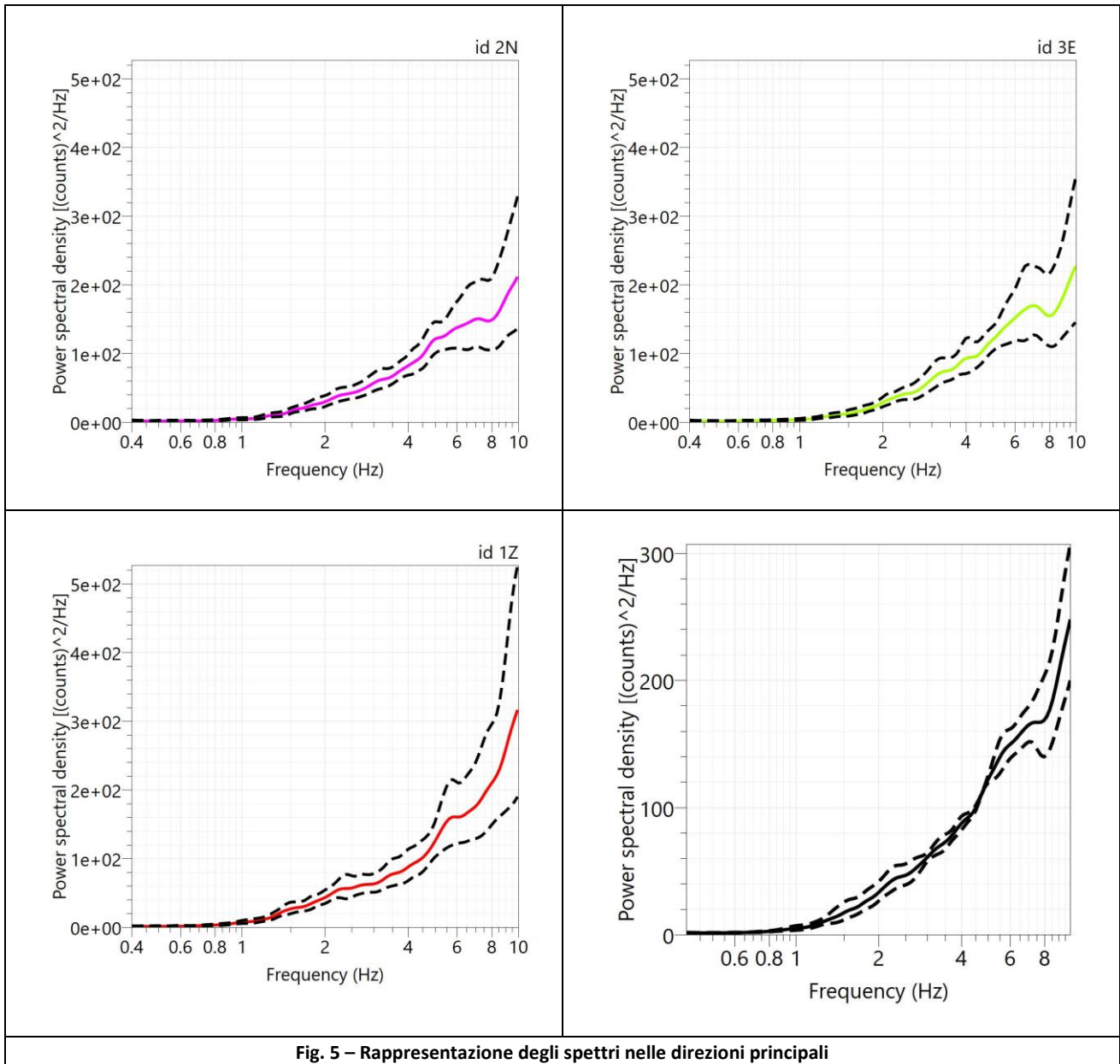


Fig. 5 – Rappresentazione degli spettri nelle direzioni principali

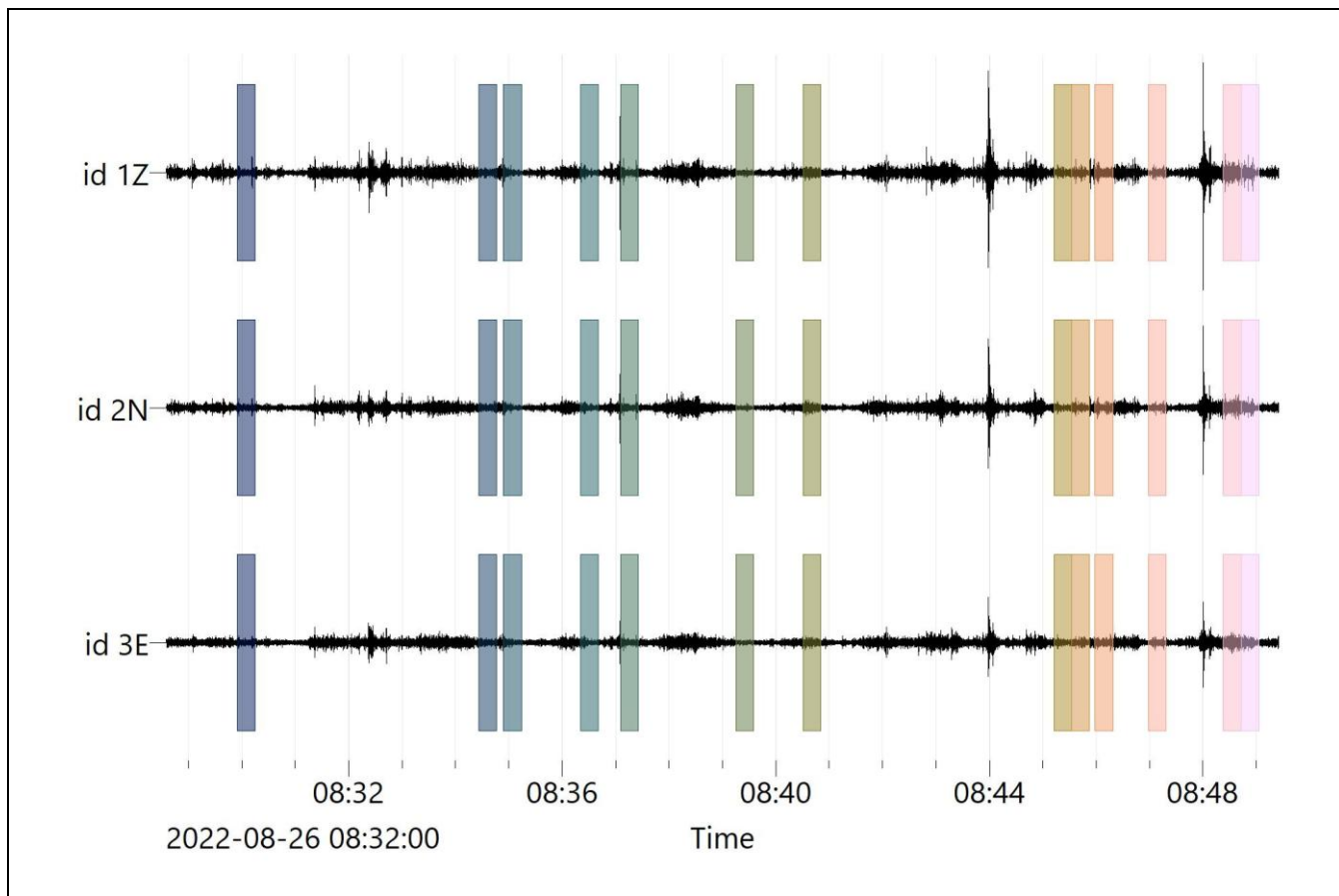
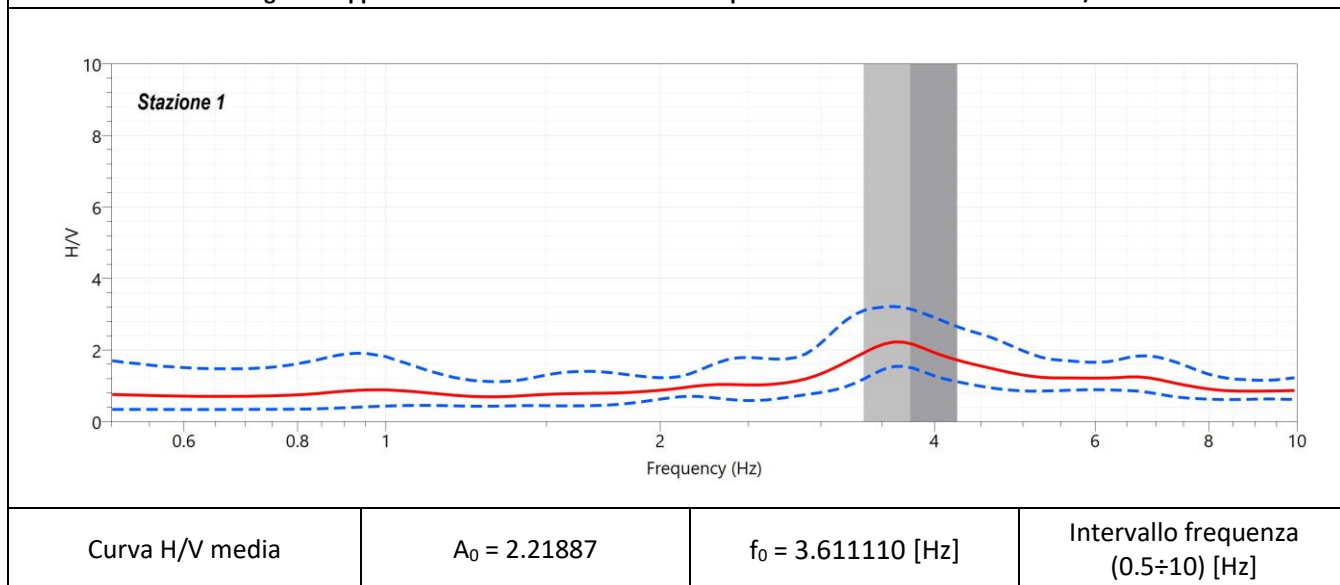


Fig. 6 – Rappresentazione delle finestre validate per la determinazione della curva H/V



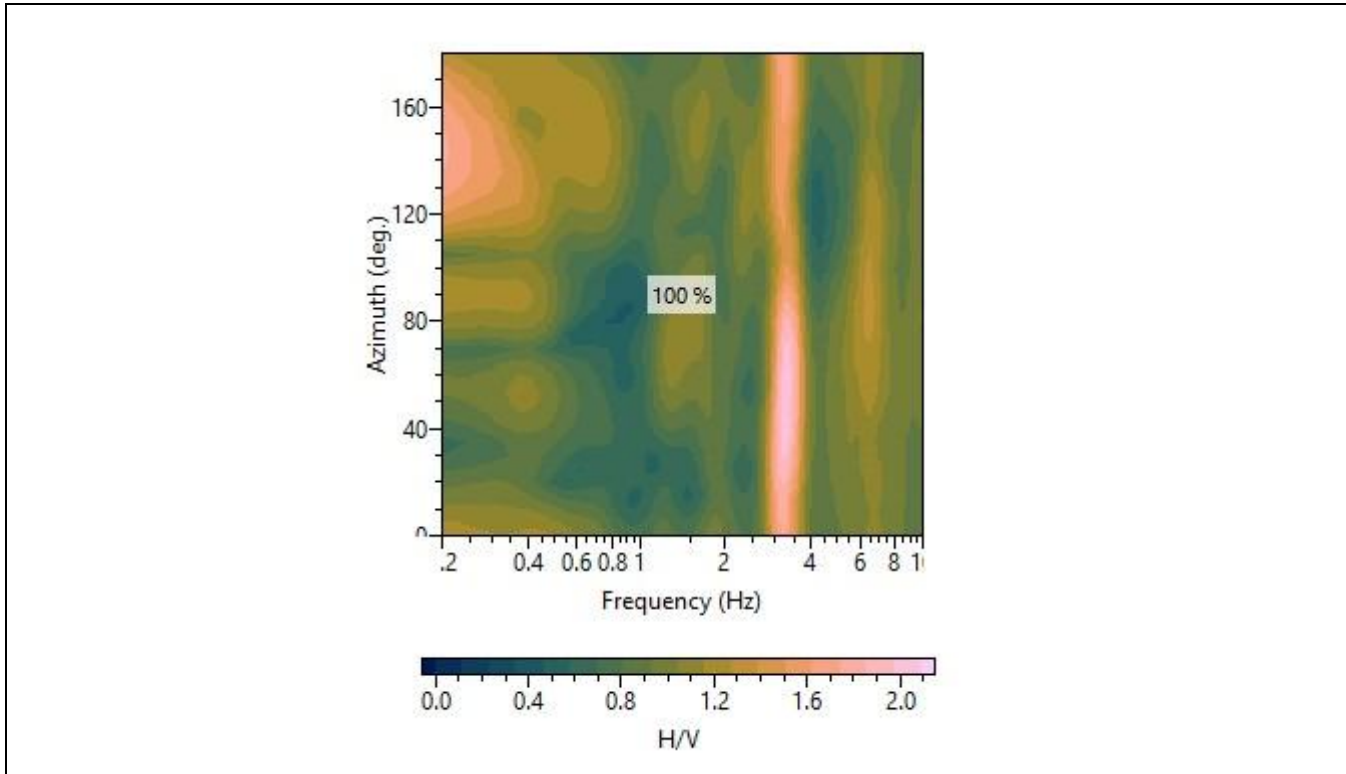


Fig. 7 – Direzionalità del segnale – Rotazione del segnale da 10° a 180°

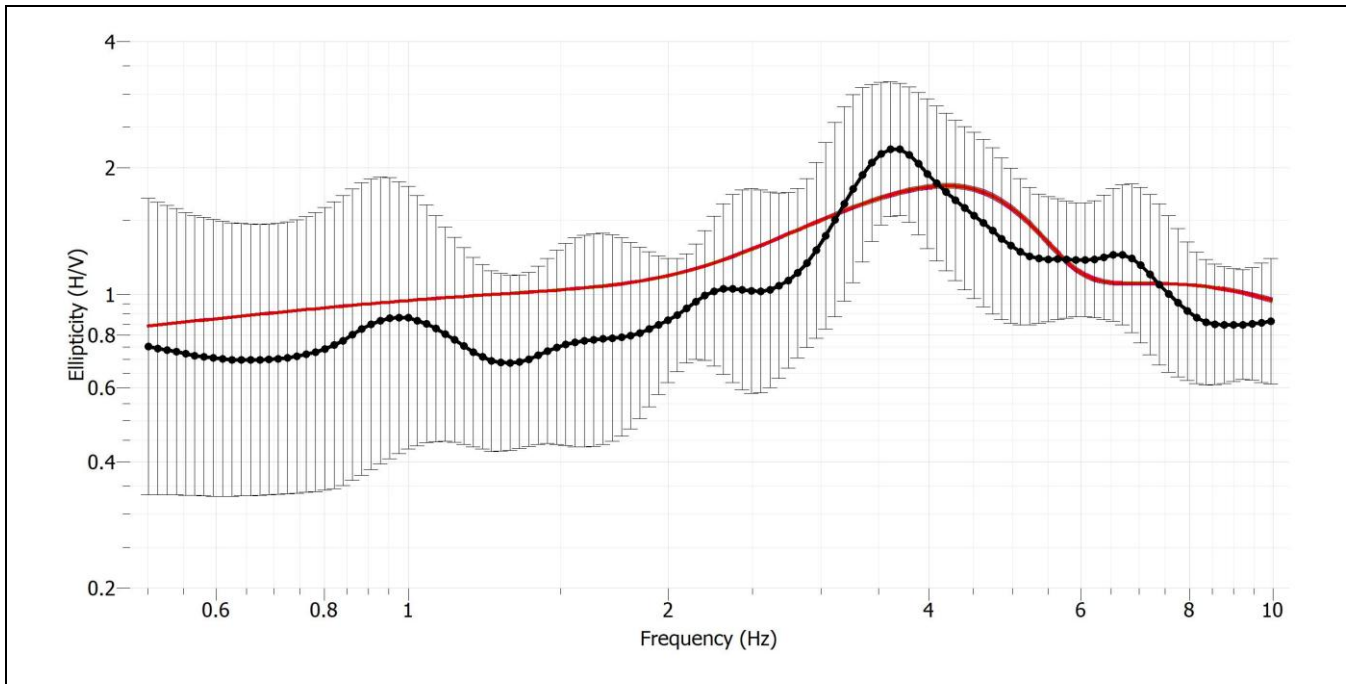


Fig. 8 – Curva sintetica associata alla curva sperimentale – Stazione 1

Strato	Spessore [m]	Quota tetto [m da p.c.]	Quota base [m da p.c.]	Vs [m/s]
1	2.40	0.00	-2.40	124.92
2	12.00	-2.40	-14.40	234.88
3	69.60	-14.40	-84.00	500.50
4	36.00	-84.00	-120.00	650.65

Vs,eq = 293 m/s – Suolo di categoria C ai sensi delle NTC 2018

Tab. 2 – Velocità dei sismostrati in corrispondenza della Stazione 1

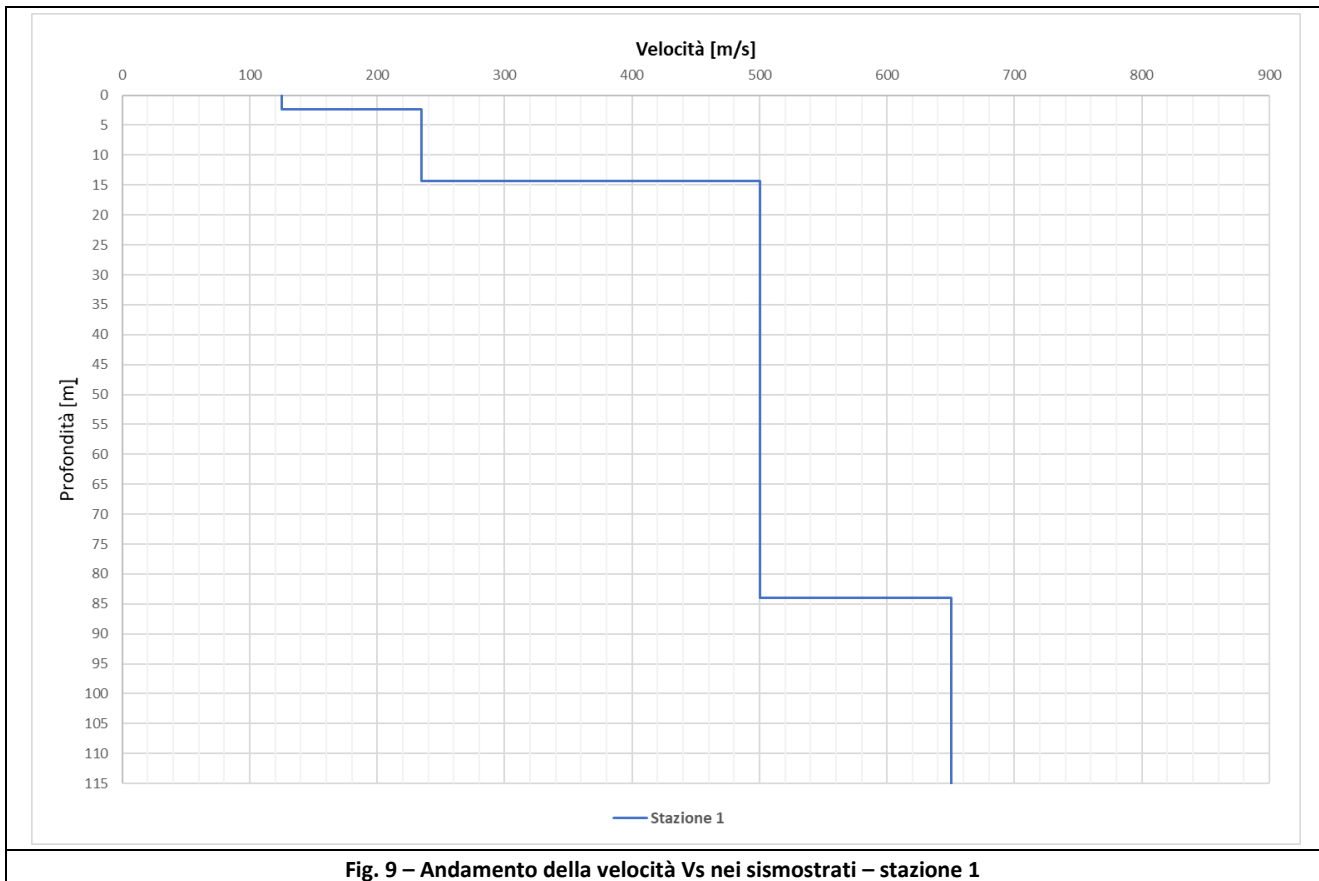


Fig. 9 – Andamento della velocità Vs nei sismostrati – stazione 1

4.2. Stazione n.2



	PUNTO STAZIONE		2		
	DESCRIZIONE SINTETICA DELLA LOCAZIONE				
	Verde Pubblico in area di parcheggio, Piazza Maria Montessori.				
	Data attività di rilievo		2023		
	X [WGS84 UTM32]		Y [WGS84 UTM32]		
	512160		5050789		
	Quota [m s.l.m.]		188.97		
Strumentazione	sismografo Geobox SR04	Frequenza sensore		4.5 Hz	
Frequenza di campionamento	200 s	Durata campionamento		20 minuti	
Condizioni meteo	Vento	<u>assente</u>	debole	medio	forte
	Pioggia	<u>assente</u>	debole	medio	forte
	Temperatura [C°]	16°	Osservazioni		
Tipo di terreno	Terreno agricolo	Suolo	<u>asciutto</u>	umido	bagnato
Densità edificato	Assente	Strutture interferenti		Non rilevate	

4.2.1. Elaborazione del segnale

Stazione	Frequenza di picco [Hz]	3.523040	A_0 (rapporto spettrale)	2.15512
2	Lunghezza delle finestre	20	Finestre validate	10
Criteri per una curva affidabile				
$f_0 > 10/l_w$		3.523040	0.5	verificato
$n_c(f_0) > 200$		$n_c = l_w * n_w * f_0$	704.608	verificato
$\sigma A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$ Hz				verificato
	$\sigma A(f) =$	$0.5 * f_0 =$	$2.0 * f_0 =$	
		1.76152	7.04608	
$\sigma A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$ Hz				
Criteri per la valutazione del picco				
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid AH/V(f^-) < A_0/2$		$f_0/4 =$	0.88076	
$AH/V(f^-) =$	0.652214	$A_0/2 =$	1.07756	verificato
$\exists f^+ \in [f_0, 4f_0] \mid AH/V(f^+) < A_0/2$		$f_0 * 4 =$	14.09216	
$AH/V(f^+) =$	9.93847	$A_0/2 =$	1.07756	non verificato
$A_0 > 2$		2.15512	2	verificato
$f_{peak}[AH/V(f) \pm \sigma A(f)] = f_0 \pm 5\%$		$f_0 + 5\%$	$f_0 - 5\%$	
3.523040	1.298915	3.699192	3.346888	verificato
$\sigma f < \epsilon(f_0)$	$\sigma f =$	1.24936	$\epsilon(f_0) =$	non verificato
epsilon(f_0) = 0.25 f_0 Hz if $f_0 < 0.2$ Hz				
epsilon(f_0) = 0.20 f_0 Hz if 0.2 Hz $< f_0 < 0.5$ Hz				
epsilon(f_0) = 0.15 f_0 Hz if 0.5 Hz $< f_0 < 1.0$ Hz				0.176152
epsilon(f_0) = 0.10 f_0 Hz if 1.0 Hz $< f_0 < 2.0$ Hz				
epsilon(f_0) = 0.05 f_0 Hz if $f_0 > 2.0$ Hz			0.176152	
$\sigma A(f_0) < \theta(f_0)$	$\sigma A(f_0)$	1.24936	$\theta(f_0) =$	verificato
theta(f_0) = 3.0 if $f_0 < 0.2$ Hz				
theta(f_0) = 2.5 if 0.2 Hz $< f_0 < 0.5$ Hz				
theta(f_0) = 2.0 if 0.5 Hz $< f_0 < 1.0$ Hz				1.580000
theta(f_0) = 1.78 if 1.0 Hz $< f_0 < 2.0$ Hz				
theta(f_0) = 1.58 Hz if $f_0 > 2.0$ Hz			1.58	
Osservazioni: la curva rispetta i criteri di affidabilità, mentre il picco non risulta chiaramente definito				

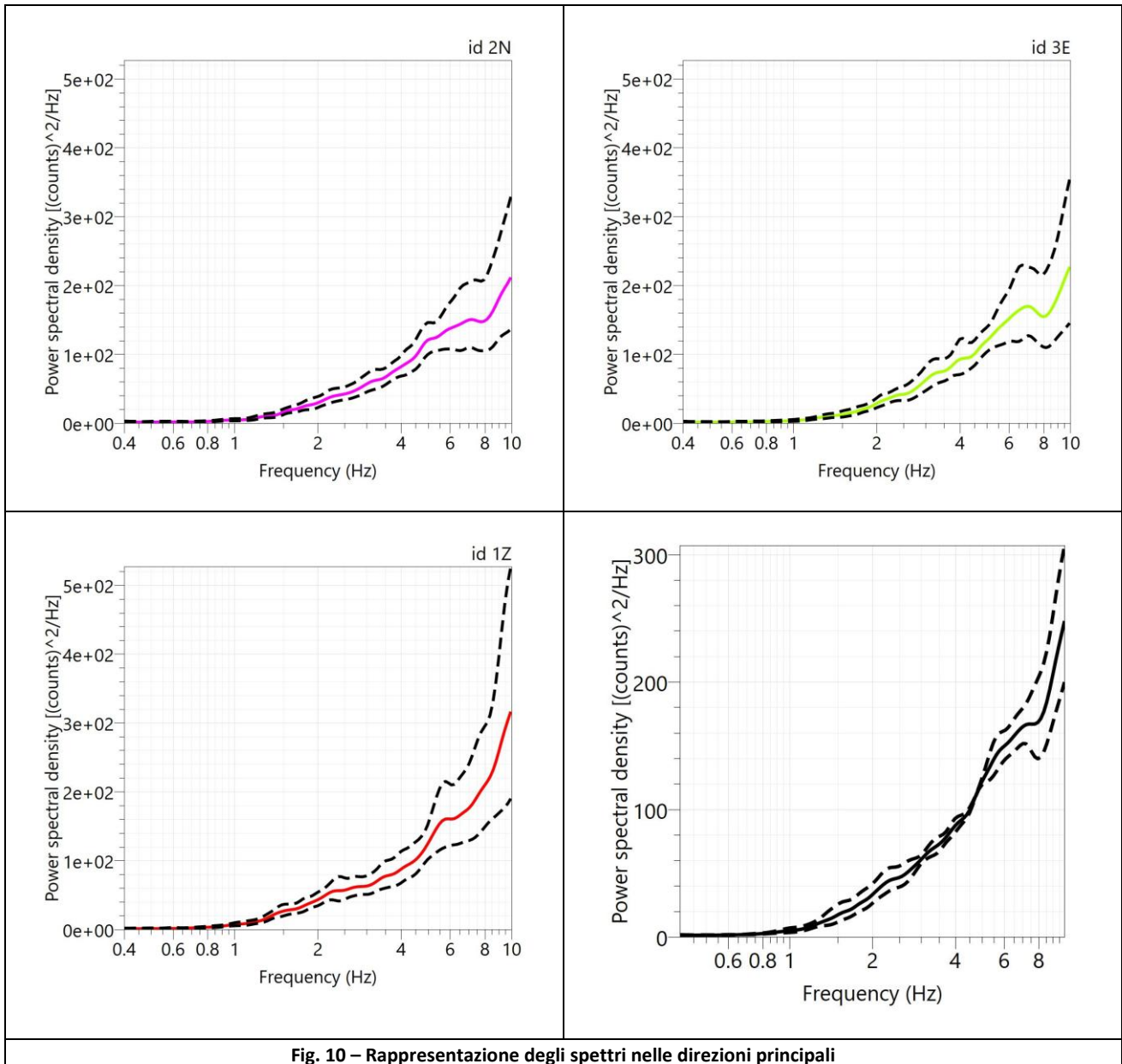


Fig. 10 – Rappresentazione degli spettri nelle direzioni principali

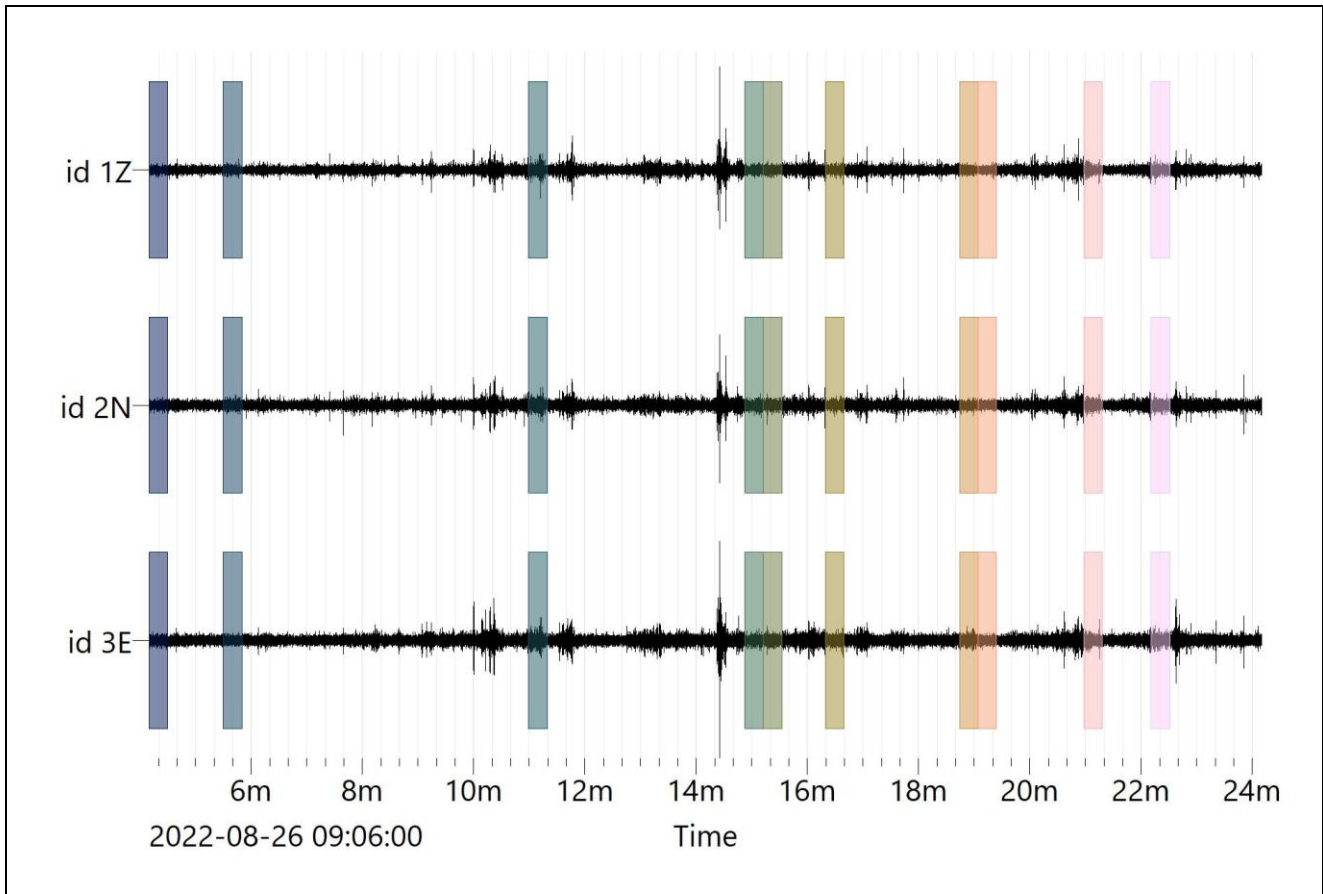
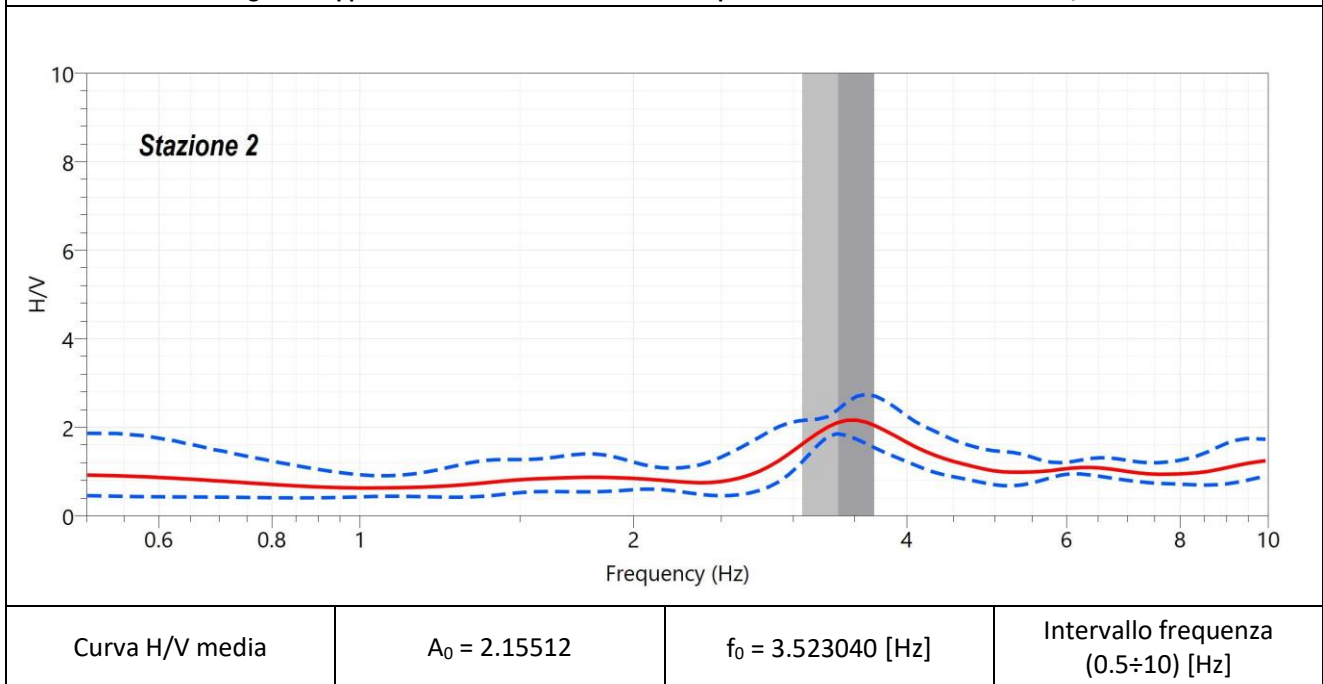


Fig. 11 – presentazione delle finestre validate per la determinazione della curva H/V



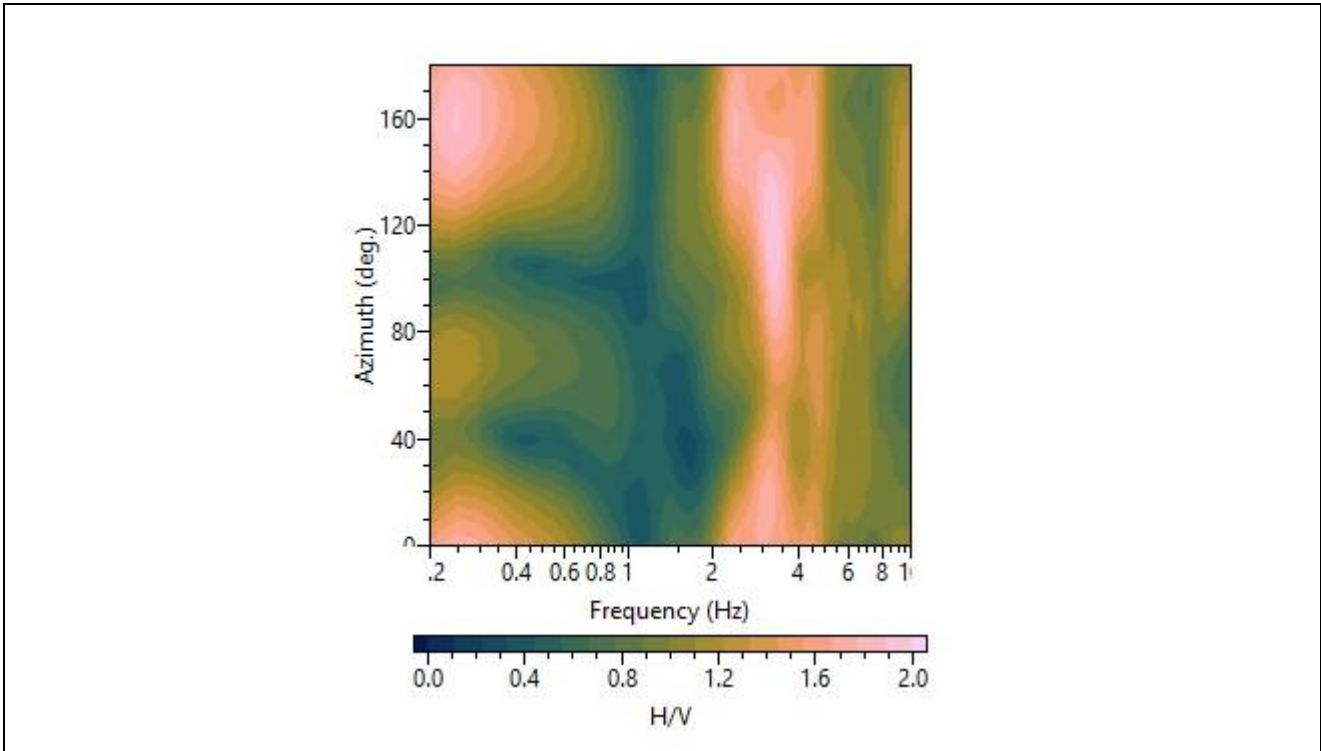


Fig. 12 – Direzionalità del segnale – Rotazione del segnale da 10° a 180°

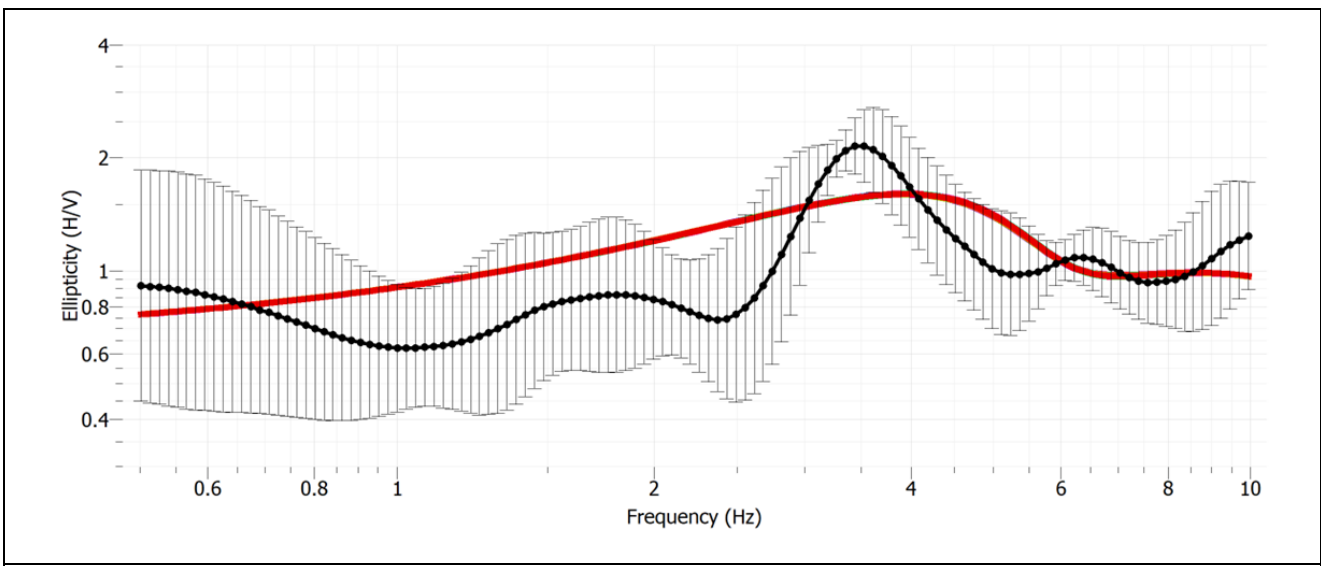


Fig. 13 – Curva sintetica associata alla curva sperimentale – Stazione 2

Strato	Spessore [m]	Quota tetto [m da p.c.]	Quota base [m da p.c.]	Vs [m/s]
1	4.00	0.00	-4.00	200.20
2	13.00	-4.00	-17.00	370.37
3	13.00	-17.00	-30.00	502.40
4	69.00	-30.00	-99.00	748.62

Vs,eq = 371 m/s – Suolo di categoria B ai sensi delle NTC 2018

Tab. 3 – Velocità dei sismostrati in corrispondenza della Stazione 2

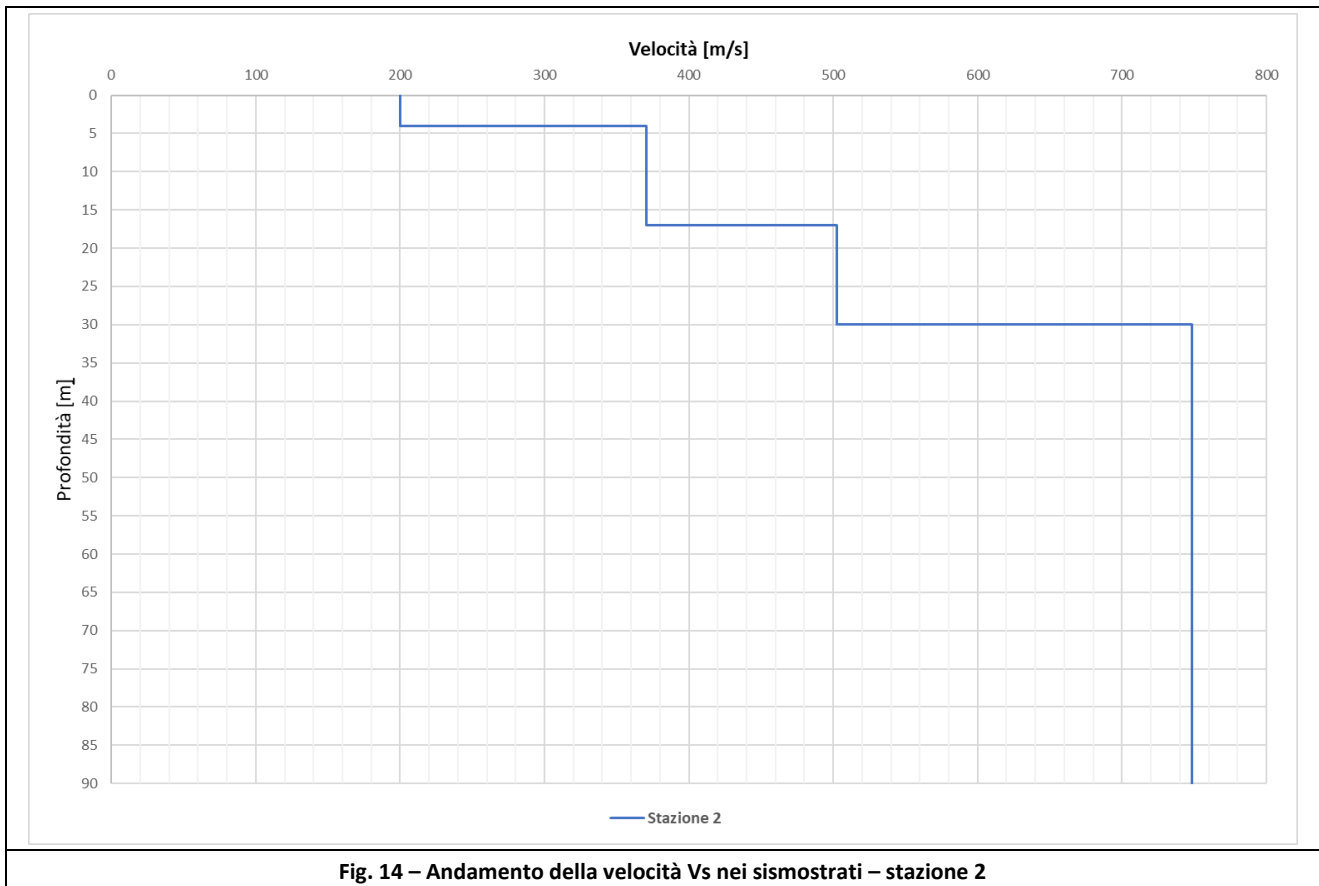


Fig. 14 – Andamento della velocità Vs nei sismostrati – stazione 2

4.3. Stazione n.3



		PUNTO STAZIONE	3		
		DESCRIZIONE SINTETICA DELLA LOCAZIONE			
		Parco della resistenza e della memoria, Via Roma			
		Data attività di rilievo	2023		
		X [WGS84 UTM32]	Y [WGS84 UTM32]		
		511392	5050948		
		Quota [m s.l.m.]	190.35		
Strumentazione	sismografo Geobox SR04	Frequenza sensore	4.5 Hz		
Frequenza di campionamento	200 s	Durata campionamento	20 minuti		
Condizioni meteo	Vento	<u>assente</u>	debole	medio	forte
	Pioggia	<u>assente</u>	debole	medio	forte
	Temperatura [C°]	16°	Osservazioni		
Tipo di terreno	copertura erbacea	Suolo	<u>asciutto</u>	umido	bagnato
Densità edificato	Assente	Strutture interferenti	Non rilevate		

4.3.1. Elaborazione del segnale

Stazione	Frequenza di picco [Hz]	4.187780	A ₀ (rapporto spettrale)	2.07048
3	Lunghezza delle finestre	20	Finestre validate	10
Criteri per una curva affidabile				
$f_0 > 10/l_w$		4.187780	0.5	verificato
$n_c(f_0) > 200$		$n_c = l_w * n_w * f_0$	837.556	verificato
$\sigma A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$ Hz				verificato
	$\sigma A(f) =$	$0.5 * f_0 =$	$2.0 * f_0 =$	
		2.09389	8.37556	
$\sigma A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$ Hz				
Criteri per la valutazione del picco				
$\exists f_- \in [f_0/4, f_0] \mid AH/V(f_-) < A_0/2$		$f_0/4 =$	1.046945	
$AH/V(f_-) =$	0.686145	$A_0/2 =$	1.03524	verificato
$\exists f_+ \in [f_0, 4f_0] \mid AH/V(f_+) < A_0/2$		$f_0 * 4 =$	16.75112	
$AH/V(f_+) =$	9.93847	$A_0/2 =$	1.03524	non verificato
$A_0 > 2$		2.07048	2	verificato
$f_{peak}[AH/V(f) \pm \sigma A(f)] = f_0 \pm 5\%$		$f_0 + 5\%$	$f_0 - 5\%$	
4.187780	1.438887	4.397169	3.978391	non verificato
$\sigma f < \epsilon(f_0)$	$\sigma f =$	1.19724	$\epsilon(f_0) =$	non verificato
epsilon(f ₀) = 0.25f ₀ Hz if f ₀ < 0.2 Hz				
epsilon(f ₀) = 0.20f ₀ Hz if 0.2 Hz < f ₀ < 0.5 Hz				
epsilon(f ₀) = 0.15f ₀ Hz if 0.5 Hz < f ₀ < 1.0 Hz				0.209389
epsilon(f ₀) = 0.10f ₀ Hz if 1.0 Hz < f ₀ < 2.0 Hz				
epsilon(f ₀) = 0.05f ₀ Hz if f ₀ > 2.0 Hz			0.209389	
$\sigma A(f_0) < \theta(f_0)$	$\sigma A(f_0)$	1.19724	$\theta(f_0) =$	verificato
theta(f ₀) = 3.0 if f ₀ < 0.2 Hz				
theta(f ₀) = 2.5 if 0.2 Hz < f ₀ < 0.5 Hz				
theta(f ₀) = 2.0 if 0.5 Hz < f ₀ < 1.0 Hz				1.580000
theta(f ₀) = 1.78 if 1.0 Hz < f ₀ < 2.0 Hz				
theta(f ₀) = 1.58 Hz if f ₀ > 2.0 Hz			1.58	
Osservazioni: la curva rispetta i criteri di affidabilità, mentre il picco non risulta chiaramente definito				

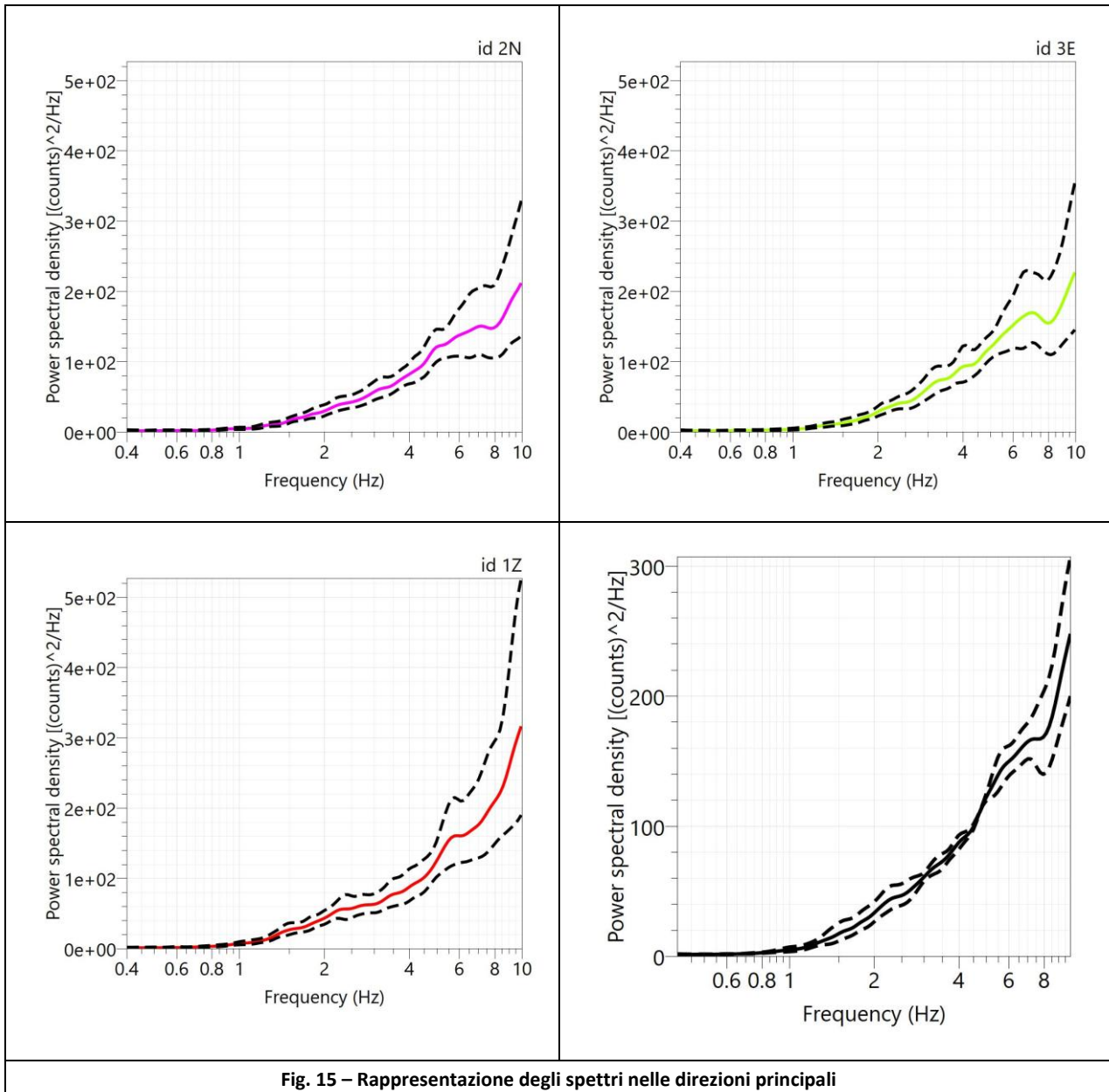


Fig. 15 – Rappresentazione degli spettri nelle direzioni principali

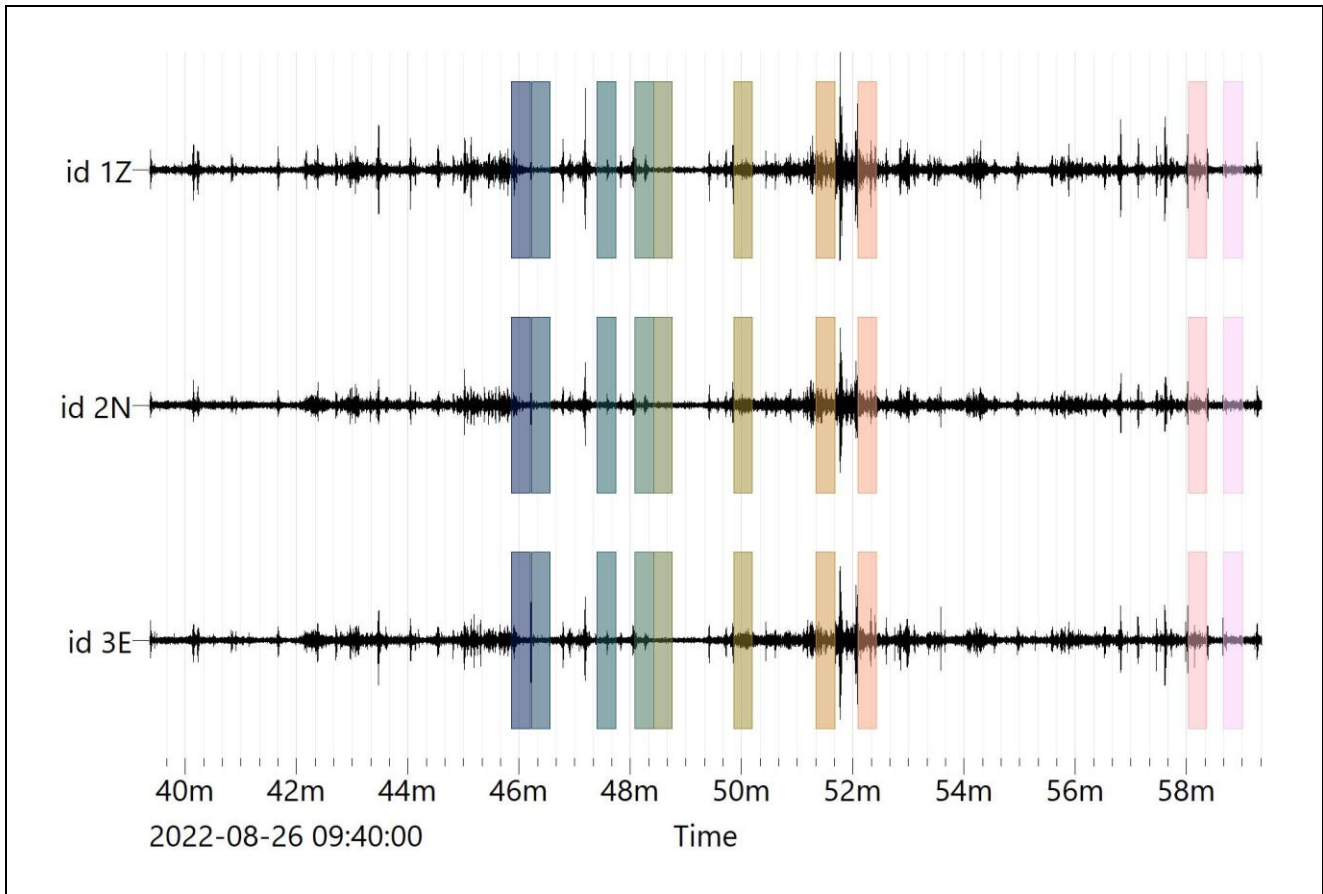
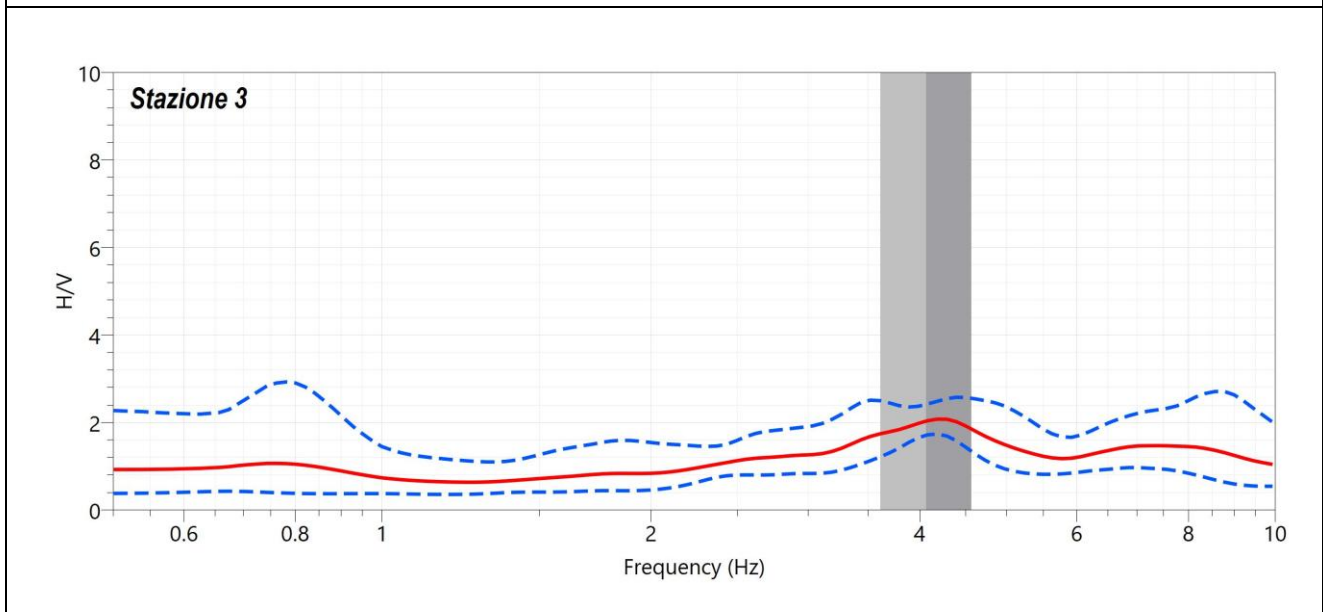


Fig. 16 – Rappresentazione delle finestre validate per la determinazione della curva H/V



Curva H/V media	$A_0 = 2.07048$	$f_0 = 4.187780$ [Hz]	Intervallo frequenza (0.5÷10) [Hz]
-----------------	-----------------	-----------------------	---------------------------------------

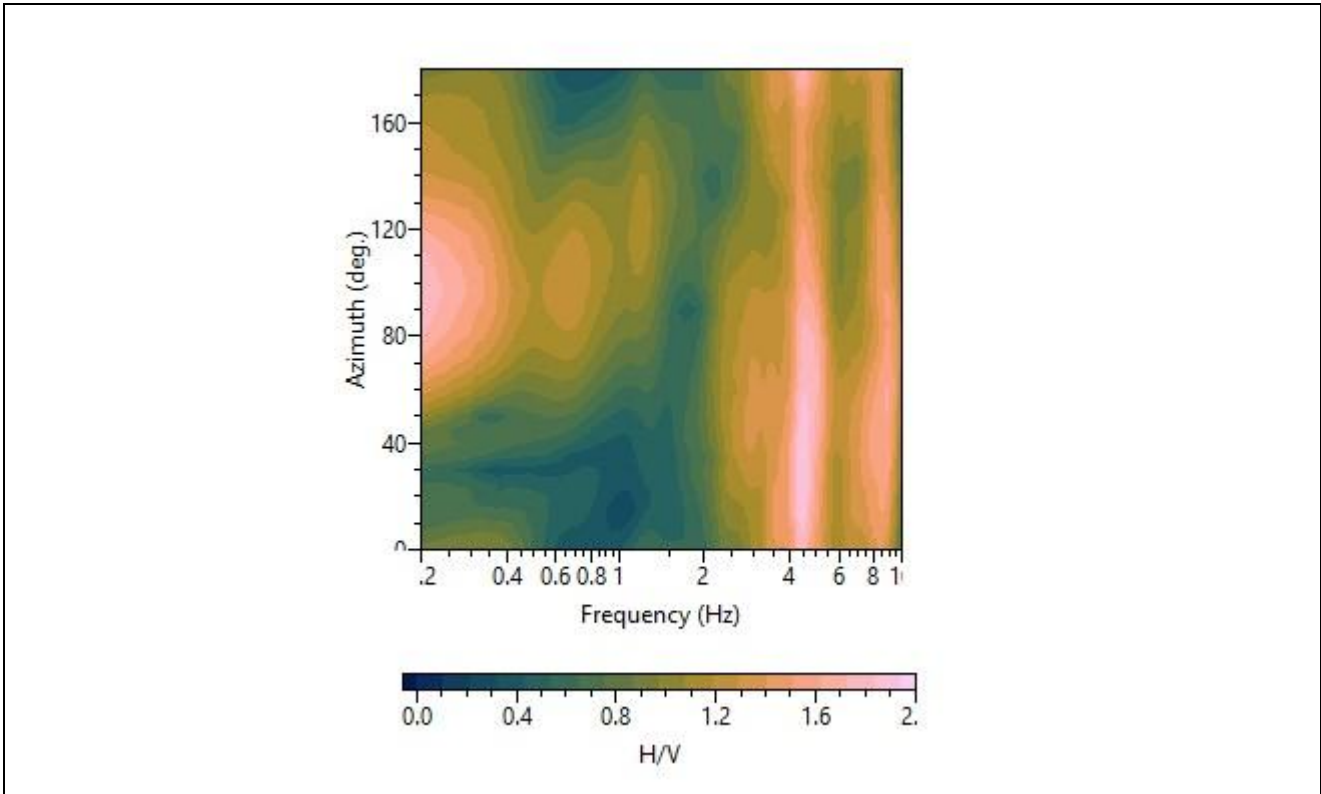


Fig. 17 – Direzionalità del segnale – Rotazione del segnale da 10° a 180°

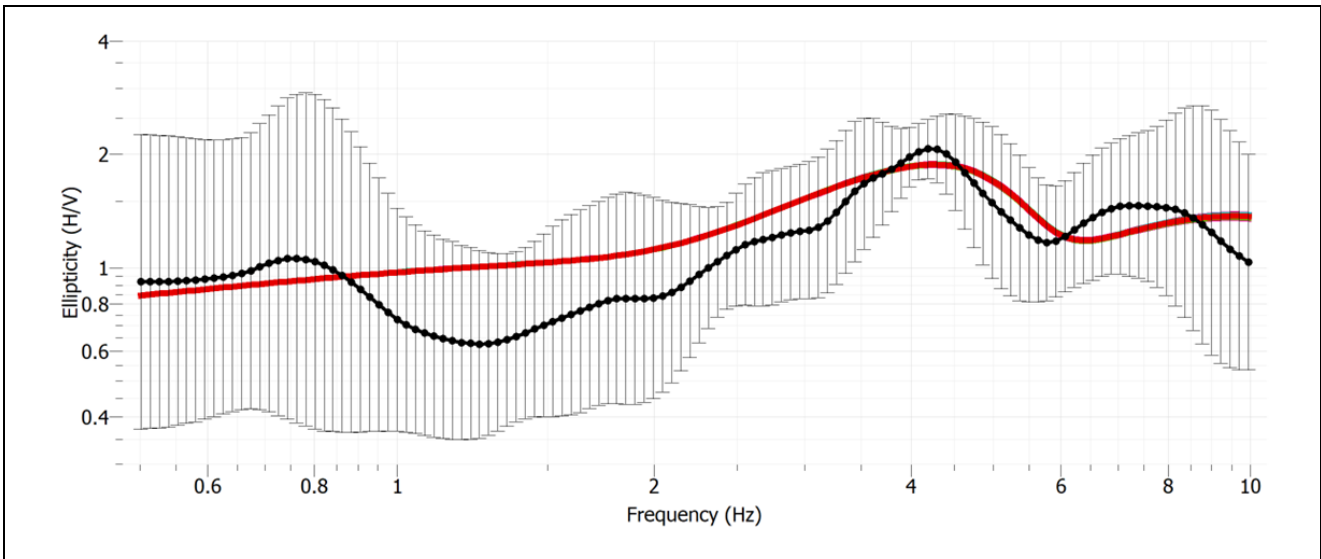


Fig. 18 – Curva sintetica associata alla curva sperimentale – Stazione 3

Strato	Spessore [m]	Quota tetto [m da p.c.]	Quota base [m da p.c.]	Vs [m/s]
1	2.40	0.00	-2.40	101.17
2	12.00	-2.40	-14.40	234.88
3	72.00	-14.40	-86.40	500.50
4	46.80	-86.40	-133.20	650.65

Vs,eq = 283 m/s – Suolo di categoria C ai sensi delle NTC 2018

Tab. 4 – Velocità dei sismostrati in corrispondenza della Stazione 3

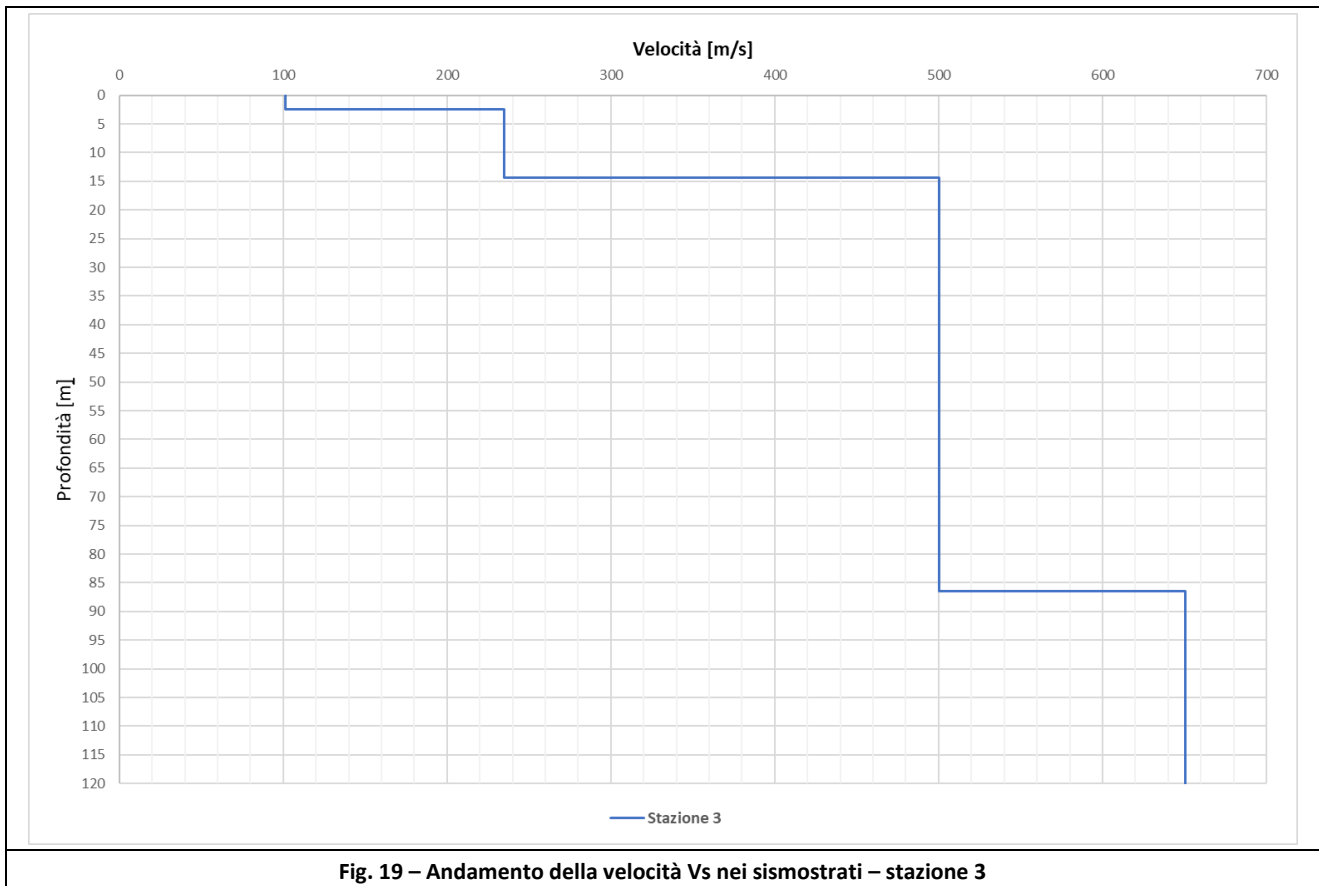


Fig. 19 – Andamento della velocità Vs nei sismostrati – stazione 3

4.4. Stazione n.4



	PUNTO STAZIONE		4		
	DESCRIZIONE SINTETICA DELLA LOCAZIONE				
	Bosco in Città "Agostino Andermark"; Via Superga				
	Data attività di rilievo		2023		
	X [WGS84 UTM32]		Y [WGS84 UTM32]		
	510965		5051367		
	Quota [m s.l.m.]		191.28		
Strumentazione	sismografo Geobox SR04	Frequenza sensore		4.5 Hz	
Frequenza di campionamento	200 s	Durata campionamento		20 minuti	
Condizioni meteo	Vento	<u>assente</u>	debole	medio	forte
	Pioggia	<u>assente</u>	debole	medio	forte
	Temperatura [C°]	16°	Osservazioni		
Tipo di terreno	Copertura erbacea	Suolo	<u>asciutto</u>	umido	bagnato
Densità edificato	Assente	Strutture interferenti		Non rilevate	

4.4.1. Elaborazione del segnale

Stazione	Frequenza di picco [Hz]	5.102410	A_0 (rapporto spettrale)	2.14172
4	Lunghezza delle finestre	20	Finestre validate	21
Criteri per una curva affidabile				
$f_0 > 10/l_w$		5.102410	0.5	verificato
$n_c(f_0) > 200$		$n_c = l_w * n_w * f_0$	2143.0122	verificato
$\sigma A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$ Hz				verificato
	$\sigma A(f) =$	$0.5 * f_0 =$	$2.0 * f_0 =$	
		2.551205	10.20482	
$\sigma A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$ Hz				
Criteri per la valutazione del picco				
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid AH/V(f^-) < A_0/2$		$f_0/4 =$	1.2756025	
$AH/V(f^-) =$	1.28753	$A_0/2 =$	1.07086	non verificato
$\exists f^+ \in [f_0, 4f_0] \mid AH/V(f^+) < A_0/2$		$f_0 * 4 =$	20.40964	
$AH/V(f^+) =$	9.93847	$A_0/2 =$	1.07086	non verificato
$A_0 > 2$		2.14172	2	verificato
$f_{peak}[AH/V(f) \pm \sigma A(f)] = f_0 \pm 5\%$		$f_0 + 5\%$	$f_0 - 5\%$	
5.102410	1.425982	5.3575305	4.8472895	non verificato
$\sigma f < \epsilon(f_0)$	$\sigma f =$	1.28916	$\epsilon(f_0) =$	non verificato
epsilon(f_0) = 0.25 f_0 Hz if $f_0 < 0.2$ Hz				
epsilon(f_0) = 0.20 f_0 Hz if 0.2 Hz < $f_0 < 0.5$ Hz				
epsilon(f_0) = 0.15 f_0 Hz if 0.5 Hz < $f_0 < 1.0$ Hz				0.255121
epsilon(f_0) = 0.10 f_0 Hz if 1.0 Hz < $f_0 < 2.0$ Hz				
epsilon(f_0) = 0.05 f_0 Hz if $f_0 > 2.0$ Hz			0.2551205	
$\sigma A(f_0) < \theta(f_0)$	$\sigma A(f_0)$	1.28916	$\theta(f_0) =$	verificato
theta(f_0) = 3.0 if $f_0 < 0.2$ Hz				
theta(f_0) = 2.5 if 0.2 Hz < $f_0 < 0.5$ Hz				
theta(f_0) = 2.0 if 0.5 Hz < $f_0 < 1.0$ Hz				1.580000
theta(f_0) = 1.78 if 1.0 Hz < $f_0 < 2.0$ Hz				
theta(f_0) = 1.58 Hz if $f_0 > 2.0$ Hz			1.58	
Osservazioni: la curva rispetta i criteri di affidabilità, mentre il picco non risulta chiaramente definito				

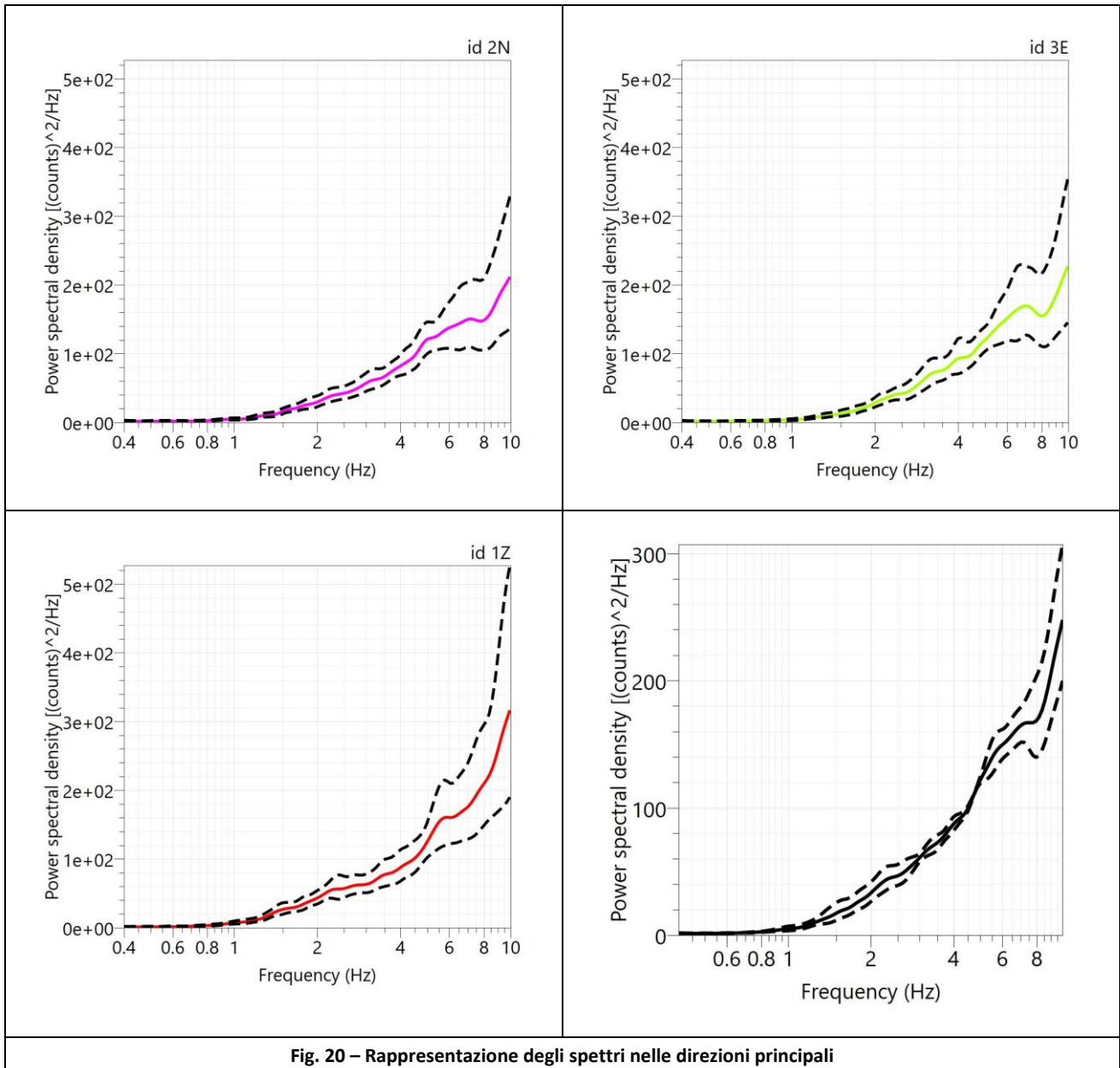


Fig. 20 – Rappresentazione degli spettri nelle direzioni principali

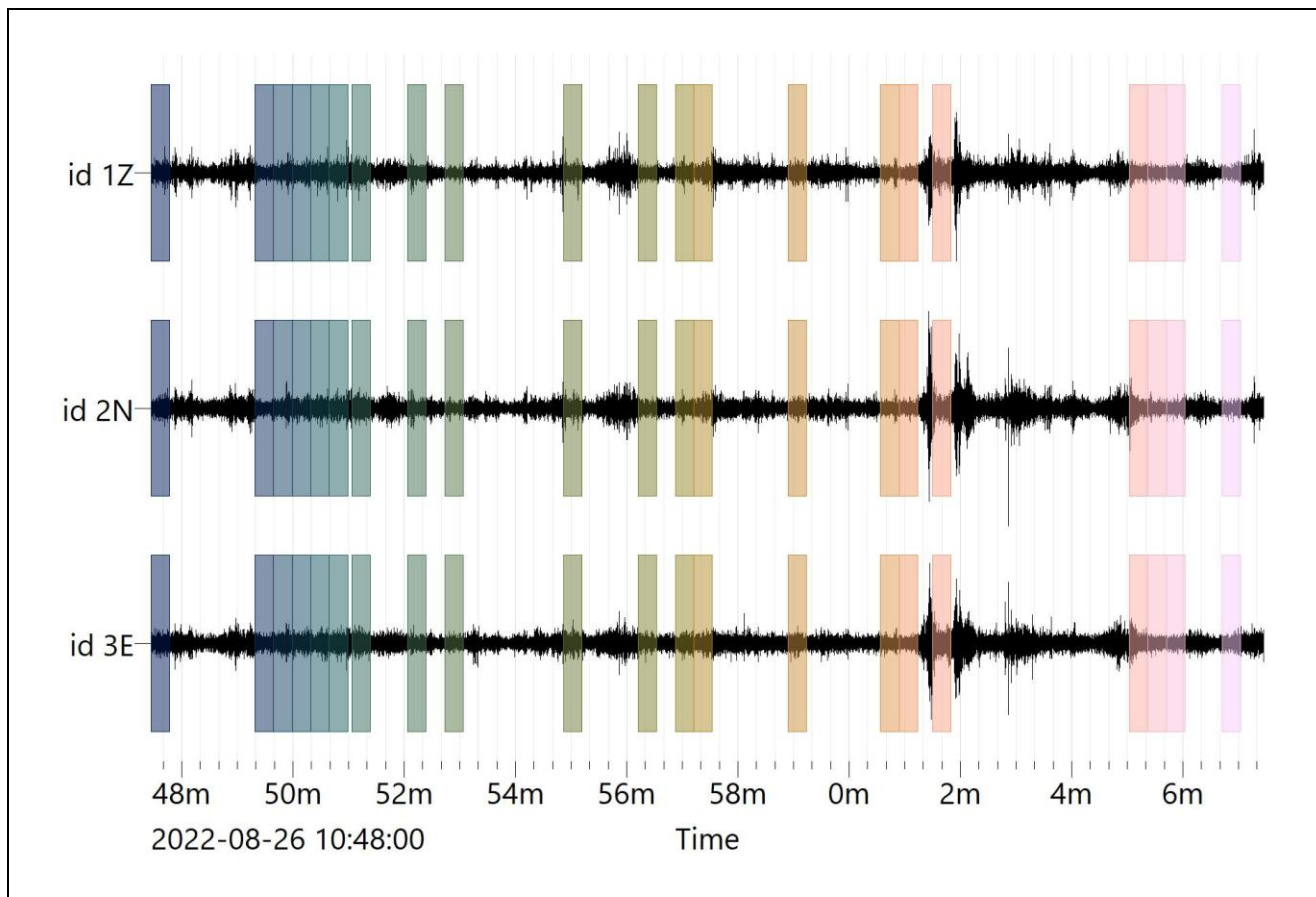
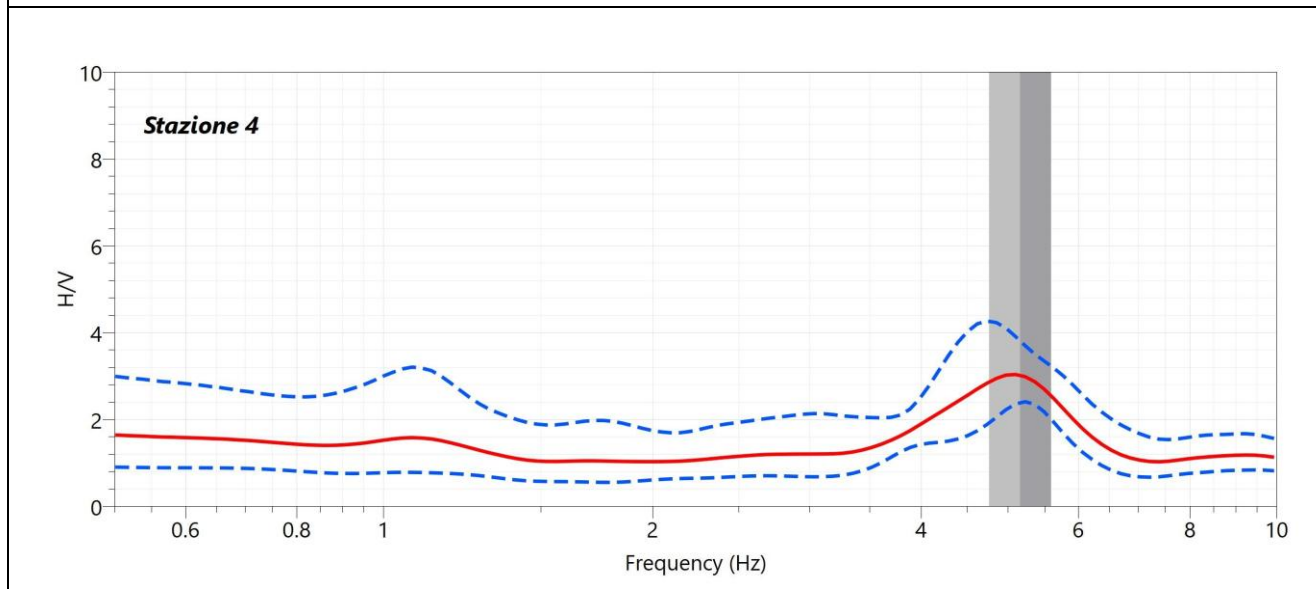


Fig. 21 – Rappresentazione delle finestre validate per la determinazione della curva H/V



Curva H/V media	$A_0 = 2.14172$	$f_0 = 5.102410$ [Hz]	Intervallo frequenza (0.5÷10) [Hz]
-----------------	-----------------	-----------------------	---------------------------------------

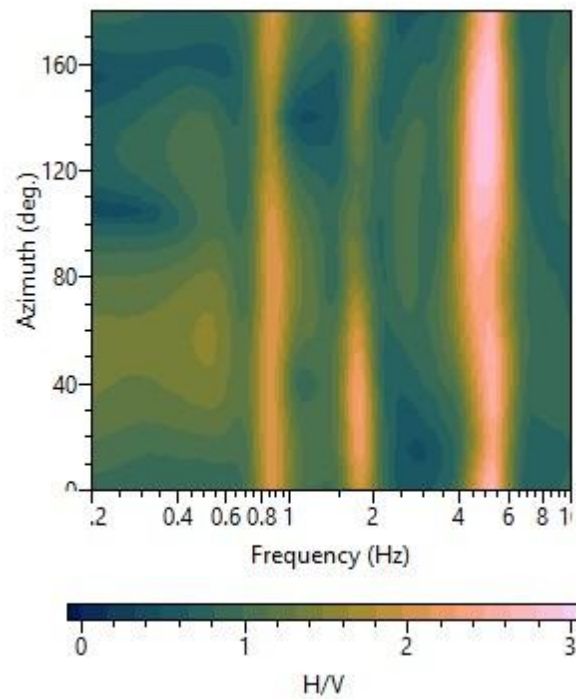


Fig. 22 – Direzionalità del segnale – Rotazione del segnale da 10° a 180°

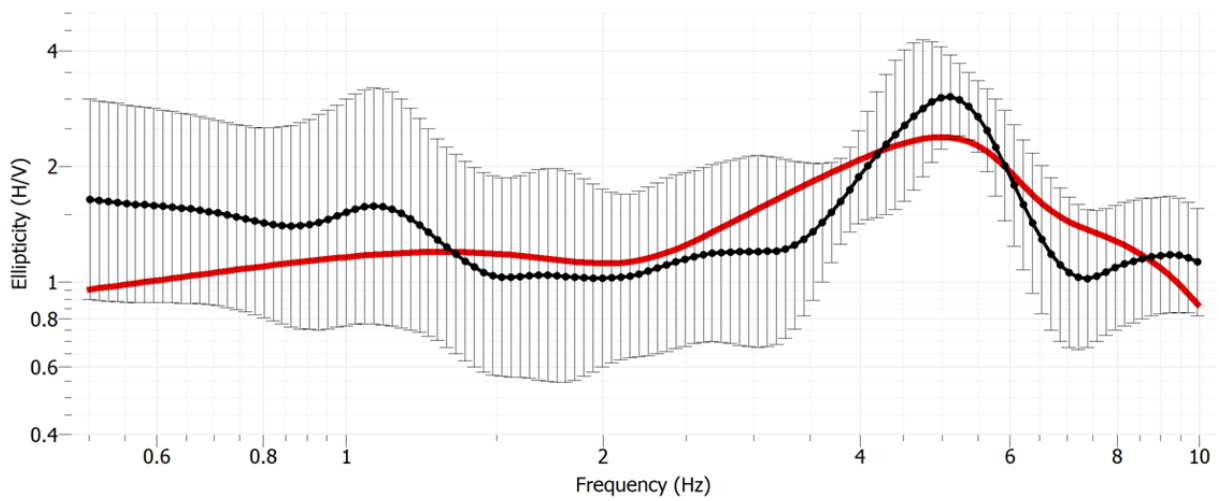


Fig. 23 – Curva sintetica associata alla curva sperimentale – Stazione 4

Strato	Spessore [m]	Quota tetto [m da p.c.]	Quota base [m da p.c.]	Vs [m/s]
1	3.00	0.00	-3.00	115.20
2	12.00	-3.00	-15.00	250.50
3	68.00	-15.00	-83.00	484.62
4	37.00	-83.00	-120.00	749.12

Vs,eq = 286 m/s – Suolo di categoria C ai sensi delle NTC 2018

Tab. 5 – Velocità dei sismostrati in corrispondenza della Stazione 4

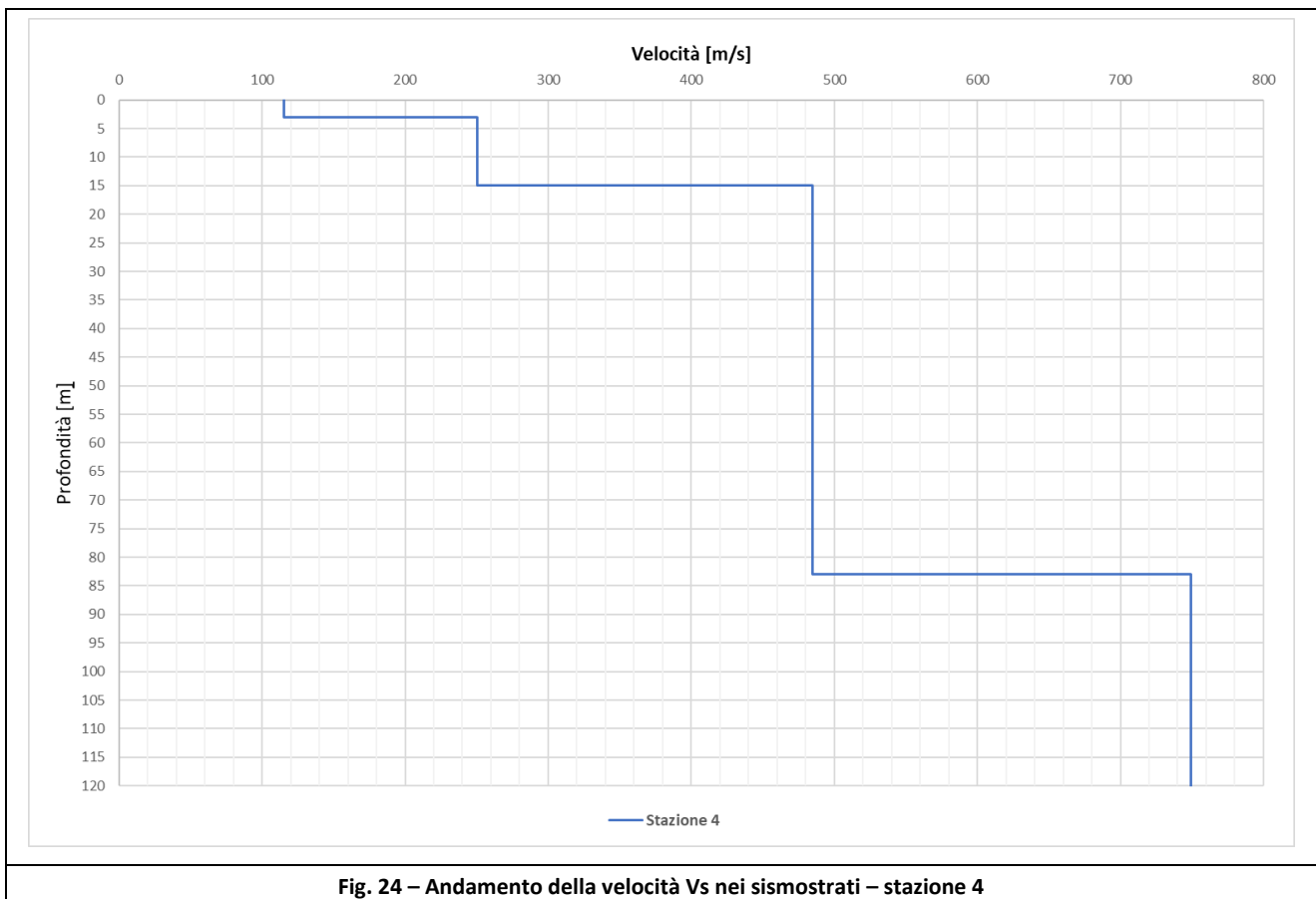
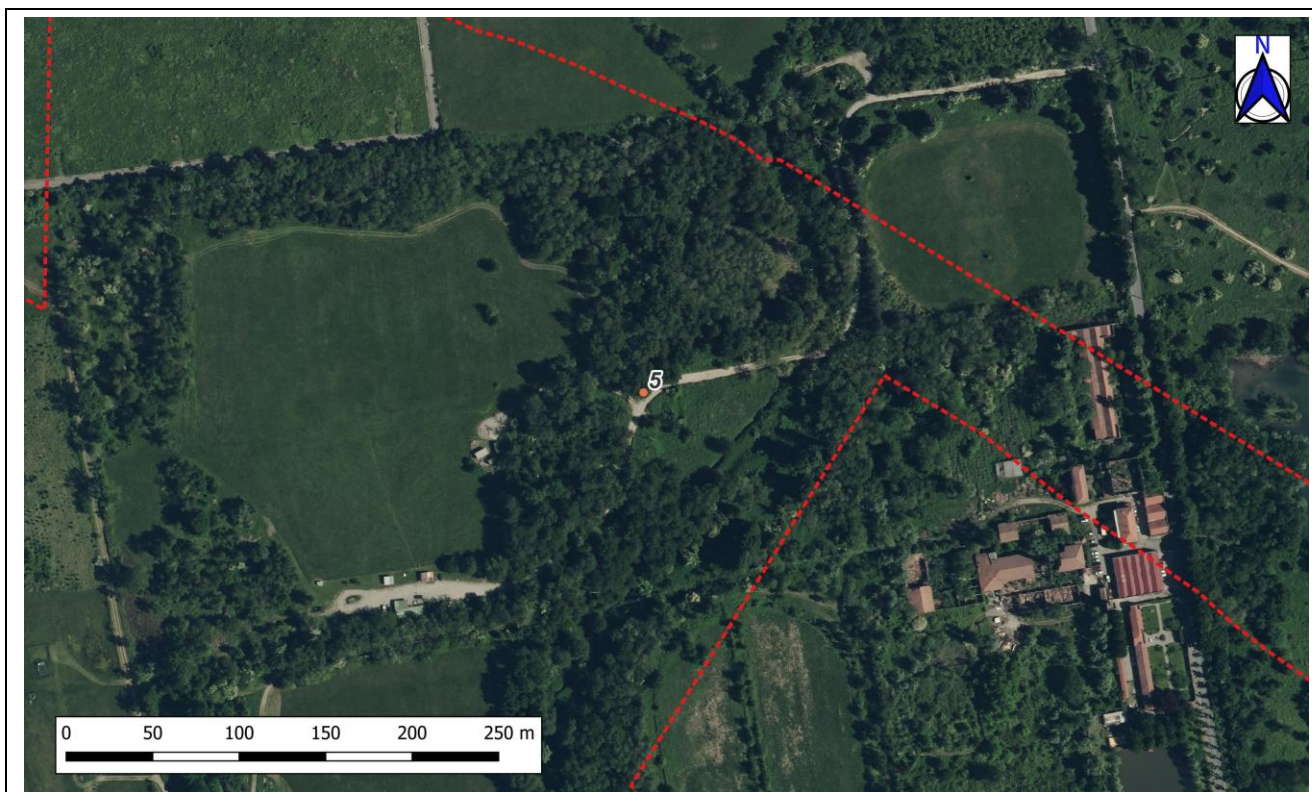


Fig. 24 – Andamento della velocità Vs nei sismostrati – stazione 4

4.5. Stazione n.5



PUNTO STAZIONE	5
DESCRIZIONE SINTETICA DELLA LOCAZIONE	
Parco delle Groane, accesso da Via Monte Bianco	
Data attività di rilievo	2023
X [WGS84 UTM32]	X [WGS84 UTM32]
508973	5052369
Quota [m s.l.m.]	216.61

Strumentazione	sismografo Geobox SR04	Frequenza sensore	4.5 Hz		
Frequenza di campionamento	200 s	Durata campionamento	20 minuti		
Condizioni meteo	Vento	<u>assente</u>	debole	medio	forte
	Pioggia	<u>assente</u>	debole	medio	forte
	Temperatura [C°]	16°	Osservazioni		
Tipo di terreno	Bosco/sterrato	Suolo	<u>asciutto</u>	umido	bagnato
Densità edificato	Assente	Strutture interferenti	Non rilevate		

4.5.1. Elaborazione del segnale

Stazione	Frequenza di picco [Hz]	7.209570	A ₀ (rapporto spettrale)	2.92467
5	Lunghezza delle finestre	20	Finestre validate	12
Criteri per una curva affidabile				
$f_0 > 10/l_w$		7.209570	0.5	verificato
$n_c(f_0) > 200$		$n_c = l_w * n_w * f_0$	1730.2968	verificato
$\sigma A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$				verificato
	$\sigma A(f) =$	$0.5 * f_0 =$	$2.0 * f_0 =$	
		3.604785	14.41914	
$\sigma A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$				
Criteri per la valutazione del picco				
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid AH/V(f^-) < A_0/2$		$f_0/4 =$	1.8023925	
$AH/V(f^-) =$	0.458539	$A_0/2 =$	1.462335	verificato
$\exists f^+ \in [f_0, 4f_0] \mid AH/V(f^+) < A_0/2$		$f_0 * 4 =$	28.83828	
$AH/V(f^+) =$	9.93847	$A_0/2 =$	1.462335	non verificato
$A_0 > 2$		2.92467	2	verificato
$f_{\text{peak}}[AH/V(f) \pm \sigma A(f)] = f_0 \pm 5\%$		$f_0 + 5\%$	$f_0 - 5\%$	
7.209570	1.266112	7.5700485	6.8490915	non verificato
$\sigma f < \epsilon(f_0)$	$\sigma f =$	1.49584	$\epsilon(f_0) =$	non verificato
epsilon(f ₀) = 0.25f ₀ Hz if f ₀ < 0.2 Hz				
epsilon(f ₀) = 0.20f ₀ Hz if 0.2 Hz < f ₀ < 0.5 Hz				
epsilon(f ₀) = 0.15f ₀ Hz if 0.5 Hz < f ₀ < 1.0 Hz				0.360479
epsilon(f ₀) = 0.10f ₀ Hz if 1.0 Hz < f ₀ < 2.0 Hz				
epsilon(f ₀) = 0.05f ₀ Hz if f ₀ > 2.0 Hz			0.3604785	
$\sigma A(f_0) < \theta(f_0)$	$\sigma A(f_0)$	1.49584	$\theta(f_0) =$	verificato
theta(f ₀) = 3.0 if f ₀ < 0.2 Hz				
theta(f ₀) = 2.5 if 0.2 Hz < f ₀ < 0.5 Hz				
theta(f ₀) = 2.0 if 0.5 Hz < f ₀ < 1.0 Hz				1.580000
theta(f ₀) = 1.78 if 1.0 Hz < f ₀ < 2.0 Hz				
theta(f ₀) = 1.58 Hz if f ₀ > 2.0 Hz			1.58	
Osservazioni: la curva rispetta i criteri di affidabilità, mentre il picco non risulta chiaramente definito				

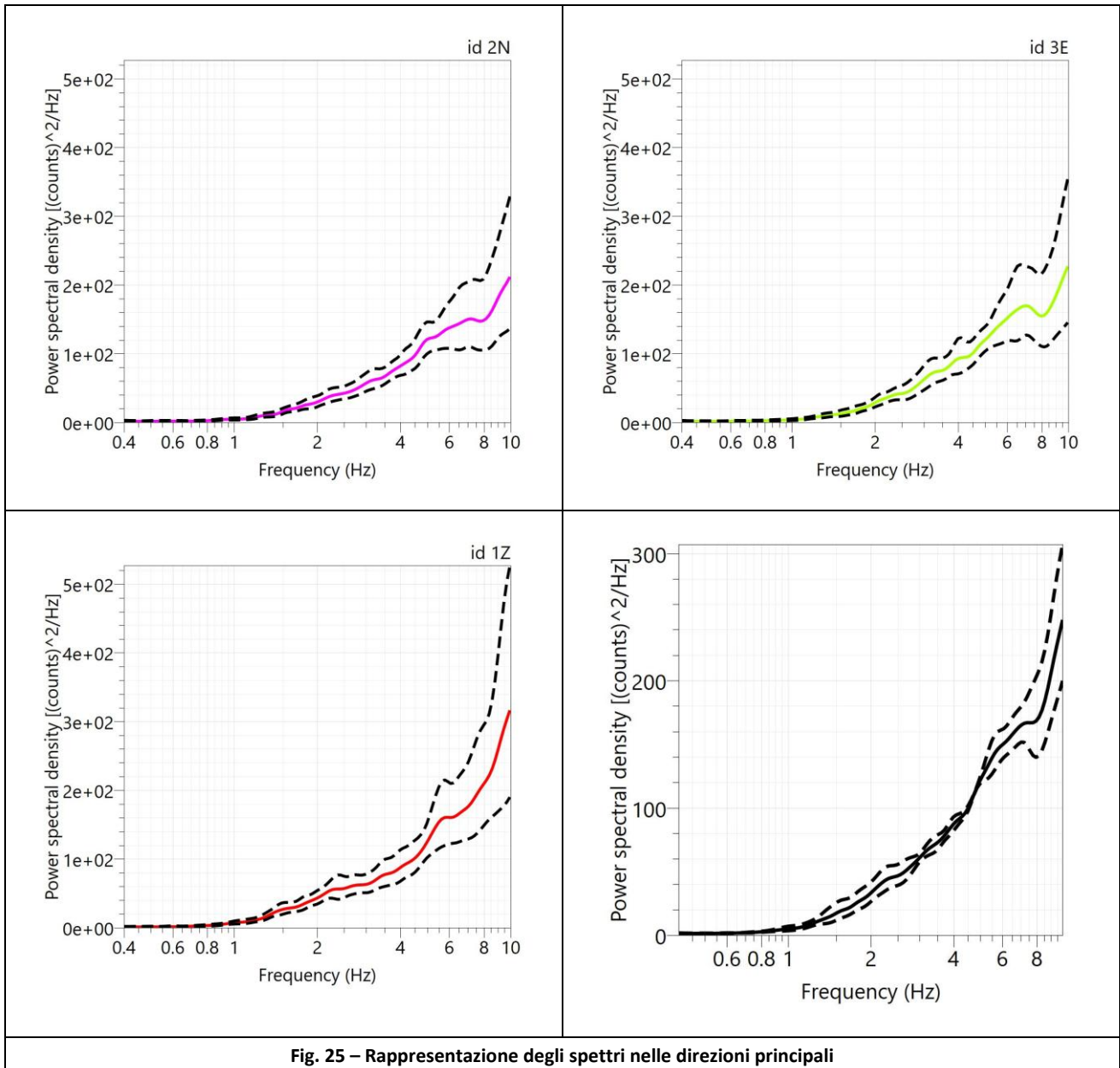


Fig. 25 – Rappresentazione degli spettri nelle direzioni principali

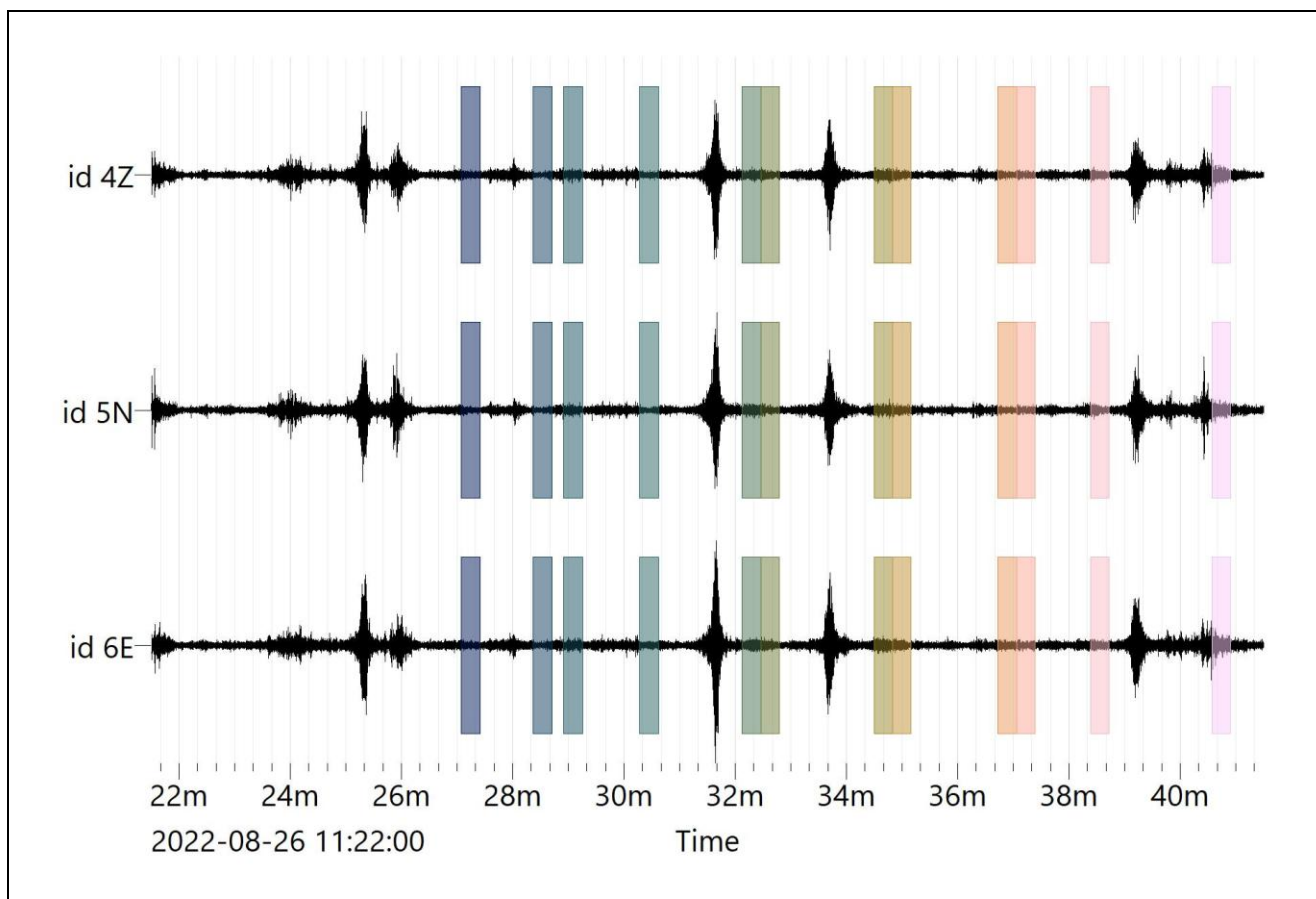
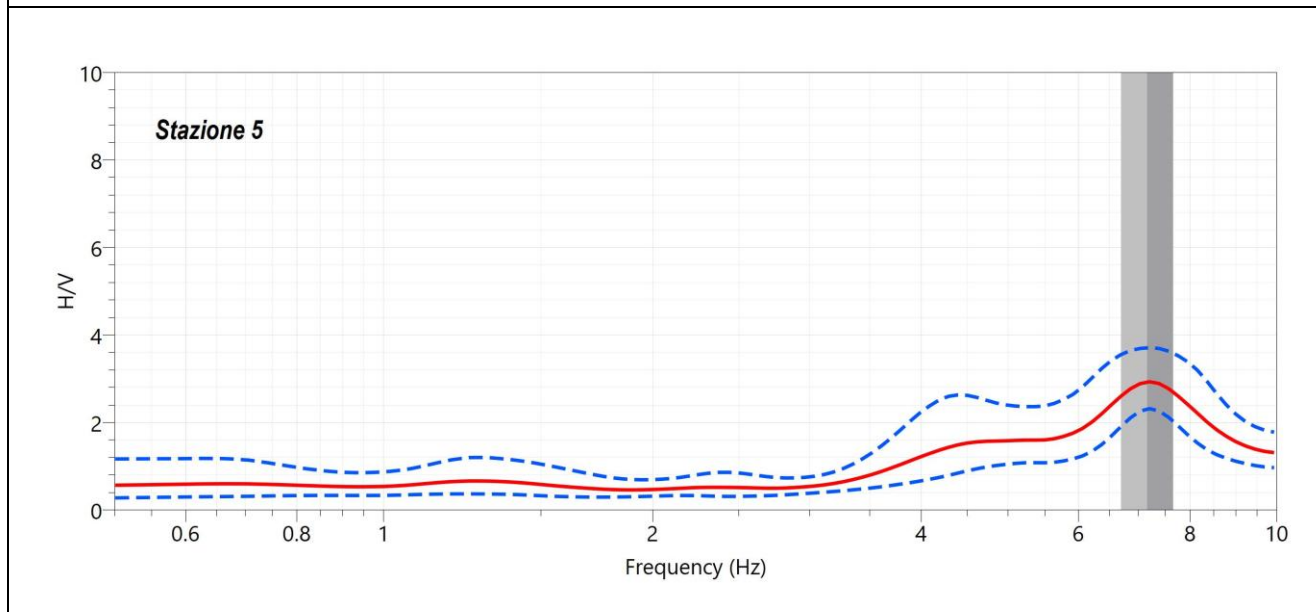


Fig. 26 – Rappresentazione delle finestre validate per la determinazione della curva H/V



Curva H/V media	$A_0 = 2.92467$	$f_0 = 7.209570$ [Hz]	Intervallo frequenza (0.5÷10) [Hz]
-----------------	-----------------	-----------------------	---------------------------------------

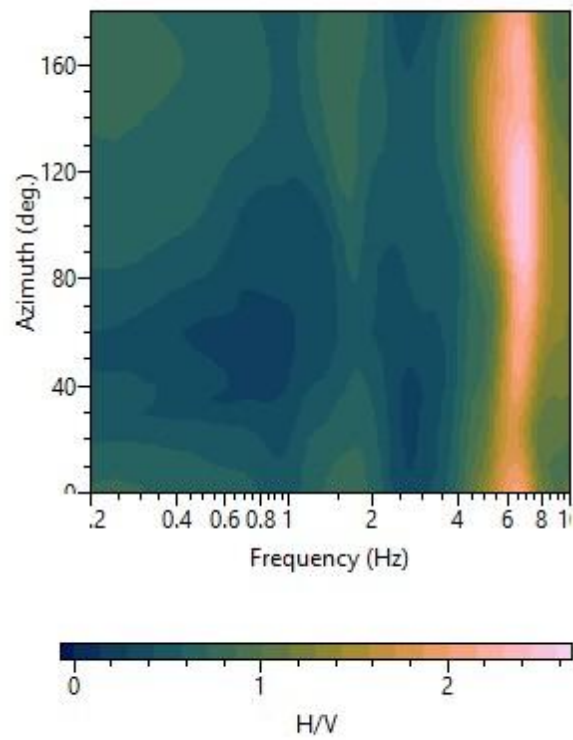


Fig. 27 – Direzionalità del segnale – Rotazione del segnale da 10° a 180°

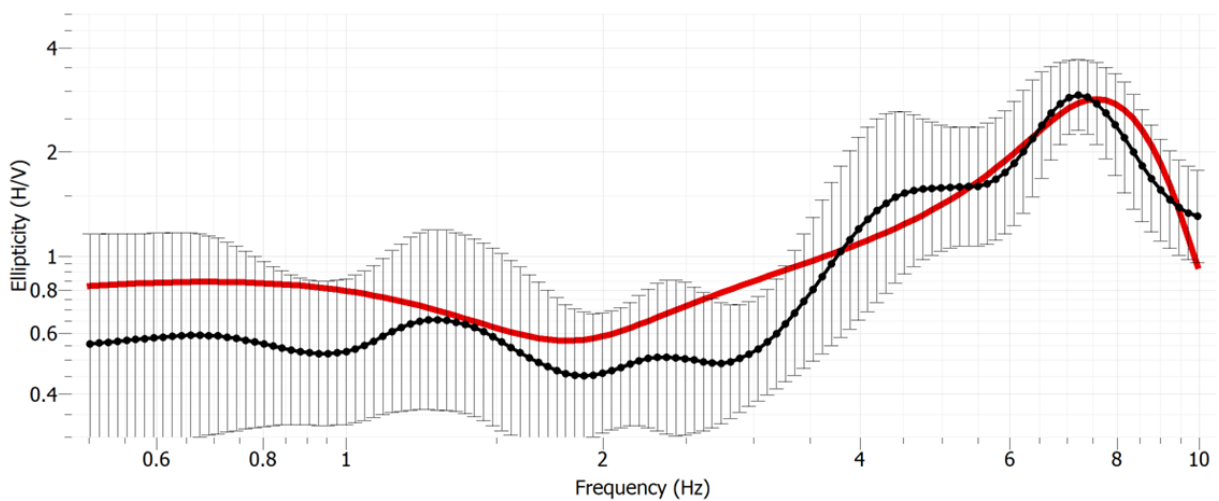
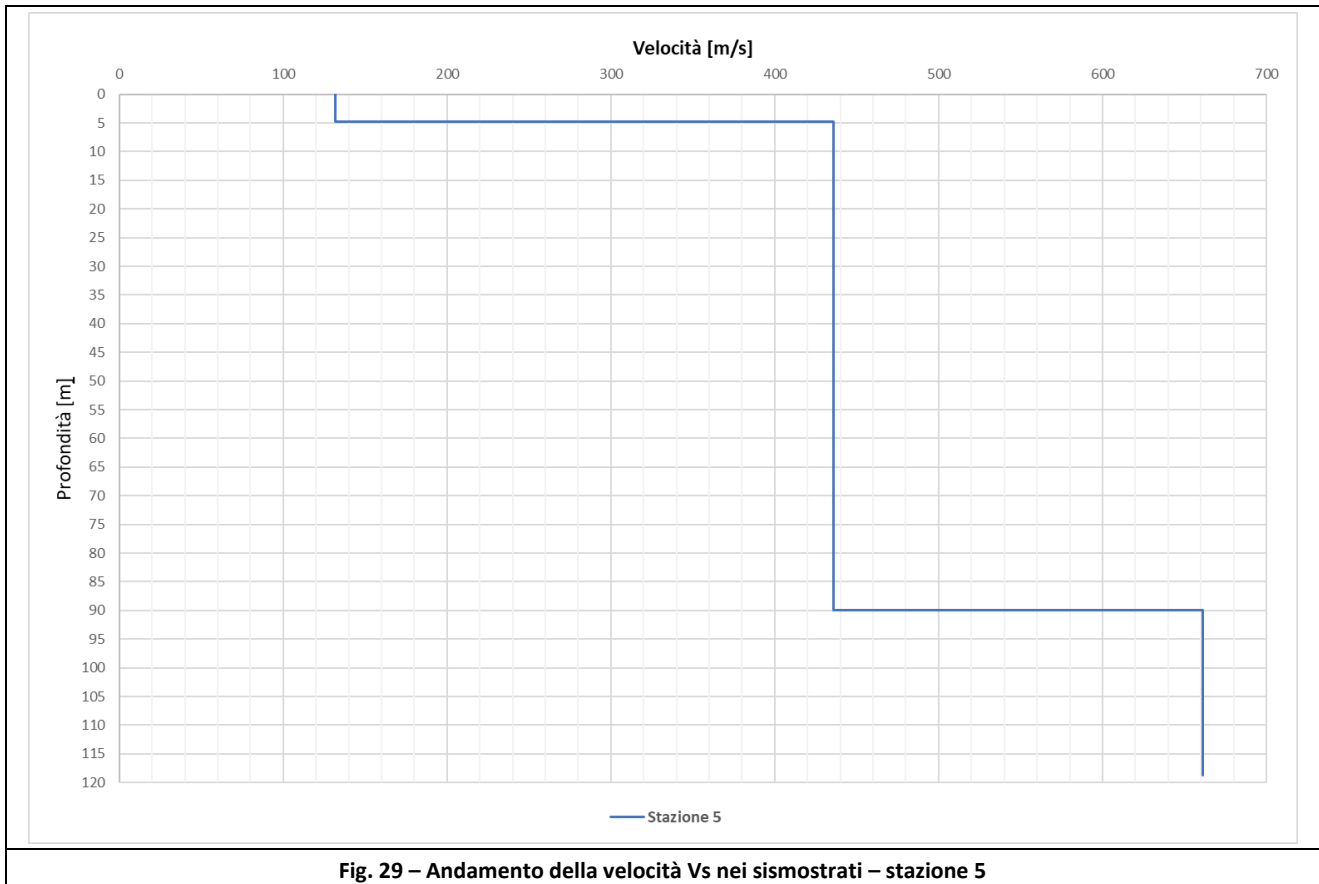


Fig. 28 – Curva sintetica associata alla curva sperimentale – Stazione 5

Strato	Spessore [m]	Quota tetto [m da p.c.]	Quota base [m da p.c.]	Vs [m/s]
1	4.80	0.00	-4.80	131.98
2	85.20	-4.80	-90.00	435.98
3	28.80	-90.00	-118.80	661.14

Vs,eq = 319 m/s – Suolo di categoria C ai sensi delle NTC 2018

Tab. 6 – Velocità dei sismostrati in corrispondenza della Stazione 5



5. SINTESI DEI RISULTATI

Le indagini effettuate hanno evidenziato una sostanziale omogeneità del sottosuolo in termini di rumore ambientale, che in base ai dati stratigrafici, è costituito da alternanze di sabbie e ghiaie e conglomerati per spessori di alcune decine di metri riconducibili ai depositi fluvioglaciali del ghiaccio dell'Adda.

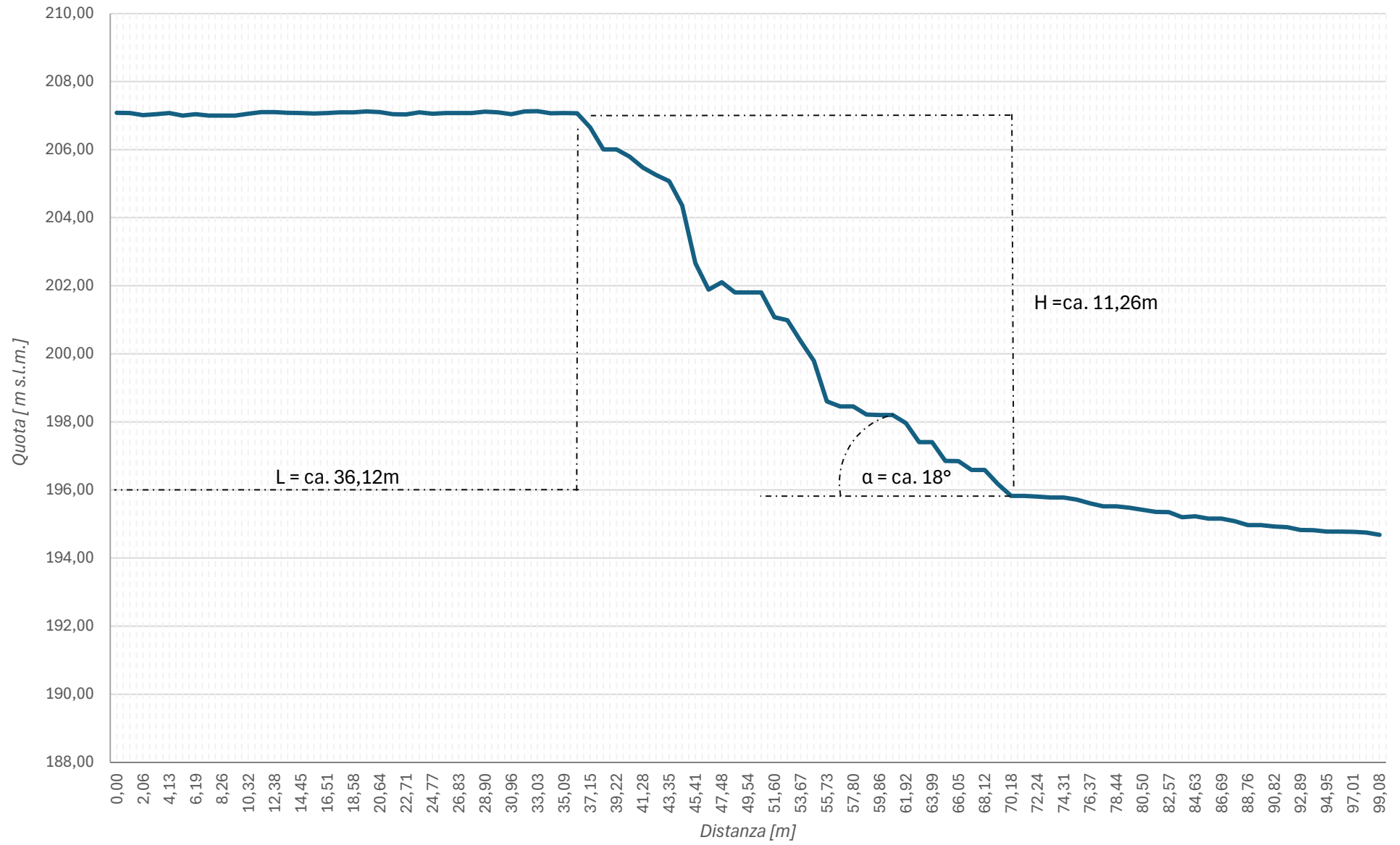
Nel territorio di Bovisio Masciago è individuata la categoria di suolo C, ad esclusione della parte centrale, corrispondente ai depositi più recenti del t. Seveso in cui è individuata la categoria di suolo B.

Stazione	F ₀	V _{s, eq} [m/s]	Categoria di Sottosuolo
1	3.611110	293	C
2	3.523040	371	B
3	4.187780	283	C
4	5.102410	286	C
5	7.209570	319	C

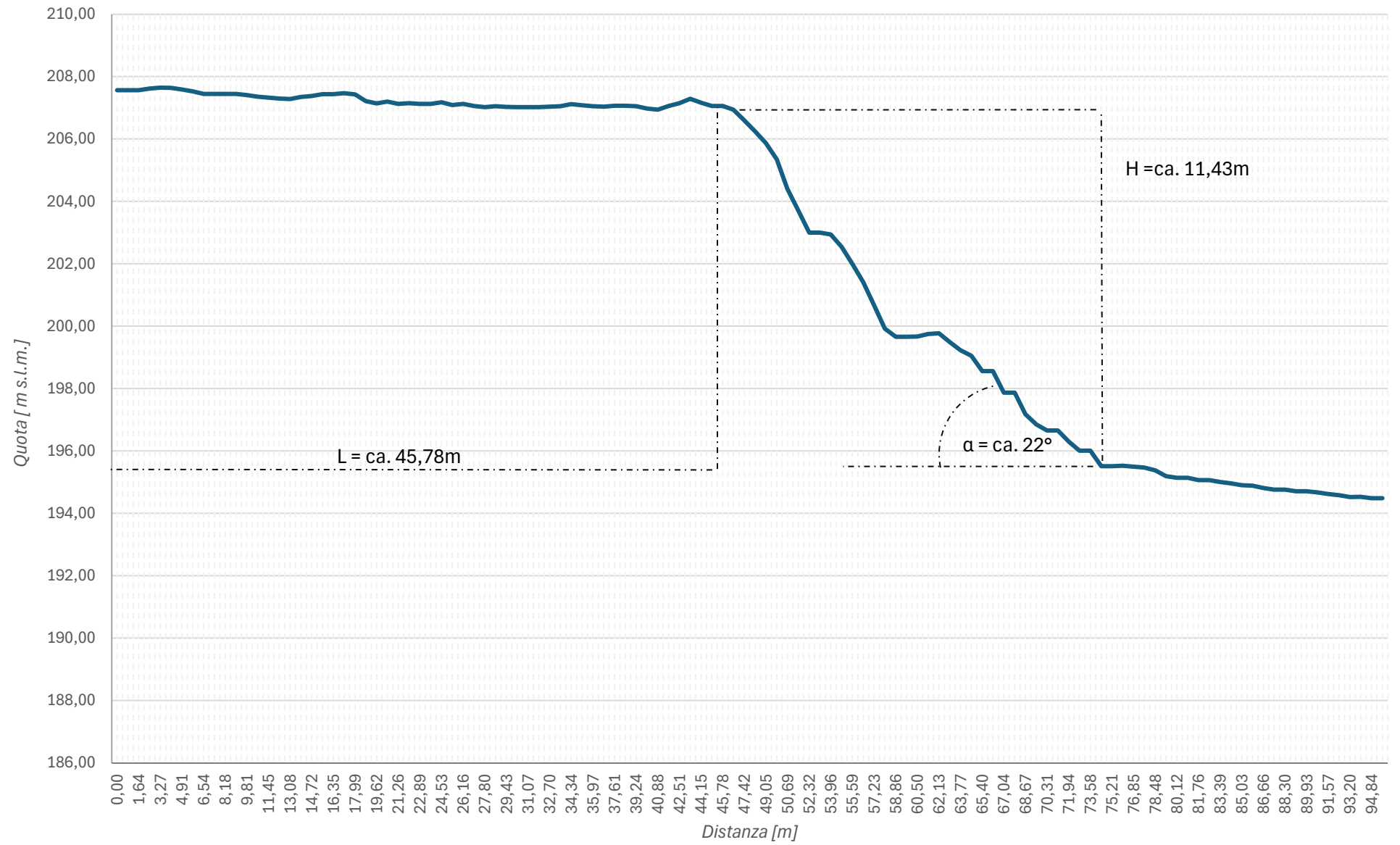
Tab. 7 – Sintesi delle indagini effettuate

ALLEGATO 2
PROFILI TOPOGRAFICI

Sezione 1



Sezione 2



Sezione 3

