



REGIONE LOMBARDIA



PROVINCIA DI BRESCIA



COMUNE DI VEZZA D'OGLIO

VARIANTE
AL PGT DEL COMUNE DI VEZZA D'OGLIO
AGGIORNAMENTO DELLO STUDIO GEOLOGICO
COMPONENTE SISMICA-DIRETTIVA ALLUVIONI
INTEGRAZIONI AREE IN FRANA E ANALISI FATTIBILITA' "PLAZZO
DELL'ASINO"

TAV. 5.1

CODICE PROGETTO 1603380

RELAZIONE SISMICA

	Data	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
AGGIORNAM. REVISIONI	c				
	b				
	a				

NOVEMBRE 2016

Geol. Luca M. Albertelli



UFFICI SEDE OPER.: Via Montegrappa, 41 - 24060 Rogno (BG) - Sede Legale: Via Manifattura 29/G - 25047 DARFO B.T.(BS)
Tel. 0354340011 fax. 0354340011 P.IVA 03480990989 e-mail: luca@cogeo.info landcogeosrl@legalmail.it

INDICE

1.0 PREMESSE	3
2.0 PROCEDURE REGIONALI.....	4
3.0 CONSIDERAZIONI AL TERMINE DEL 1° LIVELLO ED INDICAZIONI PER IL 2° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO.....	5
4.0 ANALISI DI PERICOLOSITA' SISMICA DI 2° LIVELLO	6
4.1 EFFETTI DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA.....	6
4.1.1 Z3A: ZONA DI SCARPATA.....	7
4.2 EFFETTI DI AMPLIFICAZIONE LITOLOGICA	9
4.2.1 DATI GENERALI.....	9
4.2.2 RISULTATI DEI DATI GEOFISICI	11
4.2.3 INDIVIDUAZIONE DELLE CATEGORIE DI SOTTOSUOLO	11
4.2.4 VALUTAZIONE DELL'AMPLIFICAZIONE LITOLOGICA	13
5.0 CONSIDERAZIONI FINALI	25

1.0 PREMESSE

Il presente documento, redatto su incarico del Comune di Vezza d'Oglio, ha lo scopo di illustrare il lavoro svolto per eseguire la valutazione della pericolosità sismica locale nel Comune medesimo, con analisi ed approfondimenti di 2° livello. Il Comune di Vezza d'Oglio è dotato di studio geologico redatto dallo Scrivente nel 2008.

Le analisi effettuate nel 2008 non comprendevano la valutazione della pericolosità sismica locale, in quanto introdotta successivamente alla legge regionale 12/05 con le delibere applicative di settore.

La procedura regionale, introdotta e dettagliata con la D.G.R. n° 8/1566 del 22/12/05, recentemente sostituita dalla D.G.R. n° 8/7374 del 28/05/2008 (a seguito dell'entrata in vigore del nuovo testo unico delle costruzioni), prevede un passaggio per gradi e livelli successivi, come meglio dettagliato in seguito.

Regione Lombardia, con delibera D.G.R. 11 luglio 2014, n. 2129, ha proposto una modifica alla sismicità del proprio territorio e di fatto il Comune di Vezza d'Oglio, che prima si trovava in zona sismica 4, è stato ora considerato in zona sismica 3. Con D.G.R. 8 ottobre 2015 - n. X/4144, la Giunta Regionale ha provveduto al differimento del termine per l'entrata in vigore della nuova classificazione sismica dei Comuni lombardi, di cui alla D.G.R. 11 luglio 2014, n.2129 "Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r.1/2000, art.3, c.108, lett. d)".

La nuova zonazione sismica è entrata ufficialmente in vigore il 10 aprile 2016.

La procedura regionale prevede l'applicazione del 2° livello per la verifica delle possibili condizioni di amplificazione topografica e litologica, interagenti per le aree urbanizzate e/o urbanizzabili.

Il presente lavoro completa quindi la valutazione della pericolosità sismica locale di Vezza d'Oglio con le analisi di 2° livello.

Nel par. 2.0 e 3.0 della presente relazione si riepilogano velocemente le procedure Regionali ed i risultati dello studio di 1° livello; nella seconda parte della relazione si passa alle analisi di 2° livello ed alla valutazione dei risultati emersi.

Per maggiori dettagli sugli studi di 1° livello si rimanda alla documentazione specifica.

2.0 PROCEDURE REGIONALI

La metodologia prevede tre livelli di approfondimento con grado di dettaglio in ordine crescente.

I primi due livelli sono obbligatori in fase di pianificazione, mentre il terzo è obbligatorio in fase di progettazione per casi specifici (quando il 2° livello dimostra l'inadeguatezza della normativa sismica nazionale per aree di possibile amplificazione, per aree caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione, contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse e per edifici di particolari caratteristiche).

Sinteticamente i livelli previsti sono di seguito illustrati:

1° livello

E' una fase prettamente qualitativa che si basa sulle considerazioni dirette degli effetti dei terremoti e prevede l'individuazione di una serie di zone passibili di amplificazione sismica o in cui possono verificarsi problemi particolari (liquefazione, riattivazione frane, ecc.) in caso di sisma.

2° livello

Si applica in base alle risultanze del livello 1 ed in relazione alla classificazione sismica del Comune e prevede un approccio semiquantitativo per valutare quali sono gli effetti di amplificazione attesi e se la normativa vigente è in grado di sopportarli.

3° livello

In questo caso si tratta di procedure molto complesse da attuare in fase di progettazione quando il 2° livello verifica l'inadeguatezza della norma oppure in casi di condizioni geologiche specifiche.

In considerazione del fatto che il Comune di Vezza d'Oglio è in classe sismica 3 la norma prevede, in fase di pianificazione, l'obbligo del 1° livello con la redazione della carta della pericolosità sismica locale nonché l'obbligo delle analisi anche del 2° livello per gli scenari Z3 e Z4 per le aree edificate ed edificabili (con la sola esclusione della aree già inedificabili per altri motivi).

3.0 CONSIDERAZIONI AL TERMINE DEL 1° LIVELLO ED INDICAZIONI PER IL 2° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Nel territorio del Comune di Vezza d'Oglio sono stati individuati, con gli studi di 1° livello, alcuni scenari di possibile amplificazione sismica: è quindi necessario procedere agli approfondimenti di secondo livello, sulla base di quanto emerso.

Si rammenta infatti che la carta della pericolosità sismica locale rappresenta, secondo le procedure da adottare, il riferimento per l'applicazione dei successivi livelli di approfondimento.

La carta della pericolosità sismica locale permette anche l'assegnazione diretta della classe di pericolosità e dei successivi livelli di approfondimento necessari :

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	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	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°

In rosso sulla tabella sono segnalate le cinque condizioni di possibile amplificazione evidenziate per il Comune di Vezza d' Oglio in cui è necessario ricorrere al 2° livello di approfondimento.

Il 2° livello prevede la caratterizzazione semiquantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi e l'individuazione, nell'ambito degli scenari qualitativi suscettibili di amplificazione (zone Z3 e Z4), di aree in cui la normativa nazionale risulta sufficiente o insufficiente a tenere in considerazione gli effetti sismici.

Per il Comune di Vezza d'Oglio, che ricade in zona sismica 3, l'analisi di secondo livello è obbligatoria per gli scenari Z3 e Z4 per le aree edificate ed edificabili, con l'esclusione di quelle già inedificabili (classe di fattibilità geologica 4).

Gli approfondimenti da eseguire sono quindi di due differenti tipi: morfologici e litologici.

Per quanto riguarda le verifiche morfologiche (Z3a e Z3b) si opererà sul fotogrammetrico comunale e sulla CTR alla scala 1:10.000 rapportandosi alle tabelle ed ai grafici della Regione per verificare l'effetto di amplificazione atteso.

Per quanto riguarda gli aspetti litologici (Z4a, Z4b, Z4c), per poter effettuare le verifiche con le schede predisposte dalla Regione Lombardia è necessaria una conoscenza corretta del sottosuolo oltre che in termini litologici, anche in termini di Vs e di struttura geologica.

Per l'adeguamento alle norme, a supporto del livello 2 di analisi, sono state eseguite delle indagini geofisiche specifiche, per ogni contesto geologico individuato, al fine di acquisire i dati ed i parametri necessari.

4.0 ANALISI DI PERICOLOSITA' SISMICA DI 2° LIVELLO

Per gli scenari Z3a, Z3b, Z4a, Z4b e Z4c evidenziati nel territorio di Vezza d'Oglio la normativa prevede l'applicazione del 2° livello di approfondimento per le aree urbanizzate e di possibile espansione, con l'esclusione delle aree già inedificabili per altri motivi.

Di seguito si illustrano, in dettaglio, le analisi eseguite, le procedure adottate, le scelte effettuate ed i risultati delle stesse.

4.1 EFFETTI DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

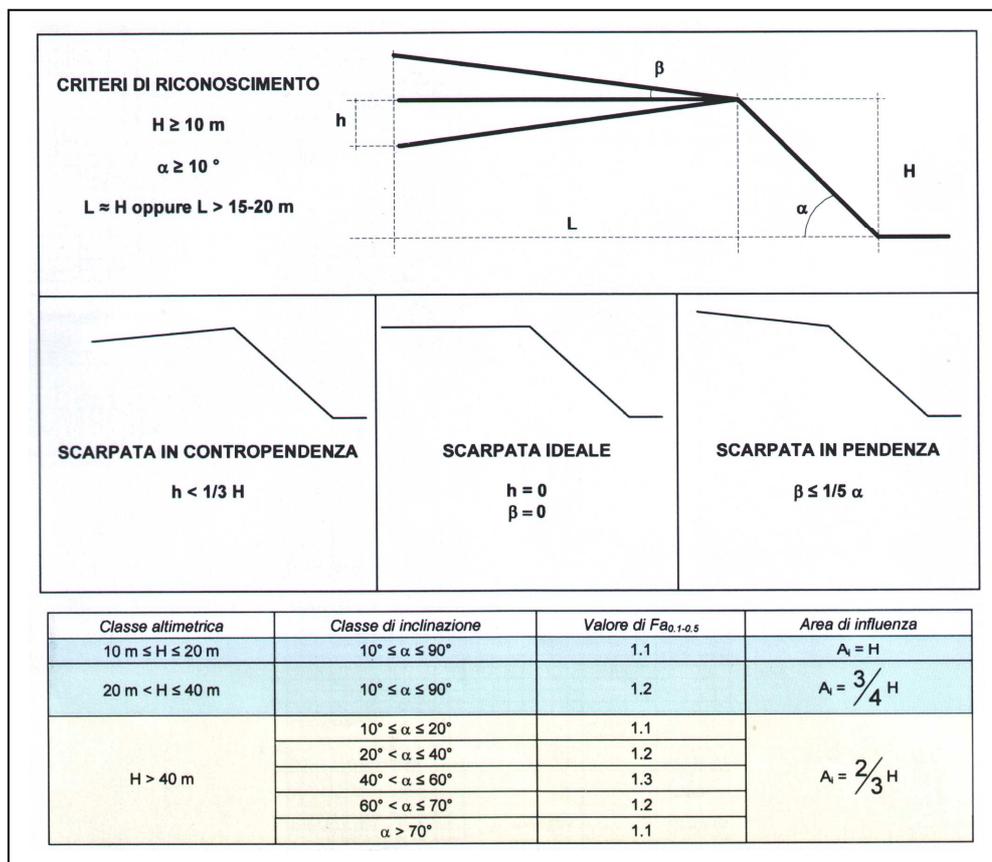
Le aree di ipotetica amplificazione individuate nella PSL di primo livello sono sparse su gran parte del territorio comunale; gli approfondimenti di 2° livello sono stati effettuati solo nei siti interessati da aree edificate. Si riportano i risultati ottenuti su n°1 sezione topografica attraverso le zone di scarpata al fine di verificare le 3 scarpate più vicine all'abitato. Non sono state verificate morfologicamente le zone di

cresta in quanto tutte localizzate a quote tali per cui non interessano zone antropizzate.

4.1.1 Z3a: Zona di scarpata

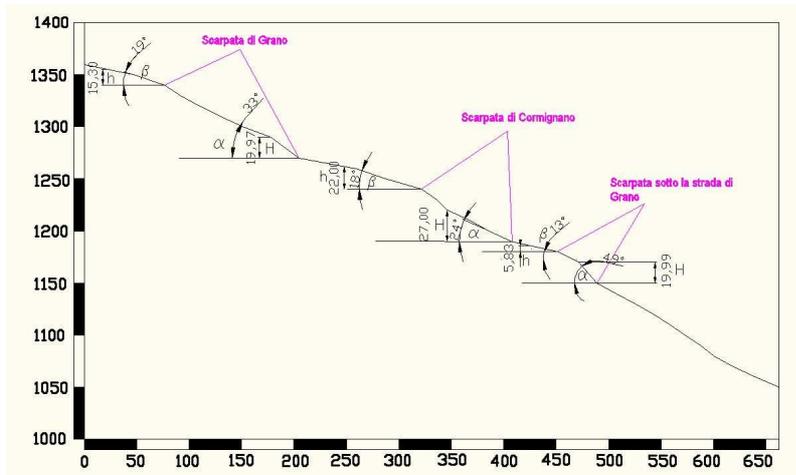
Le aree di scarpata verificate sono collocate come segue:

SEZIONE AA': sezione che taglia 3 scarpate:



- Scarpata in Loc. Cormignano
- Scarpata in frazione di Grano
- Scarpata al di sotto della strada che porta alla frazione di Grano.

1. SEZIONE AA'



DATI TOPOGRAFICI SCARPATA DI GRANO

$$\alpha = 33^\circ$$

$$\beta = 19^\circ$$

$$H = \sim 20 \text{ m}$$

$$h = 15,30 \text{ m}$$

$$L = \sim 204 \text{ m}$$

CRITERI DI RICONOSCIMENTO

$$H \geq 10 \text{ m} \quad \alpha \geq 10^\circ \quad L > 15 - 20 \text{ m} \quad \text{SCARPATA}$$

La condizione $\beta \leq 1/5 \alpha$, necessaria per identificare una scarpata in pendenza soggetta ad amplificazione, appare non verificata.

Questo significa che la pendenza della scarpata è tale per cui non si crei il fenomeno di amplificazione sismica.

DATI TOPOGRAFICI SCARPATA DI CORMIGNANO

$$\alpha = 24^\circ$$

$$\beta = 18^\circ$$

$$H = 27 \text{ m}$$

$$h = 22 \text{ m}$$

$$L = \sim 204 \text{ m}$$

CRITERI DI RICONOSCIMENTO

$$H \geq 10 \text{ m} \quad \alpha \geq 10^\circ \quad L > 15 - 20 \text{ m} \quad \text{SCARPATA}$$

La condizione $\beta \leq 1/5 \alpha$, necessaria per identificare una scarpata in pendenza soggetta ad amplificazione, appare non verificata.

Questo significa che la pendenza della scarpata è tale per cui non si crei il fenomeno di amplificazione sismica.

DATI TOPOGRAFICI SCARPATA SOTTO LA STRADA DI GRANO

- $\alpha = 49^\circ$
- $\beta = 13^\circ$
- $H \sim 20\text{m}$
- $h \sim 6\text{ m}$
- $L \sim 81\text{ m}$

CRITERI DI RICONOSCIMENTO

$H \geq 10\text{ m}$ $\alpha \geq 10^\circ$ $L > 15 - 20\text{ m}$ SCARPATA

La condizione $\beta \leq 1/5 \alpha$, necessaria per identificare una scarpata in pendenza soggetta ad amplificazione, appare non verificata.

Questo significa che la pendenza della scarpata è tale per cui non si crei il fenomeno di amplificazione sismica

4.2 EFFETTI DI AMPLIFICAZIONE LITOLOGICA

4.2.1 Dati generali

Nel territorio di Vezza d'Oglio, stante la notevole articolazione geologica e litologica, soprattutto per quanto riguarda i depositi quaternari, sono state rilevate, con l'analisi sismica di primo livello, una serie di potenziali condizioni di amplificazione litologica, sulla base delle casistiche Regionali.

<i>Sigla</i>	<i>SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE</i>	<i>EFFETTI</i>
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	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	Cedimenti e/o liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio $H > 10\text{ m}$ (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	Comportamenti differenziali
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	

Nello specifico sono state evidenziate condizioni attribuibili agli scenari:

- Z4a – zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali granulari;
- Z4b – zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionali;
- Z4c – zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi.

Nell'impostazione del presente lavoro si è quindi cercato di individuare i principali scenari geologici e litologici interessanti i centri abitati (nucleo di Vezza d'Oglio e frazioni sparse).

Per quanto riguarda il centro abitato di Vezza d'Oglio, esso è completamente compreso nello scenario Z4a- zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi, e nello scenario Z4b - zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio – lacustre.

Per quanto riguarda le frazioni sparse nelle zone montuose (Davena, Grano e Tu) non si riconoscono, nella carta della PSL di primo livello, delle zone di amplificazione litologica.

La procedura Regionale prevede una verifica di tipo litologico, basata sulla conoscenza del modello geologico del sottosuolo e del relativo modello geofisico semplificato, fino alla profondità del bedrock sismico ($V_s > 800$ m/sec.)

Per la valutazione analitica del potenziale di amplificazione litologica la procedura comporta il confronto del modello geofisico di dettaglio del sottosuolo delle differenti porzioni individuate con una serie di schede tipo predisposte dalla della Regione Lombardia.

In queste schede, sulla base dalla litologia prevalente e dell'andamento delle V_s nel sottosuolo, si ricava, in modo semplificato, il fattore di amplificazione sismica del sito (F_a), sia per edifici di altezza limitata (0.1 – 0.5 s) che per edifici di altezza maggiore (0.5 – 1.5 s).

I valori ricavati devono essere confrontati con i valori soglia, distinti in base alle categorie di suolo del D.M. 14/01/2008, forniti dalla Regione Lombardia, al fine di verificare se la normativa è in grado di coprire l'amplificazione calcolata o meno.

Nel secondo caso diviene necessario o prevedere il passaggio, in fase di progettazione, agli approfondimenti di 3° livello oppure l'utilizzo dello spettro di norma per una categoria di suolo maggiormente cautelativa.

La struttura geologica del Comune di Vezza d'Oglio fa sì che i depositi che costituiscono le porzioni edificate siano di varia natura e genesi (alluvionali, di conoide e glaciali), come sopra dettagliato.

Le indagini geofisiche sono state distribuite in modo da acquisire gli elementi (andamento Vs in profondità, categoria di sottosuolo e profondità del bedrock sismico con Vs > 800 m/sec,) in corrispondenza delle differenti tipologie di deposito, così da poter effettuare una caratterizzazione sismica di ogni zona per poi poter applicare la procedura Regionale.

E' evidente che una situazione geologica come quella sopra descritta (alternanza di depositi di natura e genesi differente) fa sì che non vi sia una caratterizzazione litologica univoca ben definita.

Per la scelta delle schede Regionali, che sono organizzate per tipologie litologiche ben definite (ghiaiose – limoso argillose – limoso sabbiose – sabbiose), si è quindi fatto riferimento ai dati di sottosuolo disponibili, cercando di utilizzare le schede adatte per la litologia prevalente, ma si è comunque sempre considerato prioritario l'andamento delle Vs con la profondità.

4.2.2 Risultati dei dati geofisici

Alla luce di quanto sopra ed in considerazione del fatto che la risposta sismica litologica è funzione dell'andamento delle Vs in profondità si è ritenuto necessario, data la totale mancanza di dati geofisici puntuali in tal senso, eseguire una serie di indagini geofisiche specifiche per poter effettuare un raffronto con le schede Regionali.

Sono state quindi effettuate inizialmente 4 indagini di tipo MASW (4 energizzazioni per indagine) distribuite sull'intero comune, comprendente anche le frazioni, e cercando di dislocare le prove in modo da comprendere tutti gli scenari geologici presenti sul territorio.

4.2.3 Individuazione delle categorie di sottosuolo

La procedura Regionale prevede che il fattore di amplificazione calcolato con la presente procedura semplificata venga poi confrontato con i valori soglia Comunali, forniti dalla Regione stessa:

PERIODO	SUOLO B	SUOLO C	SUOLO D	SUOLO E
0.1 -0.5	1.4	1.8	2.2	1.9
0.5 – 1.5	1.7	2.4	4.1	3.0

Come si vede dalla tabella sopra riportata i valori di riferimento sono distinti in base al periodo di riferimento per gli edifici e soprattutto in relazione alle categorie di sottosuolo, secondo la classificazione introdotta dal D.M. 14/01/2008 di seguito riportata:

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

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

Tabella 3.2.III – Categorie aggiuntive di sottosuolo.

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

Il parametro di riferimento principale per la classificazione sono le V_{s30} .

La velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,30}$ è definita dall'espressione

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} \text{ [m/s].} \quad (3.2.1)$$

Sulla base del profilo delle V_s in profondità ricavato dalle MASW sono state calcolate le V_{s30} ed è stata definita la categoria di sottosuolo.

Il calcolo delle V_{s30} effettuato ha condotto ai seguenti risultati:

MASW. n° 1: 369 m/sec (Zona Industriale Vezza d'Oglio)

MASW. n° 2: 362 m/sec (Vezza d'Oglio "Est")

MASW. n° 3: 309 m/sec (Abitato di Vezza d'Oglio)

MASW n° 4: 539 m/sec (frazione di Grano)

Raffrontando tali valori con le tipologie di suolo previste dalle vigente normativa sismica emerge quanto segue.

4.2.4 Valutazione dell'amplificazione litologica

Di seguito si passa all'analisi puntuale delle singole prove e delle verifiche effettuate. La litologia, come sopra esposto, è molto variabile per cui si è effettuato il confronto della curva Vs-profondità con tutte le schede regionali, onde verificarne l'applicabilità.

È da tenere presente che attualmente le schede regionali sono solo 6 e che la metodologia è sperimentale e recente quindi vi è la possibilità che nessuna sia rispondente alle reali caratteristiche del sito.

1- Prova MASW n° 1 (prova effettuata nella Zona industriale di Vezza d'Oglio)



Fig. 1 - Ubicazione prima prova

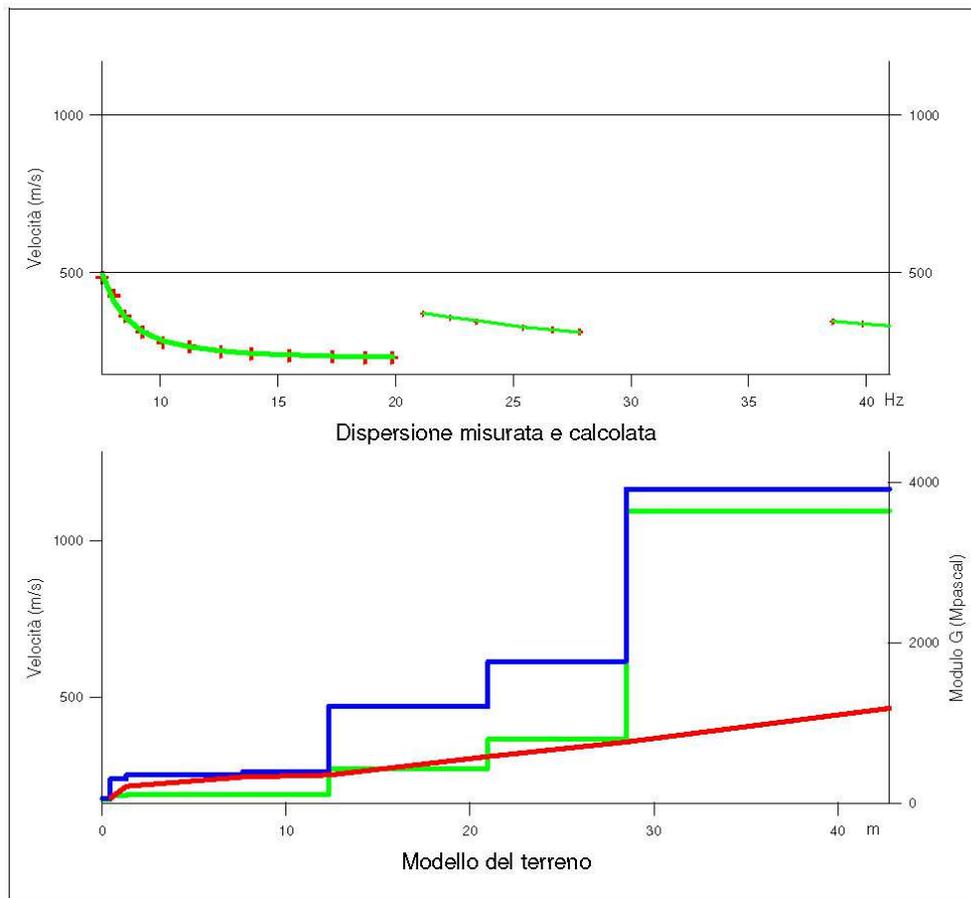


Fig. 2 - Grafico Velocità Vs / Profondità terreno – prova 1

Il valore di Vs 30 calcolato di 369 m/s viene utilizzato per individuare la tipologia di suolo secondo la classificazione introdotta dal D.M. 14/01/2008 (Tab 3.2 II e Tab. 3.2.III)

Tabella 3.2.II – *Categorie di sottosuolo*

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

Tabella 3.2.III – *Categorie aggiuntive di sottosuolo.*

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

In questo caso il valore di velocità V_{s30} porta all'individuazione di un suolo di categoria B.

Dal punto di vista litologico la scheda che maggiormente si avvicina è la limoso – argillosa 2, che, tra tutte le curve disponibili, è quella che più si avvicina al trend del profilo delle V_s con la profondità; l'analisi di seguito riportata fa riferimento a questa scheda:

Spessore strato superficiale: 4 m – V_s media 239,675 m/sec >> curva n° 2

Calcolo periodo proprio del sito: $T = 0,28$

Calcolo F_a (0.1 – 0.5s): $F_a = 2,04 (+ 0.1) = 2,14$

Calcolo F_a (0.5 – 1.5s): $F_a = 1,21 (+ 0.1) = 1,31$

I parametri di riferimento di F_a per Vezza d'Oglio, presi dal database regionale, sono:

PERIODO	SUOLO B	SUOLO C	SUOLO D	SUOLO E
0.1 -0.5	1.4	1.8	2.2	1.9
0.5 – 1.5	1.7	2.4	4.1	3.0

La categoria di suolo di riferimento è la B.

Per il periodo 0.1-0.5s $F_a \text{ calcolato} = 2.14 > F_a \text{ soglia comunale} (1.4)$

Per il periodo 0.5-1.5s $F_a \text{ calcolato} = 1.31 < F_a \text{ soglia comunale} (1.7)$

Il valore soglia Comunale non è in grado di coprire le amplificazioni calcolate per il periodo 0.1-0.5 s mentre è in grado di coprire le amplificazioni calcolate per il periodo compreso tra 0,5 -1,5 s.

Nel MASW 1 il primo strato con V_s di 239,675 m/sec è stato ricavato facendo una media ponderata dei primi 3 strati visti i bassi spessori che li caratterizzano (fino a 7.6 m).

Tra la profondità di 28,5 e 42,8 m la velocità delle V_s 30 indica che è presente il bedrock sismico, che potrebbe coincidere con il bedrock litologico.

2- Prova MASW n° 2 (prova Vezza d'Oglio "est")



Fig. 3 – Ubicazione seconda prova

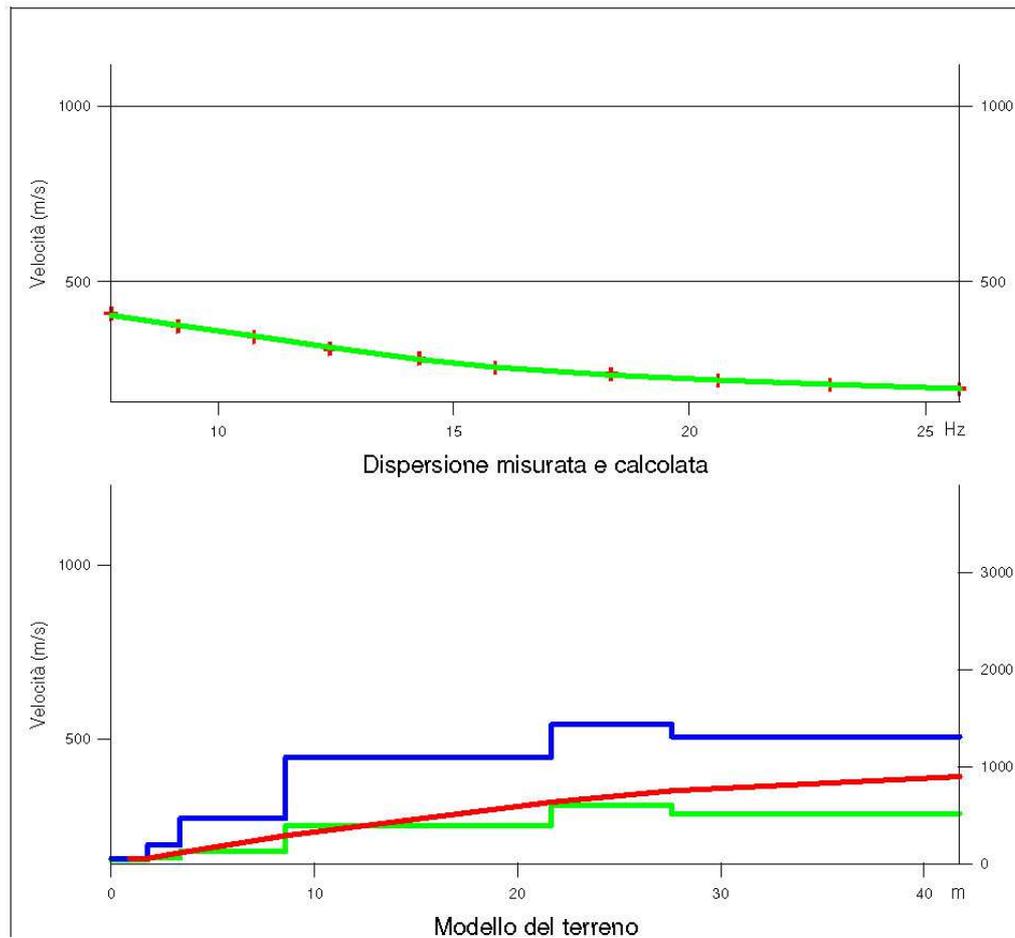


Fig. 4 - Grafico Velocità Vs / Profondità terreno – prova 2

Il valore di $V_s 30$ calcolato di 362 m/s viene utilizzato per individuare la tipologia di suolo secondo la classificazione introdotta dal D.M. 14/01/2008 (Tab 3.2 II e Tab. 3.2 III)

Tabella 3.2.II – *Categorie di sottosuolo*

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

Tabella 3.2.III – *Categorie aggiuntive di sottosuolo.*

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

In questo caso il valore di velocità V_{s30} porta all'individuazione di un suolo di categoria B.

Dal punto di vista litologico la scheda che maggiormente si avvicina è la limoso argillosa 2, che presenta anche buona analogia con il trend delle V_s in profondità.

L'analisi di seguito riportate fanno riferimento a questa scheda:

Spessore strato superficiale: 4 m – V_s 85,87 m/sec >> curva n° 2

Calcolo periodo proprio del sito: $T = 0.15$

Calcolo F_a (0.1 – 0.5s): $F_a = 1,57 (+ 0.1 \text{ arr}) = 1.67$

Calcolo F_a (0.5 – 1.5s): $F_a = 1,05 (+ 0.1 \text{ arr}) = 1.15$

I parametri di riferimento di F_a per Vezza d'Oglio, presi dal database regionale, sono:

PERIODO	SUOLO B	SUOLO C	SUOLO D	SUOLO E
0.1 - 0.5	1.4	1.8	2.2	1.9
0.5 - 1.5	1.7	2.4	4.1	3.0

La categoria di suolo di riferimento è la B.

Per il periodo 0.1-0.5s $F_a \text{ calcolato} = 1.67 > F_a \text{ soglia comunale} (1.4)$

Per il periodo 0.5-1.5s $F_a \text{ calcolato} = 1.15 < F_a \text{ soglia comunale} (1.7)$

Il valore soglia Comunale non è in grado di coprire le amplificazione calcolate per il periodo compreso tra 0,1-0,5s mentre è in grado di coprire l'amplificazione per il periodo 0,5-1,5s.

Nel MASW 2 il primo strato con V_s di 362/sec è stato ricavato facendo una media ponderata dei primi 3 strati visti i bassi spessori che li caratterizzano (fino a 3.4 m).
In questa prova non è stato trovato il bedrock sismico.

3- Prova MASW n° 3 (prova effettuata appena prima dell'abitato di Vezza d'Oglio)



Fig. 5 – Ubicazione terza prova

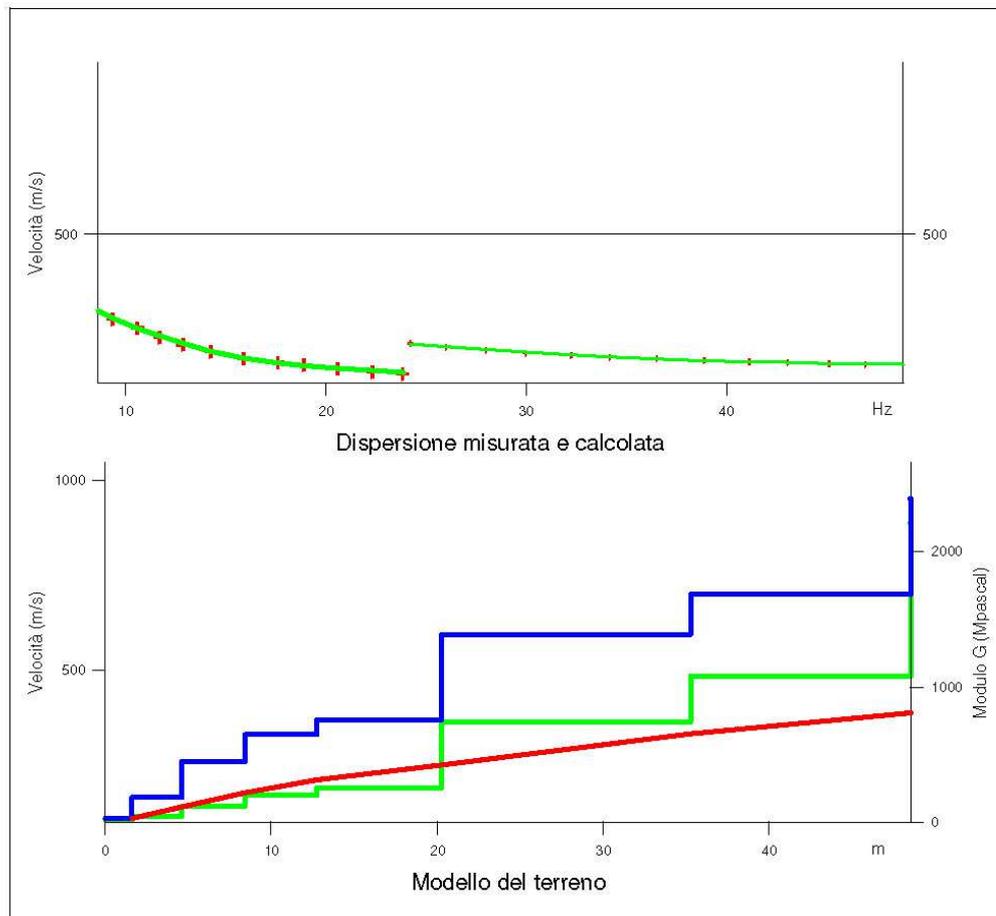


Fig. 6 - Grafico Velocità Vs / Profondità terreno – prova 3

Il valore di Vs 30 calcolato di 309 m/s viene utilizzato per individuare la tipologia di suolo secondo la classificazione introdotta dal D.M. 14/01/2008 (Tab 3.2 II e Tab. 3.2.III)

Tabella 3.2.II – *Categorie di sottosuolo*

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

Tabella 3.2.III – *Categorie aggiuntive di sottosuolo.*

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

In questo caso il valore di velocità V_{s30} porta all'individuazione di un suolo di categoria C.

Dal punto di vista litologico la scheda che maggiormente si avvicina è la limoso argillosa 2, che presenta anche buona analogia con il trend delle V_s in profondità, l'analisi di seguito riportate fanno riferimento e questa scheda:

Spessore strato superficiale: 4 m – V_s 143 m/sec >> curva n° 2

Calcolo periodo proprio del sito: $T = 0.38$

Calcolo F_a (0.1 – 0.5s): $F_a = 2,1 (+ 0.1 \text{ arr}) = 2,2$

Calcolo F_a (0.5 – 1.5s): $F_a = 1,3 (+ 0.1 \text{ arr}) = 1,4$

I parametri di riferimento di F_a per Vezza d'Oglio, presi dal database regionale, sono:

PERIODO	SUOLO B	SUOLO C	SUOLO D	SUOLO E
0.1 -0.5	1.4	1.8	2.2	1.9
0.5 – 1.5	1.7	2.4	4.1	3.0

La categoria di suolo di riferimento è la C.

Per il periodo 0.1-0.5s F_a calcolato = 2,2 > F_a soglia comunale (1.8)

Per il periodo 0.5-1.5s F_a calcolato = 1.4 < F_a soglia comunale (2.4)

Il valore soglia Comunale è minore al valore di amplificazione calcolata per il periodo compreso tra 0,1 e 0,5 s, mentre è in grado di coprire l'amplificazione calcolata per il periodo compreso tra 0,5 ed 1,5 s.

Bisogna in questo caso valutare la possibilità di passare a una categoria di suolo superiore tale per cui il valore soglia comunale sia maggiore del fattore di amplificazione calcolata nel periodo 0.1-0.5s.

Nel MASW 3 il primo strato con V_s di 322.11 m/sec è stato ricavato facendo una media ponderata dei primi 2 strati visti i bassi spessori che li caratterizzano (fino a 4,6 m); successivamente vi è un trend medio di crescita progressiva.

Nell'indagine non è stato trovato il bedrock sismico ($V_s > 800$ m/s).

4- Prova MASW n° 4 (prova effettuata in frazione di Grano)



Fig. 7 – Ubicazione quarta prova

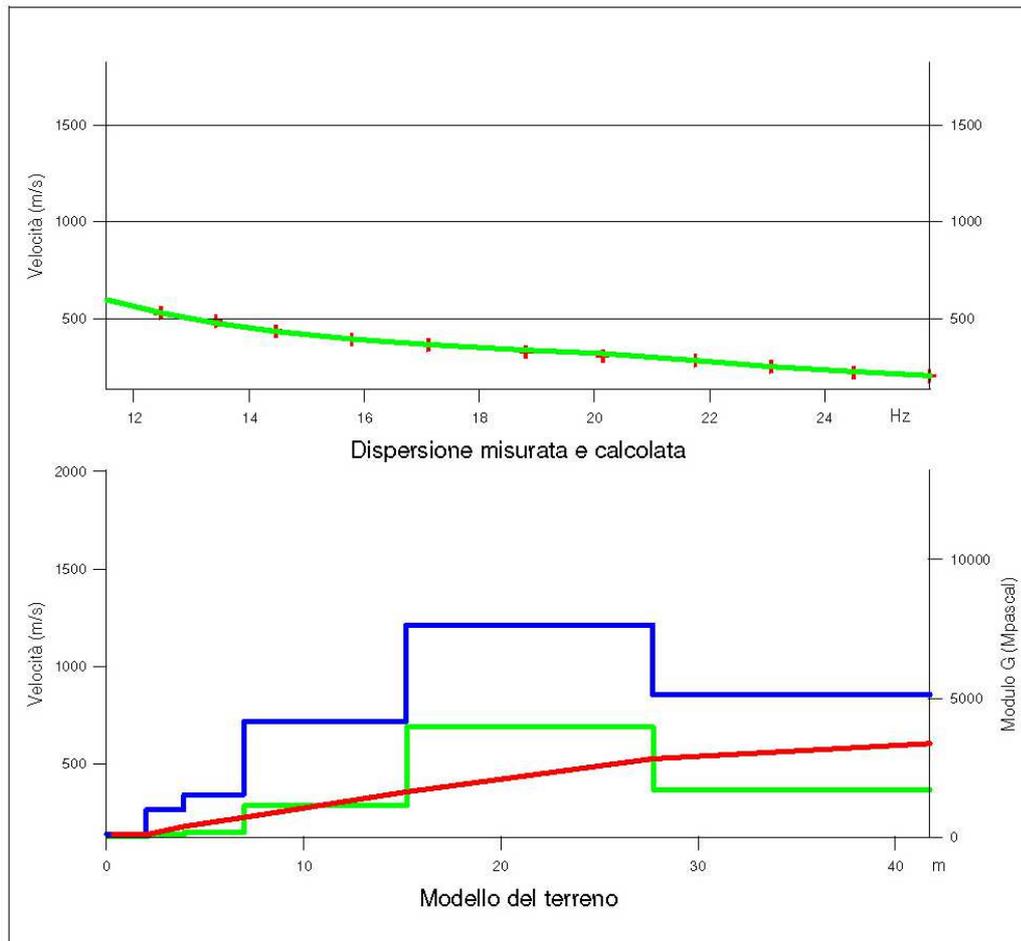


Fig. 8 - Grafico Velocità Vs / Profondità terreno

Il valore di Vs 30 calcolato di 539 m/s viene utilizzato per individuare la tipologia di suolo secondo la classificazione introdotta dal D.M. 14/01/2008 (Tab 3.2 II e Tab. 3.2.III)

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

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

Tabella 3.2.III – *Categorie aggiuntive di sottosuolo.*

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

In questo caso il valore di velocità V_{s30} porta all'individuazione di un suolo di categoria B.

Dal punto di vista litologico la scheda che maggiormente si avvicina è la limoso argillosa 2, che presenta anche buona analogia con il trend delle V_s in profondità, l'analisi di seguito riportate fanno riferimento e questa scheda:

Spessore strato superficiale: 4 m – V_s 200.37/sec >> curva n° 2

Calcolo periodo proprio del sito: $T = 0.12$

Calcolo F_a (0.1 – 0.5s): $F_a = 1,4$ (+ 0.1 arr) = 1,5

Calcolo F_a (0.5 – 1.5s): $F_a = 1,04$ (+ 0.1 arr) = 1.14

I parametri di riferimento di F_a per *VeZZa d'Oglio*, presi dal database regionale, sono:

PERIODO	SUOLO B	SUOLO C	SUOLO D	SUOLO E
0.1 -0.5	1.4	1.8	2.2	1.9
0.5 – 1.5	1.7	2.4	4.1	3.0

La categoria di suolo di riferimento è la B.

Per il periodo 0.1-0.5s F_a calcolato = 1,5 > F_a soglia comunale (1,4)

Per il periodo 0.5-1.5s F_a calcolato = 1,14 < F_a soglia comunale (1,7)

Il valore soglia Comunale non è in grado di coprire l'amplificazione calcolata per il periodo compreso tra 0,1 ed 0,5 s, mentre per il periodo 0.5-1.5s il valore soglia risulta maggiore del fattore di amplificazione calcolato.

Bisogna in questo caso valutare la possibilità di passare a una categoria di suolo superiore tale per cui il valore soglia comunale sia maggiore del fattore di amplificazione calcolata nel periodo 0.1-0.5s.

Nel MASW 4 il primo strato con V_s di 281.72 m/sec è stato ricavato facendo una media ponderata dei primi 3 strati visti i bassi spessori che li caratterizzano (fino a 3,9 m); successivamente vi è un trend medio di crescita progressiva.

Nell'indagine è stato trovato il bedrock sismico ($V_s > 800$ m/s).

5 Considerazioni finali

a) Amplificazione morfologica

Al termine delle analisi sugli effetti morfologici è possibile trarre le seguenti considerazioni: tutte le zone scarpate verificate non rientrano nei criteri di riconoscimento proposti da Regione Lombardia

b) Amplificazione litologica

(Z4a – zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali granulari; Z4b – zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionali; Z4c – zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi)

I valori del F_a calcolati, per il periodo 0.5 -1.5 s (comprende tutte le tipologie di edifici superiore ai 5 piani), sono sempre inferiori ai valori soglia Comunali e quindi non si pongono particolari problemi per questo tipo di edificazione.

Per quanto riguarda il periodo 0.1 – 0.5 s i valori di F_a calcolati per tutte le 4 prove sono maggiori ai valori F_a soglia comunali; questo è dovuto principalmente al fatto che nella maggior parte dei casi la velocità delle onde era tale per cui l'identificazione del tipo di suolo non è stata netta, cioè il valore di V_s era al limite tra suolo B e suolo C.

Tuttavia il valore soglia non è in grado di coprire l'amplificazione calcolata e, in fase di progettazione, deve essere presa in considerazione l'ipotesi di effettuare analisi più dettagliate o passare a un suolo di categoria superiore, in questi due casi da un suolo B a un suolo C.