

BELLI & TOLLARDO

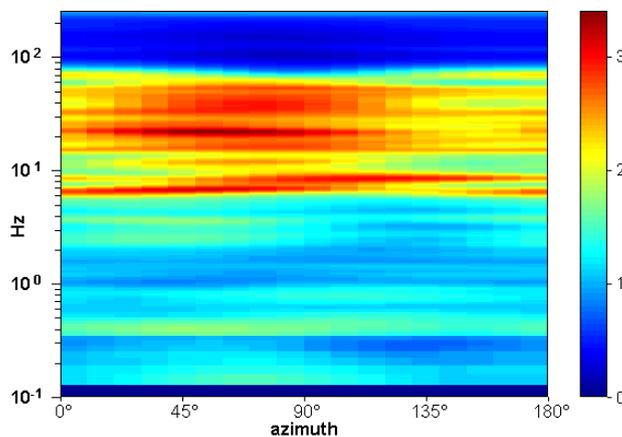
geologi

REGIONE DEL VENETO

COMUNE DI LAMON

RELAZIONE TECNICA
sulla campagna
di indagini geofisiche
a corredo dello studio
di microzonazione sismica
nel Comune di Lamon (BL)

(D.P.C.M. n. 1792/13 O.C.D.P.C. n. 52 del 20/2/13 D.G.R.V. n. 884 del 4/6/13)



Dott. geol. Alfonso Tollardo



Dott. geol. Danilo Belli

il Committente: Comune di Lamon

Relazione n.	1405/621	del	16/05/2014	Richiesta n.	201	del	9/12/2013
--------------	----------	-----	------------	--------------	-----	-----	-----------

REGIONE DEL VENETO

COMUNE DI LAMON

RELAZIONE TECNICA

sulla campagna

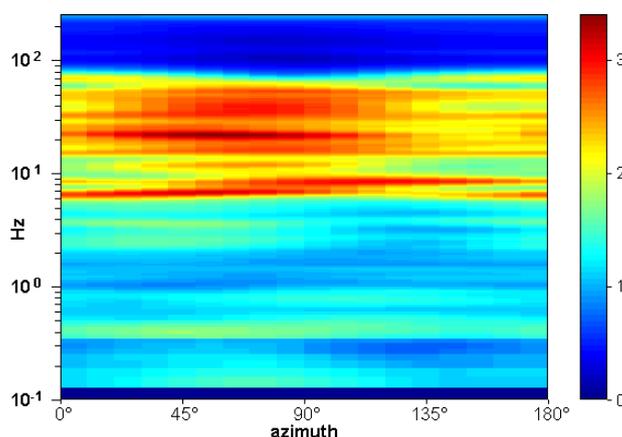
di indagini geofisiche

a corredo dello studio

di microzonazione sismica

nel Comune di Lamon (BL)

(D.P.C.M. n. 1792/13 O.C.D.P.C. n. 52 del 20/2/13 D.G.R.V. n. 884 del 4/6/13)



EQS srl

Dott. Danilo Belli



il Committente: Comune di Lamon

Relazione n.	1405/621	del	16/05/2014	Richiesta n.	201	del	6/12/2013	pag. 1/14
--------------	----------	-----	------------	--------------	-----	-----	-----------	-----------

INDICE

1. PREMESSA	2
2. SCHEDA TECNICA DEL SITO DI ACQUISIZIONE DEL DATO SISMICO	3
3. INDAGINI GEOFISICHE.....	5
4. INDAGINE PUNTUALE CON VELOCIMETRO	8
4.1 Metodologia	8
4.2 Esiti dell'indagine puntuale.....	9
5. INDAGINI LINEARI.....	10
5.1 metodologia	10
5.2 esiti dell'indagine lineare	11
6. MODELLAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO.....	13
7. COMMENTO	14

ALLEGATI

- ✓ SCHEDE TECNICHE DEI PUNTI D'INDAGINE T1-T16

1. PREMESSA

La presente relazione riferisce i risultati di una campagna di indagini sismiche condotta in nome e per conto del comune di Lamon (BL) (determ. 143 UTC del 9/12/2013) finalizzato allo studio di microzonazione sismica del territorio comunale.

La finalità della presente è quella di contribuire a chiarire la risposta sismica locale nell'ambito degli studi di microzonazione sismica di primo livello.

Le indagini sono consistite in n. 15 punti d'indagine verticale a sismica passiva puntuale mediante velocimetro triassiale e n. 1 stendimento lineare.

I punti di indagine sono stati scelti sulla base del PRG del comune di Lamon e sono stati ubicati perimetro urbano comprendente anche la zona di espansione, anche cercando di costruire un reticolo di punti di misura pertinente con il contesto geologico generale del territorio comunale.

Le ubicazioni sono riepilogate nella presente e singolarmente esposte in ciascuna scheda tecniche dedicata a ciascun sito di indagine.

In particolare lo stendimento T16 è stato scelto per poter misurare direttamente la V_s dello strato delle alluvioni terrazzate.

Le schede sono allegate alla presente, mentre nella relazione si riepilogano i dati più salienti derivati dal complesso delle indagini.

2. SCHEDA TECNICA DEL SITO DI ACQUISIZIONE DEL DATO SISMICO

La scheda tecnica riporta i dati fondamentali inerenti il punto di acquisizione del dato sismico come esplicitato in breve di seguito ed evidenziato nella figura sottostante.

L'inquadramento generale del sito (celeste) riporta un'immagine satellitare, uno stralcio della CTR, uno stralcio del PRG e uno stralcio della carta geologica; i dati generali relativi alla misura sismica riportano le coordinate del punto di misura (WGS84, fuso 33 e Gauss-Boaga, fuso ovest), la quota, la data, la tipologia d'indagine e il tecnico rilevatore.

I risultati dell'elaborazione del dato sismico acquisito (rosso) mostrano innanzitutto i grafici fondamentali nel punto di prova: l'andamento delle componenti delle velocità (N/S, E/W, up/down) in funzione della frequenza, il rapporto spettrale HV, l'andamento direzionale del rapporto H/V, lo schema della sequenza sismostratigrafica e il confronto tra andamento teorico e rilevato del rapporto spettrale HV; si riportano quindi i valori della misura sismica e i valori della qualità del dato sismico acquisito (SESAME).

I valori dei dati sismici si sostanziano nella individuazione della frequenza fondamentale e secondaria del sito e nel rispettivo suo valore di amplificazione (il rapporto H/V).

In taluni casi il valore del picco fondamentale del rapporto H/V corrisponde ad un intervallo di frequenza piuttosto che ad un valore ben identificato.

I valori della frequenza secondaria non sono sempre presenti.

Inoltre viene riportato il valore della cosiddetta Vs30, ottenuta dal modello proposto e rappresentato nello schema della sequenza sismostratigrafica.

Si riporta una fotografia del sito di acquisizione del dato sismico (giallo) e le informazioni topografiche, geologiche e geomorfologiche essenziali relative al sito (verde).

Relazione n.	1405/621	del	16/05/2014	Richiesta n.	201	del	6/12/2013	pag. 4/14
--------------	----------	-----	------------	--------------	-----	-----	-----------	-----------

Provincia - Comune - Titolo del lavoro EQS srl Engineering Environment Quality Services Azienda certificata n. IT11/0736 Socio UNI n. 107090		Numero scheda - Denominazione del sito PROVINCIA DI BELLUNO COMUNE DI XXXXX ACQUISIZIONE DATI SISMICI SUL TERRITORIO COMUNALE		SCHEDA N° XX XXXXX	
INQUADRAMENTO GENERALE DEL SITO E DATI GENERALI INERENTI LA MISURA SISMICA	UBICAZIONE SU BING	UBICAZIONE SU CTR N. XXXXX	UBICAZIONE SU P.A.T.	UBICAZIONE SU CARTA GEOLOGICA	COORDINATE PIANE WGS84: N: _____ E: _____ FUSO: _____ COORDINATE GAUSS-BOAGA: N: _____ E: _____ FUSO: _____ QUOTA: _____ DATA MISURA: _____ TIPO INDAGINE: _____ TECNICO RILEVATORE: _____
	RISULTATI DELL'ELABORAZIONE DEL DATO SISMICO ACQUISITO	Andamento delle componenti delle velocità (x,y,z) in funzione della frequenza nel punto di prova	Rapporto spettrale HV registrato nel punto di prova	Andamento direzionale del rapporto HV	FOTOGRAFIA DEL SITO DI ACQUISIZIONE
FOTOGRAFIA DEL SITO DI ACQUISIZIONE DEL DATO SISMICO	Schema della sequenza sismostratigrafica	Confronto tra andamento teorico e rilevato del rapporto spettrale HV	TOPOGRAFICA: DESCRIZIONE SITO: GEOLOGICA: GEOMORFOLOGICA: NOTE: FREQUENZA DI RISONANZA PRIMARIA: SECONDARIA: HV SECONDARIA: QUALITÀ SELAME: V50 (m/s):		
INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO, GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DEL SITO					

Figura 1: esempio scheda tecnica

3. INDAGINI GEOFISICHE

La tecnica d'indagine consiste nella misura mediante velocimetro triassiale per n. 14 siti individuati.

La metodologia puntuale risulta efficace perché consente la stima della Vs30 congiuntamente alla modellazione del sottosuolo, oltre alla definizione della risposta sismica locale attraverso la individuazione della frequenza fondamentale del sito e dell'amplificazione del rapporto spettrale H/V.

Gli esiti delle misure e delle elaborazioni dei dati geofisici acquisiti sono esposti nella presente e consentono di caratterizzare la risposta sismica locale senza addentrarsi nel dettaglio della misura della Vs30 e nella conseguente definizione della categoria del sottosuolo in prospettiva sismica (sensi del DM 14.1.2008), che deve essere demandato a più specifiche valutazioni anche in relazione alla tipologia dell'intervento progettuale.

La valutazione della Vs30 è affetta dalla precisione del $\pm 20\%$.

I dati geofisici significativi per l'oggetto del presente lavoro sono quelli appartenenti all'intervallo di frequenza 0,1-32 Hz.

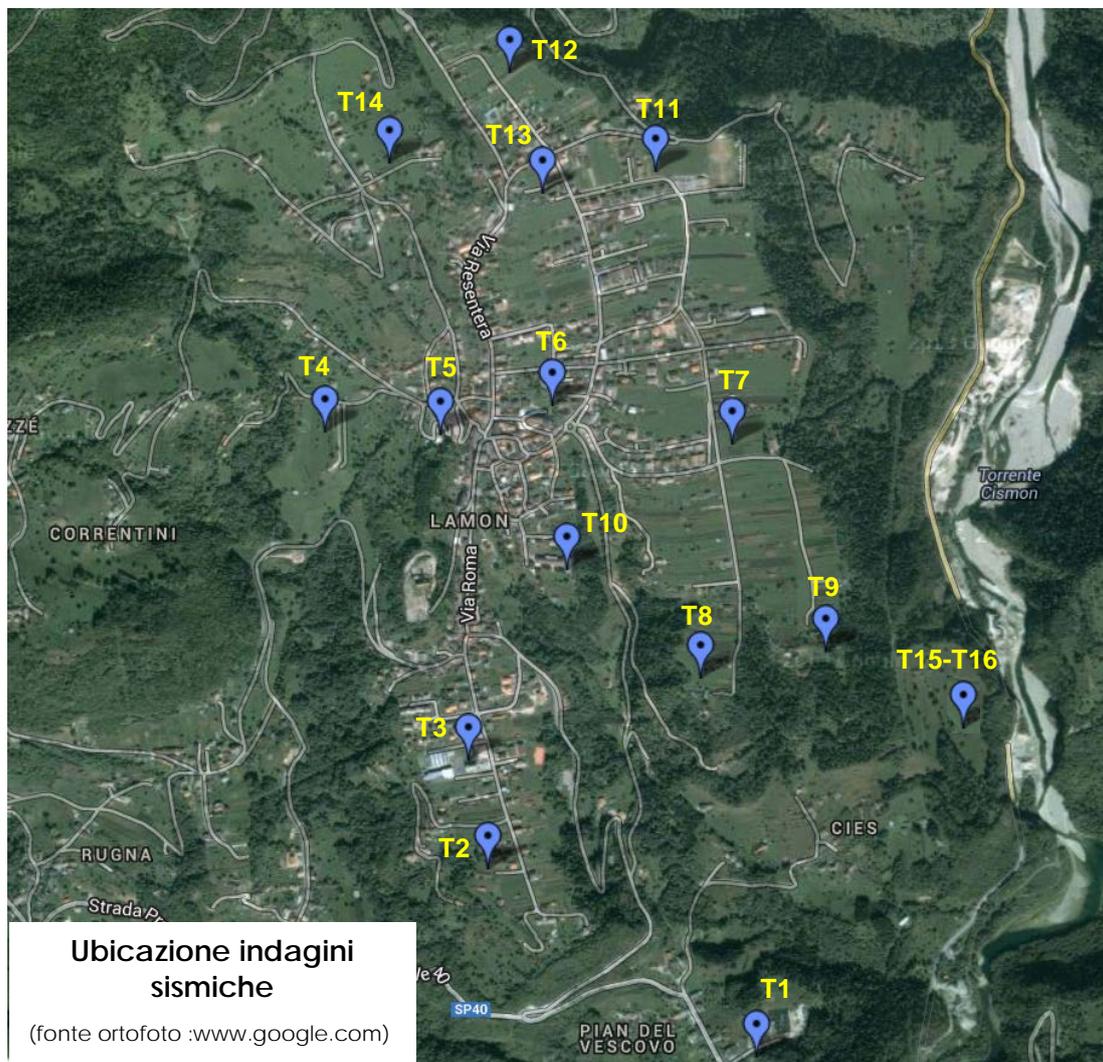
Nelle ortofoto a seguire sono riportate le ubicazioni delle stazioni d'indagine (T1-T15).

Si segnala che la distribuzione delle indagini in pianta ha cercato di rispettare il criterio della distribuzione a griglia e della rappresentatività geomorfologica.

Infatti si è cercato di introdurre degli spunti di indagine per il II° e III° livello delle microzonazione, introducendo degli elementi preliminari di indagine sulla risposta sismica ai margini del terrazzo (elemento morfologico), in centro alla piana (effetto catino) e sui contatti laterali con il substrato roccioso (cedimenti differenziali).

Non è stato possibile effettuare una trattazione sito-specifica in termini di risposta locale, ma si segnala che i dati raccolti e presentati sembrano suggerire interessanti elementi di riflessione tecnico scientifica.

Relazione n.	1405/621	del	16/05/2014	Richiesta n.	201	del	6/12/2013	pag. 6/14
--------------	----------	-----	------------	--------------	-----	-----	-----------	-----------



Nella tabella riassuntiva seguente il riepilogo dei dati relativi a ciascun punto di misura (ubicazione, quota, data rilievo, ecc.).

Relazione n.	1405/621	del	16/05/2014	Richiesta n.	201	del	6/12/2013	pag.	7/14
--------------	----------	-----	------------	--------------	-----	-----	-----------	------	------

Tabella 1: riepilogo dati geografici delle stazioni di misura

SIGLA	NOME	DATA MISURA	TIPO MISURA	CTR. N°	COORDINATE CTR (Gauss - Boaga)		COORDINATE WGS84 UTM 33N		QUOTA
					N	E	Lat. (N)	Long. (E)	
		gg/mm/aaaa							
T1	Pian del Vescovo	29/03/2014	P	062144 - Lamon	5101607,25	1713324,93	5103006,50	248998,14	482,1
T2	Ferd S	29/03/2014	P	062131 - Arina	5102001,26	1712720,96	5103444,98	248425,46	583,5
T3	Ferd C	29/03/2014	P	062131 - Arina	5102238,6	1712668,48	5103610,79	248405,47	582,2
T4	Ren di Qua	31/03/2014	P	062131 - Arina	5102943,38	1712332,88	5104339,00	248123,88	607,8
T5	Ospedale	31/03/2014	P	062131 - Arina	5102950,13	1712587,47	5104326,54	248378,30	637,2
T6	Duomo	31/03/2014	P	062144 - Lamon	5103015,84	1712825,71	5104374,12	248620,86	606,6
T7	Lamon Est	01/04/2014	P	062144 - Lamon	5102947,72	1713225,03	5104276,09	249013,98	605,8
T8	La Campagna W	01/04/2014	P	062144 - Lamon	5102430,64	1713171,16	5103764,44	248921,28	583,6
T9	La Campagna E	01/04/2014	P	062144 - Lamon	5102498,75	1713440,7	5103812,06	249195,23	595,3
T10	Scuole Elementari	18/04/2014	P	062144 - Lamon	5102659,9	1712869,13	5104015,89	248637,34	607,2
T11	Campo Sportivo	18/04/2014	P	062103 - Zorzoi	5103533,21	1713037,96	5104874,12	248871,53	599,2
T12	Conte N	26/04/2014	P	062103 - Zorzoi	5103748,09	1712706,15	5105113,44	248556,80	629,8
T13	Resenterra	26/04/2014	P	062103 - Zorzoi	5103487,31	1712788,62	5104847,13	248619,40	610,2
T14	Sala	26/04/2014	P	062092 - Gial	5103543,39	1712453,26	5104928,34	248289,16	669,7
T15	Sirao	06/05/2014	P	062144 - Lamon	5102298,98	1713795,84	5103586,06	249534,37	454,8
T16	Sirao S.TO	06/05/2014	L	062144 - Lamon	5102349,36	1713790,12	5103711,24	249518,42	454,8

(*) le coordinate del secondo punto dello stendimento corrispondono alle coordinate del punto di indagine T15

4. INDAGINE PUNTUALE CON VELOCIMETRO

4.1 Metodologia

L'indagine sismica è stata eseguita nei mesi di marzo e aprile 2014 utilizzando un tromometro digitale composto da tre velocimetri elettrodinamici ad alta definizione con intervallo di frequenza compreso tra 0,1 e 256 Hz disposti ortogonalmente tra loro.

L'indagine geofisica è basata sulla tecnica di Nakamura e sul rapporto spettrale H/V che consente di evidenziare le caratteristiche sismostratigrafiche.

La risposta sismica locale è data dall'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che il moto sismico subisce in relazione alla formazione rocciosa di base (R) e in relazione agli strati di terreno sovrastanti fino alla superficie topografica (S).

La teoria di Nakamura relaziona lo spettro di risposta del substrato roccioso (rapporto spettrale $H / V = 1$) con quello effettivamente misurato in superficie espressa sia nel campo del tempo che delle frequenze.

Il moto sismico è amplificato in corrispondenza delle frequenze naturali f_n di vibrazione del deposito:

$$f_n = 1 / T_n = (V_s * (2n - 1)) / (4 * H) \quad \text{con } n = 1, 2, \quad [1]$$

mentre risulta ridotto di amplificazione alle frequenze elevate a causa dello smorzamento del terreno. Di particolare importanza è la prima frequenza naturale di vibrazione del deposito f_1 , denominata frequenza fondamentale di risonanza:

$$f_1 = 1 / T_1 = V_s / 4H \quad [2]$$

Pertanto interpretando il minimo della componente verticale come risonanza del modo fondamentale dell'onda di Rayleigh e i picchi delle componenti orizzontali come contributo delle onde SH, si individuano le discontinuità sismo stratigrafiche significative.

Dall'analisi nel campo delle frequenze vengono quindi individuati i sismostrati più significativi su cui si basano una serie di simulazioni che consentono di pervenire al modello sismo stratigrafico del sito (linea blu) con la definizione anche della V_{s30} .

Il tromometro è stato applicato al terreno previa regolarizzazione e idoneo accoppiamento.

Relazione n. 1405/621 del 16/05/2014 Richiesta n. 201 del 6/12/2013 pag. 9/14

4.2 Esiti dell'indagine puntuale

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa dei dati sismici rilevati nei vari punti di misura.

Tabella 2: riepilogo dei dati sismici

SIGLA	NOME	PROF. TOP	PROF. BOTTOM	QUOTA BOTTOM	FREQ. DI RISONANZA FONDAMENTALE	H/V FONDAMENTALE	FREQUENZA DI RISONANZA SECONDARIA	H/V SECONDARIO	Vs 30
		m	m	m	Hz		Hz		m/s
T1	Pian del Vescovo	0	21,0	461,1	4,6	7,5	a	a	386
T2	Ferd S	0	28,0	555,5	4	4	a	a	375
T3	Ferd C	0	26,0	556,2	3-4	5,5	a	a	355
T4	Ren di Qua	0	23,75	584,05	3,5-6	3	17,5	a	413
T5	Ospedale	0	21,8	615,4	5,25	3	17	4	442
T6	Duomo	0	78,0	528,6	1,5	2,5	8,25	2,5	358
T7	Lamon Est	0	78,0	527,8	1,4	3	5-8	2,5	318
T8	La Campagna W	0	66,0	517,6	1,3	4,5	a	a	345
T9	La Campagna E	0	52,0	543,3	2,1	4	5-8	2	318
T10	Scuole Elementari	0	55,0	552,2	1,7	3	a	a	380
T11	Campo Sportivo	0	72,0	527,2	1,5	3,25	8	2	333
T12	Conte N	0	40,0	589,8	2,2	2,8	a	a	390
T13	Resenterra	0	24,0	586,2	4	3,7	a	a	409
T14	Sala	0	24,0	645,7	4	3,5	a	a	409
T15	Sirao	0	14,0	454,8	6-5-8,5	2,8	a	a	587
T16	Sirao S.TO	0	14,0	454,8	vedi scheda T16				532

Per la lettura dei dati e l'interpretazione degli stessi si rinvia alle apposite schede.

Relazione n.	1405/621	del	16/05/2014	Richiesta n.	201	del	6/12/2013	pag.	10/14
--------------	----------	-----	------------	--------------	-----	-----	-----------	------	-------

5. INDAGINI LINEARI

Al fine di verificare le assunzioni formulate nelle valutazioni delle indagini puntuali, è stata prevista una indagine lineare per la determinazione della V_s dello strato caratteristico delle alluvioni terrazzate.

A tal proposito è stata individuata l'area di Sirao, per la prossimità e relativa superficialità del substrato roccioso e per la disponibilità di una superficie pianeggiante adeguatamente estesa per la realizzazione di uno stendimento sismico

Infatti il metodo dello stendimento sismico permette di individuare il profilo delle onde di taglio V_s , sulla base della prima misura delle onde superficiali eseguita in corrispondenza di un sistema di acquisizione multicanale disposti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano ad una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde.

5.1 metodologia

In un mezzo stratificato, le onde di Rayleigh sono dispersive (fenomeno della dispersione geometrica), cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazione sulla parte più superficiale del suolo. Il metodo di indagine rileva l'andamento delle onde superficiali misurate da uno stendimento lineare di sensori.

Il metodo consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente con un range di frequenze comprese tra 1 e 50 Hz fornendo informazioni parte del sottosuolo compresa nei primi 10-30 m, in funzione della rigidità del suolo e delle caratteristiche della sorgente.

La distribuzione delle distanze di acquisizione (distanza intergeofonica) è stata opportunamente scelta in relazione alla geometria del sito e alla stratigrafia accertata sulla base delle evidenze dei sondaggi geognostici.

Relazione n.	1405/621	del	16/05/2014	Richiesta n.	201	del	6/12/2013	pag.	11/14
--------------	----------	-----	------------	--------------	-----	-----	-----------	------	-------

Le serie temporali multicanale sono elaborate nel dominio frequenza-velocità di fase al fine di discriminare l'energia associata alle onde di Rayleigh.

5.2 esiti dell'indagine lineare

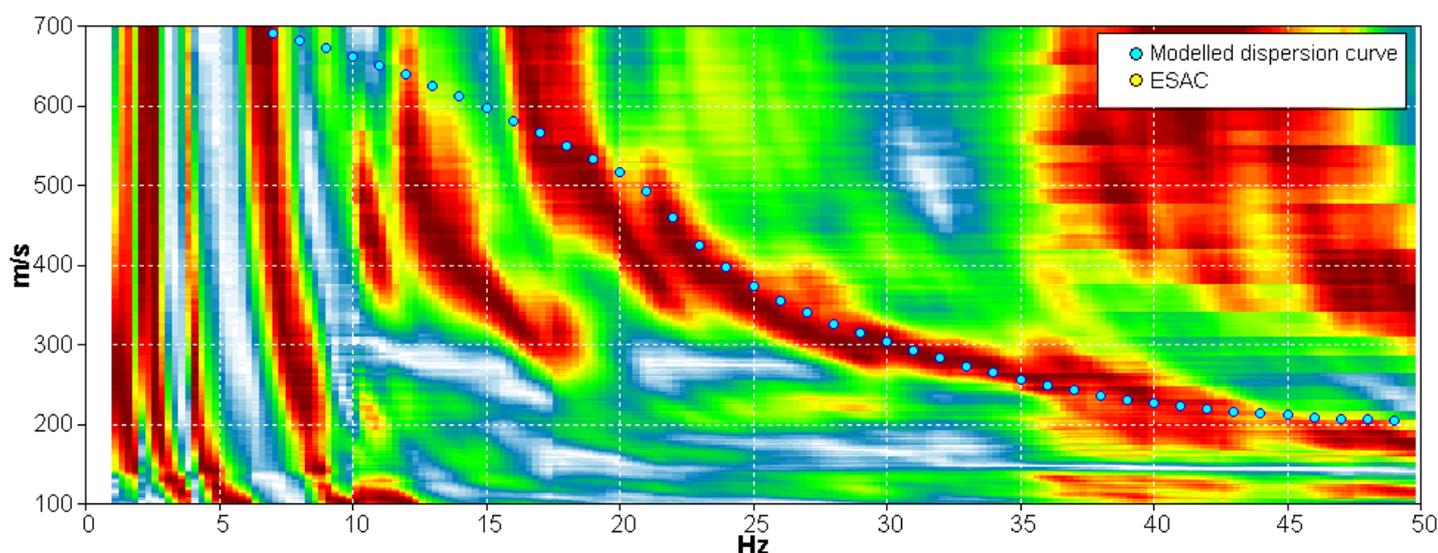


Figura n°: 2 grafico di fase acquisizione da stendimento

Il grafico evidenzia la velocità del ismostrato delle ghiaie intorno a 400 m/s.

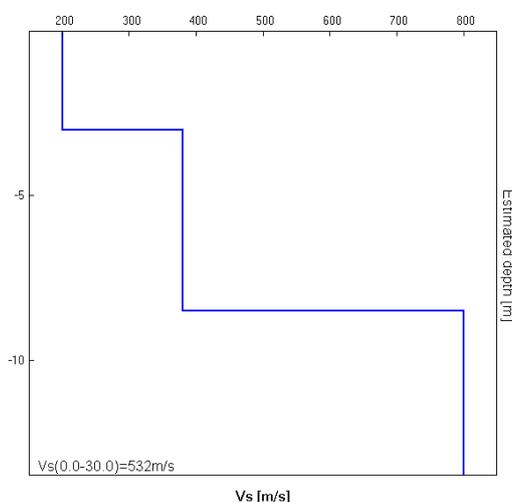


Figura n°: 3 modello in T16

Relazione n.	1405/621	del	16/05/2014	Richiesta n.	201	del	6/12/2013	pag.	12/14
--------------	----------	-----	------------	--------------	-----	-----	-----------	------	-------

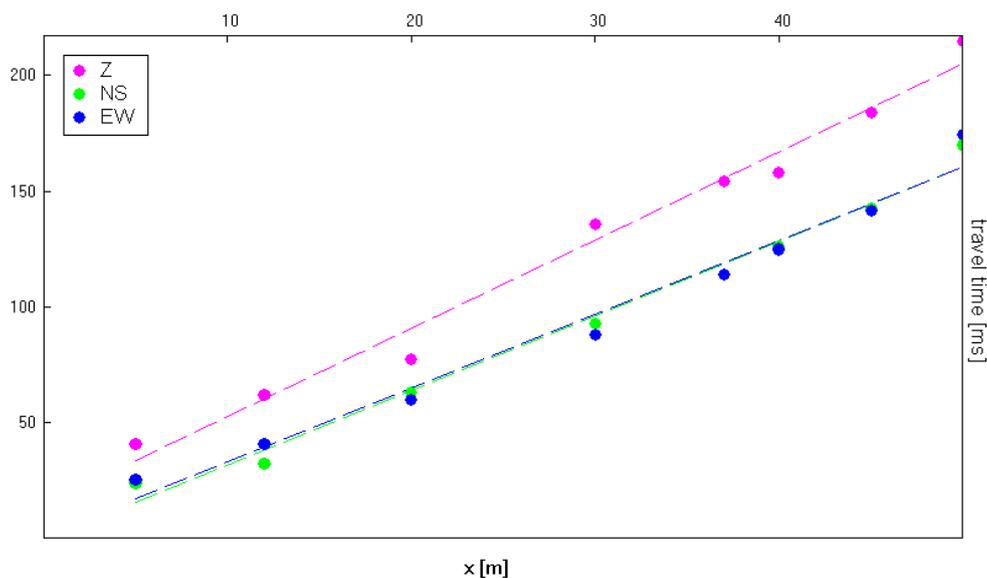


Figura n°: 4 grafico delle dromocrone

L'andamento delle dromocrone suggerisce una estesa continuità dello strato delle ghiaie, oltre il limite delle profondità investigabili con il metodo, consentendo di confermare che la velocità attribuibile a questa tipologia di terreni (alluvioni terrazzate) è intorno a 400 m/s.

Relazione n.	1405/621	del	16/05/2014	Richiesta n.	201	del	6/12/2013	pag.	13/14
--------------	----------	-----	------------	--------------	-----	-----	-----------	------	-------

6. MODELLAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO

Per il modello del sottosuolo si è tenuto conto del contesto geologico riconoscibile dalla documentazione ufficiale (Foglio geologico Feltre allegati nella scheda tecnica per estratto).

Dall'analisi dell'andamento delle componenti (E-W e N-S, in rapporto all'andamento Up-Down) viene dapprima riconosciuto il *bed rock sismico* e successivamente (per frequenze maggiori/ profondità minori) gli altri eventuali orizzonti sismici significativi.

Quindi si procede all'analisi dell'andamento del rapporto spettrale H/V individuando la frequenza fondamentale del sito, tralasciando picchi per frequenze superiori a 30 Hz.

Il comportamento direzionale del rapporto H/V consente di evidenziare la continuità degli orizzonti sismostratigrafici.

Viene quindi formulato un modello sismo stratigrafico (in genere a 2 o 3 strati) e rappresentato, sovrapponendo la modellazione al rapporto spettrale H/V rilevato per il sito, da cui si evidenzia l'attendibilità della modellazione.

Nella formulazione del modello si tiene conto, come dato preliminare, delle valutazioni ricavate dalle indagini lineari (vedi scheda Sirao) e delle conoscenze dei terreni già acquisite in occasioni altre indagini effettuate su questi terreni.

Il modello converge verso le soluzioni proposte a seguito di successive iterazioni.

Viene fornita anche il valore della Vs30 (con un'incertezza del metodo valutata nel 20 %), che tuttavia non può essere direttamente utilizzata per la classificazione del sottosuolo (ai sensi della NTC 08) disgiuntamente da una conoscenza stratigrafica dell'area, anche in relazione alla tipologia di intervento previsto (ad esempio la profondità del piano di posa delle fondazioni).

Relazione n.	1405/621	del	16/05/2014	Richiesta n.	201	del	6/12/2013	pag.	14/14
--------------	----------	-----	------------	--------------	-----	-----	-----------	------	-------

7. COMMENTO

Dalle indagini effettuate emerge una concentrazione dei rapporti spettrali caratterizzati da frequenze fondamentali comprese tra 1,5 e 4,5 Hz, con un amplificazione sismica (rapporto HV) compresa tra 3 e 7,5.

Le frequenze secondarie risultano sostanzialmente assenti o con contenuti di frequenza rilevanti (6,5-8,25 Hz) pur con rapporti HV inferiori a 3.

L'indagine lineare (Sirao) ha fornito una valutazione della V_s dello strato di ghiaie coerente con il quadro delle assunzioni e delle conclusioni.