

COMUNE DI FELTRE
Provincia di Belluno

P.I.
2009-H

elaborato

VCS

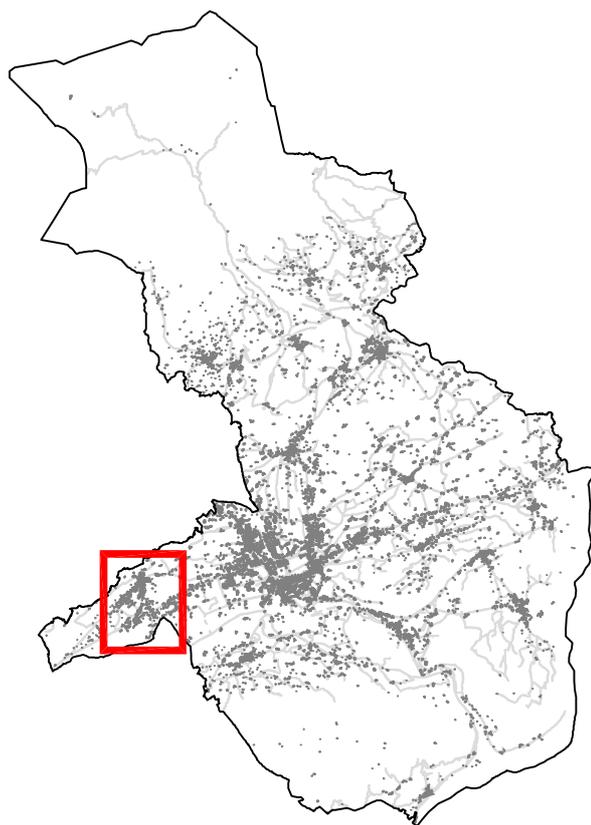
A.T.O.
08

ambiti
APP|11

scala

Studio di Compatibilità Sismica

APP|11 : Mugnai



UNITA' DI PROGETTO
PIANIFICAZIONE DEL TERRITORIO
arch. Oliviero Dall'Asen

UFFICIO DI PIANO
arch. Michela Rossato
geom. Gianluca Da Rin De Monego

IL GEOLOGO
Livio dott. Sartor



CITTA' DI FELTRE
IL SINDACO
Gianvittore Vaccari

L'ASSESSORE ALL'URBANISTICA
Gianvittore Vaccari

IL SEGRETARIO
Daniela De Carli

ADOTTATO

con deliberazione di n° del

Il Presidente

Il Segretario

APPROVATO

con deliberazione di n° del

Il Presidente

Il Segretario

Feltre, li

1. PREMESSA

Il PAT di Feltre è stato approvato prima dell'allegato "A" della DGRV 3308/2008, per cui non è stata eseguita la compatibilità sismica dell'intero territorio comunale: i "PI" devono però adeguarsi alla normativa Regionale.

Con delibera della Giunta **n. 3308 del 04.11.2008** "*Applicazioni delle nuove norme tecniche sulle costruzioni in zona sismica. Indicazioni per la redazione e verifica della pianificazione urbanistica*", la Regione Veneto ha ritenuto di integrare la documentazione da allegare ai PAT e ai PI, con lo studio di "*compatibilità sismica*", da effettuare nelle zone sismiche 1 e 2, il quale dovrà fornire un supporto sulle modalità costruttive degli interventi, in modo da garantire un'adeguata sicurezza degli insediamenti e delle infrastrutture. Lo studio deve migliorare la conoscenza delle componenti che determinano la pericolosità sismica locale, e fornire i criteri di scelta finalizzati alla prevenzione dell'eventuale rischio, alla luce di quanto previsto anche dall'Eurocodice 8 e del DM 14.01.2008; in particolare si richiede che per la valutazione sismica siano adeguatamente considerate le condizioni geologiche e morfologiche attraverso dettagliati studi di microzonazione sismica locale, tenendo conto, sia della sismicità di base (distanza dalle sorgenti sismogenetiche, energia, frequenza e tipo di terremoti attesi), sia delle caratteristiche geologiche locali. La microzonazione sismica, con l'individuazione delle aree a diversa pericolosità sismica, consente, in particolare, di indirizzare le scelte di pianificazione verso gli ambiti a minore rischio.

L'allegato "A" della DGRV 3308/2008 prevede quanto segue:

- per i PAT "*lo studio di compatibilità sismica sarà costituito dalla verifica della conciliabilità della trasformazione urbanistica con le indicazioni derivanti dalla caratterizzazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica del territorio in esame, avendo preso in considerazione la zona sismica interessata dall'ambito comunale secondo le disposizioni regionali in vigore*";
- per i PI, "*che localizzano puntualmente le trasformazioni urbanistiche, lo studio di compatibilità sismica avrà lo sviluppo necessario a definire gli interventi ammissibili e le modalità esecutive nelle aree urbanizzate ed urbanizzabili*".

L'elaborato finale cartografico sintetico della compatibilità sismica per i PAT prevede la mappatura dell'intero territorio comunale in:

- a) aree "stabili" nelle quali non si ipotizzano effetti locali di rilievo di alcuna natura;

b) aree “stabili suscettibili di amplificazioni sismiche”, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto dell’assetto litostratigrafico e morfologico locale;

c) aree “suscettibili di instabilità”; le principali cause sono: instabilità dei versanti, liquefazione e cedimenti differenziali dei terreni, faglie attive.

L’allegato “A” della DGRV 3308/2008 prevede che *“all’interno del PI, per il territorio urbanizzato, urbanizzabile (suscettibile di trasformazioni per l’espansione degli abitati) e relativo ad ambiti riguardanti i sistemi, le reti infrastrutturali e i corridoi per il trasporto energetico di rilevanza strategica a livello statale o provinciale, va effettuata:*

- *con riferimento alle “aree stabili” (v. lettera “a” punto “3” dell’allegato A) la caratterizzazione del terreno tramite la misura delle V_{s30} (velocità di propagazione delle onde di taglio entro i 30 metri di profondità come definita dalle vigenti norme tecniche sulle costruzioni);*
- *con riferimento alle “aree suscettibili di amplificazioni sismiche” (v. lettera “b” punto “3” dell’allegato A) uno studio finalizzato alla determinazione della profondità del bedrock sismico in funzione della definizione del periodo proprio della vibrazione del sottosuolo e alla definizione dei profili di V_{s30} , unitamente alla valutazione degli effetti morfologici;*
- *con riferimento alle “aree suscettibili di instabilità” (v. lettera “c” punto “3” dell’allegato A), uno studio degli eventuali effetti di cui all’alinea precedente e uno studio specifico finalizzato all’individuazione degli ambiti potenzialmente soggetti a instabilità, utilizzando come parametri di riferimento quelli stabiliti dalla vigente normativa tecnica sulle costruzioni.”*

Inoltre sempre nell’allegato “A” si afferma che per le *“varianti agli strumenti urbanistici che non comportino una trasformazione territoriale di urbanizzazione o, che comunque non alterino la protezione sismica prevista, il tecnico progettista è tenuto a sottoscrivere una asseverazione inerente la mancata necessità della valutazione sismica.”*

Con decreto n.69 del 27.05.2010 “Linee guida per la realizzazione dello Studio di Compatibilità Sismica per i PAT e PATI – DGR n.3308/2008 e L.R. n.11/2004”, la direzione geologia ed attività estrattive della Regione del Veneto stabilisce i contenuti dello studio e in particolare della relazione illustrativa, della Carta degli elementi geologici e delle zone omogenee in prospettiva sismica.

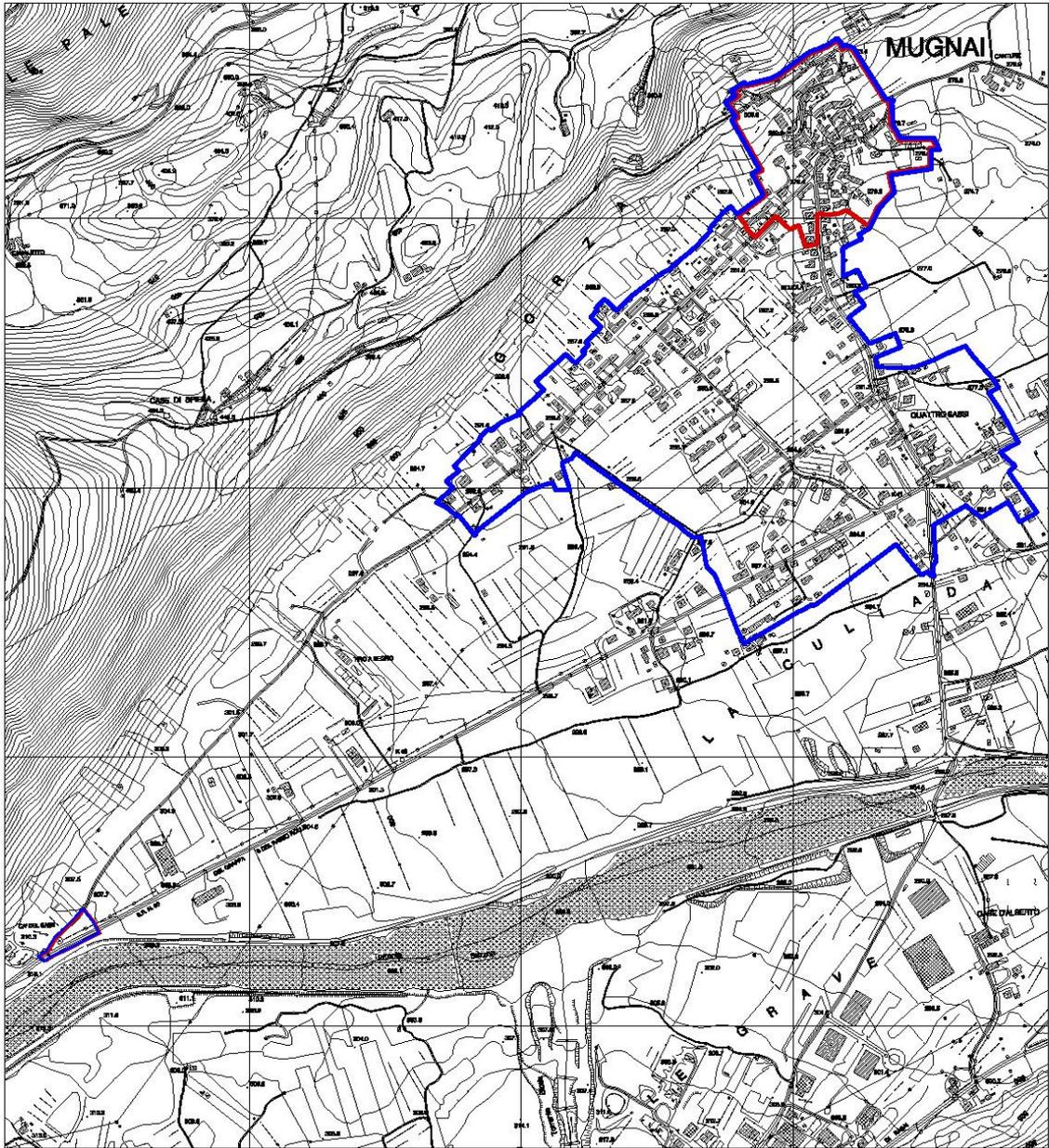


Tavola n.1: PI Mugnai scala 1:10.000

-  - Ambito di centro abitato
-  - Ambito degli interventi a progettazione puntuale

2. GEOLOGIA STRUTTURALE DEL FELTRINO

Le Vette Feltrine sono una parte delle Alpi Meridionali, la retrocatena dell'orogene alpino generatosi con la subduzione della placca Europea al di sotto di quella Adriatica. Le Alpi Meridionali hanno una caratteristica struttura di sovrascorrimenti, in una geometria a ventaglio embricato che indica una propagazione temporale dal più interno al più esterno. Da Nord a Sud, la struttura delle Vette Feltrine è compresa tra i sovrascorrimenti della Valsugana, di Belluno e di Tezze. Due grandi strutture, l'anticlinale delle Vette Feltrine e la sinclinale di Belluno, accompagnano i sovrascorrimenti principali.

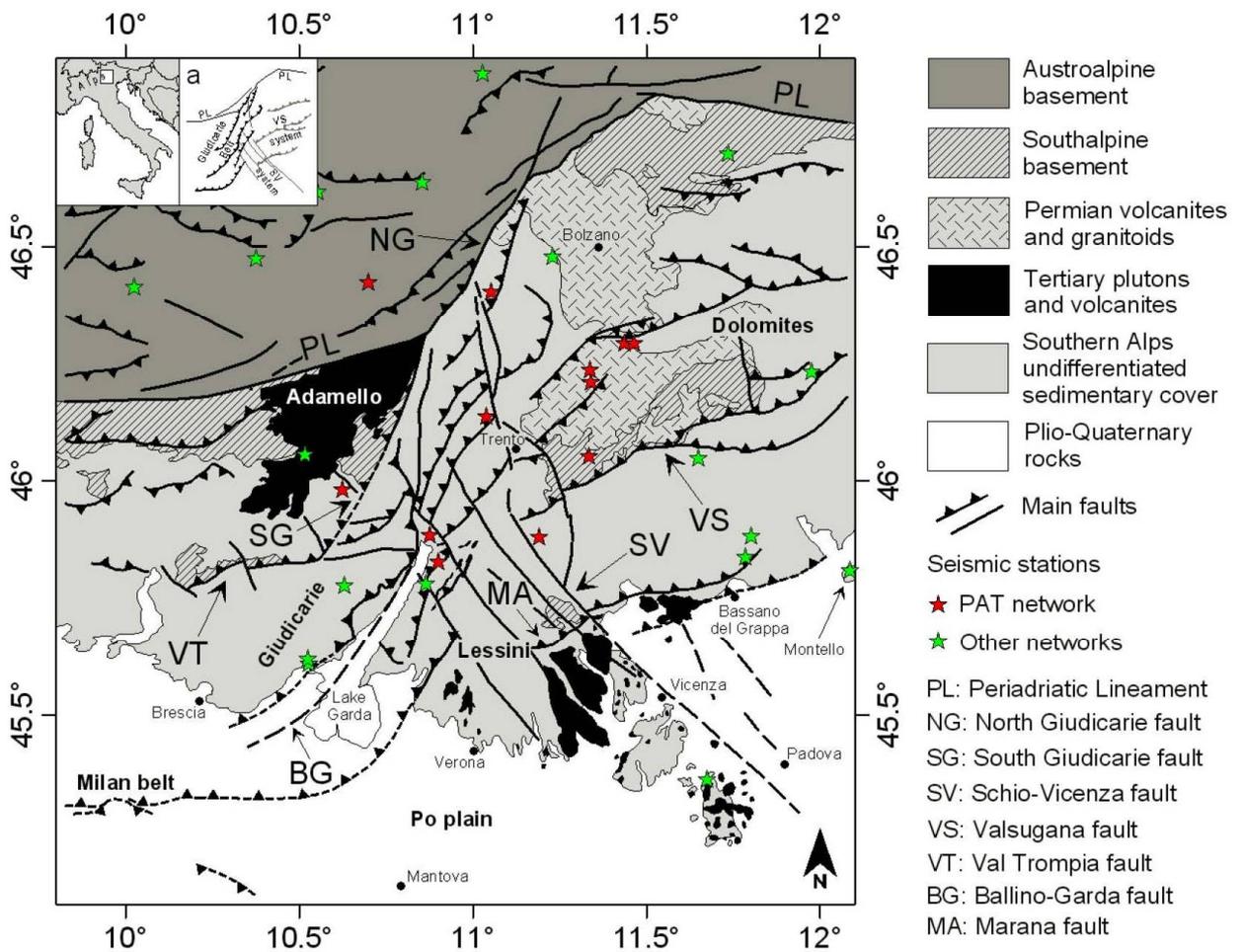


Fig. 1 - Schema strutturale semplificato del Sudalpino centro-orientale (da A. Viganò e altri - 2008)

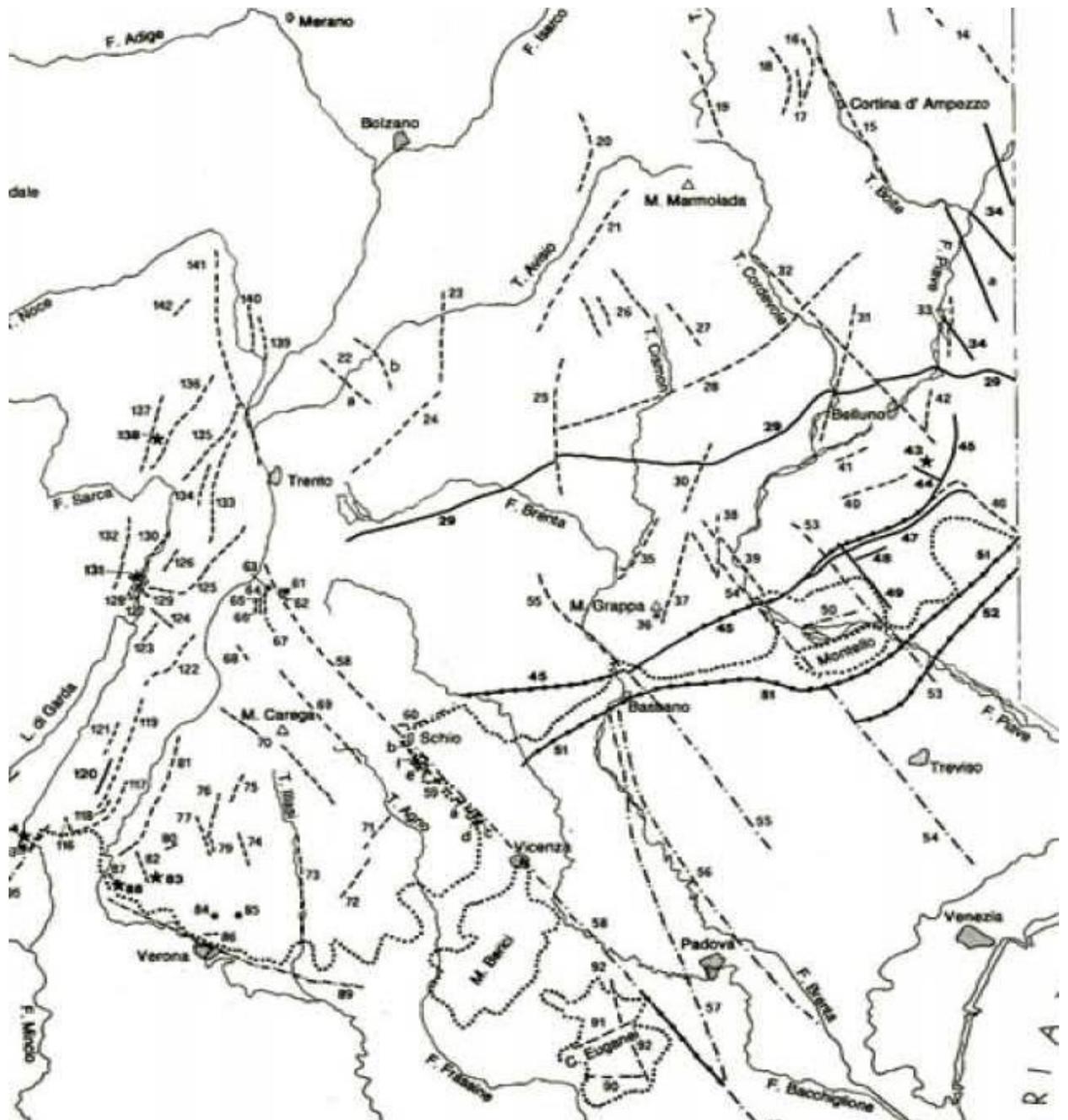


Fig. 2 - Carta generale delle faglie attive del Sudalpino centro-orientale
 (da Castaldini-Panizza - 1991)

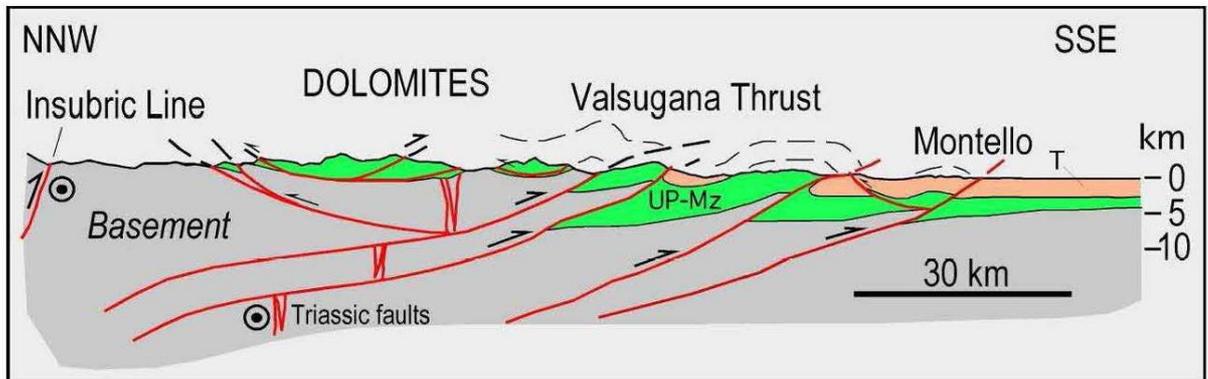


Fig. 18 - Sezione del ventaglio embriciato delle Alpi Meridionali, dalla Val Pusteria alla pianura veneta. Le Vette Feltrine, immediatamente a sud del *pop-up* delle Dolomiti, sono a letto del sovrascorrimento della Valsugana. UP-Mz, Permiano superiore-Mesozoico; T, Cenozoico (da DOGLIONI & CARMINATI, 2008).

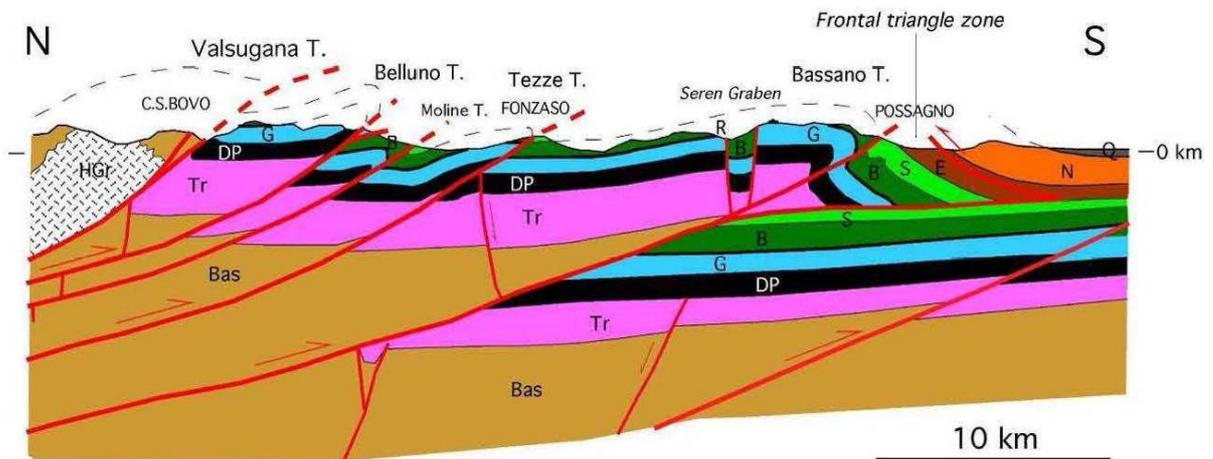


Fig. 19 - Sezione bilanciata da Canal San Bovo alla pianura veneta nei pressi di Asolo, localizzata immediatamente ad ovest delle Vette Feltrine. Bas, Basamento cristallino; HGr, Granito tardo ercinico; Tr, formazioni del Permiano superiore-Triassico inferiore e medio; DP, Dolomia Principale (Norico); G, Calcari Grigi [(Lias, facies di piattaforma passanti gradualmente verso sud a facies bacinali del Lias-Dogger (Fm di Soverzene, Fm di Igne, Calcare del Vajont)]; R, Ammonitico Rosso (sottile livello nero); B, Biancone, Cretaceo inferiore; S, Scaglia Rossa, Cretaceo superiore; E, Paleogene (Marna di Possagno, ecc.); N, Oligocene sup.-Neogene (Molassa); Q, Quaternario (tratto da DOGLIONI, 1992).

Fig. 3 - Sezioni rappresentative geologico strutturali

In base alla geometria a ventaglio embricato, è ipotizzabile un'età più antica per la Linea della Valsugana, a nord rispetto alle strutture più a sud. Attualmente il raccorciamento misurabile tramite GPS è dell'ordine di circa 2mm/anno, con una velocità di circa 2 km ogni milione di anni, compatibile con un raccorciamento di circa 20 km per gli ultimi 10 milioni di anni.

Cinematica della Micro-Placca Adriatica

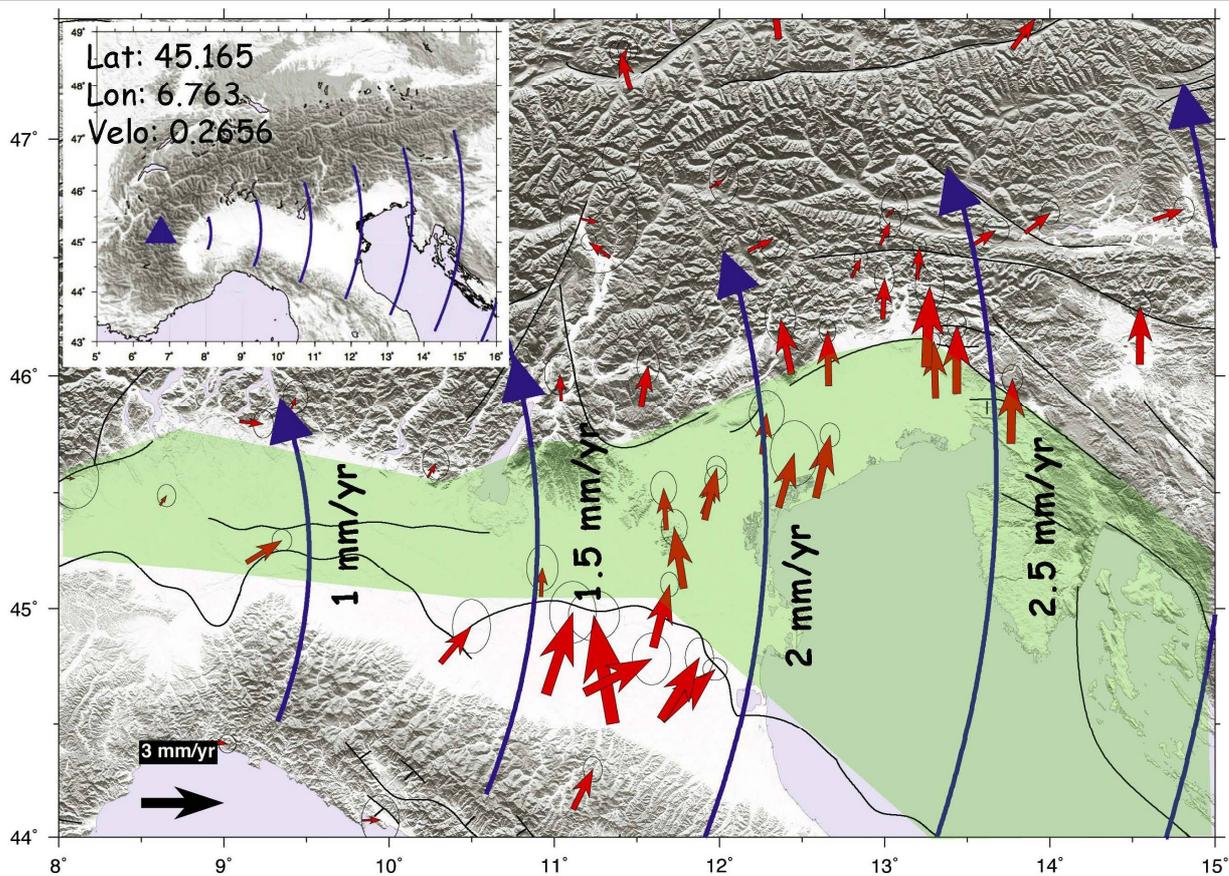


Fig. 4 - Cinematica (velocità di spostamento) della micro-placca Adriatica (E. Serpelloni –2008)

Accumulo di Deformazione Attraverso le Alpi Meridionali

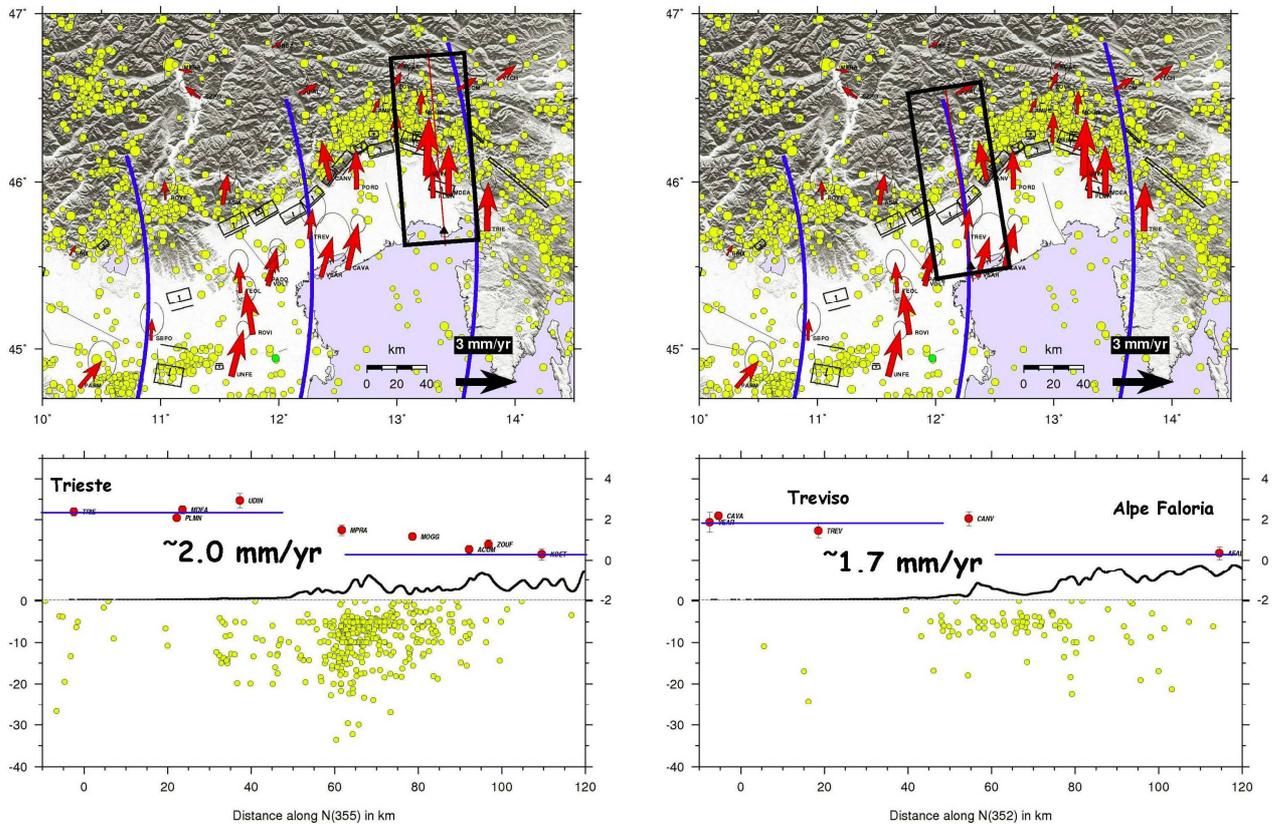


Fig. 5 - Accumulo di deformazione attraverso le Alpi Meridionali, con evidenziate l'area Trieste- Salzburg e Treviso-Belluno (E. Serpelloni –2008)

L'area feltrina è caratterizzata da due pieghe anticlinali (Coppolo-Pelf e Grappa-Visentin) e la sinclinale di Belluno, sviluppate in direzione ENE. Questi elementi sono l'espressione più superficiale dei movimenti compressivi avvenuti lungo la "Linea della Valsugana", "Linea di Belluno", e la "Linea Bassano-Vittorio Veneto". Si evidenzia che, muovendosi da ovest ad est a scala regionale, dalla valle del Cison verso la valle Agordina, la distanza tra la "Linea della Valsugana" e quella di "Belluno" aumenta, come aumentano il rigetto lungo la "Linea di Belluno" e la lunghezza del fianco frontale dell'anticlinale al tetto.

Il grande elemento strutturale a scala regionale, presente a nord dell'area di studio, è rappresentato dalla "**Linea della Valsugana**". Si tratta di un sovrascorrimento il cui tetto è costituito dal basamento ercinico che si sovrappone a formazioni mesozoiche e terziarie. La Linea della Valsugana prende origine nei pressi di Trento (Caldonazzo) e procedendo verso est, con una direzione circa ENE, in corrispondenza della val di Zoldo si biforca in due rami principali: uno verso la valle del Vajont, l'altro verso il Cadore. Il sovrascorrimento SE-vergente della "Linea della Valsugana" ha direzione E e un'inclinazione media di 30-40 gradi, localmente possono raggiungere anche inclinazioni maggiori (50-70 gradi).

La "**Linea di Belluno**" è un sovrascorrimento che si diparte da una ramificazione della "Linea Valsugana" nei pressi di Castel Tesino, ed ha un'estensione regionale, sviluppandosi sino ad Osoppo, percorrendo longitudinalmente il versante Nord del vallone Bellunese e passando per il monte Cavallo. Si tratta di un sovrascorrimento S-vergente con bassi angoli d'inclinazione (20-30 gradi) nella copertura sedimentaria. Un affioramento interessante è sul monte Pafagai, dove la parte culminante è costituita da cataclasite di Calcari Grigi e Dolomia Principale a diretto contatto col Biancone. Verso est, in località Vignaghe, è presente, inoltre, una faglia che raggiunge forcella S. Mauro interpretata come una diramazione della Linea di Belluno, che viene invece ipotizzata passante a monte degli abitati di Lasen e Arson.

Associata alla Linea di Belluno c'è l'anticlinale del Coppolo – Pelf che dal M. Silana passando per il Coppolo, Vallazza, Vette Piccole raggiunge l'area a nord di Belluno e il Friuli.

Importanti dislocazioni trasversali all'asse della flessura si riconoscono sempre con orientazione NNW – SSE, sul versante occidentale del M. Pafagai in prosecuzione della faglia di Lamén – Stalle alla Fornace e sulla forcella del S. Mauro dove è evidenziata dalla presenza di una fascia di cataclasi che separa un settore dolomitizzato ad occidente da uno orientale calcareo.

Tra il M. Pafagai ed il Dosso Perazze è riconoscibile un allineamento NNE – SSW, probabile prosecuzione della faglia di Facen, come sembrano indicare le cataclasi di Stalle alla Fornace, importante zona di intersezione di più sistemi di faglie. In particolare la "**Linea di Facen**" (segmento NE-SW della Linea di Tezze), al tetto della linea di Belluno interessa la cresta a nord del M. Pafagai (val Fallonega) e la zona tra Ramezza e forcella Scarnia.

Altro elemento strutturale importante dell'area di studio è rappresentato dalla Sinclinale di Belluno. Si tratta di una sinclinale molto asimmetrica, con fianco nord raddrizzato, mentre quello meridionale si eleva con deboli pendenze. Essa longitudinalmente presenta alcune culminazioni assiali che finiscono per isolare piccole sinclinali chiuse come nel caso di Vignai-Altin.

Il nucleo della sinclinale è costituito da sedimenti di età langhiana (Complesso arenaceo marnoso di Vignui) che rappresentano i terreni più recenti di tutta la Sinclinale di Belluno. Come riportato da Miglioranza (1981), il fatto che la "Glauconia di Altin" affiorante anche nella zona di S. Gregorio, più ad est, non sia correlabile con la Glauconia di Belluno, ma sia ad essa sovrastante di circa 200 metri, dimostra che l'asse della sinclinale risulta molto più spostato verso il suo fianco settentrionale di raccordo con l'anticlinale M. Coppolo – M. Pelf.

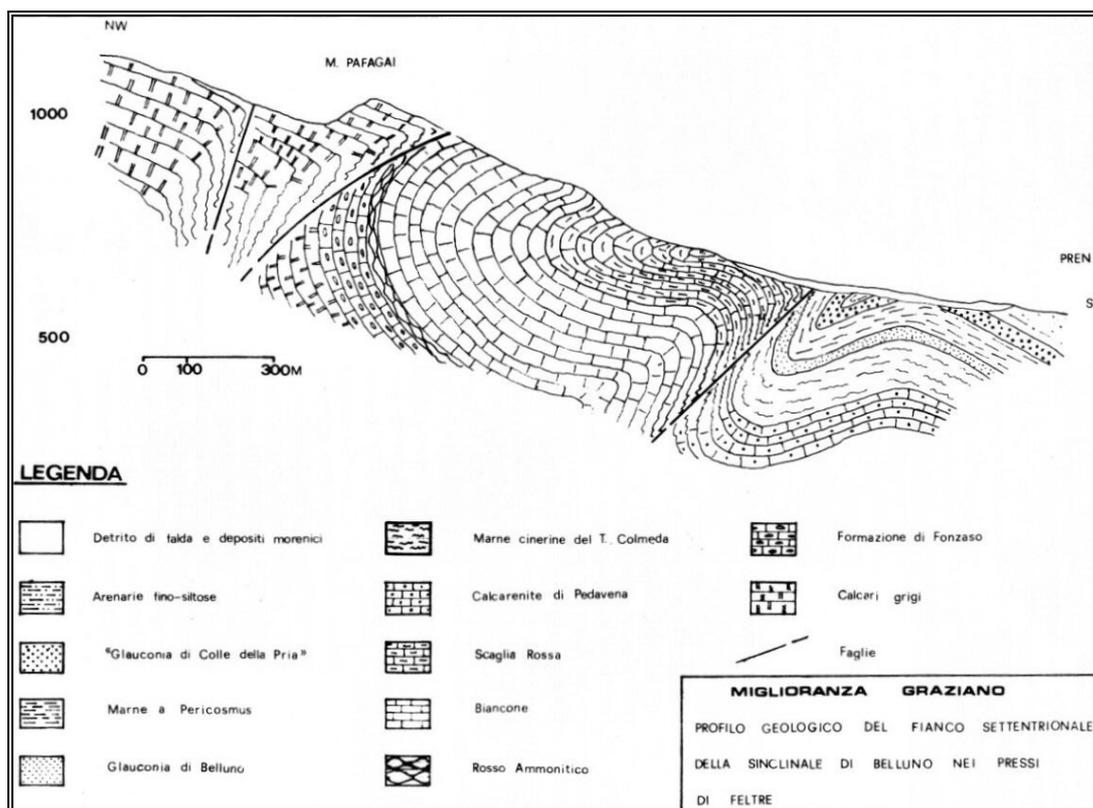


Fig. 6 - Traccia di profilo geologico M. Pafagai-Pren (da rel geol. PAT Feltre)

Vicariante a questa linea di disturbo tettonico è una faglia praticamente parallela che determina un ulteriore accavallamento di scaglie di Calcari Grigi sul Biancone (M. Pafagai e Solforino).

Più a sud il piede della flessura M. Coppolo – M. Pelf è attraversato da un'altra faglia (**faglia di Lamén – Lasen**), sempre ad andamento WSW - ENE con piano debolmente inclinato evidenziato da un rapido passaggio in un intervallo non affiorante da termini appartenenti alla Scaglia Rossa a Siltiti marnose di età burdigaliana.

La sinclinale di Belluno è attraversata da un altro sistema di faglie a prevalente rigetto orizzontale. Quelle più importanti sono la **faglia** che attraversa il versante occidentale del M. Pafagai **tra Lamén e Stalle alla Fornace** e quella di **Cart – Lasen** evidente sia lungo il Vallone che a nord di Lasen.

La "**Linea di Tezze**" è un sovrascorrimento del fascio Valsuganese che presenta delle caratteristiche evidenti nel tratto tra Tezze Valsugana e Fonzaso, ma poi si confonde tra Arten, Pedavena e Soranzen, dove confluisce nella linea di Belluno. Essa ha un andamento SO-NE. In mancanza di diretti affioramenti si presume che prenda una direzione NNE con assetto verticale alle pendici del monte Avena, aggirando il monte Aurin; ciò è suffragato anche dalla presenza di Scaglia Rossa intensamente fratturata presso S. Lucia, e del contatto tettonico su strati verticali nella direttrice tra Mugnai e la valle di Font. Nella zona di Pedavena, Lamén e Norcen, data la forte copertura, non si riesce a determinare l'andamento e la continuazione della stessa faglia, che viene ipoteticamente ad assumere l'andamento valsuganese.

Il **Graben di Seren**, struttura NNE-SSO che caratterizza la Val di Seren tra l'omonimo paese e Cima Grappa, è ritenuto influenzare l'andamento della "Linea di Tezze" tra Arten e Lamén, ed avere una sua espressione anche nella zona del M. Pafagai-m. San Mauro.

La "**Linea di Schievenin**" è una linea che con andamento SSO-NNE caratterizza la parte orientale del Massiccio del Grappa, ed ha una componente transpressiva con un rigetto verticale non inferiore agli 800 metri.

3. CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITA' DEL TERRITORIO

Con la nuova normativa sismica, per definire l'azione sismica di progetto, si deve valutare l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, mediante studi specifici di risposta sismica locale. In caso alternativa si può utilizzare la classificazione dei terreni presente nelle "Norme tecniche per le Costruzioni" (dm 14.01.2008), basata sulla stima dei valori della velocità media delle onde sismiche di taglio V_s entro 30 metri di profondità. Un modello di riferimento per la descrizione del moto sismico sul piano di fondazione è costituito dallo spettro di risposta elastico, altro modello consiste nel descrivere il moto del suolo mediante accelerogrammi.

Lo spettro di risposta elastico è costituito da una forma spettrale (spettro normalizzato) riferita allo smorzamento convenzionale del 5% e considerata indipendente dal livello di sismicità, moltiplicata per il valore della accelerazione massima convenzionale del terreno fondale "ag" che caratterizza il sito. Nella espressione dello spettro di risposta elastico, sia nella sua componente orizzontale che verticale, assume importanza non solo il parametro "ag" ma anche "S", quest'ultimo è il fattore che tiene conto della categoria del suolo di fondazione in funzione alla velocità delle onde di taglio V_s nei primi trenta metri di profondità, e della componente di amplificazione topografica del sito.

Con l'Ordinanza PCM n. 3519 del 28.04.2006 e DGRV n.71/2008 si approva la "Mappa di pericolosità sismica del territorio Nazionale" espressa in termini di accelerazione massima al suolo (ag_{max}) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (tempo di ritorno 475 anni) riferita ai suoli molto rigidi ($V_s > 800$ m/sec). Il valore di "ag", per il Comune di Feltre, in zona "2", riferita a suoli molto rigidi ($V_s > 800$ m/s) varia da 0,225g a 0,150g.

Per quanto riguarda la pericolosità di base del sito di intervento, in riferimento ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni ($T_r = 475$ anni), il calcolo eseguito con il programma "Spettri di risposta – ver. 1.0.3" del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici mediante interpolazione per superficie rigata, individua la pericolosità sismica del sito di intervento con un valore massimo di ag riferito a suoli rigidi caratterizzati da $V_{s,30} > 800$ m/s pari a **0,194g**.

Sarà compito del progettista strutturale scegliere i parametri da utilizzare nei calcoli in funzione della “Strategia di progettazione” adottata una volta definita la Vita Nominale, la Classe d’uso ed il Periodo di Riferimento assegnate alla struttura.

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE:

LATITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE: PROVINCIA: COMUNE:

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Reticolo di riferimento



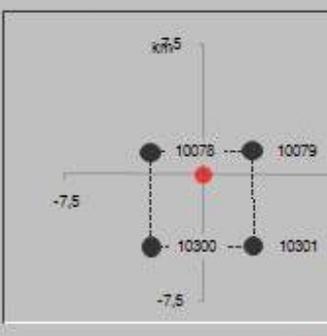
Controllo sul reticolo

Sito esterno al reticolo

Interpolazione su 3 nodi

Interpolazione corretta

Nodi del reticolo intorno al sito



Valori dei parametri a_g , F_0 , T_C^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
30	0,051	2,463	0,234
50	0,068	2,457	0,254
72	0,082	2,446	0,263
101	0,097	2,419	0,273
140	0,114	2,405	0,283
201	0,134	2,403	0,292
475	0,194	2,413	0,321
975	0,261	2,437	0,340
2475	0,375	2,446	0,362

INTRO

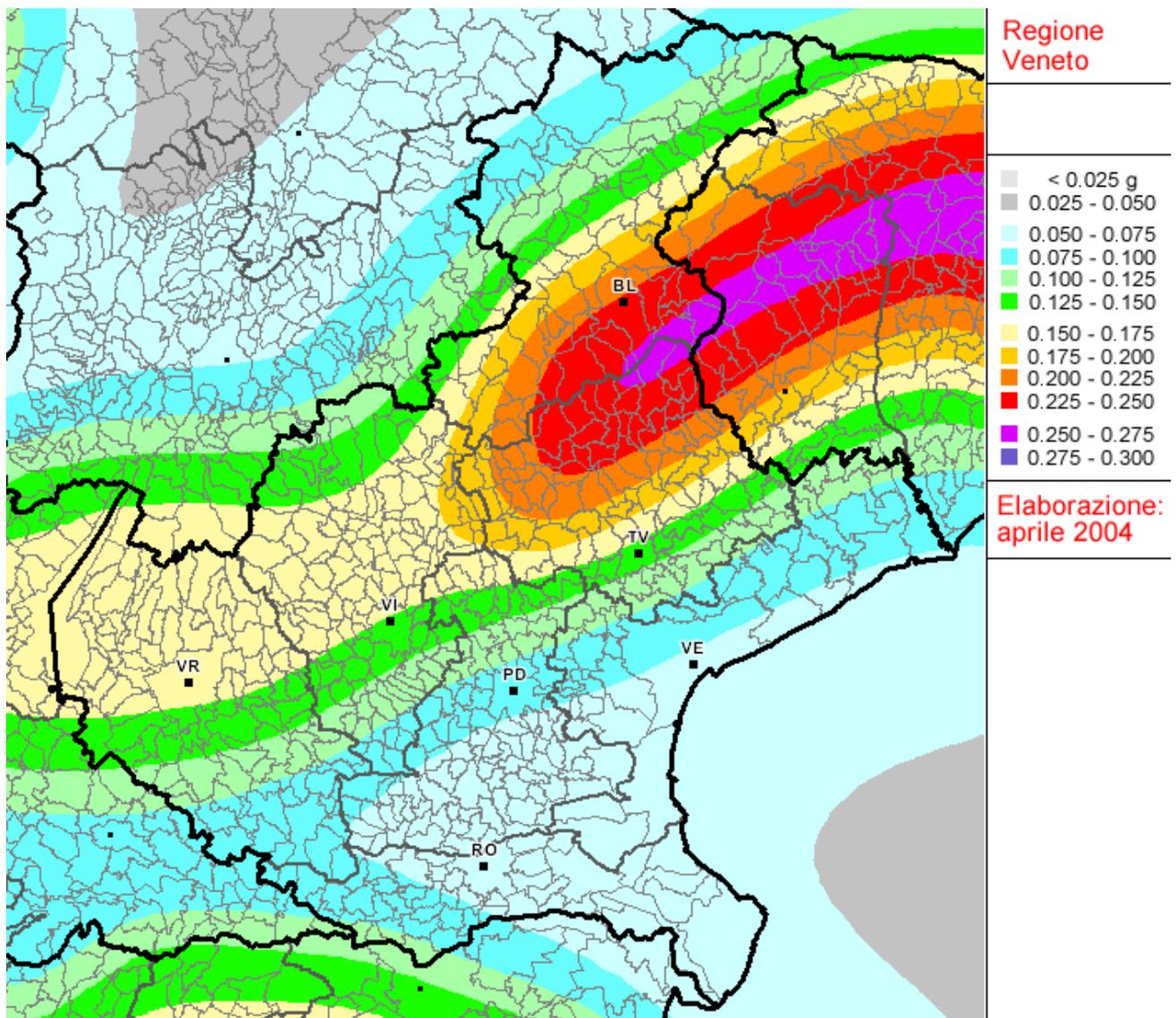


Fig. 7 - Mappa della pericolosità sismica della Regione del Veneto espressa in termini di accelerazione massima al suolo ($a_{g \max}$) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (tempo di ritorno 475 anni) riferita ai suoli molto rigidi ($V_s > 800$ m/sec)

Nel 2004 è stato aggiornato il Catalogo Parametrico dei Terremoti (CPTI04) da parte di INGV; dall'analisi di questo catalogo possiamo rilevare che i terremoti aventi epicentro entro un raggio di circa 30 km dal centro abitato di Feltre e con magnitudo $M_{aw} \geq 5$ (v. fig. 10) sono i seguenti:

- anno 1404 nel Bellunese con $M_{aw}=5.17$;
- anno 1695 nell'Asolano con $M_{aw}=6.61$;
- anno 1836 nel Bassanese con $M_{aw}=5.48$;
- anno 1860 nel Valdobbiadene con $M_{aw}=5.17$;
- anno 1873 nel Bellunese con $M_{aw}=5.03$;
- anno 1887 nell'Asolano con $M_{aw}=5.17$;
- anno 1894 nella zona di Fonzaso con $M_{aw}=5.03$;
- anno 1895 nel Valdobbiadene con $M_{aw}=5.06$;
- anno 1900 nel Valdobbiadene con $M_{aw}=5.22$;
- anno 1943 nel Valdobbiadene con $M_{aw}=5.18$.

Quello con maggiore intensità negli ultimi 2000 anni, con epicentro entro i 30 km circa di raggio è avvenuto il 25.02.1695 nell'asolano (lat. $45^{\circ}48'$, long. $11^{\circ}57'$ poco a Est della Chiesa di Crespignaga di Maser) con intensità epicentrale di 9.5 e magnitudo $M_{aw}=6.61$.

Nella fig. 8 allegata sono indicati tutti i terremoti, presenti nel catalogo CPTI 04, avente epicentro entro un raggio di circa 30 km dal centro abitato di Feltre, con magnitudo da $3.92 \leq M_{aw} \leq 5$. La legenda della figura n. 8 è la seguente:

- **N** numero progressivo dei terremoti presenti nel catalogo CPTI04;
- **Tr** tipi di informazione che è alla base dei parametri;
- **Tempo origine (Anno, Me, Gi, Or, Mi, Se)** data in cui è avvenuto il sisma;
- **AE** denominazione dell'area dei massimi effetti;
- **Rt** codice dell'elaborato di riferimento;
- **Np** numero dei punti di intensità;
- **I_{max}** intensità massima;
- **I_o** intensità epicentrale
- **Lat, Long** coordinate in gradi sessadecimali del luogo dell'epicentro;
- **Magnitudo** sono state indicate tre alternative di magnitudo: *M_{aw}* con errore *D_{aw}* e tipologia di stima *TW*, *M_{as}* (calcolata sulle onde superficiali) con errore

Das e tipologia di stima TS, e infine Msp (da utilizzare nella relazione di attenuazione di Sabetta Pugliese) con errore Msp e tipologia di stima Dsp.

- **ZS9** è la zona sorgente cui l'evento è associato, secondo la zonazione sismogenetica ZS9, descritta nell'appendice 2 del rapporto conclusivo.

Interrogazione effettuata sui seguenti parametri:

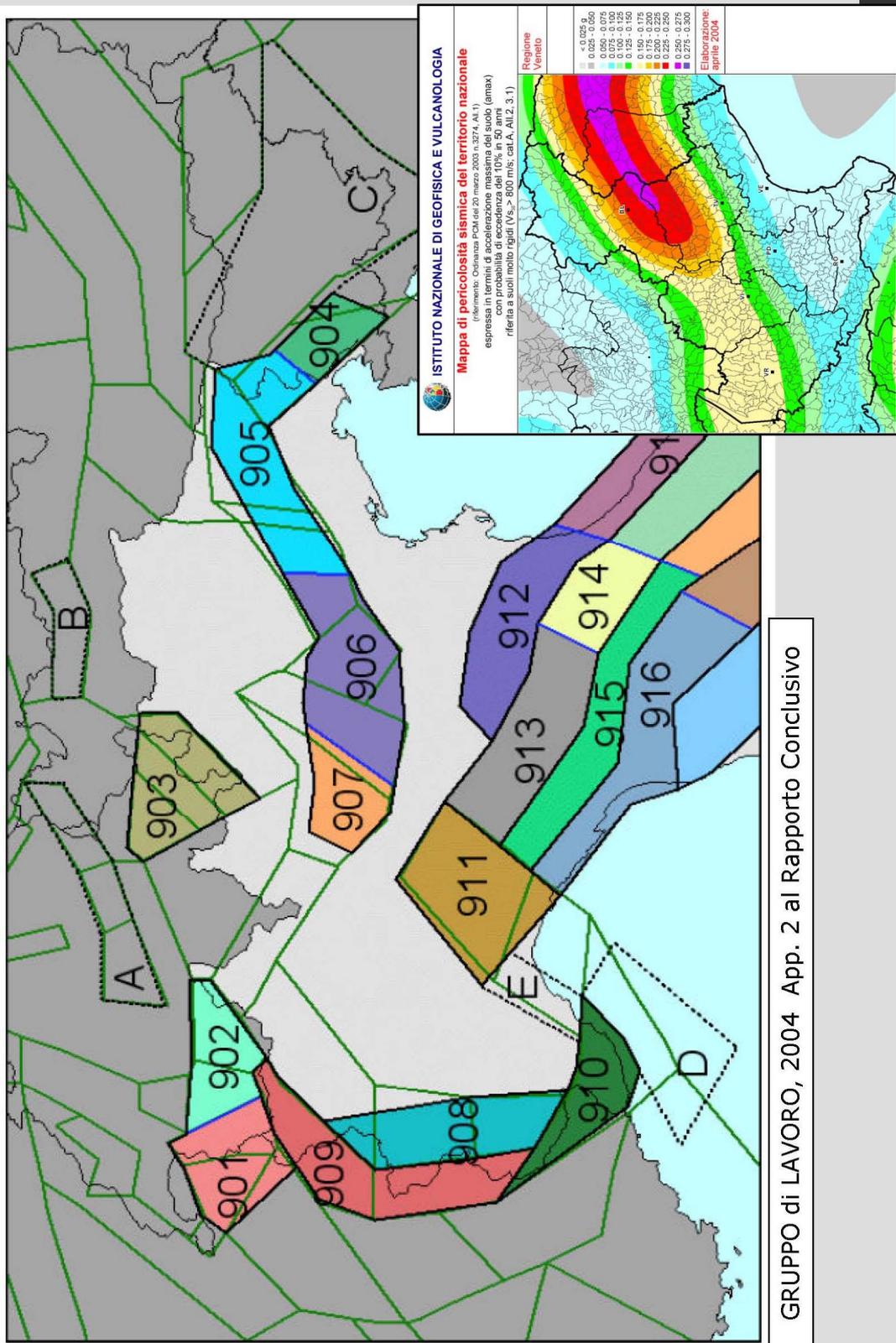
Area circolare con centro C (46.018, 11.91) e raggio 30 km

N	Tr	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Rt	Np	Imx	Io	TI	Lat	Lon	TL	Maw	Daw	TW	Mas	Das	TS	Msp	Dsp	ZS9	TZ
118	CP	1392	1	28		30		BELLUNO	OGS87			60		46.133	12.217		4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	905	G
124	CP	1401	6	29		9		SEDICO	POS85			60		46.133	12.2		4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	905	G
127	CP	1404	2	1	21			BELLUNO	POS85			70		46.167	12.167		5.17	0.30		4.80	0.45		4.99	0.42	905	A
128	CP	1406	5	28	21	30		BELLUNO	OGS87			55		46.133	12.2		4.63	0.13		4.00	0.20		4.25	0.19	905	G
133	CP	1411	7	1	6			BELLUNO	OGS87			55		46.133	12.217		4.63	0.13		4.00	0.20		4.25	0.19	905	G
400	CP	1690	5	4				BELLUNO	OGS87			60		46.133	12.217		4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	905	G
415	DI	1695	2	25	5	30		Asolano	CFTI	82	100	95	M	45.8	11.95	A	6.61	0.11		6.61	0.11		6.61	0.11	905	G
813	DI	1836	6	12	2	30		BASSANO	DOM	26	80	75		45.807	11.823	A	5.48	0.13		5.26	0.19		5.42	0.18	906	G
909	CP	1857	3	10	3			PIEVE DI SOLIGO	POS85			55		45.9	12.1		4.63	0.13		4.00	0.20		4.25	0.19	905	G
918	DI	1859	1	20	7	55		COLLALTO	DOM	36	70	65		45.893	12.103	A	4.97	0.16		4.50	0.24		4.71	0.22	905	G
922	CP	1859	9	29	8	30		BELLUNO	POS85			55		46.133	12.217		4.63	0.13		4.00	0.20		4.25	0.19	905	G
924	CP	1860	7	19	15	38		VALDOBBIADENE	POS85			70		45.9	12.05		5.17	0.30		4.80	0.45		4.99	0.42	905	G
928	CP	1861	5	19	19	45		CASTELFRANCO	POS85			65		45.75	11.917		5.03	0.33		4.60	0.49		4.80	0.45	905	G
989	CP	1873	11	6	8	30		BELLUNO	POS85			65		46.133	12.217		5.03	0.33		4.60	0.49		4.80	0.45	905	G
1002	CP	1875	10	24	20	13		BELLUNO	POS85			60		46.133	12.217		4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	905	G
1115	CP	1885	12	29	22	6		COL VISENTIN	POS85			60		46.083	12.283		4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	905	G
1130	CP	1887	4	14	1	11	6	ASOLO	POS85			70		45.8	11.917		5.17	0.30		4.80	0.45		4.99	0.42	905	G
1218	DI	1894	11	28				FONZASO	DOM	11	65	65		46.006	11.821	A	5.03	0.33		4.60	0.49		4.80	0.45	906	G
1231	DI	1895	6	10	1	47		VALDOBBIADENE	DOM	73	65	65		45.943	12.073	A	5.06	0.15		4.64	0.22		4.84	0.20	905	G
1273	CP	1897	6	11	11	40	52	MONTEBELLUNA	POS85			60		45.817	12.033		4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	905	G
1325	DI	1900	3	4	16	55		VALDOBBIADENE	DOM	99	65	60		45.85	12.067	A	5.22	0.10		4.88	0.15		5.06	0.14	905	G
1685	CP	1919	7	12	12	6		ASOLO	POS85			55		45.8	11.917		4.98	0.09		4.52	0.13		4.73	0.12	905	G
1723	DI	1921	9	12	25			ASOLO	DOM	3	40	40		45.77	11.768	A	4.83	0.14		4.29	0.21		4.52	0.19	906	G
1733	CP	1922	11	8	10	28	28	FELTRE	POS85			60		46	12		4.78	0.15		4.23	0.22		4.46	0.20	905	G
1771	CP	1925	7	4	17	48	5	SEDICO	POS85			55		46.133	12.2		4.73	0.09		4.15	0.13		4.39	0.12	905	G
1925	CP	1937	2	18	5	30		BELLUNO	POS85			60		46.133	12.217		4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	905	G
1951	CP	1940	1	3	19	15		FONZASO	POS85			60		46.033	11.8		4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	906	A
1987	DI	1943	7	24	1	44		VALDOBBIADENE	DOM	29	70	65		45.986	11.884	A	5.18	0.09		4.82	0.13		5.01	0.12	906	G
1991	CP	1943	11	15	8	30		FONZASO	POS85			60		46.017	11.8		4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	906	A

Numero di record estratti: 29

Fig. 8 - Terremoti avente epicentro entro un raggio di circa 30 km dal centro abitato di Feltre, con magnitudo da $3.92 \leq Maw \leq 5$ (dal catalogo CPTI04)

Sorgenti sismogenetiche, dettaglio per il Veneto



GRUPPO di LAVORO, 2004 App. 2 al Rapporto Conclusivo

Fig. 9 - Zonazione sismogenetica ZS9 del Veneto

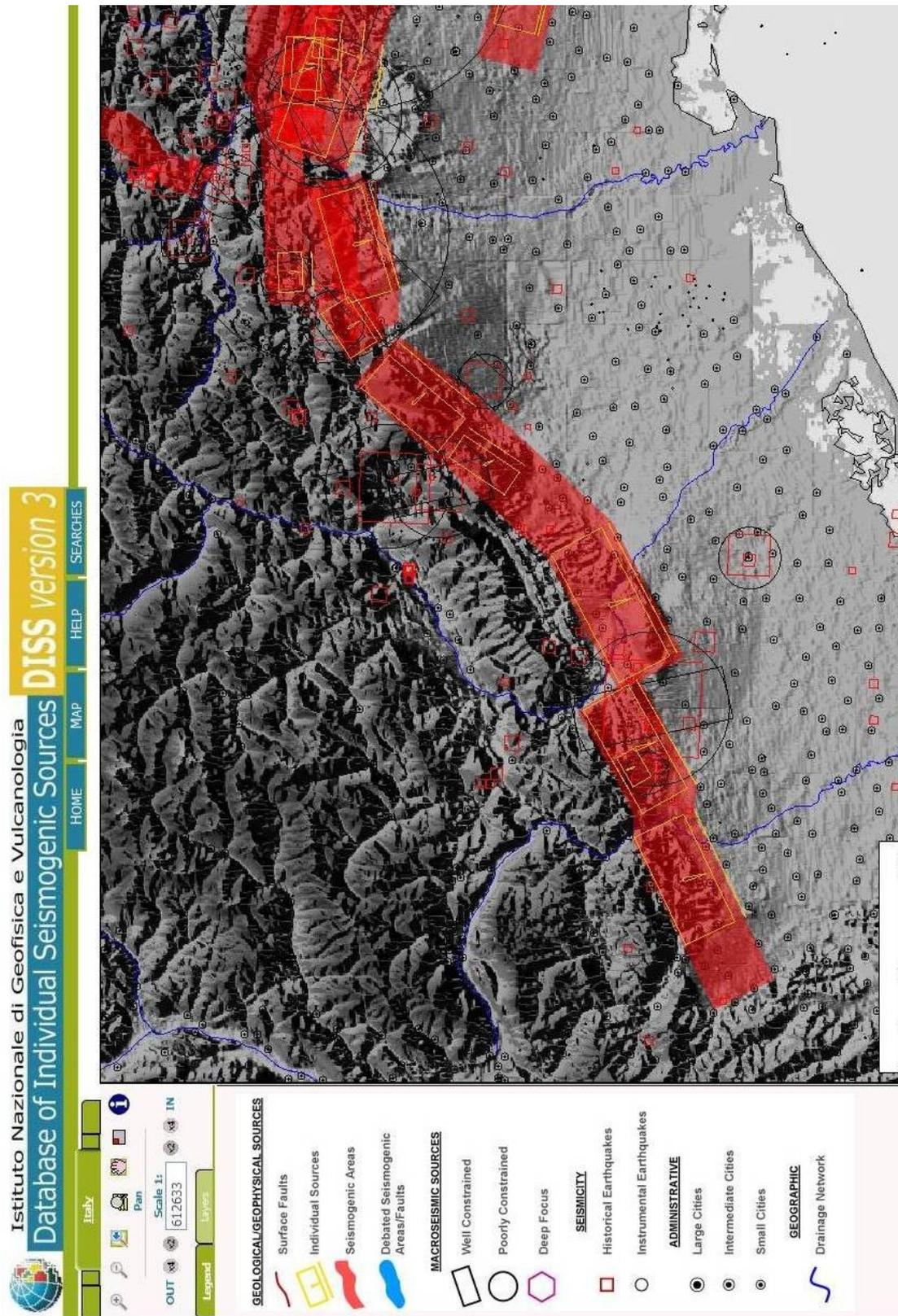


Fig. 10 - Sorgenti sismogenetiche dell'Italia Nord-Orientale inserite nel DISS v.3 (Buratto e altri 2008)

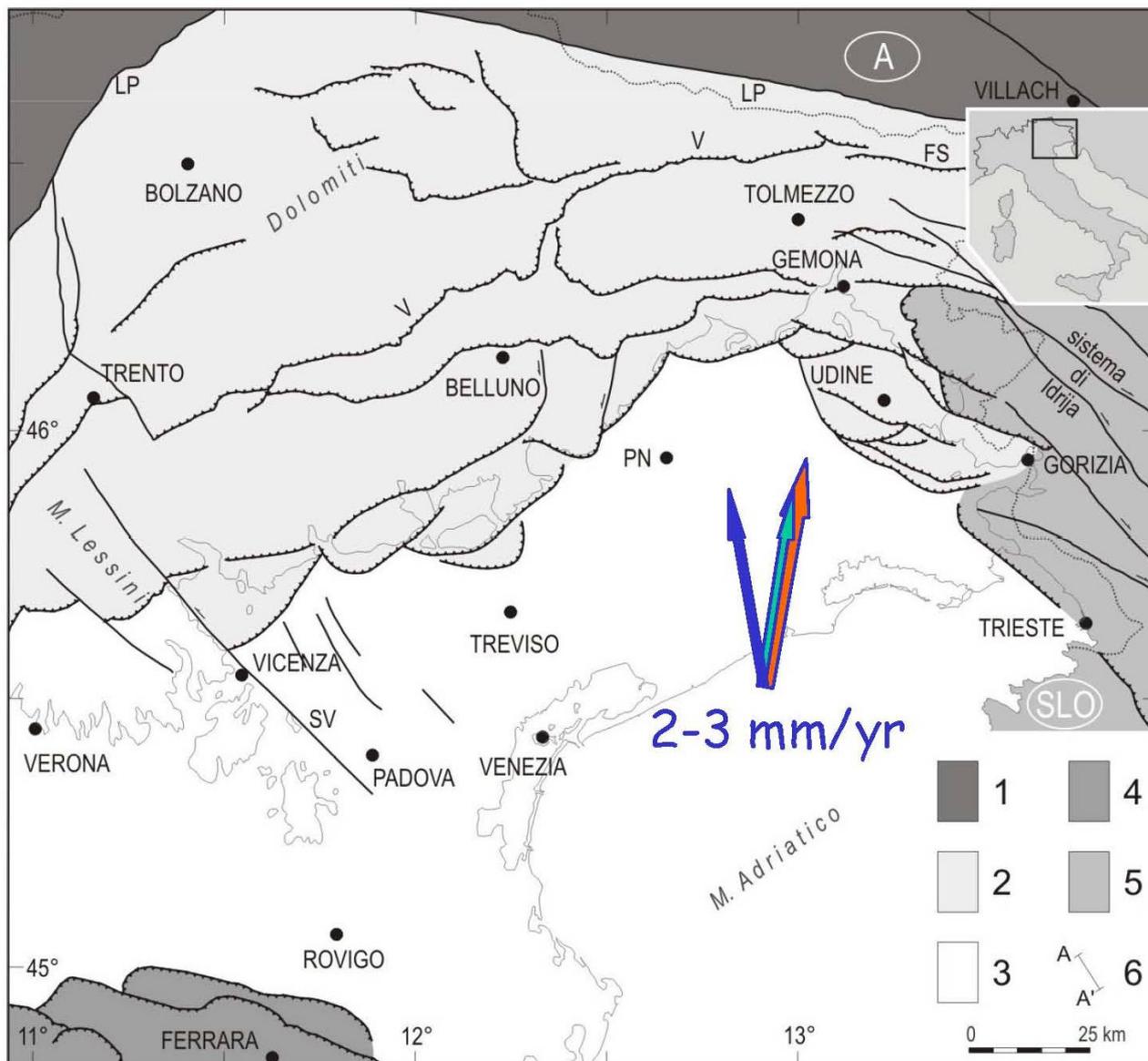


Fig. 11 - Schema strutturale delle Alpi meridionali (da M.E. Poli 2008)

Negli “Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica – Rapporto finale” (2008 – Conferenza Stato e Regioni), al cap. 3.1.4 “Fagliazione di superficie” si afferma che per fagliazione di superficie si intende la dislocazione istantanea (cosismica) verticale e/o orizzontale dei terreni di fondazione lungo uno o più piani di taglio. Tale dislocazione deve essere conducibile ad un intervallo temporale relativo agli ultimi 40.000 anni, periodo per il quale una faglia può essere considerata verosimilmente attiva in Italia”.

Verso la fine degli anni '90 sono iniziate delle ricerche geologico-strutturali, sul fronte pliocenico (7-1.5 milioni di anni fa) - quaternario (1.5 milioni all'attuale) nell'Italia Nord Orientale e sul suo potenziale sismogenetico; con tale studio sono stati ridefiniti l'architettura del fronte sepolto della pianura friulano-veneta, lo schema dei rapporti fra i sovrassorimenti paleocenici dinarici WSW-vergenti e quelli neoalpini SSE-vergenti e il quadro dell'evoluzione miocenica superiore-quaternaria dell'area. Lo schema strutturale aggiornato del fronte pliocenico-quaternario (v. fig. 11) evidenzia la segmentazione del fronte stesso in un sistema di "thrust" arcuati, in massima parte ciechi e spesso caratterizzati da rampe oblique, mediante le quali un "thrust" si accavalla lateralmente su un altro. Analisi morfotettoniche e neotettoniche applicate a tali strutture hanno permesso in vari casi di datarne l'attività e di definirne la cinematica quaternaria.

In figura n. 10 è rappresentato lo schema dei segmenti ritenuti attivi, accompagnati dalla proiezione in superficie del piano di rottura rettangolare. In particolare per l'area del trevigiano Nord-occidentale e il feltrino, evidenziamo tre sorgenti sismogenetiche:

- ITGG101 (Montello) alla quale non è associato alcun terremoto significativo (zona silente), ed è associata all'area sismogenetica ITSA060 Montebelluna - Montereale;
- ITGG113 (Monte Grappa) a cui è associato il sisma del 12.06.1836 con epicentro nel Bassanese; appartiene all'area sismogenetica ITSA007 Thiene-Cornuda;
- ITGG102 (Bassano-Cornuda) a cui è associato il sisma del 25.02.1695 con epicentro nell'Asolano; appartiene all'area sismogenetica ITSA007 Thiene-Cornuda.

Le zone sismogenetiche sono state definite in base a uniformità dello stile deformativo e della congruenza cinematica con il modello deformativo. In base alla cartografia ZS9 (v. fig. 9). Le aree del trevigiano settentrionale e del feltrino possono essere associate alle zone 905 e 906, caratterizzate da strutture a pieghe sud-vergenti del Sudalpino orientale e faglie inverse associate; la zona 905 include sorgenti sismogenetiche potenzialmente responsabili di terremoti con magnitudo $M > 6$, e racchiude un'area in cui la frequenza di eventi sismici (anche di magnitudo medio-alte) è nettamente superiore a quella delle zone adiacenti. La zona 905 comprende anche la sorgente del Montello (potenzialmente responsabile di terremoti con $M > 6$), che, in base ai dati attualmente disponibili, è definita come

“silente” (cioè mancano, nei cataloghi disponibili, terremoti storici con magnitudo prossima a quella massima attesa). La zona 906 interessa l'area che va da Bassano del Grappa fino a Verona.

Nella Fig. 12 sono indicate le faglie capaci, nell'area del Feltrino, dal progetto Ithaca (Italy Hazard from Capable Faults) aggiornato al Settembre 2008; sono state inserite le seguenti lineazioni principali: S. Gottardo-Mt. Agaro (faglia di Belluno), Facen, Monte Grappa- Col dell'Orso, Montebelluna, Schievenin, Vas e Nervesa.

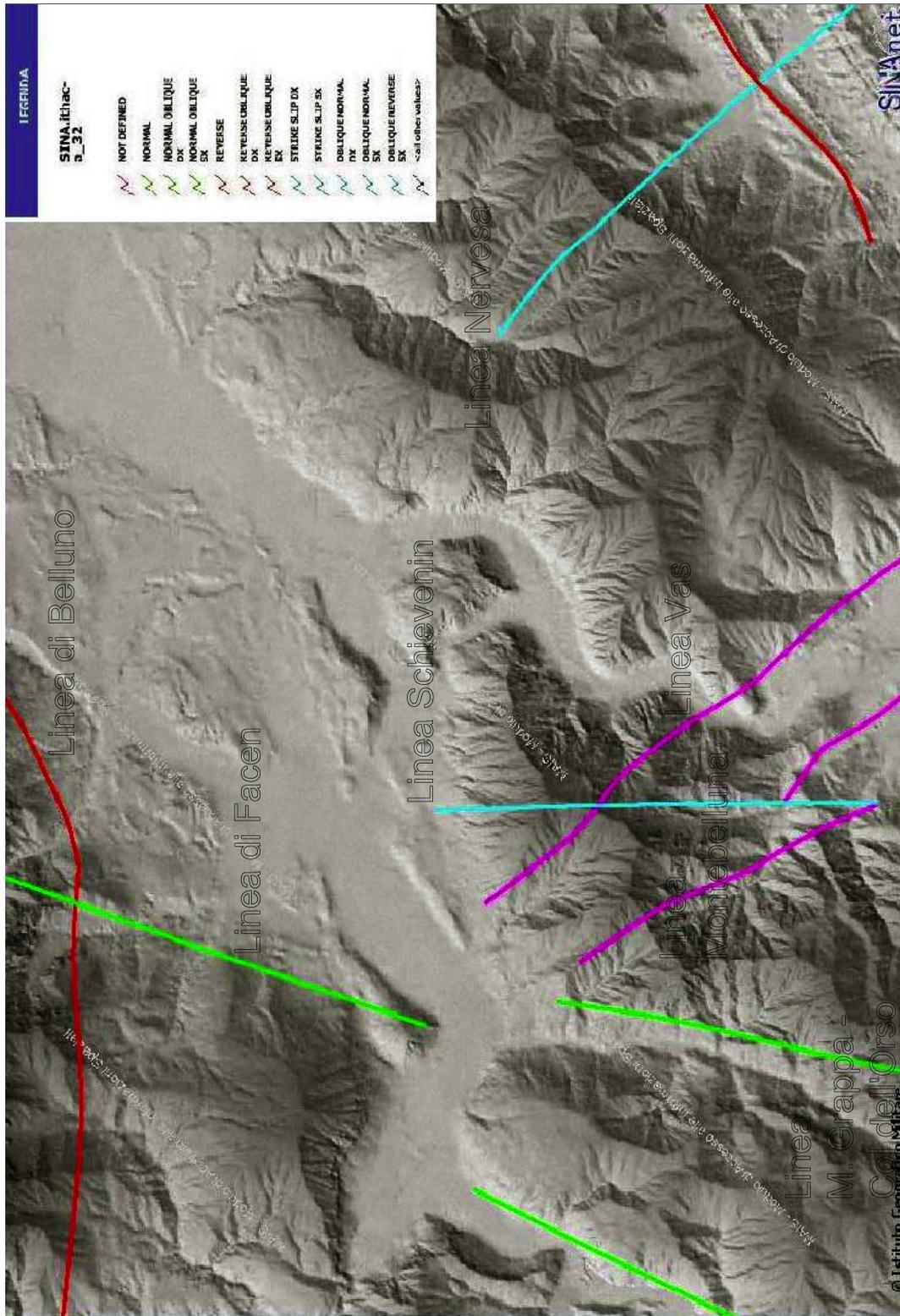


Fig. 12 - Faglie capaci nell'area Feltrina dal progetto Ithaca (Italy Hazard from Capable Faults)

DETAILS: S. Gottardo - Mt. Agaro

[BACK](#)

FAULT CODE	70102
FAULT NAME	S. Gottardo - Mt. Agaro
MACROZONE	Southern Alps
REGIONE NAME	Veneto
SYSTEM NAME	Belluno Line
RANK	PRIMARY
AVERAGE STRIKE	230
DIP	0
LENGTH (Km)	100
GEOMETRY	
SEGMENTATION	
DEPTH (Km)	0
LOCATION RELIABILITY	

TECTONIC ENVIRONMENT	
KINEMATICS	REVERSE
GEOMORPHIC EXPRESSION	
SURFACE EVIDENCE	
LITHO CUT	
MONITORING/PALEOSEISMOLOGY	
APPLIED TECHNIQUES (MAIN)	
EVIDENCES FOR CAPABILITY	QA

LAST ACTIVITY	Q41
ACTIVITY RELIABILITY	B
RECURRENCE INTERVAL (yr)	0
SLIP-RATE (mm/yr)	0
MAX CREDIBLE RUPTURE LENGHT	0
MAX CREDIBLE SLIP	0
KNOWN SEISMIC EVENTS	
TIME SINCE LAST EVENTS	
MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)	
MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)	
STUDY QUALITY	FAIR

SYNOPSIS

GEOLOGIC SETTING

NOTES

REFERENCE

AUTHORS	TITLE	REFERENCES	YEAR
CASTALDINI D. & PANIZZA M. (1991)	Inventario delle faglie attive tra i fiumi Po e Piave ed il lago di Como (Italia settentrionale).	Il Quaternario, 4(2), 333-410.	1991

DETAILS: Facen

[BACK](#)

FAULT CODE	73900
FAULT NAME	Facen
MACROZONE	Southern Alps
REGIONE NAME	Veneto
SYSTEM NAME	Facen
RANK	
AVERAGE STRIKE	20
DIP	0
LENGTH (Km)	10
GEOMETRY	
SEGMENTATION	
DEPTH (Km)	0
LOCATION RELIABILITY	

TECTONIC ENVIRONMENT	
KINEMATICS	NORMAL
GEOMORPHIC EXPRESSION	
SURFACE EVIDENCE	
LITHO CUT	
MONITORING/PALEOSEISMOLOGY	
APPLIED TECHNIQUES (MAIN)	
EVIDENCES FOR CAPABILITY	

LAST ACTIVITY	
ACTIVITY RELIABILITY	C
RECURRENCE INTERVAL (yr)	0
SLIP-RATE (mm/yr)	0
MAX CREDIBLE RUPTURE LENGHT	0
MAX CREDIBLE SLIP	0
KNOWN SEISMIC EVENTS	
TIME SINCE LAST EVENTS	
MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)	
MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)	
STUDY QUALITY	LOW

SYNOPSIS

GEOLOGIC SETTING

NOTES

REFERENCE

AUTHORS	TITLE	REFERENCES	YEAR
CASTALDINI D. & PANIZZA M. (1991)	Inventario delle faglie attive tra i fiumi Po e Piave ed il lago di Como (Italia settentrionale).	Il Quaternario, 4(2), 333-410.	1991

DETAILS: Cima Grappa - Col dell'Orso

[BACK](#)

FAULT CODE	75200	TECTONIC ENVIRONMENT		LAST ACTIVITY	
FAULT NAME	Cima Grappa - Col dell'Orso	KINEMATICS	NORMAL	ACTIVITY RELIABILITY	C
MACROZONE	Southern Alps	GEOMORPHIC EXPRESSION		RECURRENCE INTERVAL (yr)	0
REGIONE NAME	Veneto	SURFACE EVIDENCE		SLIP-RATE (mm/yr)	0
SYSTEM NAME	Cima Grappa - Col dell'Orso System	LITHO CUT		MAX CREDIBLE RUPTURE LENGHT	0
RANK		MONITORING/PALEOSEISMOLOGY		MAX CREDIBLE SLIP	0
AVERAGE STRIKE	20	APPLIED TECHNIQUES (MAIN)		KNOWN SEISMIC EVENTS	
DIP	0	EVIDENCES FOR CAPABILITY		TIME SINCE LAST EVENTS	
LENGTH (Km)	9			MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)	
GEOMETRY				MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)	
SEGMENTATION				STUDY QUALITY	LOW
DEPTH (Km)	0				
LOCATION RELIABILITY					

SYNOPSIS		GEOLOGIC SETTING		NOTES	
-----------------	--	-------------------------	--	--------------	--

REFERENCE

AUTHORS	TITLE	REFERENCES	YEAR
CASTALDINI D. & PANIZZA M. (1991)	Inventario delle faglie attive tra i fiumi Po e Piave ed il lago di Como (Italia settentrionale).	Il Quaternario, 4(2), 333-410.	1991

DETAILS: Schievenin

[BACK](#)

FAULT CODE	74400	TECTONIC ENVIRONMENT		LAST ACTIVITY	Q3
FAULT NAME	Schievenin	KINEMATICS	STRIKE SLIP SX	ACTIVITY RELIABILITY	C
MACROZONE	Southern Alps	GEOMORPHIC EXPRESSION		RECURRENCE INTERVAL (yr)	0
REGIONE NAME	Veneto	SURFACE EVIDENCE		SLIP-RATE (mm/yr)	0
SYSTEM NAME	Schievenin	LITHO CUT		MAX CREDIBLE RUPTURE LENGHT	0
RANK		MONITORING/PALEOSEISMOLOGY		MAX CREDIBLE SLIP	0
AVERAGE STRIKE	180	APPLIED TECHNIQUES (MAIN)		KNOWN SEISMIC EVENTS	
DIP	0	EVIDENCES FOR CAPABILITY		TIME SINCE LAST EVENTS	
LENGTH (Km)	9			MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)	
GEOMETRY				MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)	
SEGMENTATION				STUDY QUALITY	LOW
DEPTH (Km)	0				
LOCATION RELIABILITY					

SYNOPSIS		GEOLOGIC SETTING		NOTES	
-----------------	--	-------------------------	--	--------------	--

REFERENCE

AUTHORS	TITLE	REFERENCES	YEAR
CASTALDINI D. & PANIZZA M. (1991)	Inventario delle faglie attive tra i fiumi Po e Piave ed il lago di Como (Italia settentrionale).	Il Quaternario, 4(2), 333-410.	1991

DETAILS: Vas

[BACK](#)

FAULT CODE	74500
FAULT NAME	Vas
MACROZONE	Southern Alps
REGIONE NAME	Veneto
SYSTEM NAME	Vas
RANK	
AVERAGE STRIKE	150
DIP	0
LENGTH (Km)	13
GEOMETRY	
SEGMENTATION	
DEPTH (Km)	0
LOCATION RELIABILITY	

TECTONIC ENVIRONMENT	
KINEMATICS	
GEOMORPHIC EXPRESSION	
SURFACE EVIDENCE	
LITHO CUT	
MONITORING/PALEOSEISMOLOGY	
APPLIED TECHNIQUES (MAIN)	
EVIDENCES FOR CAPABILITY	

LAST ACTIVITY	
ACTIVITY RELIABILITY	C
RECURRENCE INTERVAL (yr)	0
SLIP-RATE (mm/yr)	0
MAX CREDIBLE RUPTURE LENGHT	0
MAX CREDIBLE SLIP	0
KNOWN SEISMIC EVENTS	
TIME SINCE LAST EVENTS	
MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)	
MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)	
STUDY QUALITY	LOW

SYNOPSIS	
GEOLOGIC SETTING	
NOTES	

REFERENCE

AUTHORS	TITLE	REFERENCES	YEAR
CASTALDINI D. & PANIZZA M. (1991)	Inventario delle faglie attive tra i fiumi Po e Piave ed il lago di Como (Italia settentrionale).	Il Quaternario, 4(2), 333-410.	1991

DETAILS: Montebelluna

[BACK](#)

FAULT CODE	74200
FAULT NAME	Montebelluna
MACROZONE	Southern Alps
REGIONE NAME	Veneto
SYSTEM NAME	Montebelluna
RANK	
AVERAGE STRIKE	140
DIP	0
LENGTH (Km)	60
GEOMETRY	
SEGMENTATION	
DEPTH (Km)	0
LOCATION RELIABILITY	

TECTONIC ENVIRONMENT	
KINEMATICS	
GEOMORPHIC EXPRESSION	
SURFACE EVIDENCE	
LITHO CUT	
MONITORING/PALEOSEISMOLOGY	
APPLIED TECHNIQUES (MAIN)	
EVIDENCES FOR CAPABILITY	QA

LAST ACTIVITY	Q4
ACTIVITY RELIABILITY	C
RECURRENCE INTERVAL (yr)	0
SLIP-RATE (mm/yr)	0
MAX CREDIBLE RUPTURE LENGHT	0
MAX CREDIBLE SLIP	0
KNOWN SEISMIC EVENTS	
TIME SINCE LAST EVENTS	
MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)	
MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)	
STUDY QUALITY	LOW

SYNOPSIS	
GEOLOGIC SETTING	
NOTES	

REFERENCE

AUTHORS	TITLE	REFERENCES	YEAR
CASTALDINI D. & PANIZZA M. (1991)	Inventario delle faglie attive tra i fiumi Po e Piave ed il lago di Como (Italia settentrionale).	Il Quaternario, 4(2), 333-410.	1991

DETAILS: Nervesa

[BACK](#)

FAULT CODE	72500	TECTONIC ENVIRONMENT		LAST ACTIVITY	
FAULT NAME	Nervesa	KINEMATICS	STRIKE SLIP SX	ACTIVITY RELIABILITY	C
MACROZONE	Southern Alps	GEOMORPHIC EXPRESSION		RECURRENCE INTERVAL (yr)	0
REGIONE NAME	Veneto	SURFACE EVIDENCE		SLIP-RATE (mm/yr)	0
SYSTEM NAME	Nervesa	LITHO CUT		MAX CREDIBLE RUPTURE LENGHT	0
RANK	SUBORDINATE	MONITORING/PALEOSEISMOLOGY		MAX CREDIBLE SLIP	0
AVERAGE STRIKE	140	APPLIED TECHNIQUES (MAIN)		KNOWN SEISMIC EVENTS	
DIP	0	EVIDENCES FOR CAPABILITY	QB	TIME SINCE LAST EVENTS	
LENGTH (Km)	30	SYNOPSIS		MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)	
GEOMETRY		GEOLOGIC SETTING		MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)	
SEGMENTATION		NOTES		STUDY QUALITY	LOW
DEPTH (Km)	0	REFERENCE			
LOCATION RELIABILITY					

AUTHORS	TITLE	REFERENCES	YEAR
CASTALDINI D. & PANIZZA M. (1991)	Inventario delle faglie attive tra i fiumi Po e Piave ed il lago di Como (Italia settentrionale).	Il Quaternario, 4(2), 333-410.	1991

Una prima analisi sulla presenza di “faglie attive” nel territorio Feltrino, può essere effettuato da dati bibliografici, attraverso i tabulati sopra allegati, presenti nel progetto Ithaca (Italy Hazard from Capable Faults):

NOME DELLA FAGLIA	ULTIMA ATTIVITA'	POSSIBILITA' CHE LA FAGLIA SI RIATTIVI IN FUTURO
San Gottardo –Mt. Agaro	Q41 – Ultima glaciazione (9-15.000 anni fa)	B
Facen	/	C
Cima Grappa – Col dell'Orso	/	C
Schievenin	Q3 -Tardo Pleistocene	C
Vas	/	C
Montebelluna	Q4 - Olocene	C
Nervesa	/	C

Si sottolinea che l'individuazione delle faglie attive e capaci è di fondamentale importanza. Per faglia attiva si intende una faglia che si è rotta almeno una volta negli ultimi 40.000 anni (limite inferiore certo dalle datazioni radiometriche). Una

faglia attiva è detta capace se raggiunge la superficie producendo una frattura del terreno; l'andamento di questa rottura in superficie è la superficie della faglia (v. cap. 3.1.4 "*Indirizzi e criteri di microzonazione sismica –2008 Conferenza Stato Regioni*).

4. INDAGINI IN SITO

La Carta delle indagini (Tav 2, 2A, 2B) deriva dalla raccolta, dalla rappresentazione cartografica e archiviazione di elementi puntuali e lineari rappresentativi delle indagini geognostiche, geotecniche, idrogeologiche e geofisiche eseguite nel territorio di interesse. Sono state reperite, presso gli uffici comunali, solo quattro stratigrafie di sondaggi, eseguiti presso la località di Mugnai. Per questo motivo sono state eseguite anche misure geofisiche in sito.

4.1 Sondaggi

Nel sondaggio n.1 si è riscontrato un primo terreno vegetale sabbioso limoso di colore marrone dello spessore di 0.50 metri, un secondo terreno vegetale sabbioso limoso di colore nocciola dello spessore di 0.50 metri, un terzo terreno costituito da ciottoli e ghiaia sabbiosa debolmente limosa da grigio chiaro a nocciola dello spessore di 3.80 metri, un quarto litotipo dello spessore di 0.30 metri di limo sabbioso nocciola con qualche ciottolo, un quinto terreno dello spessore di 5.40 metri di ciottoli e ghiaia sabbiosa debolmente limosa da grigio chiaro a nocciola, un sesto litotipo dello spessore di 0.60 metri di ciottoli e ghiaia sabbioso limosa nocciola, e infine un settimo terreno dello spessore di 1.90 metri di alternanze di limi sabbiosi nocciola e ghiaie sabbioso limose con qualche ciottolo. Il livello della falda acquifera era a circa -10.20 metri dal piano campagna.

Nel sondaggio n.2 si è riscontrato un primo terreno vegetale sabbioso limoso di colore marrone dello spessore di 0.40 metri, un secondo terreno costituito da ciottoli e ghiaia sabbiosa debolmente limosa da grigio chiaro a nocciola dello spessore di 4.90 metri, un terzo terreno dello spessore di 0.10 metri di sabbia limosa compatta, un quarto litotipo dello spessore di 0.70 metri costituito da ciottoli e ghiaia sabbiosa debolmente limosa nocciola, un quinto terreno dello spessore di 0.10 metri di limo sabbioso nocciola, un sesto litotipo dello spessore di 1.60 metri costituito da ciottoli e ghiaia sabbioso-limosa nocciola, un settimo terreno dello spessore di 0.10 metri di limo sabbioso nocciola con rari ciottoli, un ottavo litotipo dello spessore di 1.30 metri

costituito da ciottoli e ghiaia sabbioso-limosa nocciola, un nono terreno dello spessore di 0.10 metri di limo sabbioso nocciola con rari ciottoli, un decimo terreno dello spessore di 0.90 metri di limo sabbioso nocciola, e infine un undicesimo litotipo dello spessore di 2.0 metri costituito da ciottoli e ghiaia sabbioso-limosa nocciola. Il livello della falda acquifera era a circa -9.90 metri dal piano campagna.

Nel sondaggio n.3 si è riscontrato un primo terreno vegetale costituito da ciottoli con scarsa matrice sabbioso limoso di colore marrone dello spessore di 0.60 metri, un secondo terreno costituito da ciottoli e ghiaia sabbiosa debolmente limosa da grigio chiaro a nocciola dello spessore di 7.90 metri, un terzo terreno dello spessore di 1.50 metri costituito da ciottoli e ghiaia sabbiosa debolmente limosa nocciola, un quarto terreno dello spessore di 0.70 metri di limo sabbioso nocciola debolmente ghiaioso, un quinto terreno dello spessore di 1.0 metro di ghiaia sabbioso limosa, un sesto litotipo dello spessore di 0.60 metri costituito da limo debolmente sabbioso di colore nocciola, un settimo terreno dello spessore di 1.60 metri di ghiaia sabbioso limosa, e infine un ottavo terreno dello spessore di 1.10 metri di alternanze di limi sabbiosi nocciola e ghiaie sabbioso limose con qualche ciottolo. Il livello della falda acquifera era a circa -10.10 metri dal piano campagna.

Nel sondaggio n.4 si è riscontrato un primo terreno vegetale costituito da ciottoli con scarsa matrice sabbioso limoso di colore marrone dello spessore di 0.30 metri, un secondo terreno costituito da ciottoli e ghiaia sabbiosa dello spessore di 1.0 metro, un terzo terreno dello spessore di 0.20 metri di sabbia fine limosa debolmente ghiaiosa, un quarto terreno dello spessore di 0.70 metri di ciottoli e ghiaia sabbiosa debolmente limosa nocciola, un quinto terreno dello spessore di 0.20 metri di terreno limoso sabbioso grigio chiaro e debolmente ghiaioso, un sesto terreno dello spessore di 1.00 metro di ciottoli e ghiaia sabbiosa debolmente limosa, un settimo terreno dello spessore di 0.20 metri di sabbia grossa limosa grigia, un ottavo terreno dello spessore di 0.40 metri di sabbia limosa con ciottoli e ghiaia, un nono terreno dello spessore di 0.60 metri di limo nocciola chiaro con sabbia fine debolmente ghiaiosa e rari ciottoli, un decimo litotipo dello spessore di 0.30 metri di sabbia fine e limo nocciola chiaro debolmente ghiaiosi e con rari ciottoli e torba, un undicesimo litotipo dello spessore di 0.60 metri di sabbia fine limosa con intercalazioni ghiaiose, e infine un dodicesimo terreno dello spessore di 0.50 metri di limo nocciola con sabbia fine. Il livello della falda acquifera era a circa -1.00 metro dal piano campagna.

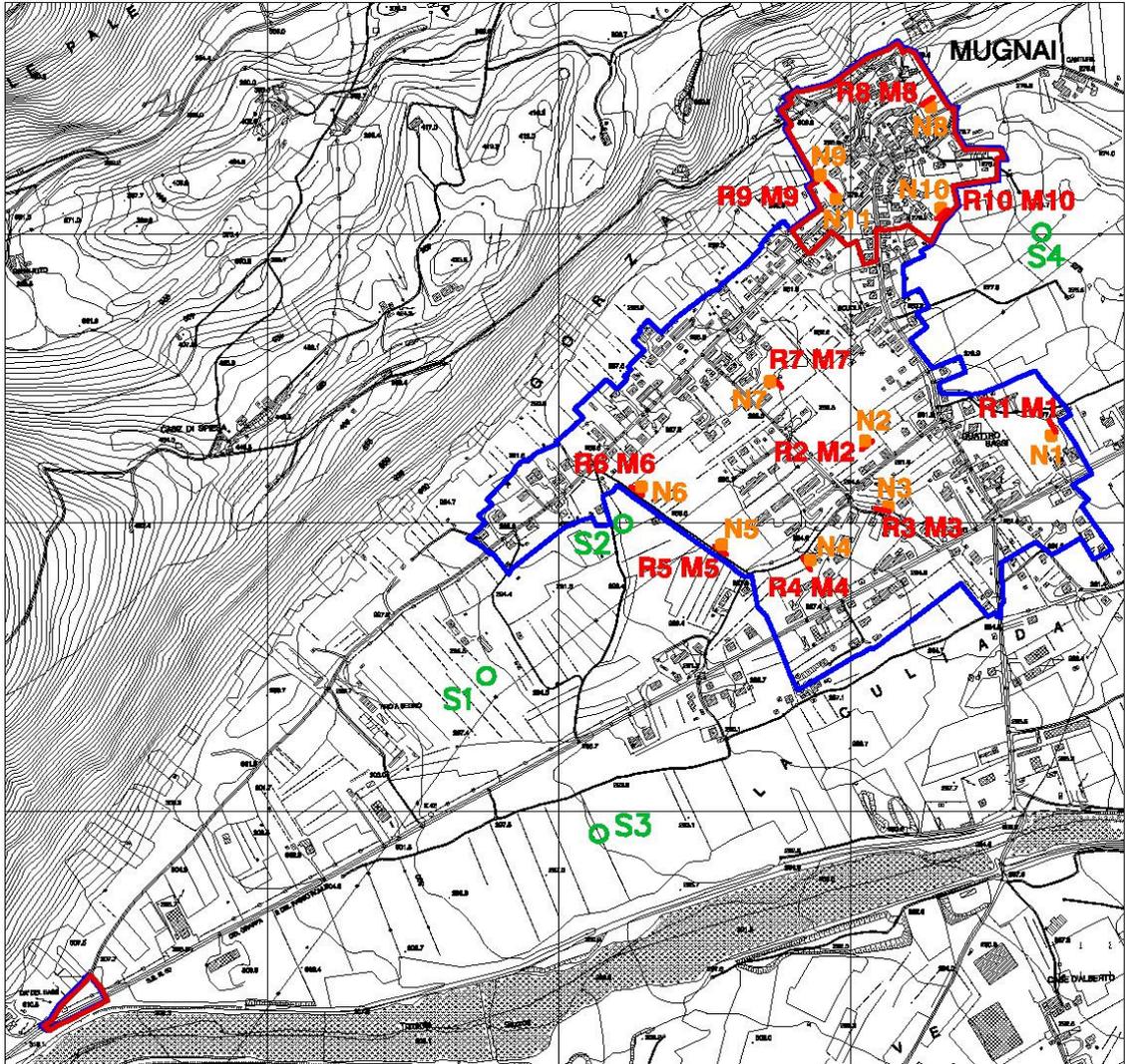


Tavola n. 2 : CARTA DELLE INDAGINI scala 1:10.000

- N1** ● - Prova di Nakamura (HVSR)
- R3 M3** / - Stendimenti Remi e Masw
- S1** ○ - Ubicazione Sondaggi
- Ambito di centro abitato
- Ambito degli interventi a progettazione puntuale

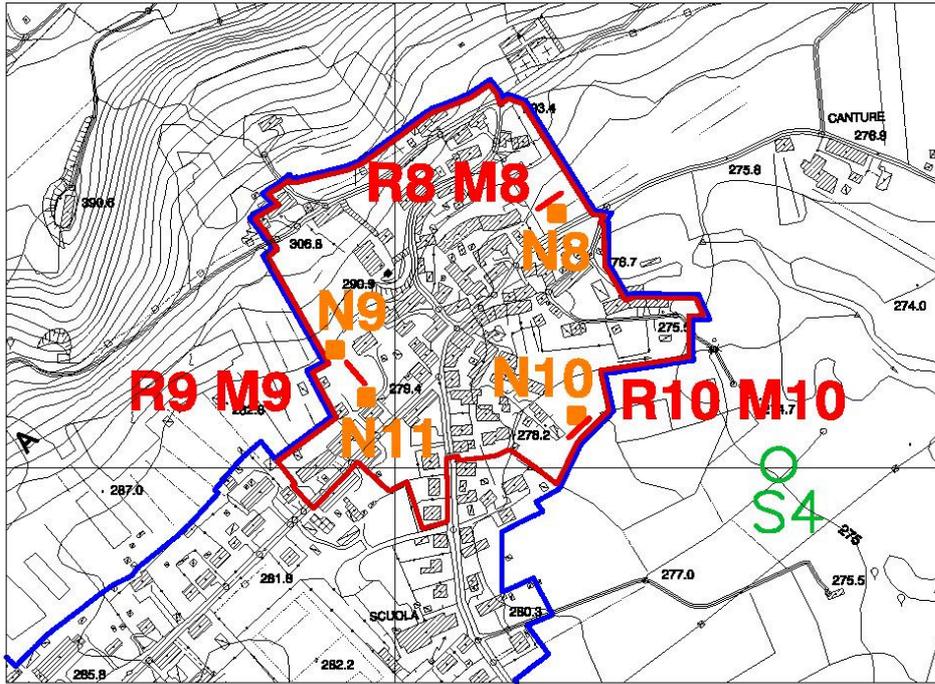


Tavola n. 2A : CARTA DELLE INDAGINI scala 1:5.000

N1 ■ - Prova di Nakamura (HVSR)

R3 M3 / - Stendimenti Remi e Masw

S1 ○ - Ubicazione Sondaggi

□ - Ambito di centro abitato

□ - Ambito degli interventi a progettazione puntuale

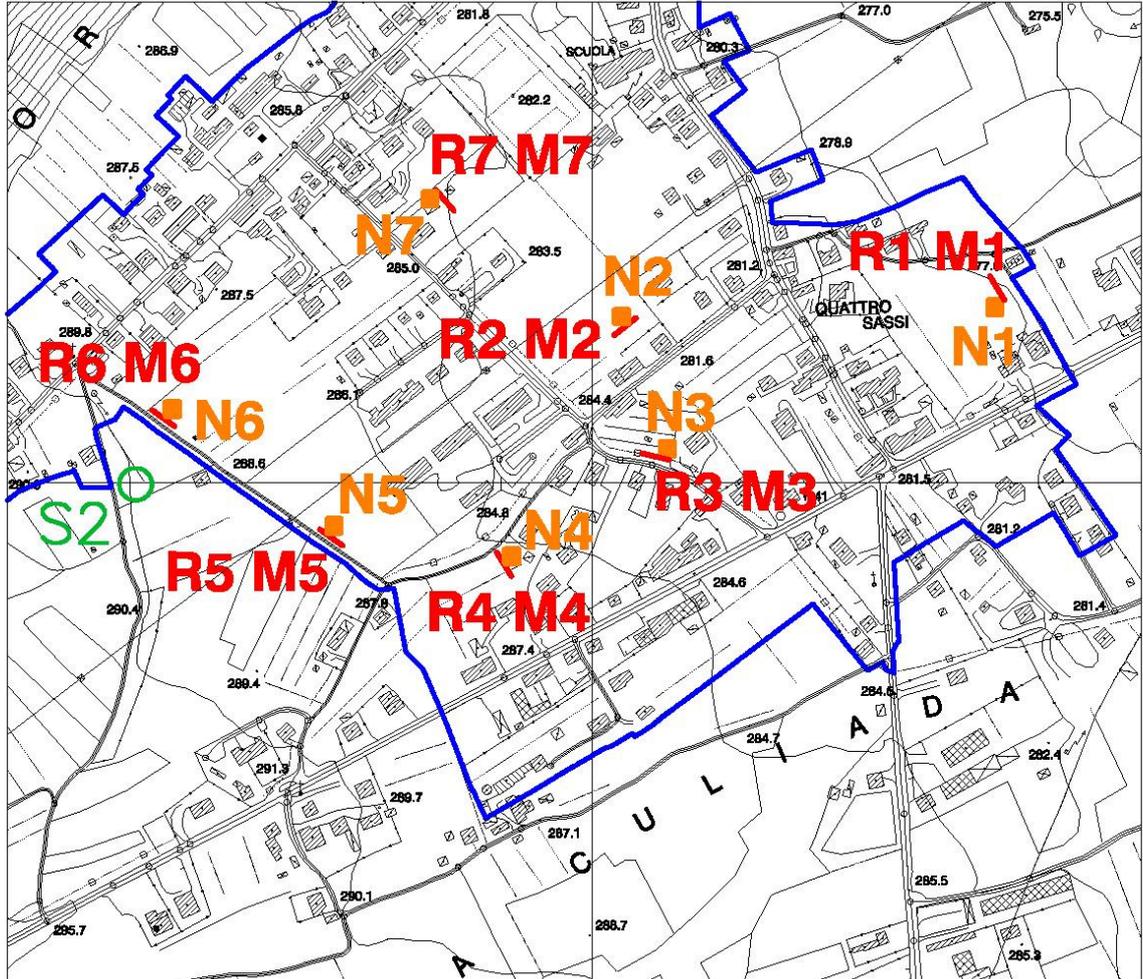


Tavola n. 2B : CARTA DELLE INDAGINI scala 1:5.000

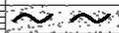
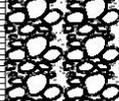
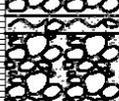
N1 ■ - Prova di Nakamura (HVSR)

R3 M3 ▭ - Stendimenti Remi e Masw

S1 ○ - Ubicazione Sondaggi

▭ - Ambito di centro abitato

▭ - Ambito degli interventi a progettazione puntuale

Committente: Amministrazione comunale di Feltre - BL		Sondaggio S1	
Località: MUGNAI		Quota p.c.: 295,126 m s.l.m.	Data: 11-12/12/2003
m da p.c.	stratigrafia	descrizione dei terreni	attrezzatura
1.0		Suolo agrario - sabbia con limo marrone scuro	 piezometro Ø= 3" a tubo aperto fessurato da -5,70 a -12,70
		Suolo agrario - sabbia con limo nocciola	
2.0		Ciottoli, ghiaia e sabbia debolmente limosi da grigio chiari a nocciola nelle frazioni più limose	
3.0			
4.0		Limo sabbioso nocciola con qualche ciottolo	
5.0			
6.0		Ciottoli, ghiaia e sabbia debolmente limosi da grigio chiari a nocciola nelle frazioni più limose	
7.0			
8.0			
9.0			
10.0		Ciottoli, ghiaia e sabbia limosi nocciola	
11.0			
12.0		Alternanze di limi sabbiosi nocciola e ghiale sabbioso - limose con qualche ciottolo	
13.0			
14.0		FINE SONDAGGIO	
15.0			
16.0			
17.0			
18.0			
19.0			
20.0			
		NOTE:	

Committente: Amministrazione comunale di Feltre - BL			Sondaggio S2	
Località: MUGNAI		Quota p.c.: 289,600 m s.l.m.	Data: 12/12/2003	
m da p.c.	stratigrafia	descrizione dei terreni	attrezzatura	I.s.
1.0		Suolo agrario - ciottoli in scarsa matrice sabbiosa e limosa marrone	piezometro Ø= 1,5" a tubo aperto fessurato da -2,70 a -11,70	
2.0				
3.0		Ciottoli, ghiaia e sabbia debolmente limosi da grigio chiari a nocciola nelle frazioni più limose		
4.0				
5.0		Sabbia limosa compatta		
6.0		Ciottoli, ghiaia e sabbia debolmente limosi nocciola Limo sabbioso nocciola		
7.0		Ciottoli, ghiaia e sabbia limosi nocciola		
8.0		Limo sabbioso nocciola con rari ciottoli		
9.0		Ciottoli, ghiaia e sabbia limosi nocciola		
10.0		Limo sabbioso nocciola con rari ciottoli Limo sabbioso nocciola		
11.0		Ciottoli, ghiaia e sabbia con limo nocciola		
12.0		FINE SONDAGGIO		
13.0				
14.0				
15.0				
16.0				
17.0				
18.0				
19.0				
20.0				
		NOTE: Prova Lefranc a carico costante eseguita tra 4 e 4,5 m		

Committente: Amministrazione comunale di Feltre - BL		Sondaggio S3	
Località: MUGNAI		Quota p.c.: 294,605 m s.l.m.	Data: 15 -16/12/2003
m da p.c.	stratigrafia	descrizione dei terreni	attrezzatura
1.0		Suolo agrario - ciotoli in scarsa matrice sabbiosa e limosa marrone	piezometro Ø= 1,5" a tubo aperto fessurato da -3,00 a -12,00
2.0		Ciotoli, ghiaia e sabbia debolmente limosi da grigio chiari a nocciola nelle frazioni più limose	
3.0			
4.0			
5.0			
6.0			
7.0			
8.0			
9.0		Ciotoli, ghiaia e sabbia limosi nocciola	
10.0		Limo sabbioso nocciola debolmente ghiaioso	
11.0		Ghiaia sabbiosa e limosa	
12.0		Limo debolmente sabbioso nocciola	
13.0		Ghiaia sabbiosa e limosa	
14.0		Alternanze di limi sabbiosi nocciola e ghiaie sabbioso - limose con qualche ciottolo	
15.0		FINE SONDAGGIO	
16.0			
17.0			
18.0			
19.0			
20.0			
		NOTE:	

Committente: Amministrazione comunale di Feltre - BL			Sondaggio S4	
Località: MUGNAI		Quota p.c.: 276,685 m s.l.m.	Data: 15/12/2003	
m da p.c.	stratigrafia	descrizione dei terreni	attrezzatura	I.s.
1.0		Suolo agrario - ciottoli in scarsa matrice sabbiosa e limosa marrone Clottoli, ghiala e sabbia	piezometro Ø= 1,5" a tubo aperto fessurato da -2,70 a -5,70 	
2.0		Sabbia fine limosa debolmente ghialosa Clottoli, ghiala e sabbia debolmente limosi (limo nocciola) Limo sabbioso grigio chiaro, debolmente ghialoso		
3.0		Clottoli, ghiala e sabbia debolmente limosi Sabbia grossa limosa (limo grigio) Sabbia limosa con ciottoli e ghiaia (limo grigio)		
4.0		Limo nocciola chiaro con sabbia fine debolmente ghiaiosi e con rari ciottoli		
5.0		Sabbia fine con limo nocciola chiaro debolmente ghialosi e con rari ciottoli e torba		
6.0		Sabbia fine limosa con intercalazioni ghiaiose Limo nocciola con sabbia fine FINE SONDAGGIO		
7.0				
8.0				
9.0				
10.0				
11.0				
12.0				
13.0				
14.0				
15.0				
16.0				
17.0				
18.0				
19.0				
20.0				
		NOTE: Prova Lefranc a carico variabile eseguita tra 4 e 4,5 m		

4.2 Prove geofisiche

Per ottenere la caratterizzazione del sottosuolo ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, la normativa prevede il calcolo del parametro V_{s30} , indicando come metodologia di elezione la misura della velocità delle onde di taglio ed in subordine la prova SPT e, nei mezzi coesivi, il valore della c_u . Detto parametro si calcola attraverso la relazione:

$$V_{s30} = 30 / \sum_{i=1, N} h_i / V_i$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i esimo per un totale di N strati presenti nei 30 metri superiori. Si ricorda che la velocità delle onde di taglio (V_s) è quella che meglio di ogni altro parametro fisico caratterizza i materiali dal punto di vista del loro comportamento meccanico.

In modo più coerente con le caratteristiche dei processi fisici responsabili dei fenomeni di amplificazione del moto sismico, le "Linee Guida per la Microzonazione Sismica - 2008" hanno individuato (per la definizione di carte di II livello) parametri dinamici simili ma con importanti differenze in merito:

- Andamento della velocità delle onde S (V_s) fino al basamento, ovvero fino alla profondità alla quale le velocità $V_s > 800$ m/sec: questa informazione viene utilizzata per dedurre il valore medio di V_s fino al basamento sismico.
- In assenza di questa informazione, valore del periodo proprio (frequenza di risonanza) delle coperture, accompagnato da una stima affidabile della profondità del substrato geologico, oppure da una stima della velocità media V_{SH} delle onde S fino al primo contrasto significativo nei valori di impedenza sismica, purchè questo corrisponda ad un transazione brusca ad un substrato da $V_s > 600$ m/sec.

Sono stati perciò realizzati dieci profili ReMi e dieci MASW, e undici test di Nakamura (HVSR) per la misura della curva di risposta elastica del terreno ovvero per i seguenti obiettivi:

- ricostruire la stratigrafia sismica del sottosuolo;
- stimare il profilo della velocità delle onde di taglio (V_s) per fornire indicazione della categoria di suolo di fondazione secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 14.01.2008);

- caratterizzare le frequenze fondamentali di risonanza del sottosuolo.

Il tipo di stratigrafia che le tecniche di sismica effettuate possono restituire si basa sul contrasto d'impedenza. Per strato s'intende un'unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto d'impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

I punti di misura a stazione singola e gli stendimenti sismici, sono rappresentati in TAV 2, 2A e 2B. Quelle a stazione singola (HVSR) sono state effettuate ponendo il Nord strumentale secondo il Nord magnetico. Nella elaborazione dei dati, si eseguono prima gli array (ReMi e MASW), in quanto servono da vincolo per l'inversione delle curve H/V, derivanti dalle prove a stazione singola (HVSR). Si sottolinea che le tecniche in array, si fondano sull'assunto di sottosuolo a strati piani e paralleli; questo è un requisito fondamentale per l'inversione dei dati sperimentali. Al fine di verificare se l'assunto sia o meno soddisfatto è buona norma effettuare alcune registrazioni a stazione singola in punti diversi lungo lo stendimento, o ripetere le misure ReMi lungo altre direzioni e confrontare le curve di dispersione ottenute.

4.2.1 Indagine sismica mediante la tecnica "MASW"

Il metodo d'indagine MASW, basato su un'energizzazione sismica artificiale del suolo e sull'analisi spettrale delle onde di Rayleigh presenti nel segnale, consente di ricostruire il modello sismostratigrafico del sottosuolo. La propagazione delle onde, nel caso di mezzi stratificati e trasversalmente isotropi, avviene in maniera diversa rispetto al caso di mezzi omogenei, non esiste più un'unica velocità, ma ogni frequenza è caratterizzata da una diversa velocità di propagazione, a sua volta legata alle varie lunghezze d'onda che interessano il terreno a diverse profondità e che risultano influenzate dalle caratteristiche elastiche. Questo comportamento viene definito "dispersione" ed è fondamentale nello sviluppo dei metodi sismici che utilizzano le onde di superficie.

Le lunghezze d'onda più grandi corrispondono alle frequenze più basse e vanno a interessare il terreno più in profondità, quelle più piccole, che sono associate alle frequenze più alte, rimangono nelle immediate vicinanze alla superficie. Lo studio dello spettro della velocità derivante dall'analisi di un sismogramma registrato, consente di definire la "curva di dispersione" che associa ad ogni frequenza la velocità di propagazione dell'onda. Tale curva è estraibile (picking) dallo spettro del segnale, poiché essa approssimativamente posa sui massimi del valore assoluto dello spettro.

In particolare, utilizzando specifiche tecniche di analisi spettrale risulta possibile identificare non solo il modo di vibrazione fondamentale, ma anche gli eventuali modi superiori e definire le curve di dispersione. Queste curve andranno interpretate ed invertite, per ricavare informazioni utili sul profilo di velocità nel sottosuolo. La profondità d'investigazione dipende dalla massima lunghezza d'onda misurata, questa determina la massima profondità di esplorazione. A parità di velocità di propagazione "V_R" la lunghezza d'onda (L) dipende dalla frequenza (f) di vibrazione considerata $L = V_R / f$. Quindi la massima lunghezza d'onda misurabile dipende dalla minima frequenza osservabile. L'esperienza mostra che le sorgenti artificiali risultano povere delle basse frequenze, in pratica, scendere sotto i 10 Hz è assai difficile e implica che lunghezze d'onda maggiori di 40-50 metri (e quindi h>30 metri) sono difficilmente utilizzabili con sorgenti artificiali. Una stima conservativa della profondità d'investigazione indica un valore pari a circa 1/3-1/2 della massima lunghezza d'onda misurabile, quindi la profondità massima raggiungibile è dell'ordine della grandezza delle dimensioni dello stendimento. Per superare questo problema si utilizzano le sorgenti e/o vibrazioni naturali o antropiche (tecniche passive, esempio ReMi – HVSR). La tecnica MASW sottintende un metodo interpretativo indiretto attraverso il quale, a partire dalla curva di dispersione rilevata, si arriva al modello di stratificazione del terreno con i relativi parametri sismici. La procedura è articolata in tre passi successivi:

- acquisizione, registrazione e analisi dei dati sismici, contenenti le onde di Rayleigh per un intervallo sufficientemente ampio di frequenze;
- individuazione sullo spettro, della curva di dispersione funzione delle caratteristiche geosismiche del terreno;
- inversione, ovvero reiterazioni successive per la definizione di un modello geosismico finale, le cui caratteristiche (densità e V_s) meglio si approssimano a quelle reali.

Dal punto di vista esecutivo, le acquisizioni sono state effettuate con stendimenti lineari, in cui i geofoni sono collocati su una linea retta, ad una distanza reciproca costante, determinata dalle condizioni geologiche e logistiche. E' importante che non vi siano variazioni stratigrafiche laterali nell'ambito della lunghezza dello stendimento e che lo stesso non subisca brusche variazioni di quota. La sorgente è stata posizionata esternamente allo stendimento (prima del primo geofono G1), e sempre in asse con esso.

Per l'acquisizione di questo tipo di dati è stato utilizzato il software SoilSpy Rosina.

Operativamente sono stati realizzati dieci stendimenti (v. Tav. 2, 2A e 2B) e utilizzati geofoni a bassa frequenza (4,5 Hz), con spaziatura di tre metri, la lunghezza dell'array è di 24 metri. Nello studio del sito in questione è stata adottata la tecnica sopradescritta e l'elaborazione dei dati è stata facilitata dall'uso di un software dedicato denominato *Grilla*.

4.2.2 Indagine sismica mediante la tecnica dei microtremori “ReMi”

Le tecniche correntemente usate per la stima della velocità di taglio per caratterizzare un sito sotto il profilo della risposta sismica sono troppo costose per essere impiegate come indagine di routine negli studi di microzonazione. In particolare esse richiedono l'adozione di sorgenti di elevata energia per essere significative in ambienti rumorosi, come quelli urbani, o registratori indipendenti da disporre in estesi stendimenti.

La tecnica qui adottata (ReMi = Refraction Microtremor) si basa sulla constatazione che le registrazioni del rumore di fondo ambientale, fatte con uno stendimento sismico “tradizionale” per rifrazione, possono essere utilizzate, con un opportuno trattamento numerico, per stimare la velocità delle onde di taglio V_s fino a profondità che possono essere superiori a 100 metri con una precisione del 20%. Questa metodologia studiata e sperimentata da J.N. Louie del Seismological Laboratory and Dept. Of Geological Sciences dell'Università del Nevada, si basa su due idee cardine, la prima delle quali è quella che molti sistemi di acquisizione di sismica a rifrazione (con dinamica a 24 bit) sono in grado di registrare onde di superficie con frequenze fino a 2 Hz, la seconda è quella che una semplice trasformata bidimensionale ($p-f$) *slowness* ($1/velocità$) – *frequenza* della registrazione di un rumore di fondo (*microtremor*) è in grado di separare le onde di Rayleigh da altri tipi di onde che compongono il sismogramma rendendo possibile il riconoscimento delle vere velocità di fase dalle velocità apparenti.

Il profilo verticale delle V_s può essere ricavato per inversione monodimensionale o per modellazione diretta della velocità di fase delle onde di superficie (Rayleigh e/o Love) (Dorman e Ewing, 1962). Le onde di Rayleigh (1885) costituiscono un particolare tipo di onde di superficie che si trasmettono sulla superficie libera di un mezzo isotropo e omogeneo e sono il risultato dell'interferenza tra onde di pressione (P-waves) e di taglio verticali (Sv-waves).

Tali onde sono presenti in natura e sono conosciute con il termine di microtremori. Possono venire accuratamente captate ed analizzate nei loro contenuti cromatici ed energetici con un array geometrico lineare simile a quelli utilizzati nella prospezione

sismica classica. In un mezzo stratificato queste onde sono di tipo guidato e dispersivo e vengono definite pseudo-Rayleigh.

La dispersione è un fenomeno indotto dalla deformazione del treno d'onda che produce una variazione di propagazione di velocità con la frequenza. Le componenti a frequenza minore penetrano più in profondità rispetto a quelle a frequenza maggiore, per un dato modo, e presentano normalmente più elevate velocità di fase.

Le registrazioni ottenute sono state analizzate con la seguente metodologia:

- 1) la traccia originaria di circa dieci minuti di durata viene suddivisa in finestre di 10 secondi;
- 2) su ciascuna finestra viene eseguito lo slant-stack per valori diversi di V_s e la trasformata di Fourier, ottenendo così un diagramma “velocità di fase dell'onda di Rayleigh” – “frequenza”, il cui massimo energetico indica la curva di dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh. Poiché la direzione prevalente (se esiste) delle sorgenti di microtremore non è individuabile in modo univoco da uno stendimento lineare, per evitare di restituire la velocità apparente, il picking della curva di dispersione nei grafici a contouring va effettuato al di sotto della fascia di massima energia.
- 3) Si conservano le sole finestre utili (eliminando quindi quelle in cui compaiono eventualmente solo modi superiori).
- 4) Si produce una curva di dispersione media che può essere invertita tramite confronto con una curva di dispersione teorica derivante da un modello di sottosuolo che va modificato fino ad ottenere una buona somiglianza tra curva sperimentale e teorica.

Per l'acquisizione di questo tipo di dati è stato utilizzato il software SoilSpy Rosina.

Operativamente sono stati realizzati dieci stendimenti (v. Tav. 2, 2A e 2B) e utilizzati geofoni a bassa frequenza (4,5 Hz), con spaziatura di tre metri, la lunghezza dell'array è di 24 metri. Nello studio del sito in questione è stata adottata la tecnica sopradescritta e l'elaborazione dei dati è stata facilitata dall'uso di un software dedicato denominato *Grilla*.

4.2.3 Indagine sismica passiva con tecnica “HVSR” (Horizontal Vertical Spectra Ratio) a stazione singola

La tecnica di indagine adottata a supporto di questo studio è conosciuta come *metodo di Nakamura* (1989), dal nome dello scienziato giapponese che l'ha messa a punto, parte dal presupposto che:

1. Il rumore ambientale è generato da riflessioni e rifrazioni di onde di taglio con gli strati superficiali e dalle onde di superficie;
2. Le sorgenti di rumore superficiale non interessano il rumore ambientale alla base di una struttura non consolidata;
3. Gli strati soffici non amplificano la componente verticale del rumore ambientale: questo è composto da onde di superficie tipo Rayleigh generate dall'interazione del vento con le strutture, dal traffico e da altre attività urbane.

Le funzioni di trasferimento **SE** e **AS** che sono rispettivamente l'effetto intrinseco di sito e l'effetto della singola onda Rayleigh possono essere definite come:

$$SE=Hs/Hb \quad AS=Vs/Vb$$

dove **H** e **V** sono gli spettri per le componenti orizzontali e verticali delle registrazioni di rumore ambientale alla superficie (s) o al top del basamento rigido.

Gli effetti di sito, che non comprendono il contributo della sorgente, sono definiti da **SM** come:

$$SM= Se/As \Leftrightarrow SM=HsVb/VsHb$$

Nakamura e Theodulidis *et al.* (1996) hanno dimostrato che gli spettri delle componenti verticali (Vb) e orizzontali (Hb) sono equivalenti al top del basamento rigido:

$$\text{Se } Hb/Vb = 1 \text{ allora } SM= Hs/Vs$$

Alla fine quindi, gli effetti di sito **SM** (ampiezza del rapporto spettrale) possono essere espressi come *rapporto spettrale delle componenti orizzontali e verticali del rumore ambientale alla superficie del suolo*. In conclusione questa affermazione implica che **una stima della risposta del terreno in un determinato sito può essere ottenuta con un singolo sismometro a tre componenti**. Esperienze di campagna hanno dimostrato che registrazioni di una quindicina di minuti per sito sono sufficienti per fornire risultati stabili nei differenti contesti urbani.

Dalle registrazioni del rumore sismico ambientale in campo libero, sono state ricavate le curve H/V, con i seguenti parametri:

- larghezza delle finestre d'analisi 20 secondi;
- lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale;
- rimozione dei transienti sulla serie temporale degli H/V.

Le curve H/V possono essere convertite dal dominio H/V – frequenza, al dominio V_s – profondità, tramite inversione vincolata. Nel caso presente il vincolo è fornito dalla V_s del primo strato riferita dalle indagini in array. Più in generale il vincolo è costituito dalla profondità di un riflettore sismico nota tramite prove dirette (sondaggio/ penetrometria / geofisica indipendente) il cui marker sia riconoscibile nelle curve H/V. A partire da questo elemento noto si genera una serie di modelli sintetici (che contemplano la propagazione delle onde di Rayleigh e di Love nel modo fondamentale e superiori in sistemi multistrato) e si considera per buono il modello teorico più vicino alle curve sperimentali.

4.2.4 Analisi delle risultanze

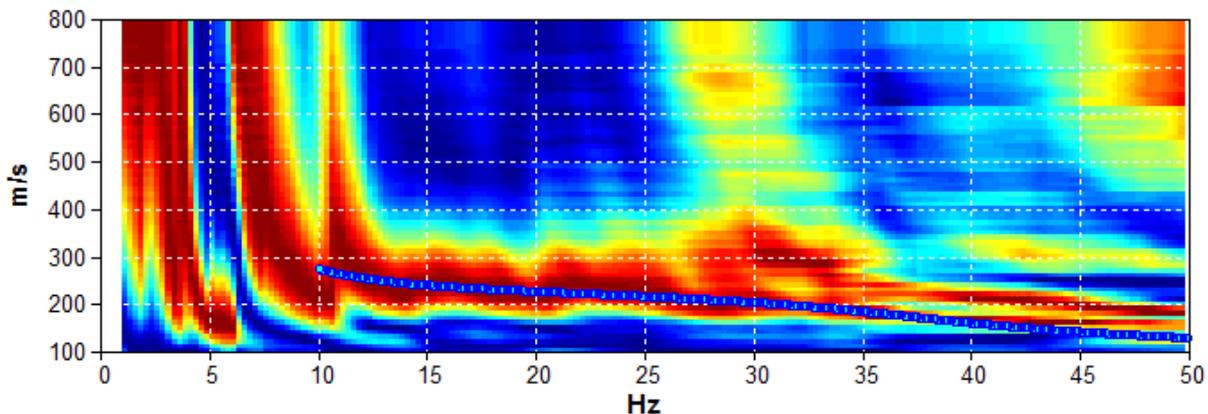
Sono state eseguite misure geofisiche MASW, ReMI, HVSR in dieci siti, in corrispondenza soprattutto alle nuove aree di espansione urbanistica.

L'inversione delle curve di dispersione è stata effettuata congiuntamente a quella delle curve H/V, pertanto il modello di Vs per ciascun sito sarà quello che ha dato il miglior "fit" con le curve di dispersione MASW, ReMi e H/V.

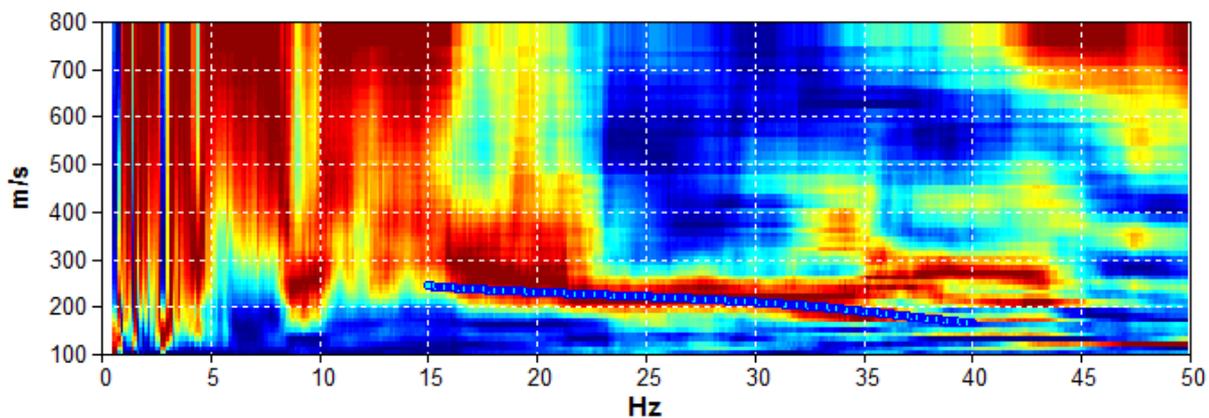
4.2.4.1 Sito n.1 Via Culiarda località "Quattro Sassi"

Nel sito in esame è stata eseguita una misura MASW, una ReMI, e una HVSR. Negli array sono stati dispiegati nove geofoni ad intervalli di tre metri, per circa dieci minuti alla frequenza di campionamento di 512 Hz e analizzato su finestre di 10 secondi di lunghezza.

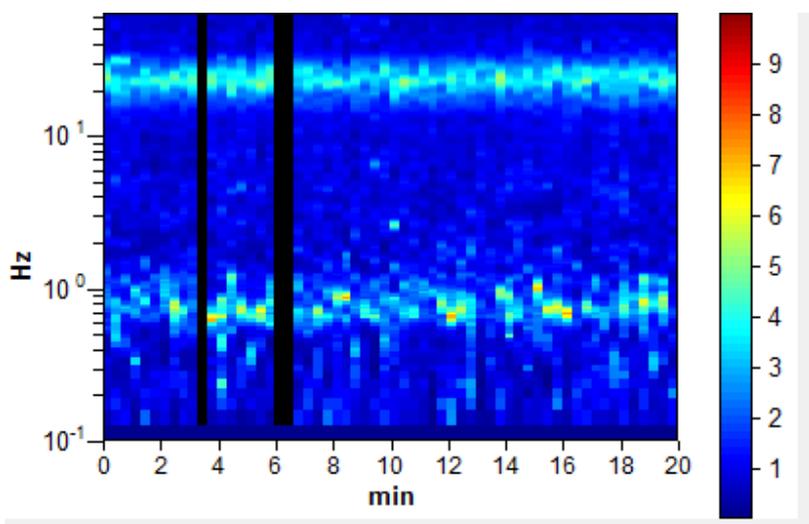
L'esito dell'analisi ReMi e MASW è rappresentato dal contouring a colori. La curva di dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh nel modo fondamentale della MASW risulta ben visibile nell'intervallo tra circa 12 e 40 Hz, mentre quella della ReMi da circa 15 a 40 Hz.



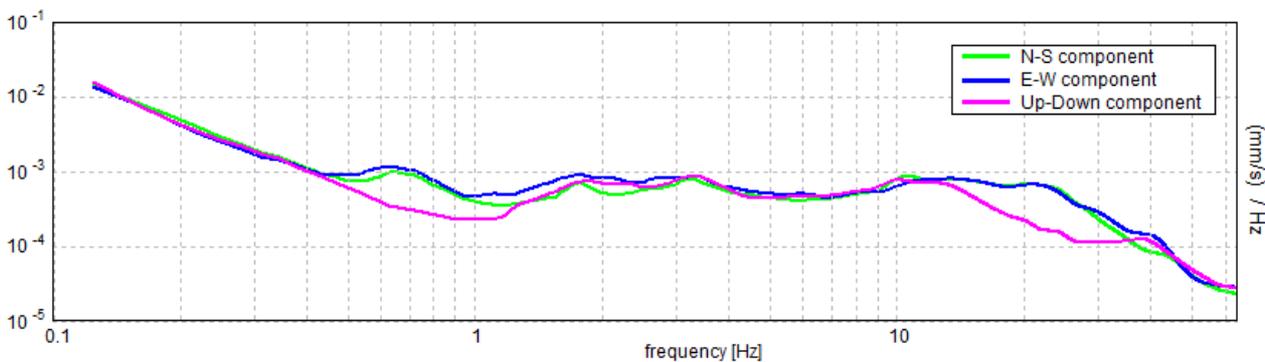
Spettro MASW



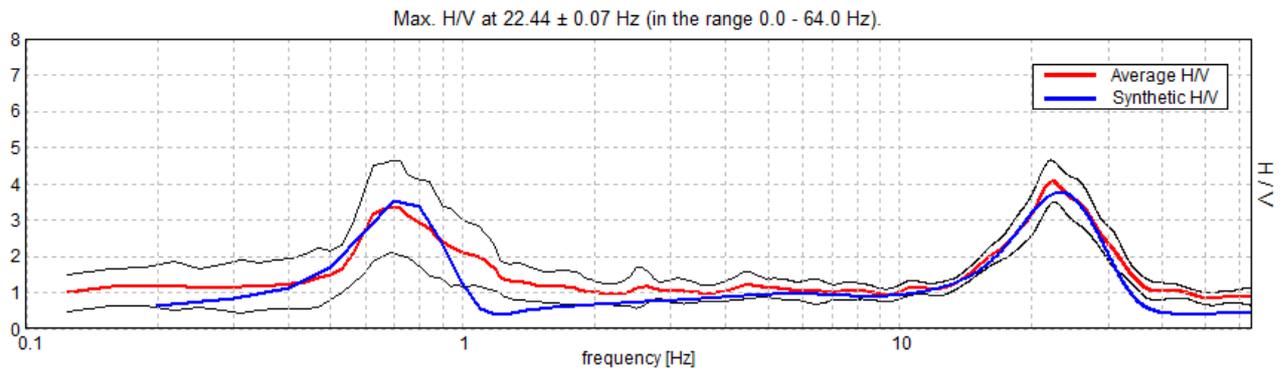
Spettro ReMi



HVSR stability



Spettri di ampiezza in velocità delle singole componenti del moto



Confronto tra curva H/V sperimentale (rosso) e teorica (blu)

La curva H/V presenta due frequenze evidenti di risonanza: una a 0.7 Hz, e un'altra a 22 Hz. Tutte e due sono significative dal punto di vista della microzonazione sismica, tuttavia quella da 22 Hz è esterna ai limiti d'interesse , stabilito da 0.1 a 20 Hz.

Il modello di sottosuolo ottenuto congiuntamente dalle indagini array (strati superficiali) e a stazione singola è il seguente:

Spessore degli strati (metri)	Vs (m/sec)
0.9	110
1.0	180
10	280
123	380
substrato	910

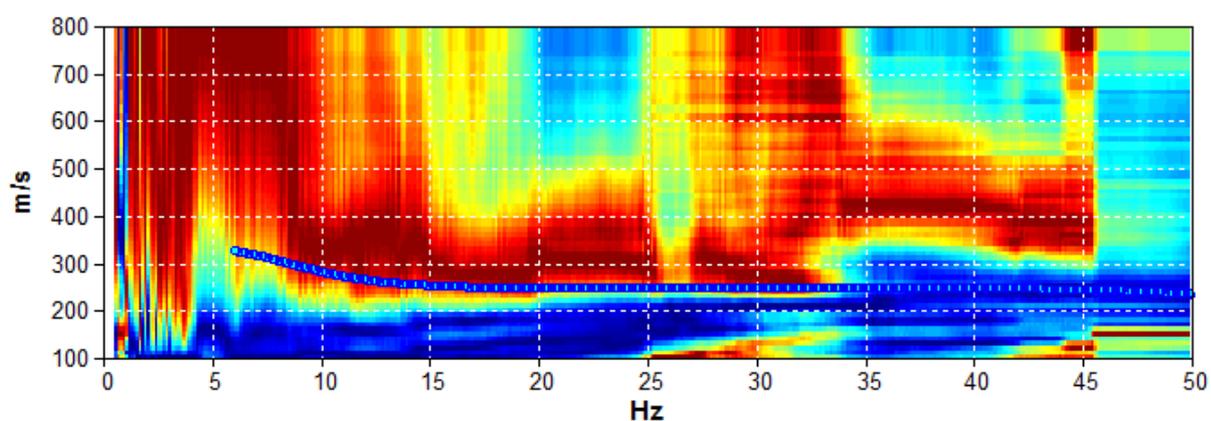
La Vs₃₀ (velocità media delle onde di taglio dei primi 30 metri) calcolata ai sensi del DM 14.01.2008 è di 318 m/sec (incertezza dell'ordine del 20%). La categoria di suolo di fondazione per il sito in esame è **C**.

4.2.4.2 Sito n.2 Via Grave zona Est

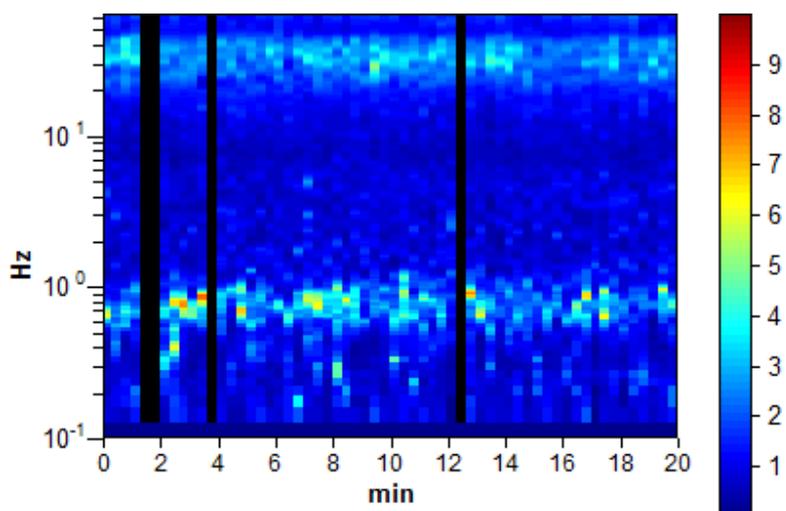
Nel sito in esame è stata eseguita una misura MASW, una ReMI, e una HVSR. Negli array sono stati dispiegati nove geofoni ad intervalli di tre metri, per circa dieci minuti alla frequenza di campionamento di 512 Hz e analizzato su finestre di 10 secondi di lunghezza.

L'analisi della MASW risulta molto disturbata a causa di numerosi disturbi antropici provenienti dall'area circostante, per cui non è stato possibile interpretarla.

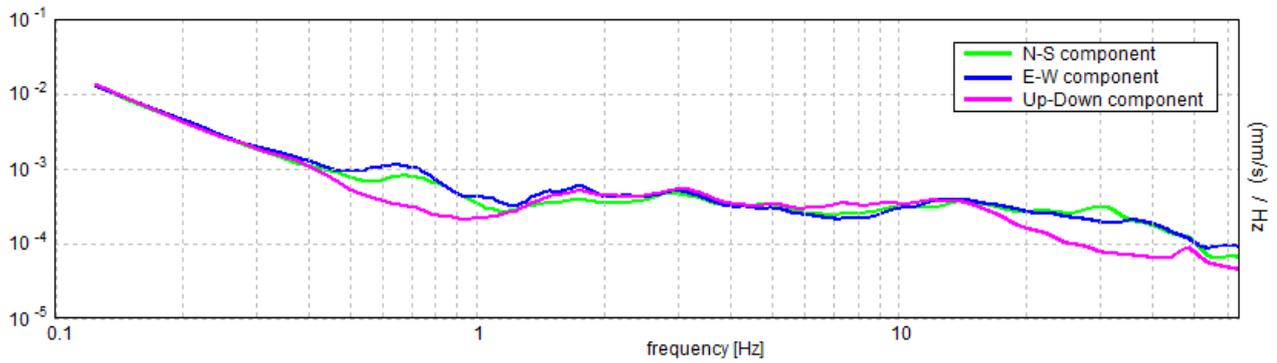
La curva di dispersione risulta invece meglio leggibile nella prova ReMi ed è vincolabile con maggiore precisione grazie alla prova H/V. La curva di dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh nel modo fondamentale risulta ben visibile nell'intervallo tra circa 10 e 35 Hz.



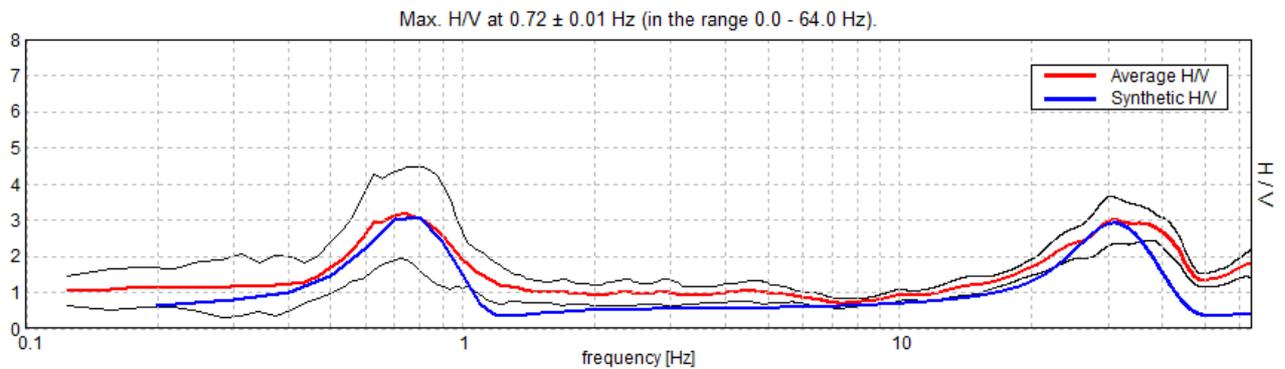
Spettro ReMi



HVSr stability



Spettri di ampiezza in velocità delle singole componenti del moto



Confronto tra curva H/V sperimentale (rosso) e teorica (blu)

La curva H/V presenta due frequenze evidenti di risonanza: una a 0.7 Hz, e un'altra nell'intervallo 30-38 Hz. Tutte e due sono significative dal punto di vista della microzonazione sismica, tuttavia quella da 30-38 Hz è esterna ai limiti d'interesse, stabilito da 0.1 a 20 Hz.

Il modello di sottosuolo ottenuto congiuntamente dall'indagine array (strati superficiali) e a stazione singola è il seguente:

Spessore degli strati (metri)	Vs (m/sec)
1.1	140
2	340
9	270
116	380
substrato	900

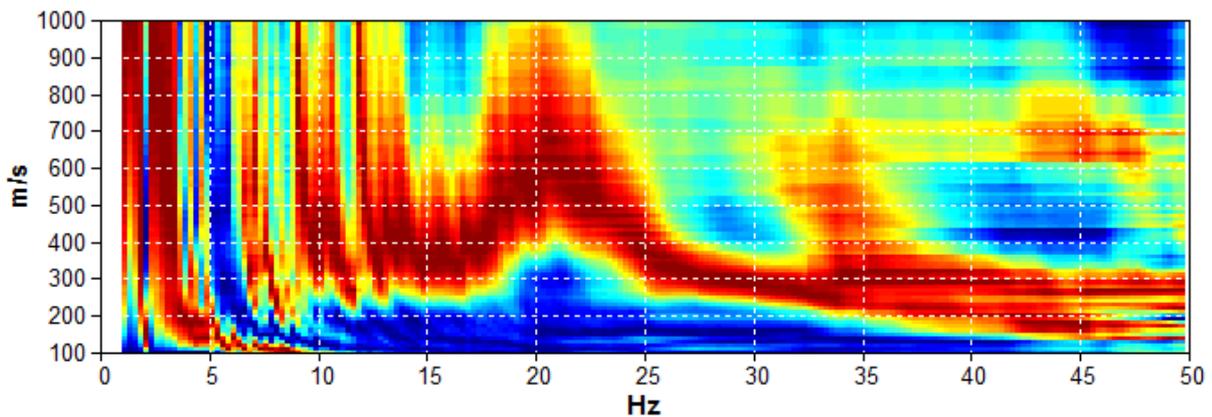
La V_{s30} (velocità media delle onde di taglio dei primi 30 metri) calcolata ai sensi del DM 14.01.2008 è di 320 m/sec (incertezza dell'ordine del 20%). La categoria di suolo di fondazione per il sito in esame è **C**.

4.2.4.3 Sito n.3 Via Grande

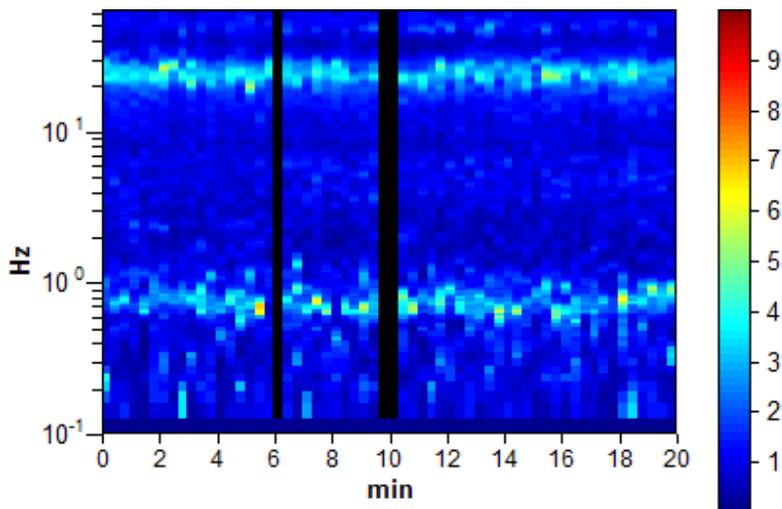
Nel sito in esame è stata eseguita una misura MASW, una ReMI, e una HVSR. Negli array sono stati dispiegati nove geofoni ad intervalli di tre metri, per circa dieci minuti alla frequenza di campionamento di 512 Hz e analizzato su finestre di 10 secondi di lunghezza.

L'analisi della ReMI risulta molto disturbata a causa di numerosi disturbi antropici provenienti dall'area circostante, per cui non è stato possibile interpretarla.

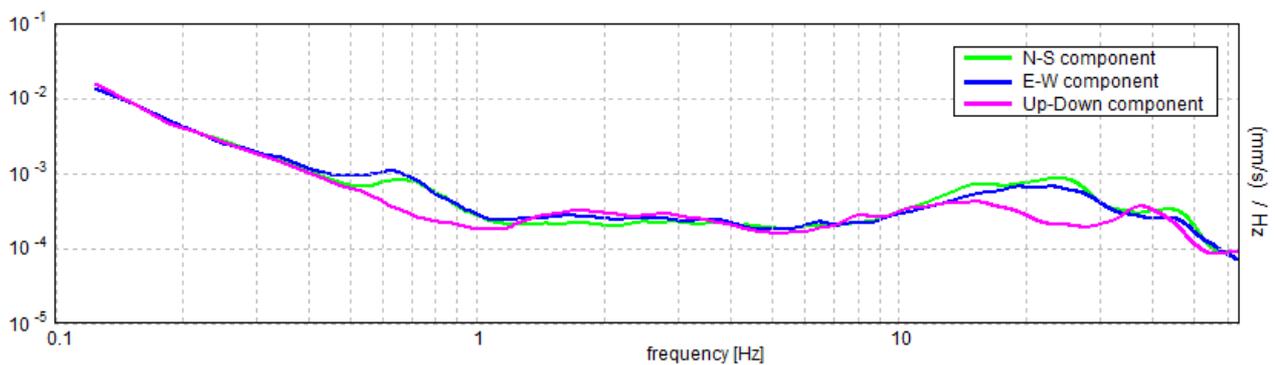
La curva di dispersione risulta invece meglio leggibile, ma solo ad alte frequenze, nella prova MASW ed è vincolabile con maggiore precisione grazie alla prova H/V. La curva di dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh nel modo fondamentale risulta ben visibile nell'intervallo tra circa 25 e 45 Hz.



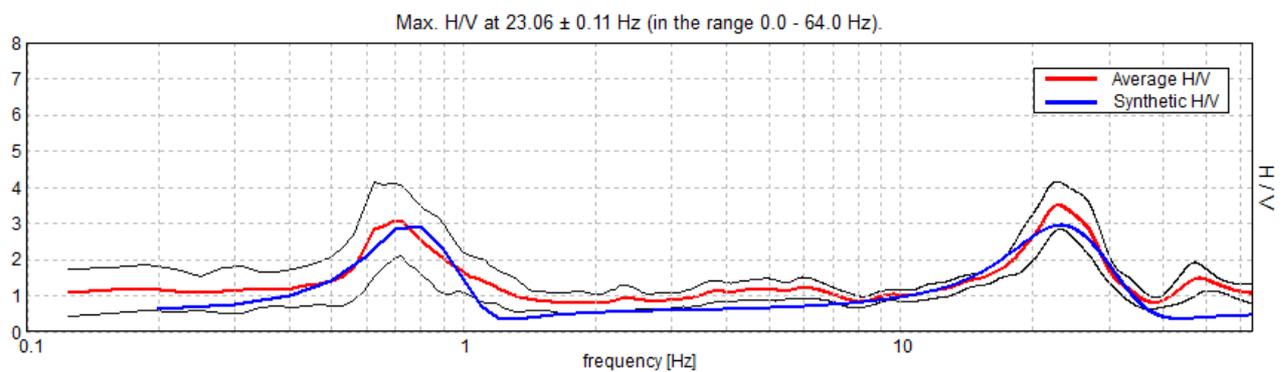
Spettro MASW



HVSR stability



Spettri di ampiezza in velocità delle singole componenti del moto



Confronto tra curva H/V sperimentale (rosso) e teorica (blu)

La curva H/V presenta due frequenze evidenti di risonanza: una a 0.7 Hz, e un'altra a 24 Hz. Tutte e due sono significative dal punto di vista della microzonazione sismica, tuttavia quella a 24 Hz è esterna ai limiti d'interesse, stabilito da 0.1 a 20 Hz.

Il modello di sottosuolo ottenuto congiuntamente dall'indagine array (strati superficiali) e a stazione singola è il seguente:

Spessore degli strati (metri)	Vs (m/sec)
1.6	140
4.3	370
119	340
substrato	910

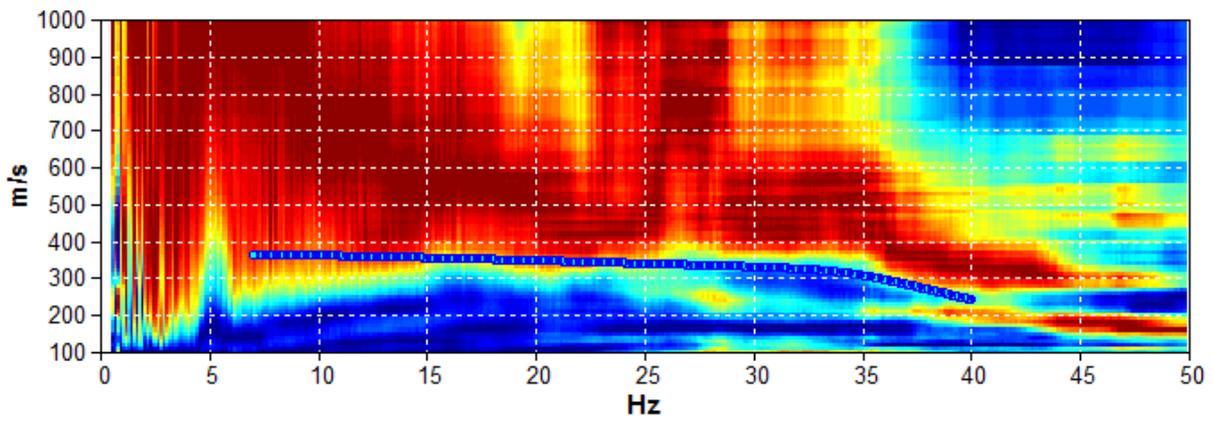
La Vs₃₀ (velocità media delle onde di taglio dei primi 30 metri) calcolata ai sensi del DM 14.01.2008 è di 319 m/sec (incertezza dell'ordine del 20%). La categoria di suolo di fondazione per il sito in esame è **C**.

4.2.4.4 Sito n.4 Via Grave zona Ovest

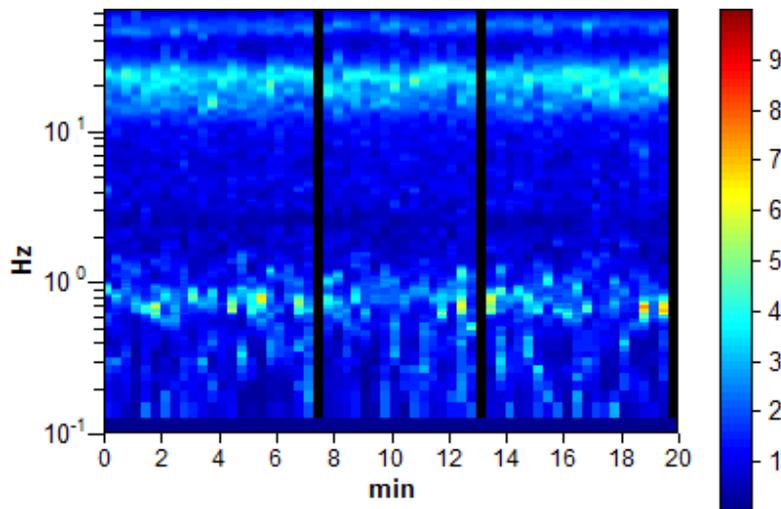
Nel sito in esame è stata eseguita una misura MASW, una ReMI, e una HVSR. Negli array sono stati dispiegati nove geofoni ad intervalli di tre metri, per circa dieci minuti alla frequenza di campionamento di 512 Hz e analizzato su finestre di 10 secondi di lunghezza.

L'analisi della MASW risulta molto disturbata a causa di numerosi disturbi antropici provenienti dall'area circostante, per cui non è stato possibile interpretarla.

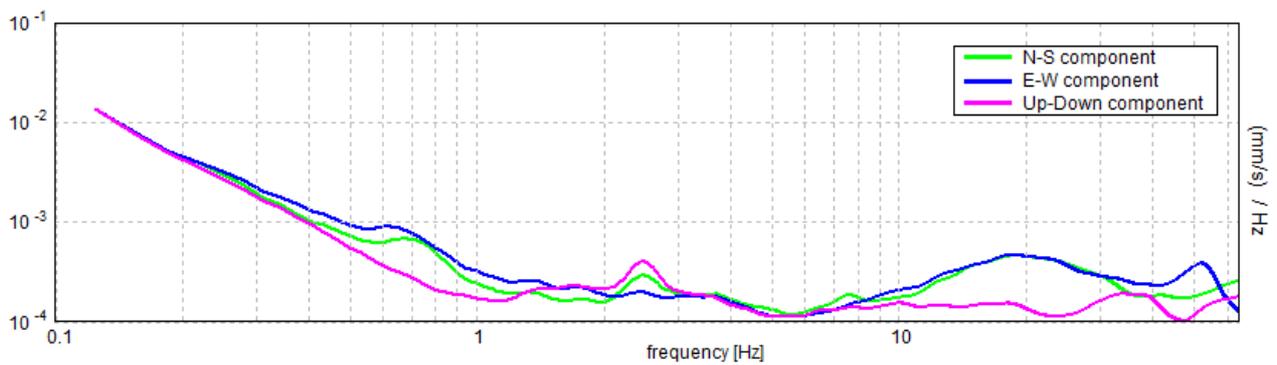
La curva di dispersione risulta invece meglio leggibile nella prova ReMi, ed è vincolabile con maggiore precisione grazie alla prova H/V. La curva di dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh nel modo fondamentale risulta visibile nell'intervallo tra circa 10 e 40 Hz.



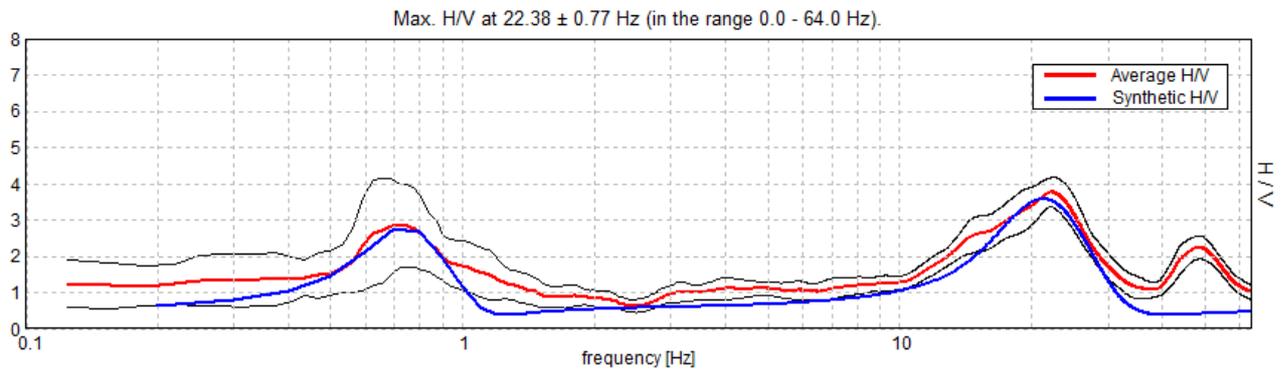
Spettro ReMi



HVSR stability



Spettri di ampiezza in velocità delle singole componenti del moto



Confronto tra curva H/V sperimentale (rosso) e teorica (blu)

La curva H/V presenta frequenze evidenti di risonanza: una a 0.7 Hz, una seconda a 22 Hz e una terza a 45 Hz. Tutte e tre sono significative dal punto di vista della microzonazione sismica, tuttavia quelle a 22 e a 45 Hz sono esterne ai limiti d'interesse, stabilito da 0.1 a 20 Hz.

Il modello di sottosuolo ottenuto congiuntamente dall'indagine array (strati superficiali) e a stazione singola è il seguente:

Spessore degli strati (metri)	Vs (m/sec)
1.8	160
3.9	380
130	400
substrato	920

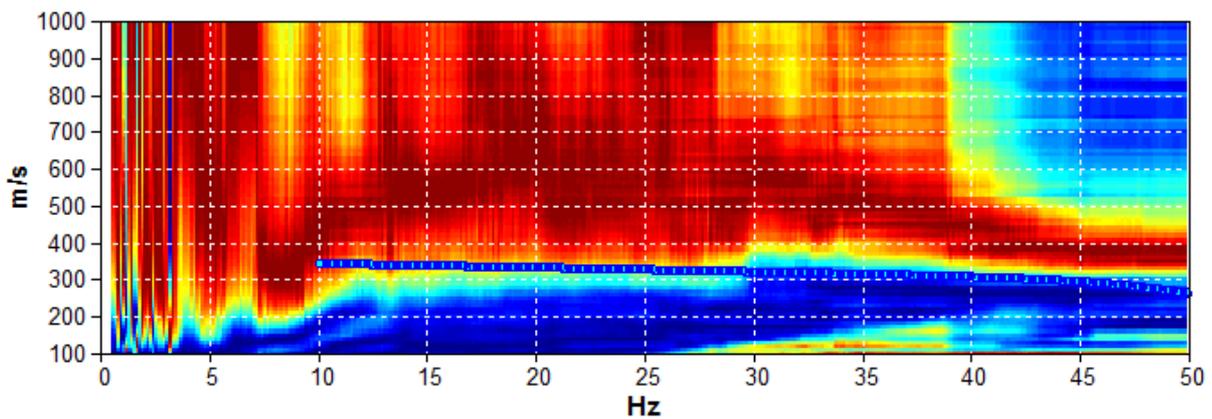
La V_{s30} (velocità media delle onde di taglio dei primi 30 metri) calcolata ai sensi del DM 14.01.2008 è di 359 m/sec (incertezza dell'ordine del 20%). La categoria di suolo di fondazione per il sito in esame è **C**.

4.2.4.5 Sito n.5 Via Gorda zona Sud-Ovest

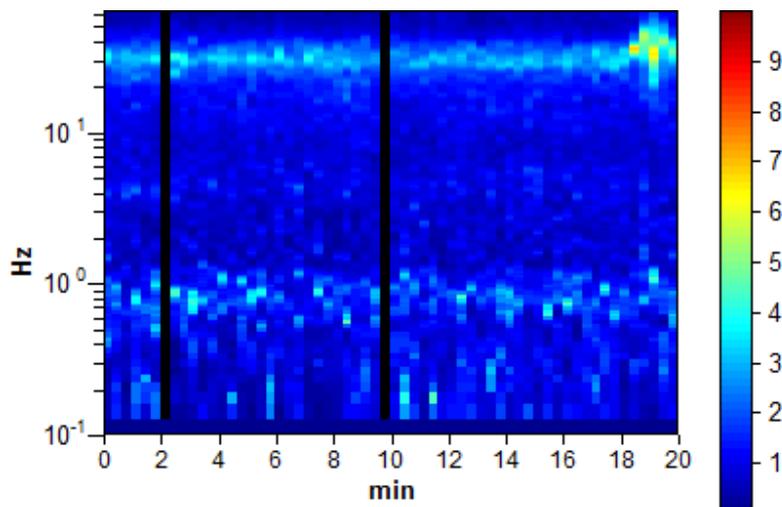
Nel sito in esame è stata eseguita una misura MASW, una ReMI, e una HVSR. Negli array sono stati dispiegati nove geofoni ad intervalli di tre metri, per circa dieci minuti alla frequenza di campionamento di 512 Hz e analizzato su finestre di 10 secondi di lunghezza.

L'analisi della MASW risulta molto disturbata a causa di numerosi disturbi antropici provenienti dall'area circostante, per cui non è stato possibile interpretarla.

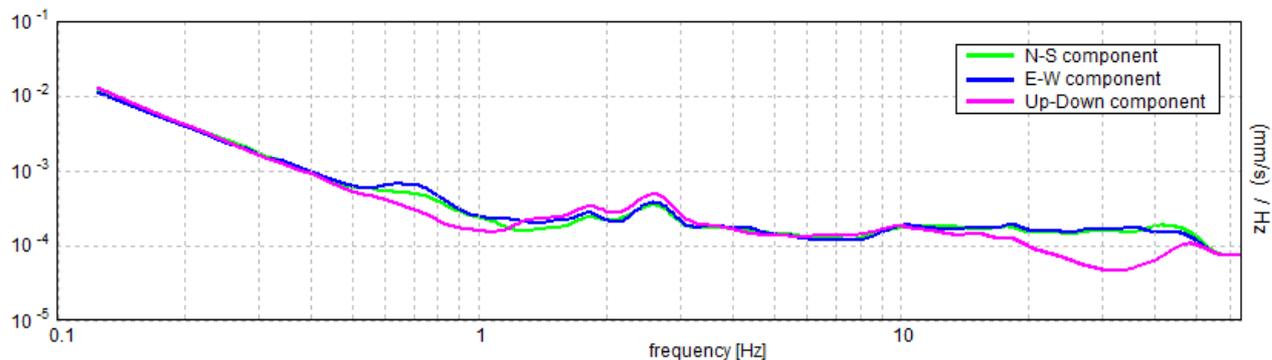
La curva di dispersione risulta invece meglio leggibile nella prova ReMi, ed è vincolabile con maggiore precisione grazie alla prova H/V. La curva di dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh nel modo fondamentale risulta visibile nell'intervallo tra circa 10 e 50 Hz.



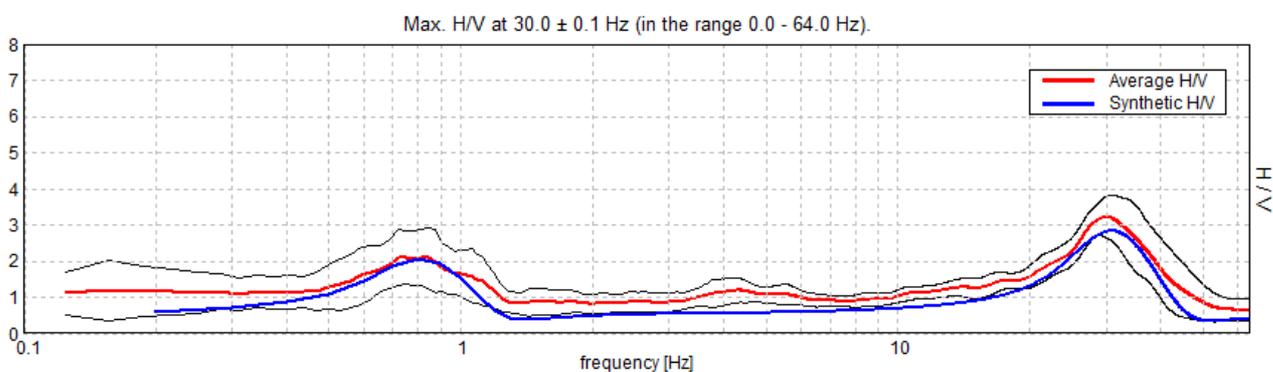
Spettro ReMi



HVSR stability



Spettri di ampiezza in velocità delle singole componenti del moto



Confronto tra curva H/V sperimentale (rosso) e teorica (blu)

La curva H/V presenta due frequenze evidenti di risonanza: una a 0.8 Hz, e una seconda a 30 Hz. Tutte e due sono significative dal punto di vista della microzonazione sismica, tuttavia quella a 30 Hz è esterna ai limiti d'interesse, stabilito da 0.1 a 20 Hz.

Il modello di sottosuolo ottenuto congiuntamente dall'indagine array (strati superficiali) e a stazione singola è il seguente:

Spessore degli strati (metri)	Vs (m/sec)
1.4	170
113	380
substrato	790

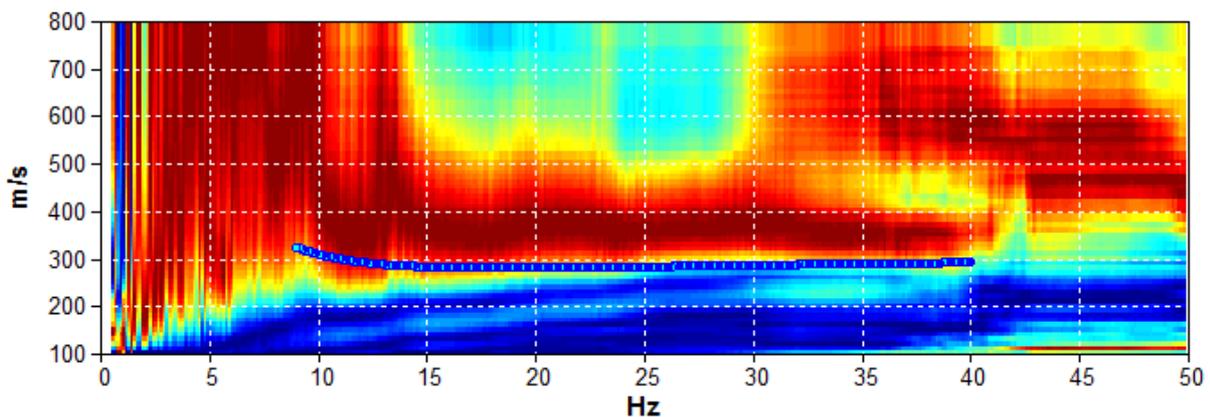
La V_{s30} (velocità media delle onde di taglio dei primi 30 metri) calcolata ai sensi del DM 14.01.2008 è di 354 m/sec (incertezza dell'ordine del 20%). La categoria di suolo di fondazione per il sito in esame è **C**.

4.2.4.6 Sito n.6 Via Gorda zona Nord-Ovest

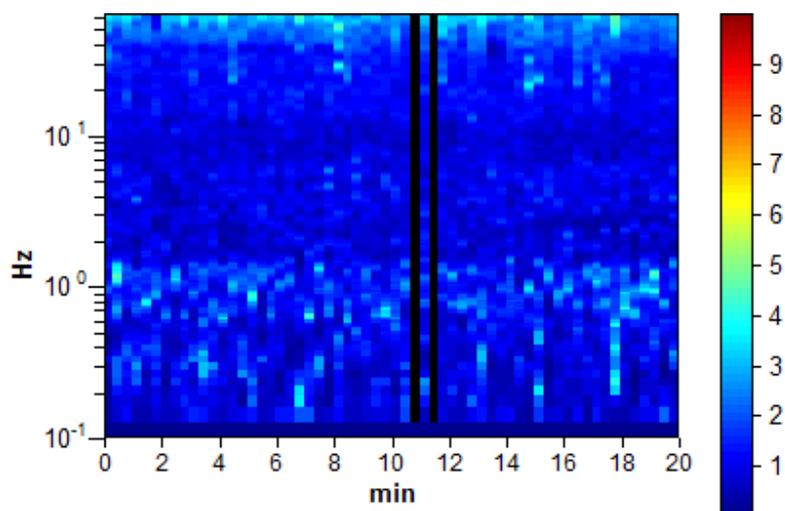
Nel sito in esame è stata eseguita una misura MASW, una ReMI, e una HVSR. Negli array sono stati dispiegati nove geofoni ad intervalli di tre metri, per circa dieci minuti alla frequenza di campionamento di 512 Hz e analizzato su finestre di 10 secondi di lunghezza.

L'analisi della MASW risulta molto disturbata a causa di numerosi disturbi antropici provenienti dall'area circostante, per cui non è stato possibile interpretarla.

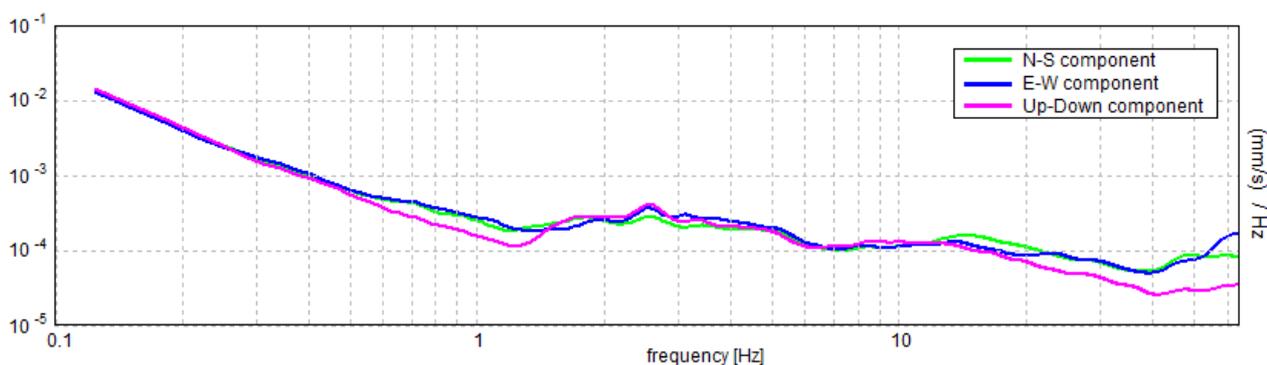
La curva di dispersione risulta invece meglio leggibile nella prova ReMi, ed è vincolabile con maggiore precisione grazie alla prova H/V. La curva di dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh nel modo fondamentale risulta visibile nell'intervallo tra circa 10 e 40 Hz.



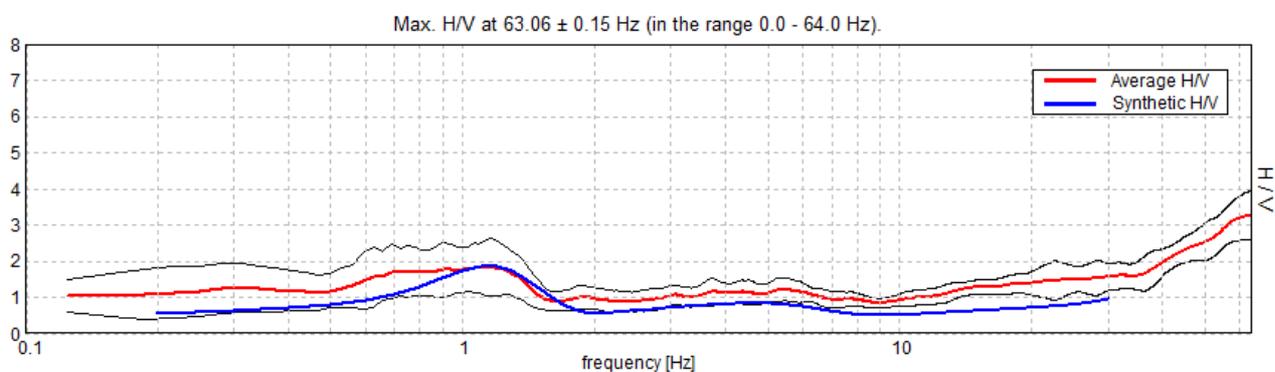
Spettro ReMi



HVSR stability



Spettri di ampiezza in velocità delle singole componenti del moto



Confronto tra curva H/V sperimentale (rosso) e teorica (blu)

La curva H/V presenta una frequenza evidente di risonanza da 0.7 a 1.2 Hz. Le frequenze sono significative dal punto di vista della microzonazione sismica.

Il modello di sottosuolo ottenuto congiuntamente dall'indagine array (strati superficiali) e a stazione singola è il seguente:

Spessore degli strati (metri)	Vs (m/sec)
1.5	200
1.7	370
10	290
80	400
substrato	780

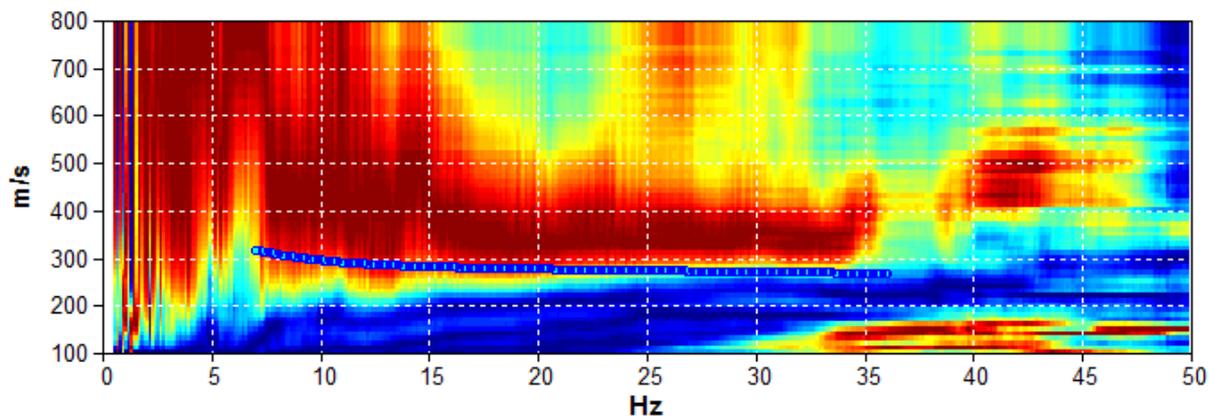
La Vs₃₀ (velocità media delle onde di taglio dei primi 30 metri) calcolata ai sensi del DM 14.01.2008 è di 339 m/sec (incertezza dell'ordine del 20%). La categoria di suolo di fondazione per il sito in esame è **C**.

4.2.4.7 Sito n.7 Via della Grande c/o impianti sportivi

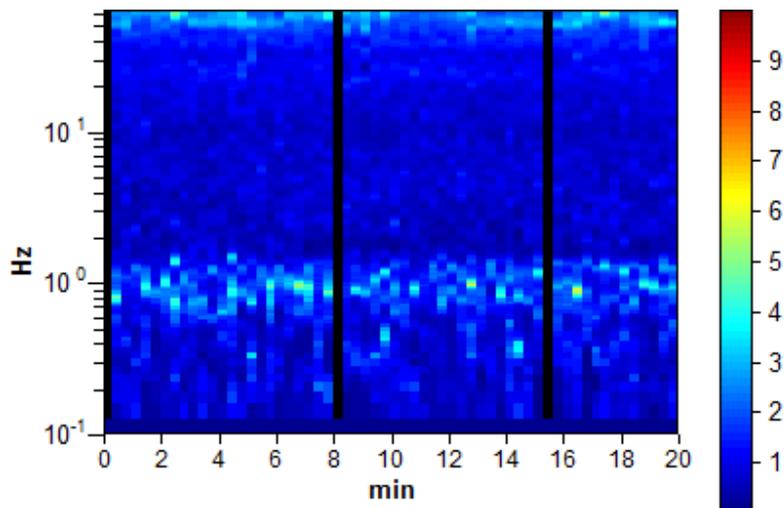
Nel sito in esame è stata eseguita una misura MASW, una ReMI, e una HVSR. Negli array sono stati dispiegati nove geofoni ad intervalli di tre metri, per circa dieci minuti alla frequenza di campionamento di 512 Hz e analizzato su finestre di 10 secondi di lunghezza.

L'analisi della MASW risulta molto disturbata a causa di numerosi disturbi antropici provenienti dall'area circostante, per cui non è stato possibile interpretarla.

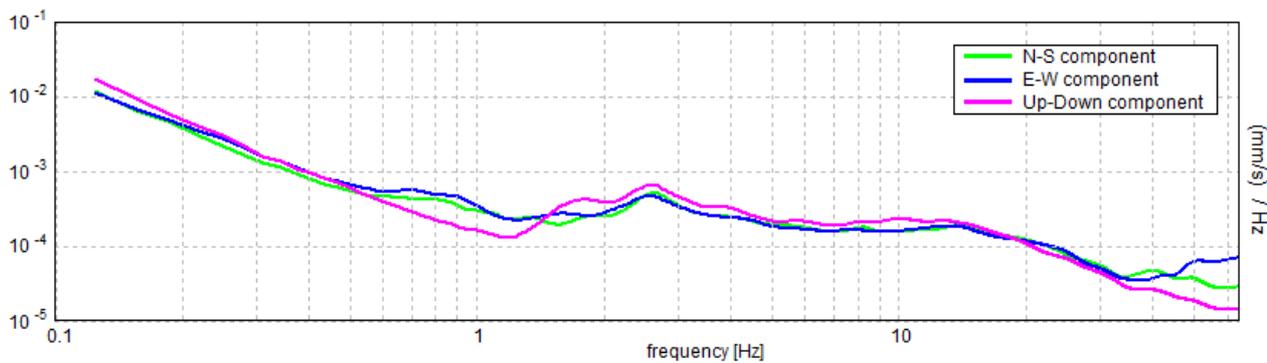
La curva di dispersione risulta invece meglio leggibile nella prova ReMi, ed è vincolabile con maggiore precisione grazie alla prova H/V. La curva di dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh nel modo fondamentale risulta visibile nell'intervallo tra circa 8 e 45 Hz.



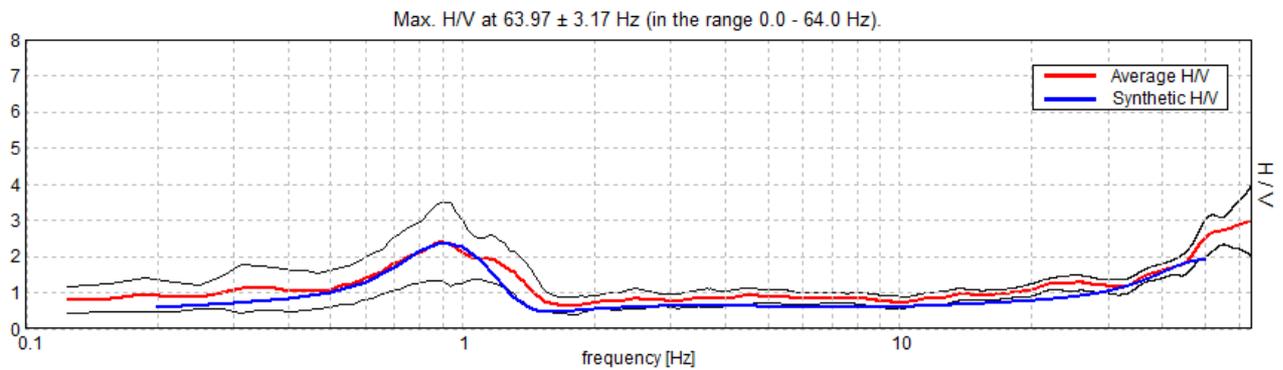
Spettro ReMi



HVSR stability



Spettri di ampiezza in velocità delle singole componenti del moto



Confronto tra curva H/V sperimentale (rosso) e teorica (blu)

La curva H/V presenta una frequenza evidente di risonanza da 0.9 Hz. La frequenza è significativa dal punto di vista della microzonazione sismica.

Il modello di sottosuolo ottenuto congiuntamente dall'indagine array (strati superficiali) e a stazione singola è il seguente:

Spessore degli strati (metri)	Vs (m/sec)
0.8	160
16	310
85	380
substrato	800

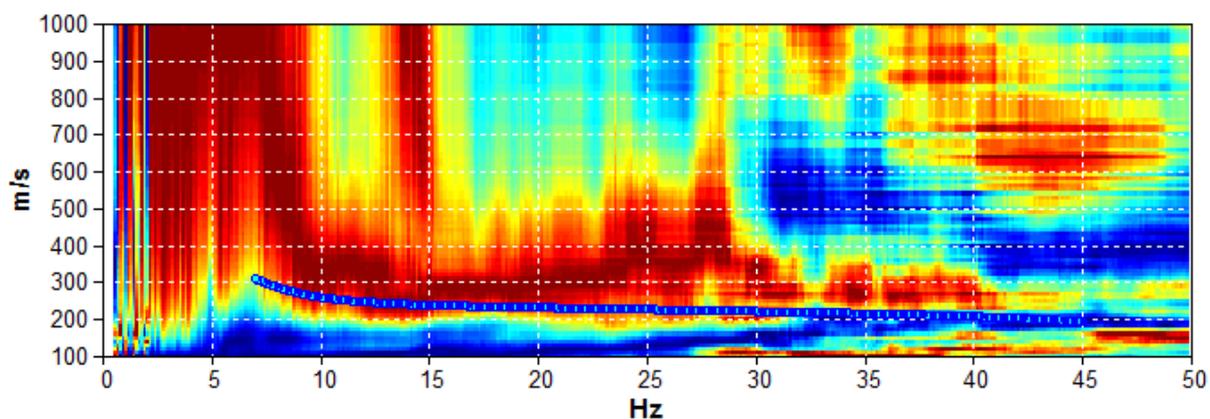
La V_{s30} (velocità media delle onde di taglio dei primi 30 metri) calcolata ai sensi del DM 14.01.2008 è di 328 m/sec (incertezza dell'ordine del 20%). La categoria di suolo di fondazione per il sito in esame è **C**.

4.2.4.8 Sito n.8 Via Canture

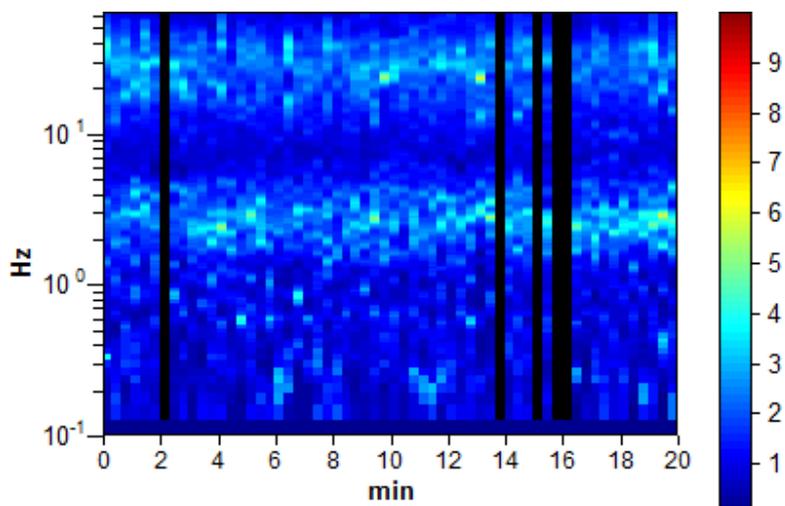
Nel sito in esame è stata eseguita una misura MASW, una ReMI, e una HVSR. Negli array sono stati dispiegati nove geofoni ad intervalli di tre metri, per circa dieci minuti alla frequenza di campionamento di 512 Hz e analizzato su finestre di 10 secondi di lunghezza.

L'analisi della MASW risulta molto disturbata a causa di numerosi disturbi antropici provenienti dall'area circostante, per cui non è stato possibile interpretarla.

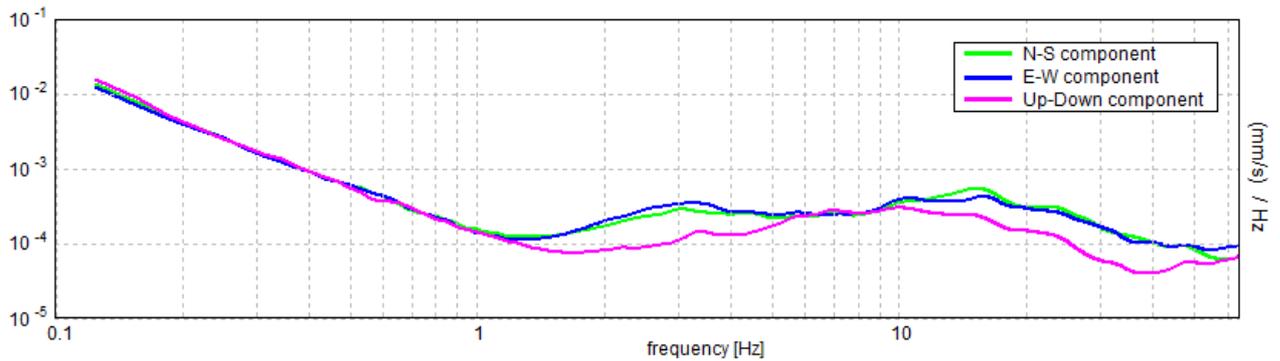
La curva di dispersione risulta invece meglio leggibile nella prova ReMi, ed è vincolabile con maggiore precisione grazie alla prova H/V. La curva di dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh nel modo fondamentale risulta visibile nell'intervallo tra circa 8 e 40 Hz.



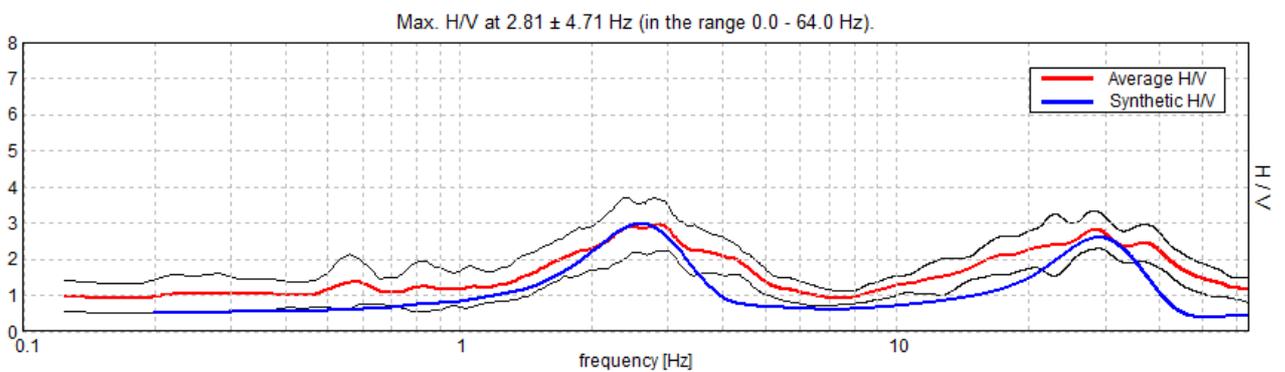
Spettro ReMi



HVSr stability



Spettri di ampiezza in velocità delle singole componenti del moto



Confronto tra curva H/V sperimentale (rosso) e teorica (blu)

La curva H/V presenta frequenze evidenti di risonanza: una a 2.5-3.0 Hz, e una seconda a 30 Hz. Le frequenze sono significative dal punto di vista della microzonazione sismica, tuttavia quella a 30 Hz è esterna ai limiti d'interesse, stabilito da 0.1 a 20 Hz. Il modello di sottosuolo ottenuto congiuntamente dall'indagine array (strati superficiali) e a stazione singola è il seguente:

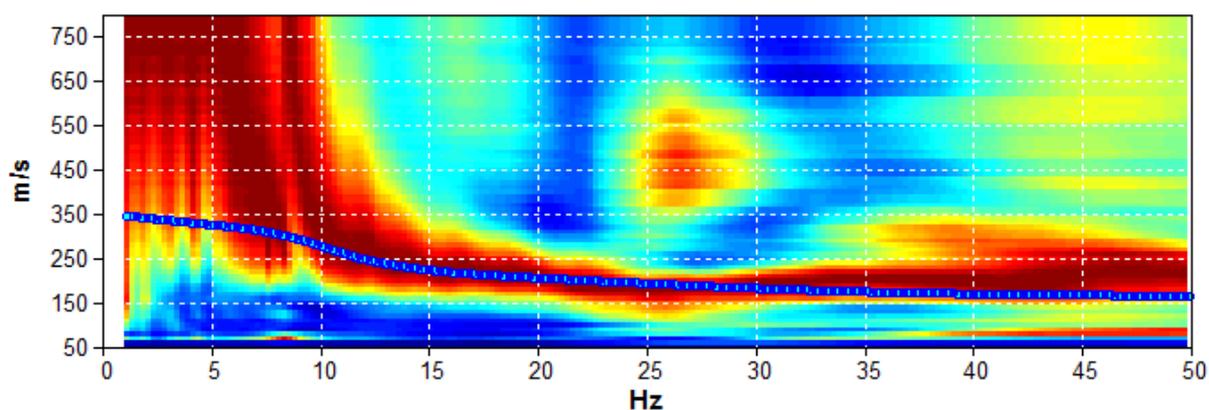
Spessore degli strati (metri)	Vs (m/sec)
0.5	115
0.6	130
15	270
25	400
substrato	690

La V_{s30} (velocità media delle onde di taglio dei primi 30 metri) calcolata ai sensi del DM 14.01.2008 è di 306 m/sec (incertezza dell'ordine del 20%). La categoria di suolo di fondazione per il sito in esame è **C**.

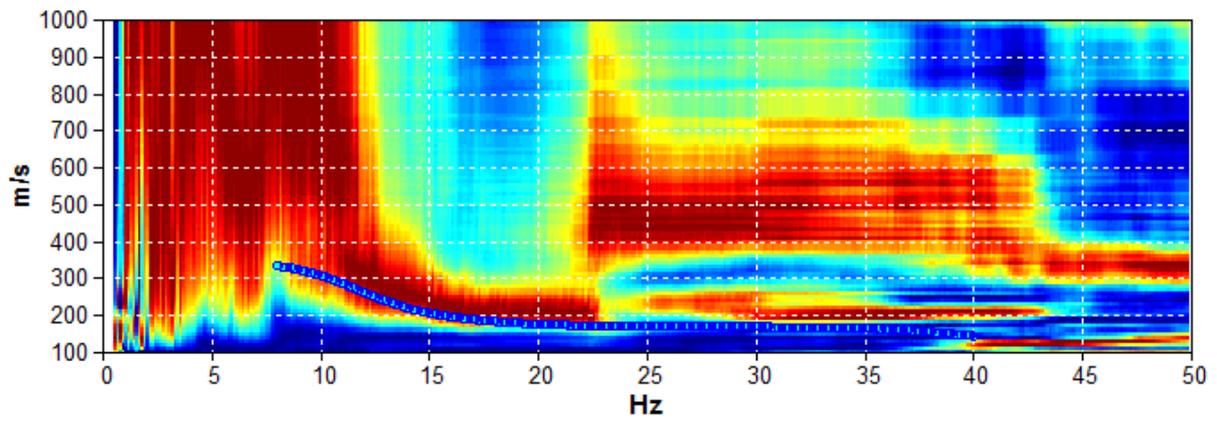
4.2.4.9 Sito n.9 Via Gorda zona Sud-Ovest della Chiesa

Nel sito in esame è stata eseguita una misura MASW, una ReMI, e una HVSR. Negli array sono stati dispiegati nove geofoni ad intervalli di tre metri, per circa dieci minuti alla frequenza di campionamento di 512 Hz e analizzato su finestre di 10 secondi di lunghezza.

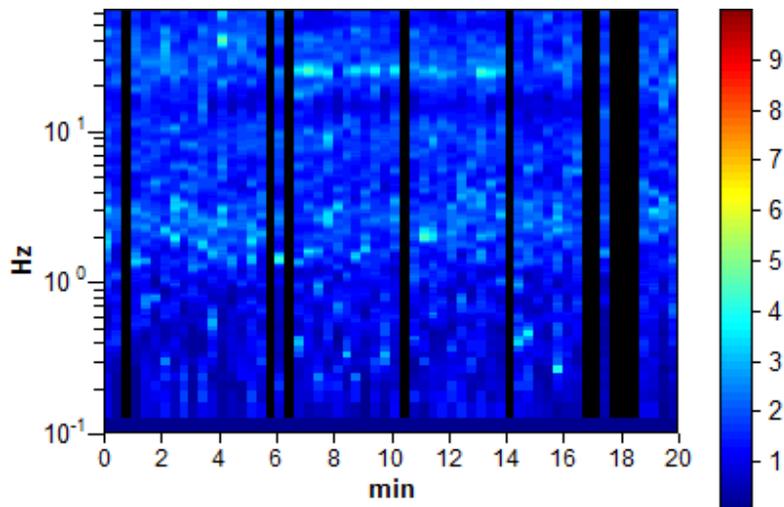
L'esito dell'analisi ReMI e MASW è rappresentato dal contouring a colori. La curva di dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh nel modo fondamentale della MASW risulta ben visibile nell'intervallo tra circa 10 e 50 Hz, mentre quella della ReMI da circa 8 a 40 Hz. Il confronto tra le curve H/V registrate a monte e a valle degli stendimenti, mostrano una notevole differenza, il che testimonia la non omogeneità del terreno sotto l'array.



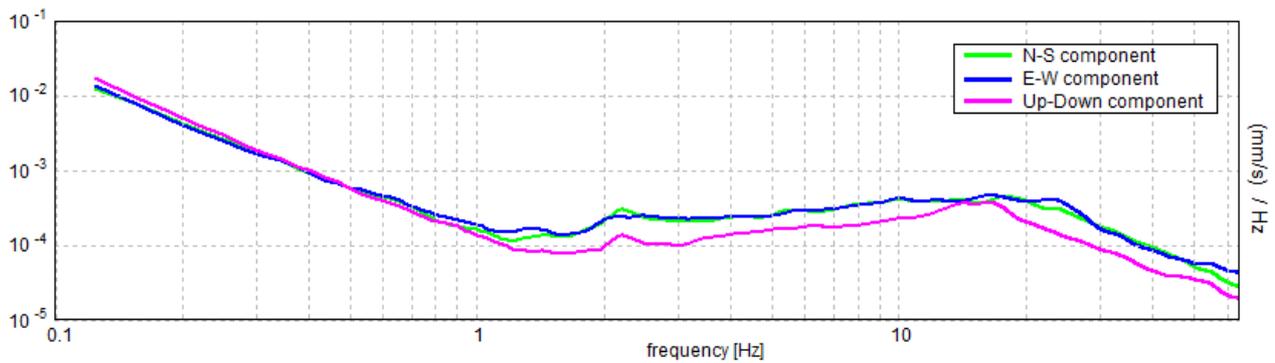
Spettro MASW



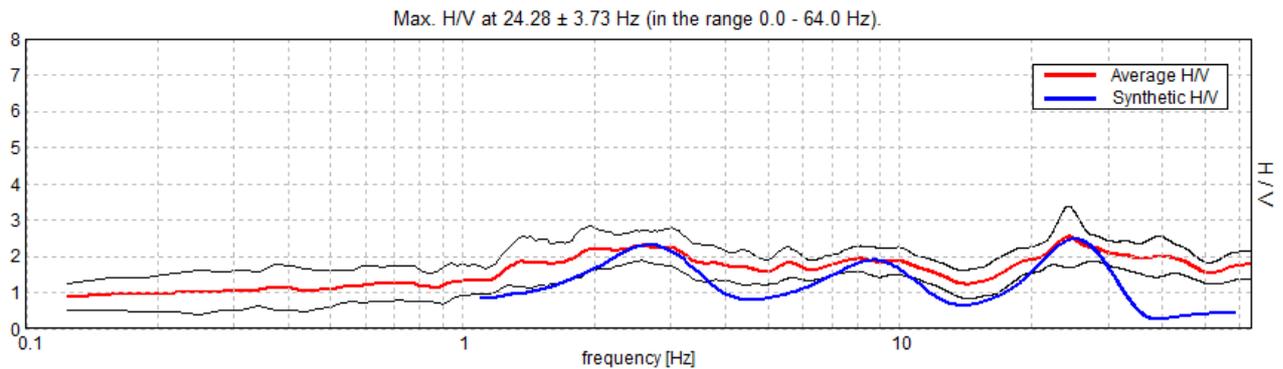
Spettro ReMi



HVSR stability (prova 9)



Spettri di ampiezza in velocità delle singole componenti del moto (prova 9)

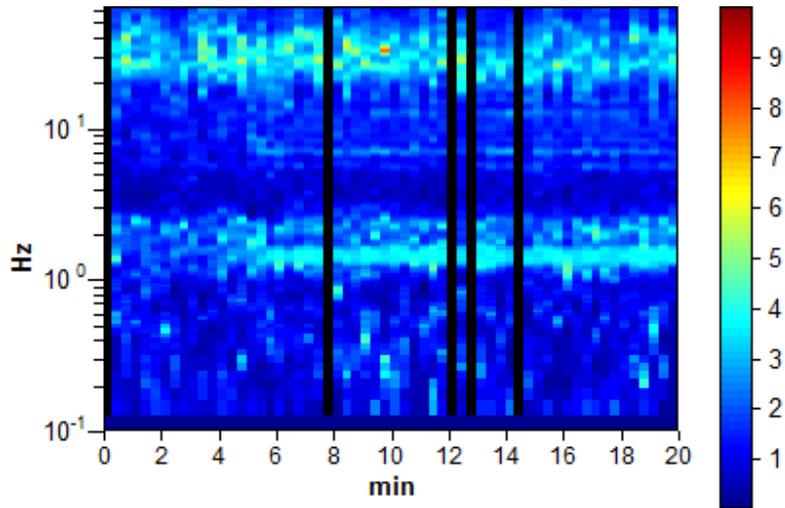


Confronto tra curva H/V sperimentale (rosso) e teorica (blu) (prova 9)

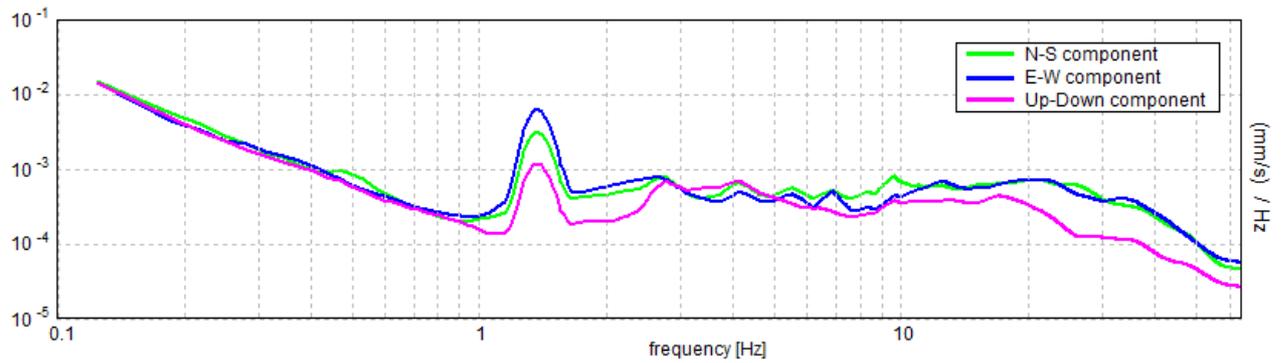
La curva H/V presenta frequenze evidenti di risonanza: una a 2.0-3.0 Hz, una seconda a 8-10 Hz e una terza a 25 Hz. Le frequenze sono significative dal punto di vista della microzonazione sismica, tuttavia quella a 25 Hz è esterna ai limiti d'interesse, stabilito da 0.1 a 20 Hz. Il modello di sottosuolo ottenuto dalla stazione singola è il seguente:

Spessore degli strati (metri)	Vs (m/sec)
1.3	110
0.9	340
1	220
2.5	180
32	400
substrato	740

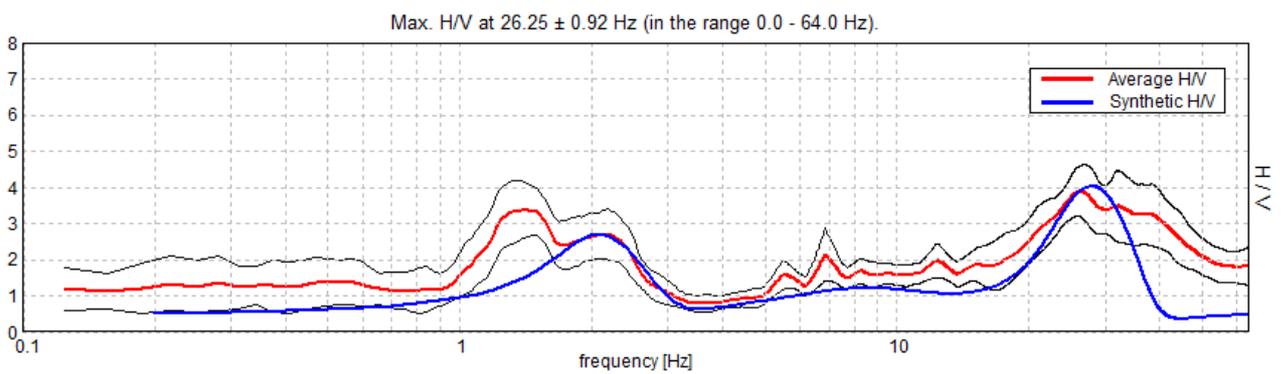
La Vs₃₀ (velocità media delle onde di taglio dei primi 30 metri) calcolata ai sensi del DM 14.01.2008 è di 320 m/sec (incertezza dell'ordine del 20%). La categoria di suolo di fondazione per il sito in esame è **C**.



HVSR stability (prova 11)



Spettri di ampiezza in velocità delle singole componenti del moto (prova 11)



Confronto tra curva H/V sperimentale (rosso) e teorica (blu) (prova 11)

La curva H/V presenta frequenze evidenti di risonanza: una a 2.1 Hz, una seconda a 5.5-7 Hz, una terza a 13 Hz, e una quarta a 27 Hz. Le frequenze sono significative dal punto di vista della microzonazione sismica, tuttavia quella a 27 Hz è esterna ai limiti d'interesse, stabilito da 0.1 a 20 Hz. Il modello di sottosuolo ottenuto dalla stazione singola è il seguente:

Spessore degli strati (metri)	Vs (m/sec)
0.4	90
0.6	105
6	245
3.5	380
2	300
34	380
substrato	760

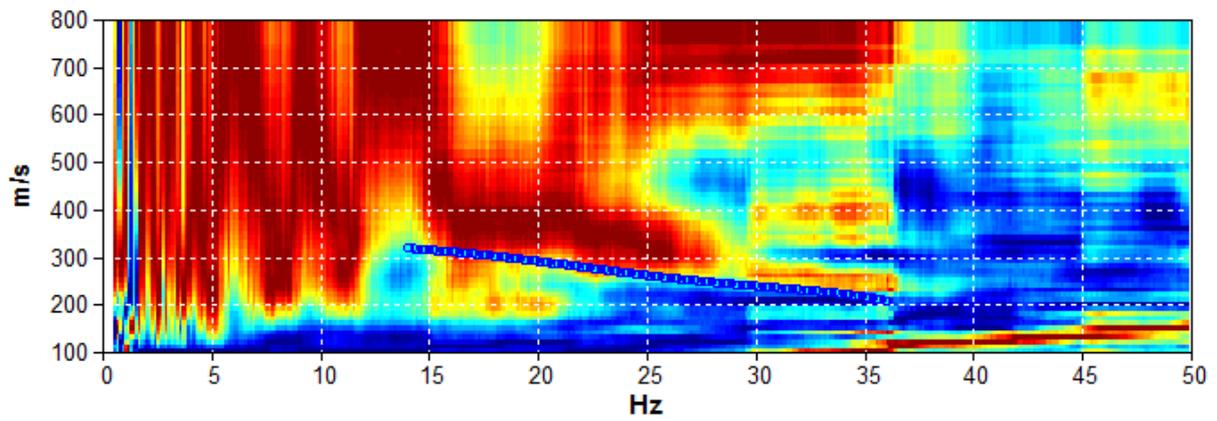
La Vs₃₀ (velocità media delle onde di taglio dei primi 30 metri) calcolata ai sensi del DM 14.01.2008 è di 311 m/sec (incertezza dell'ordine del 20%). La categoria di suolo di fondazione per il sito in esame è **C**.

4.2.4.10 Sito n.10 Via Scuole zona Ovest della piazza

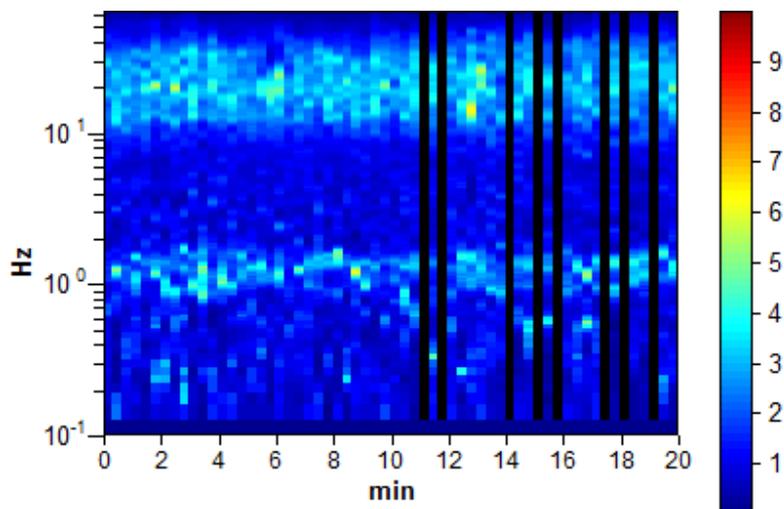
Nel sito in esame è stata eseguita una misura MASW, una ReMI, e una HVSR. Negli array sono stati dispiegati nove geofoni ad intervalli di tre metri, per circa dieci minuti alla frequenza di campionamento di 512 Hz e analizzato su finestre di 10 secondi di lunghezza.

L'analisi della MASW risulta molto disturbata a causa di numerosi disturbi antropici provenienti dall'area circostante, per cui non è stato possibile interpretarla.

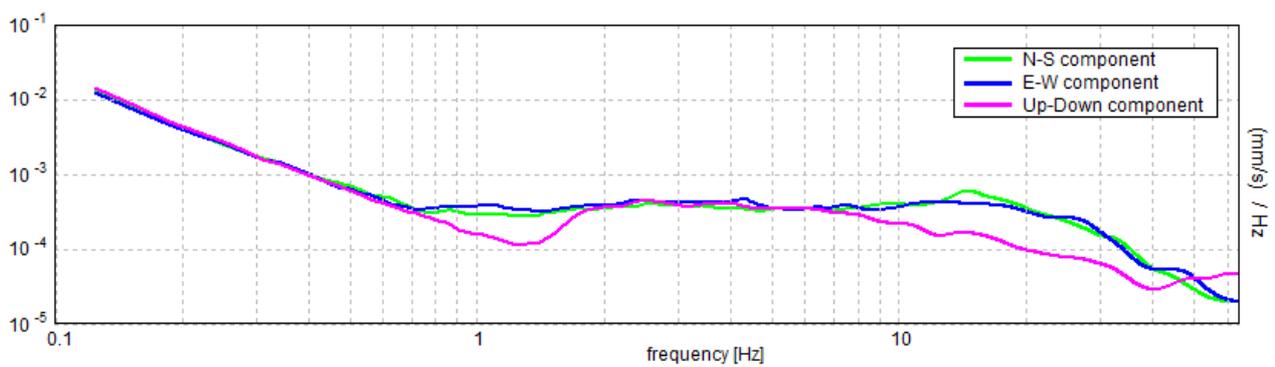
La curva di dispersione risulta invece meglio leggibile nella prova ReMi, ed è vincolabile con maggiore precisione grazie alla prova H/V. La curva di dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh nel modo fondamentale risulta visibile nell'intervallo tra circa 15 e 35 Hz.



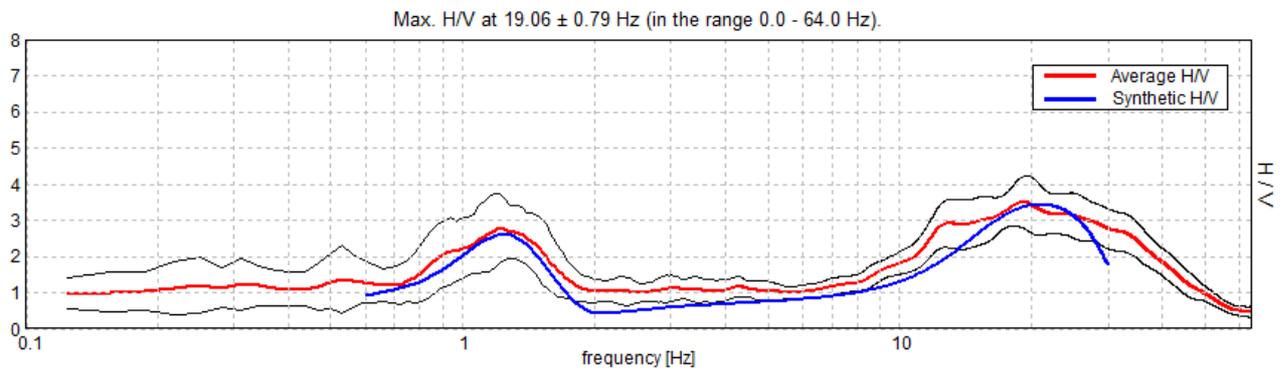
Spettro ReMi



HVSR stability



Spettri di ampiezza in velocità delle singole componenti del moto



Confronto tra curva H/V sperimentale (rosso) e teorica (blu)

La curva H/V presenta due frequenze evidenti di risonanza: una a 1.4 Hz, una seconda a 13 Hz, e una terza a 19 Hz. Le frequenze sono significative dal punto di vista della microzonazione sismica. Il modello di sottosuolo ottenuto congiuntamente dall'indagine array (strati superficiali) e a stazione singola è il seguente:

Spessore degli strati (metri)	Vs (m/sec)
0.4	125
0.7	100
3.5	285
7.3	380
substrato	830

La V_{s30} (velocità media delle onde di taglio dei primi 30 metri) calcolata ai sensi del DM 14.01.2008 è di 336 m/sec (incertezza dell'ordine del 20%). La categoria di suolo di fondazione per il sito in esame è **C**.

5. Elementi geologici in prospettiva sismica

Per la redazione della carta degli "Elementi geologici in prospettiva sismica" (TAV. 3) si è proceduto a un rilievo di dettaglio di campagna e inoltre si è fatto riferimento alla Carta Litologica, Geomorfologica e Idrogeologica allegata al PAT.

Sono stati individuati i seguenti elementi geologici:

- SUOLI DI TIPO "A" (non soggetti ad amplificazione litologico-stratigrafica)
 - **S1** "*Rocce compatte stratificate*" sono costituite dal "Biancone e scaglia variegata" di età Cretaceo p.p – Malm p.p. e dai "Calcari bioclastico di Pedavena" di età Eocene inf. – medio.

"Biancone e scaglia variegata": Calcari micritico regolarmente stratificato. Il limite superiore con la Scaglia rossa è costituito da una grossa intercalazione metrica d'argille nerastre con rari frustoli carboniosi. Nella parte bassa presenta colore grigio-nocciola con abbondanti letti irregolari di selce grigia. Il passaggio dal Rosso Ammonitico superiore - Biancone è dato dalla scomparsa delle ooliti, dalla sempre più evidente fratturazione concoide e dalla comparsa di sottili livelli argillosi interstrato. Il colore poi si fa via via più biancastro fino a risultare bianco-latteo nella parte sommitale della formazione. Contemporaneamente i letti di selce, da una colorazione grigia, tendono ad una colorazione più scura, a volte addirittura nera. Le condizioni di sedimentazione del Biancone sono di ambiente pelagico profondo, in un bacino a subsidenza relativamente elevata. Dal punto di vista paleontologico risulta sterile, mentre ricco è il contenuto micropaleontologico con radiolari, saccocoma, frammenti di lamellibranchi, calpionellidi e foraminiferi planctonici nella parte alta. Lo spessore degli strati varia da pochi a circa 40/50 centimetri (membro verdello). Verso la sommità si hanno calcari più opachi in strati di 10-20 cm e ricchi di selce sia in noduli che in lenti; sulla parte superiore della formazione sono presenti livelletti argillosi interstratificati a strati decimetrici di calcari lievemente marnosi, a volte rosati a volte bianchi con sfumature grigio-nere. Quest'ultima litologia è associata a

noduli di selce nera e a degli interstrati di black-shales con noduli di marcassite. La sua potenza è di circa 700 metri, anche se sono presenti variazioni locali.

“Calccare bioclastico di Pedavena”: Questa è presente nella parte occidentale del Comune di Feltre, in quanto verso est passa in eteropia di facies con il Flysch di Belluno; la sua sedimentazione è dovuta agli apporti provenienti dal margine della Ruga Trentina. La sua successione è caratterizzata da alternanze irregolari di marne argillose grigio-giallastre, calcareniti in strati gradati e laminati e calcari bioclastici nocciola, talora in banchi a stratificazione discontinua, dove è spesso evidente una disposizione disorientata dei clasti. La potenza di questo complesso è stata valutata sui 200 metri. I fossili sono costituiti quasi totalmente da macroforaminiferi e resti di alghe. Il limite inferiore è netto, rappresentato dal brusco passaggio alle marne fogliettate della Scaglia rossa. Anche il limite superiore è ben definito con le marne grigie soprastanti.

- SUOLI DI TIPO DIVERSO DA “A” (soggetti ad amplificazione litologico-stratigrafica)
 - **SA1** *“Rocce tenere prevalenti con interstrati o bancate resistenti subordinati”* sono costituite dalla “Scaglia Rossa” di età Eocene inferiore – Cretaceo superiore. E’ costituita alla base da strati decimetrici di micriti rosa intercalati a livelli centimetrici di marne. Sono presenti noduli di selce rossa o gialla; verso l’alto si hanno strati di circa 1 metro di spessore più marnosi di colore rosso intenso. Il limite inferiore è stato posto in corrispondenza del calo di contenuto in selce, della variazione di colore e della caratteristica frattura scagliosa; il limite superiore alla comparsa di marne grigie alternate a livelli argillitici con le tipiche strutture torbiditiche. Il contenuto in macrofossili è rappresentato da rari Echinidi, mentre abbondante è il contenuto di microfauna a foraminiferi platonici. L’età della Scaglia rossa è compresa tra il Turoniano e l’Eocene inferiore. Il limite Cretaceo – Paleogene è segnato da un hard – round al quale corrisponde una lacuna stratigrafica a carattere regionale.
 - **SA2** *“Rocce tenere a prevalente coesione”* sono costituite dalle “Marne cinerine a orizzonti bioclastici del T. Colmeda” di età Eocene medio – superiore. Questa formazione è costituita da marne argillose cinerine fogliettate con intercalazioni di arenarie grigio-rossastre ad abbondante biotite e da calcareniti bioclastici in

noduli e lenti. Il limite inferiore è netto: si passa bruscamente dai calcari bioclastici della formazione sottostante alle marne cinerine fogliettate. Anche il limite con la Glauconia di Belluno è facilmente individuabile in corrispondenza di un marcato contatto erosivo tra le marne debolmente arenacee e le soprastanti arenarie medio-fini molto glauconitiche. Il contenuto paleontologico della frazione marnosa è rappresentato da foraminiferi, soprattutto platonici a testimonianza delle condizioni di posizioni pelagiche e di piattaforma esterna. Nelle intercalazioni bioclastiche sono frequenti i macroforaminiferi dei generi Nummulites ed Alveolina e resti di alghe in associazione di aree di mare basso poste ad occidente sull'alto fondo trentino. La potenza di queste marne è di circa 300 metri,

- **SA3** *“Materiali alluvionali a tessitura prevalentemente ghiaioso-sabbiosa”*. Sono alluvioni recenti costituite prevalentemente da ghiaie e sabbie, spesso stratificate, con rari livelli limosi e con blocchi, poco arrotondati; la matrice è normalmente limoso sabbiosa. Talvolta sono presenti livelli limoso argillosi. La natura litologica dei componenti è estremamente variabile con maggioranza di calcari e dolomie, subordinatamente sono presenti termini arenaceo – marnosi.

- **SA4** *“Materiali di copertura detritica costituiti da elementi granulari sabbioso-ghiaiosi” e “coni detritici”*. I detriti di versante sono prodotti dalla disgregazione delle rocce per azione di agenti atmosferici e si trovano lungo i versanti calcarei nell'area di studio. I depositi di versante danno origine a forme distinguibili dai conoidi fluviali per la maggior taglia del deposito e per il maggior angolo di riposo dei materiali. In questo caso, attraverso fenomeni di degrado prevalentemente meteorologico, hanno spigoli vivi e si presentano a tratti privi di matrice, talora con matrice più o meno abbondante di natura da sabbiosa a limoso – argillosa e si auto sostengono con angoli di attrito elevati.

- ALTRI ELEMENTI

- *“Faglia certa e/o presunta”*: è stata riprodotta in cartografia (zona Ovest del centro abitato di Mugnai) nella posizione indicata nelle tavole del quadro conoscitivo del PAT. Nell’ambito dell’area urbanizzata non si può riscontrare la sua esatta ubicazione in quanto è mascherata dalla copertura alluvionale. In bibliografia non vi sono indicazioni sull’attività di questa faglia. Nel territorio costituito da depositi alluvionali e/o detritici, non vi sono evidenze superficiali, scarpate di neoformazione, che possano avvalorare la presenza di faglie capaci ovvero creare una fagliazione di superficie.

Nel catalogo di ITHACA non sono rappresentate faglie capaci nel territorio in esame, ma ci sembra opportuno segnalare quanto segue:

- 1) la Linea FACEN è posta circa a 900 metri a Ovest dalla faglia cartografata in Tavola n.3, e presenta la stessa direzione, per cui, la faglia censita, potrebbe essere una vicariante;
- 2) la Linea VAS, con direzione NW-SE, cartografata sul Massiccio del Grappa sino alla località Porcen di Seren del Grappa, poi obliterata dai depositi alluvionali-fluvioglaciali, è posta alla distanza di circa due chilometri a sud della SS. N.50 del Grappa e Passo Rolle, ovvero di via Culiada. Se fosse cartografata anche nei depositi alluvionali, incrocerebbe la faglia individuata in Tavola n.3, qualche centinaio di metri a Est del “Tiro a segno”.

- *“Linee di contatto tra litotipi a caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse”*: sono stati censiti quelli tra rocce e terreni alluvionali. Sono discontinuità sismiche superficiali di rilievo, al contatto tra rocce e depositi incoerenti, che possono generare “effetti di bordo”.
- *“Aree con profondità della superficie della falda minore di 15 metri dal piano campagna”*: il massimo livello della falda, all’interno dell’Ambito di centro abitato può arrivare a pochi metri dal piano campagna.

- MORFOLOGIE GENERANTI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

La normativa vigente prevede, per configurazioni superficiali semplici (“...prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate ... se di altezza maggiore di 30 metri”), un’amplificazione sismica per le seguenti categorie:

“T1 = Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$;

T2 = Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$;

T3 = Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$;

T4 = Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$.”

E’ certa l’amplificazione sismica generata dalla morfologia; al momento però non vi sono studi e/o metodi di calcolo certi che quantifichino l’effetto.

Nel sito in oggetto sono stati censiti i seguenti elementi:

- *“Dorsale rocciosa di altezza maggiore a 30 metri”*: i pendii del rilievo hanno una pendenza sempre superiore ai 15° .
- *“Orlo di scarpata di altezza maggiore a 30 metri”*: le pendenze sono sempre maggiori a 15° .

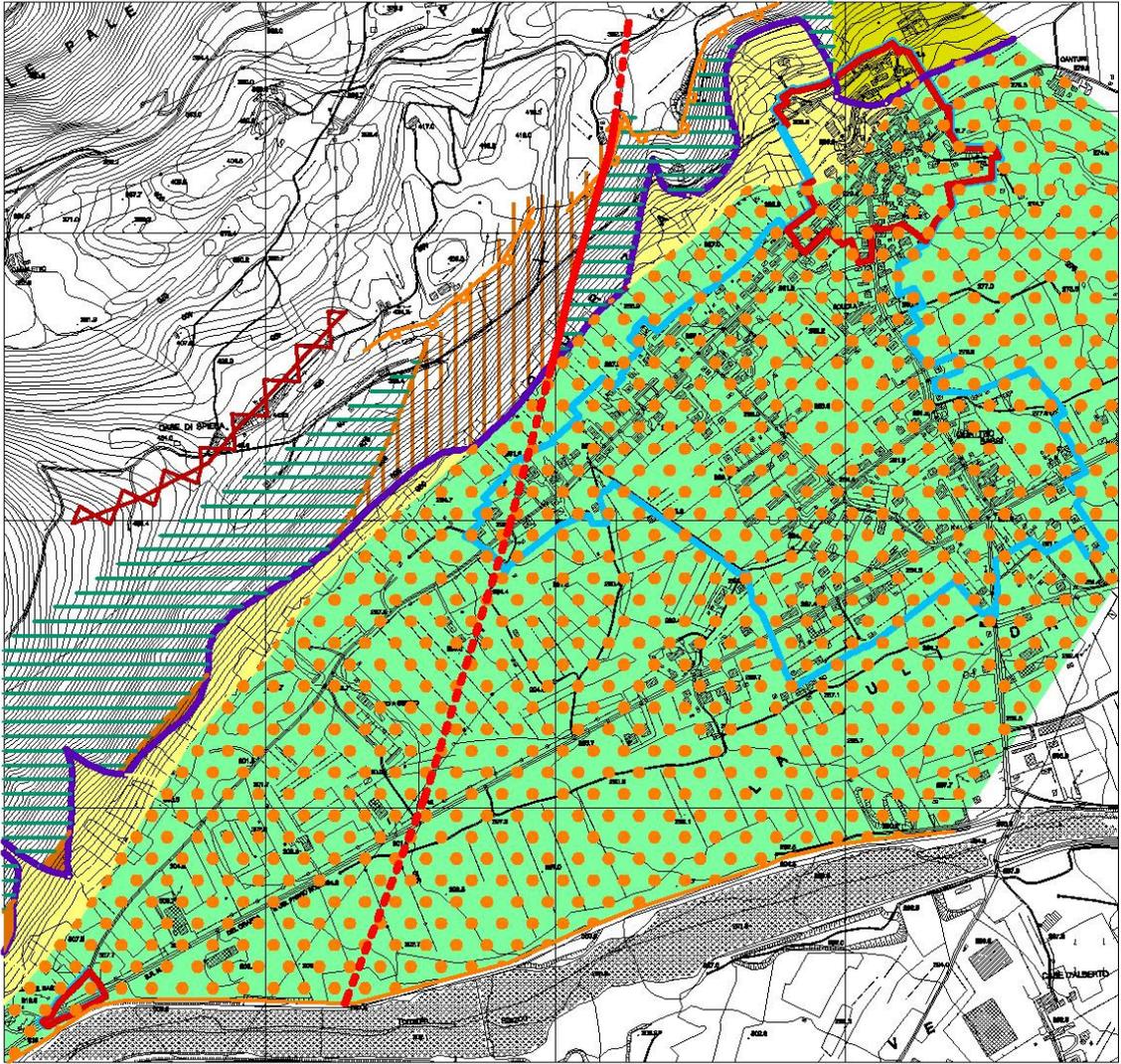


Tavola n. 3: CARTA DEGLI ELEMENTI GEOLOGICI IN PROSPETTIVA SISMICA

scala 1:10.000

Legenda

SUOLI DI TIPO "A" (non soggetti ad amplificazione litologico-stratigrafica)



S1 Rocce compatte stratificate

SUOLI DI TIPO DIVERSO DA "A" (soggetti ad amplificazione litologico-stratigrafica)



SA1 Rocce tenere prevalenti con interstrati o bancate resistenti subordinati



SA2 Rocce tenere a prevalente coesione



SA3 Materiali alluvionali a tessitura prevalentemente ghiaioso-sabbiosa



SA4 Materiali di copertura detritica costituita da elementi granulari sabbioso-ghiaiosi

ALTRI ELEMENTI



Rotture in superficie per riattivazione di faglia di cui non si conoscono le caratteristiche (traccia certa)



Rotture in superficie per riattivazione di faglia di cui non si conoscono le caratteristiche (traccia indeterminabile)



Linee di contatto tra litotipi a caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse



Aree con profondità della superficie della falda minore di 15 metri dal piano campagna

MORFOLOGIE GENERANTI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA



Dorsale (h>30metri)



Orlo di scarpata di altezza maggiore a 30 metri

6. Indagini in sito e Carta delle frequenze fondamentali di vibrazione

La misura delle vibrazioni ambientali (note anche come rumore sismico ambientale o microtremori) o della sismica di fondo (weak motion) consentono di analizzare la variazione della risposta sismica di un sito al variare delle condizioni lito-stratigrafiche. Durante le indagini di microzonazione sismica dell'area aquilana dopo il terremoto del 06.04.2009, i risultati di tali analisi si sono rivelati estremamente utili. L'analisi dei microtremori attraverso misure HVSR ha consentito di mettere in luce fenomeni di risonanza sismica e di stimare le frequenze alle quali il moto del terreno può essere amplificato. Il metodo ha consentito inoltre di valutare qualitativamente l'entità dell'amplificazione, anche se l'ampiezza del picco HVSR è una grandezza da interpretare con cautela, e fornire stime di massima circa la profondità del contrasto di impedenza che causa la risonanza sismica (soprattutto se le misure HVSR vengono utilizzate in associazione ad altre informazioni sismo-stratigrafiche).

I risultati delle analisi HVSR da microtremori aiuteranno a definire e delimitare le "*Zone Omogenee in Prospettiva Sismica*" (es. curve H/V piatte per zone stabili, picchi per aree stabili suscettibili di amplificazione stratigrafica, picchi con diversi valori di frequenza per diverse zone suscettibili di amplificazione), potranno dare informazioni su locali criticità utili in fase di pianificazione territoriale (es, frequenze fondamentali del terreno prossime a quelle proprie di una determinata tipologia di edifici) ed in generale saranno utili nella pianificazione delle indagini di approfondimento successive.

I risultati delle 11 misure HVSR sono state rappresentate nella "*Carta delle frequenze fondamentali di vibrazione*", che sarà utile all'elaborazione della "*Carta delle zone omogenee in prospettiva sismica*". Sono state riscontrate numerose frequenze di risonanza ben riconoscibili come picchi nei grafici H/V. Queste sono state cartografate assegnando, a determinati intervalli di frequenze, colori diversi; per caratterizzare l'ampiezza del picco si sono aumentate le dimensioni dei simboli. Le curve HVSR con più picchi, a frequenze diverse, sono state rappresentate con gli stessi criteri sopracitati, utilizzando però simboli diversi: un cerchio per il primo picco a frequenze più basse, il quadrato per il secondo a frequenze più alte, e il triangolo per il terzo a frequenze ancora più alte. L'ubicazione della prova HVSR è quella indicata con il cerchio, a lato sono stati posti gli altri simboli. L'intervallo delle frequenze rappresentato in cartografia è da 0.1 a 20 Hz, mentre l'ampiezza è da 1.1 a valori \geq a 5.0.

Nella pianura alluvionale distante dai rilievi (centro vallivo) si sono riscontrati fenomeni di risonanza a basse frequenze (da 0.7 a 0.9 Hz), con ampiezza variabile da 1.9 a 3.5. Nei terreni alluvionali posti più vicino ai rilievi (fianco della valle) sono state individuate invece variabilità di frequenze e ampiezze nelle stesse curve H/V. In tabella n. 1 si riassumono le frequenze di risonanza da 0.1 a 20 Hz con le relative ampiezze, e il calcolo della profondità del bedrock sismico nei siti investigati. In tabella n.2 sono state indicate le frequenze di risonanza d'interesse ingegneristico standard (da 1 a 10 Hz) e la misura delle Vs30, con la relativa categoria di suolo prevista nel D.M. 14.01.2008. Gli errori sperimentali delle stime di velocità possono essere quantificabili in un 20%; in ogni caso tutti i siti rientrano nella categoria di suolo **C**. Il calcolo delle Vs30 è stato eseguito, considerando come base della fondazione la quota del piano campagna.

SITO	Profondità bedrock sismico (metri)	Risonanze del terreno	
		Frequenze (Hz)	Ampiezza
Sito n. 1 (HVSR n.1)	135	0.7	3.3
Sito n. 2 (HVSR n.2)	128	0.7	3.1
Sito n. 3 (HVSR n.3)	125	0.7	3
Sito n. 4 (HVSR n.4)	134	0.7	3
Sito n. 5 (HVSR n.5)	114	0.8	2.1
Sito n. 6 (HVSR n.6)	93	0.7-1.2	1.9
Sito n. 7 (HVSR n.7)	102	0.9	2.4
Sito n. 8 (HVSR n.8)	41	2.5-3	3
Sito n. 9 (HVSR n.9)	38	2-3 e 8-10	2.2/3 e 2
Sito n. 9 (HVSR n.11)	47	2.1 e 5.5-7.0 e 13	2.8 e 2 e 2
Sito n. 10 (HVSR n.10)	78	1.4 e 13 e 19	2.8 e 3 e 3.5

Tabella n. 1: Valori di risonanza del terreno (frequenza-ampiezza), considerando frequenze da 0.1 a 20.0 Hz, e calcolo della profondità del bedrock sismico.

SITO	Vs ₃₀ – Categoria di suolo (Piano di fondazione al piano campagna)	Risonanze del terreno misurate nel solo campo d'interesse ingegneristico standard [1-10 Hz]
		Frequenza (Hz)
Sito n. 1 (HVSR n.1)	318 +/- 20% m/sec - C	/
Sito n. 2 (HVSR n.2)	320 +/- 20% m/sec - C	/
Sito n. 3 (HVSR n.3)	319 +/- 20% m/sec - C	/
Sito n. 4 (HVSR n.4)	359 +/- 20% m/sec - C	/
Sito n. 5 (HVSR n.5)	354 +/- 20% m/sec - C	/
Sito n. 6 (HVSR n.6)	339 +/- 20% m/sec - C	1.2
Sito n. 7 (HVSR n.7)	328 +/- 20% m/sec - C	/
Sito n. 8 (HVSR n.8)	306 +/- 20% m/sec - C	2.5 - 3
Sito n. 9 (HVSR n.9)	320 +/- 20% m/sec - C	2 – 3 e 8-10
Sito n. 9 (HVSR n.11)	311 +/- 20% m/sec - C	2.1 e 5.5 -7.0
Sito n. 10 (HVSR n.10)	336 +/- 20% m/sec - C	1.4

Tabella n. 2: Valori di risonanza del terreno (frequenze d'interesse ingegneristico standard) e delle Vs₃₀ misurate nei 10 siti.

Il grafico rappresentato in tabella n.3, permette di ottenere un'indicazione degli edifici a maggiore rischio e vulnerabilità, per fenomeni di doppia risonanza terreno-struttura in caso di terremoto. La curva vale per edifici standard in c.a. e in muratura. La prassi migliore è eseguire il confronto o con la misura diretta dei modi di vibrare degli edifici se esistenti o con i risultati del calcolo dello strutturista attraverso l'analisi modale, nel caso di fabbricati in progetto. I modi principali di vibrare di un edificio si possono misurare con tecniche passive molto rapide e simili a quelle descritte in questo studio; le misure dirette sono raccomandabili, rispetto al calcolo da modello o alla stima attraverso relazioni standard come quelle riportate nei grafici di tabella n.3, in quanto esiste una notevole variazione da struttura a struttura.

Se consideriamo la relazione tipica “altezza edificio-frequenza di risonanza” (vd. Tabella n.3 grafico per edifici in cemento armato), si evidenzia che, considerando le frequenze di risonanza del terreno misurate in sito da 2 a 3 Hz provocano un effetto di doppia risonanza suolo-struttura sugli edifici di altezza tra i 15-30 metri circa, da 5.5 a 7 Hz su quelli di altezza da 4 a 12 metri, da 8 a 10 Hz su quelli di altezza da 3 a 7 metri.

Particolare attenzione va posta pertanto alle strutture esistenti e di progetto, al fine di evitare i fenomeni di doppia risonanza terreno-struttura, in caso di terremoto.

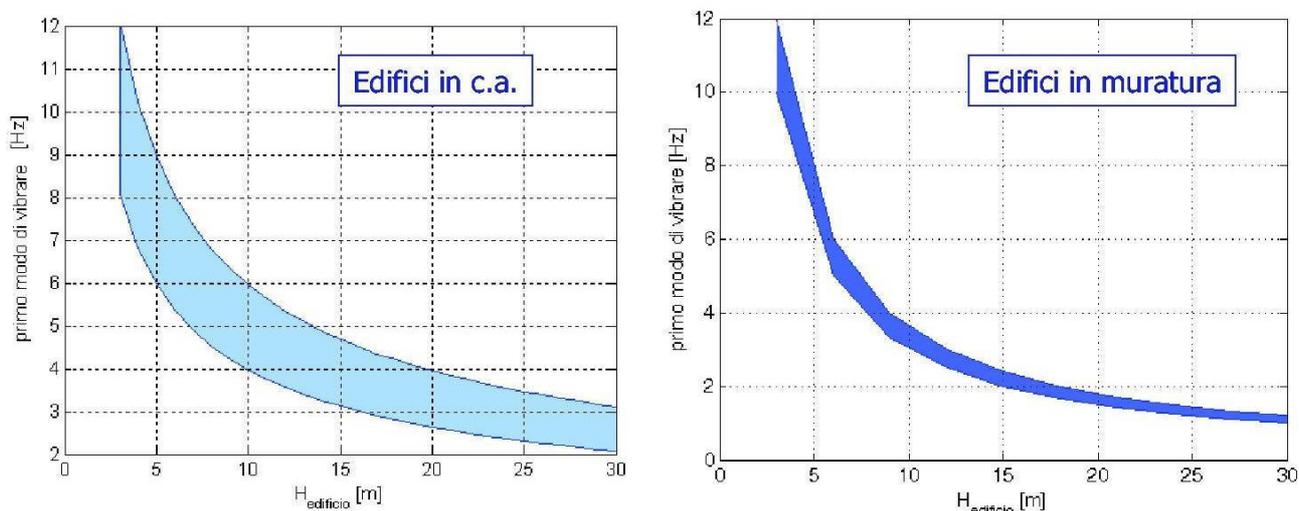


Tabella n. 3: Esempi di modi di vibrare di edifici (rapporto frequenze e altezze); il grafico di sinistra è relativo a edifici in cemento armato quello di destra a edifici in muratura. I valori tipici assunti per disegnare questi grafici sono stati ricavati dallo studio di Masi et al. – 2007.

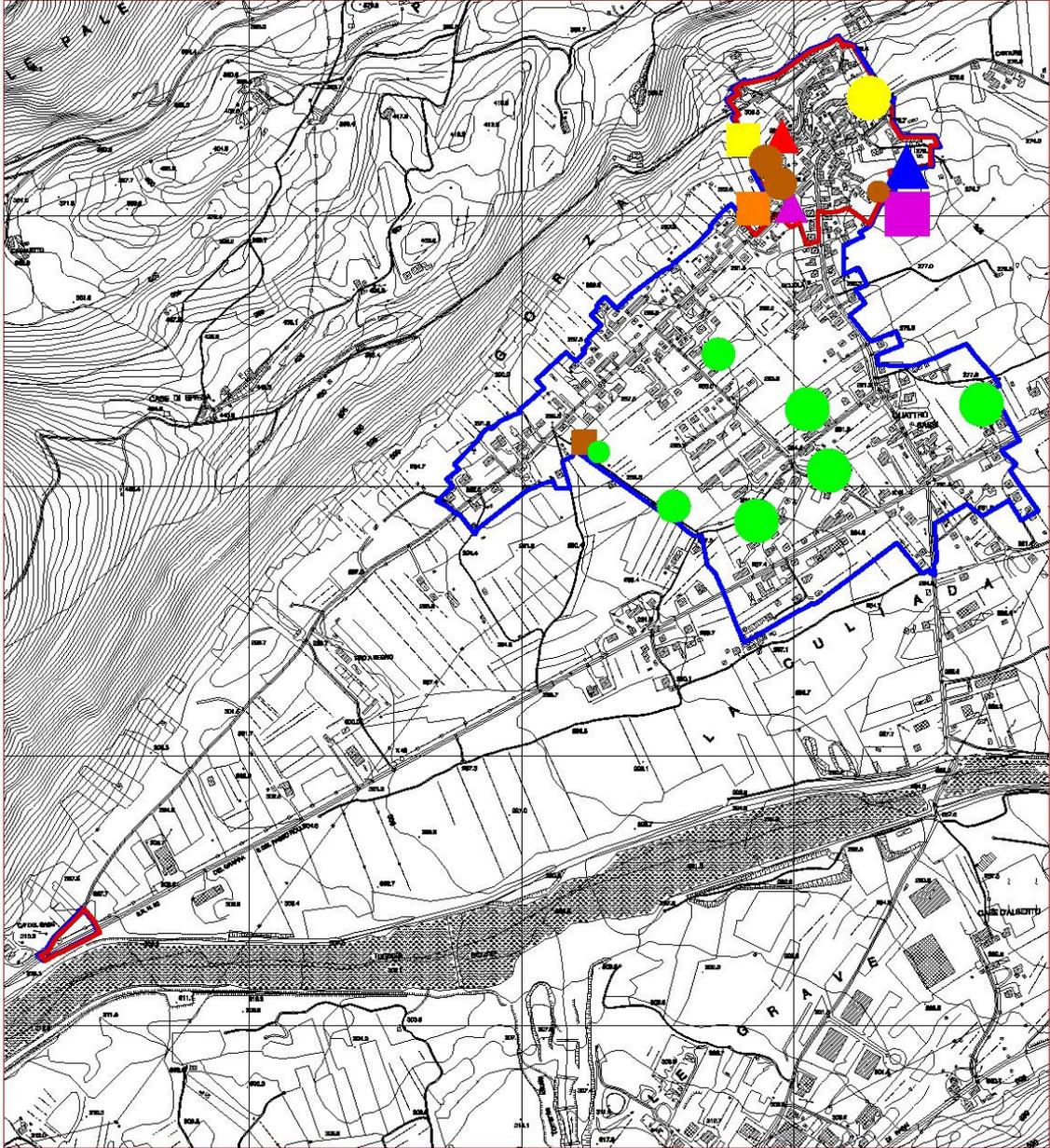


Tavola n.4: Carta delle frequenze fondamentali di vibrazione

scala 1:10.000

Tavola n.4: Carta delle frequenze fondamentali di vibrazione

LEGENDA

f_0 (Hz) (scala di colori)	A_0 (dimensioni crescenti)
● nessuna risonanza	○ $1.1 < A_0 < 2$
● $0.1 < f_0 < 0.5$	
● $0.5 < f_0 < 1.0$	○ $2.0 < A_0 < 3$
● $1.0 < f_0 < 2.5$	
● $2.5 < f_0 < 5.0$	○ $3.0 < A_0 < 5$
● $5.0 < f_0 < 7.5$	
● $7.5 < f_0 < 10.0$	○ $5.0 < A_0$
● $10.0 < f_0 < 15.0$	
● $15.0 < f_0 < 20.0$	
□ Curva HVSR con un secondo picco	
△ Curva HVSR con un terzo picco	

7. Zone omogenee in prospettiva sismica

La Dgr. n. 3308/2008 prevede, per definire le zone omogenee in prospettiva sismica, la mappatura del territorio comunale in:

- *“aree stabili, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di rilievo di alcuna natura (substrato geologico posto a profondità inferiore a tre metri con morfologia piatta o semi-pianeggiante);*
- *“aree stabili suscettibili di amplificazioni sismiche, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto dell’assetto litostratigrafico e morfologico locale;*
- *“aree suscettibili d’instabilità, nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni del territorio (non sono necessariamente esclusi per queste zone anche fenomeni di amplificazione del moto). Le principali cause d’instabilità sono: instabilità di versante, liquefazioni, faglie attive, cedimenti differenziali.”*

La Dgr. n. 69/2010 “Linee guida per la realizzazione dello Studio di Compatibilità sismica per i PAT” precisa con maggiore dettaglio la diversità tra le tre categorie:

- *“aree stabili non suscettibili di amplificazione sismica”* sono quelle zone che presentano una morfologia regolare e suoli di tipo “A” con copertura inferiore ai tre metri, prive di rotture sulla superficie topografica per riattivazione di faglie capaci, non potenzialmente soggette a fenomeni d’instabilità innescabili dallo scuotimento sismico (es. frane, cedimenti per collasso di cavità sotterranee, per densificazione di terreni insaturi e per liquefazione di terreni saturi).
- *“aree stabili suscettibili di amplificazione sismica”* sono aree stabili perché non soggette a fenomeni d’instabilità, e poste su suoli diversi del tipo “A”, caratterizzate da topografia accidentata (creste, orli di scarpata, cime isolate, irregolarità morfologiche sepolte).
- *“aree instabili per azione sismica”* sono aree in cui si possono verificare i seguenti fenomeni di instabilità sismoindotti: instabilità di versante (per crollo, per colata tipo mud flow, per scivolamento, ecc.), cedimenti per densificazione di terreni insaturi (es, terreni naturali e/o di riporto limoso

sabbiosi recenti), per liquefazione in terreni saturi, per collasso di cavità sotterranee, rotture in superficie per riattivazione di faglie capaci.

Nel presente studio non sono state rilevate *aree stabili non suscettibili di amplificazione sismica*. L'intero territorio Comunale è stato inserito come **“area stabile suscettibile ad amplificazione sismica”** o per effetto morfologico locale o litologico-stratigrafico.

In particolare sono state distinte le seguenti sottocategorie:

- *“Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica per effetti topografici in superficie”*: sono suoli di tipo “A” posti lungo un orlo di scarpata di altezza maggiore a 30 metri, con inclinazione del pendio > a 15°, e perciò soggetti, secondo la normativa italiana, ad effetti di amplificazione topografica.
- *“Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica per effetti litologico-stratigrafici e topografici in superficie”*: sono suoli diversi dal tipo “A”, per cui interessati ad amplificazione litologico-stratigrafica, e lungo un orlo di scarpata di altezza maggiore a 30 metri, con inclinazione del pendio > a 15°, e perciò soggetti, secondo la normativa italiana, ad effetti di amplificazione topografica.
- *“Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica per effetti litologico-stratigrafici e topografici di morfologia sepolta”*: sono suoli diversi dal tipo “A”, per cui interessati ad amplificazione litologico-stratigrafica (v. Tavola n. 4 “carta delle frequenze fondamentali di vibrazione) e caratterizzati da una morfologia sepolta del bedrock sismico irregolare, che può creare dei fenomeni di amplificazione topografica e litostratigrafica.
- *“Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica per effetti litologico-stratigrafici”*: sono suoli diversi dal tipo “A”, per cui interessati ad amplificazione litologico-stratigrafica (v. Tavola n. 4 “carta delle frequenze fondamentali di vibrazione).

Le **aree di instabilità** per azione sismica sono costituite da:

- **Zone con cedimenti differenziali** dovuti al contatto tra mezzi a caratteristiche elastiche molto diverse.
- **Aree di potenziale cedimento per liquefazione di terreni saturi** sabbiosi, sabbioso-limosi o sabbioso-ghiaiosi e con superficie della falda minore di 15 metri dal piano campagna. E' stata inserita tutta la pianura alluvionale, in quanto non si posseggono dati quantitativi per stimare il fenomeno di liquefazione.

- ***Zone con rotture in superficie per riattivazione di faglia attiva e capace (traccia indeterminabile).*** Queste faglie sono state inserite tra le aree instabili per azione sismica solo per precauzione, in quanto non è stato possibile determinare se siano attive e capaci. In questi siti si dovrà verificare, per quanto possibile, a livello puntuale se vi siano delle evidenze geologiche-geomorfologiche di superficie, tali da poter stabilire lo stato di “riattivazione”.

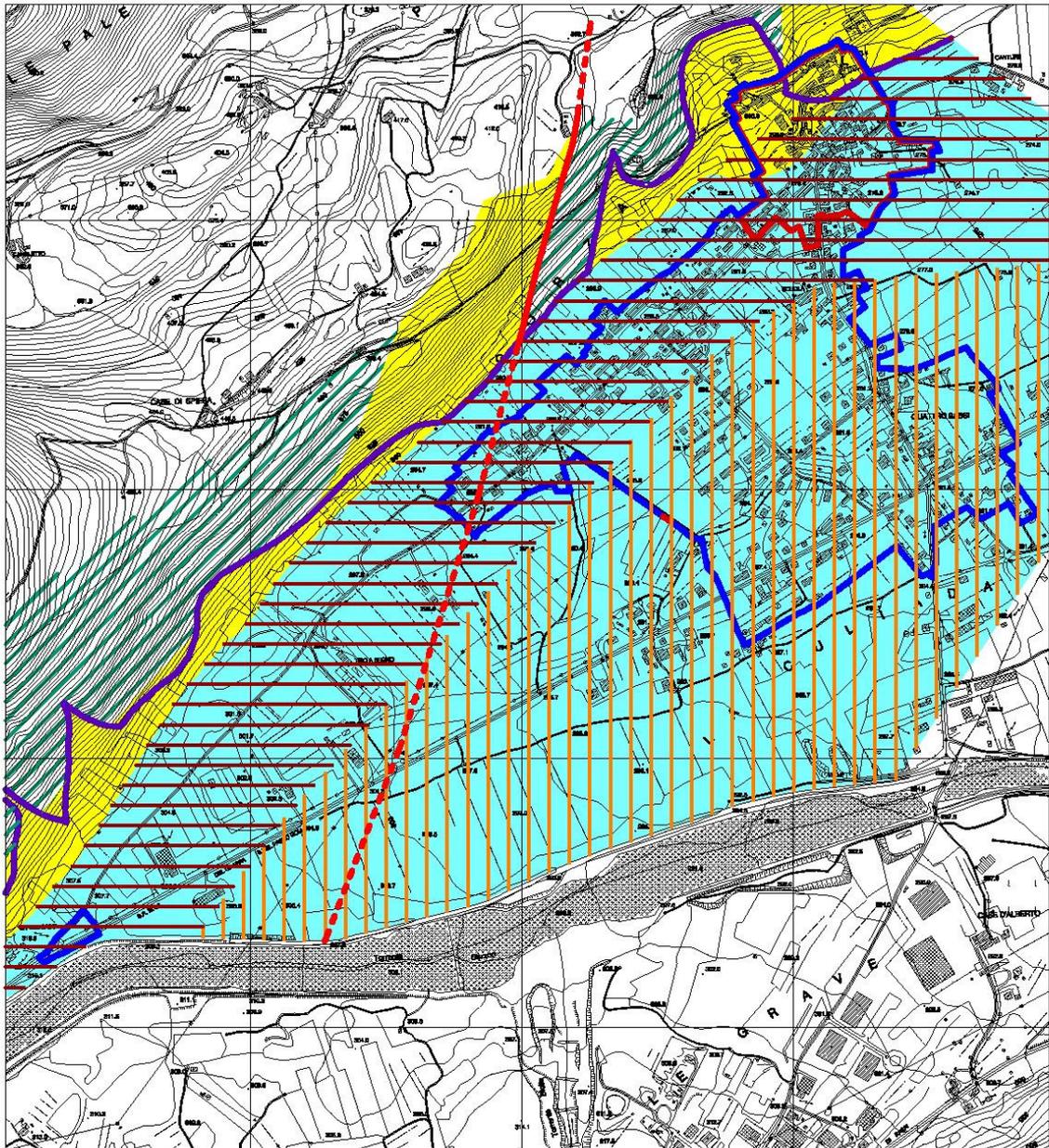


Tavola n.5 : Carta delle "zone omogenee in prospettiva sismica" scala 1:10.000

Tavola n.5 :

Carta delle "zone omogenee in prospettiva sismica"

scala 1:10.000

LEGENDA

AREE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA



Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica per effetti topografici di superficie



Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica per effetti litologico-stratigrafici e topografici di superficie



Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica per effetti litologico-stratigrafici e topografici di morfologia sepolta



Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica per effetti litologico-stratigrafici

AREE INSTABILI PER AZIONE SISMICA



Linee di contatto tra mezzi a caratteristiche elastiche molto diverse tra loro



Aree di potenziale cedimento per liquefazione



Faglia certa



Faglia presunta

In tutte le “**aree stabili suscettibili ad amplificazione sismica**” e nelle “**aree instabili per azione sismica**”, in cui si ritiene di eseguire ristrutturazioni con modifiche strutturali, ampliamenti, nuove costruzioni e opere infrastrutturali, si dovrà procedere a :

a) caratterizzare il terreno tramite la misura delle Vs30, qualora si addotti un approccio semplificato, come previsto dal DM 14.01.2008 “Norme tecniche per le costruzioni” : “la classificazione può essere basata sulla stima dei valori della velocità media delle onde sismiche di taglio “Vs” ovvero sul numero medio di colpi N_{spt} per terreni a grana grossa, e coesione non drenata media “c_u”, per terreni a grana fine. Le misure dovranno essere eseguite almeno ogni tre metri di profondità fino a quella prevista dal DM 14.01.2008.

Le misure dirette delle onde di taglio “Vs” acquisite con metodi geofisici di superficie e riconosciuti dalla comunità scientifica (es. MASW, ReMi, ecc.), sono sempre preferibili ai metodi indiretti. Nel caso di modellazione H/V è indispensabile la conoscenza di un vincolo (stratigrafia e/o penetrometria e/o Vs di almeno il primo strato determinata con altre tecniche), inoltre le misure devono essere conformi alle linee guida SESAME e rappresentate graficamente in un campo di frequenze di interesse ingegneristico (0.1-20Hz).

Dovranno essere allegati alla relazione geologica i grafici di misura e d’interpretazione delle prove in sito.

b) uno studio finalizzato alla determinazione della profondità del bedrock sismico in funzione della definizione del periodo proprio di vibrazione del sottosuolo;

c) evitare l’effetto di doppia risonanza suolo-struttura;

d) valutare le amplificazioni locali di tipo topografico nelle “**Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica per effetti topografici di superficie**”. L’amplificazione topografica potrà essere determinata come previsto dall’Eurocodice 8 e/o da altra documentazione riconosciuta dalla comunità scientifica (es. “*Indirizzi e criteri di microzonazione sismica – rapporto finale del Febbraio 2008 – conferenza Stato e Regioni*”).

e) valutare le amplificazioni locali di carattere litostragrafico qualora il bedrock sia a profondità superiore ai 3 mt (v. dm 14.01.2008), e topografico, nelle **“Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica per effetti litostratigrafici e/o topografici di superficie e/o di morfologia sepolta”**. L’amplificazione potrà essere determinata come previsto dall’Eurocodice 8 e/o da altra documentazione riconosciuta dalla comunità scientifica (es. *“Indirizzi e criteri di microzonazione sismica – rapporto finale del Febbraio 2008 – conferenza Stato e Regioni”*).

f) **“Linee di contatto tra mezzi a caratteristiche elastiche molto diverse tra loro”**. In queste zone si dovrà verificare, attraverso prove in sito, se i contatti tra formazioni con caratteristiche litologiche e meccaniche molto diverse possono causare cedimenti differenziali, ed evitare di porre le fondazioni dei fabbricati “a cavallo” tra litotipi con caratteristiche marcatamente diverse.

g) **“Aree di potenziale cedimento per liquefazione di terreni saturi”**. La suscettibilità a questo fenomeno dovrà essere valutata attraverso prove in sito. Gli *“Indirizzi e criteri di microzonazione sismica – rapporto finale del Febbraio 2008 – conferenza Stato e Regioni”* prevedono che si possa omettere la verifica di liquefazione quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- eventi sismici attesi di magnitudo inferiore a 5;
- accelerazioni massime attese in superficie in condizioni free-field minori di 0.1g;
- accelerazioni massime attese in superficie in condizioni free-field minori di 0.15g e terreni ricadenti in una delle seguenti categorie:
 - 1) frazione fine (frazione passante al setaccio 200 ASTM), FC, superiore al 20%, con plasticità $PI > 10$;
 - 2) $FC \geq 35\%$ e resistenza $(N_1)_{60} > 20$;
 - 3) $FC \geq 5\%$ e resistenza $(N_1)_{60} > 25$;
- profondità media stagionale della falda superiore a 15.0 metri dal piano campagna, nel caso di piano campagna pianeggiante ed edifici con fondazioni superficiali;
- distribuzione granulometrica esterna ai fusi granulometrici dei terreni suscettibili a liquefazione.

Nel caso di terreno pianeggiante gli effetti in superficie sono trascurabili se lo spessore dello strato più superficiale non liquefacibile è maggiore dello spessore dello strato sottostante liquefacibile.

h) **“Zone con rotture in superficie per riattivazione di faglia attiva e capace (traccia certa e indeterminabile)”**. Queste faglie sono state inserite tra le aree instabili per azione sismica solo per precauzione, in quanto non è stato possibile determinare se siano attive e capaci. In questi siti si dovrà verificare, per quanto possibile, a livello puntuale se vi siano delle evidenze geologiche-geomorfologiche di superficie, tali da poter stabilire lo stato di “riattivazione”.

Se il risultato dello studio sarà positivo e/o incerto, il progettista dell’opera dovrà considerare l’eventualità di incrementare l’accelerazione sismica prevista al bedrock e al suolo, e valutare eventuali cedimenti differenziali.

Si potranno utilizzare valori provenienti da misure dirette puntuali delle onde di taglio “Vs” eseguite in un sito adiacente a quello investigato, purchè i litotipi, la morfologia superficiale e sepolta, l’idrogeologia, e le caratteristiche sismiche siano compatibili a quelle riscontrate nell’area in studio.

La relazione tecnica illustrativa e le modalità di presentazione dei dati dovranno essere in linea con gli *“Indirizzi e criteri di microzonazione sismica. Rapporto finale - 2008 (Conferenza Stato Regioni)”*; in ogni caso dovranno essere allegate le tabelle e i diagrammi delle prove in sito.

Treviso, Luglio 2011

Il geologo

