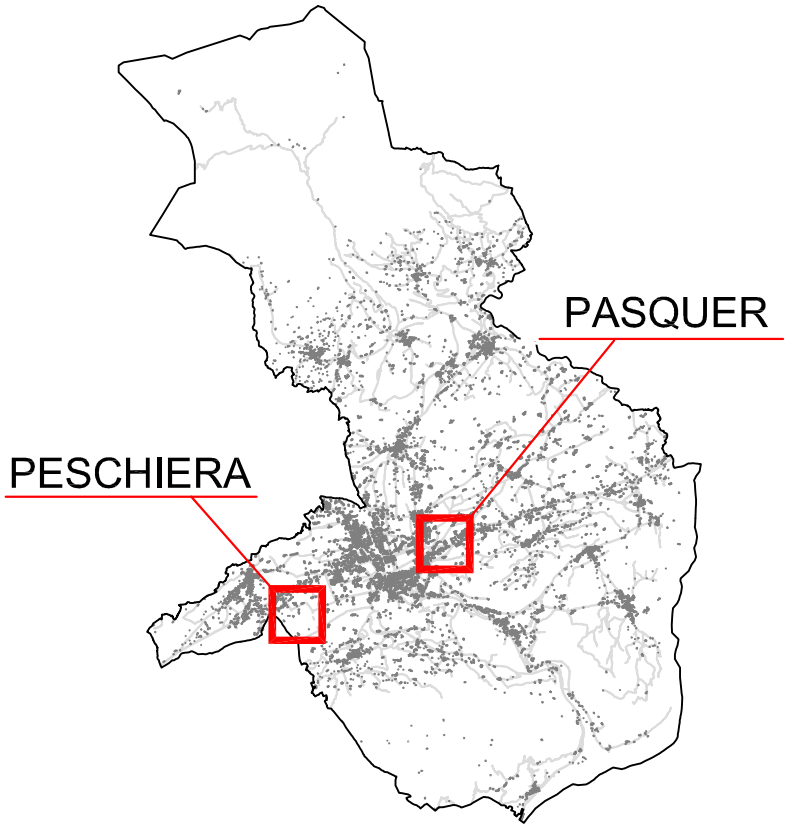
COMUNE DI FELTRE
Provincia di Belluno

P.I.
2013 - E

elaborato		A.T.O.	ambito	scala	
		VARIE			

Valutazione di Compatibilità Sismica

Piano delle Alienazioni e Valorizzazioni D.C.C. n°42 del 10/06/2013
varianti di dettaglio in varie località di Feltre



UFFICIO ASSOCIATO
URBANISTICA
Comuni di Feltre, Quero, Vas,
Alano e Seren del Grappa

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

UFFICIO PIANIFICAZIONE
arch. Michela Rossato

PROGETTAZIONE
dott. Geol. Alessandro Pontin

CITTA' DI FELTRE

IL SINDACO
Paolo Perenzin

L'ASSESSORE ALL'URBANISTICA
Luciano Perco

IL SEGRETARIO
Daniela De Carli

ADOTTATO
con deliberazione di **C.C.** n° **61** del **30/09/2014**
Il Presidente Il Segretario

APPROVATO
con deliberazione di **C.C.** n° **8** del **28/01/2015**
Il Presidente Il Segretario

vigente dal
20/02/2015

Elaborato n° -

Regione del Veneto

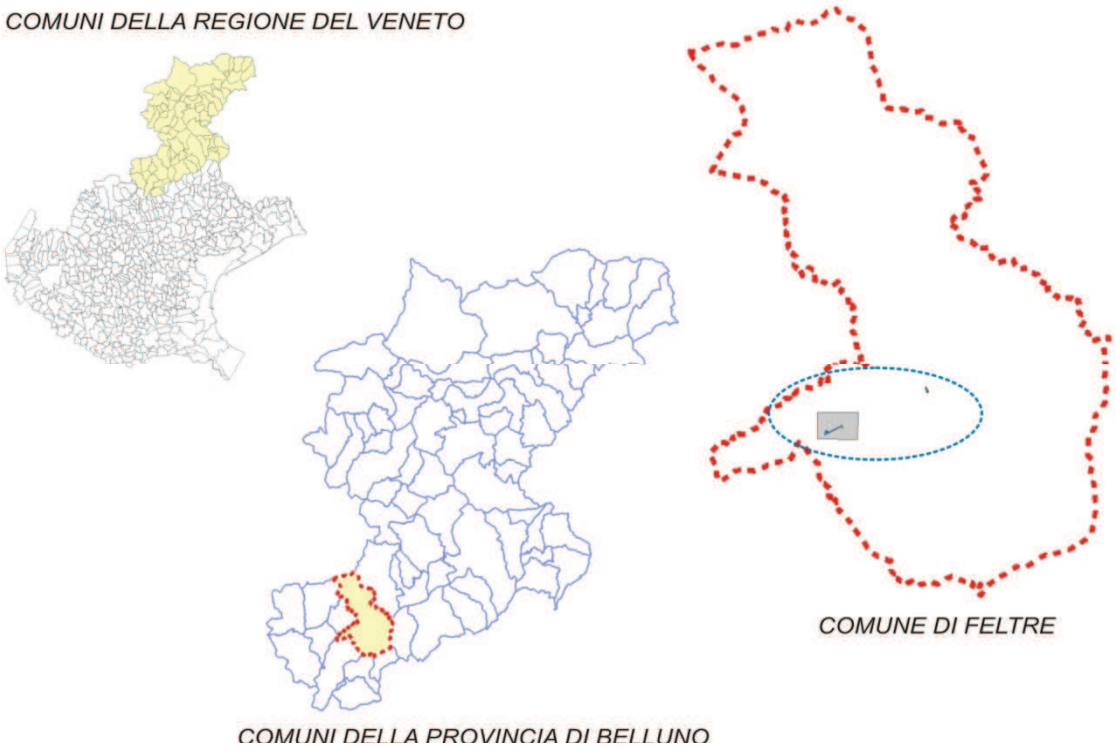
Provincia di Belluno

Studio di Compatibilità Sismica per il Piano degli Interventi denominato PI 2013-E

C o m u n e d i F e l t r e

Dicembre 2013

RELAZIONE



Soggetto realizzatore:

STUDIO DI GEOLOGIA
dott. ALESSANDRO PONTIN
32032 FELTRE (BL) - VIA C. CASTALDI, 2
TEL./FAX 0439-304459
e.mail: pntlsn@unife.it

Il Committente:

Amministrazione Comunale di Feltre

I N D I C E

1. PREMESSA....2
2. GEOLOGIA STRUTTURALE DEL FELTRINO....4
3. CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITA' DEL TERRITORIO....11
4. INDAGINI IN SITO....23
   4.1. TRINCEE ESPLORATIVE E ANALISI DI LABORATORIO....23
   4.2. PROVE GEOFISICHE....28
      4.2.1. Indagine in sismica attiva mediante la tecnica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)....29
      4.2.2. Indagine in sismica passiva con tecnica "HVSR" (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) a stazione singola....31
      4.2.3. Analisi delle risultanze....32
         4.2.3.1 Sito n° 01....32
         4.2.3.2 Sito n° 02....36
5. ELEMENTI GEOLOGICI IN PROSPETTIVA SISMICA....38
6. ZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA....40

A L L E G A T I

1. TAV n° 1 – COROGRAFIA GENERALE E VINCOLI DELLE AREE DI INTERVENTO alla scala 1: 10.000
2. TAV n° 2 – CARTA DELLE INDAGINI alla scala 1: 10.000
3. TAV n° 3 – CARTA DEGLI ELEMENTI GEOLOGICI IN PROSPETTIVA SISMICA alla scala 1: 5.000
4. TAV n° 4 – CARTA DELLE ZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA alla scala 1: 5.000

1. PREMESSA

Il PAT (Piano di Assetto del Territorio) 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" (Piani di Intervento) devono perciò 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 il 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 il 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" (cfr lettera "a" punto "3" dell'allegato A) la caratterizzazione del terreno tramite la misura delle Vs_{30} (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" (cfr 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 Vs_{30}, unitamente alla valutazione degli effetti morfologici;*
- *con riferimento alle "aree suscettibili di instabilità" (cfr lettera "c" punto "3" dell'allegato A), uno studio degli eventuali effetti di cui alal punto 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.

In particolare la presente relazione riguarda una variante al Piano degli Interventi vigente che interessa un' area di proprietà comunale (cfr L'Allegato n° 1 – COROGRAFIA GENERALE E VINCOLI DELLE AREE DI INTERVENTO) per le quali è prevista la modifica alla destinazione urbanistica al fine della valorizzazione del patrimonio immobiliare dell'Ente come indicato nel piano triennale delle alienazioni 2013/2015 approvato con D.C.C. n°42 del 10/06/2013.

Inoltre, in accordo con l'amministrazione comunale, lo studio riguarderà la sola area in loc. Peschiera, in quanto l'area in loc. Pasquer ricade all'interno dello *Studio di Compatibilità Sismica per il "PI 2010/C – Centro di Feltre (A.T.O. - 9) e San Paolo (A.T.O. – 10) in variante al PI vigente"* (2011) a cura del Dott. Geol. Livio Sartor.

Infine, la presente relazione ricalca, nelle considerazioni generali e con consenso dello stesso autore, i lavori sopracitati.

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.

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

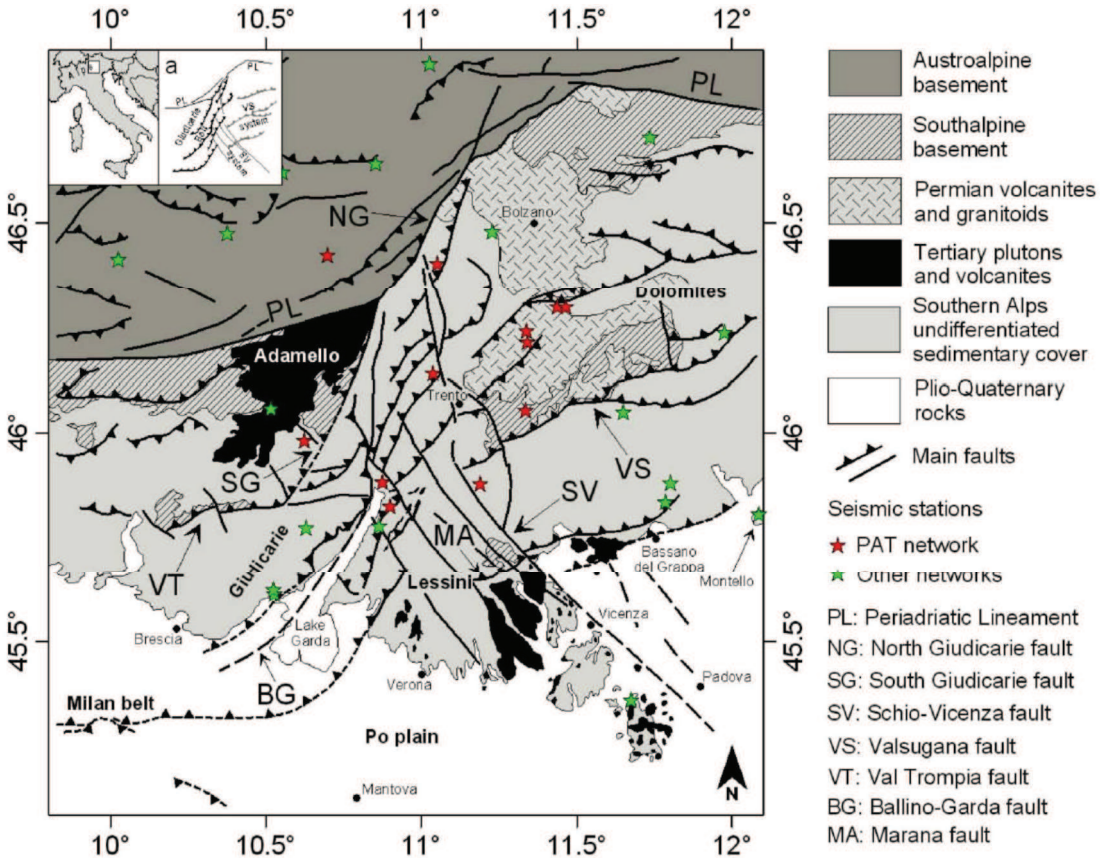


Figura n° 2 - Carta generale delle faglie attive del Sudalpino centro-orientale (da Castaldini-Panizza - 1991)

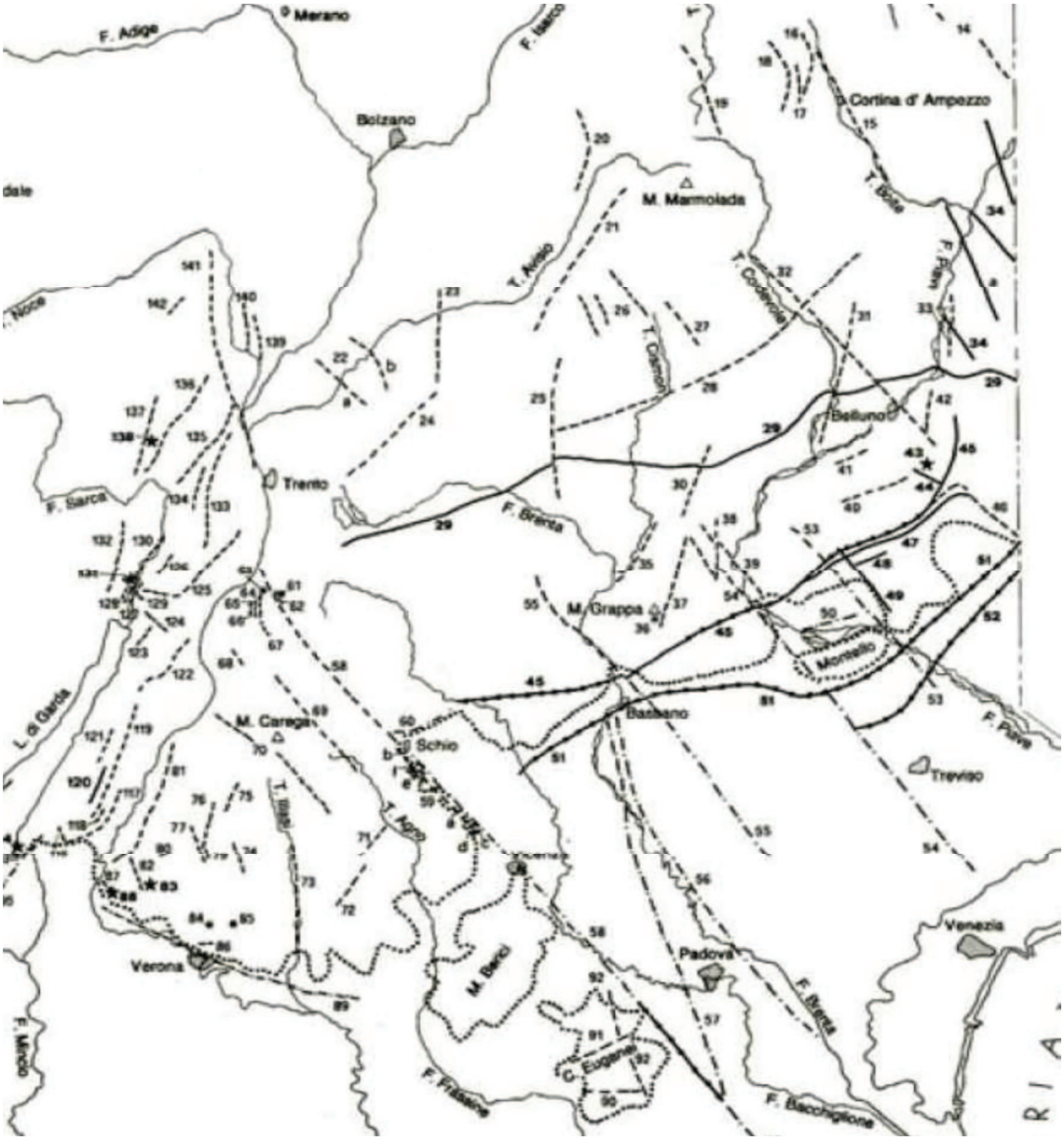


Figura n° 3 – Sezioni rappresentative geologico strutturali attraverso le Alpi Meridionali

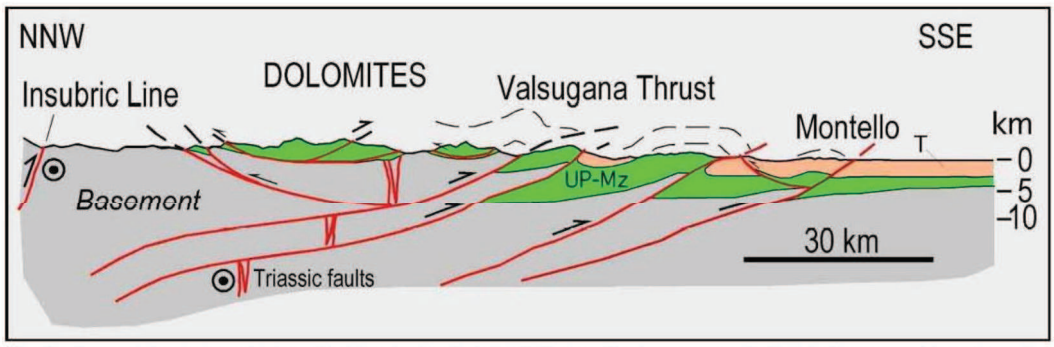


Fig.18 - Sezione del ventaglio embriciato delle Alpi Meridionali, dalla Val Pusteria alla pianura veneta. Le Vette Feltrine, immediatamente a sud del *pop-up* delle Dolomiti, sono a letto del sovrascorrimento della Valsugana. UP-Mz, Permiano superiore-Mesozoico; T, Cenozoico (da DOGLIONI & CARMINATI,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

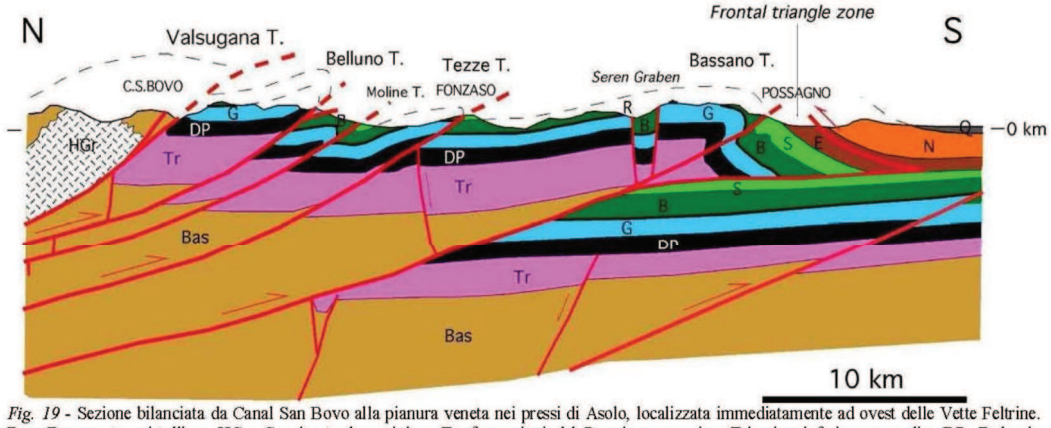


Fig. 19 - Sezione bilanciata da Canal San Bovo alla pianura veneta nei pressi di Asolo, localizzata immediatamente ad ovest delle Vette Feltrine. Bas, Basamento cristallino; HGr, Granito tardo ercinico; Tr, formazioni del Permiano superiore-Triassico inferiore e medio; DP, Dolomia Principale (Norico); 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).

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.

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

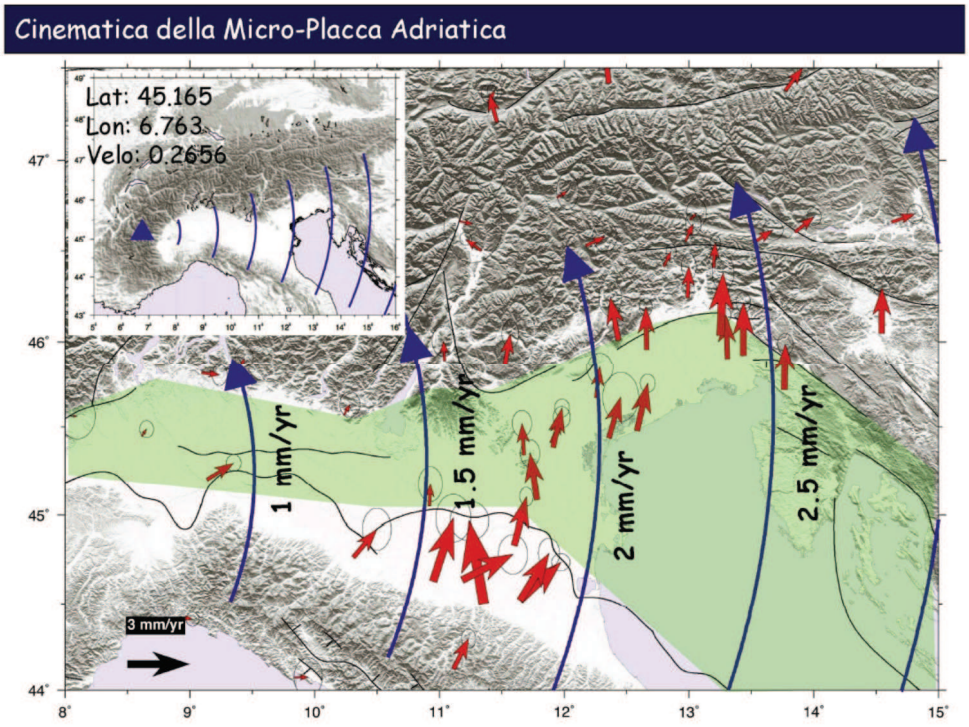
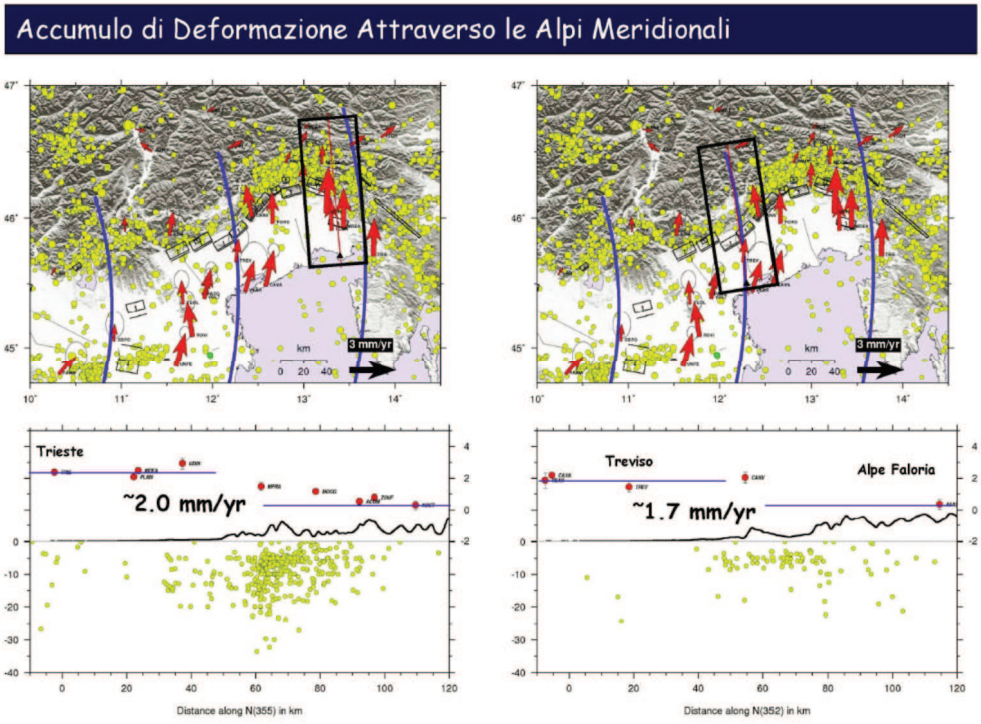


Figura n° 5 – Accumulo di deformazione attraverso le Alpi Meridionali, con evidenziate l'area Trieste- Salzburg e Treviso-Belluno (E. Serpelloni – 2008)



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 Cismon 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 Lamen – Stalle alla Fornace e sulla forcella del S. Mauro dove è evidenziata dalla presenza di una fascia di cataclasiti che separa un settore dolomitizzato ad occidente da uno orientale calcareo.

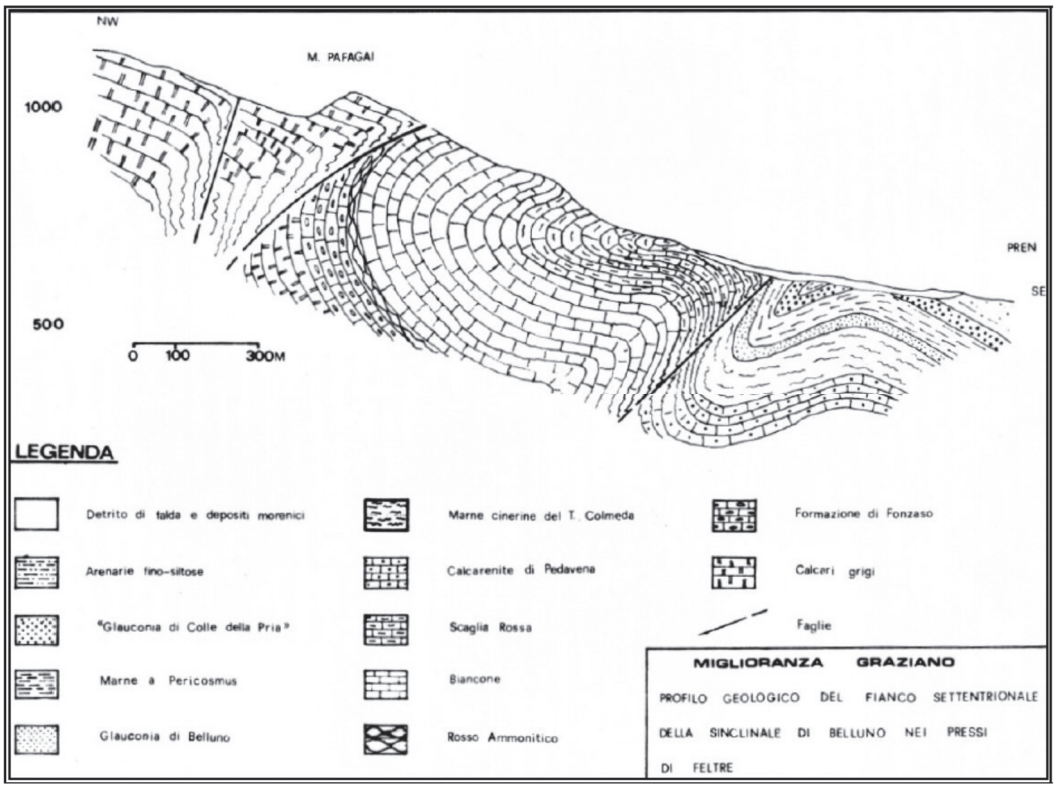
Tra il M. Pafagai ed il Dosso Perazze è riconoscibile un allineamento NNE – SSW, probabile prosecuzione della faglia di Facen, come sembrano indicare le cataclasiti di Stalle alla Fornace, importante zona di intersezione di più sistemi di faglie. In particolare la "Linea di Facen" (segmento NE-SW della 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 F.lla 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 debole pendenza. Essa longitudinalmente presenta alcune culminazioni assiali che finiscono per isolare piccole sinclinali chiuse come ne 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.

Figura n° 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 Lamen – 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 Lamen 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 Faont. Nella zona di Pedavena, Lamen 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 Lamen, 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 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 Vs 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. Nell' espressione dello spetto 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 Vs nei primi trenta metri di profondità, e della componente di amplificazione topografica del sito.

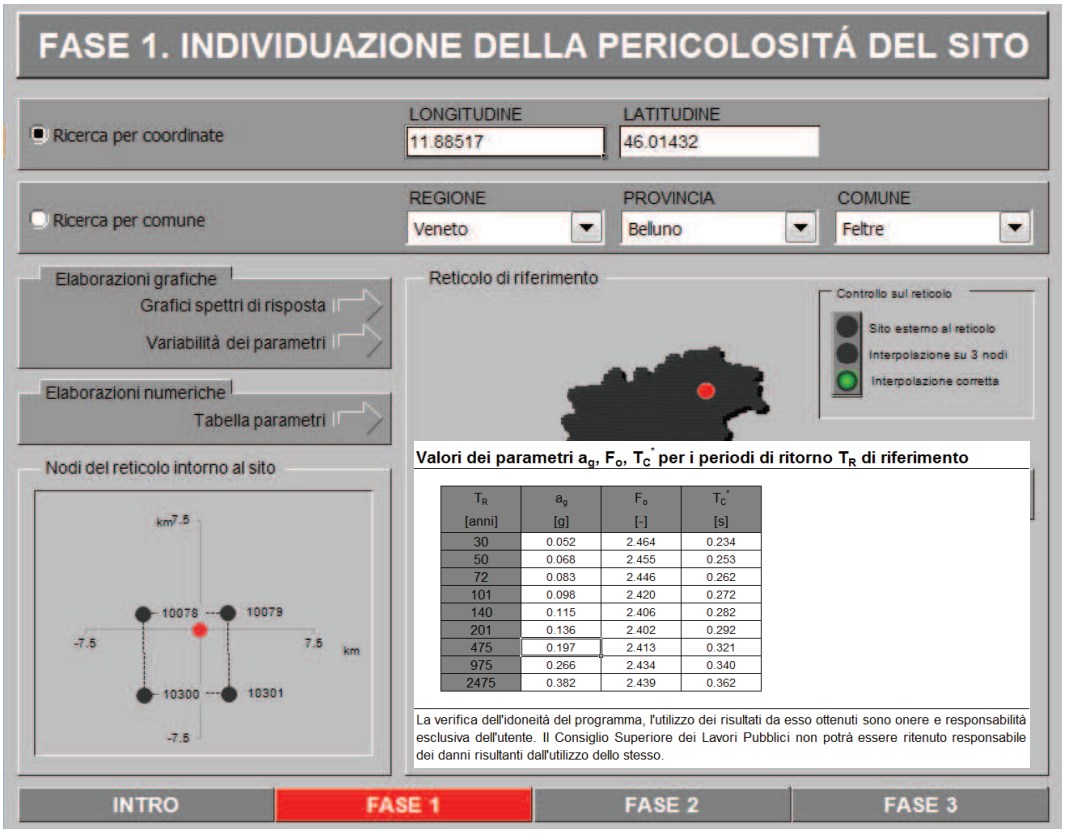
Con l'Ordinanza PCM n. 3519 del 28.04.2006 e DGRV n.71/2008 si approva la "Mappa di pericolosità sismica del territorio Nazionale" espressa in termini di accelerazione massima al suolo (*ag max*) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (tempo di ritorno 475 anni) riferita ai suoli molto rigidi (Vs > 800 m/sec). Il valore di "ag", per il Comune di Feltre, in zona "2", riferita a suoli molto rigidi (Vs>800m/s) varia da 0,150g a 0.225g.

Nell'allegato 7 dell'OPCM 13.11.2010 n.3907, sono indicati le ag , per un tempo di ritorno di 475 anni in condizioni di sottosuolo rigido e pianeggiante, corrispondente al valore più elevato di ag tra i centri e nuclei ISTAT del Comune (v. all.2 comma 2), e per Feltre corrisponde a 0,220057g.

Per quanto riguarda la pericolosità di base del sito di intervento, grossomodo per il centro dell'area in esame, in riferimento ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (Tr = 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 Vs,30 > 800 m/s pari a 0,197g.

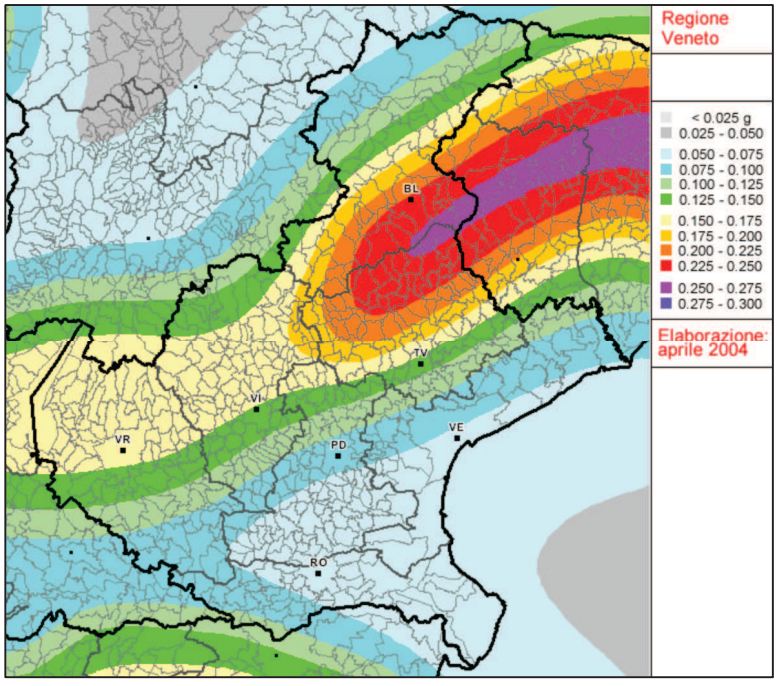
Sarà compito del progettista strutturale scegliere i parametri da utilizzare nei calcoli in funzione della "Strategia di progettazione" adottata una volta definita la Vita Nominale, la Classe d'uso ed il Periodo di Riferimento assegnate alla struttura.

Figura n° 7 – Immagine da programma Spettri di risposta – ver. 1.0.3



T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0.052	2.464	0.234
50	0.068	2.455	0.253
72	0.083	2.446	0.262
101	0.098	2.420	0.272
140	0.115	2.406	0.282
201	0.136	2.402	0.292
475	0.197	2.413	0.321
975	0.266	2.434	0.340
2475	0.382	2.439	0.362

Figura n° 8 – Mappa della pericolosità sismica della Regione del Veneto 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 (Vs > 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 Maw ≥ 5 sono i seguenti:

- anno 1404 nel Bellunese con Maw=5.17;
- anno 1695 nell'Asolano con Maw=6.61;
- anno 1836 nel Bassanese con Maw=5.48;
- anno 1860 nel Valdobbiadenese con Maw=5.17;
- anno 1873 nel Bellunese con Maw=5.03;
- anno 1887 nell'Asolano con Maw=5.17;
- anno 1894 nella zona di Fonzaso con Maw=5.03;
- anno 1895 nel Valdobbiadenese con Maw=5.06;
- anno 1900 nel Valdobbiadenese con Maw=5.22;
- anno 1943 nel Valdobbiadenese con Maw=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°48', long. 11°57' poco ad Est della Chiesa di Crespignaga di Maser) con intensità epicentrale di 9.5 e magnitudo Maw=6.61.

In Figura n°9 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 ≤ Maw ≤ 5. La legenda della Figura n°9 è la seguente:

- **N** numero progressivo dei terremoti presenti nel catalogo CPTI04;
- **Tr** tipo 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;
- **Imax** intensità massima;
- **Io** intensità epicentrale
- **Lat, Long** coordinate in gradi sessadecimali del luogo dell'epicentro;
- **Magnitudo** sono state indicate tre alternative di magnitudo: Maw con errore Daw e tipologia di stima TW, Mas (calcolata sulle onde superficiali) con errore Das e tipologia di stima TS (per la zona etnea), 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.

- **TZ** è il codice di assegnazione alla zona sorgente (G: assegnazione geografica; A: assegnazione ponderata cautelativa).
- **Ncft** è il numero progressivo dei record nel catalogo CFTI2.
- **Nnt** è il numero d'ordine dei record nel catalogo NT4.1.1.
- **Ncpt** è il numero d'ordine dei record nel catalogo CPTI99.

Figura n° 9 – Terremoti avente epicentro entro un raggio di circa 30 km dal centro abitato di Feltre, con magnitudo da 3.92 ≤ Maw ≤ 5 (dal catalogo CPTI04).

Interrogazione effettuata sui seguenti parametri:

Area circolare con centro C (46.018, 11.910) 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	Ncft	Nnt	Ncpt
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		198	118
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		199	124
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		200	127
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		201	128
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		202	133
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		203	400
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	276	204	415
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	389	207	813
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		208	909
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	411	209	918
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		210	922
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		211	924
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		212	928
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		213	989
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		214	1002
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		216	1115
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		217	1130
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		219	1218
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		220	1231
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		221	1273
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		222	1325
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		223	1685
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		224	1723
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		225	1733
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		226	1771
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		227	1925
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		228	1951
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		229	1987
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		230	1991

Numero di record estratti: 29

Figura n° 10 – Zonazione sismogenetica ZS9 del Veneto.

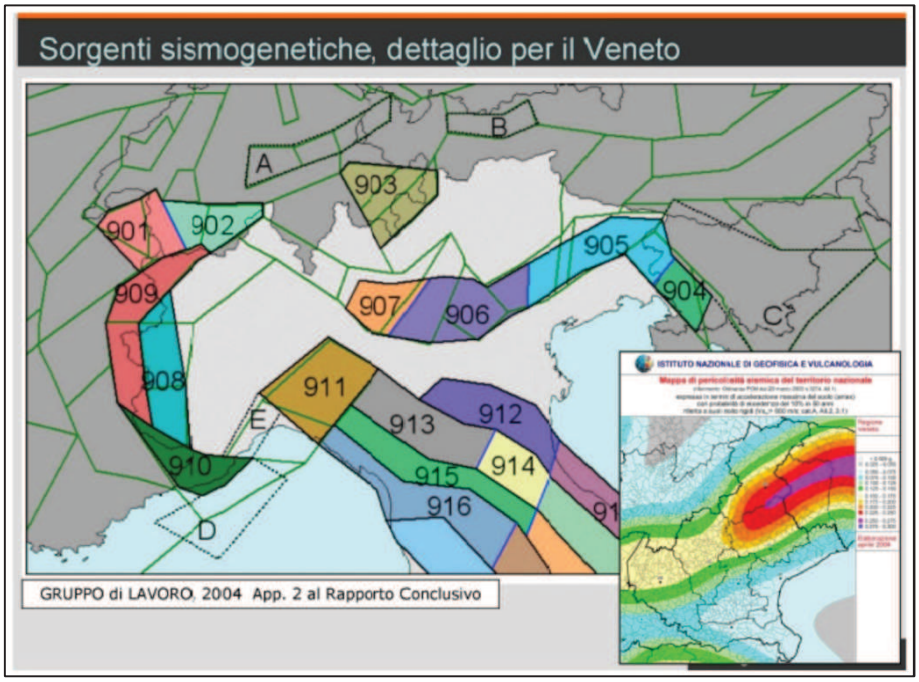


Figura n° 11 – Sorgenti sismogenetiche dell'Italia Nord-Orientale inserite nel DISS v.3 (Buratto e altri 2008).

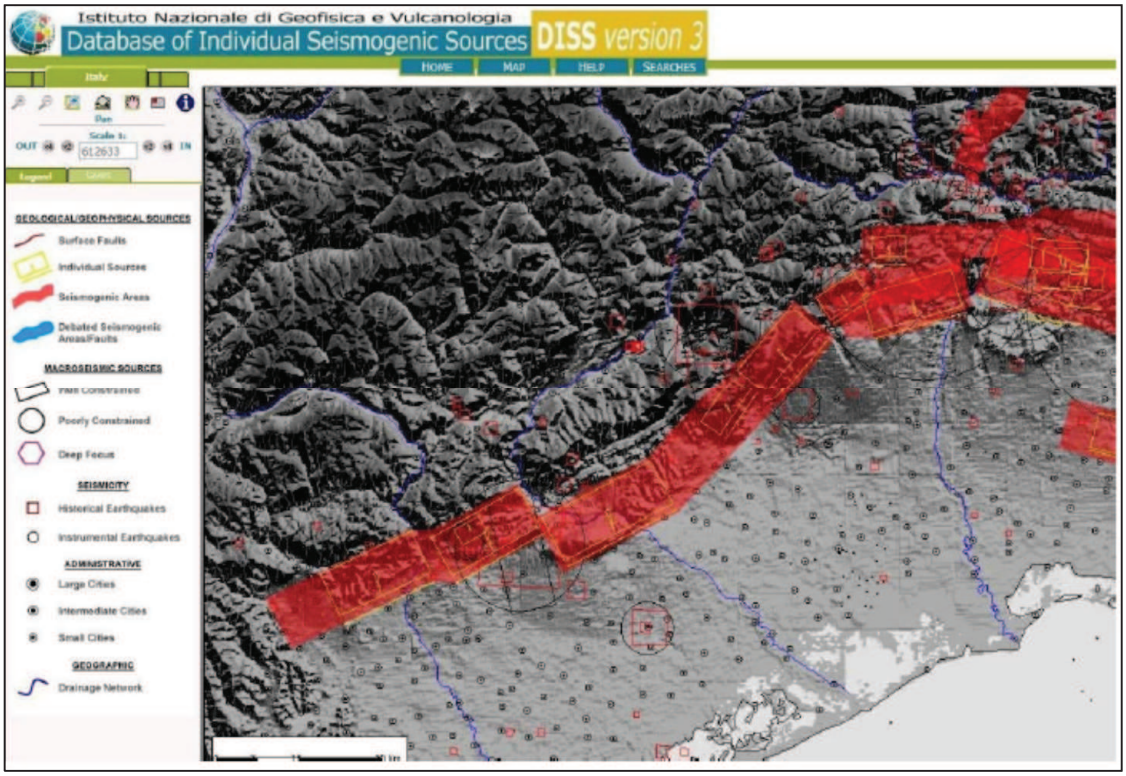
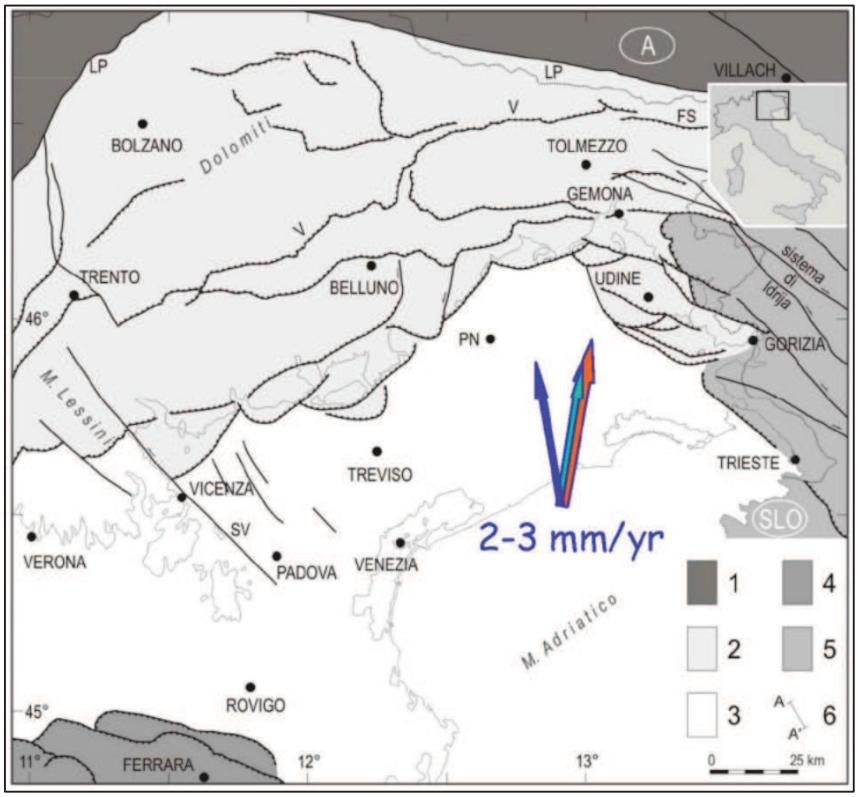


Figura n° 12 – Schema strutturale delle Alpi meridionali (da M.E. Poli 2008).



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 sovrascorrimenti 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 (cfr Figura n°12) 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°11 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, si possono evidenziare 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 (cfr Figura n°10) le aree del trevigiano settentrionale e del feltrino possono essere associate alle zone 905 e 906, caratterizzate da strutture a pieghe sudvergenti 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 Figura n°13 sono indicate le faglie capaci, nell'area del Feltrino, dal progetto Ithaca (Italy Hazard from Capable Faults); sono state inserite le seguenti lineazioni principali: S. Gottardo-Mt. Agaro (Linea di Belluno), Facen, Monte Grappa- Col dell'Orso, Montebelluna, Schievenin e Vas e Nervesa.

Figura n° 13 – Faglie capaci nell'area feltrina dal progetto Ithaca (Italy Hazard from Capable Faults).

Una prima analisi sulla presenza di "faglie attive" nel territorio feltrino, può essere effettuata dai dati bibliografici, attraverso i tabulati riportate nelle seguenti figure e presenti nel progetto Ithaca (Italy Hazard from Capable Faults).

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), mentre 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 (cfr cap. 3.1.4 *Indirizzi e criteri di microzonazione sismica –2008 Conferenza Stato Regioni*).

Di seguito si riportano i dati relativi alle faglie capaci dell'area feltrina così come estratti dal progetto Ithaca (Italy Hazard from Capable Faults).

Figura n° 14 - S. Gottardo – M. Agaro (Linea di Belluno)

PHISICAL AND GEOLOGICAL ATTRIBUTES

GEOLOGIC SETTING	
SYNOPSIS	
FAULT NAME	S. Gottardo - Mt. Agaro
FAULT CODE	70102
MACROZONE	2
REGION NAME	Veneto
SYSTEM NAME	Belluno Line
RANK	PRIMARY
AVERAGE STRIKE	230
DIP	0
LENGTH (Km)	100
GEOMETRY	
SEGMENTATION	
DEPTH (Km)	0
LOCATION RELIABILITY (MAPPING SCALE)	1:
LAST ACTIVITY	Latest glacial (9,000÷15,000)
ACTIVITY RELIABILITY	Medium reliability
RECURRENCE INTERVAL (yr)	0
SLIP-RATE (mm/yr)	0
MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH	0
MAX CREDIBLE SLIP (m)	0
KNOWN SEISMIC EVENTS	
MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)	
MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)	
STUDY QUALITY	FAIR
NOTES	

REFERENCES

FAULT CODE	AUTHORS	TITLE	REFERENCES	YEAR
70102	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
70102	AA.VV.	CNR (1983) - Neotectonic map of Italy, scale 1:500.000. P.F. Geodinamica, Quad. Ric. Scient., 114	CNR (1983) - Neotectonic map of Italy, scale 1:500.000. P.F. Geodinamica, Quad. Ric. Scient., 114	1983
70102	DE CONCINI C., DE FLORENTIS N., GATTO G.O. & ILICETO V. (1980)	Movimenti attuali nelle Alpi Orientali rilevati mediante livellazioni ripetute	Mem. Sc. Geol., 34, 53-66	1980
70102	OGNIBEN L. (1987)	Modello geodinamico della regione trentina ed aree circostanti	St. Trent. Sc. Nat., 63, 1-165	1987
70102	PELLEGRINI G.B. & ZANFERRARI A. (1980)	Inquadramento strutturale ed evoluzione neotettonica dell'area compresa nei fogli 23 Belluno, 22 Feltre (p.p.)	CNR (1980) - Contributi conclusivi alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia, pubbl. 513 P.F. Geodinamica, Pubbl. 356(1), 359-396	1980
70102	PERUZZA L., ILICETO V. & SLEJKO D. (1989)	Some seismotectonic aspects of the Alpago - Cansiglio area (NE Italy)	Boll. Geof. Teor. Appl., 31, 63-75	1989
70102	SLEJKO D., CARRARO F., CARULLI G.B., CASTALDINI D., CAVALLIN A., DOGLIONI C., ILICETO V., NICOLICH R., REBEZ A., SEMENZA E., ZANFERRARI A. & ZANOLLA C. (1987)	Modello sismotettonico dell'Italia nord-orientale	CNR, GNDT, Rend. 1, 82 pp.	1987
70102	ZANFERRARI A., BOLLETTINARI G., CAROBENE L., CARTON A., CARULLI G.B., CASTALDIN D., CAVALLIN A., PANIZZA M., PELLEGRINI G.B., PIANETTI F. & SAURO U. (1982)	Evoluzione neotettonica dell'Italia Nord-Orientale	Mem. Soc. Geol., 35, 355-376, Padova	1982

Figura n° 15 - Faglia di Facen

PHISICAL AND GEOLOGICAL ATTRIBUTES

GEOLOGIC SETTING	
SYNOPSIS	
FAULT NAME	Facen
FAULT CODE	73900
MACROZONE	2
REGION NAME	Veneto
SYSTEM NAME	Facen
RANK	
AVERAGE STRIKE	20
DIP	0
LENGTH (Km)	10
GEOMETRY	
SEGMENTATION	
DEPTH (Km)	0
LOCATION RELIABILITY (MAPPING SCALE)	1:
LAST ACTIVITY	
ACTIVITY RELIABILITY	Low reliability
RECURRENCE INTERVAL (yr)	0
SLIP-RATE (mm/yr)	0
MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH	0
MAX CREDIBLE SLIP (m)	0
KNOWN SEISMIC EVENTS	
MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)	
MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)	
STUDY QUALITY	LOW
NOTES	

REFERENCES

FAULT CODE	AUTHORS	TITLE	REFERENCES	YEAR
73900	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
73900	AA.VV.	CNR (1983) - Neotectonic map of Italy, scale 1:500.000. P.F. Geodinamica, Quad. Ric. Scient., 114	CNR (1983) - Neotectonic map of Italy, scale 1:500.000. P.F. Geodinamica, Quad. Ric. Scient., 114	1983
73900	AA.VV.	ENEL (1981) - Elementi di neotettonica del territorio italiano. 3, 1-94. Milano	ENEL (1981) - Elementi di neotettonica del territorio italiano. 3, 1-94. Milano	1981
73900	PELLEGRINI G.B. & ZANFERRARI A. (1980)	Inquadramento strutturale ed evoluzione neotettonica dell'area compresa nei fogli 23 Belluno, 22 Feltre (p.p.)	CNR (1980) - Contributi conclusivi alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia, pubbl. 513 P.F. Geodinamica, Pubbl. 356(1), 359-396	1980
73900	SLEJKO D., CARRARO F., CARULLI G.B., CASTALDINI D., CAVALLIN A., DOGLIONI C., ILICETO V., NICOLICH R., REBEZ A., SEMENZA E., ZANFERRARI A. & ZANOLLA C. (1987)	Modello sismotettonico dell'Italia nord-orientale	CNR, GNDT, Rend. 1, 82 pp.	1987
73900	ZANFERRARI A., BOLLETTINARI G., CAROBENE L., CARTON A., CARULLI G.B., CASTALDIN D., CAVALLIN A., PANIZZA M., PELLEGRINI G.B., PIANETTI F. & SAURO U. (1982)	Evoluzione neotettonica dell'Italia Nord-Orientale	Mem. Soc. Geol., 35, 355-376, Padova	1982

Figura n° 16 - Faglia Cima Grappa – Col dell'Orso

PHISICAL AND GEOLOGICAL ATTRIBUTES

GEOLOGIC SETTING	
SYNOPSIS	
FAULT NAME	Cima Grappa - Col dell'Orso
FAULT CODE	75200
MACROZONE	2
REGION NAME	Veneto
SYSTEM NAME	Cima Grappa - Col dell'Orso System
RANK	
AVERAGE STRIKE	20
DIP	0
LENGTH (Km)	9
GEOMETRY	
SEGMENTATION	
DEPTH (Km)	0
LOCATION RELIABILITY (MAPPING SCALE)	1:
LAST ACTIVITY	
ACTIVITY RELIABILITY	Low reliability
RECURRENCE INTERVAL (yr)	0
SLIP-RATE (mm/yr)	0
MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH	0
MAX CREDIBLE SLIP (m)	0
KNOWN SEISMIC EVENTS	
MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)	
MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)	
STUDY QUALITY	LOW
NOTES	

REFERENCES

FAULT CODE	AUTHORS	TITLE	REFERENCES	YEAR
75200	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
75200	AA.VV.	CNR (1983) - Neotectonic map of Italy, scale 1:500.000. P.F. Geodinamica, Quad. Ric. Scient., 114	CNR (1983) - Neotectonic map of Italy, scale 1:500.000. P.F. Geodinamica, Quad. Ric. Scient., 114	1983
75200	SAURO U. (1979b)	Fault scarps in the western Venetian Prealps	Proc. 15yh Meet. Geomorphological Survey and Mapping, Modena (Italy), Ist. Geol. Univ. Modena, 139-149	1979
75200	SLEJKO D., CARRARO F., CARULLI G.B., CASTALDINI D., CAVALLIN A., DOGLIONI C., ILICETO V., NICOLICH R., REBEZ A., SEMENZA E., ZANFERRARI A. & ZANOLLA C. (1987)	Modello sismotettonico dell'Italia nord-orientale	CNR, GNDT, Rend. 1, 82 pp.	1987
75200	ZANFERRARI A., BOLLETTINARI G., CAROBENE L., CARTON A., CARULLI G.B., CASTALDIN D., CAVALLIN A., PANIZZA M., PELLEGRINI G.B., PIANETTI F. & SAURO U. (1982)	Evoluzione neotettonica dell'Italia Nord-Orientale	Mem. Soc. Geol., 35, 355-376, Padova	1982
75200	ZANFERRARI A., PIANETTI F., MATTANA U., DALL'ARCHE L. & TONIELLO V. (1980)	Evoluzione neotettonica e schema strutturale dell'area compresa nei fogli 38 - Conegliano, 37 - Bassano del Grappa (p.p.) e 39 - Pordenone (p.p.)	CNR (1980) - Contributi alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia. P.F. Geodinamica, Pubbl. 356 (1), 397-435	1980

Figura n° 17 - Faglia di Schievenin

PHISICAL AND GEOLOGICAL ATTRIBUTES

GEOLOGIC SETTING	
SYNOPSIS	
FAULT NAME	Schievenin
FAULT CODE	74400
MACROZONE	2
REGION NAME	Veneto
SYSTEM NAME	Schievenin
RANK	
AVERAGE STRIKE	180
DIP	0
LENGTH (Km)	9
GEOMETRY	
SEGMENTATION	
DEPTH (Km)	0
LOCATION RELIABILITY (MAPPING SCALE)	1:
LAST ACTIVITY	Late Pleistocene
ACTIVITY RELIABILITY	Low reliability
RECURRENCE INTERVAL (yr)	0
SLIP-RATE (mm/yr)	0
MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH	0
MAX CREDIBLE SLIP (m)	0
KNOWN SEISMIC EVENTS	
MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)	
MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)	
STUDY QUALITY	LOW
NOTES	

REFERENCES

FAULT CODE	AUTHORS	TITLE	REFERENCES	YEAR
74400	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
74400	AA.VV.	CNR (1983) - Neotectonic map of Italy, scale 1:500.000. P.F. Geodinamica, Quad. Ric. Scient., 114	CNR (1983) - Neotectonic map of Italy, scale 1:500.000. P.F. Geodinamica, Quad. Ric. Scient., 114	1983
74400	SLEJKO D., CARRARO F., CARULLI G.B., CASTALDINI D., CAVALLIN A., DOGLIONI C., ILICETO V., NICOLICH R., REBEZ A., SEMENZA E., ZANFERRARI A. & ZANOLLA C. (1987)	Modello sismotettonico dell'Italia nord-orientale	CNR, GNDT, Rend. 1, 82 pp.	1987
74400	ZANFERRARI A., BOLLETTINARI G., CAROBENE L., CARTON A., CARULLI G.B., CASTALDIN D., CAVALLIN A., PANIZZA M., PELLEGRINI G.B., PIANETTI F. & SAURO U. (1982)	Evoluzione neotettonica dell'Italia Nord-Orientale	Mem. Soc. Geol., 35, 355-376, Padova	1982
74400	ZANFERRARI A., PIANETTI F., MATTANA U., DALL'ARCHE L. & TONIELLO V. (1980)	Evoluzione neotettonica e schema strutturale dell'area compresa nei fogli 38 - Conegliano, 37 - Bassano del Grappa (p.p.) e 39 - Pordenone (p.p.)	CNR (1980) - Contributi alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia. P.F. Geodinamica, Pubbl. 356 (1), 397-435	1980

Figura n° 18 - Faglia di Vas

PHISICAL AND GEOLOGICAL ATTRIBUTES

GEOLOGIC SETTING	
SYNOPSIS	
FAULT NAME	Vas
FAULT CODE	74500
MACROZONE	2
REGION NAME	Veneto
SYSTEM NAME	Vas
RANK	
AVERAGE STRIKE	150
DIP	0
LENGTH (Km)	13
GEOMETRY	
SEGMENTATION	
DEPTH (Km)	0
LOCATION RELIABILITY (MAPPING SCALE)	1:
LAST ACTIVITY	
ACTIVITY RELIABILITY	Low reliability
RECURRENCE INTERVAL (yr)	0
SLIP-RATE (mm/yr)	0
MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH	0
MAX CREDIBLE SLIP (m)	0
KNOWN SEISMIC EVENTS	
MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)	
MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)	
STUDY QUALITY	LOW
NOTES	

REFERENCES

FAULT CODE	AUTHORS	TITLE	REFERENCES	YEAR
74500	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
74500	AA.VV.	CNR (1983) - Neotectonic map of Italy, scale 1:500.000. P.F. Geodinamica, Quad. Ric. Scient., 114	CNR (1983) - Neotectonic map of Italy, scale 1:500.000. P.F. Geodinamica, Quad. Ric. Scient., 114	1983
74500	DOGLIONI C. & SEMENZA E. (1985)	Una lineazione tettonica secante la catena alpina dal Veneto alla Svizzera	Rend. Soc. Geol. It., 8, 15-16	1985
74500	SLEJKO D., CARRARO F., CARULLI G.B., CASTALDINI D., CAVALLIN A., DOGLIONI C., ILICETO V., NICOLICH R., REBEZ A., SEMENZA E., ZANFERRARI A. & ZANOLLA C. (1987)	Modello sismotettonico dell'Italia nord-orientale	CNR, GNDT, Rend. 1, 82 pp.	1987
74500	ZANFERRARI A., BOLLETTINARI G., CAROBENE L., CARTON A., CARULLI G.B., CASTALDIN D., CAVALLIN A., PANIZZA M., PELLEGRINI G.B., PIANETTI F. & SAURO U. (1982)	Evoluzione neotettonica dell'Italia Nord-Orientale	Mem. Soc. Geol., 35, 355-376, Padova	1982
74500	ZANFERRARI A., PIANETTI F., MATTANA U., DALL'ARCHE L. & TONIELLO V. (1980)	Evoluzione neotettonica e schema strutturale dell'area compresa nei fogli 38 - Conegliano, 37 - Bassano del Grappa (p.p.) e 39 - Pordenone (p.p.)	CNR (1980) - Contributi alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia. P.F. Geodinamica, Pubbl. 356 (1), 397-435	1980

Figura n° 19 - Faglia di Montebelluna

PHISICAL AND GEOLOGICAL ATTRIBUTES

GEOLOGIC SETTING	
SYNOPSIS	
FAULT NAME	Montebelluna
FAULT CODE	74201
MACROZONE	2
REGION NAME	Veneto
SYSTEM NAME	Montebelluna
RANK	
AVERAGE STRIKE	145
DIP	0
LENGTH (Km)	60
GEOMETRY	
SEGMENTATION	
DEPTH (Km)	0
LOCATION RELIABILITY (MAPPING SCALE)	1:
LAST ACTIVITY	Holocene generic (<10,000)
ACTIVITY RELIABILITY	Low reliability
RECURRENCE INTERVAL (yr)	0
SLIP-RATE (mm/yr)	0
MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH	0
MAX CREDIBLE SLIP (m)	0
KNOWN SEISMIC EVENTS	
MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)	
MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)	
STUDY QUALITY	LOW
NOTES	

REFERENCES

FAULT CODE	AUTHORS	TITLE	REFERENCES	YEAR
74201	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
74201	AA.VV.	CNR (1983) - Neotectonic map of Italy, scale 1:500.000. P.F. Geodinamica, Quad. Ric. Scient., 114	CNR (1983) - Neotectonic map of Italy, scale 1:500.000. P.F. Geodinamica, Quad. Ric. Scient., 114	1983
74201	OGNIBEN L. (1987)	Modello geodinamico della regione trentina ed aree circostanti	St. Trent. Sc. Nat., 63, 1-165	1987
74201	PIANETTI E. & ZANFERRARI A. (1980)	Dati preliminari sulla neotettonica dei fogli 51 - Venezia e 52 - San Donà di Piave (p.p.) ed evoluzione pliocenico - quaternaria della pianura e dell'area prealpina del Veneto orientale	CNR (1980) - Contributi conclusivi alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia, pubbl. 513 P.F. Geodinamica, 239 - 288	1980
74201	SLEJKO D., CARRARO F., CARULLI G.B., CASTALDINI D., CAVALLIN A., DOGLIONI C., ILICETO V., NICOLICH R., REBEZ A., SEMENZA E., ZANFERRARI A. & ZANOLLA C. (1987)	Modello sismotettonico dell'Italia nord-orientale	CNR, GNDT, Rend. 1, 82 pp.	1987
74201	ZANFERRARI A., BOLLETTINARI G., CAROBENE L., CARTON A., CARULLI G.B., CASTALDIN D., CAVALLIN A., PANIZZA M., PELLEGRINI G.B., PIANETTI F. & SAURO U. (1982)	Evoluzione neotettonica dell'Italia Nord-Orientale	Mem. Soc. Geol., 35, 355-376, Padova	1982
74201	ZANFERRARI A., PIANETTI F., MATTANA U., DALL'ARCHE L. & TONIELLO V. (1980)	Evoluzione neotettonica e schema strutturale dell'area compresa nei fogli 38 - Conegliano, 37 - Bassano del Grappa (p.p.) e 39 - Pordenone (p.p.)	CNR (1980) - Contributi alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia. P.F. Geodinamica, Pubbl. 356 (1), 397-435	1980

Figura n° 20 - Faglia di Nervesa

PHISICAL AND GEOLOGICAL ATTRIBUTES

GEOLOGIC SETTING	
SYNOPSIS	
FAULT NAME	Nervesa
FAULT CODE	72500
MACROZONE	2
REGION NAME	Veneto
SYSTEM NAME	Nervesa
RANK	SUBORDINATE
AVERAGE STRIKE	140
DIP	0
LENGTH (Km)	30
GEOMETRY	
SEGMENTATION	
DEPTH (Km)	0
LOCATION RELIABILITY (MAPPING SCALE)	1:
LAST ACTIVITY	
ACTIVITY RELIABILITY	Low reliability
RECURRENCE INTERVAL (yr)	0
SLIP-RATE (mm/yr)	0
MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH	0
MAX CREDIBLE SLIP (m)	0
KNOWN SEISMIC EVENTS	
MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)	
MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)	
STUDY QUALITY	LOW
NOTES	

REFERENCES

FAULT CODE	AUTHORS	TITLE	REFERENCES	YEAR
72500	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
72500	AA.VV.	CNR (1983) - Neotectonic map of Italy, scale 1:500.000. P.F. Geodinamica, Quad. Ric. Scient., 114	CNR (1983) - Neotectonic map of Italy, scale 1:500.000. P.F. Geodinamica, Quad. Ric. Scient., 114	1983
72500	OGNIBEN L. (1987)	Modello geodinamico della regione trentina ed aree circostanti	St. Trent. Sc. Nat., 63, 1-165	1987
72500	SLEJKO D., CARRARO F., CARULLI G.B., CASTALDINI D., CAVALLIN A., DOGLIONI C., ILICETO V., NICOLICH R., REBEZ A., SEMENZA E., ZANFERRARI A. & ZANOLLA C. (1987)	Modello sismotettonico dell'Italia nord-orientale	CNR, GNDT, Rend. 1, 82 pp.	1987
72500	ZANFERRARI A., BOLLETTINARI G., CAROBENE L., CARTON A., CARULLI G.B., CASTALDIN D., CAVALLIN A., PANIZZA M., PELLEGRINI G.B., PIANETTI F. & SAURO U. (1982)	Evoluzione neotettonica dell'Italia Nord-Orientale	Mem. Soc. Geol., 35, 355-376, Padova	1982
72500	ZANFERRARI A., PIANETTI F., MATTANA U., DALL'ARCHE L. & TONIELLO V. (1980)	Evoluzione neotettonica e schema strutturale dell'area compresa nei fogli 38 - Conegliano, 37 - Bassano del Grappa (p.p.) e 39 - Pordenone (p.p.)	CNR (1980) - Contributi alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia. P.F. Geodinamica, Pubbl. 356 (1), 397-435	1980

Nella tabella seguente si riassumono in prima analisi i dati relativi alle faglie attive nel territorio feltrino.

Tabella n° 1

NOME DELLA FAGLIA	ULTIMA ATTIVITA'	POSSIBILITA' DI RIATTIVAZIONE
S. Gottardo –Mt. Agaro (Linea di Belluno)	Ultima glaciazione (9000 – 15000 anni fa)	media
Facen	/	bassa
Cima Grappa – Col dell'Orso	/	bassa
Schievenin	Tardo Pleistocene	bassa
Vas	/	bassa
Montebelluna	Olocene	bassa
Nervesa	/	bassa

4. INDAGINI IN SITO

La Carta delle Indagini allegata alla presente relazione (TAV n°2 deriva dalla raccolta, dalla rappresentazione cartografica in ambiente *GIS* e archiviazione di elementi puntuali e lineari rappresentativi delle indagini geognostiche, geotecniche, idrogeologiche e geofisiche eseguite nel territorio di interesse.

Per i particolari circa le indagini pregresse, sia all'interno che all'esterno dell'area di studio evidenziata in giallo nella TAV n°2, si rimanda alla rispettiva fonte peraltro riportata nell'allegato specifico.

Le altre indagini numerate a corredo della presente relazione, che derivano dall'esecuzione di alcune trincee esplorative e misure geofisiche aggiuntive ritenute utili, vengono di seguito riportate.

4.1. TRINCEE ESPLORATIVE E ANALISI DI LABORATORIO

Si riportano le stratigrafie (in metri da piano campagna) di 6 trincee esplorative eseguite nelle adiacenze dell'area di studio:

T1

0.00 - 0.15	terreno vegetale
0.15 – 0.90	ghiaie ciottolose debolmente sabbiose
0.90 – 1.70	ghiaie ciottolose da sabbiose a con sabbia
1.70 – 2.00	limi sabbiosi/sabbie limose grigie, con resti vegetali; presenti livelli centimetrici più sabbiosi di color ocra e rari inclusi ghiaiosi

Acqua presente a 1.6 m di profondità dal piano campagna.

Nella tabella seguente vengono riportati i campioni prelevati in T1 e le analisi di laboratorio effettuate:

Tabella n° 2

SIGLA	*DATA*	*PROFONDITA' [m da pc]*
S1a	1/08/2009	1.5
S1b	1/08/2009	1.9

T2

0.00 - 0.20	terreno vegetale
0.20 – 0.40	ghiaie ciottolose debolmente sabbiose
0.40 – 1.30	sabbia limosa color nocciola; presenza di una lente di sabbia media-fine
1.30 – 1.80	ghiaie ciottolose, da sabbiose a con sabbia, sciolte
1.80 – 2.00	limi sabbiosi/sabbie limose da grigi a nocciola

Acqua presente a 1.6 m di profondità dal piano campagna.

Nella tabella seguente vengono riportati i campioni prelevati in T2 e le analisi di laboratorio effettuate:

Tabella n° 3

SIGLA	*DATA*	*PROFONDITA' [m da pc]*
S2a	1/08/2009	0.7
S2b	1/08/2009	1.6

T3

0.00 - 0.20 terreno vegetale
0.20 – 1.45 sabbia fine debolmente limosa
1.45 – 2.00 ghiaia da media a grossa con ciottoli da sub angolosi ad arrotondati, sabbiosa

Acqua presente a 1.7 m di profondità dal piano campagna.

Nella tabella seguente vengono riportati i campioni prelevati in T3 e le analisi di laboratorio effettuate:

Tabella n° 4

SIGLA	*DATA*	*PROFONDITA' [m da pc]*
S3a	1/08/2009	0.9
S3b	1/08/2009	1.7

Si riportano inoltre i fusi granulometrici in riferimento alle distribuzioni granulometriche liquefacibili come da 7.11.3.4.2 delle NTC08, punto 5.

Figura n° 21 – Fuso granulometrico campione S1a

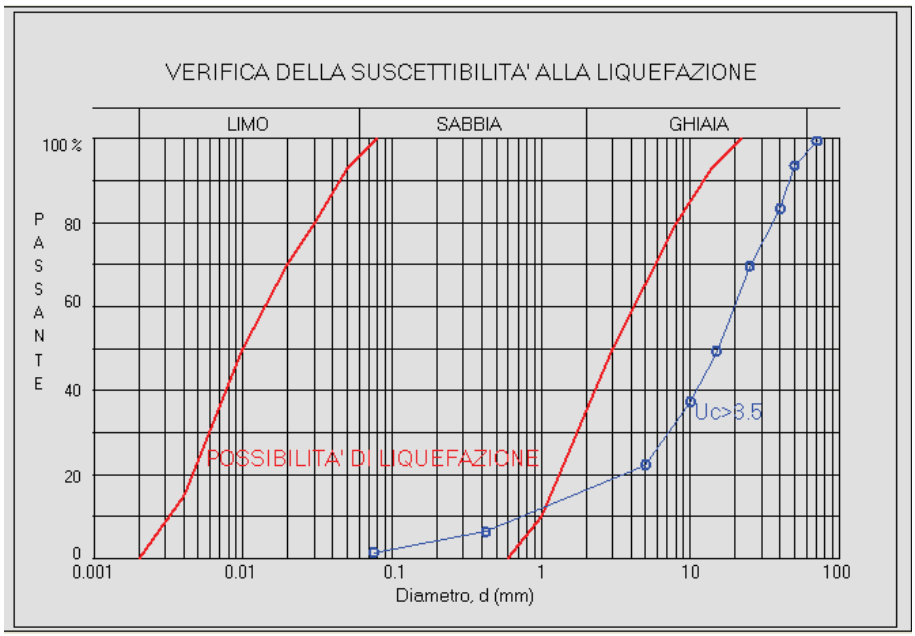


Figura n° 22 – Fuso granulometrico campione S1b

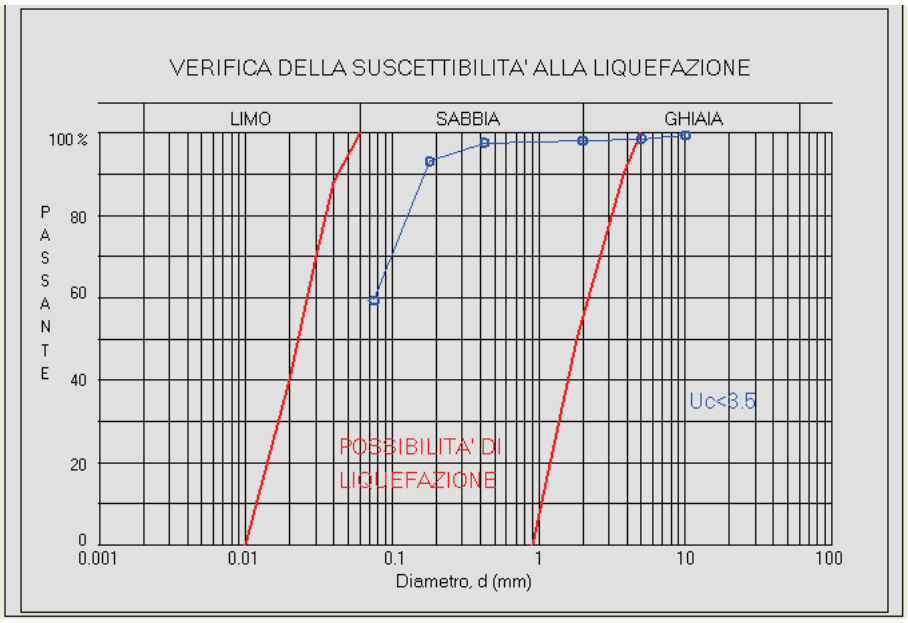


Figura n° 23 – Fuso granulometrico campione S2b

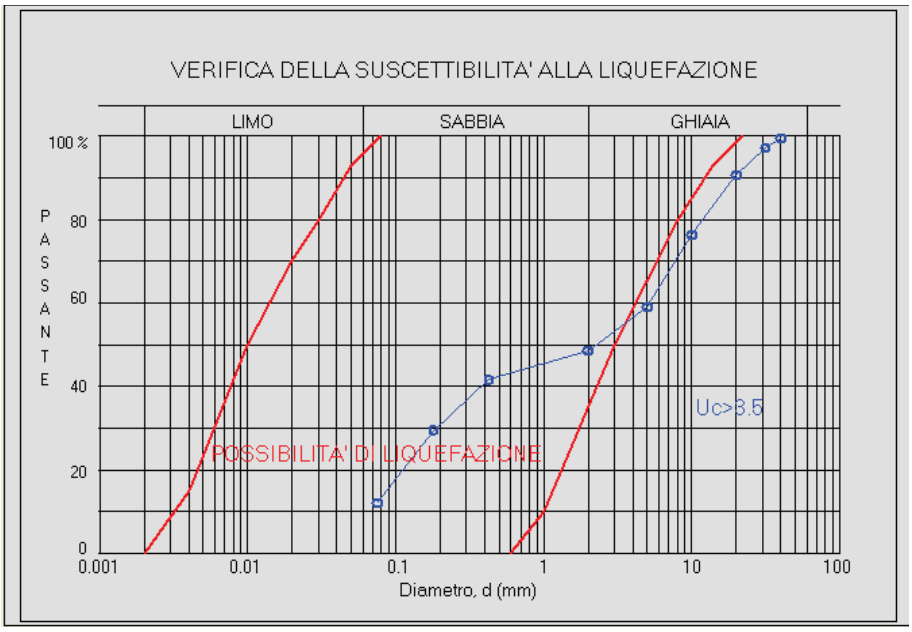


Figura n° 24 – Fuso granulometrico campione S3a

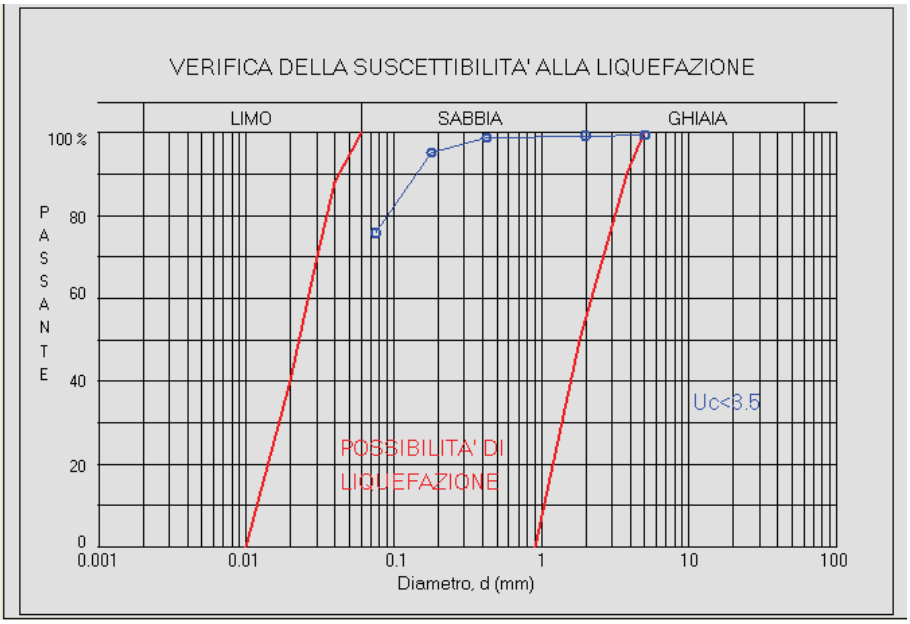
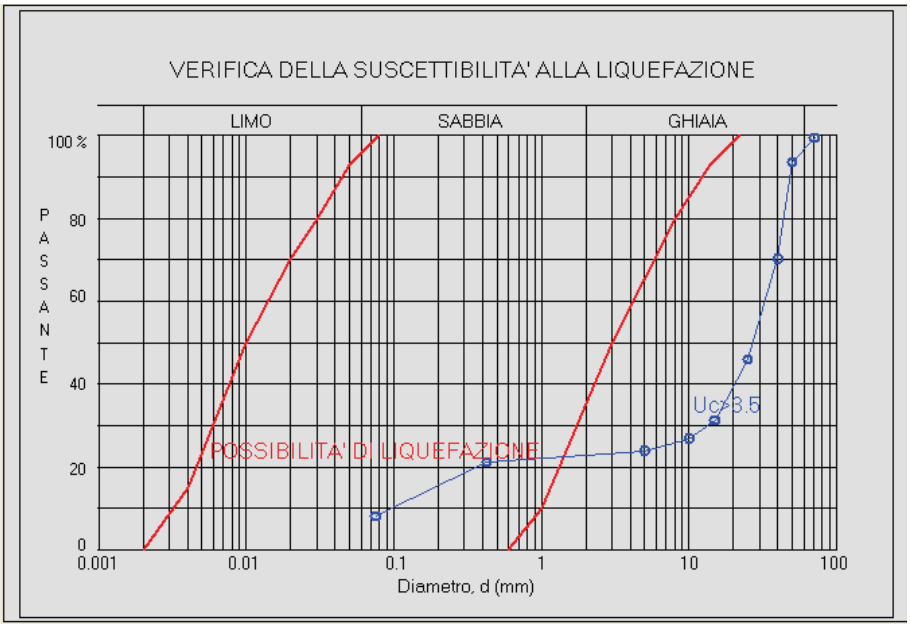


Figura n° 25 – Fuso granulometrico campione S3b



T4

0.00 - 0.30	terreno vegetale
0.30 – 0.90	materiale arido di riporto a granulometria grossolana con resti di demolizione
0.90 – 2.20	limi argillosi con intercalazioni sabbiose di color grigio azzurro con frequenti resti vegetali; rari inclusi costituiti da ghiaie angolose

Acqua presente a 2.0 m di profondità dal piano campagna.

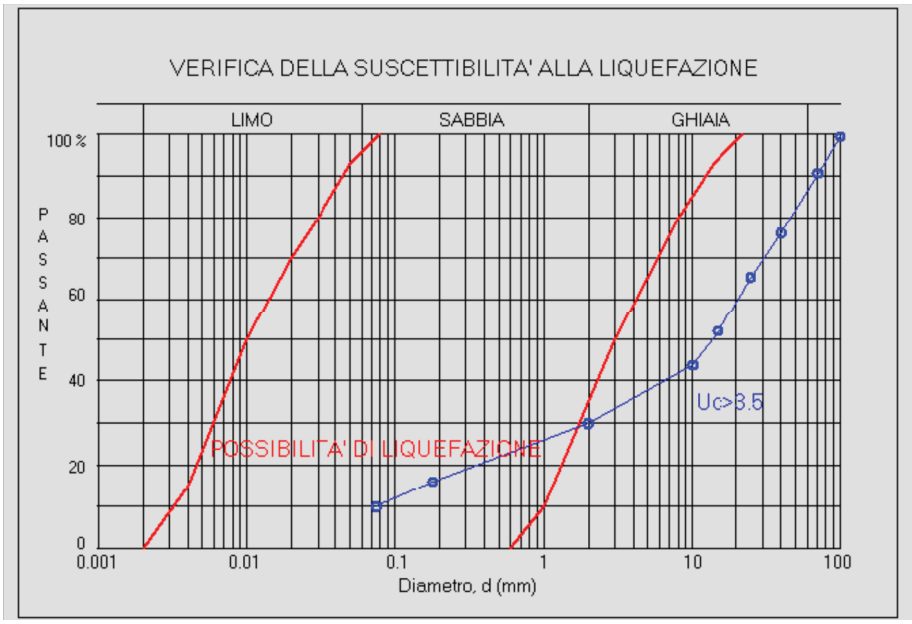
T5

0.00 - 0.60	terreno vegetale/materiali di riporto
0.60 – 1.10	Ghiaia e ciottoli sabbiosi con intercalazioni di limi sabbiosi ed argillosi di color grigio azzurro

Acqua presente a 0.8 m di profondità dal piano campagna.

In T5 è stato inoltre prelevato un campione alla profondità di circa 0.8 m da piano campagna di cui si riporta la granulometria in riferimento alle distribuzioni granulometriche liquefacibili come da 7.11.3.4.2 delle NTC08, punto 5.

Figura n° 26 – Fuso granulometrico



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 Vs30, 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 cu. Detto parametro si calcola attraverso la relazione:

$$Vs_{30} = 30/\sum_{i=1,N} h_1/V_1$$

dove h_1 e V_1 indicano lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio dello strato *i* - esimo per un totale di N strati presenti nei 30 metri superiori.

Si ricorda che la velocità delle onde di taglio (Vs) 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 (Vs) fino al basamento, ovvero fino alla profondità alla quale le velocità Vs>800 m/sec: questa informazione viene utilizzata per dedurre il valore medio di Vs 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, purché questo corrisponda ad una transazione brusca ad un substrato da Vs>600 m/sec.

In aggiunta alle indagini geofisiche effettuate nelle adiacenze dell'area in studio, sono stati perciò realizzati, coerentemente con l'estensione dell'area in esame, un profilo SASW/MASW, e tre 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 (Vs) 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. n°2; l'elaborazione dei dati si basa quindi sul *fitting* con-

giunto delle tecniche attive in array (tipo SASW/MASW) che vincolano 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.

4.2.1. Indagine in sismica attiva mediante la tecnica SASW/MASW

Il metodo d'indagine SASW (e cioè MASW usando un solo canale per volta), 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 della 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; a parità di velocità di propagazione "V_R" la lunghezza d'onda (L) dipende dalla frequenza (f) di vibrazione considerata L= VR /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 SASW/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;

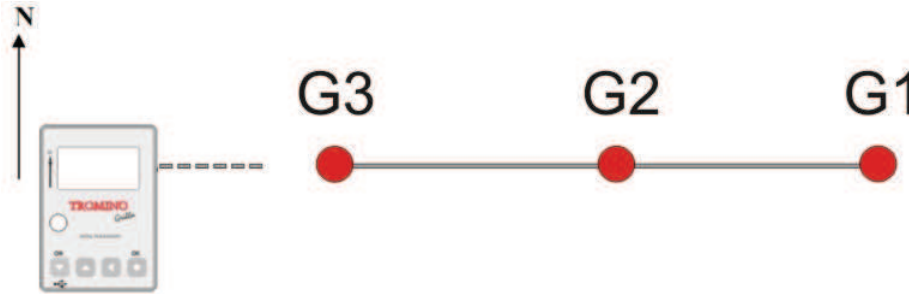
• inversione, ovvero reiterazioni successive per la definizione di un modello geosismico finale, le cui caratteristiche (densità e Vs)meglio si approssimano a quelle reali.

Dal punto di vista esecutivo, le acquisizioni sono state effettuate utilizzato il tromografo digitale portatile TROMINO di Micromed Spa, dotato di connettore laterale a cui è stato collegato un sistema trigger costituito da cavo più geofono (4.5 Hz) con cui è stato possibile effettuare una prospezione SASW/MASW utilizzando un solo canale per volta.

Operativamente è stato realizzato uno stendimento (cfr TAV. n°2) di lunghezza pari a 40 m, distanza intergeofonica di tre metri, con *offset* minimo pari a 4 metri ed operato come segue:

- posizionato Tromino (debitamente configurato) ad una estremità dello stendimento;
- posizionato il geofono in posizione G1 a distanza di 40 metri da Tromino;
- energizzato verticalmente il terreno presso G1;
- spostato il geofono da G1 a G2 pari a 40 – 3 metri (distanza intergeofonica);
- energizzato in G2;
- proseguito fino ad una distanza di 4 metri (*offset* minimo) da Tromino, corrispondente alla posizione G14.

Figura n° 27 – Schema di acquisizione dati SASW/MASW



Si noti come la procedura utilizzata è rovesciata rispetto a quella standard che prevede un punto fisso di energizzazione ed uno mobile di registrazione: nel caso di geometrie piane e parallele del sottosuolo (geometrie tipo

1D) non c'è comunque alcuna differenza tra i due metodi.

Infine, l' elaborazione dei dati è stata condotta tramite *software* dedicato denominato *Grilla rel. 6.2beta*.

4.2.2. Indagine in sismica passiva con tecnica "HVSR" (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) a stazione singola

La tecnica di indagine adottata a supporto di questo studio e 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 S_E e A_S che sono rispettivamente l'effetto intrinseco di sito e l'effetto della singola onda Rayleigh possono essere definite come:

$$S_E=Hs/Hb \qquad As=Vs/Vb$$

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 S_M come:

$$S_M= Se/As \qquad SM=HsVb/VsHb$$

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 S_M (ampiezza del rapporto spettrale) posso essere espressi come rapporto spettrale delle componenti orizzontali e verticali del rumore ambientale alla superficie del suolo: questo 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;
- eventuale rimozione manuale dei transienti sulla serie temporale degli H/V.

Come accennato, le curve H/V possono essere convertite dal dominio H/V – frequenza, al dominio Vs – profondità, tramite inversione vincolata. Nel caso presente il vincolo è fornito dalla Vs del primo strato riferita alle indagini in array. Più in generale il vincolo è costituto 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.

Le misure di microtremore ambientale HVSR sono state effettuate per mezzo di un tomografo digitale portatile progettato specificatamente per l'acquisizione del rumore sismico. Lo strumento (Tromino, Micromed Spa) è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente. I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alle frequenze di campionamento di 128 Hz.

4.2.3. Analisi delle risultanze

Come accennato sono state eseguite tre misure HVSR ed una MASW.

La tecnica in array (SASW/MASW) utilizzata si fonda 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 stesso stendimento. Essendo il metodo a stazione singola particolarmente sensibile, nei primi metri, alla stratigrafia "puntuale" sotto il punto di misura, eventuali differenze tra curve registrate in punti vicini sarebbero indicative di sottosuolo non assimilabile a strati piani e paralleli.

Per questo motivo sono state eseguite due prove HVSR (H/V*01sud e* H/V *02nord*), all'estremità dello stendimento (cfr All. n° 2 – CARTA DELLE INDAGINI).

L'inversione delle curve di dispersione è stata effettuata congiuntamente (*fitting* congiunto) a quella delle curve H/V, pertanto il modello di Vs per ciascun sito sarà quello che ha dato il miglior *fit* con la curva di dispersione.

4.2.3.1 Sito n° 01 – LATO OVEST AMBITO DI INTERVENTO

Sono state eseguite una misura SASW/MASW e due misure HVSR in testa ed in coda allo stendimento.

L'utilizzo incrociato delle due tecniche sismiche, unitamente alle risultanze delle indagini in zone adiacenti, ha permesso di ottenere un modello sismo stratigrafico piuttosto affidabile.

Come accennato, lo stendimento ha una lunghezza di 40 m, distanza

intergeofonica di 3 metri, offset minimo di 4 metri, frequenza di campionamento di 512 Hz.

Sono state messe a confronto nella figura seguente le curve H/V registrate in testa e in coda allo stendimento al fine di verificarne la somiglianza e stabilire che il terreno in analisi sia o meno assimilabile a terreno a strati piani e paralleli (geometrie 1D), requisito di base per l'inversione delle tecniche in array. Nelle curve H/V si riscontrano degli artefatti di origine antropica; in ogni caso le due curve H/V mostrano pattern simili da 0.4 a 60 Hz.

Figura n° 28 – Confronto tra le curve H/V registrate in testa e in coda allo stendimento

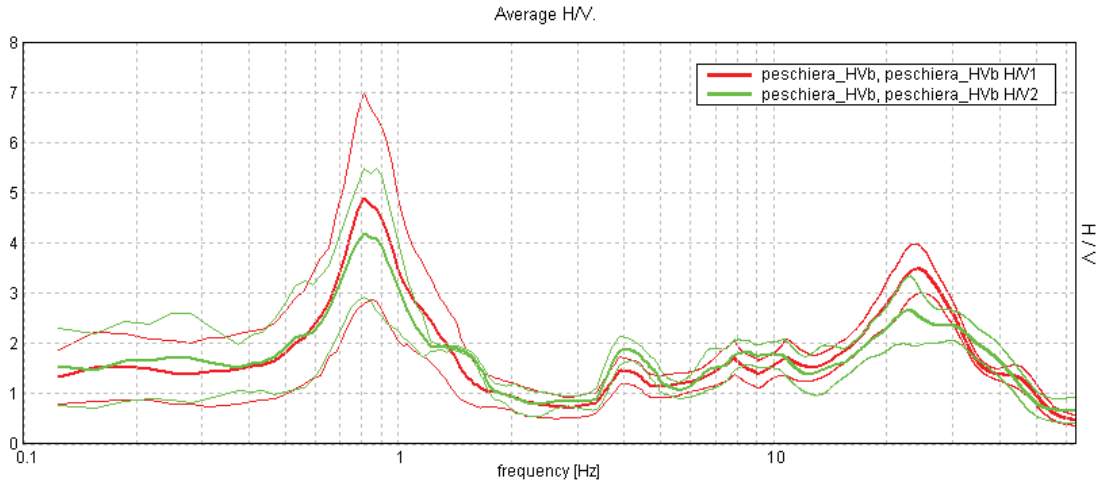


Figura n° 29 – Spettro SASW/MASW

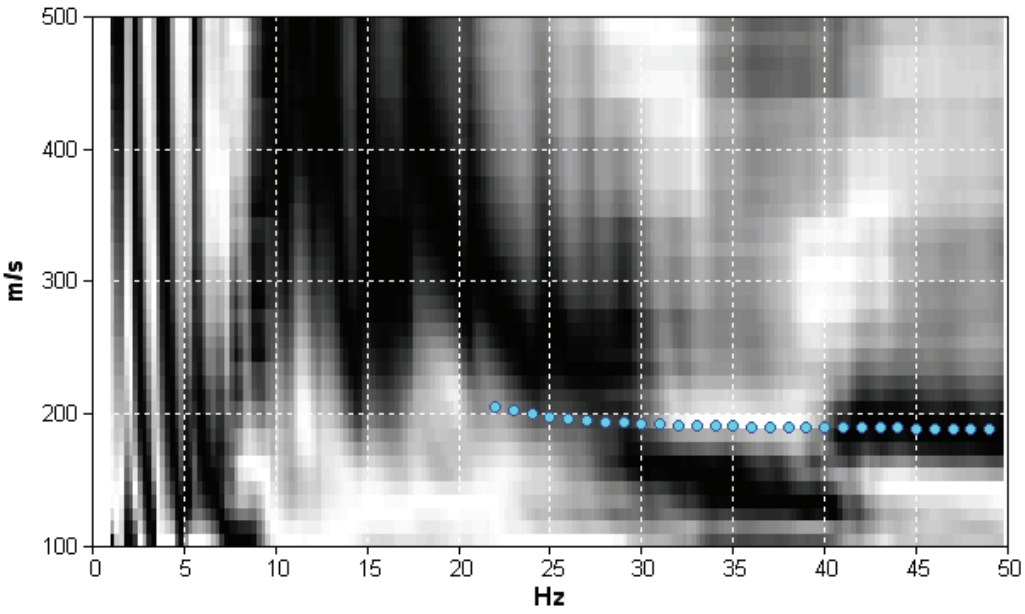


Figura n° 30 – HVSR time and directional stability (H/V1sud)

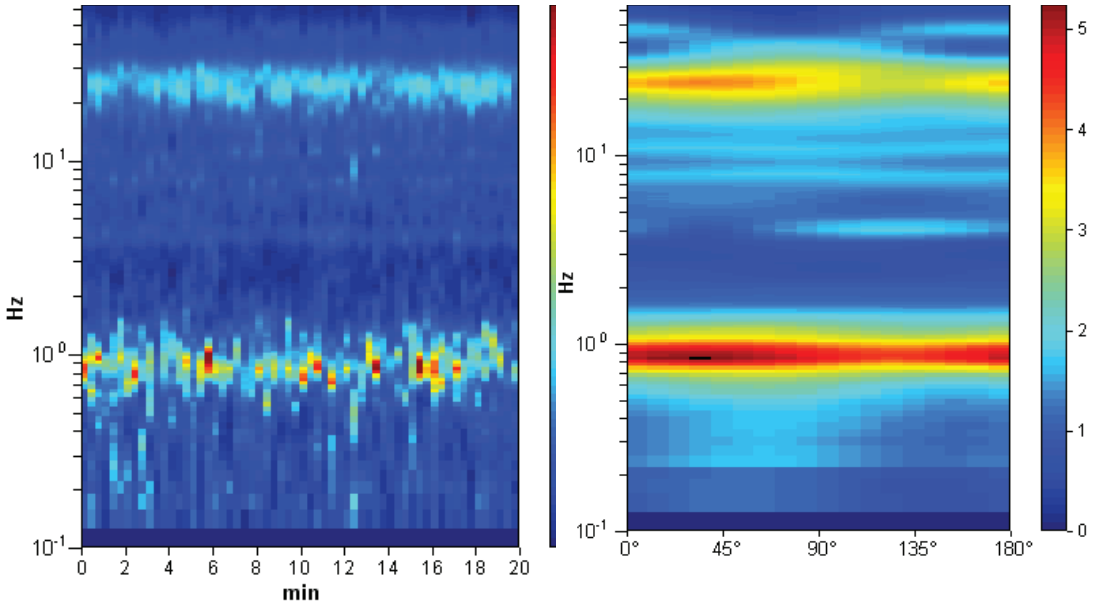


Figura n° 31 – Spettri di ampiezza in velocità delle singole componenti del moto (H/V1sud)

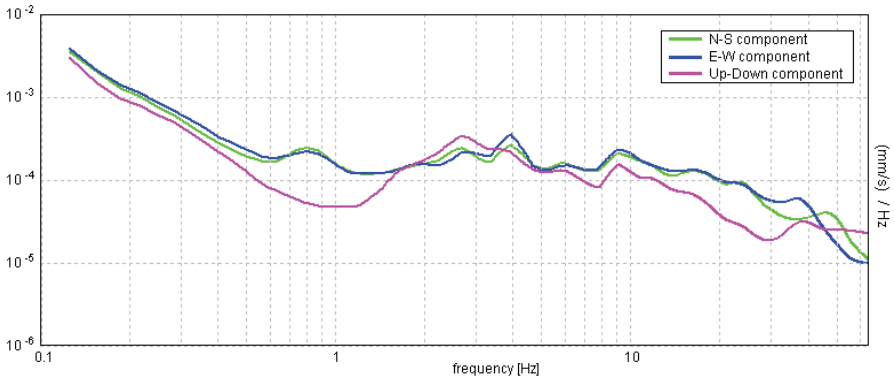


Figura n° 32 – Curva H/V1sud

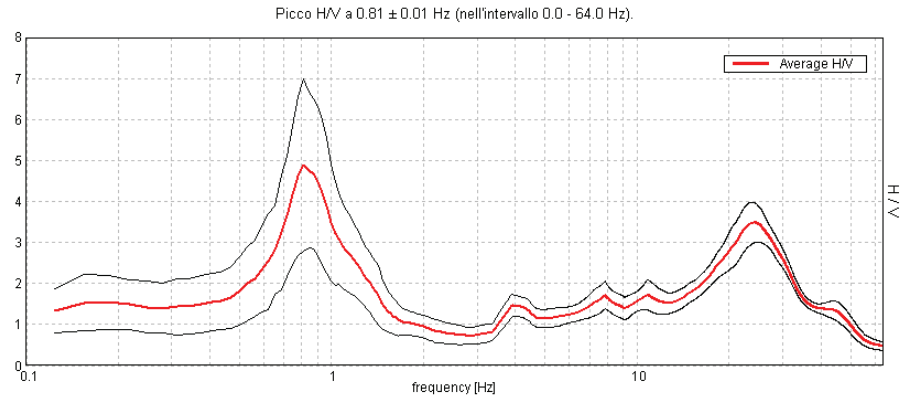


Figura n° 33 – HVSR time and directional stability (H/V2nord)

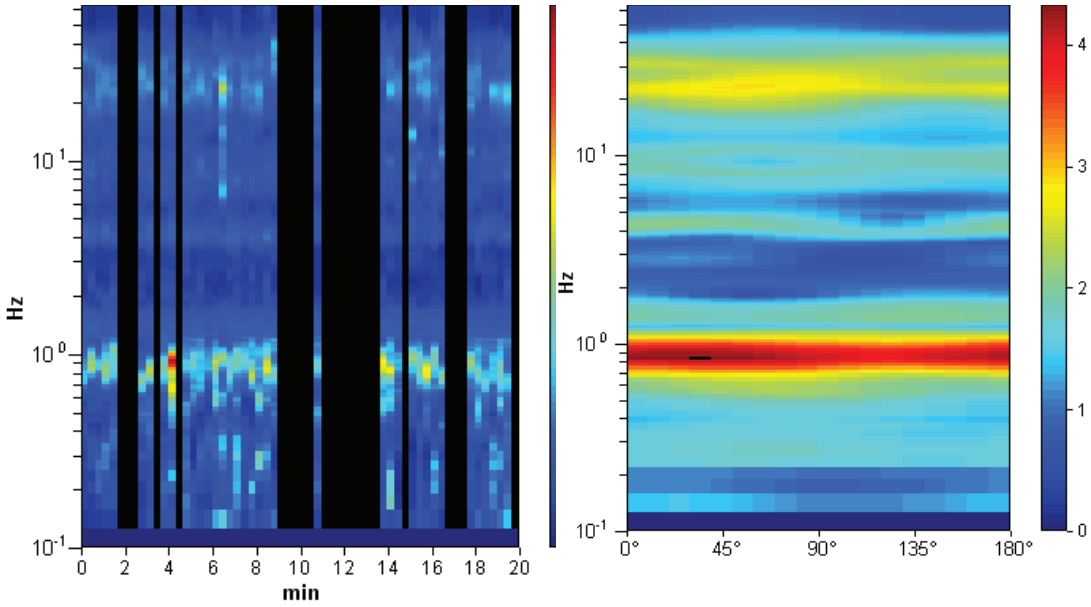


Figura n° 34 – Spettri di ampiezza in velocità delle singole componenti del moto (H/V2nord)

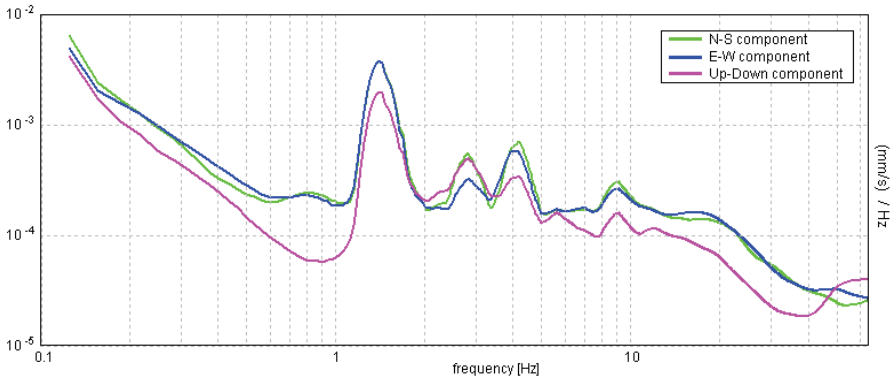
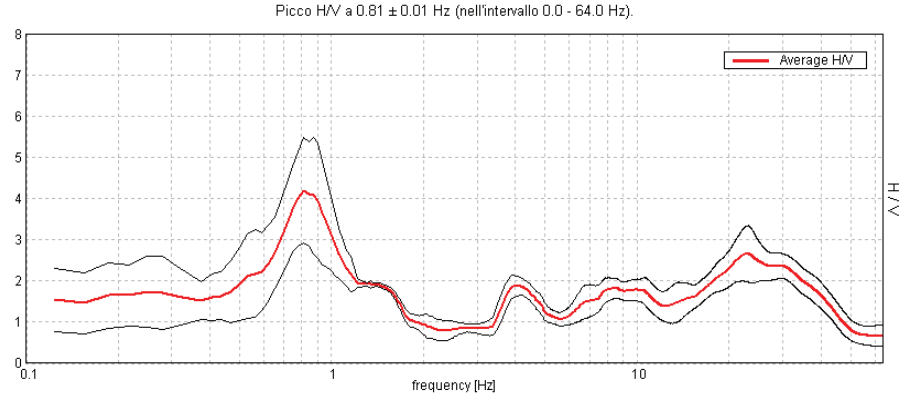


Figura n° 35 – Curva H/V2nord



L'esito dell'analisi SASW/MASW è rappresentato dal *contouring* in scala di grigi. La curva di dispersione risulta di possibile lettura solo alle alte frequenze, con una profondità massima investigata (pari a λ/2) stimata inferiore ai 10 m dal piano campagna ed è vincolabile con maggiore precisione grazie alle prove H/V. La curva di dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh nel modo fondamentale risulta abbastanza visibile nell'intervallo tra circa 25 e 45 Hz.

Se consideriamo il confronto delle due prove HVSR, il sottosuolo risulta a strati pianoparalleli, per cui l'inversione risulta possibile.

Le curve H/V1 sud e H/V2 nord presentano le seguenti frequenze di risonanza: rispettivamente una a 0.8, tra 8.5 a 10.5 Hz, entrambe presentano un altro picco di risonanza a 23 Hz.

Tutte sono significative dal punto di vista della microzonazione sismica; quelle superiori a 20 Hz sono esterne al limite d'interesse, stabilito da 0.1 a 20 Hz.

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

Tabella n° 5

SPESSORE DEGLI STRATI [m]	*Vs [m/s]*
5.5	202
128.0	425
substrato	810

Il substrato roccioso è posto alla profondità di circa - 134 metri dal piano campagna; la Vs30 (velocità media delle onde di taglio dei primi 30 metri) calcolata ai sensi del DM 14.01.2008 è di circa 350 m/sec (incertezza dell'ordine del 20%). Qualora il piano di fondazione venga posto al piano campagna, la categoria del suolo è **"C"**, considerando la soluzione più restrittiva a favore della sicurezza (350 - 20% = circa 280 m/sec).

4.2.3.2 Sito n° 02 – LATO EST AMBITO DI INTERVENTO

Posta sulla porzione orientale dell'area di interesse, in essa è stata eseguita una singola misura HVSR; nella curva H/V si riscontrano degli artefatti di origine antropica; in ogni caso è possibile la conversione dal dominio "H/V – frequenza", a quello "Vs-profondità" tramite inversione vincolata, in quanto il vincolo, costituito dalla profondità del riflettore sismico, è riconoscibile nella curva H/V. Nel caso in esame il vincolo è fornito dalla Vs del primo strato riferito alle indagini array e HVSR eseguite nelle vicinanze (Sartor, 2011). Per un'interpretazione più precisa è necessario definire comunque il vincolo tramite prove dirette (sondaggi, penetrometrie, prove geofisiche) eseguite in sito.

La curva H/V presenta caratteristiche analoghe alla curva registrata dal

Dott. Sartor nel 2011 (Sito n°39), con frequenze di risonanza a 1.7 Hz e tra 8 e 9 Hz. Tutte sono significative dal punto di vista della microzonazione sismica; quelle superiori a 20 Hz sono esterne al limite d'interesse, stabilito da 0.1 a 20 Hz.

Il modello di sottosuolo ottenuto dalla indagine a stazione singola è il seguente:

Tabella n° 6

SPESSORE DEGLI STRATI [m]	*Vs [m/s]*
6.0	210
65.0	430
substrato	830

Il substrato roccioso compatto è posto alla profondità di circa - 71.00 metri dal piano campagna.

La Vs30 (velocità media delle onde di taglio dei primi 30 metri) calcolata ai sensi del DM 14.01.2008 è di circa 356 m/sec (incertezza dell'ordine del 20%). Qualora il piano di fondazione venga posto al piano campagna, la categoria del suolo è **"C",** considerando la soluzione più restrittiva a favore della sicurezza (356-20%= circa 285 m/sec).

Figura n° 36 – HVSR time and directional stability (H/V3)

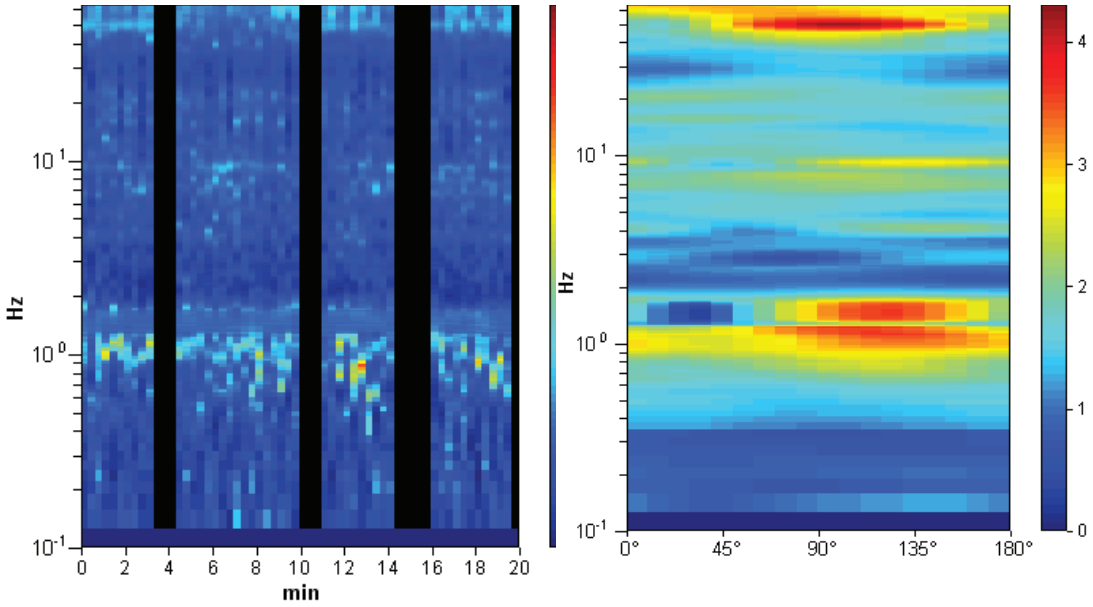


Figura n° 37 – Spettri di ampiezza in velocità delle singole componenti del moto (H/V3)

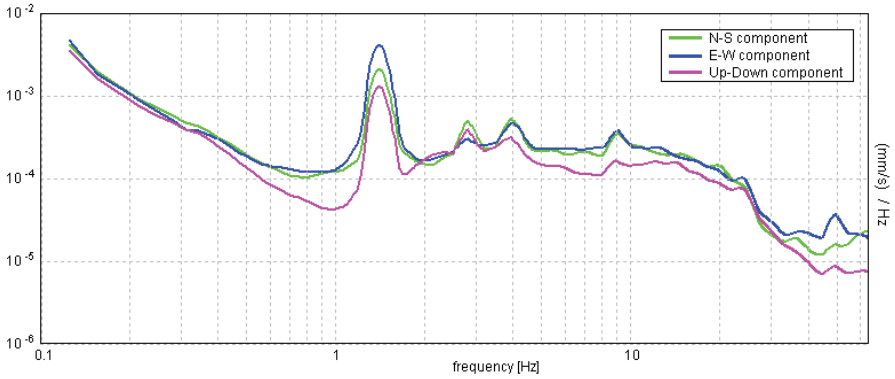
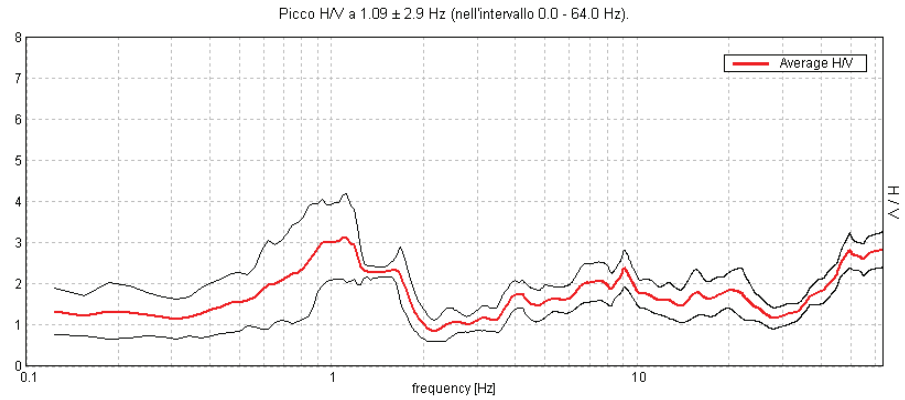


Figura n° 38 – Curva H/V3



5. ELEMENTI GEOLOGICI IN PROSPETTIVA SISMICA

Per la redazione della carta degli "Elementi geologici in prospettiva sismica" (TAV. n°3) si è proceduto a un rilievo di dettaglio di campagna e inoltre si è fatto riferimento sia alla Carta Litologica, Geomorfologica e Idrogeologica allegata al PAT del Comune di Feltre, sia al citato Studio di Compatibilità Sismica per il " P.I. 2010 / C - Centro abitato di Feltre (A.T.O. 9) e San Paolo (A.T.O. – 10) in variante al P.I. vigente (2011) a cura dal Dott. Geol Livio Sartor.

Sono stati così individuati i seguenti elementi geologici:

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

1. MATERIALI SCIOLTI DI DEPOSITO RECENTE ED ATTUALE DELL'ALVEO MOBILE: sono alluvioni da recenti ad attuali costituite prevalentemente da ghiaie e sabbie, spesso stratificate, con rari livelli limosi e con blocchi, poco arrotondati; la matrice è normalmente limoso sabbiosa.

2. MATERIALI ALLUVIONALI E/O FLUVIOGLACIALI 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;
3. MATERIALI ALLUVIONALI E/O FLUVIOGLACIALI A TESSITURA PREVALENTEMENTE LIMO - ARGILLOSA: sono alluvioni recenti costituite prevalentemente da limi argillosi, spesso stratificate, con rari livelli ghiaioso sabbiosi;

ALTRI ELEMENTI

4. Aree con profondità della superficie della falda minore di 15 metri dal piano campagna: nella documentazione geologica allegata al PAT, non vi sono indicazioni sulla profondità della falda nel materasso alluvionale, tuttavia nello studio "INDAGINE IDROGEOLOGICA IN LOCALITA' MUGNAI" (Marinoni e Zanin, 2004) vengono allegate alcune piezometrie per l'area in esame a cui far riferimento (cfr TAV n° 3 - CARTA DEGLI ELEMENTI GEOLOGICI IN PROSPETTIVA SISMICA); inoltre, sia i sondaggi che le trincee esplorative dell'area, evidenziano una profondità della superficie della falda minore di 15 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 ≤ 15°;

T2 = Pendii con inclinazione media i > 150°;

T3 = Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15° ≤ i ≤ 30°;

T4 = Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i > 30°".

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

Al sito in oggetto non sono stati comunque censiti elementi morfologici generanti amplificazioni sismiche.

6. 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 (cfr. TAV. n° 4). L'intera area in esame è stata inserita come "*area stabile suscettibile ad amplificazione sismica*" per effetto litologico-stratigrafico.

In particolare sono state distinte le seguenti sottocategorie:

1. **Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica per effetti litologico-stratigrafici**: sono suoli diversi dal tipo "A", per cui interessati ad amplificazione litologico - stratigrafica, e con ampiezze delle frequenze di risonanza generalmente maggiori o uguali a 4.

2. **Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica per effetti litologico-stratigrafici**: sono suoli diversi dal tipo "A", per cui interessati ad amplificazione litologico - stratigrafica, e con ampiezze delle frequenze di risonanza piuttosto modeste, generalmente inferiori a quattro.

Le aree di instabilità per azione sismica sono costituite da:

3. **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:** è stata inserita tutta la pianura alluvionale ad ovest dell'abitato di Feltre come proposto dal Dott. Sartor (2011), ed in particolare l'area in esame, disponendo anche di alcuni fusi granulometrici (cfr TAV N° 3 - CARTA DELLE INDAGINI, trincee n° 1, 2 e 3) in un'area adiacente e che rientrano, seppur per spessori indagati piuttosto modesti, nei limiti di possibilità di liquefazione, in riferimento alle distribuzioni granulometriche liquefacibili come da 7.11.3.4.2 delle NTC08.

In tutte le "aree stabili suscettibili ad amplificazione sismica" e nelle "aree instabili per azione sismica", come definite al paragrafo precedente, 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 Nspt per terreni a grana grossa, e coesione non drenata media "cu"", 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. SASW/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.

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

b) eseguire 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 carattere litologico-stratigrafico qualora il *bedrock* sia a profondità superiore ai 3 mt (cfr DM 14.01.2008). 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). Nella zona di studio, nel settore occidentale, sono state riscontrate ampiezze delle frequenze circa pari o poco superiori a quattro, tuttavia con una forte deviazione standard dovuta per lo più ad effetti antropici; è dunque necessario eseguire misure ripetute del test di Nakamura (prove HVSR) nel corso della giornata, per verificare la costanza temporale dei massimi di frequenza e la possibile interferenza con sorgenti vibrazionali antropico industriali, che ovviamente, mostreranno una sensibile variabilità tra le ore diurne e quelle notturne. Inoltre è sempre utile verificare la stratigrafia del sito attraverso un sondaggio e/o trincea esplorativa;

e) la suscettibilità a liquefazione 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≥35% e resistenza $(N_1)_{60}$>20;

3) FC≥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.

Infine, si potranno utilizzare valori provenienti da misure dirette puntuali delle onde di taglio "Vs" eseguite in un sito adiacente a quello investigato, purché 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.

Feltre, dicembre 2013 dott. geol. Alessandro Pontin

A L L E GA T I