ORIGINALE

COMUNE DI FELTRE Provincia di Belluno P.I. 2009-F

elaborato

VCS

A.T.O. 14 APP|18
APP|19
APP|20
APP|21

scala

Feltre, lì

Studio di Compatibilità Sismica

Anzù (APP|18) Villapaiera (APP|19) Nemeggio (APP|20) Cellarda (APP|21)



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 <u>compatibilità sismica per i PAT</u> 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 Vs30 (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 Vs30, 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."

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.

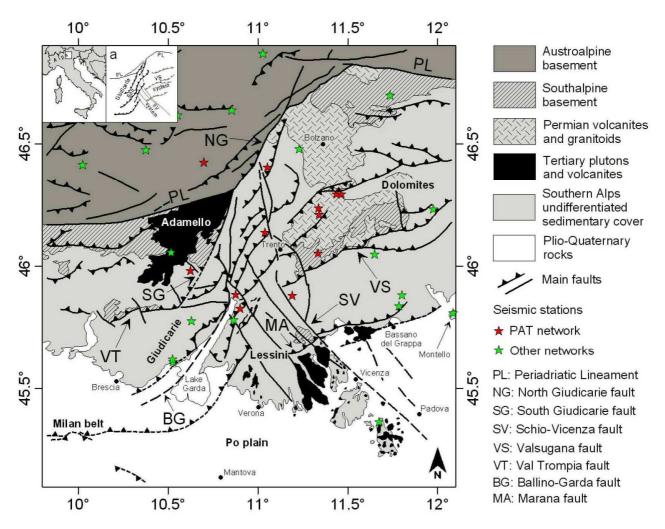


Fig. 1 - Schema strutturale semplificato del Sudalpino centro-orientale (da A. Viganò e altri - 2008)

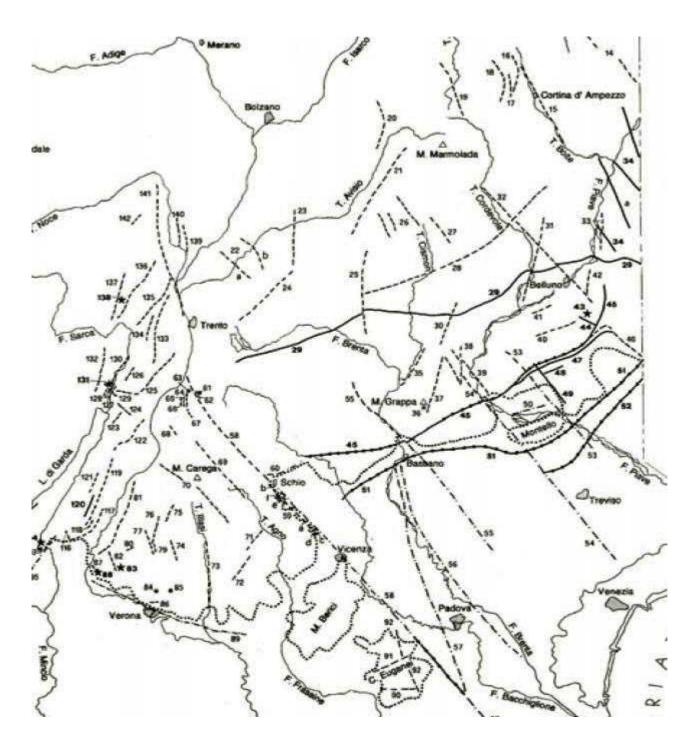


Fig. 2 - Carta generale delle faglie attive del Sudalpino centro-orientale (da Castaldini-Panizza - 1991)

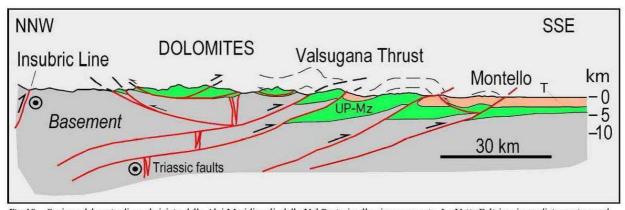


Fig.18 - Sezione del ventaglio embriciato delle Alpi Meridionali, dalla Val Pusteria alla pianura veneta. Le Vette Feltrine, immediatamente a sud del pop-up delle Dolomiti, sono a letto del sovrascorrimento della Valsugana. UP-Mz, Parmiano superiore-Mesozoico; T, Cenozoico (da Doglioni & Carminati, 2008).

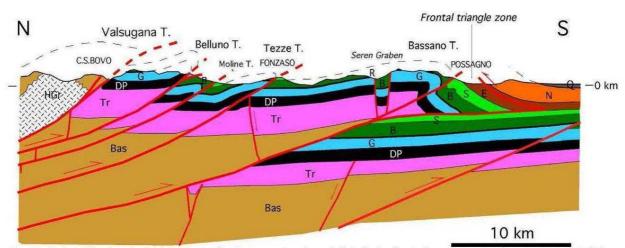


Fig. 19 - Sezione bilanciata da Canal San Bovo alla pianura veneta nei pressi di Asolo, localizzata immediatamente ad ovest delle Vette Feltrine. Bas, Basamento cristallino; HGr, Granito tardo ercinico; Tr, formazioni del Permiano superiore-Triassico inferiore e medio; DP, Dolomia Principale (Norico);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

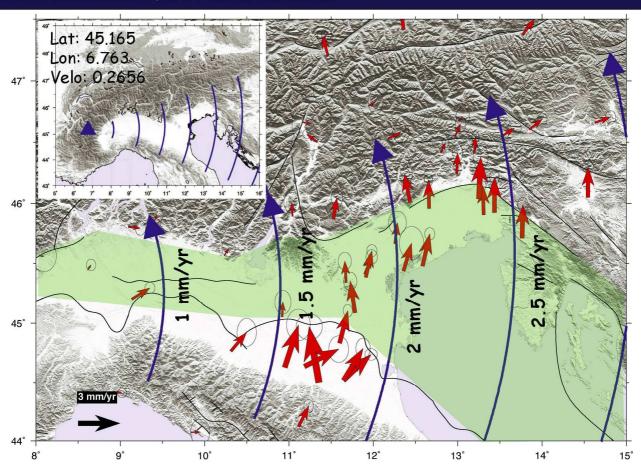


Fig. 4 - Cinematica (velocità di spostamento) della micro-placca Adriatica (E. Serpelloni –2008)

Accumulo di Deformazione Attraverso le Alpi Meridionali

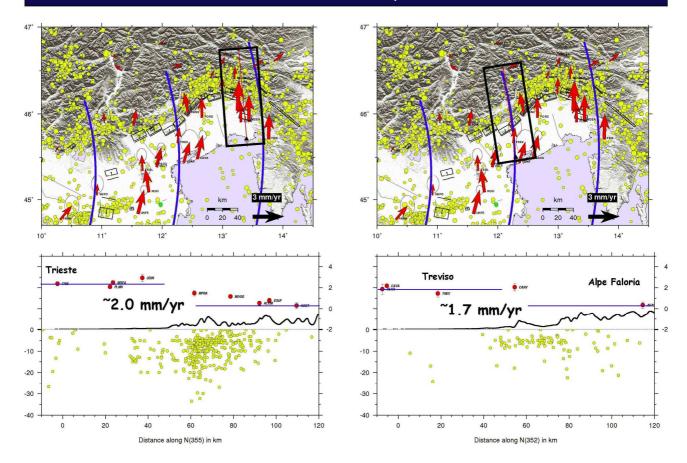


Fig. 5 - Accumulo di deformazione attraverso le Alpi Meridionali, con evidenziate l'area Trieste- Salzburg e Treviso-Belluno (E. Serpelloni –2008)

L'area feltrina è caratterizzata da due pieghe anticlinali (Coppolo-Pelf e Grappa-Visentin) e la sinclinale di Belluno, sviluppate in direzione ENE. Questi elememti 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 Princiapale 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 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 debole pendenze. 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.

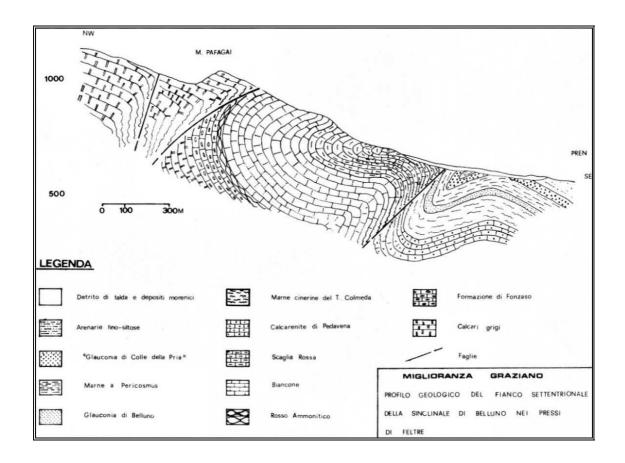


Fig. 6 - Traccia di profilo geologico M. Pafagai-Pren (da rel geol. PAT Feltre)

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).

Pìù 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 Font. 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 sismicità 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 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. Nella 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 0,225g a 0.150g.

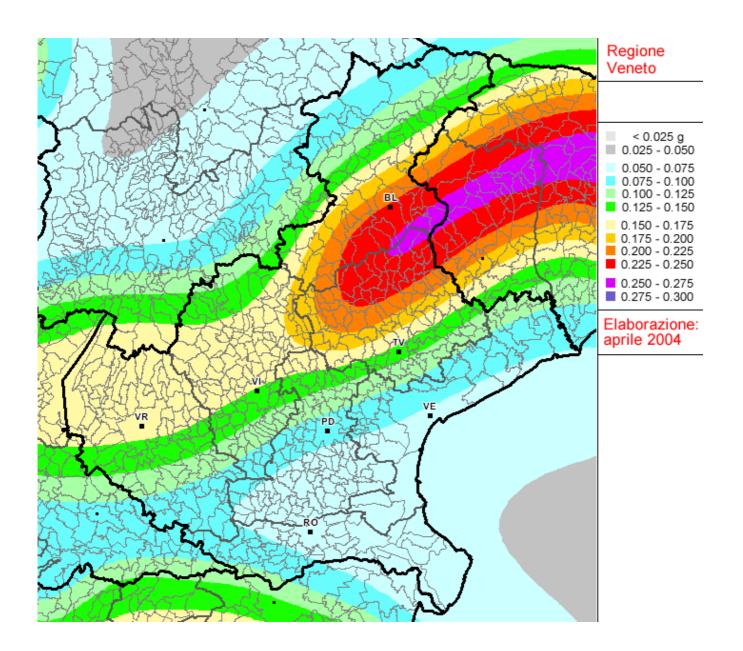


Fig. 7 - Mappa della pericolosità sismica della Regione del Veneto espressa in termini di accelerazione massima al suolo (ag max) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (tempo di ritorno 475 anni) riferita ai suoli molto rigidi (Vs > 800 m/sec)

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 un

raggio di circa 30 km dal centro abitato di Feltre e con magnitudo Maw ≥ 5 (v. fig. 10) 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. 4548', long. 1157' poco a Est della Chiesa di Crespignaga di Maser) con intensità epicentrale di 9.5 e magnitudo Maw=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 ≤ Maw ≥ 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;
- Imax intensità massima;
- lo 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, 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.

irea	cir	cola	re :	con	cer	ntro	C	(46.018, 11.91) e ragg	io 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	Dap	ZSS	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	908	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	908	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	908	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	908	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	908	
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	908	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	908	
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	POSSS			65		45.75	11.917		5.03	0.33		4.60	0.49		4.80	0.45	908	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
002	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	908	
115	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
130	CP	1887	4	14	1	11	6	ASOLO	POSSS			70		45.8	11.917		5.17	0.30		4.80	0.45		4.99	0.42	905	G
218	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
231	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	908	
273	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	908	G
325	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	908	G
685	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
723	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
733	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
771	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
925	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
951	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
987	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	5 0
991	CP	1943	11	15	8	30		FONZASO	POSSS			60		46.017	11.8		4 83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	906	. 7

Fig. 8 - 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

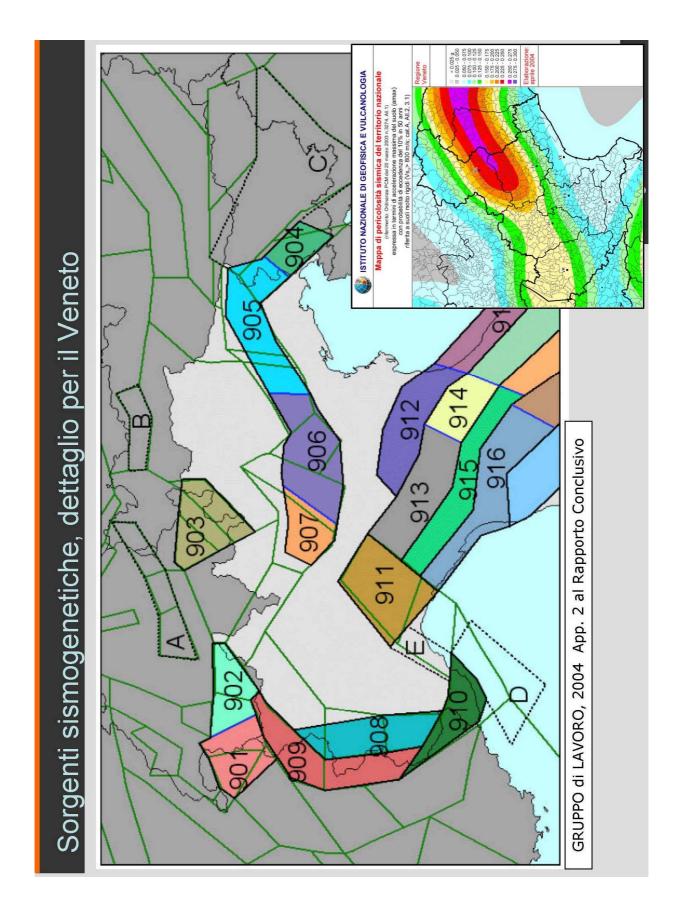


Fig. 9 - Zonazione sismogenetica ZS9 del Veneto

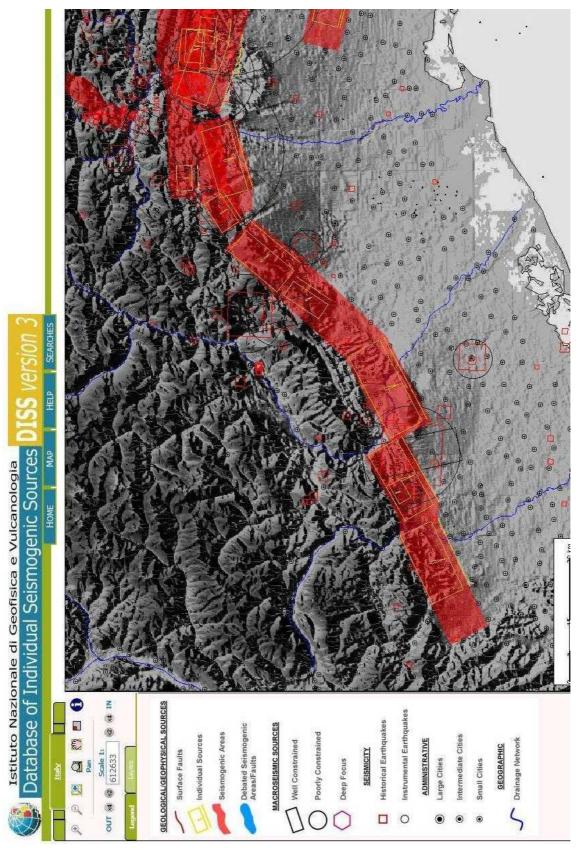


Fig. 10 - Sorgenti sismogenetiche dell'Italia Nord-Orientale inserite nel DISS v.3 (Buratto e altri 2008)

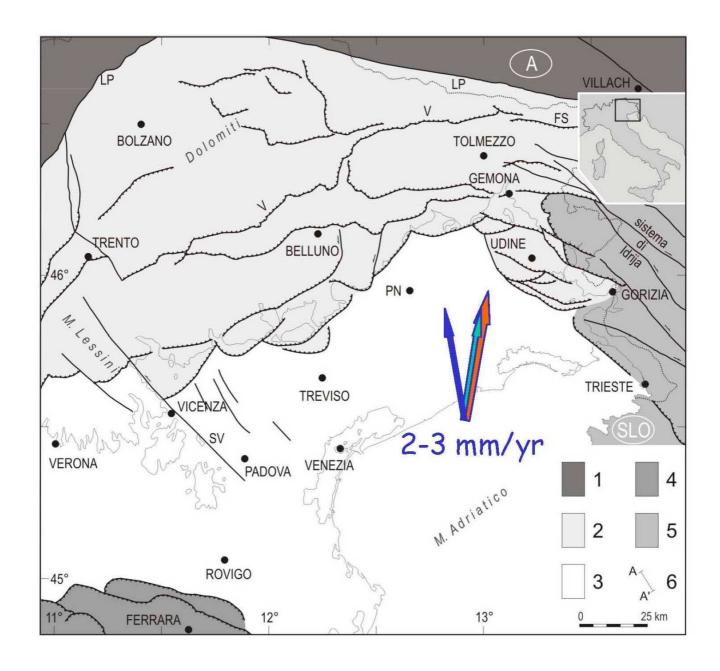


Fig. 11 - Schema strutturale delle Alpi meridionali (da M.E. Poli 2008)

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 <u>ultimi 40.000 anni, periodo per il quale una faglia può essere considerata verosimilmente attiva in Italia</u>".

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 sovrasorrimenti paleocenici dinarici

WSW-vergenti e quelli neoalpini SSE-vergenti e il quadro dell'evoluzione miocenica superiorequaternaria 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.

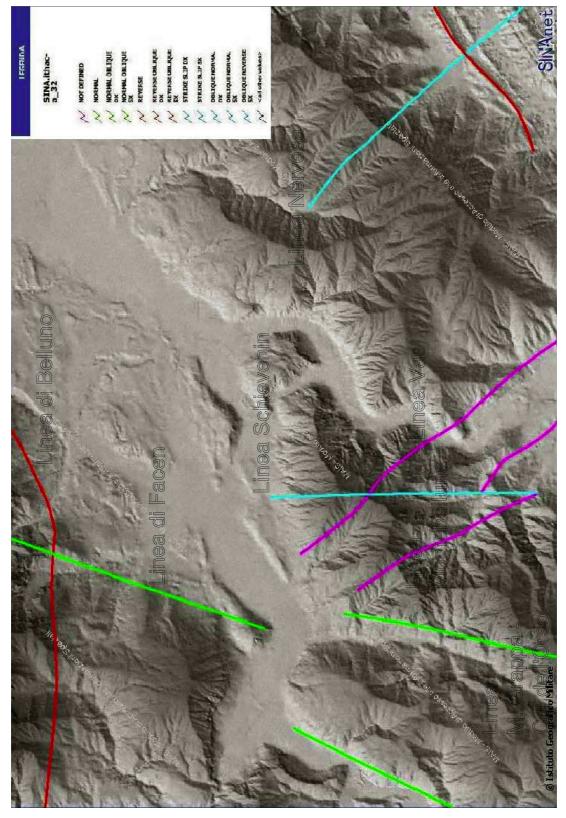


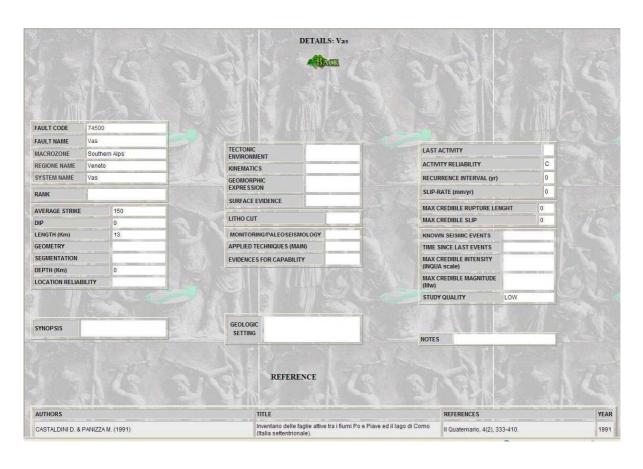
Fig. 12 - Faglie capaci nell'area Feltrina dal progetto Ithaca (Italy Hazard from Capable Faults)

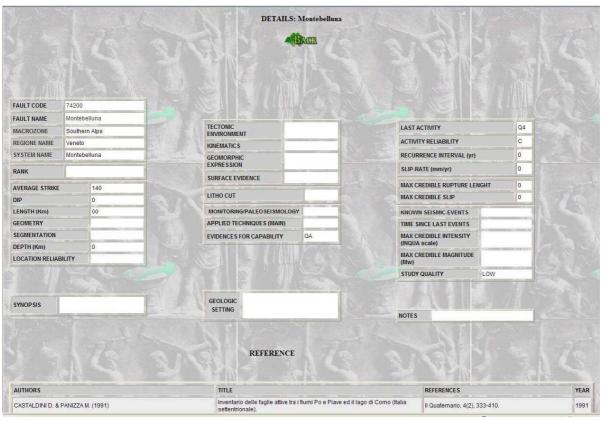
				DETAILS: S. Gottardo - Mt. Agaro			
		3/		Back	3/3/		
FAULT CODE	70102						
FAULT NAME	S. Gottardo - Mt. Agaro		TECTONIC				
MACROZONE	CROZONE Southern Alps			ENT	LAST ACTIVITY	Q41	
REGIONE NAME	Veneto	S S S	KINEMATIC	S REVERSE	ACTIVITY RELIABILITY	В	
SYSTEM NAME	Belluno Line	A CONTRACTOR	GEOMORPH		RECURRENCE INTERVAL (yr)	0	
RANK	ANK PRIMARY		EXPRESSIO		SLIP-RATE (mm/yr)	0	
AVERAGE STRIKE 230			SURFACE E	VIDENCE	MAX CREDIBLE RUPTURE LENGHT	0	
DIP 0			LITHO CUT		MAX CREDIBLE SLIP	0	
LENGTH (Km) 100		1 1	MONITORIN	IG/PALEO SEISMOLOGY	KNOWN SEISMIC EVENTS	THE RE	
GEOMETRY			APPLIED TE	ECHNIQUES (MAIN)	TIME SINCE LAST EVENTS		
SEGMENTATION		NAT	EVIDENCES	FOR CAPABILITY QA	MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)		
DEPTH (Km) 0 LOCATION RELIABILITY					MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)		
911					STUDY QUALITY FAIR		
						1 -00	
SYNOPSIS			GEOLOGIC SETTING	No.			
					NOTES	1000	
	13	25		REFERENCE	2017		2
AUTHORS			100 800	TITLE	REFERENCES		Y
				Inventario delle faglie attive tra i fiumi Po e Piave ed il	III Quaternario, 4(2), 333-410.		



			DETAILS	: Cima Grappa - Col dell'Orso					
		N		BACK					
FAULT CODE	75200								
FAULT NAME	Cima Grappa - Col dell'Ors								
MACROZONE	Southern Alps		TECTONIC		LAST ACTIVITY				
REGIONE NAME	Veneto		ENVIRONMENT	NORMA	ACTIVITY RELIABILITY	С			
SYSTEM NAME	Cima Grappa - Col dell'On System	0	KINEMATICS GEOMORPHIC	NORMAL	RECURRENCE INTERVAL (yr)	0			
	ojolom		EXPRESSION		SLIP-RATE (mm/yr)	0			
RANK	W .		SURFACE EVIDENCE		MAX CREDIBLE RUPTURE LENGHT	0			
AVERAGE STRIKE 20			LITHO CUT		MAX CREDIBLE SLIP 0				
DIP	0		MONITORING/PALEOSEI	SMOLOGY	KNOWN SEISMIC EVENTS				
LENGTH (Km)	9		APPLIED TECHNIQUES (I		TIME SINCE LAST EVENTS				
SEGMENTATION			EVIDENCES FOR CAPABI		MAX CREDIBLE INTENSITY				
DEPTH (Km)	0				(INQUA scale)				
LOCATION RELIA	American Company of the Company of t				MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)	(A			
	15 15				STUDY QUALITY LOW				
		TENER AV	GEOLOGIC						
SYNOPSIS			SETTING		NOTES				
		N	REFEI	RENCE	STORE .				
AUTHORS			TITLE		REFERENCES				
		10.00	Inventario delle	faglie attive tra i fiumi Po e Piave ed il lago di C	omo II Quaternario, 4(2), 333-410.	ATTURNET TO	-		







					DETAILS: No	rvesa				
					BACK					
FAULT CODE	72500									
FAULT NAME	Nervesa		TECT	ONIC						
MACROZONE	Southern A	dps	TECT	RONMENT		LA	ST ACTIVITY			
REGIONE NAME	Veneto		KINEI	WATICS	STRIKE SLI	P AC	TIVITY RELIABILITY		C	
SYSTEM NAME	Nervesa				SX	RE	CURRENCE INTERVAL (yr)		0	
RANK	SUBORDINATE			MORPHIC RESSION		SL	IP-RATE (mm/yr)	(mm/yr)		
AVERAGE STRIKE 140 DIP 0		SURFACE EVIDENCE			MA	AX CREDIBLE RUPTURE LE	NGHT	0		
		0.00	LITHO	CUT		MA	CREDIBLE SLIP		0	
LENGTH (Km) 30		ason.	ITORING/PALEOS	SEISMOLOGY	KN	IOWN SEISMIC EVENTS				
GEOMETRY			IED TECHNIQUES	STANDARD CONTRACTOR	TII	ME SINCE LAST EVENTS				
SEGMENTATION			The state of the s	EVIDENCES FOR CAPABILITY QB			AX CREDIBLE INTENSITY IQUA scale)			
DEPTH (Km) LOCATION RELIAE	OII ITY)		TE LE SE	FIAME	MA	AX CREDIBLE MAGNITUDE			
LOCATION RELIAL	ALL THE					(M				
						ST	UDY QUALITY	LOW		
19										
				LOGIC						
TO S	500		SE,	TINO		NO	TES			
				REFI	ERENCE					
AUTHORS				TITLE	The second second		REFERENCES	-		Y
CASTALDINI D. &	PANIZZA M. (1991)				fiumi Po e Piave ed il lago di Como	II Quaternario, 4(2), 3	33-410	**************************************	1
ONO INLUINI D. &	I CHALLAM, (1991)		(Italia setten	ntrionale).		ii Qualeffidito, 4(2), 3	55-410.		

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)	В
Facen	/	С
Cima Grappa – Col	/	С
dell'Orso		
Schievenin	Q3 -Tardo	С
	Pleistocene	
Vas	/	С
Montebelluna	Q4 - Olocene	С
Nervesa	/	С

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. Elementi geologici in prospettiva sismica

Per la redazione della carta degli "Elementi geologici in prospettiva sismica" 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:

- "Rocce compatte massicce o a stratificazione indistinta" sono costituite dal "Calcare del Vajont" di età Dogger. Calcari ad ooliti, pellets, intraclasti in grossi banchi massicci con strutture trattive, quali ripple marks intercalati a sottili livelli micritici a laminazione parallela. La presenza di micriti associate ai banconi oolitici fa ritenere che i calcari siano depositi torbiditici arrivati in un ambiente pelagico dalla vicina Piattaforma Friulana; ne è conferma il progressivo assottigliamento della formazione verso W e N con un progressivo aumento dei livelli micritici e selciferi. Nell'area di studio esso si presenta come intercalazioni di calcari a pellets bianchi nocciola con sottile laminazione entro la Formazione di Fonzaso. Nelle Vette Feltrine, Della Bruna, Martire (1985) individuano alcuni livelli del Calcare del Vajont entro i primi due membri della Formazione di Fonzaso.
- *"Rocce compatte massicce o a stratificazione indistinta"* sono costituite dal "Rosso Ammonitico inferiore" di età Malm-Dogger, "Formazione di Fonzaso" di età Oxfordiano p.p. Calloviano p.p.", "Rosso Ammonitico superiore" di età Titoniano p.p. Oxfordiano p.p., "Biancone" di età Cretaceo p.p Malm p.p..

"Rosso Ammonitico inferiore": Dal Piaz nel lavoro del 1907 e poi Della Bruna, Martire (1985) fanno una dettagliata descrizione di tale formazione. Distinguono innanzitutto tre litofacies: I. stromatolitica, I. nodulare, I. lumachellica.

La prima è presente nel settore occidentale ed è costituita da packstones e wackstones a bioclasti (Bivalvi, Echinodermi, Foraminiferi) in lamine stromatolitoche ricche in Fe. La litofacies nodulare è ubiquitaria e passa da una potenza minima di qualche metro ad ovest ad una potenza di circa una trentina di metri più ad est. Anch'essa è costituita da packstones e wackstones a bioclasti, dove i fossili prevalenti sono rappresentati da Belemniti, Ammoniti, Echinodermi. La litofacies lumachellica è discontinua e si presenta in lenti o alternata a quella nodulare, si presenta in strati decimetrici con superfici di stratificazione piano o poco ondulate ed è data da grainstones lumachelliche a Bivalvi pelagici con rari frammenti di Echinodermi. Il limite inferiore giace su una

superficie ad hard – ground del Toarciano, mentre quello superiore è da porre alla comparsa di calcari grigi e livelli di selce marrone. Le variazioni di spessore fanno ritenere agli Autori che al momento della deposizione la presenza di una struttura fault – block creava un aumento batimetrico verso est.

"Formazione di Fonzaso": Nella serie tipo di questa formazione Borsellini, Dal Cin (1968) individuano cinque unità. Sopra il Rosso Ammonitico Inferiore si hanno tre metri ci calcari bianchi senza selce in strati di circa 20 cm; si passa poi a radiolariti micritiche rosse con irregolari intercalazioni di calcari micritico – selciferi per uno spessore di 6.5 metri. Al di sopra si trovano 4 metri di calcari micritico – selciferi a radiolari di colore verdastro in strati sottili con intercalazioni di calcari nocciola a pellets. La successiva unità è costituita da intercalazioni del Calcare del Vajont per uno spessore di 22 metri; si termina con una ventina di metri di calcari micritici grigio rossastri in strati di 20 cm di spessore con selce di vario colore e intercalazioni di argilliti verdi. Tali litologie sono interpretate da Borsellini come un adentellato di facies di piattaforma e di bacino.

Della Bruna , Martire nel lavoro del 1985 attribuiscono a questa formazione un'origine derivante dalla risedimentazione di fanghi pelagici a Radiolari innescata dalle torbiditi oolitiche del calcare del Vajont e suddividono la foramazione in tre membri: 1. membro listato; 2. membro intermedio; 3. membro degli Scisti ad Aptici. Il primo è costituito da un'alternanza di liste di selce marrone e di livelli calcarei nocciola, di spessore decimetrico e separati da superfici di stratificazione piano - parallele; il secondo è costituito da livelli calcarei e selce verdi con strati di grainstones di circa 1 metro di spessore di colore bianco; l'ultimo membro è privo dei grainstones e passa dal verdastro alla base al rosso vinaccia verso il limite con il Rosso Ammonitici Superiore, con un abbondante componente fossilifera. Anche in questo caso si hanno alternanze regolari decimetriche di liste di selce e di strati calcarei più o meno silicizzati.

"Rosso Ammonitico superiore": Si tratta di calcari rossi nodulari ammonitici, sbiaditi verso la base e più violacei verso il tetto; contengono anche intercalazioni silicee bianche e rosse per uno spessore complessivo di circa 40 metri. Della Bruna, Martire (1985) limitano questa formazione a qualche metro limitandola al letto da un livello di grossi noduli di selce rossa e al tetto dalla scomparsa della nodularità e da una generale decolorazione che dal rosso passa al bianco. La stratificazione è massiccia, in strati di spessore decrescente da oltre 1 metro alla base a circa 15 centimetri al tetto. Il ritorno a questa litofacies nodulare dopo l'intervallo di livelli bacinali viene considerato come effetto di un aumento di energia delle correnti di fondo.

"Biancone": Calcare 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 foramminiferi planctonici nella parte alta. Lo spessore degli strati varia da pochi a circa 40/50 centimetri (membro verdello). Il Biancone presenta una circolazione idrica attraverso le fessurazioni; sono presenti anche inghiottitoi a testimonianza del carsismo.

- "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 centimetraci di marne. Sono presenti noduli di selce rossa o gialla; verso l'alto si hanno strati di circa 1 metro si 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 microffaune 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.
 - "Materiali di accumulo morenico a tessitura prevalentemente limo-argillosa";

Sono depositi glaciali (till) sono caratterizzati da una tessitura matrix supported (i clasti sono presenti ma sono completamente circondati e avvolti in una matrice limoso argillosa il più delle volte sovraconsolidata), il taglio granulomentrico dei clasti è compreso fra le ghiaie ed i ciottoli mentre la matrice si colloca nell'ambito dei limi argillosi e argilla debolmente limosa con una colorazione grigio brunastra. I clasti presenti nel deposito risultano poco alterati (eccezion fatte per quelli calcarenitici), molto arrotondati e alcuni mostrano tipiche striature da trasporto; talvolta si presentano in forma tabulare così detta a "ferro da stiro".

- "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.

- "Materiali alluvionali a tessitura prevalentemente limo-argillosa". Sono alluvioni recenti costituite prevalentemente da limi argillosi, spesso stratificate, con rari livelli ghiaioso sabbiosi.
 - "Materiali sciolti per accumulo di frana con abbondante frazione lapidea".

La frana dei Collesei si è generata per il ritiro del ghiacciaio che occupava la Val Belluna, ha creato un classico fenomeno di sbarramento e deviazione di corso fluviale. Originariamente, infatti il corso del Fiume Piave, al tempo ancora facente parte di un apparato Fluvioglaciale, doveva scorrere all'interno della valle in direzione Est-Ovest. La frana dei Collesei ha però impedito la continuazione di tale scorrimento, creando uno sbarramento insormontabile (originariamente la frana doveva essere di dimensioni maggiori di quelle riscontrabili oggi). Se si osserva una carta topografica della zona appare evidente come il Fiume Piave faccia una deviazione di circa 90 gradi verso Sud in prossimità dell'abitato di Nemeggio, una deviazione così brusca non sarebbe giustificabile in natura se non grazie ad uno sbarramento che ostacoli il normale deflusso del corso d'acqua verso valle.

Sono costituiti da blocchi spigolosi, talvolta cementati, di calcare; la matrice fine è molto limitata.

- "Materiali di deposito palustre a tessitura fine". La frana di Collesei ha creato un altro fenomeno correlato allo sbarramento è la deposizione di materiale lacustre immediatamente a monte della frana. Una volta occluso il flusso idrico, lo sbarramento funziona esattamente come una diga, la quale non permette il defluire delle acque e si crea appunto un lago, la cui deposizione è regolata da dinamiche di decantazione. Testimonianze di questo lago sono state rilevate ad Est della frazione di Anzù. La litologia è caratterizzata da terreni per lo più fini: limoso argillosi.
- "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.

- "Coni alluvionali". Danno origine a forme distinguibili dai coni detritici per la minor taglia del deposito e per il minor angolo di riposo dei materiali. Sono costituiti da ciottoli soprattutto calcarei, ben arrotondati, e la matrice è per lo più sabbioso-limosa.
- "Materiali sciolti di deposito recente ed attuale dell'alveo fluviale 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.
- "Materiali di riporto". Sono i materiali che costituiscono l'arginatura di un canale artificiale.
- "Linee di contatto tra litotipi a caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse": sono stati censiti quelli tra rocce e terreni alluvionali.
- "Dorsale rocciosa di altezza maggiore a 10 metri": i pendii del rilievo hanno una pendenza sempre superiore ai 15°.
- " Orlo di scarpata influenzata dalla struttura di altezza maggiore a 30 metri". le pendenze sono sempre maggiori a 15°.
 - "Orlo di scarpata d'erosione o di terrazzo: con altezza superiore a 10 metri";
 - "Traccia incerta di corso d'acqua";
- "Faglia certa e/o presunta": è stata riprodotta in cartografia (zona Sud-Est del centro abitato di Anzù e di Cellarda) nella posizione indicata nelle tavole del quadro conoscitivo del PAT. Nell'ambito dei centri abitati non si può riscontrare la loro esatta ubicazione in quanto è mascherata dalla copertura alluvionale. In bibliografia non vi sono indicazione sull'attività di questa faglia, i rilievi di campagna non ci forniscono indizi morfotettonici sulla sua attività.

Le analisi allegate al PAT non riportano stratigrafie di sondaggi eseguiti nell'area d'indagine; inoltre nella carta idrogeologica allegata al PAT non sono state indicati i pozzi, le isofreatiche e la soggiacenza della falda dal piano campagna.

5. Indagini in sito

Per ottenere la caratterizzazione del sottosuolo di fondazione 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:

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

dove h_1 e V_1 indicano lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $y<10^{-6}$) dello strato *i* esimo per un totale di N strati presenti nei 30 metri superiori.

Si ricorda che la velocità delle onde di taglio (Vs) è quella che meglio di ogni altro parametro fisico caratterizza i materiali dal punto di vista del loro comportamento meccanico. Il profilo verticale delle Vs 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).

Nel sito in esame sono stati realizzati profili ReMi, di 46m di lunghezza ciascuno.

La caratterizzazione è stata completata con test di Nakamura per la misura della curva di risposta elastica del terreno.

Ambedue le indagini sismiche sono state eseguite ed elaborate da una ditta specializzata.

5.1 Indagine sismica mediante la tecnica a microtremori "ReMi"

- Premessa

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 *Vs* 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.

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.

Un apposito grafico (spettro di potenza p-f) in cui è diagrammato in ascissa la frequenza f (Hz) ed in ordinata lo "slowness", che altro non è che l'inverso della velocità di fase (m/s), consente agevolmente di individuare il trend dispersivo che contraddistingue il sito sottoposto ad indagine.

Dalla curva di dispersione si passa al profilo di velocità verticale mediante modellazione diretta. Viene cioè costruito il modello teorico la cui curva di dispersione calcolata, presenta il minor errore rispetto alla curva sperimentale.

Il processo di modellazione diretta soffre delle limitazioni prodotte dal principio dell'equivalenza secondo il quale possono esistere più modelli che soddisfano la medesima curva di dispersione. In questo caso quindi diventa importante avere dei punti di calibrazione per una ricostruzione "litologica" della struttura sismica del sottosuolo. Tuttavia questa limitazione non inficia la correttezza della determinazione dei valori di Vs₃₀ che rappresentano una relazione tra spessori e velocità dei singoli strati.

- Modalità operative

La seguenza del processo elaborativo sono i seguenti:

- trasformazione del formato dei dati;
- preprocessing dei dati;
- calcolo della trasformata p-f per ogni record e loro combinazione;
- picking per la costruzione della curva di dispersione;
- calcolo del modello 1D del VSP mediante modellazione diretta della curva di dispersione.

Nello studio del sito in questione è stata adottata la tecnica sopra descritta e l'elaborazione dei dati è stata facilitata dall'uso di un software dedicato denominato *ReMi*, aggiornato alla sua ultima versione V.4, e prodotto dalla Optim LLC Reno, Nevada – USA). Operativamente è stato

realizzato un stendimento da 46 metri; sono stati utilizzati geofoni a bassa frequenza (4,5 Hz) ed un acquisitore digitale RAS24 a 24 canali con dinamica a 24 bit.

Analisi delle risultanze

Sono state eseguite n.4 profili nella frazione di Anzù (R1-4), n. 4 a Nemeggio (R1-4), n. 3 a Villapaiera (R1-3), e n. 3 a Cellarda (R1-3), in corrispondenza soprattutto delle nuove aree di espansione urbanistica.

Lo scopo era quello di caratterizzare lo spessore dei sedimenti alluvionali dal punto di vista geofisico-sismico e determinare il "bedrock" sismico.

ANZU'

I quattro profili remi eseguiti sono caratterizzati da dati spettrali di tipo polimodale con evidente contaminazione da modi superiori e modo fondamentale riconoscibile essenzialmente per la morfologia del margine superiore della zona a rumore incoerente. Il best tuning spettrale è stato ottenuto con velocità di fase minima di 100m/s e frequenza di corner di 35Hz.

Dall'esame qualitativo emerge immediatamente come le velocità di fase assumano valori elevati già da piccole profondità e come sia presente ubiquitariamente un materiale a forte addensamento.

Il picking per la costruzione delle curve di dispersione è abbastanza evidente per gli spettri 1,2 e 3, mentre per il numero 4 è possibile una sovrastima delle velocità di fase a causa della relativa incertezza nell'individuare il modo fondamentale.

I modelli diretti di velocità Vs appaiono tuttavia congruenti tra di loro e i profili verticali medi ottenuti portano ad evidenziare come i terreni soffici superficiali (Vs<250m/s e spessore di un paio di metri) siano localizzati esclusivamente nella porzione centro orientale della valle. In quella occidentale i sedimenti veloci partono praticamente dalla base del terreno agrario.

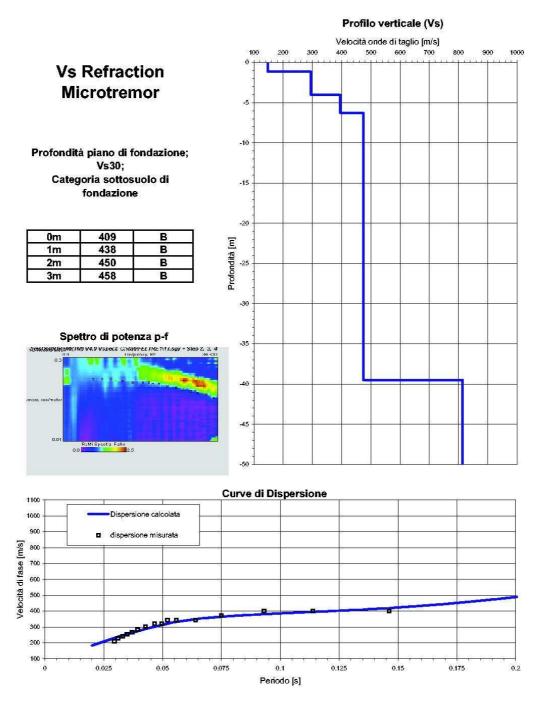
I materiali addensati sottostanti hanno velocità >350m/s e possono avvicinarsi ai 500m/s nel profilo 1.

Il bedrock è stato intercettato in tutti i siti di indagine e la sua profondità massima è dell'ordine di circa 58 metri (profilo 2) in centro valle con il minimo in corrispondenza del profilo 4 (circa 26m).

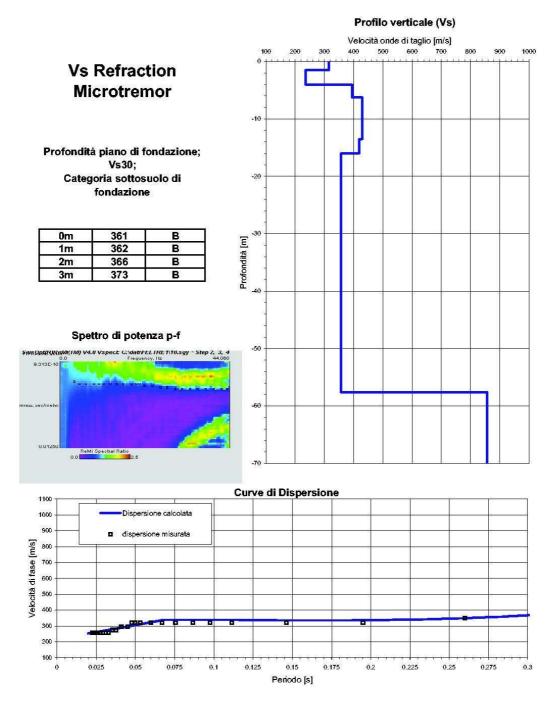
Con la modellazione delle curve di dispersione sperimentali si sono ottenuti i profili verticali di velocità Vs , dove il bedrock sismico si pone alle seguenti profondità:

- R1 i primi quattro metri del terreno di copertura sono poco addensati (Vs=290m/s +/- 20%), da quattro a sei metri sono mediamente addensati (Vs=480m/s +/- 20%), da sei a circa 40 metri sono molto addensati (Vs=480m/s +/- 20%). A profondità superiori a circa 40 metri vi è la presenza del bedrock sismico (Vs=810m/s +/- 20%).
- **R2** i primi quattro metri del terreno di copertura sono sciolti (Vs=230m/s +/- 20), da quattro a sedici metri sono mediamente addensati (Vs=410m/s +/- 20%), da sedici a circa 58 metri sono sempre mediamente addensati (Vs=360m/s +/- 20%). A profondità superiori a circa 58 metri vi è la presenza del bedrock sismico (Vs=860m/s +/- 20%).
- **R3** i primi sei metri del terreno di copertura sono mediamente addensati (Vs=360-400m/s +/- 20%), da sei a circa 29 sono terreni sempre mediamente addensati (Vs=420m/s +/- 20). A profondità superiori a circa 29 metri vi è la presenza del bedrock sismico (Vs=920 m/s +/- 20%).
- **R4** i primi undici metri del terreno di copertura sono poco addensati (Vs=290-310m/s +/-20%), da undici a circa 26 sono terreni mediamente addensati (Vs=420m/s +/- 20). A profondità superiori a circa 26 metri vi è la presenza del bedrock sismico (Vs=810m/s +/- 20%).

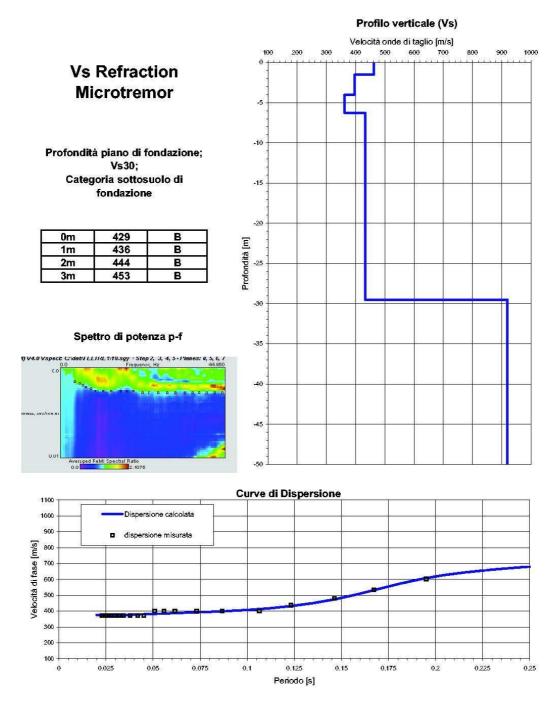
Dai modelli di velocità si sono potuti ricavare i valori di Vs30 (tutti superiori a 360m/s) e da questi la **categoria** del sottosuolo di fondazione che è risultata quindi la **B**, per profondità di incastro fondazione superiori a 1m



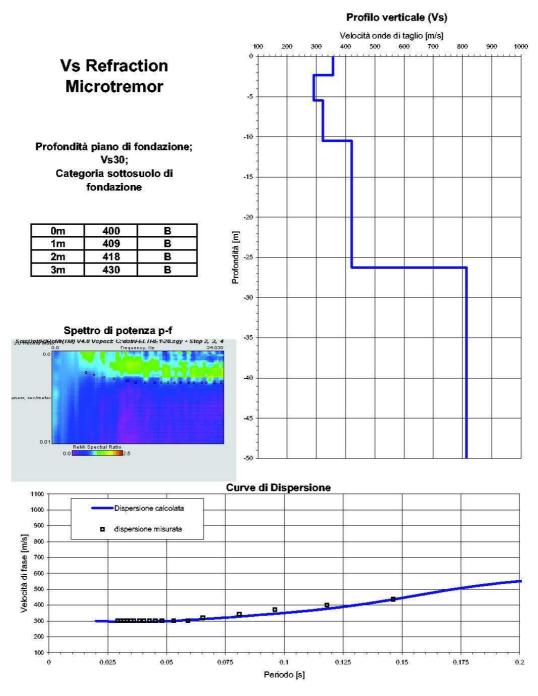














NEMEGGIO

L'area di Nemeggio si caratterizza per la bassa capacità dispersiva dei suoi terreni: gli spettri appaiono infatti poco definiti, soprattutto alle basse frequenze e ciò è indizio di forti contrasti di impedenza sismica a piccola profondità.

In particolare si può rilevare come negli spettri 3 e 4 siano evidenti fenomeni di cattura del modo fondamentale da parte dei superiori con forte energia a velocità di fase infinita. Questo fenomeno non è al contrario così marcato nei primi due dove, sia pure in presenza di elevate velocità di fase lo spettro mantiene una sufficiente distribuzione energetica del fondamentale su tutto il range di frequenza campionato.

La lettura qualitativa di questi dati porterebbe a ritenere che il bedrock tenda a risalire da sud est verso nord ovest e che esso sia molto prossimo alla superficie in corrispondenza al profilo 4.

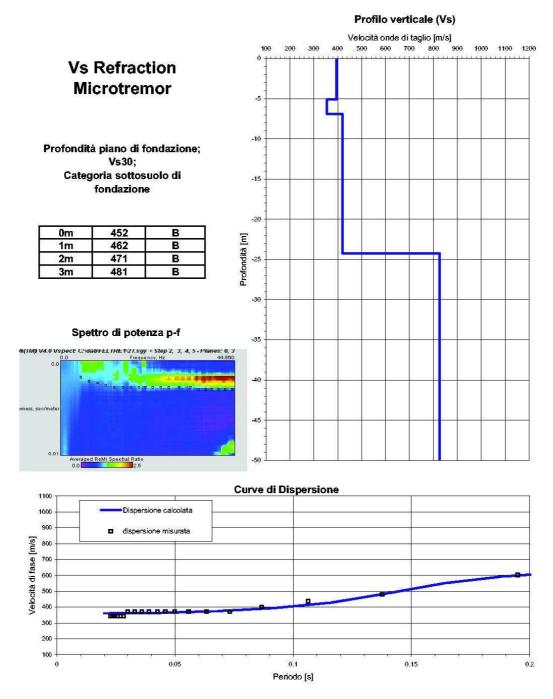
Dall'elaborazione delle curve di dispersione sperimentale mediante modellazione diretta si ricavano dei profili verticali di Vs con sismostratigrafia relativamente semplice che prevede una coltre superficiale con addensamento medio, medio basso, una intermedia con Vs compresa tra 400m/s e 500m/s ed infine il bedrock (Vs>800m/s).

Si può ritenere che il bedrock risalga dal n.1 (circa 25m come nel 2, ma si deve tener presente la differenza di quota superiore ai 10m tra i profili) al n.3 (9m). L'apparente approfondimento dal p.c. rilevato nel n.4, potrebbe essere dovuto al fatto che l'orizzonte rigido a 5m (500m/s) coincida litologicamente con la regolite del substrato roccioso che diventa sano attorno ai 15-20m.

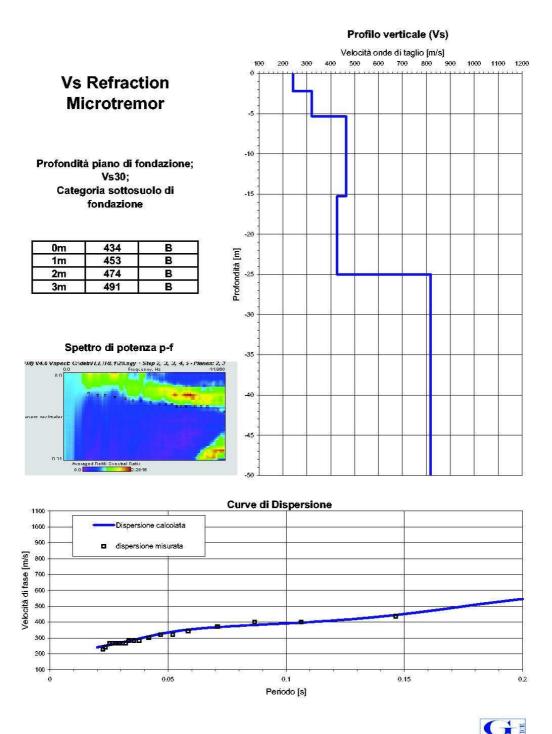
Con la modellazione delle curve di dispersione sperimentali si sono ottenuti i profili verticali di velocità Vs , dove il bedrock sismico si pone alle seguenti profondità:

- R1 i primi 24 metri circa del terreno di copertura sono mediamente addensati (Vs=380-410m/s +/- 20%). A profondità superiori a circa 24 metri vi è la presenza del bedrock sismico (Vs=820 m/s +/- 20%).
- **R2** i primi cinque metri del terreno di copertura sono poco addensati (Vs=240-320m/s +/-20%), da cinque a circa 25 sono terreni mediamente addensati (Vs=420-460 m/s +/- 20). A profondità superiori a circa 25 metri vi è la presenza del bedrock sismico (Vs=820 m/s +/- 20%).
- **R3** i primi tre metri del terreno di copertura sono poco addensati (Vs=280-330m/s +/- 20%), da tre a nove sono terreni mediamente addensati (Vs=460 m/s +/- 20). A profondità superiori a nove metri vi è la presenza del bedrock sismico (Vs=820 m/s +/- 20%).
- **R4** i primi 5.5 metri del terreno di copertura sono poco addensati (Vs=310m/s +/- 20%), da 5.5 a circa 16.0 vi è la presenza di terreni da mediamente a molto addensati (N.B. potrebbe essere il bedrock alterato Vs=410-500 m/s +/- 20). ; a profondità superiori a circa 16 metri vi è la presenza del bedrock sismico (Vs=820 m/s +/- 20%).

Per quanto riguarda la **categoria** del sottosuolo di fondazione i valori di Vs30 per i profili 1 e 2 sono superiori a 360m/s per cui ricadono in **B**, mentre il calcolo va fatto per il Vs9 e Vs17 per i profili 3 e 4 con risultati analoghi e quindi mantenimento della categoria **B** anche per questi siti.





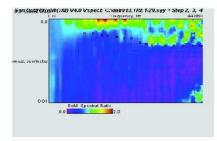


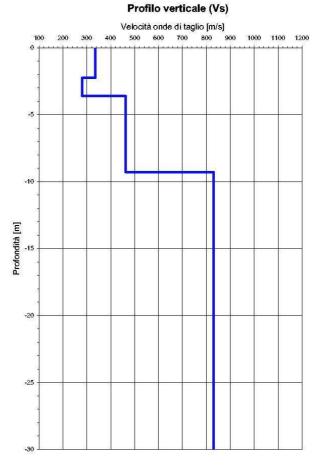
Vs Refraction Microtremor

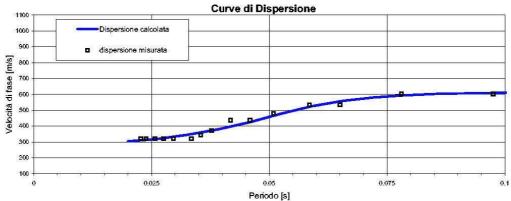
Profondità piano di fondazione; Vs30; Categoria sottosuolo di fondazione

0m	391	В
1m	392	В
2m	402	В
3m	433	В

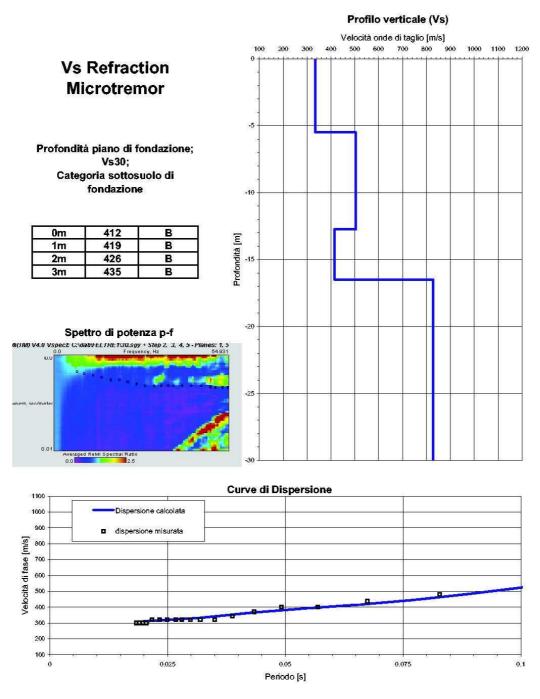
Spettro di potenza p-f













VILLAPAIERA

I profili 1 e 3 presentano condizioni di omogeneità morfologica, mentre il n.3 si pone in una posizione più distale. Questo non si manifesta sugli spettri p-f dove è evidente la similitudine tra gli spettri 2 e 3, mentre per il n.1 è chiara la maggiore vicinanza alla superficie dei materiali veloci con l'aumento di velocità di fase a frequenze ben più alte (posizione dl flesso a 15-20Hz)rispetto agli altri due. Analogamente si può dire per i terreni più superficiali che si mostrano più lenti nel n.1 che nei n. 2 e 3. La definizione della curva di dispersione è resa agevole dalla buona evidenza del modo fondamentale e soprattutto dalla compattezza spettrale della zona a rumore incoerente. Questo dato consente di eliminare il sospetto di aver considerato un modo superiore.

I modelli verticali di Vs propongono una sismostratigrafia dove il bedrock (Vs>800m/s) è stato intercettato a profondità comprese tra circa 20m (n.1) e oltre 60m (n.2). Nel n.3 è stato posizionato a 37m.

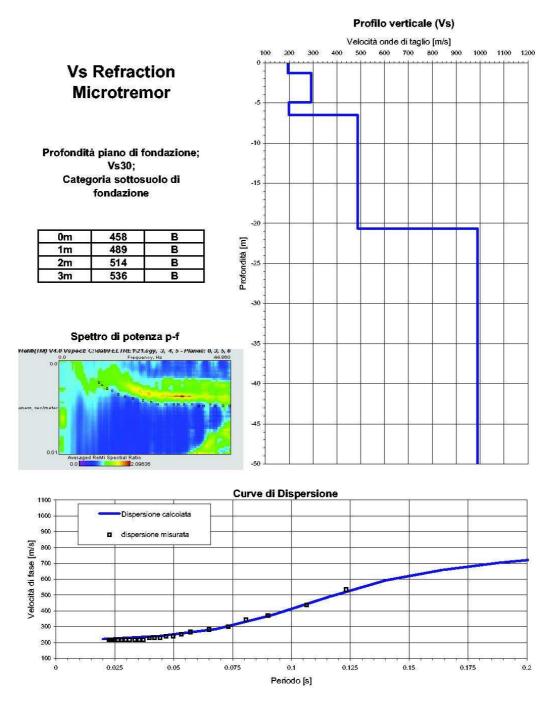
I sedimenti superficiali presentano un addensamento minimo nel profilo 1.

Con la modellazione delle curve di dispersione sperimentali si sono ottenuti i profili verticali di velocità Vs , dove il bedrock sismico si pone alle seguenti profondità:

- **R1** i primi cinque metri circa del terreno di copertura sono poco addensati (Vs=200-290m/s +/- 20%), da circa cinque a 21 sono terreni molto addensati (Vs=490 m/s +/- 20%). A profondità superiori a circa 21 metri vi è la presenza del bedrock sismico (Vs=980 m/s +/- 20%).
- **R2** i primi 11 metri circa del terreno di copertura sono poco addensati (Vs=270-290m/s +/-20%), da circa 11 a 65 sono terreni mediamente addensati (Vs=420 m/s +/- 20%). A profondità superiori a circa 65 metri vi è la presenza del bedrock sismico (Vs=990 m/s +/- 20%).
- **R3** i primi nove metri del terreno di copertura sono poco addensati (Vs=320-340m/s +/-20%), da nove a 27 sono terreni molto addensati (Vs=580 m/s +/- 20), da 27 a 37 sono terreni mediamente addensati (Vs=440 m/s +/- 20) A profondità superiori a 37 metri vi è la presenza del bedrock sismico (Vs=880 m/s +/- 20%).

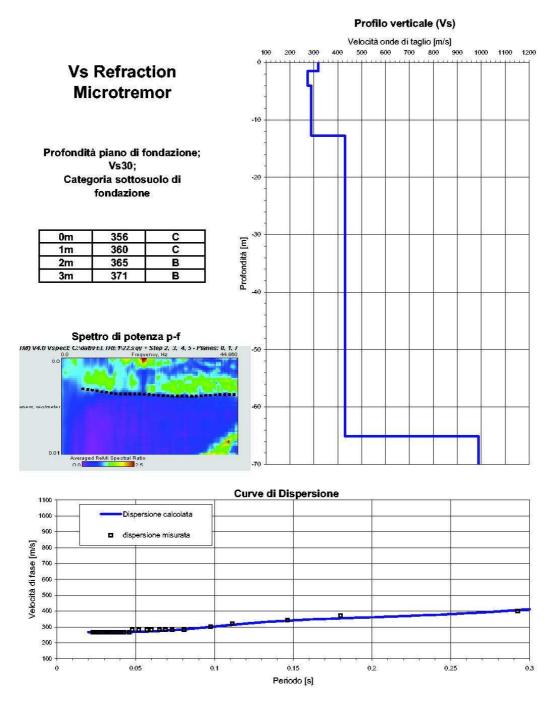
Dai modelli di velocità si è ricavato che il Vs30 supera i 360m/s in tutti e tre i siti per profondità di incastro fondazionale maggiore di 1m e quindi rientrano in **categoria B**.

COMUNE DI FELTRE - P.I. 2009 VILLAPAIERA ReMi 1



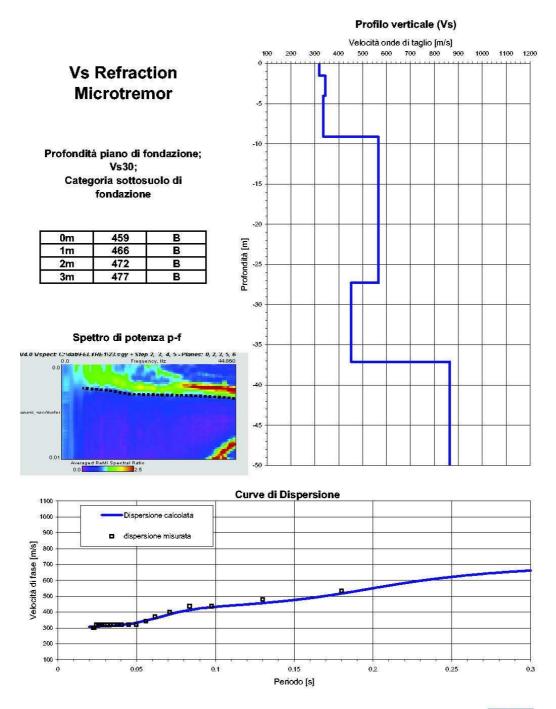


COMUNE DI FELTRE - P.I. 2009 VILLAPAIERA ReMi 2





COMUNE DI FELTRE - P.I. 2009 VILLAPAIERA ReMi 3





CELLARDA

Gli spettri dei tre profili eseguiti si differenziano notevolmente da quelli di Anzù e Villapaiera sia per la qualità, decisamente più elevata in termini energetici, che per la definizione modale. La loro polimodalità è molto netta così come la maggiore sofficità dei terreni superficiali denotata dal fatto che la velocità di fase minima impostata per il tuning ottimale è di 70m/s al posto dei 100m/s precedentemente utilizzati. Al di là della differente frequenza di corner scelta per il n. 1 e i n. 2 e 3 (25Hz e 45Hz) si può apprezzare come il punto di flesso della curva di dispersione migri verso frequenze più alte dal n.1 al n. 2 e al n. 3 che hanno caratteristiche spettrali molto prossime.

I modelli di velocità dei profili n.2 e n.3 mostrano una sismostratigrafia più complessa rispetto a quelli delle aree di Anzù e Villapaiera, con alternanze di corpi o lenti rigide interdigitate con episodi di materiali più soffice. Si osserva inoltre una differenza ulteriore tra il n.2 e il n.3 con quest'ultimo che ha maggiore similitudine con il n.1 (terreni con velocità crescente con la profondità).

Il bedrock è stato incontrato alla profondità massima di una cinquantina di metri (n.1) mentre risale a 17m e circa 30m., rispettivamente nel n.2 e nel n.3.

I sedimenti addensati del n. 1 hanno una velocità dell'ordine di 400m/s con relativa omogeneità verticale, mentre negli altri due l'eterogeneità è molto più marcata con valori minimi di 250m/s e massimi di 480m/s.

Con la modellazione delle curve di dispersione sperimentali si sono ottenuti i profili verticali di velocità Vs, dove il bedrock sismico si pone alle seguenti profondità:

- **R1** i primi 2.5 metri circa del terreno di copertura sono soffici (Vs=120m/s +/- 20%), da 2.5 a 6.5 sono poco addensati (Vs=200 m/s +/- 20%), da 6.5 a circa 29 sono terreni mediamente addensati (Vs=390-430 m/s +/- 20%). A profondità superiori a circa 29 metri vi è la presenza del bedrock sismico (Vs=860 m/s +/- 20%).
- **R2** i primi due metri circa del terreno di copertura sono soffici (Vs=120m/s +/- 20%), da due a 14 sono da poco a mediamente addensati (Vs=270-360 m/s +/- 20%), da 14 a 17 sono terreni molto addensati (Vs=540 m/s +/- 20%). A profondità superiori a circa 17 metri vi è la presenza del bedrock sismico (Vs=900 m/s +/- 20%).
- **R3** i primi quattro metri circa del terreno di copertura sono soffici (Vs=140m/s +/- 20%), da quattro a circa 11 sono poco addensati (Vs=220 m/s +/- 20%), da circa 11 a circa 48 sono terreni mediamente addensati (Vs=400 m/s +/- 20%). A profondità superiori a circa 48 metri vi è la presenza del bedrock sismico (Vs=870 m/s +/- 20%).

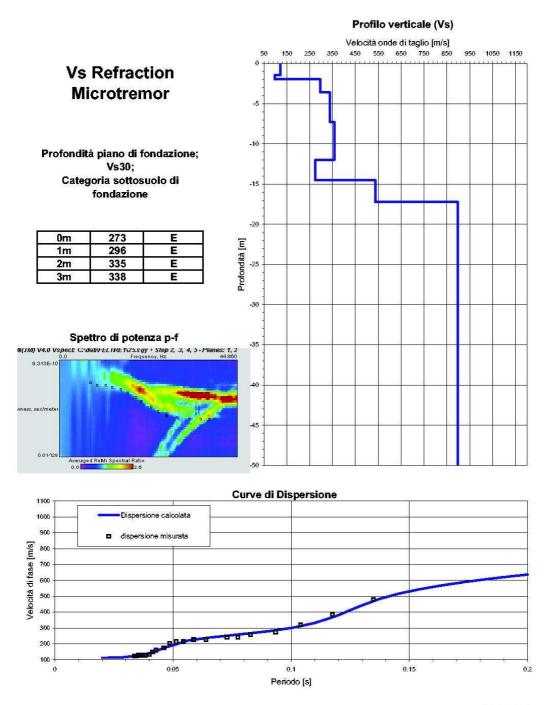
I valori di Vs30 rimangono inferiori a 360m/s per il profilo n.1 (categoria C) mentre sono superiori nel n. 3 per profondità di incastro fondazionale maggiori di 1m (categoria B). Per il profilo

COMUNE DI FELTRE - P.I. 2009 CELLARDA ReMi 1

Profilo verticale (Vs) Velocità onde di taglio [m/s] 500 600 700 800 s 200 Vs Refraction **Microtremor** -5 -10 Profondità piano di fondazione; Vs30; Categoria sottosuolo di -15 fondazione -20 0m 286 С Profondità [m] 294 C 1m 306 C 2m -25 3m 320 С -30 Spettro di potenza p-f -35 n(IM) V4.0 Vspect C; Waby-ELIKE 1/24.sqy + Step Z, 3, -40 -45 ReMi Spectral Ratio Curve di Dispersione Dispersione calcolata 700 ■ dispersione misurata Velocità di fase [m/s] 0.05 0.1 0.15 0.2 0.25 Periodo [s]

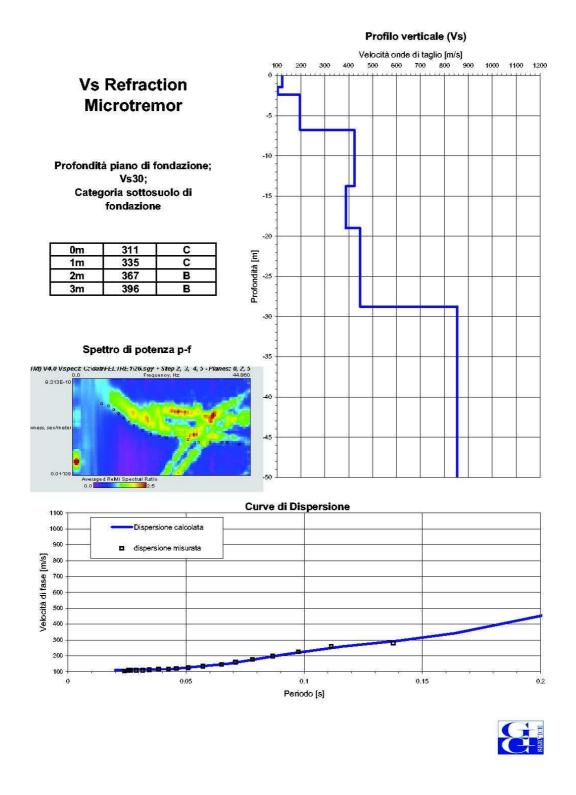


COMUNE DI FELTRE - P.I. 2009 CELLARDA ReMi 2





COMUNE DI FELTRE - P.I. 2009 CELLARDA ReMi 3



5.2 Indagine sismica passiva con tecnica "HVSR" (Horizontal Vertical Spectra Ratio)

Premessa

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 **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 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= SefAs 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:

Se Hb/Vb = 1 allora SM= Hs/Vs

Alla fine quindi, gli effetti di sito **SM** (ampiezza del rapporto spettrale) posso essere espressi come *rapporto spettrale delle componenti orizzontali e verticali del rumore ambientale alla superficie del suolo.*

Il metodo Nakamura per essere preciso necessita di misure ripetute 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.

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.

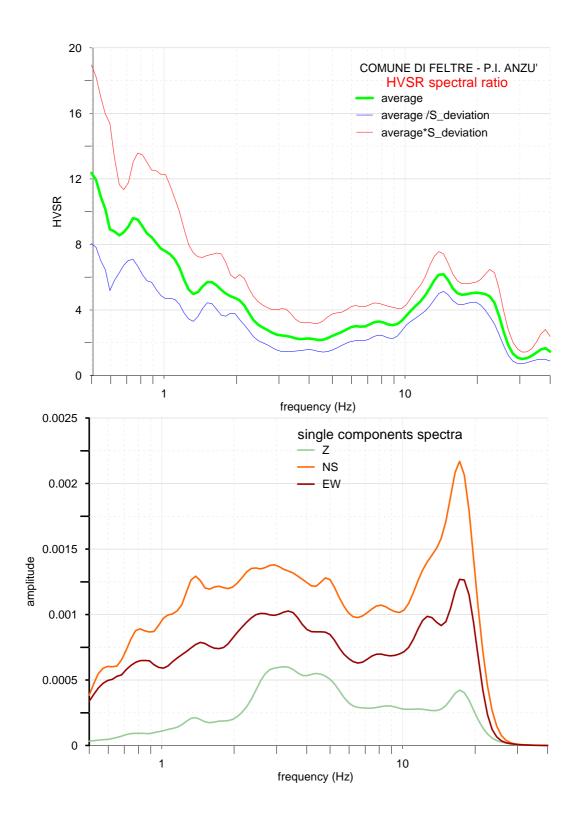
- Sintesi dei risultati

> ANZU'

Dal test di Nakamura P.I. Vellai (N1) si è ottenuta una curva HVSR caratterizzata da un minimo di ampiezza tra 2Hz e 10Hz con un massimo a 14Hz e una deriva verso ampiezze anomale per frequenze minori di 2Hz.

Esaminando le curve delle componenti singole si osserva che gli spettri hanno una morfologia molto simile tra di loro con la sola differenza nel valore dell'ampiezza. La misura, a causa di questa apparente anomalia è stata ripetuta in un periodo successivo, ma con risultato analogo. La motivazione è verosimilmente legata a sorgenti antropiche e si può estrarre dalle curve un minimo della componente verticale attorno a 1.6Hz che corrisponde ad un minimo secondario sulla curva HVSR. Questa frequenza, considerato che il punto di misura è prossimo al profilo 2, è stata considerata come quella prodotta dall'interfaccia bedrock copertura. Applicando la relazione sperimentale che lega la frequenza alla velocità e alla profondità, utilizzando Vs=360m/s e H=58m si ottiene una F=1.55Hz.

Il picco a 15Hz è relativo ad una interfaccia superficiale posta a circa 3m.

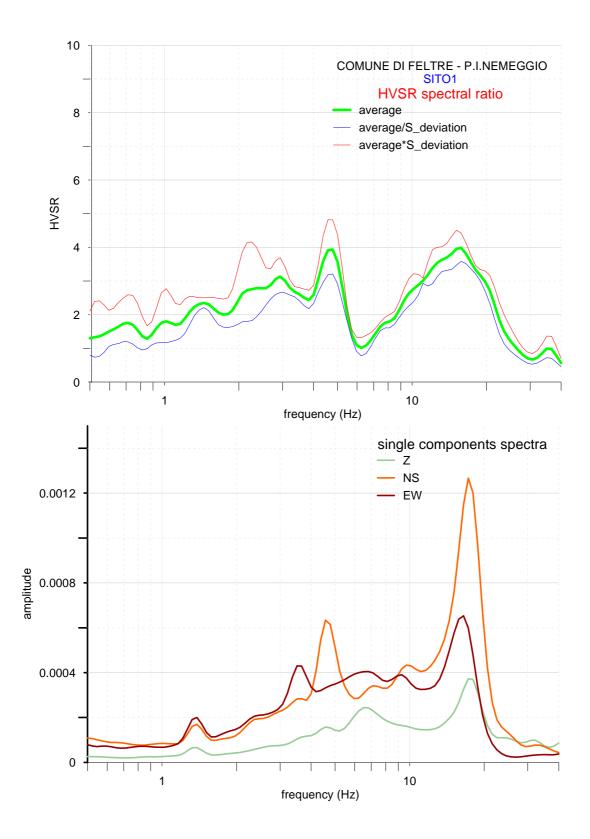


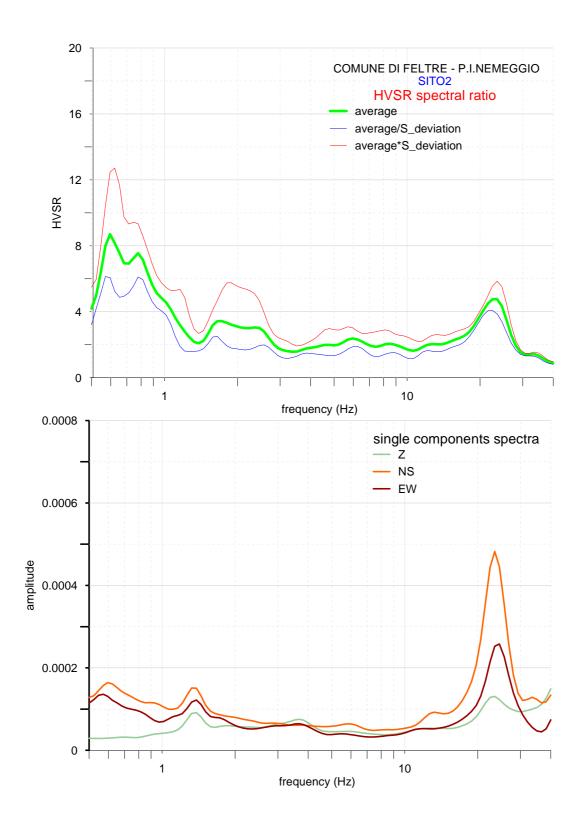
NEMEGGIO

I due test di Nakamura, il n.1 "P.I. Nemeggio (N1)" fatto in prossimità del profilo 2 e il n. 2 "P.I. Nemeggio (N2)" vicino al profilo n.4 Si può agevolmente notare come la struttura delle curve

HVSR riportino i medesimi massimi delle componenti singole dei test di Valpaiera e Cellarda con la differenza che il picco a 1.5Hz è notevolmente ridimensionato in termini di ampiezza (riduzione di energia della sorgente antropica) e che quello tra 4 e 5Hz è scomparso nel test 2 mentre rimane apprezzabile nel test 1. Ritenendo che questo sia prodotto da una sorgente geologica (interfaccia bedrock-copertura) si è potuto verificare che assumendo una Vs media dei terreno sciolto di 400m/s ed una profondità di 25m si otterrebbe una frequenza di 4Hz in buon accordo, quindi con il minimo della componente verticale nella curva spettrale.

Nei dati del test 2 non si riconosce che un modestissimo minimo in prossimità dei 20Hz che corrisponderebbe all'interfaccia posta a 5m e che sufragherebbe quindi l'attendibilità dell'interpretazione geologica del profilo 4.





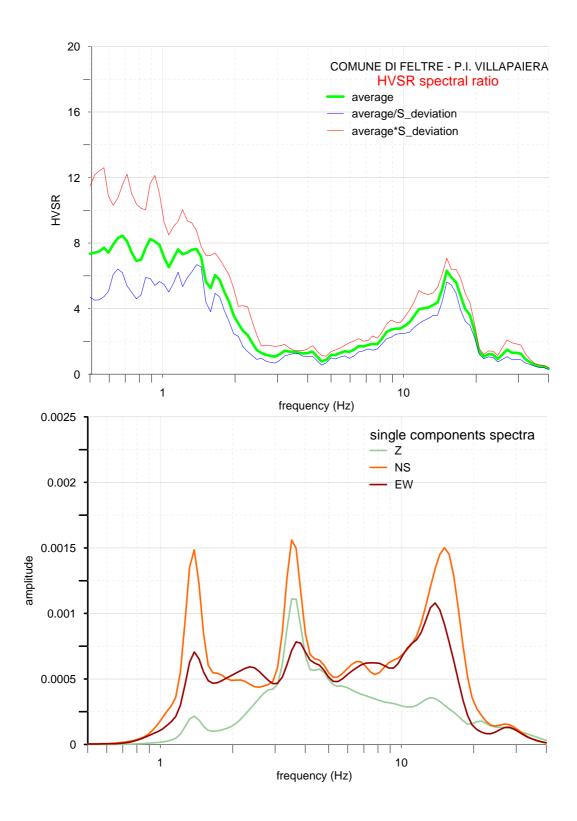
VILLAPAIERA

Il test di Nakamura P.I. Villapaiera (**N1**) è stato eseguito in vicinanza del profilo n.2. La curva HVSR mostra una marcata similitudine con quella di Anzù con un minimo di ampiezza tra 3Hz e 7Hz, un massimo a 16Hz e una deriva verso ampiezze elevate al di sotto di 3Hz.

Anche in questo caso la misura è stata ripetuta.

Lo spettro delle componenti singole mostra due massimi molto stretti che interessano sia la verticale che le orizzontali e quindi sono di origine antropica. Si osserva anche qui un minimo della verticale tra 1.6 e 1.7Hz riconoscibile anche sulla curva HVSR nel gruppo di coalescenza. Applicando la formula usuale per la stima della frequenza sulla base della relazione che la lega alla profondità e alla velocità, adottando una Vs= 390m/s e H=65m si ottiene una F=1.51Hz.

Il picco a 16Hz pare di natura antropica.



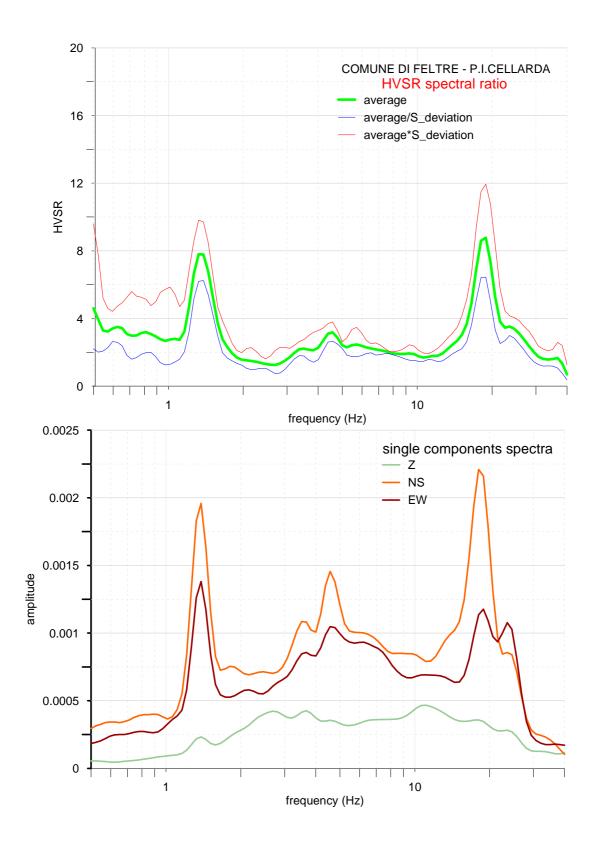
CELLARDA

Dal test di Nakamura P.I. Cellarda (N1), eseguito a metà strada tra il profilo n.1 e il n.2 si è ottenuta una curva HVSR quasi identica a quella del test di Villapaiera. La sola differenza è

l'assenza del picco antropico a 3Hz che qui è sostituito da un picco di ampiezza di poco superiore a 3 che corrisponde ad un minimo della componente verticale a 4.5Hz. Il picco a 1.5Hz sia per la ridotta banda di frequenza che occupa sia per la ricorrenza anche nel test eseguito dalla parte opposta della valle è attribuibile all'attività industriale del grande complesso produttivo che si trova tra Villapaiera e Cellarda.

Il minimo a 4.5Hz è probabilmente prodotto dall'interfaccia bedrock copertura. Inserendo nella relazione la velocità media della copertura del profilo n.2 (273m/s) per una frequenza di 15m circa che è prossima a quella del bedrock calcolato (17m).

Questa informazione supporterebbe quindi l'ipotesi che la porzione occidentale della valle sia più incisa di quella orientale e che immediatamente a nord del punto ove è stato effettuato il test vi sia una marcata scarpata di erosione.



6. Direttive per le "zone omogenee in prospettiva sismica"

La DGRV n. 3308 del 04.11.08 prevede che, per la redazione dei P.I., "il numero e la tipologia delle indagini da effettuarsi devono essere commisurate alle caratteristiche geologiche,

all'importanza dell'opera, e alle dimensioni dell'area in esame"; si è ritenuto perciò di demandare l'esecuzione di indagini specifiche all'atto degli interventi edilizi puntuali.

Nelle analisi del quadro conoscitivo del PAT non sono allegati sondaggi e pozzi, non è stato ricostruito l'andamento delle isofreatiche e non è stata indicata la soggiacenza della falda. Vista la mancanza delle caratteristiche geotecniche dei materiali sciolti e degli acquiferi, si ritiene che, in sede di elaborazione della relazione geologica per la costruzione di opere disciplinate dal DM 14.01.2008, sia necessario approfondire il **rischio di liquefazione**.

Le **analisi in sito** hanno messo in evidenza la velocità Vs, il bedrock sismico e la frequenza di risonanza propria del sito, nelle aree rappresentate in cartografia.

In particolare nelle misure in sito con il metodo Nakamura è stato evidenziato quanto segue:

- Anzù : ampiezze significative a 14 hz;
- Nemeggio: ampiezza a 4/5 e 20 hz;
- Villapaiera: ampiezze significative a 16 hz;
- Cellarda: ampiezze significative a 4.5 hz;

Se consideriamo la relazione tipica "altezza edificio-frequenza di risonanza" (es. graico Masi 2007 per edifici in cemento armato), si evidenzia che, considerando le frequenze di risonanza del terreno misurate in sito, gli edifici soggetti all'effetto di doppia risonanza suolo-struttura sono per quelli di altezza tra i 10-15 metri circa (frequenza di circa 4/5 Hz), e di altezza inferiore a tre metri per frequenze di 14-16-20 hz.

Le risultanze sono da considerarsi valide per i singoli siti di misura.

L'ambito di progettazione puntuale del P.I. di Vellai-Zermen (v. Carta "Zone omogenee in prospettiva sismica") è stato suddiviso in:

- 1. "area stabile suscettibile ad amplificazione sismica" nelle quali sono attese amplificazioni sismiche per "effetto topografico" e/o "litostratigrafico".
- 2. "linee di contatto tra mezzi a caratteristiche elastiche molto diverse tra loro" per potenziali cedimenti differenziali dovuti al contatto stratigrafico tra terreni a diversa competenza.

Nell'area di cui al punto "1." ("area stabile suscettibile ad amplificazione 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 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. 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 carattere <u>litostragrafico</u> qualora il bedrock sia a profondità superiore ai 3 mt (v. dm 14.01.2008), e <u>topografico</u>. 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) Verificare se l'area è interessata da **faglie "attive e capaci"** (v. Sud Est abitati di Anzù e Cellarda). 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.

Nell'area di cui al punto "2." "linee di contatto tra mezzi a caratteristiche elastiche molto diverse tra loro" in cui si ritiene di eseguire ristrutturazioni con modifiche strutturali, ampliamenti, nuove costruzioni e opere infrastrutturali, si dovrà procedere con le seguenti modalità:

- come ai precedenti commi a), b), c), d), e);
- 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.

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.

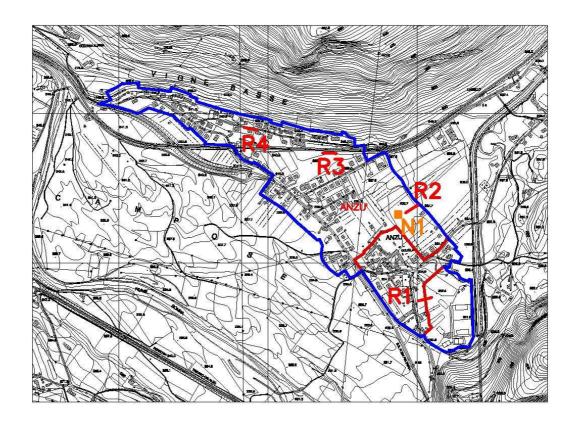
Treviso, aprile 2010

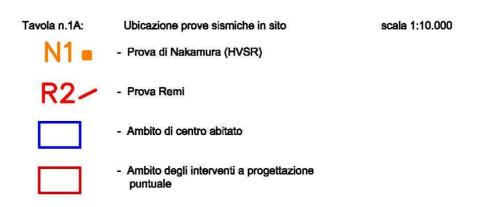
Il geologo

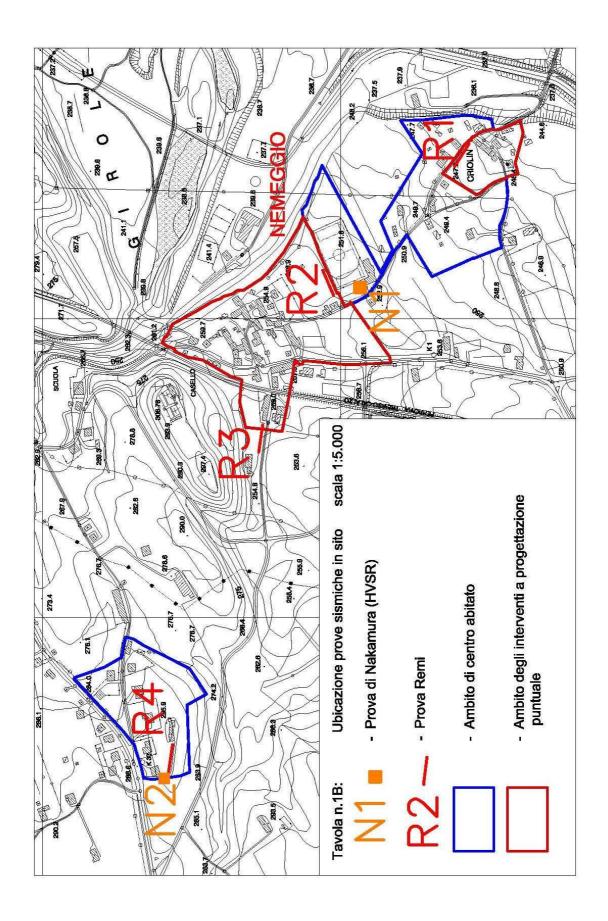
LIVIO

ALLEGATI

- TAV. 1A/1B/1C : UBICAZIONE PROVE SISMICHE IN SITO
- TAV. 2A/2B/2C : CARTA DEGLI ELEMENTI GEOLOGICI IN PROSPETTIVA SISMICA
- TAV. 3A/3B/3C : CARTA DELLE ZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA







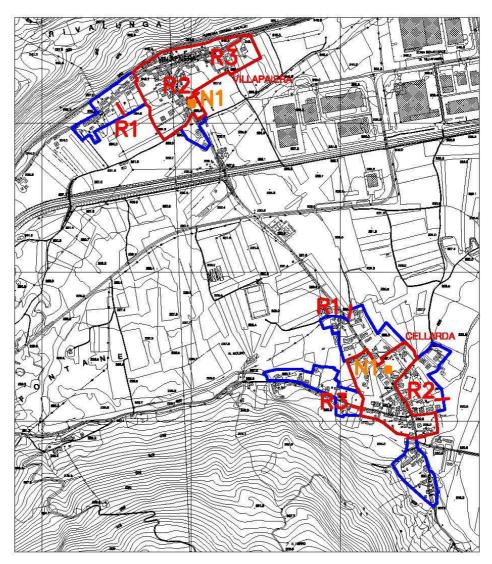


Tavola n.1C: Ubicazione prove sismiche in sito scala 1:10.000

N1 - Prova di Nakamura (HVSR)

- Prova Reml
- Ambito di centro abitato

- Ambito degli Interventi a progettazione puntuale

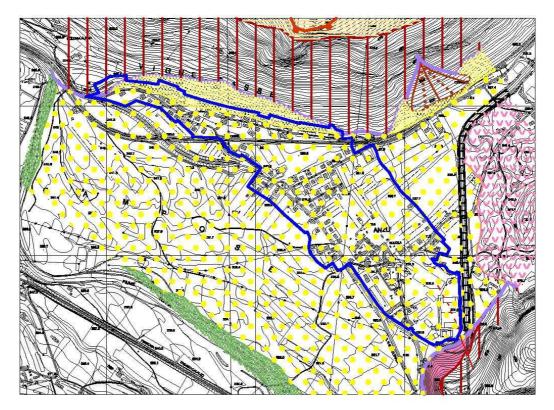


Tavola n.2A: CARTA DEGLI ELEMENTI GEOLOGICI IN PROSPETTIVA SISMICA

scala 1:10.000

- Rocce compatte massicce o a stratificazione indistinta
- Rocce compatte stratificate
- Rocce tenere prevalenti con interstrati o bancate resistenti subordinati
- 0
- Materiali alluvionali a tessitura prevalentemente ghialoso-sabbiosa
- 00000
- Materiali sciolti per accumulo di frana con abbondante frazione lapidea
- Materiali di copertura detritica costituiti da elementi granulari sabbioso-ghiaiosi
- V
- Conl detritici
- Materiali sciolti di deposito recente ed attuale dell'alveo fluviale mobile
- Materiali di riporto
- 2
- Orio di scarpata influenzata dalla struttura di altezza maggiore a 30 metri
- Linee di contatto tra litotipi a caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse
- ---
- - Faglia presunta
- -
- Faglla certa

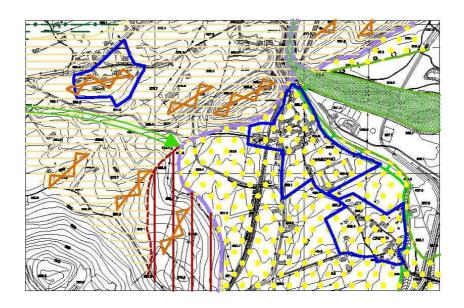


Tavola n.2B: CARTA DEGLI ELEMENTI GEOLOGICI IN PROSPETTIVA SISMICA

scala 1:10.000



Rocce compatte stratificate



- Rocce tenere prevalenti con interstrati o bancate resistenti subordinati



- Materiali alluvionali a tessitura prevalentemente ghiaioso-sabbiosa



- Materiali d'accumulo morenico a tessitura prevalentemente limoso argillosa



- Materiali scioliti di deposito recente ed attuale dell'alvec fluviale mobile



- Cono alluvionale



 Orlo di scarpata d'erosione fluviale o di terrazzo con altezza mediamente superiore a 10 metri



- Traccia di corso d'acqua estinto



- Dorsale rocciosa di altezza maggiore a 10 metri



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

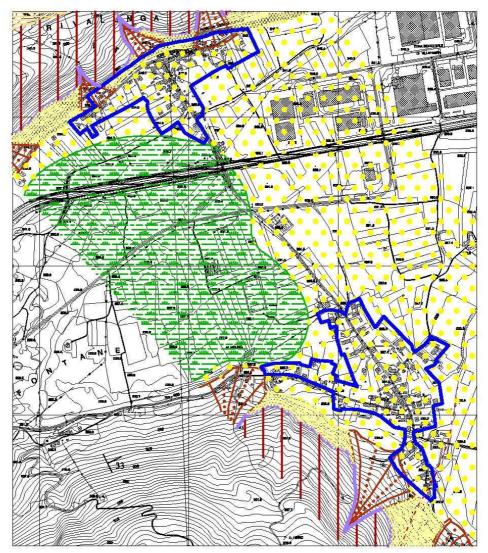


Tavola n.2C: CARTA DEGLI ELEMENTI GEOLOGICI IN PROSPETTIVA SISMICA

scala 1:10.000



- Rocce compatte stratificate



- Rocce tenere prevalenti con interstrati o bancate resistenti subordinati



- Materiali alluvionali a tessitura prevalentemente ghialoso-sabbiosa



- Materiali di deposito palustre a tessitura fine



- Materiali di copertura detritica costituiti da elementi granulari sabbioso-ghiaiosi



- Coni detritici



- Materiali di riporto



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



- Faglia presunta

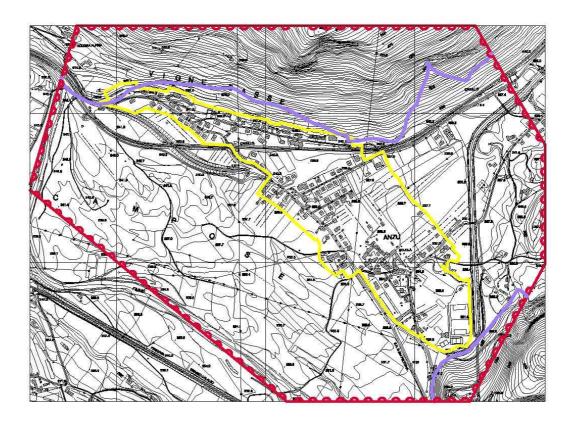


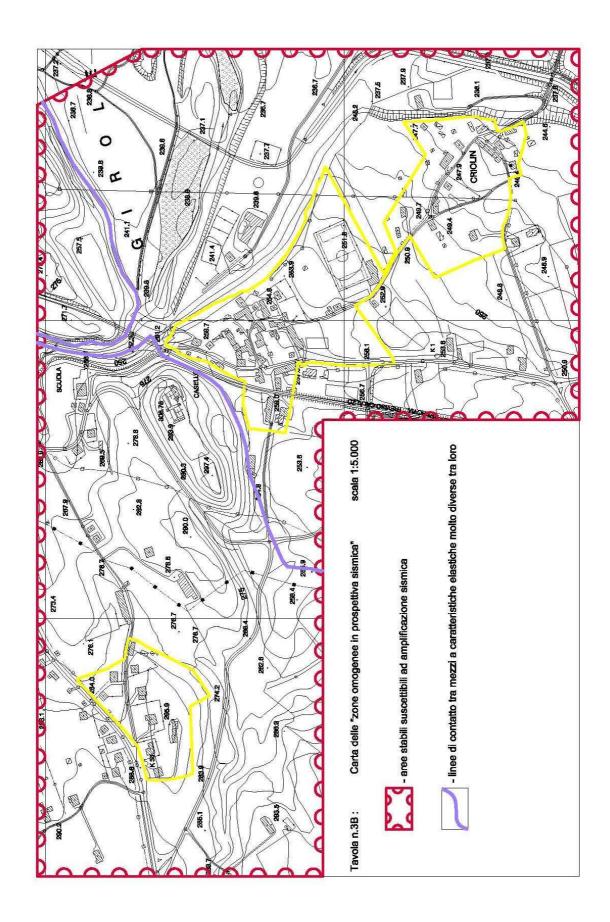
Tavola n.3A: Carta delle "zone omogenee in prospettiva sismica" scala 1:10.000



- aree stabili suscettibili ad amplificazione sismica



- linee di contatto tra mezzi a caratteristiche elastiche molto diverse tra loro



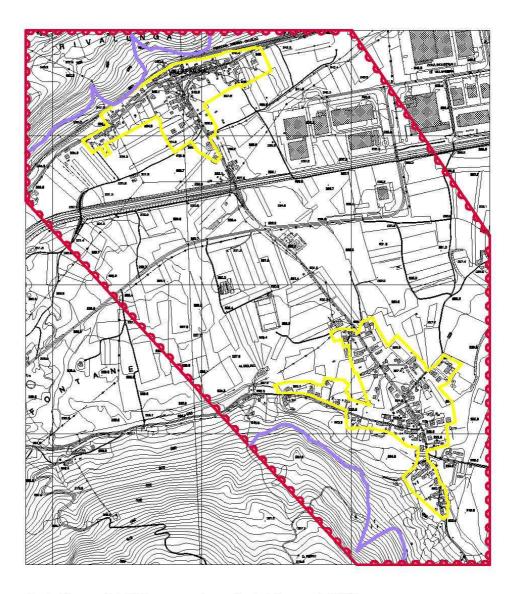


Tavola n.3C : Carta delle "zone omogenee in prospettiva sismica" scala 1:10.000

- aree stabili suscettibili ad amplificazione sismica

- linee di contatto tra mezzi a caratteristiche elastiche molto diverse tra loro