



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



REGIONE VENETO



CONFERENZA DELLE REGIONI E
DELLE PROVINCE AUTONOME

Attuazione dell'articolo 11 dalla legge 24 giugno 2009, n.77

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione Illustrativa

Regione Veneto
Comune di Solagna (VI)

Regione del Veneto	Soggetto realizzatore	Aprile 2014
		

Sommario

1. INTRODUZIONE	3
2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO	4
2.1 Premessa	4
2.2 Sorgenti sismogenetiche responsabili di terremoti.....	9
2.3 Principali faglie nell'area in studio.....	16
3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA	21
3.1 Caratteristiche litologiche e geomorfologiche	21
3.2 Caratteristiche idrogeologiche	23
3.3 Sezioni geologiche.....	23
4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI	26
4.1 Parametri geotecnici	26
4.2 Prove geofisiche	26
4.2.1 Indagine sismica mediante la tecnica dei microtrempi "ReMi"	28
4.2.2 Indagine sismica mediante la tecnica "MASW"	29
4.2.3 Indagine sismica mediante la tecnica "HVSr" a stazione singola	31
4.2.4 Analisi delle risultanze	34
5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO.....	42
6. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE.....	49
7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI	50
8. ELABORATI CARTOGRAFICI.....	52
8.1 CARTA DELLE INDAGINI	52
8.1.1 Indagini geognostiche, geotecniche, idrogeologiche	52
8.1.2 Indagini sismiche.....	53
8.2 CARTA GEOLOGICO-TECNICA.....	53
8.2.1 Terreni di copertura.....	53
8.2.2 Substrato geologico rigido.....	53
8.2.3 Instabilità di versante	54
8.2.4 Forme di superficie e sepolte	54
8.2.5 Elementi tettonico strutturali.....	55
8.2.6 Elementi geologici e idrogeologici	55
8.2.7 Altri elementi	55
8.3 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA	56
8.3.1 Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali	56
8.3.2 Zone di attenzione per instabilità	59
8.3.3 Forme di superficie e sepolte	60
8.3.4 Faglie attive.....	60
8.3.5 Punti di misura di rumore ambientale.....	60
9. CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DI DANNI PER EVENTI PASSATI	61
10. BIBLIOGRAFIA.....	65

1. INTRODUZIONE

Con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 20.03.2003 questo comune è stato classificato sismico e rientra nella "zona n.3" . Con l'OPCM n.3431 del 03.05.2005 sono state apportate modifiche agli allegati 1 e 2 dell'Ordinanza n.3274.

L'OPCM n. 52 del 20.02.2013 *"Attuazione dell'articolo 11 del DL n. 39 del 28.04.2009, convertito, con modificazioni, dalla legge n.77 del 24.06.2009 in materia di contributi per interventi di prevenzione del rischio sismico"*, ha disciplinato i contributi per indagini di microzonazione sismica.

Con Delibera della Giunta Regionale del Veneto n. 884 del 04.06.2013, avente per oggetto *"Attuazione dell'articolo 11 del DL n. 39 del 28.04.2009, convertito, con modificazioni, dalla legge n.77 del 24.06.2009,OPCM 52 del 20.02.2013 ..."* vengono stabiliti le modalità di accesso al finanziamento per i Comuni. Con DGRV n 1792 del 03.09.2013 a questo Comune è stato assegnato il contributo relativo al Fondo per la prevenzione del rischio sismico.

Il presente studio è stato redatto ai sensi di quanto previsto dall'OPCM 3907/2010 e in particolare si è ottemperato a seguire le direttive di:

- *"Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica"* approvati dalla Conferenza delle Regioni e delle Province autonome il 13.11.2008;
- *"Microzonazione sismica - Standard di rappresentazione e archiviazione informatica" – Simbologia per la stesura della Carta delle indagini secondo quanto previsto dagli indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica (versione 3.0) del Ottobre 2013 –* approvati dalla Commissione Tecnica per il Monitoraggio degli studi di Microzonazione Sismica.
- *"Contributi per l'aggiornamento degli Indirizzi e criteri di Microzonazione sismica"* autori vari in rivista di Ingegneria sismica n.2-2011.

L'area in esame appartiene alla zona Pedemontana Veneta.

Le aree naturali protette, ad esclusione dei centri abitati come censiti dall'ISTAT 2011, non sono state oggetto di questo studio di Microzonazione sismica. Il DPCM 52 del 28.04.2009, art. 5 comma 4, esclude le aree naturali protette, i siti d'importanza Comunitaria (SIC), le Zone di Protezione Speciale (ZPS) dall'esecuzione della microzonazione sismica, se non presentano insediamenti abitativi esistenti alla data di pubblicazione dell'ordinanza e/o non presentano nuove edificazioni di manufatti permanenti o interventi su quelli già esistenti e/o rientrano in aree classificate R4 dal piano per l'assetto idrogeologico (PAI).

La cartografia di base utilizzata, per la realizzazione di questo studio, è la CTR della Regione del Veneto alla scala 1:5.000, la rappresentazione grafica è a scala 1:10.000.

2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Premessa

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

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

Con l'OPCM 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 ($a_g \max$) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (tempo di ritorno 475 anni) riferita ai suoli molto rigidi ($V_s > 800$ m/sec). Il valore di " a_g ", per il Comune di Solagna, in zona "3", riferita a suoli molto rigidi ($V_s > 800$ m/s) varia da 0,150g a 0,200g.

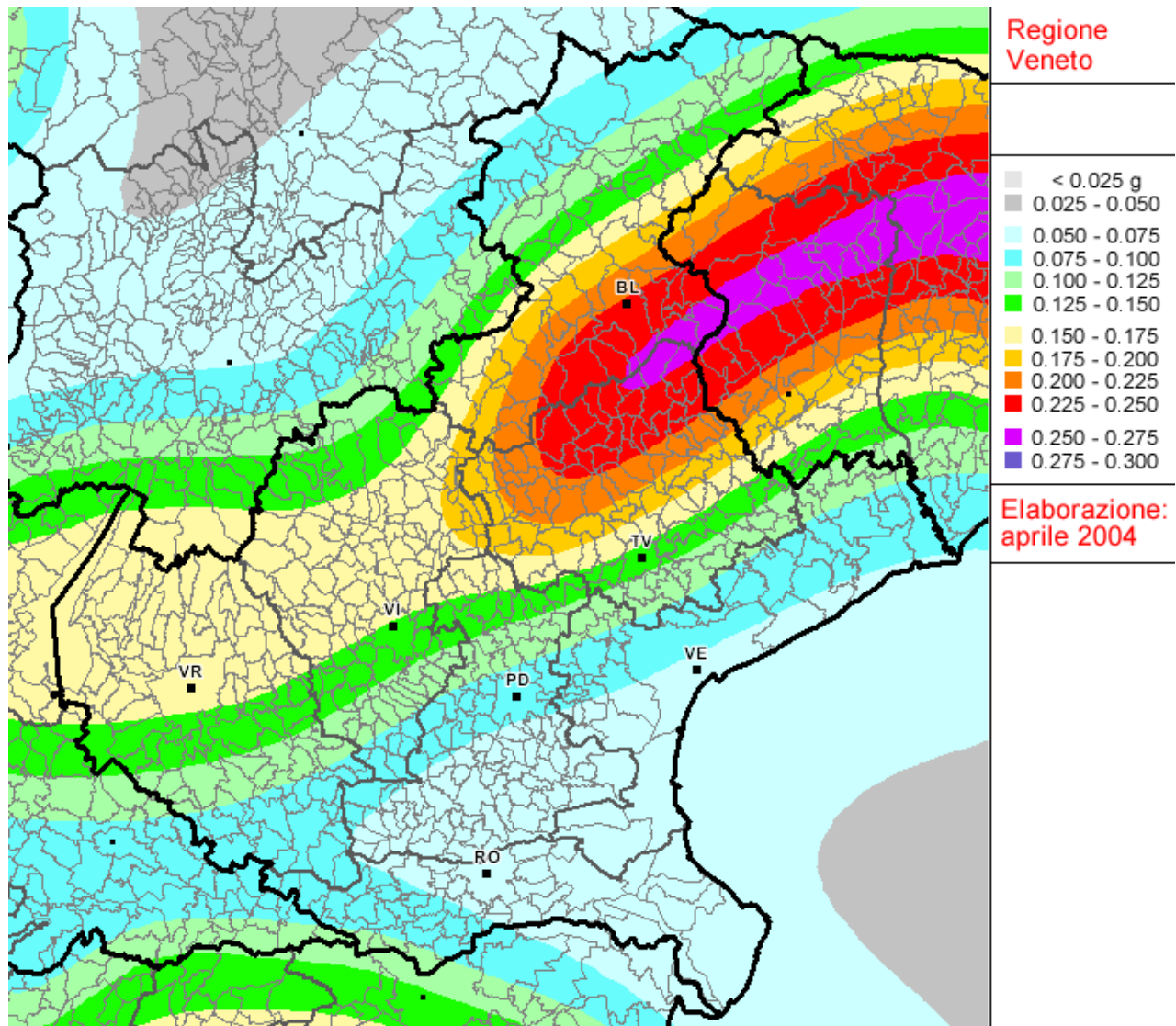


Fig. 1 - Mappa della pericolosità sismica della Regione del Veneto espressa in termini di accelerazione massima al suolo ($a_g \max$) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (tempo di ritorno 475 anni) riferita ai suoli molto rigidi ($V_s > 800$ m/sec)

Nel 2004 è stato aggiornato il Catalogo Parametrico dei Terremoti (CPTI04 – catalogo dei terremoti dal 217 a.C. al 2002) 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 Solagna e con magnitudo $M_{aw} \geq 5$ sono i seguenti:

- anno 1268 nel Trevigiano con $M_{aw}=5.37$;
- anno 1695 nell'Asolano con $M_{aw}=6.61$;
- anno 1836 nel Bassanese con $M_{aw}=5.48$;
- anno 1860 nel Valdobbiadene con $M_{aw}=5.17$;
- anno 1861 nella zona di Castelfranco V.to con $M_{aw}=5.03$;
- anno 1887 nell'Asolano con $M_{aw}=5.17$;

- anno 1894 nella zona di Fonzaso con $Maw=5.03$;
- anno 1895 nel Valdobbiadene con $Maw=5.06$;
- anno 1900 nel Valdobbiadene con $Maw=5.22$;
- anno 1943 nel Valdobbiadene con $Maw=5.18$.

La legenda della Tab. 1 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;
- **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*, e infine *Msp* (da utilizzare nella relazione di attenuazione di Sabetta Pugliese) con errore *Msp* e tipologia di stima *Dsp*.
- **ZS9** è la zona sorgente cui l'evento è associato, secondo la zonazione sismogenetica ZS9, descritta nell'appendice 2 del rapporto conclusivo.

Interrogazione effettuata sui seguenti parametri:

Area circolare con centro C (45.817, 11.719) e raggio 30 km

N	Tr	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Rt	Np	Inx	Io	TI	Lat	Lon	TL	Maw	Daw	TW	Mas	Das	TS	Msp	Dsp	ZS9	TZ	Ncft	Nnt	Ncpt
55	DI	1268	11	4				Trevigiano	CFTI	4	80	75		45.73	12.08	A	5.37	0.30	5.10	0.45	5.27	0.42	905	G	117	197	55		
126	DI	1403	1	17				Verona	CFTI	5	65	60		45.8	11.6	A	4.83	0.26	4.30	0.39	4.53	0.36	906	G	170	235	126		
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		
550	CP	1756	2	25	21			ROSE'	POSS5	55		55		45.75	11.75		4.63	0.13	4.00	0.20	4.25	0.19	906	G		205	550		
730	CP	1815	2	26	6			SCHIO	POSS5	55		55		45.7	11.383		4.63	0.13	4.00	0.20	4.25	0.19	906	G		240	730		
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		
924	CP	1860	7	19	15	38		VALDOBBIADENE	POSS5	70		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	POSS5	65		65		45.75	11.917		5.03	0.33	4.60	0.49	4.80	0.45	905	G		212	928		
1130	CP	1887	4	14	1	11	6	ASOLO	POSS5	70		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		
1273	CP	1897	6	11	11	40	52	MONTEBELLUNA	POSS5	60		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	POSS5	55		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	POSS5	60		60		46	12		4.78	0.15	4.23	0.22	4.46	0.20	905	G		225	1733		
1951	CP	1940	1	3	19	15		FONZASO	POSS5	60		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	POSS5	60		60		46.017	11.8		4.83	0.26	4.30	0.39	4.53	0.36	906	A		230	1991		

Tab. n.1 - Terremoti avente epicentro entro un raggio di circa 30 km dal centro abitato di Solagna, con magnitudo da $3.92 \leq Maw \leq 7.41$ (dal catalogo CPTI04)

Il sisma 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 a Est della Chiesa di Crespignaga di Maser) con intensità epicentrale di 9.5 e magnitudo $M_{aw}=6.61$. Il DBMI11 dell'INGV (Database Macrosismico Italiano 2011) di fig.2 e fig. 3 evidenziano la distribuzione delle intensità sismiche (scala MCS- Mercalli/Cancani/Sieberg1930) dei due terremoti di maggiore magnitudo (1695-1836), avvenuti nelle aree immediatamente vicine al sito d'interesse.

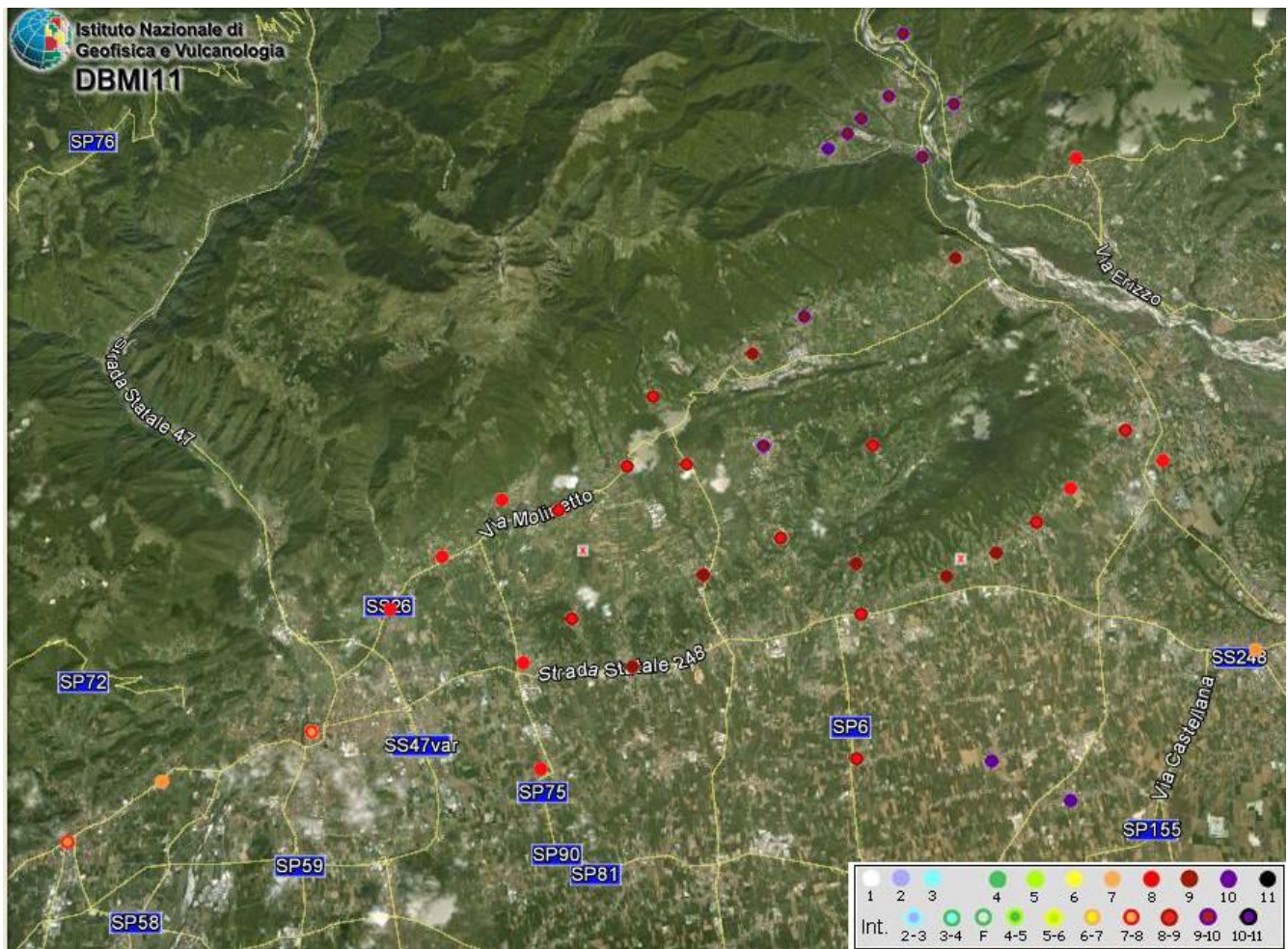


Fig. 2a - Distribuzione delle intensità dal terremoto del 1695 con epicentro a Coste-Crespignaga di Maser (TV).

Terremoto 1695 02 25 05:30 Asolano				
Studio macros. Guidoboni et al., 2007 [Np 82, Imax 10]				
Epicentro CPTI11 <input type="checkbox"/> Mw 6.48				
macrosismico <input type="checkbox"/> Mw 6.48				
Località	Sc	Lat	Lon	I [MCS]
Alano di Piave		45.907	11.909	10
Altivole		45.753	11.956	10
Caselle		45.743	11.981	10
Quero		45.921	11.931	9-10
Vas		45.938	11.937	9-10
Segusino		45.918	11.954	9-10
Campo		45.915	11.921	9-10
Castelcucco		45.831	11.884	9-10
Cavaso del Tomba (Caniezza)	MS	45.863	11.899	9-10
Colmirano		45.911	11.916	9-10
Fener		45.904	11.942	9-10
Asolo		45.801	11.914	9
Borso del Grappa		45.820	11.796	9
Coste		45.802	11.961	9
Crespignaga		45.797	11.944	9
Fonte		45.800	11.863	9
Pederobba		45.877	11.952	9
Possagno		45.854	11.881	9
San Zenone degli Ezzelini		45.779	11.839	9
Cornuda		45.831	12.007	8-9
Crespano del Grappa		45.827	11.838	8-9
Fietta		45.844	11.847	8-9
Liedolo		45.791	11.819	8-9
Maser		45.809	11.975	8-9
Monfumo		45.830	11.921	8-9
Paderno del Grappa		45.827	11.858	8-9
Pagnano		45.808	11.889	8-9
San Vito		45.755	11.912	8-9
Sant'Eulalia		45.817	11.815	8-9
Casella		45.789	11.915	8-9
Casoni		45.756	11.809	8
Muliparte		45.817	11.987	8
Mussolente		45.781	11.803	8
Nogarè		45.823	12.019	8
Romano d'Ezzelino		45.795	11.759	8
Semonzo		45.807	11.776	8
Valdobbiadene		45.901	11.996	8
Vicenza		45.549	11.549	8
Motta di Livenza		45.776	12.607	7-8
Bassano del Grappa		45.767	11.734	7-8
Marostica		45.744	11.657	7-8
Soave		45.418	11.248	7
Treviso		45.669	12.244	7
Castelfranco Veneto		45.671	11.926	7
Verona		45.438	10.994	7
Cologna Veneta		45.309	11.385	7
Vittorio Veneto [Vittorio]		45.982	12.305	7
Conegliano		45.887	12.298	7
Guastalla		44.921	10.654	7
Marsan		45.757	11.686	7
Montebelluna		45.776	12.045	7
Oderzo		45.781	12.494	7
Padova		45.407	11.876	7

Fig. 2b - Distribuzione delle intensità dal terremoto del 1695 con epicentro a Coste-Crespignaga di Maser (TV).

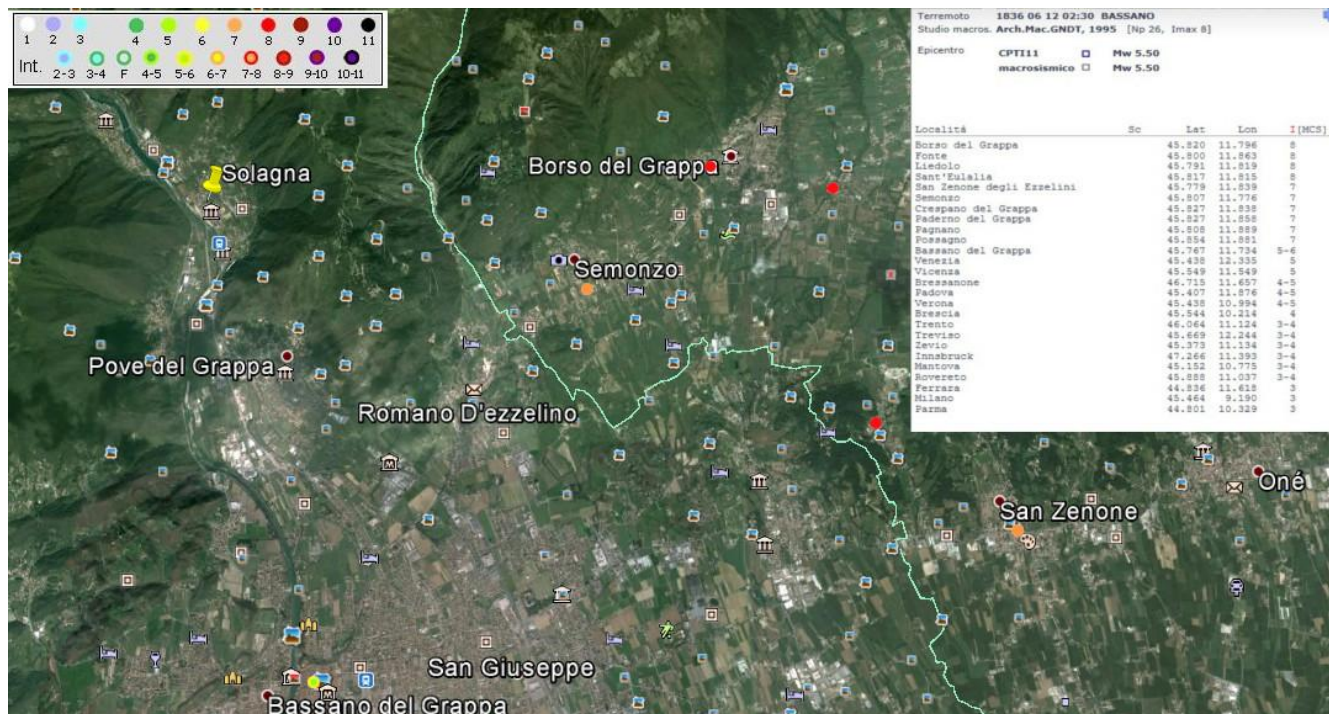
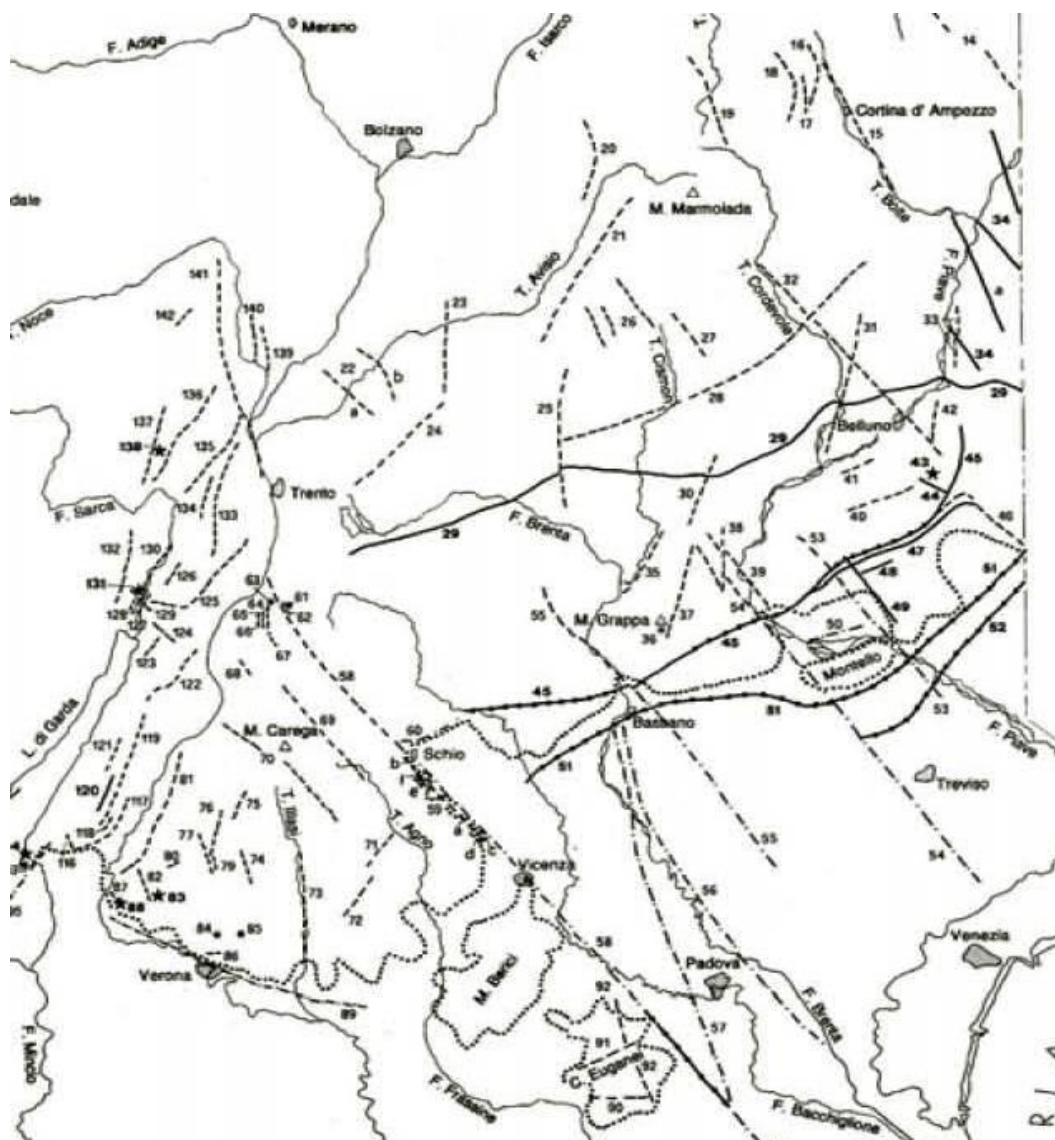


Fig. 3 - Distribuzione delle intensità dal terremoto del 1836 con epicentro poco a Nord di Liedolo di S. Zenone degli Ezzelini (TV).

2.2 Sorgenti sismogenetiche responsabili di terremoti

Il quadro sismotettonico disponibile sino alla metà degli anni '90 era dominato da un rilevante cilindrismo, con fronti di accavallamento, ritenuti attivi durante il Quaternario nella loro interezza, senza evidenze di segmentazione (v. Fig.4 Castaldini-Panizza). Da Sud a Nord si trattava del sovrascorrimento di Sacile, di quello di Aviano, del Bassano-Valdobbiadene e a Nord della linea di Belluno-sovrascorrimento periadriatico.

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.



**Fig. 4 - Carta generale delle faglie attive del Sudalpino centro-orientale
(da Castaldini-Panizza - 1991)**

Lo schema strutturale aggiornato del fronte pliocenico-quadernario (v. fig. 5) 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 quadernaria.

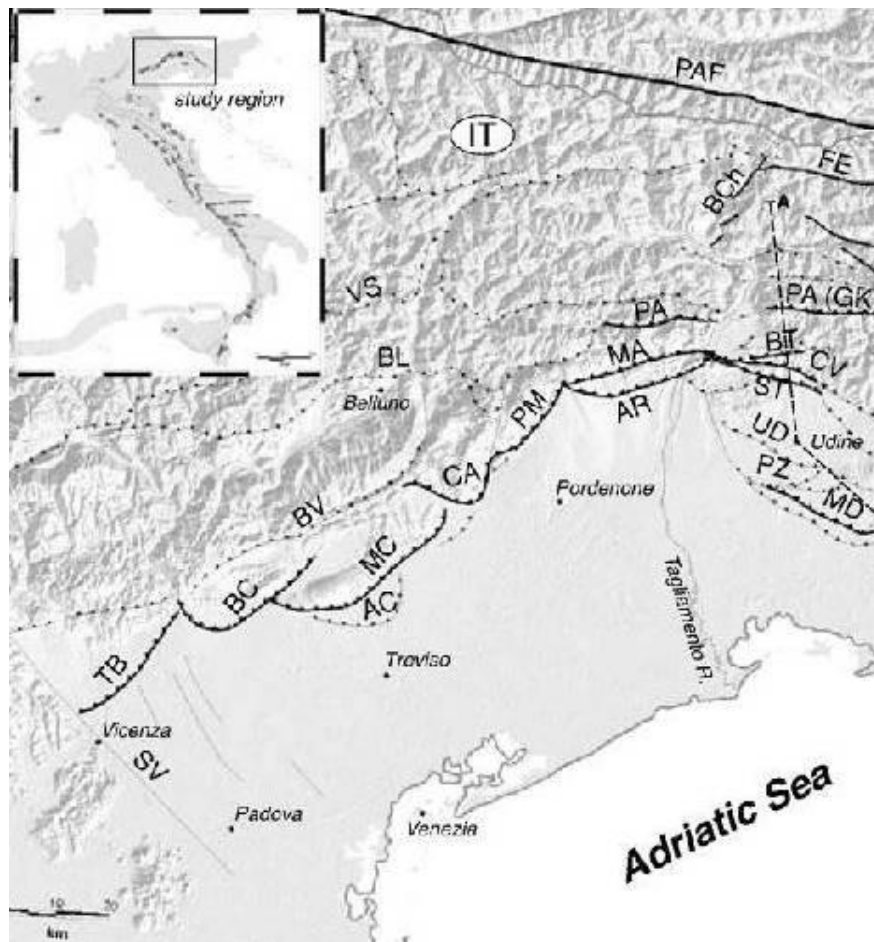


Fig. 5 - Schema strutturale semplificato del Sudalpino orientale (da Burrato e altri - 2009).
 Legenda: **BC**=sovrascorrimento Bassano-Cornuda; **BV**= sovr. Bassano-Valdobbiadene;
TB= sovr. Thiene- Bassano; **MC**: sovr. Montello-Conegliano; **AC**: sovr. Arcade.

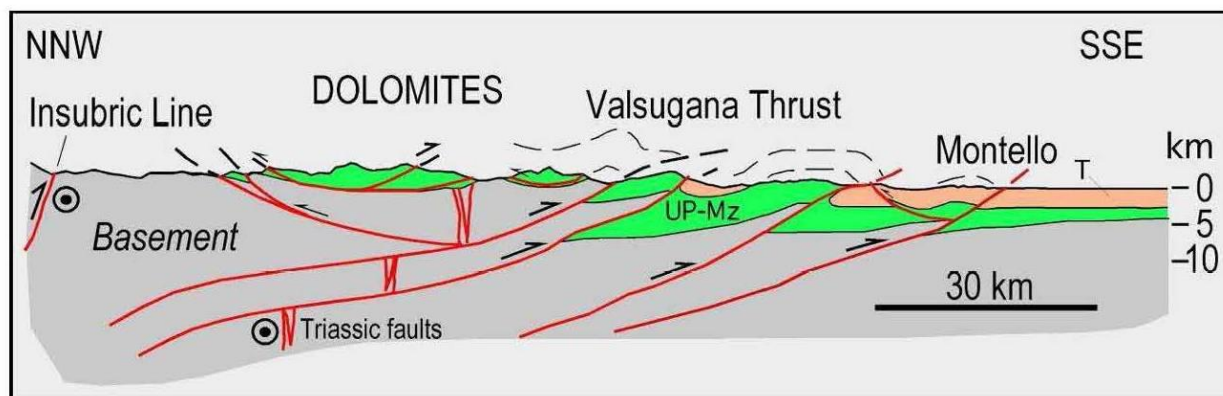
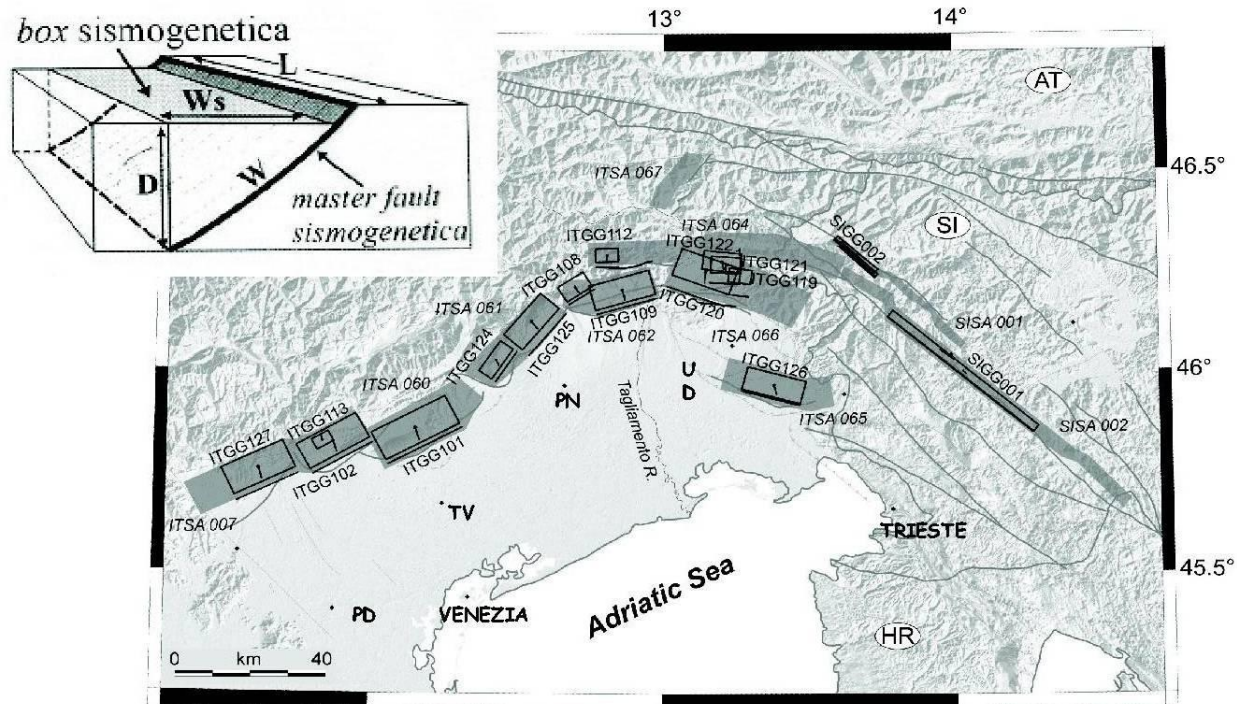


Fig. 18 - Sezione del ventaglio embriciato delle Alpi Meridionali, dalla Val Pusteria alla pianura veneta. Le Vette Feltrine, immediatamente a sud del *pop-up* delle Dolomiti, sono a letto del sovrascorrimento della Valsugana. UP-Mz, Permiano superiore-Mesozoico; T, Cenozoico (da DOGLIONI & CARMINATI,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

Fig. 6 – Sezione geologico strutturale rappresentativi



Le sorgenti sismogeniche individuate nell'Italia nord-orientale e nella Slovenia occidentale inserite nel DISS - vers. 03 (Database of Individual Seismogenic Sources).

Le sorgenti sismogeniche individuali sono evidenziate in nero. Esse sono rappresentate con un rettangolo che è la proiezione del piano di faglia sulla superficie esterna e da una linea che rappresenta la proiezione della linea di rottura sulla superficie stessa. La freccetta nera all'interno del rettangolo rappresenta la direzione del vettore di movimento (vettore di slip sotto forma di angolo di rake). In grigio le aree con caratteristiche sismogeniche omogenee (aree sismogeniche). (Buratto et al., Tectonophysics, 2008).

Fig. 7 - Sorgenti sismogenetiche dell'Italia Nord-Orientale (Buratto e altri 2008)

In figura n. 7 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, evidenziamo tre sorgenti sismogenetiche:

- ITGG101 (Montello) alla quale non è associato alcun terremoto significativo (zona silente), ed è associata all'area sismogenetica ITSA060 Montello-Conegliano;
- 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.
- ITGG127 (Bassano-Thiene) alcuni autori l'associano l'area al terremoto del 03.01.1117 con epicentro nel Veronese; appartiene all'area sismogenetica ITSA007 Thiene-Cornuda.

In Tab.3 sono riportate le sorgenti sismiche di terremoti di $M \geq 6$ e i relativi parametri geometrici e cinematici, dell'area in studio o immediatamente limitrofa. La struttura Montello-Conegliano sembra essere caratterizzata da comportamento silente, sulla base dell'assenza di terremoti storici riferibili alla sua attuazione, mentre per la Thiene-Bassano alcuni autori l'associano al terremoto del 03.01.1117 con epicentro nel Veronese.

ID	Name	LAT	LON	Length (km)	Width (km)	Depth (km)	Strike (°)	Dip (°)	Rake (°)	Slip rate (mm/a)	Associated earthquake	M_w
ITGG127	Thiene-Bassano	45.69	11.54	18.0	9.5	1.0-5.8	244	30	80	0.10-1.00	Unknown	6.6
ITGG102	Bassano-Cornuda	45.75	11.79	18.0	9.5	1.0-6.4	240	35	80	0.70-0.87	25 Feb 1695	6.6
ITGG113	Monte Grappa	45.85	11.85	5.0	3.9	0.5-2.7	60	35	80	0.10-1.00	12 Jun 1836	5.5
ITGG101	Montello	45.88	12.31	22.0	11.2	1.0-8.2	242	40	80	0.47-1.56	Unknown	6.7
ITGG124	Cansiglio	45.98	12.41	10.0	6.4	1.5-6.4	214	50	60	0.52-0.65	18 Oct 1936	6.1

Tabella n. 2 - Caratteristiche sismogenetiche di alcune sorgenti di Fig.7

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. 8). Le aree del trevigiano settentrionale 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.

Il potenziale sismico di tutta l'area compresa circa tra Thiene, Carmignano sul Brenta, Treviso, Oderzo e Revine, resta in ogni caso ancora piuttosto controverso, e si moltiplicano gli studi per comprendere la relativa assenza di sismicità su faglie ritenute capaci di generare forti terremoti. Sono attualmente in corso monitoraggi specifici per caratterizzare la deformazione geodetica e la microsismicità.

La catena alpina è stata prodotta dalla convergenza della micro-placca Adriatica verso l'Europa; attualmente in corrispondenza del Veneto, 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. In particolare nell'area in oggetto è stimabile in circa 1.7 mm/anno (v. fig. 9).

Accumulo di Deformazione Attraverso le Alpi Meridionali

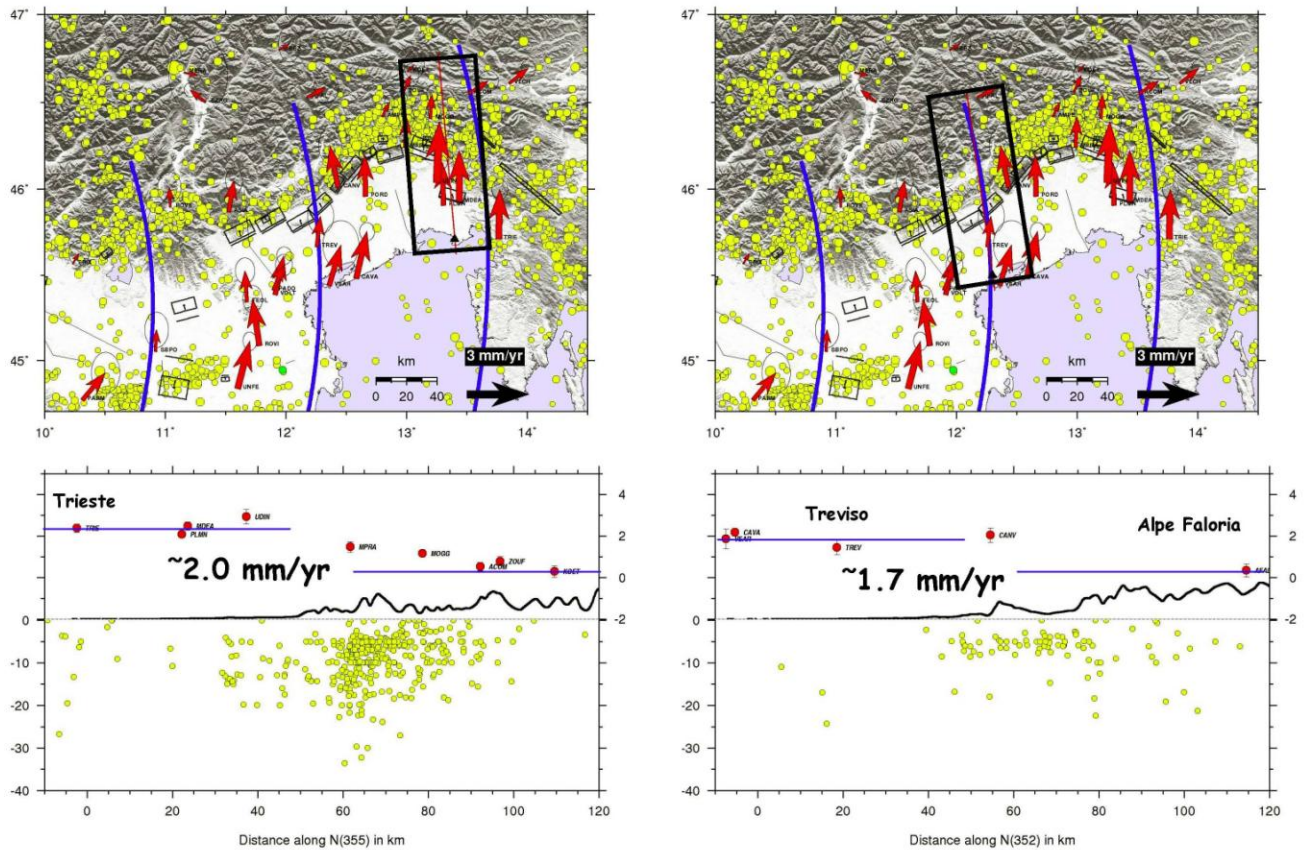


Fig. 9 - Accumulo di deformazione attraverso le Alpi Meridionali, con evidenziate l'area Trieste- Salzburg e Treviso-Belluno (E. Serpelloni –2008)

2.3 Principali faglie nell'area in studio

Nella Fig. 10 sono indicate le faglie attive, nell'area di Solagna, dal progetto Ithaca (Italy Hazard from Capable Faults) aggiornato al Marzo 2014.

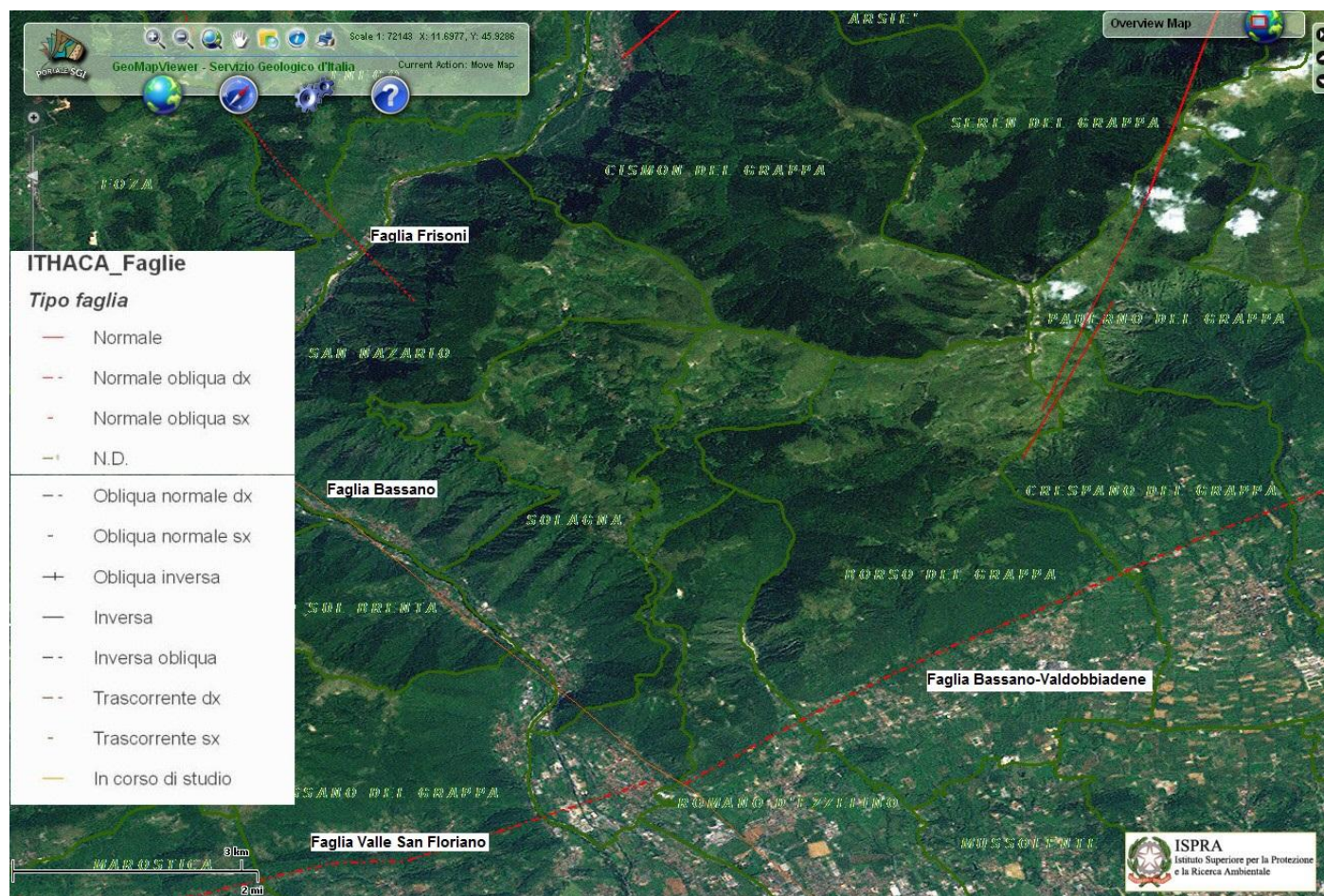


Fig. 10 - Faglie attive nell'area di Solagna dal progetto Ithaca (Italy Hazard from Capable Faults 2014) – le linee verdi sono i confini comunali, quelle rosse/arancioni sono le faglie.

La lineazione principale, che interessa il territorio del Comune di Solagna è la “Linea Bassano” posta nel settore occidentale del comune, con andamento NW-SE.

La presenza di “faglie attive” nel territorio comunale di Solagna e nelle vicinanze, è stato effettuato da dati bibliografici, attraverso i tabulati sotto allegati (v. Tab.3), presenti nel progetto Ithaca (Italy Hazard from Capable Faults):

NOME DELLA FAGLIA	ULTIMA ATTIVITA'	POSSIBILITA' CHE LA FAGLIA SI RIATTIVI IN FUTURO	TIPO DI FAGLIA
Faglia Bassano-Valdobbiadene 3	in corso di studio	/	inversa
Faglia Bassano	in corso di studio	(bassa)	non definita
Faglia Valle San Floriano o Bassano-Valdobbiadene 2	in corso di studio	/	inversa

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 ovvero deformazioni in superficie; 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"*).

GEOLOGIC SETTING	
SYNOPSIS	
FAULT NAME	Bassano
FAULT CODE	72400
MACROZONE	2
REGION NAME	Veneto
SYSTEM NAME	Bassano
RANK	
AVERAGE STRIKE	140
DIP	0
LENGTH (Km)	50
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
72400	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
72400	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	1983

GEOLOGIC SETTING	
SYNOPSIS	
FAULT NAME	BassanoValdobbiana2
FAULT CODE	77543
MACROZONE	0
REGION NAME	Veneto
SYSTEM NAME	BassanoValdobbiana
RANK	PRIMARY
AVERAGE STRIKE	240
DIP	
LENGTH (Km)	
GEOMETRY	
SEGMENTATION	
DEPTH (Km)	0
LOCATION RELIABILITY (MAPPING SCALE)	1:200000
LAST ACTIVITY	
ACTIVITY 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
77543	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

GEOLOGIC SETTING	
SYNOPSIS	
FAULT NAME	BassanoValdobbiana3
FAULT CODE	77542
MACROZONE	0
REGION NAME	Veneto
SYSTEM NAME	BassanoValdobbiana
RANK	PRIMARY
AVERAGE STRIKE	240
DIP	
LENGTH (Km)	
GEOMETRY	
SEGMENTATION	
DEPTH (Km)	0
LOCATION RELIABILITY (MAPPING SCALE)	1:200000
LAST ACTIVITY	
ACTIVITY 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
77542	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

Tab.3 - Faglie attive nelle vicinanze del Comune di Solagna dal progetto Ithaca (Italy Hazard from Capable Faults-2014)

Oltre alle faglie censite nel progetto “Ithaca”, sono state cartografate delle faglie a sviluppo ora longitudinale ora trasversale rispetto all’asse dell’anticlinale del M. Grappa.

Per questo gruppo di faglie, non presenti nel progetto Ithaca, non sono state riscontrate evidenze superficiali, scarpate di neoformazione, che possano attestare il loro stato di attività attuale, anche se di per sé non è da escludere. Per questa difficoltà di determinazione, queste faglie sono state cartografate come non attive presunte, ma nel cap. 6 “Interpretazioni e incertezze” si è sottolineata la necessità di un approfondimento su tale tematica.

3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

3.1 Caratteristiche litologiche e geomorfologiche

La morfologia locale, come si può osservare nella cartografia alla scala 1 :10.000, può fornire un tipico esempio di quanto il paesaggio di una zona sia influenzato dalla propria situazione geologica. Il settore Nord Orientale della Provincia di Vicenza è geologicamente e geomorfologicamente dominato dal Massiccio del Grappa e da una serie di colline quasi parallele tra loro, orientate grosso modo secondo la direzione Nord-Est Sud-Ovest.

Si ha una nettissima relazione tra geologia e geomorfologia, che si esplica soprattutto nell'erosione selettiva dei vari termini della serie geologica : maggiore erosione nei terreni più teneri (marne e argille) che diventano facile preda delle acque meteoriche, e una erosione minore, per non dire quasi assente nei terreni più duri (arenarie, calcari e conglomerati) .

Viene così a formarsi il tipico paesaggio, detto "a corde", dell'alta pianura, in cui si riconoscono file di rilievi collinari intercalati da valli ad esse parallele.

La situazione geologica dell'area in esame impone, sia dal punto di vista litologico che da quello idrogeologico, una netta distinzione tra la zona montuosa e collinare e quella pianeggiante.

I rilievi montani e collinari si sono formati durante le fasi dell'orogenesi alpina, per piegamento e sollevamento derivante dall'attività di un complesso sistema di pieghe e di faglie. Questa struttura geologica, costituita da dolomie e calcari, che rappresentano i terreni più antichi della zona, ha favorito l'instaurarsi di un complesso sistema carsico. In questi litotipi la circolazione idrica superficiale è stata sostituita da una diffusa circolazione sotterranea, che alimenta le sorgenti del fondovalle, per lo più mascherate dal sovralluvionamento postglaciale.

Il territorio occidentale del Comune di Solagna è caratterizzato dalla profonda valle del F. Brenta. Ai piedi del rilievo montuoso, allo sbocco delle valli verso la principale del F. Brenta, si aprono a ventaglio conoidi alluvionali e detritici anche di considerevole estensione e spessore, dovuti i primi ad un apporto misto detritico ed alluvionale dei corsi d'acqua. I depositi detritici sono prevalentemente ghiaiosi in matrice limosa, quelli alluvionali sono costituiti prevalentemente ghiaiosi ma con matrice limoso argillosa.

Gran parte del territorio sub-pianeggiante è dominato dai depositi fluvioglaciali del F. Brenta, prevalentemente ghiaiosi in matrice limoso-sabbiosa. Nell'area in esame si riscontrano dei terrazzi posti su vari livelli, originati dalla progressiva migrazione dell'asta

principale del fiume, in conseguenza a variazioni del regime idrico, dal massimo glaciale alle fasi postglaciali. Significativo è un terrazzo fluvioglaciale “granulare cementato”, posto lungo il versante al di sopra del centro abitato di Solagna, a una quota poco inferiore ai 200 metri s.l.m.

Nell'area valliva del F. Brenta infatti affiorano terreni connessi con le divagazioni del F. Brenta. Le varie direttrici hanno pertanto generato dei propri coni di sedimentazione che si sono variamente sovrapposti e anastomatizzati. La deposizione dei materiali, orizzontale e verticale, è stata determinata dalla granulometria degli stessi, nonché dall'energia idraulica delle correnti di deposizione. Si è venuto in tal modo a creare una classazione in senso Nord-Sud delle alluvioni, in cui il materasso alluvionale risulta costituito prevalentemente da ghiaie più o meno sabbiose con strati conglomeratici.

In particolare la litologia dell'area è nota nei suoi caratteri generali dalla bibliografia e da tutta una serie di indagini condotte in zona per studi di carattere stratigrafico ed idrogeologico.

L'esame della stratigrafia dei pozzi siti nelle vicinanze alla zona in esame, permette di confermare il modello indicato. La loro composizione mineralogica risulta costante su tutta la potenza analizzata. Gli elementi che la costituiscono sono in prevalenza di natura calcareo-dolomitica, in quantità minore sono presenti elementi derivanti da rocce intrusive, effusive e metamorfiche.

3.2 Caratteristiche idrogeologiche

Nel territorio comunale vi è una netta distinzione tra la zona montuosa-collinare e quella pianeggiante. Mentre i rilievi sono costituiti da terreni coerenti generalmente permeabili per fessurazione, il materasso alluvionale del fondovalle è invece formato da ghiaie grossolane ad elevata permeabilità, che permettono l'esistenza di un'importante falda freatica. A rendere complicata la situazione idrogeologica della zona montuosa hanno notevolmente contribuito le varie vicende tettoniche succedutesi nel tempo; ripiegando e fratturando le dolomie e i calcari, che rappresentano i terreni più antichi della zona, esse hanno infatti favorito l'instaurarsi del complesso fenomeno carsico. In questi litotipi la circolazione idrica superficiale è stata sostituita da una diffusa circolazione sotterranea, che alimenta le sorgenti del fondovalle, per lo più mascherate dal sovralluvionamento postglaciale.

Un maggiore interesse idrogeologico hanno invece gli acquiferi posti nelle alluvioni del fondovalle che contengono un acquifero freatico, alimentato fondamentalmente dalla dispersione del Fiume Brenta, dall'infiltrazione diretta degli afflussi meteorici, dalla infiltrazione dei ruscellamenti dai versanti e dalle acque carsiche sotterranee. La profondità della falda riscontrata in un pozzo acquedottistico a Solagna, il 01.03.2014 era di -13.40 metri dal piano campagna, e nel corso dell'anno subisce delle escursioni di qualche metro.

3.3 Sezioni geologiche

In fig. 12 e 13 è rappresentata la morfologia del substrato roccioso e gli spessori del Quaternario, con la traccia delle sezioni. I pochi sondaggi non ci hanno consentito di ricostruire l'andamento del substrato roccioso, le prove geofisiche ci indicano, nella zona sub-pianeggiante, una profondità mediamente superiore ai 30 metri; con ogni probabilità verso ovest il substrato è più profondo.

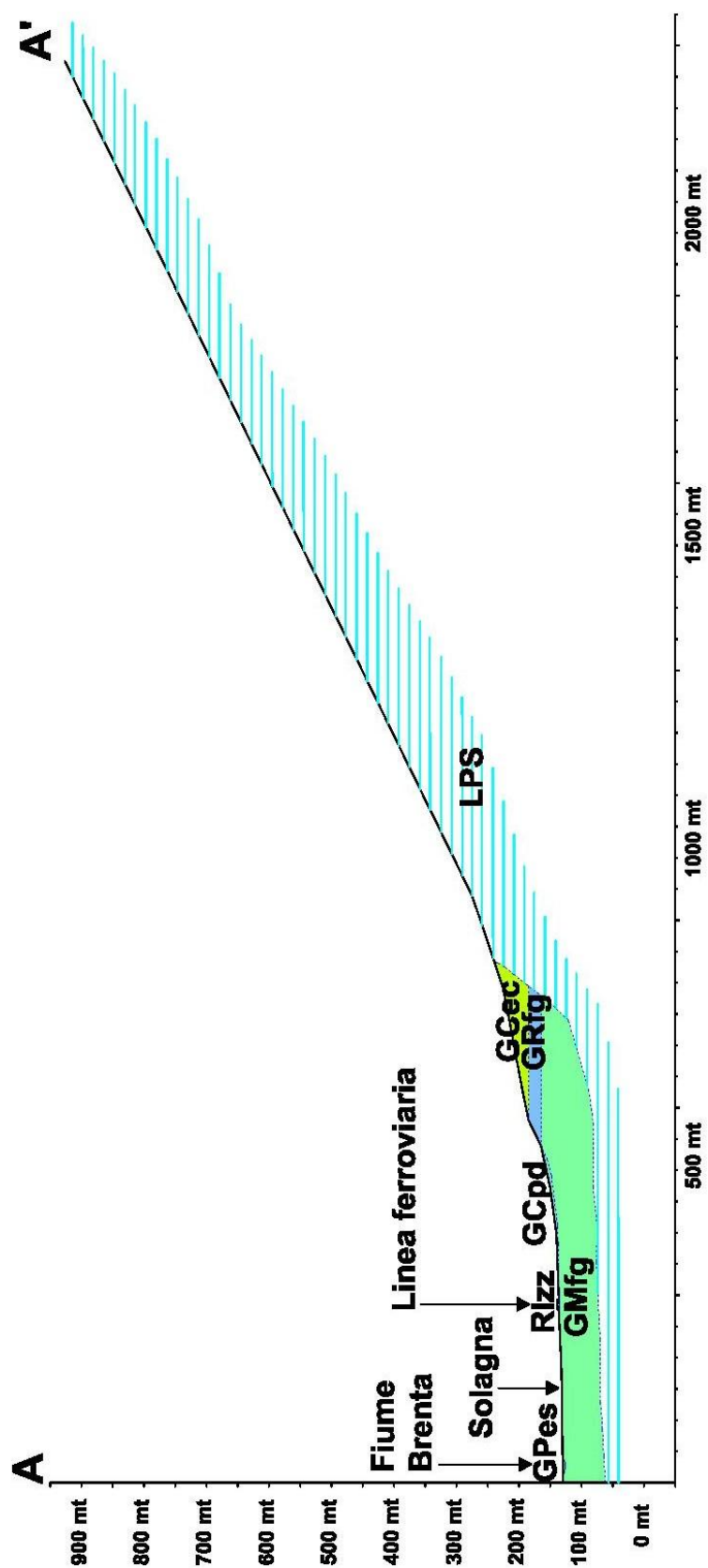


Fig. 11 - Sezione geologica A - A'

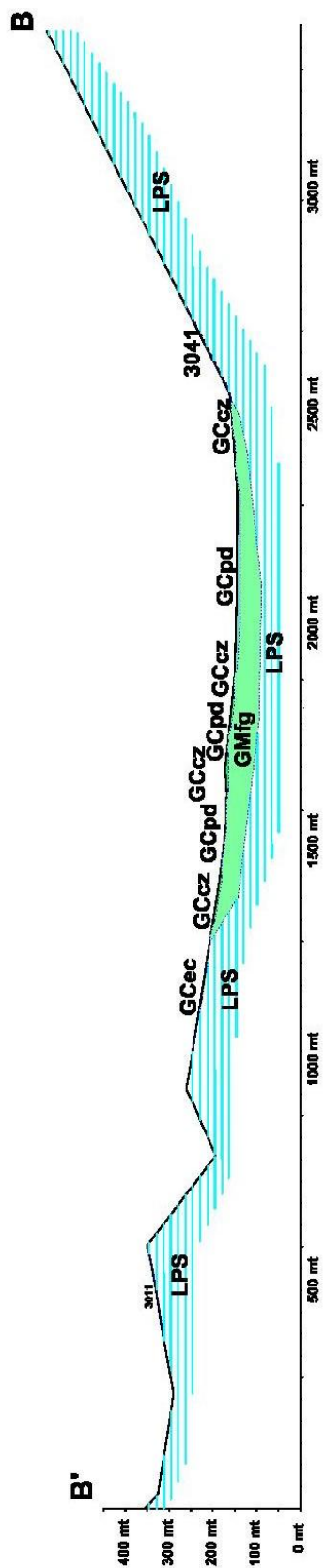


Fig. 12 - Sezione geologica B - B'

4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

I dati geotecnici e geofisici recuperati da indagini eseguite nel territorio comunale (indagini di enti pubblici e ditte private) sono carenti di parametri geotecnici e geofisici. Allo scopo di definire le caratteristiche sismiche del sottosuolo sono state eseguite, ex novo, n. 31 HVSR, n. 4 ReMi e n. 4 Masw (v. allegati).

4.1 Parametri geotecnici

Si sono reperiti parametri geotecnici da una prova penetrometrica statica (CPT) e da due prove penetrometriche dinamiche leggere (DL), cartografati nella “Carta delle Indagini”.

Nella prova penetrometrica statica sono stati elaborati i valori di resistenza alla punta (q_c), è stata realizzata in corrispondenza del litotipo “*depositi da ghiaiosi in matrice da argillosa ad argilloso-limosi con livelli ghiaioso-sabbiosi di piana pedemontana*” (GCpd). I dati sono presenti negli allegati.

Nelle prove penetrometriche dinamiche leggere sono stati inseriti i numero di colpi. La prova penetrometrica n. 1 è stata realizzata in corrispondenza del litotipo “*depositi da ghiaiosi in matrice da argillosa ad argilloso-limosi con livelli ghiaioso-sabbiosi di piana pedemontana*” (GCpd), la prova penetrometrica n.2 “*ghiaie in matrice limoso-sabbiosa, talvolta con livelli sabbiosi, e ghiaie a volte cementate in profondità di origine fluvioglaciale*” (GMfg).

4.2 Prove geofisiche

Per ottenere la caratterizzazione del sottosuolo ai fini della definizione dell’azione sismica di progetto, sono state eseguite dallo scrivente le seguenti indagini, ex novo:

- n. 4 prove REfraction Microtremors;
- n. 4 MASW;
- n. 31 HVSR.

La normativa prevede il calcolo del parametro V_{s30} , indicando come metodologia di elezione la misura della velocità delle onde di taglio ed in subordine la prova SPT e, nei mezzi coesivi, il valore della c_u . Detto parametro si calcola attraverso la relazione:

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

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

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

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

In questo studio sono stati perciò realizzati n.4 profili ReMi, n.4 Masw, e n. 31 test di Nakamura (HVSr), per la misura della curva di risposta elastica del terreno ovvero per i seguenti obiettivi:

- ricostruire la stratigrafia sismica del sottosuolo;
- stimare il profilo della velocità delle onde di taglio (V_s) per fornire indicazioni 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.

Le prove a stazione singola (HVSr) sono state effettuate ponendo il Nord strumentale secondo il Nord geografico. Nella elaborazione dei dati, sono stati eseguiti prima gli array (ReMi e MASW), in quanto servono da vincolo per l'inversione delle curve H/V, derivanti dalle prove a stazione singola (HVSr). Si sottolinea che le tecniche in array, si fondano sull'assunto di sottosuolo a strati piani e paralleli; questo è un requisito fondamentale per

l'inversione dei dati sperimentali. Al fine di verificare se l'assunto sia o meno soddisfatto è buona norma effettuare alcune registrazioni a stazione singola in punti diversi lungo lo stendimento, o ripetere le misure ReMi lungo altre direzioni e confrontare le curve di dispersione ottenute.

4.2.1 Indagine sismica mediante la tecnica dei microtremori “ReMi”

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

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

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

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

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

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

Le registrazioni ottenute sono state analizzate con la seguente metodologia:

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

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

Operativamente sono stati realizzati due stendimenti e utilizzati geofoni a bassa frequenza (4,5 Hz), con spaziatura di tre metri, la lunghezza dell’array è di 21 metri. Nello studio del sito in questione è stata adottata la tecnica sopradescritta e l’elaborazione dei dati è stata facilitata dall’uso di un software dedicato denominato *Grilla*.

4.2.2 Indagine sismica mediante la tecnica “MASW”

Il metodo d’indagine MASW, basato su un’energizzazione sismica artificiale del suolo e sull’analisi spettrale delle onde di Rayleigh presenti nel segnale, consente di ricostruire il modello sismostratigrafico del sottosuolo. La propagazione delle onde, nel caso di mezzi stratificati e trasversalmente isotropi, avviene in maniera diversa rispetto al caso di mezzi omogenei, non esiste più un’unica velocità, ma ogni frequenza è caratterizzata da una diversa velocità di propagazione, a sua volta legata alle varie lunghezze d’onda che

interessano il terreno a diverse profondità e che risultano influenzate dalle caratteristiche elastiche. Questo comportamento viene definito “dispersione” ed è fondamentale nello sviluppo dei metodi sismici che utilizzano le onde di superficie.

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

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

La tecnica MASW sottintende un metodo interpretativo indiretto attraverso il quale, a partire dalla curva di dispersione rilevata, si arriva al modello di stratificazione del terreno con i relativi parametri sismici. La procedura è articolata in tre passi successivi:

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

Dal punto di vista esecutivo, le acquisizioni sono state effettuate con stendimenti lineari, in cui i geofoni sono collocati su una linea retta, ad una distanza reciproca costante, determinata dalle condizioni geologiche e logistiche. E' importante che non vi siano variazioni stratigrafiche laterali nell'ambito della lunghezza dello stendimento e che lo stesso non subisca brusche variazioni di quota. La sorgente è stata posizionata esternamente allo stendimento (prima del primo geofono G1), e sempre in asse con esso. Per l'acquisizione di questo tipo di dati è stato utilizzato il software SoilSpy Rosina. Operativamente è stato realizzato uno stendimento e utilizzati geofoni a bassa frequenza (4,5 Hz), con spaziatura di tre metri, la lunghezza dell'array è di 21 metri. Nello studio del sito in questione è stata adottata la tecnica sopradescritta e l'elaborazione dei dati è stata facilitata dall'uso di un software dedicato denominato *Grilla*.

4.2.3 Indagine sismica mediante la tecnica "HVSr" a stazione singola

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

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

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

$$SE = H_s/H_b \quad AS = V_s/V_b$$

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

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

$$SM = Se/As \rightarrow SM = H_s V_b / V_s H_b$$

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 $H_b/V_b = 1$ allora $SM = H_s/V_s$

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*. 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.

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

Nei siti in esame si è correlato i valori di picco, degli spettri di risposta HVSR, con le frequenze fondamentali di risonanza del sito. Si sono ricavate le frequenze relative ad ogni discontinuità sismica, interpretando i minimi della componente verticale come risonanza del modo fondamentale dell'onda di Rayleigh e i picchi delle componenti orizzontali come contributo delle onde SH.

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.

Le caratteristiche di tutte le misure effettuate HVSR sono le seguenti:

- terreno di misura naturale, non artificiale o compattato, e privo di vegetazione;
- condizioni meteorologiche buone senza la presenza di vento;
- orientamento dello strumento parallelo alla dorsale;
- durata di registrazione 20 minuti;
- frequenza di campionamento 128 Hz;
- lunghezza finestre 30 secondi;
- tipo di lisciamento triangolare;
- lisciamento al 10%.

I risultati delle prove H/V sono stati classificate sia con i “criteri SESAME 2004”, sia con quelli “Albarelo et al. 2010”. Quest’ultimo metodo non interpreta la curva in chiave geologico-stratigrafica, che può essere eseguita invece con i criteri SESAME. Nella classificazione “**Albarelo et al. 2010**” si distinguono tre classi di qualità: “A”, “B”, “C”.

Le caratteristiche di queste classi sono le seguenti:

- **Classe “A”** : curva H/V affidabile e interpretabile; può essere utilizzata anche da sola e deve avere:
 - a. la forma dell’H/V nell’intervallo di frequenze di interesse rimane stazionaria per almeno il 30% circa della durata della misura (*stazionarietà*);
 - b. le variazioni azimuthali di ampiezza non superano il 30% del massimo (*isotropia*);
 - c. non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda delle frequenze di interesse (*assenza di disturbi*);
 - d. i massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale (*plausibilità fisica*);
 - e. i criteri SESAME per una curva H/V attendibile (primi tre criteri) sono verificati (*robustezza statistica*);
 - f. la misura è durata almeno 15/20 minuti (*durata*).

ECCEZIONE: misure effettuate su roccia integra affiorante o in zone alluvionali fini con basamento sismico profondo (tipicamente > 1 km) possono non mostrare alcun picco statisticamente significativo della curva H/V nell’intervallo di frequenze di interesse ingegneristico, a causa dell’assenza di contrasti di impedenza sufficientemente marcati. In questi casi, in cui la curva H/V apparirà piatta e con ampiezza circa pari a 1, il criterio “e” risulterà non verificato anche se la misura è di fatto attendibile. In questo solo caso la misura può ricadere nella classe “A”, ma si consiglia di ripetere la misura per confermare l’effettiva assenza di massimi significativi.

- **Classe “B”** : curva H/V sospetta (da interpretare); va utilizzata con cautela e solo se coerente con altre misure ottenute nelle vicinanze e deve avere:
 - a. almeno una delle condizioni della classe “A” non è soddisfatta, a condizione che non si rientri nell’ECCEZIONE citata per la classe “A”.
- **Classe “C”** : curva H/V scadente e di difficile interpretazione; non va utilizzata. Essa può presentare:
 - a. misura tipo “B” nella quale la curva H/V mostra un’ampiezza crescente al diminuire della frequenza (deriva), indice di un movimento dello strumento durante la misura;
 - b. misura tipo “B” nella quale si evidenzia la presenza di rumore elettromagnetico nell’intervallo di frequenze di potenziale interesse.

Per le classi “A” e “B” si possono pertanto definire due sottoclassi delle classi precedenti, ossia:

- **Tipo 1** : Presenta almeno un picco “chiaro” secondo i criteri SESAME (parte 2):
possibile risonanza.
- **Tipo 2** : Non presenta picchi “chiari” nell’intervallo di frequenze d’interesse:
assenza di risonanza.

4.2.4 Analisi delle risultanze

Le prove “sismiche” in sito sono state realizzate in n. 26 siti, in particolare sono state eseguite misure n.31 misure HVSR, n.4 stendimenti MASW e n.4 ReMi (v. Allegati).

Le tecniche in array (es. MASW e ReMi) usate 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 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. L’inversione delle curve di dispersione è stata effettuata congiuntamente a quella delle curve H/V, pertanto il modello di Vs in quattro siti è stato dato dal miglior “fit” con le curve di dispersione MASW e/o ReMi e H/V.

➤ **Sito n.1**

Nel sito in esame sono state eseguite due HVSR (n.10 e 11), una misura MASW (n.1) e una ReMi (n.1). L’utilizzo incrociato delle tre tecniche sismiche ha permesso di ottenere un modello sismostratigrafico affidabile. Negli array di 21 metri sono stati dispiegati 8 geofoni ad intervalli di tre metri, per circa dieci minuti alla frequenza di campionamento di 512 Hz e analizzato su finestre di 10 secondi di lunghezza, nella Remi.

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, requisito di base per l’inversione delle tecniche in array. Nelle curve H/V si riscontrano degli artefatti di origine antropica. La curva HVSR 10 ha una frequenza di risonanza a 3.94 Hz con ampiezza di 6.89, a 8.69 Hz con ampiezza di 2.17 e a 11.7 Hz con ampiezza di 2.14; la HVSR 11 a 3.87 Hz con ampiezza di 8.18, e a 8.4 Hz con ampiezza di 2.29. L’esito delle analisi ReMi

e MASW è rappresentato dal contouring a colori. La curva di dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh nel modo fondamentale della ReMi risulta abbastanza visibile nell'intervallo tra circa 30 e 50 Hz, mentre nella MASW è maggiormente definibile da 25 a 50 Hz. Il modello di sottosuolo ottenuto è il seguente:

Spessore degli strati (metri)	Vs (m/sec)
3.1	260
35	515
0	1300

La Vs₃₀ (velocità media delle onde di taglio dei primi 30 metri) calcolata ai sensi del DM 14.01.2008 è di circa 468 m/sec (395 m/sec per un'incertezza dell'ordine del 15%). Qualora il piano di fondazione venga posto al piano campagna, la categoria del suolo è **“B”**.

➤ Sito n.2

Nel sito in esame sono state eseguite due HVSR (n.1 e 2), una misura MASW (n.2) e una ReMi (n.2). L'utilizzo incrociato delle tre tecniche sismiche ha permesso di ottenere un modello sismostratigrafico affidabile. Negli array di 21 metri sono stati dispiegati 8 geofoni ad intervalli di tre metri, per circa dieci minuti alla frequenza di campionamento di 512 Hz e analizzato su finestre di 10 secondi di lunghezza, nella Remi.

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, requisito di base per l'inversione delle tecniche in array. Nelle curve H/V si riscontrano degli artefatti di origine antropica. La curva HVSR 1 ha una frequenza di risonanza a 4.94 Hz con ampiezza di 5.53; la HVSR 2 a 5.65 Hz con ampiezza di 6.35, e a 12.24 Hz con ampiezza di 2.35. L'esito delle analisi ReMi e MASW è rappresentato dal contouring a colori. La curva di dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh nel modo fondamentale della ReMi risulta abbastanza visibile nell'intervallo tra circa 25 e 45 Hz, mentre nella MASW è definibile da 12 a 50 Hz. Il modello di sottosuolo ottenuto è il seguente:

Spessore degli strati (metri)	Vs (m/sec)
4.5	200
17	430
0	650

La V_{s30} (velocità media delle onde di taglio dei primi 30 metri) calcolata ai sensi del DM 14.01.2008 è di circa 416 m/sec (353 m/sec per un' incertezza dell'ordine del 15%). Qualora il piano di fondazione venga posto al piano campagna, la categoria del suolo è "C".

➤ **Sito n. 3**

Nel sito in esame sono state eseguite due HVSR (n.3 e 30), una misura MASW (n.3) e una ReMi (n.3). L'utilizzo incrociato delle tre tecniche sismiche ha permesso di ottenere un modello sismostratigrafico affidabile. Negli array di 21 metri sono stati dispiegati 8 geofoni ad intervalli di tre metri, per circa dieci minuti alla frequenza di campionamento di 512 Hz e analizzato su finestre di 10 secondi di lunghezza, nella Remi. 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, requisito di base per l'inversione delle tecniche in array. Nelle curve H/V si riscontrano degli artefatti di origine antropica. La curva HVSR 3 ha una frequenza di risonanza a 3.62 Hz con ampiezza di 6.21; la HVSR 30 a 3.69 Hz con ampiezza di 5.9, a 9.18 Hz con ampiezza di 1.88 e a 16.9 Hz con ampiezza di 2.11. L'esito delle analisi ReMi e MASW è rappresentato dal contouring a colori. La curva di dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh nel modo fondamentale della ReMi risulta abbastanza visibile nell'intervallo tra circa 27 e 42 Hz, mentre nella MASW è maggiormente definibile da 15 a 50 Hz. Il modello di sottosuolo ottenuto è il seguente:

Spessore degli strati (metri)	V_s (m/sec)
4	270
26	410
0	950

La V_{s30} (velocità media delle onde di taglio dei primi 30 metri) calcolata ai sensi del DM 14.01.2008 è di circa 383 m/sec (325 m/sec per un' incertezza dell'ordine del 15%). Qualora il piano di fondazione venga posto al piano campagna, la categoria del suolo è "C".

➤ **Sito n. 4**

Nel sito in esame sono state eseguite due HVSR (n.6 e 31), una misura MASW (n.4) e una ReMi (n.4). L'utilizzo incrociato delle tre tecniche sismiche ha permesso di ottenere un modello sismostratigrafico affidabile. Negli array di 21 metri sono stati dispiegati 8

geofoni ad intervalli di tre metri, per circa dieci minuti alla frequenza di campionamento di 512 Hz e analizzato su finestre di 10 secondi di lunghezza, nella Remi. 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, requisito di base per l'inversione delle tecniche in array. Nelle curve H/V si riscontrano degli artefatti di origine antropica. La curva HVSR 6 ha una frequenza di risonanza a 3.41 Hz con ampiezza di 7.42; la HVSR 31 a 3.05 Hz con ampiezza di 6.71, 9.03 Hz con ampiezza di 2.34, e 10.9 Hz con ampiezza di 2.23. L'esito delle analisi ReMi e MASW è rappresentato dal contouring a colori. La curva di dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh nel modo fondamentale della ReMi risulta abbastanza visibile nell'intervallo tra circa 30 e 50 Hz, mentre nella MASW è definibile da 36 a 50 Hz. Il modello di sottosuolo ottenuto è il seguente:

Spessore degli strati (metri)	Vs (m/sec)
1.3	170
6	350
32	470
0	1120

La Vs₃₀ (velocità media delle onde di taglio dei primi 30 metri) calcolata ai sensi del DM 14.01.2008 è di circa 410 m/sec (348 m/sec per un'incertezza dell'ordine del 15%). Qualora il piano di fondazione venga posto al piano campagna, la categoria del suolo è "B".

➤ **Sito n. 5**

Nel sito in esame è stata eseguita la misura HVSR 4.

Nella curva H/V si riscontrano degli artefatti di origine antropica.

Vi sono delle frequenze di risonanza a 4.05 Hz con ampiezza di 7.52, e a 10.96 Hz con ampiezza di 2.71.

➤ **Sito n. 6**

Nel sito in esame è stata eseguita la misura HVSR 5.

Nella curva H/V si riscontrano degli artefatti di origine antropica.

Vi sono delle frequenze di risonanza a 3.4 Hz con ampiezza di 6.17, e a 9.33 Hz con ampiezza di 3.

➤ **Sito n. 7**

Nel sito in esame è stata eseguita la misura HVSR 8.

Nella curva H/V si riscontrano degli artefatti di origine antropica.

Vi sono delle frequenze di risonanza a 3.75 Hz con ampiezza di 6.31, e a 12.45 Hz con ampiezza di 2.78.

➤ **Sito n. 8**

Nel sito in esame è stata eseguita la misura HVSR 9.

Nella curva H/V si riscontrano degli artefatti di origine antropica.

Vi sono delle frequenze di risonanza a 3.69 Hz con ampiezza di 6.45, e a 9.2 Hz con ampiezza di 2.96.

➤ **Sito n. 9**

Nel sito in esame è stata eseguita la misura HVSR 12.

Nella curva H/V si riscontrano degli artefatti di origine antropica.

Vi sono delle frequenze di risonanza a 3.75 Hz con ampiezza di 4.26, e a 10.2 Hz con ampiezza di 3.83.

➤ **Sito n. 10**

Nel sito in esame è stata eseguita la misura HVSR 13.

Nella curva H/V si riscontrano degli artefatti di origine antropica.

Vi sono delle frequenze di risonanza a 4.05 Hz con ampiezza di 6.3.

➤ **Sito n. 11**

Nel sito in esame è stata eseguita la misura HVSR 14.

Nella curva H/V si riscontrano degli artefatti di origine antropica.

Vi sono delle frequenze di risonanza a 4.81 Hz con ampiezza di 4.74, e a 15.88 Hz con ampiezza di 2.09.

➤ **Sito n.12**

Nel sito in esame è stata eseguita la misura HVSR 15.

Nella curva H/V si riscontrano degli artefatti di origine antropica.

Vi sono delle frequenze di risonanza a 4.28 Hz con ampiezza di 5.25, e a 20.5 Hz con ampiezza di 5.2.

➤ **Sito n.13**

Nel sito in esame è stata eseguita la misura HVSR 16.

Nella curva H/V si riscontrano degli artefatti di origine antropica.

Vi sono delle frequenze di risonanza a 3.07 Hz con ampiezza di 7.74, e a 11.44-16 Hz con ampiezza di 2.4.

➤ **Sito n.14**

Nel sito in esame è stata eseguita la misura HVSR 17.

Nella curva H/V si riscontrano degli artefatti di origine antropica.

Vi sono delle frequenze di risonanza a 5.52 Hz con ampiezza di 6.97, e a 13.5 Hz con ampiezza di 2.13.

➤ **Sito n.15**

Nel sito in esame è stata eseguita la misura HVSR 18.

Nella curva H/V si riscontrano degli artefatti di origine antropica.

Vi sono delle frequenze di risonanza a 8.98 Hz con ampiezza di 4.4.

➤ **Sito n.16**

Nel sito in esame è stata eseguita la misura HVSR 19.

Nella curva H/V si riscontrano degli artefatti di origine antropica.

Vi sono delle frequenze di risonanza a 3.21 Hz con ampiezza di 5.38, a 10.72 Hz con ampiezza di 2.84, e a 17.4 Hz con ampiezza di 2.5.

➤ **Sito n.17**

Nel sito in esame è stata eseguita la misura HVSR 20.

Nella curva H/V si riscontrano degli artefatti di origine antropica.

La curva H/V si presenta quasi piatta, con valori di ampiezza inferiori a 2.

➤ **Sito n.18**

Nel sito in esame è stata eseguita la misura HVSR 21.

Nella curva H/V si riscontrano degli artefatti di origine antropica.

Vi sono delle frequenze di risonanza a 5.49 Hz con ampiezza di 2.32, e a 8.36 Hz con ampiezza di 3.29 e a 12.45-15.44 Hz con ampiezza di 2.4.

➤ **Sito n.19**

Nel sito in esame è stata eseguita la misura HVSR 22.

Nella curva H/V si riscontrano degli artefatti di origine antropica.

Vi è un'importante frequenza di risonanza a 3.6 Hz con ampiezza di 5.94.

➤ **Sito n.20**

Nel sito in esame è stata eseguita la misura HVSR 23.

Nella curva H/V si riscontrano degli artefatti di origine antropica.

Vi sono delle frequenze di risonanza a 3.62-4.05 Hz con ampiezza di 2.28, a 6.06 Hz con ampiezza di 3.72, e a 9.28 Hz con ampiezza di 3.51.

➤ **Sito n.21**

Nel sito in esame è stata eseguita la misura HVSR 24.

Nella curva H/V si riscontrano degli artefatti di origine antropica.

Vi sono delle frequenze di risonanza a 4.5 Hz con ampiezza di 4.05, a 6.48 Hz con ampiezza di 4.5, e a 8.39 Hz con ampiezza di 5.02.

➤ **Sito n.22**

Nel sito in esame è stata eseguita la misura HVSR 25.

Nella curva H/V si riscontrano degli artefatti di origine antropica.

Vi sono delle frequenze di risonanza a 3.98 Hz con ampiezza di 6.98, e a 13.67 Hz con ampiezza di 6.05.

➤ **Sito n.23**

Nel sito in esame è stata eseguita la misura HVSR 26.

Nella curva H/V si riscontrano degli artefatti di origine antropica.

Vi sono delle frequenze di risonanza a 3.73 Hz con ampiezza di 4.79, a 9.33 Hz con ampiezza di 1.7, e a 17.93 Hz con ampiezza di 3.42.

➤ **Sito n.24**

Nel sito in esame è stata eseguita la misura HVSR 27.

Nella curva H/V si riscontrano degli artefatti di origine antropica.

Vi sono delle frequenze di risonanza a 4.3 Hz con ampiezza di 5.35 e a 9.23 Hz con ampiezza di 1.72.

➤ **Sito n.25**

Nel sito in esame è stata eseguita la misura HVSR 28.

Nella curva H/V si riscontrano degli artefatti di origine antropica.

Vi sono delle frequenze di risonanza a 4.52 Hz con ampiezza di 4.81.

➤ **Sito n.26**

Nel sito in esame è stata eseguita la misura HVSR 29.

Nella curva H/V si riscontrano degli artefatti di origine antropica.

Vi sono delle frequenze di risonanza a 5.96 Hz con ampiezza di 3.72, a 8.22 Hz con ampiezza di 3.45, e a 18.13 Hz con ampiezza di 2.1.

5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO

Per generare il modello del sottosuolo si è proceduto con la seguente metodologia:

- reperimento dati bibliografici;
- analisi delle foto aeree;
- osservazione di campagna;
- raccolta di indagini geognostiche pregresse;
- esecuzione di indagini sismiche ex novo;
- ricostruzione dell'assetto litostratigrafico anche mediante sezioni geologiche.

I dati bibliografici più interessanti, utilizzati per questo studio, sono stati desunti dalla “Carta litologica e carta idrogeologica dei monti Grappa e Cesen”. Segr. Reg. Ambiente e Territorio, 2006 e dallo studio sulla “Difesa degli acquiferi dell'alta pianura Veneta – stato d'inquinamento e vulnerabilità delle acque sotterranee del Bacino del Brenta” CNR-Regione Veneto-ULSS 5 e 8 – 1988, “Incontri con il Grappa – I segreti della geologia” di Carraro e altri-1989.

La fotointerpretazione ha avuto come obiettivo l'individuazione delle forme strutturali, forme di versante dovute alla gravità, forme fluviali e fluvio-glaciali di versante dovute al dilavamento, forme artificiali, e il reticolo idrografico.

Le osservazioni di campagna sono state volte alla verifica in sito degli elementi riscontrati dalla foto interpretazione e al riconoscimento delle caratteristiche principali delle litologie affioranti nell'area in studio.

Per ricostruire le caratteristiche litostratigrafiche del sottosuolo sono state utilizzate n. 11 indagini pregresse, reperite presso l'ufficio tecnico comunale. Sono state raccolte n. 8 trincee esplorative, n. 1 prova penetrometrica statica (cpt) e n. 2 prove penetrometriche dinamiche leggere (DL).

La profondità massima raggiunta da queste indagini è di 5 metri; un pozzo acquedottistico, di cui non si conosce la profondità e la stratigrafia, ha la pompa sommersa posta a -21.00 metri dal piano campagna.

Queste indagini sono state ritenute insufficienti per una ricostruzione sismostratigrafica del sottosuolo, per cui si è ritenuto opportuno eseguire n. 39 indagini sismiche ex novo: n. 31 HVSR, n.4 MASW e n.4 REMI.

Il modello del sottosuolo del territorio comunale in esame, va inquadrato nella struttura complessiva del Monte Grappa, nell'ampia piega anticlinale, allungata in direzione circa NE-SW, nota come anticlinale M. Grappa-M. Tomatico. Nel settore tra il F. Brenta e cima M. Grappa manifesta i caratteri di anticlinale composta, articolata in pieghe minori. Nel versante



meridionale del M. Grappa si osserva un brusco cambiamento d'inclinazione degli strati, che da debolmente inclinati verso sud, si flettono rapidamente fino a divenire sub-verticali o addirittura a rovesciarsi. Questa situazione rappresenta l'espressione della nota flessura o "piega a ginocchio", che interrompe bruscamente verso sud il fianco meridionale dell'anticlinale principale. Questa flessura fa parte di una struttura tettonica d'importanza regionale, la "flessura pedemontana", che va dall'altopiano di Asiago al Col Visentin. Questa struttura iniziò probabilmente a delinearsi verso la fine del Miocene, una decina di milioni di anni fa, e si realizzò fino al grado di evoluzione attuale solo dopo il Pliocene, circa 2 milioni di anni fa; la sua evoluzione è tutt'ora in atto. La geometria di questa anticlinale è complicata da faglie a sviluppo ora longitudinale ora trasversale rispetto al suo asse. Vi è un interessante fascio di faglie longitudinali di tipo inverso, cioè di compressione, generate da forti spinte secondarie con direzione NW-SE, soprattutto a nord dell'abitato di Romano d'Ezzelino. Il principale elemento di questo sistema è lo "*Scorrimento di Romano o Faglia Bassano-Valdobbiadene 3*", che separa il Massiccio del Grappa dalla fascia dei rilievi collinari; esso mette in contatto i litotipi LPS, costituiti dal Biancone (Cretaceo), con quelli ALS, formati dalle marne siltose mioceniche.

Mediante le analisi sopraesposte è stato possibile procedere alla realizzazione di sezioni geologiche e alla ricostruzione dell'assetto litostratigrafico dell'area.

Il territorio comunale è caratterizzato dalla presenza dei seguenti **terreni di copertura** *GPes*, *GMfd*, *GMcd*, *GMfg*, *GCec*, *GCpd*, *GCcz*, *RIzz* :

- (**GPes**) : Ghiaie in matrice sabbiosa con granulometria poco assortita dell'alveo del F. Brenta. Il loro spessore è variabile e poggiano o sulle alluvioni fluvio-glaciali o sul substrato roccioso. Non sono state reperite indagini caratterizzanti questa unità litologica, di cui non si conosce lo spessore.
- (**GMfd**) : depositi ghiaiosi in matrice prevalentemente limosa di detrito di falda. Si tratta di materiali sciolti, costituiti da elementi spigolosi, con la presenza anche di materiali fini limosi. Questi depositi sono in corrispondenza dei calcari, o ai suoi margini, in quanto questi manifestano una spiccata sensibilità alla gelività e ai processi di disaggregazione fisica. Vi possono essere modeste venute d'acqua nei litotipi più permeabili. Non sono state reperite indagini caratterizzanti questa unità litologica, che è poggianti sul substrato roccioso a profondità variabili.
- (**GMcd**) : depositi ghiaiosi in matrice prevalentemente limosa di conoide detritico. Si tratta di materiali sciolti, costituiti da elementi spigolosi, con la presenza anche di materiali fini limosi. Vi possono essere modeste venute d'acqua nei litotipi più permeabili. Non sono state reperite sondaggi che abbiano raggiunto il substrato roccioso.

Committente			SONDAGGIO	FOGLIO
Cantiere	via Bresagge		T3	1
Località	Solagna (VI)		Il geologo	
Data Inizio		Data Fine	03.12.2012	

Scala 1:100	Stratigrafia	Descrizione	Profondità'	Potenza
1		Terreno vegetale	0.40	0.40
2		Ghiaia con elementi spigolosi e abbondante matrice limosa di colore marrone		3.10
3			3.50	

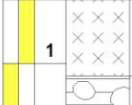

- **(GMfg)** : ghiaie in matrice limoso-sabbiosa, con livelli sabbiosi superficiali, e ghiaie a volte cementate in profondità di origine fluvioglaciale. Le caratteristiche litologiche sono state definite attraverso sondaggi geognostici e prove geofisiche. La profondità della falda, misurata il 01.03.2014, è di 13.4 metri dal piano campagna. Le indagini sismiche ci hanno consentito di valutare una Vs30 a cavallo dei 360 m/sec. Non sono stati reperiti sondaggi che abbiano raggiunto il substrato roccioso. Nella trincea allegata il litotipo "GMfg" è posto alla profondità di -3.20 metri dal piano campagna.

Committente			SONDAGGIO	FOGLIO
Cantiere	via Zarpellon		T4	1
Località	Solagna (VI)		Il geologo	
Data Inizio		Data Fine	20.10.2005	

Scala 1:100	Stratigrafia	Descrizione	Profondità'	Potenza
1		Terreno vegetale	0.40	0.40
2		Argilla		2.80
3			3.20	
4		Ghiaia con matrice limosa	4.00	0.80


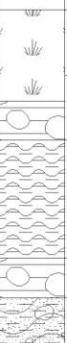
- **(GCec)** : depositi da ghiaiosi in matrice da argillosa ad argillosa-limosa con livelli ghiaiosi di natura eluviale-colluviale. In questa classe sono riuniti i terreni formatisi prevalentemente per il degrado e l'alterazione delle rocce calcaree, calcareo dolomitiche e calcareo silicee. Si tratta di materiali granulari costituiti da ghiaia e ciottoli angolosi, con frazione fine limoso-argillosa. Talvolta soprattutto, nei depositi più vallivi, si rinvencono argille limose con livelli ghiaiosi. Tali depositi presentano spessori molto variabili, in genere esigui, comunque legati alla morfologia del substrato sottostante e generalmente sono poco addensati. Vi possono essere modeste venute d'acqua nei litotipi più permeabili. Non sono stati reperiti sondaggi che abbiano raggiunto il substrato roccioso.

Committente _____			SONDAGGIO	FOGLIO
Cantiere via Bresagge			T1	1
Località Solagna (VI)			Il geologo	
Data Inizio _____			Data Fine 18.11.2004	

Scala 1:100	Stratigrafia	Descrizione	Profondità	Potenza
		Terreno di riporto prevalentemente argilloso		1.20
		Terreno prevalentemente argilloso con trovanti rocciosi	1.20 1.70	0.50

- **(GCpd)** : depositi ghiaiosi in matrice da argillosa ad argilloso-limosi con livelli ghiaiosi e/o sabbiosi di origine fluviale (piana pedemontana) poggianti su alluvioni ghiaioso sabbiose fluvioglaciali. I livelli più permeabili possono essere sede di modeste falde acquifere. Le caratteristiche litologiche sono state definite attraverso sondaggi geognostici e prove geofisiche. Le indagini sismiche ci hanno consentito di valutare una Vs30 inferiore ai 360 m/sec. Non sono stati reperiti sondaggi che abbiano raggiunto il substrato roccioso.

Committente		SONDAGGIO	FOGLIO
Cantiere	via Marconi	T6	1
Località	Solagna (VI)	Il geologo	
Data Inizio			
		Data Fine	10.05.2007

Scala 1:50	Stratigrafia	Descrizione	Profondità'	Potenza
		Terreno vegetale		0.70
		Argilla limosa bruna con qualche ciottolo	0.70	0.30
		Argilla limosa bruna poco plastica	1.00	0.90
			1.90	0.30
		Argilla limosa con ciottoli e trovanti	2.20	0.40
		Ghiaia media in matrice limoso argillosa grigiastra	2.60	

- (**GCcz**) : depositi ghiaiosi in matrice da argillosa ad argilloso-limosa con livelli ghiaiosi di conoide di deiezione. Ai piedi del rilievo montuoso si aprono dei conoidi di deiezione, dovuti all'apporto misto detritico ed alluvionale dei corsi d'acqua. I livelli più permeabili possono essere sede di modeste falde acquifere. Le caratteristiche litologiche sono state definite attraverso sondaggi geognostici e prove geofisiche. Le indagini sismiche ci hanno consentito di valutare una Vs30 inferiore ai 360 m/sec, e talvolta valori di risonanza medio-alta. I terreni del conoide poggiano sul substrato roccioso nella loro parte apicale e intermedia, e molto probabilmente sulle alluvioni ghiaiose di origine fluvioglaciale, nella loro parte basale. Non sono state reperite indagini caratterizzanti questa unità litologica, che è poggiante o sulle alluvioni fluvioglaciali o sul substrato roccioso.
- (**Rizz**) : Depositi di riporto antropico inerte per il terrapieno ferroviario. Considerata la variabilità di questi materiali, non sono state eseguite indagini sismiche.

Il **substrato geologico rigido**, GRfg (granulare cementato di origine fluvioglaciale) e LPS (lapideo stratificato) ha le seguenti caratteristiche:

- (**GRfg**) : è costituito da conglomerati, ovvero rocce tenere a prevalente attrito interno di origine fluviale. Sono posti lungo il versante, a monte dell'abitato di Solagna, a una quota di circa 200 metri s.l.m; il loro spessore massimo è di circa 20 metri.

- **(LPS)** : è costituito dalla Dolomia, dai Calcarei Grigi, dal Rosso Ammonitico, e dal Biancone.

- Dolomia: *Trias superiore (circa 240-210 mil. di anni fa)*

Questa unità geologica è caratterizzata dall'alternanza di banchi di colore biancastro o rosato con rare impronte di gasteropodi, e di strati di lamine dolomitiche prodotte da alghe. Nella Valsugana da Solagna e Cismon questa formazione raggiunge uno spessore di circa 300 metri.

Queste formazioni presentano una circolazione idrica attraverso le fessurazioni.

- Calcarei Grigi: *Giurese inf. - medio (circa 210-172 mil. di anni fa)*

La formazione dei Calcarei Grigi è caratterizzata da calcari micritici a pellettoidi e fossili, con frequenti laminazioni di colore rosaceo; è frequentemente dolomitizzata e la stratificazione è in banchi di circa un metro di spessore, con la presenza talvolta di sottili intercalazioni marnose di colore verdastro, ove non è presente la dolomitizzazione. La parte sommitale è costituita dall'Oolite di S. Vigilio, caratterizzata da abbondanti faune a brachiopodi, a crinoidi a ooliti e talora a piccole ammoniti (*Ludwigia Murchisonae*).

Queste formazioni presentano una circolazione idrica attraverso le fessurazioni; sono presenti anche inghiottitoi a testimonianza del carsismo.

- Rosso Ammonitico: *Giurese medio – sup. (circa 172-151 milioni di anni fa)*

Questa formazione è costituita, dal più antico al più recente, dal membro Rosso Ammonitico inferiore, dalla Formazione di Fonzaso e dal Rosso Ammonitico superiore. Il primo è un calcare micritico di colore nocciola, con numerose cavità riempite da calcite spatica. Si possono rinvenire abbondanti Echinodermi, radiolari, lamellibranchi e articoli di crinoidi. Talvolta questa unità può mancare per lacuna stratigrafica. La Formazione del Fonzaso, di modesto spessore in questa zona, è un calcare micritico di colore nocciola, con numerose cavità riempite da calcite spatica. Si possono rinvenire abbondanti Echinodermi, radiolari, lamellibranchi e articoli di crinoidi. Anche questa unità può mancare per lacuna stratigrafica. Il Rosso Ammonitico superiore è invece un calcare di colore rosso-mattone, talora verdastro, con aspetto nodulare, e con irregolari intercalazioni di argilliti rosso-brune; si rinvenivano saccocoma, frammenti di aptici e abbondanti ammoniti. Il limite superiore è in genere più sfumato: il colore diventa rosato (prelude al bianco niveo del Biancone), i noduli e i letti irregolari di selce rossastra diminuiscono di frequenza.

Questa formazione presenta una circolazione idrica attraverso le fessurazioni; sono presenti anche inghiottitoi a testimonianza del carsismo.

- Biancone: *Giurese sup.- Cretaceo inf. (circa 151-100 milioni di anni fa)*

Il Biancone è un 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 Rosso Ammonitico - Biancone è dato dalla sempre più evidente fratturazione concoide e dalla comparsa di sottili livelli argillosi interstrato. Il colore poi si fa via via più biancastro fino a risultare bianco-latteo nella parte sommitale della formazione. Contemporaneamente i letti di selce, da una colorazione grigia, tendono ad una colorazione più scura, a volte addirittura nera.

Le condizioni di sedimentazione del Biancone sono di ambiente pelagico profondo, in un bacino a subsidenza relativamente elevata. Dal punto di vista paleontologico risulta sterile, mentre ricco è il contenuto micropaleontologico con radiolari, saccocoma, frammenti di lamellibranchi, calpionellidi e foraminiferi planctonici nella parte alta.

Lo spessore degli strati varia da pochi a circa 40/50 centimetri (membro verdello).

Il Biancone presenta una circolazione idrica attraverso le fessurazioni; sono presenti anche inghiottitoi a testimonianza del carsismo.

6. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE

Come esposto nel cap. 5 precedente, i dati per la stesura di questo studio, sono i seguenti :

- reperimento dati bibliografici (“Carta litologica e carta idrogeologica dei monti Grappa e Cesen”. Segr. Reg. Ambiente e Territorio, 2006, da “Difesa degli acquiferi dell’alta pianura Veneta – stato d’inquinamento e vulnerabilità delle acque sotterranee del Bacino del Brenta” CNR-Regione Veneto-ULSS 5 e 8 – 1988, da PTCP, da PAI, da ISPRA, dalla Regione del Veneto).
- analisi delle foto aeree;
- osservazione di campagna;
- raccolta di indagini geognostiche pregresse (n.11: n. 8 trincee esplorative, n. 1 prova penetrometrica statica (cpt) e n. 2 prove penetrometriche dinamiche leggere (DL).
- esecuzione di indagini sismiche (n. 31 HVSR, 4 MASW e 4 REMI).

Le indagini sismiche, di nuova realizzazione, hanno individuato contrasti d’impedenza importanti, e inoltre hanno consentito di individuare le Vs30 di alcuni terreni. Quest’ultime sono a cavallo dei 360 m/sec solo in corrispondenza del litotipo “GMfg”. Le misure HVSR ci hanno consentito di redigere la cartografia delle frequenze fondamentali di vibrazione.

Si ritiene sia necessario programmare nuove indagini sismiche, per meglio definire le Vs e gli effetti di risonanza. Indagini di risonanza terreno-struttura in prossimità soprattutto degli edifici strategici, potrebbero essere utili per valutare la vulnerabilità sismica di queste strutture, in gran parte non antisismiche.

Sarà utile inoltre realizzare o reperire ulteriori sondaggi per caratterizzare con maggiore accuratezza le caratteristiche geotecniche dei litotipi, soprattutto nelle unità litologiche sprovviste di parametri geotecnici. Inoltre il livello n.2 di microzonazione sismica dovrà fornire una stima quantitativa degli effetti di un sisma nelle aree con una potenziale instabilità del versante.

In questo studio di microzonazione non sono stati reperiti elementi indicativi sull’attività recente di faglie sia morfologica (anomalie nelle forme del paesaggio, diversione di corsi d’acqua o di altri elementi lineari, scarpate di faglia), sia tettonica (faglie visibili in terreni tardo pleistocenici). Sarà necessario approfondire questa tematica nel livello n.2 di microzonazione sismica al fine di accertarne, se possibile, l’attività recente e la traccia planoaltimetrica certa, adottando un approccio paleosismologico.

7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

Lo studio di Microzonazione Sismica fornisce una base conoscitiva della pericolosità di sismica locale delle diverse zone del territorio comunale in studio e consente di stabilire delle gerarchie di pericolosità, utili per la programmazione di interventi di mitigazione del rischio sismico. Vi sono tre livelli di studi di Microzonazione Sismica, quello che si sta redigendo è il livello I, propedeutico agli altri livelli. Il documento di sintesi finale del livello I, è rappresentato dalla cartografia delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica, nella quale vengono rappresentate le seguenti categorie:

- le “*zone stabili*” in cui il moto sismico non subisce modifiche rispetto a quello atteso in condizioni ideali di una roccia rigida affiorante con topografia sub-pianeggiante (max 15°), per cui gli scuotimenti attesi possono essere equiparati a quelli forniti dagli studi di pericolosità sismica di base;
- le “*zone stabili suscettibili di amplificazioni locali*” in cui il moto subisce modifiche rispetto a quello atteso a causa delle litostratigrafie del terreno e/o geomorfologiche del territorio;
- le “*zone di attenzione per instabilità*” in cui sono presenti o suscettibili di attivazione fenomeni di deformazione permanente del territorio indotti o innescati dal sisma (instabilità del versante, liquefazione, fagliazione superficiale, cedimenti differenziali, orli di scarpata e/o di terrazzo fluviale, forme sepolte, ecc.).

Per verificare l'*amplificazione sismica* sono stati valutati i seguenti elementi, oltre alla pericolosità sismica di base: la morfologia superficiale, la litostratigrafia, la morfologia del bedrock sismico, la caratterizzazione geotecnica dei terreni, la velocità delle onde S (V_s), il periodo fondamentale di vibrazione.

L'analisi dei dati sopraesposti ci ha consentito di elaborare la carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica. In questa carta sono state rappresentate le seguenti categorie:

- zone stabili suscettibili di amplificazioni locali;
- zone di attenzione per instabilità;
- forme di superficie e sepolte;
- faglie attive
- punti di misura di rumore ambientale.

Le “*zone stabili suscettibili di amplificazioni locali*” sono sette e sono descritte nel cap.8.

I “*punti di misura di rumore ambientale*” sono 31.

Nella categoria “zone di attenzione per instabilità”, sono state individuate quattro tipologie d’instabilità: la zona di attenzione per instabilità di versante, la zona di attenzione per faglie attive e capaci, i cedimenti differenziali e crollo di cavità, la sovrapposizione di zone suscettibili di instabilità differenti . Al primo tipo appartengono dei movimenti franosi di crollo e/o non definiti, attivi o non definiti, censiti dal PAI e/o dal catalogo IFFI. Il secondo tipo è invece costituito da una fascia di 400 metri (200+200 metri) a cavallo della traccia del piano di rottura della faglia considerata attiva e capace dal progetto Ithaca. Il terzo tipo è costituito dalle zone con cedimenti differenziali o crollo di cavità: sono i contatti tra terreni di copertura e il substrato geologico rigido e le otto aree di crollo di cavità sotterranee; sono zone in cui si possono verificare cedimenti per la diversa competenza dei materiali. Il quarto tipo è la sovrapposizione delle aree precedentemente descritte, ovvero di instabilità differenti.

Sono state censite delle “forme di superficie e sepolte” particolarmente importanti per problematiche sismiche: i conoidi alluvionali e le falde detritiche, gli orli di scarpata morfologica e di terrazzi fluviali maggiori di 10 metri, le creste, otto cavità sepolte isolate.

Per la valutazione delle “faglie attive e capaci” è indispensabile acquisire dati sulla traccia delle faglie in superficie, sulla litostratigrafia generale e di dettaglio in prossimità delle stesse, sull’entità delle dislocazioni, sulla geometria del piano di faglia e sulle datazioni dei movimenti di faglia. Nel territorio comunale è stata rappresentata una faglia attiva tratta dal progetto “Ithaca” (v. cap.2.3); non sono state però riscontrate evidenze superficiali, scarpate di neoformazione, che possano avvalorare la presenza di faglie capaci ovvero creare una fogliazione di superficie.

8. ELABORATI CARTOGRAFICI

Gli elaborati cartografici prodotti in questo studio, alla scala 1:10.000 su base CTR della Regione del Veneto, sono i seguenti:

- Carta delle indagini;
- Carta geologico-tecnica;
- Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica.

8.1 CARTA DELLE INDAGINI

La Carta delle indagini deriva dalla rappresentazione cartografica e archiviazione di elementi puntuali e lineari rappresentativi delle indagini geognostiche, geotecniche, idrogeologiche e geofisiche eseguite nel territorio di interesse.

8.1.1 Indagini geognostiche, geotecniche, idrogeologiche

Allo scopo di definire le esatte caratteristiche litologiche e geotecniche del sottosuolo sono state allegate e cartografate le seguenti indagini pregresse (v. allegati):

- *Trincee esplorative*: sono state allegate n.8 stratigrafie, reperite da documentazione varia presso gli uffici comunali. La massima profondità raggiunta è di 4.0 metri dal piano campagna.
- *Pozzi per acqua*: un pozzo acquedottistico, di cui non si conosce la profondità e la stratigrafia, ha la pompa sommersa posta a -21.00 metri dal piano campagna.
- *Prove penetrometriche statiche (cpt)*: è stata allegata n.1 stratigrafia, reperita da documentazione varia presso gli uffici comunali. La massima profondità raggiunta è di 3.4 metri dal piano campagna.
- *Prove penetrometriche dinamiche leggere (DL)*: sono state allegate due prove, reperite da documentazione varia presso gli uffici comunali. La profondità massima raggiunta è di 5.0 metri dal piano campagna.

8.1.2 Indagini sismiche

Per ottenere la caratterizzazione del sottosuolo ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, sono state eseguite dallo scrivente le seguenti indagini, ex novo (allegati):

- n. 4 prove REfraction Microtremors;
- n. 4 MASW;
- n. 31 HVSR.

La densità delle prove è stata sufficiente a una prima caratterizzazione "sismica" del territorio comunale. Non sono state eseguite indagini sismiche all'interno delle aree con terreni di riporto. La descrizione e i risultati di queste prove sono al cap. 4.2.

8.2 CARTA GEOLOGICO-TECNICA

Per la redazione della carta degli "Carta geologico-tecnica" si è proceduto a un rilievo di dettaglio di campagna e alla raccolta di dati pregressi.

Nel territorio in studio affiorano terreni di copertura e del substrato geologico rigido. In cartografia sono stati inoltre riportate aree con instabilità di versante, le forme di superficie e sepolte, gli elementi tettonico strutturali, quelli geologici e idrogeologici, e la traccia di sezioni geologiche.

8.2.1 Terreni di copertura

Gran parte del territorio comunale, soprattutto quello centro meridionale, è caratterizzato dalla presenza di terreni di copertura, ed è caratterizzato dalla presenza dei terreni: *GPes*, *GMfd*, *GMcd*, *GMfg*, *GCec*, *GCpd*, *GCcz*, *RIzz*.

Questi litotipi sono descritti nel cap. 5.

8.2.2 Substrato geologico rigido

Il **substrato geologico rigido**, GRfg (granulare cementato di origine fluvioglaciale) e LPS (lapideo stratificato) ha le seguenti caratteristiche:

- **(GRfg)** : è costituito da conglomerati, ovvero rocce tenere a prevalente attrito interno di origine fluviale. Sono posti lungo il versante, a monte dell'abitato di Solagna, a una quota di circa 200 metri s.l.m; il loro spessore massimo è di circa 20 metri.
- **(LPS)** : è costituito dalla Dolomia, dai Calcarei Grigi, dal Rosso Ammonitico, e dal Biancone.

Questi litotipi sono descritti nel cap. 5.

8.2.3 Instabilità di versante

Si sono individuate delle aree d'instabilità di versante, movimenti franosi di crollo e/o non definiti, attivi o non definiti, censiti dal PAI e/o dal catalogo IFFI.

8.2.4 Forme di superficie e sepolte

Sono state censite delle "forme di superficie e sepolte" particolarmente importanti per problematiche sismiche: i conoidi alluvionali e le falde detritiche, gli orli di scarpata morfologica maggiori di 10 metri, le creste, e otto cavità sepolte isolate.

- *Conoidi alluvionali*: sono stati censiti diversi conoidi di deiezione, posti alle pendici dei versanti.
- *Falde detritiche*: Si tratta di materiali sciolti, costituiti da elementi spigolosi, ma con matrice prevalentemente limosa posti in corrispondenza dei calcari, o ai suoi margini, in quanto questi manifestano una spiccata sensibilità alla gelività e ai processi di disgregazione fisica.
- *Orli di scarpata morfologica*: sono stati censiti scarpate naturali e sono state distinte quelle con altezza dai 10 ai 20 metri e quelle con altezza superiore ai 20 metri.
- *Orli di terrazzi fluviali*: sono stati censiti i terrazzi fluviali e sono state distinti quelli con altezza dai 10 ai 20 metri e quelle con altezza superiore ai 20 metri.
- *Crete*: dall'analisi morfologica dei rilievi sono state censite delle creste che possono creare fenomeni di amplificazione topografica.
- *Cavità isolate*: si tratta di otto cavità carsiche reperite da dati bibliografici.

8.2.5 Elementi tettonico strutturali

Dal rilievo geologico-strutturale dell'area, sono state individuate delle faglie probabilmente non attive, rappresentate in cartografia, e con cinematismo non definito. Nella zona di rottura per faglia le zone di fratturazione non sono ampie o tali da poter essere cartografabili. Diverse faglie sono state classificate non attive, in quanto non sono stati reperiti elementi indicativi della loro attività recente sia morfologica (anomalie nelle forme del paesaggio, diversione di corsi d'acqua o di altri elementi lineari, scarpate di faglia) sia tettonica (faglie visibili in terreni tardo pleistocenici).

E' stata riprodotta come attiva, la "Linea Bassano" come indicato nel progetto Ithaca (v. cap. 2.3). Nel territorio in esame non vi sono evidenze superficiali, scarpate di neoformazione, che possano avvalorare la presenza di faglie capaci ovvero creare una fogliazione di superficie.

8.2.6 Elementi geologici e idrogeologici

Gli elementi geologici e idrogeologici rappresentati sono i seguenti:

- *giacitura degli strati*. Le giaciture degli strati delle varie unità del substrato geologico rigido sono state raccolte attraverso misurazioni di campagna, la loro direzione è abbastanza costante nell'unità LPS.
- *la profondità della falda in aree con sabbie e/o ghiaie*. E' stato cartografato un pozzo acquedottistico, di cui non si conosce la profondità e la stratigrafia, avente la pompa sommersa a -21.00 metri dal piano campagna. E ubicato nel litotipo "GMfg"; la superficie della falda acquifera, misurata il 01.03.2014, era a -13.40 metri dal piano campagna.

8.2.7 Altri elementi

Sono state rappresentate le *tracce di sezione geologica* rappresentative del modello geologico, illustrate nel cap. 3.3.

8.3 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA

Le informazioni utilizzate per redigere questa carta sono state: la carta delle indagini, la carta litologico-tecnica, le sezioni geologiche, i sondaggi allegati.

La normativa e/o le direttive vigenti di microzonazione sismica prevedono l'identificazione delle seguenti categorie:

- zone stabili;
- zone stabili suscettibili di amplificazioni locali;
- zone di attenzione per instabilità di versante, liquefazione, cedimenti differenziali, faglia attiva;
- forme di superficie e sepolte (orlo di scarpata morfologica e di terrazzo fluviale, picco isolato, cresta, cavità e valle sepolta, conoide alluvionale, falda detritica).

Nella “carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica” sono stati cartografati i seguenti elementi:

- a. “Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali”;
- b. “Zone di attenzione per instabilità”;
- c. “Forme di superficie e sepolte”;
- d. “Faglie attive e capaci”;
- e. “Punti di misura di rumore ambientale”.


8.3.1 Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

L'intero territorio comunale è stato inserito come “Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali” o per effetto morfologico locale o litologico-stratigrafico ed è stato suddiviso nel modo seguente:

- **Zona 2001:** è costituita dall'unità geologica LPS (lapideo stratificato): Dolomie, Calcari Grigi, Rosso Ammonitico, e Biancone,. Queste formazioni sono descritte al paragrafo 8.2.1. Lo spessore degli strati di queste formazioni varia da qualche metro ai 10/20 cm.
- **Zona 2002:** è costituita dall'unità geologica GRS (Granulare cementato stratificato) ed è costituito da rocce tenere a prevalente attrito interno (Conglomerato di origine fluvioglaciale). Il loro spessore massimo è di circa 20 metri.
- **Zona 2003:** depositi da ghiaiosi in matrice sabbiosa con granulometria poco assortita di alveo del F. Brenta. Il loro spessore è variabile e poggiano o sulle alluvioni ghiaiose fluvioglaciali o sul substrato roccioso. Non sono state reperite indagini caratterizzanti questa unità litologica.

- **Zona 2004:** depositi ghiaiosi in matrice prevalentemente limosa di falda e conoide detritico. Si tratta di materiali sciolti, costituiti da elementi spigolosi, con la presenza anche di materiali fini limosi. Vi possono essere modeste venute d'acqua nei litotipi più permeabili. Non sono state reperiti sondaggi che abbiano raggiunto il substrato roccioso.

Committente _____		SONDAGGIO		FOGLIO	
Cantiere via Bresagge		T3		1	
Località Solagna (VI)		Il geologo			
Data Inizio _____					

Scala 1:100	Stratigrafia	Descrizione	Profondita'	Potenza
		Terreno vegetale	0.40	0.40
1		Ghiaia con elementi spigolosi e abbondante matrice limosa di colore marrone		
2				3.10
3			3.50	



- **Zona 2005:** ghiaie in matrice limoso-sabbiosa, con livelli sabbiosi superficiali, e ghiaie a volte cementate in profondità di origine fluvioglaciale. Le caratteristiche litologiche sono state definite attraverso sondaggi geognostici e prove geofisiche. La profondità della falda, misurata il 01.03.2014, è di 13.4 metri dal piano campagna. Le indagini sismiche ci hanno consentito di valutare una Vs30 a cavallo dei 360 m/sec. Non sono stati reperiti sondaggi che abbiano raggiunto il substrato roccioso. Nella trincea allegata il litotipo "GMfg" è posto alla profondità di -3.20 metri dal piano campagna.

Committente			SONDAGGIO	FOGLIO
Cantiere	via Zarpellon		T4	1
Località	Solagna (VI)		Il geologo	
Data Inizio		Data Fine	20.10.2005	

Scala 1:100	Stratigrafia	Descrizione	Profondità'	Potenza
		Terreno vegetale	0.40	0.40
1		Argilla		
2				2.80
3			3.20	
4		Ghiaia con matrice limosa	4.00	0.80

- **Zona 2006:** depositi ghiaiosi in matrice prevalentemente argillosa e/o limoso argillosa, di natura eluviale-colluviale, dei conoidi di deiezione, di piana pedemontana, poggianti su alluvioni ghiaioso sabbiose fluvioglaciali e/o sul substarto roccioso. I livelli più permeabili possono essere sede di modeste falde acquifere. Le caratteristiche litologiche sono state definite attraverso sondaggi geognostici e prove geofisiche. Le indagini sismiche ci hanno consentito di valutare una Vs30 inferiore ai 360 m/sec. Non sono stati reperiti sondaggi che abbiano raggiunto il substrato roccioso.

Committente		SONDAGGIO	FOGLIO
Cantiere	via Marconi	T6	1
Località	Solagna (VI)	Il geologo	
Data Inizio			
		Data Fine	10.05.2007

Scala 1:50	Stratigrafia	Descrizione	Profondità'	Potenza
		Terreno vegetale		0.70
		Argilla limosa bruna con qualche ciottolo	0.70	0.30
		Argilla limosa bruna poco plastica	1.00	0.90
			1.90	0.30
		Argilla limosa con ciottoli e trovanti	2.20	
		Ghiaia media in matrice limoso argillosa grigiasta	2.60	

- **Zona 2007:** Depositi di riporto antropico inerte per il terrapieno ferroviario. Considerata la variabilità di questi materiali, non sono state eseguite indagini sismiche.

8.3.2 Zone di attenzione per instabilità

Gli effetti sismici attesi in queste aree sono riconducibili a caratteristiche permanenti del territorio, naturalmente per queste zone non sono esclusi fenomeni di amplificazione del moto. Sono state individuate tre tipologie di effetti deformativi:

- *Instabilità di versante;*
- *per faglia attiva e capace;*
- *Cedimenti differenziali;*
- *Sovrapposizione di zone suscettibili d'instabilità.*

In questa categoria sono state individuate quattro tipologie d'instabilità: la zona di attenzione per instabilità di versante, la zona di attenzione per faglie attive e capaci, i cedimenti differenziali e crollo di cavità, la sovrapposizione di zone suscettibili di instabilità differenti. Al primo tipo appartengono dei movimenti franosi di crollo e/o non definiti, attivi o

non definiti, censiti dal PAI e/o dal catalogo IFFI. Il secondo tipo è invece costituito da una fascia di 400 metri (200+200 metri) a cavallo della traccia del piano di rottura della faglia considerata attiva e capace dal progetto Ithaca. Il terzo tipo è costituito dalle zone con cedimenti differenziali o crollo di cavità: sono i contatti tra terreni di copertura e il substrato geologico rigido e le otto aree di crollo di cavità sotterranee; sono zone in cui si possono verificare cedimenti per la diversa competenza dei materiali. Il quarto tipo è la sovrapposizione delle aree precedentemente descritte, ovvero di instabilità differenti.

8.3.3 Forme di superficie e sepolte

Sono aree in cui potrebbero verificarsi fenomeni di amplificazione del moto sismico. In cartografia sono state censite le seguenti forme: i conoidi alluvionali e le falde detritiche, gli orli di scarpata morfologica maggiori di 10 metri, gli orli di terrazzo fluviale maggiori di 10 metri, le creste, e otto cavità sepolte isolate. Questi elementi sono stati descritti nel capitolo 8.2.3.

8.3.4 Faglie attive

E' stata rappresentata una faglia attiva ma presunte, dedotta dal progetto "Ithaca": la faglia "Bassano" (v. cap. 2.3). Nel territorio in esame non vi sono però evidenze superficiali, scarpate di neoformazione, che possano avvalorare la presenza di faglie capaci ovvero creare una fogliazione di superficie.

8.3.5 Punti di misura di rumore ambientale

Sono rappresentati i 31 punti di misura di rumore ambientale (HVSR) con indicazione della frequenza fondamentale.

9. CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DI DANNI PER EVENTI PASSATI

Dall'analisi del CPTI04 (Catalogo Parametrico dei Terremoti) possiamo rilevare che i terremoti aventi epicentro entro un raggio di circa 30 km dal centro abitato di Solagna e con magnitudo $Maw \geq 5$ sono i seguenti:

- anno 1268 nel Trevigiano con $Maw=5.37$;
- anno 1695 nell'Asolano con $Maw=6.61$;
- anno 1836 nel Bassanese con $Maw=5.48$;
- anno 1860 nel Valdobbiadense con $Maw=5.17$;
- anno 1861 nella zona di Castelfranco V.to 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 Valdobbiadense con $Maw=5.06$;
- anno 1900 nel Valdobbiadense con $Maw=5.22$;
- anno 1943 nel Valdobbiadense con $Maw=5.18$.

Nelle ricerche bibliografiche eseguite, pur non approfondite con ricerche documentali specifiche di atti risalenti al periodo degli eventi, non si sono rilevati danni rilevanti per eventi sismici nel Comune di Solagna.

Interessanti sono le documentazioni scritte di danni nella vicina città di Bassano, causate dal **terremoto del 1695**, con epicentro nell'asolano:

- *“ L'anno 1695, 25 Febbaro giorno di Venerdì nel far del giorno a ore dodese e mezza diede un horribile tocco di terremoto in Bassano, et contorni, che durò per spatio d'un credo, ma tanto gagliardo che le fabbriche tutte fecero molte fisure ne' muri, et caderono alcune case e campanili, con altri danni, et morte di una donna che veniva a Bassano, colta sotto un muro, ma con infinito spavento di tutti”;*
- *“In Domo si ruppe l'architrave dell'altare di S. Bassano et si levò una pietra al capitello d'una colonna di detto Altare, cascò le malte al soffitto, et la muraglia verso monte fece qualche motto, particolarmente dalla parte della Sachrestia che corrisponde anche dalla parte di dentro, onde sarà necessario ripararla.*
- *“In S. Giovanni è similmente caduto parte delle malte al soffitto, et fatta qualche piccola fessura nella muraglia et volto sopra l'altare maggiore, con la caduta delle campane, et campani letto posto sopra la Capella di San Paolo”.*
- *“A S. Francesco rotta in parte la pigna del campanile, e talli due altari della Trinità et Spirito Santo, si vedono i soffitti che stanno sopra detti altari alquanto crepati, ne in questa chiesa ha fatto altro malle”.*

- *“A San Bernardino cade la cima del campanile, et anco a Santa Caterina. Nelle case particolari per tutto qualche danno, in piazza fu assicurato con pietre il canton della Cha Rossa, la cantonà del Sig. Giacomo Mimiola, et altra de Sigg. Calderoni, si mosse anche la colonna che sostiene la casa dei Sigg. Ruberti che guarda la Contrà Palazzo nel cantone, si mosse una alla dell’orologio, crepò la cantonata de Sigg. Paroli, che furono obbligati farla aggiustar, il palazzo pretorio fu in molti luochi restaurato, in particolare dalla parte del volto, si mosse anche li pilastri della beccaria grande in piazza, la casa di me Zerbino Lugo si apperse nel tinello con non molto danno, così nella casa alta fece qualche motto in particolare dalla parte delle schalle di pietra, nella casa de’ Sigg. Reatti ha partito la faccoda d’avanti, et a Sigg. Brocchi caderono le cime alle sue piramidi, che stanno poste sopra il suo piedestallo; fuori di Bassano poi fu maggiore il male, essendo che il monasterio di S. Fortunato restò tutto sconquassato, forse per esser a volto, che per riparazioni occorse molta spesa, in somma questo loco ha risentito maggior danno delli altri, una casa poco distante da detto monasterio, di Vidale, cascò in parte, et coperse sotto le sue ruine il sudd.° Vidale fu però cavato vivo, et dopo molti giorni si recuperò, cascò pure una parte della casa di Ludovico Moscha, et altra casa di Andrea Tessari, et altre sconquassate tutte in quelle vicinanze, a cha Zambelli caderono li due gran vasi di pietra, che stavano sopra il suo palazzo, con altro danno in detto palazzo, alli Cappuccini quelli de Cha Beltramini era tutta rovinata che a ripararla vi sarà andato Ducati 200 circa, oltre li danni risentiti dalle case, caderono un’infinità di muri.”*

Ricordiamo due iscrizioni su pietra, presenti nella città di Bassano, in riferimento al terremoto del 1695:

- una posta sulla parete esterna del chiostro, verso il fiume Brenta, del convento di San Fortunato *“Ab ingenti terremutu – XXV Febr. MDCXCV – redimitur a. MDCC”*.
- un’altra posta in una chiesetta di allora e poi ridotta ad altro uso, denominata di S. Francesco a Marsan, allora proprietà di Lugo *“Sacellum hoc a terremutu in parte diruttum – Zerbinus Lugo Civis Bassani – summa diligentia instauravit anno domini MDCLXXXVII”*.

<i>Centro abitato</i>	<i>Danni parziali</i>	<i>Danni totali</i>	<i>Morti</i>	<i>Percentuale distruzione</i>
Monfumo	gravemente danneggiate chiesa, canonica e molte case	17 case	?	?
Castelli	chiesa, canonica e campanile; tutte le case	?	?	?
Castelciés	?	?	29	?
Castelcucco	100 case; 2 chiese campestri	circa 200 case; chiesa, canonica e campanile	40	67%
Possagno	140 case, 5 chiese, 3 fornaei	163 case, 3 chiese, 3 fornaei, infiniti crolli di fienili e forni da pane	?	55%
Cavaso	almeno 100 case, chiesa parrocchiale, canonica; 10 chiese campestri	282 case: 200 di queste solo in Caniezza	?	70%
Pederobba	?	?	?	50%
Fonte	170 case	105 case, 15 edifici artigianali, chiesa, campanile, canonica, tutte le chiese campestri	2	43%
Paderno e Fietta	?	circa 55 case, chiesa di Paderno e campanile	?	42%
Pagnano	60 case	40 case	?	40%
Crespiano	oltre 70 case, 10 molini, 1 segheria, chiesa dei Ss. Marco e Pancrazio, casa parrocchiale, 3 chiese campestri con campanile; chiesa della Madonna del Covolo	20 case, 3 molini	?	25%
Sant'Eulalia	circa 90 case, chiesa, canonica	circa 30 case	?	25%
Borso	194 case, buona parte della chiesa, canonica e chiesa campestre dell'ospedale	circa 100 case, campanile	?	25%
Semonzo	180 case	20 case	?	10%
San Zenone	150 case su 300	120 case e 30 palazzi	?	50%
Romano	circa 130 case su 150, chiesa e campanile	20 case	?	15%

<i>Centro abitato</i>	<i>Danni parziali</i>	<i>Danni totali</i>	<i>Morti</i>	<i>Percentuale distruzione</i>
Mussolente	oltre 140 case, canonica e chiesa di S. Nicolò	24 case, campanile, numerosi folli da panni	?	18%
Casoni	oltre 100 case, chiesa e campanile	30 case	?	20%
San Vito	chiesa, campanile e tutte le 160 case	nessuno	?	?
Caselle	tutte le 40 case	nessuno	?	?
Altivole	tutte le 40 case	nessuno	?	?
Crespignaga	poco più di metà case	quasi metà case	?	40%
Masèr	quasi tutte le 30 case	campanile di Muliparte e chiesa di S. Marco	?	?
Nogarè	quasi tutte le 25 case, chiesa e campanile		?	?
Cornuda	quasi tutte le case, chiesa e campanile	nessuno	?	?
Asolo	Palazzo Pretorio, torre civica e circa 20% delle case	circa 40% delle abitazioni	4	40%
Bassano	danni a 3 campanili	?		?

Tabella n. 5: Tabella dei danni causati dal sisma 1695 – da “La Valcavasia”

La tabella n.6, riproduce i danni causati dal sisma del 1695, anche se a volte con un certo grado di incertezza, come nella città di Bassano. Gli “scritti” reperiti presso la biblioteca di Bassano, dimostrano una situazione assai diversa: nel comune di Bassano del Grappa, il terremoto del 1695, causò danni anche rilevanti ai fabbricati, e una persona è deceduta a causa di un crollo di un muro.

Dai documenti storici esaminati negli anni successivi, vi è solo un breve accenno al **terremoto del Giugno 1836**: *“Le scosse in Bassano non portarono danni, ma grandissimi nei Comuni vicini di Borso, S. Zenone, Fonte e Crespano. A Crespano e a Borso le genti dormivano all’aperto sotto tende o rannicchiati sotto a dei tini.”*

Interessante è la descrizione, conservata nell’archivio arcipretale di Borso del Grappa, dello sciame sismico che durò per circa nove mesi, l’epicentro si ritiene fosse tra S. Eulalia di Borso del Grappa e Liedolo di San Zenone degli Ezzelini (v. fig.13). I maggiori danni non furono nella prima scossa, bensì nelle seguenti: all’inizio vi fu solo *“una casa caduta e molti feriti”*, successivamente *“atterrate in Borso più di 80 case, con gravi danni per tutte le altre”*. Il Baratta afferma che *“...nell’area danneggiata su 1943 fabbricati 100 caddero interamente, 100 altri rimasero cadenti, 692 ebbero danni più o meno gravi e 1151 restarono illesi”*.

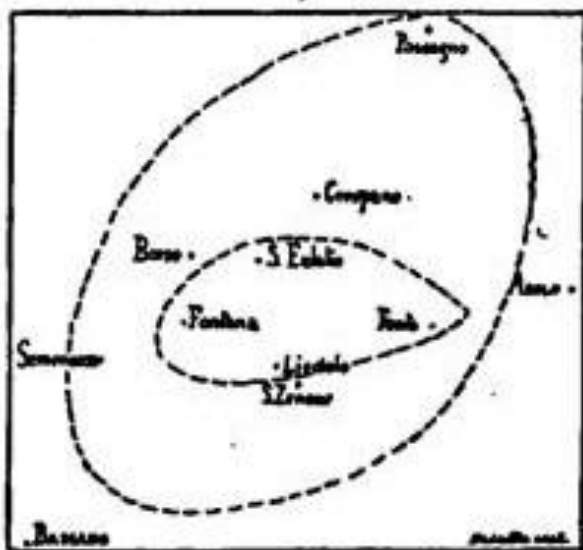


Fig. 13 – Località più danneggiate (da Baratta -1901)

10. BIBLIOGRAFIA

- AGIP MINERARIA: *"Mappa delle isobate del Quaternario della Pianura Padana"*. S. Donato Milanese, 1978.
- ANTONELLI R., DAL PRA' A.: *"Carta dei deflussi freatici dell'alta pianura veneta con note illustrative"*. Quad. Ist. Ric. sulle Acque, V. 51 (7), pp. 185-197, 2 figg., 3 tabb., 2 carte idrogeol., Roma, 1980.
- ANTONELLI R., DAL PRA' A.: *"Alcune analisi e correlazioni sul regime della falda freatica nell'alta pianura veneta"*. Estr. da Studi Idrogeol. sulla Pianura Padana, n. 2 clup, Milano, 1986
- ARPAV: *"Carta dei suoli del Veneto"*, 2005.
- AUTORI VARI: CARTA GEOLOGICA DELLE TRE VENEZIE: *"Foglio Bassano del Grappa"*. Scala 1:100.000, Uff. Idrogr. Mag. Acque, Venezia, 1946.
- AUTORI VARI: *"La Valcavasia – Ricerca storico ambientale"*. Comunità Montana del Grappa, 1983.
- AUTORI VARI: *"Difesa degli acquiferi dell'Alta Pianura Veneta - Stato di inquinamento e vulnerabilità delle acque sotterranee del Bacino del Brenta"*. CNR, Reg. del Veneto, ULSS n.5 e n. 19. Gruppo Naz. Difesa Cat. Idrogeol., Linea Ric. Valut. Vuln. Acq., U.O. 4.6., Pubbl. n. 207, Voll. 1, 2, 3, 4, 5, Venezia, 1988.
- AUTORI VARI: *"Qualità delle acque sotterranee nella conoide del Brenta (Media e Alta Pianura Veneta) - Tendenze Evolutive"*. CNR, Reg. del Veneto, Prov. di Vicenza, ULSS n.5, ULSS n. 19 - Gruppo Naz. per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche, Linea Ric. Valut. Qualità Acq., U.O. 4.6, Pubbl. n. 786, Voll. 1, 2, Venezia, 1993.
- AUTORI VARI: *"Contributi per l'aggiornamento degli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica"*, 2011.
- AUTORITA' DI BACINO ISONZO, TAGLIAMENTO, LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE: *"Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del Bacino Idrografico dei Fiumi Brenta-Bacchiglione"*, 2012
- BANCA DATI IFFI – Inventari Fenomeni Franosi in Italia.
- BANCA DATI ISPRA
- BARATTA M. : *"I terremoti d'Italia"*, 1901.
- BOLLETTINO DI GEOFISICA TEORICA ED APPLICATA: *"Distretti sismici del Veneto"* di M. Sugan e L. Peruzza, 2011
- BOLLETTINO DEL MUSEO CIVICO DI BASSANO DEL GRAPPA: *"I terremoti a Bassano"*, di G. Spagnolo 1907.
- BOSCARINI: *"Il terremoto del 1695 nell'asolano"*, 2003.
- BOSCHI, Buratto e altri: *"The database of Individual Seismogenic Sources (DISS), version 3: Summarizing 20 years of research on Italy's earthquake geology."*
- BURATTO, POLI e altri: *"Source of Mw5+ earthquakes in northeastern Italy and western Slovenia: an updated view based on geological and seismological evidence -2007"*
- CARRARO e altri: *"Incontri con il Grappa – I segreti della geologia"*. Centro con la natura Don Paolo Chiavacci di Crespano del Grappa, 1989.
- CASTALDINI-PANIZZA: *"Carta del mondo delle principali faglie attive per l'Italia Settentrionale"*, 1992.
- CASTIGLIONI G.B. et al.: *"Elementi per una ricostruzione dell'evoluzione morfotettonica delle Prealpi Venete"*. Geogr. Fis. Din. Quat., Suppl. 1, 1989.
- CASTIGLIONI G.B., PELLEGRINI G.B.: *"Note illustrative alla Carta Geomorfologica della Pianura Padana"*. Geogr. Fis. e Din. Quater., Suppl. IV, 2001
- COMUNE DI SOLAGNA – PAT comunale.
- CONSORZIO PEDEMONTANO BRENTA : *"Studi per la salvaguardia del patrimonio idrico sotterraneo del bacino del Brenta: la ricarica artificiale della falda nel territorio consortile"*. Cittadella (PD), 1994.
- DAL PRA' A.: *"Risultati preliminari di ricerche idrogeologiche nella pianura alluvionale tra Astico e Brenta"*. Tecnica Italiana, Anno XXXVI, n. 9-10, 1971.
- DAL PRA' A., VERONESE F.: *"Gli acquiferi nell'alta pianura alluvionale del Brenta e i loro rapporti col corso d'acqua. Ricerche preliminari"*. Ist. Ven. Sc. Let. e Arti, Vol. Vo, Rapporti e Studi della Comm. di Studio dei Provvedimenti per la Conservazione e Difesa della Laguna e della Città di Venezia, pagg. 291-324, ITE, Dolo (VE), 1972.
- DAL PRA' A., VERONESE F.: *"Considerazioni sulle possibilità di alimentazione artificiale della falda freatica nelle conoidi alluvionali del Brenta"*. Atti Gior. Studio "Sep/Pollution 74", Padova, 1974.

- DAL PRA' A., ANTONELLI R.: *"Carta dei deflussi freatici dell'alta pianura veneta con note illustrative"*. CNR-IRSA, Quaderni 51 (I), Roma, 1980.
- DAL PRA' A.: *"Carta idrogeologica dell'alta pianura veneta"*. Ist. Geol. Univ. Padova, 1983.
- DAL PRA' A., D'ALPAOS L., ANTONELLI R.: *"Caratteristiche generali degli acquiferi della pianura veneta e friulana e aspetti comparativi con l'area vicentina"*. AIM, Vicenza. Giornata di studio sulla "Utilizzazione delle Risorse Idriche in Aree Pedemontane". Vicenza, 16 febbraio 1983.
- DECRETO MINISTERIALE: *"Norme Tecniche sulle costruzioni"*, 2008.
- ENEL-AQUATER: *"Elementi di Neotettonica del territorio italiano"*. Milano, 1981.
- FRASCARI e altri: *"Ricerche geologiche nei dintorni di Bassano del Grappa"*. Museo Tridentino di Scienze Naturali, 1973.
- GEOPORTALE REGIONE VENETO – Aree carsiche, cave, discariche, fenomeni franosi, zone naturali protette.
- ILICETO: *"Studio idrogeologico"*. Comune di Borso del Grappa (TV), 1991.
- INGV: *"CPTI04-Catalogo parametrico dei terremoti Italiani"*
- INGV: *"CPTI04-Catalogo parametrico dei terremoti Italiani"*
- INGV: *"DBMI11-Database Macrosismico Italiano 2011"*
- ISTAT: *"Basi territoriali – progetto Census 2010"*.
- MAGISTRATO ALLE ACQUE DI VENEZIA - UFFICIO IDROGRAFICO: *"Annali idrologici"*. Annate varie, Venezia.
- MARCOLONGO B., PRETTO L.: *"Vulnerabilità degli acquiferi nella pianura a nord di Vicenza"*. Gruppo Naz. Difesa dalle Catastrofi Idrogeol., Linea di Ricerca VAZAR, pubbl. n. 28, 1987.
- PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI – Dipartimento della Protezione Civile e altri: *"Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica"*, 2008.
- PROVINCIA DI VICENZA – PTPC, 2012.
- REATO S.: *"Terremoto di Santa Costanza – 25.02.1695"*, 2005
- REGIONE DEL VENETO - SEGRETERIA PER IL TERRITORIO - DIPARTIMENTO PER L'ECOLOGIA: *"Carta isofreatica e Carta piezometrica della pianura veneta"*. Venezia, 1985.
- REGIONE DEL VENETO - SEGRETERIA PER IL TERRITORIO - DIPARTIMENTO PER L'ECOLOGIA: *"Censimento dei corpi idrici. Piano per il rilevamento delle caratteristiche qualitative e quantitative dei corpi idrici della Regione del Veneto"*. Collana di divulgazione dell'Attività Legislativa e Amministrativa della Regione, n. 4, Settore Ambiente-Territorio, Venezia, 1987.
- REGIONE VENETO: *"Carta Geologica del Veneto. Scala 1:250.000"*. Segr. Reg. Territorio, 1990.
- REGIONE VENETO: *"Carta litologica e carta idrogeologica dei monti Grappa e Cesen"*. Segr. Reg. Ambiente e Territorio, 2006.
- SEDEA R., DE VECCHI G.P.: *"Studio geologico e idrogeologico nella cava sita nei Comuni di Romano d'Ezzelino e di Cassola (VI) da adibirsi a discarica controllata di R.S.U."*. Padova, 1982.
- SLEJKO e altri: *"Modello sismotettonico dell'Italia nord orientale"*. CNR-GNDT, 1987
- ZAMBRANO R.: *"Studio gravimetrico della conoide di deiezione del Brenta nella zona di Bassano del Grappa"*. Mem. Acc. Patav. SS.LL.AA., vol. 80, pagg. 524-541, Padova, 1969.
- ZANFERRARI A. et al.: *"Evoluzione neotettonica dell'Italia nord-orientale"*. Mem. Sc.Geol. Vol. XXXV, Univ. Padova, 1982.

Solagna, Aprile 2014

Il geologo

