



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 Spresiano (TV)

Regione del Veneto

Soggetto realizzatore

Settembre 2014



Sommario

1. INTRODUZIONE	3
2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO.....	3
2.1 Premessa	3
2.2 Sorgenti sismogenetiche responsabili di terremoti.....	10
2.3 Principali faglie nell'area in studio.....	17
3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA	22
3.1 Caratteristiche litologiche e geomorfologiche	22
3.2 Caratteristiche idrogeologiche	23
3.3 Sezioni geologiche.....	25
4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI	26
4.1 Parametri geotecnici	27
4.2 Prove geofisiche	27
4.2.1 Indagine sismica mediante la tecnica dei microtrempi "ReMi"	28
4.2.2 Indagine sismica mediante la tecnica "MASW"	30
4.2.3 Indagine sismica mediante la tecnica "HVSr" a stazione singola	32
4.2.4 Analisi delle risultanze	35
5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO.....	37
6. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE.....	40
7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI	41
8. ELABORATI CARTOGRAFICI	42
8.1 CARTA DELLE INDAGINI	42
8.1.1 Pozzi per acqua, trincee esplorative, prove penetrometriche statiche	42
8.1.2 Indagini sismiche.....	43
8.2 CARTA GEOLOGICO-TECNICA.....	43
8.2.1 Terreni di copertura.....	43
8.2.2 Forme di superficie.....	43
8.2.3 Elementi tettonico strutturali.....	44
8.2.4 Elementi geologici e idrogeologici	44
8.2.4 Altri elementi	44
8.3 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA	44
8.3.1 Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali.....	45
8.3.2 Zone di attenzione per instabilità.....	47
8.3.3 Forme di superficie e sepolte	47
8.3.4 Faglie attive.....	47
8.3.5 Punti di misura di rumore ambientale.....	48
9. CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DI DANNI PER EVENTI PASSATI	48
10. PROPOSTA DI NORMATIVA TECNICA AI SOLI FINI SISMICI	49
11. BIBLIOGRAFIA.....	51

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.

Il presente studio è stato redatto ai sensi di quanto previsto dalla DGRV n. 1572 del 03.09.2013 e dall'OPCM 3907/2010 e in particolare si è ottemperato alle seguenti direttive:

- *"Linee guida per gli studi di microzonazione sismica"* allegato "A" alla DGRV 1572/2013;
- *"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 3.1) del 2014* – 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 all'alta pianura Veneta, caratterizzata da lineamenti morfologici dolci e regolari. I caratteri originari tuttavia sono stati in gran parte obliterati dall'intenso modellamento antropico, iniziatisi con l'attività agricola e ampliatisi poi con lo sviluppo industriale.

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 "ag" che caratterizza il sito. Nella espressione dello spettro di risposta elastico, sia nella sua componente orizzontale che verticale, assume importanza non solo il parametro "ag" ma anche "S", quest'ultimo è il fattore che tiene conto della categoria del suolo di fondazione in funzione alla velocità delle onde di taglio Vs 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 (*ag max*) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (tempo di ritorno 475 anni) riferita ai suoli molto rigidi ($V_s > 800$ m/sec). Il valore di "ag", per il Comune di Spresiano, in zona "3", riferita a suoli molto rigidi ($V_s > 800$ m/s) varia da 0,150g a 0.200g.

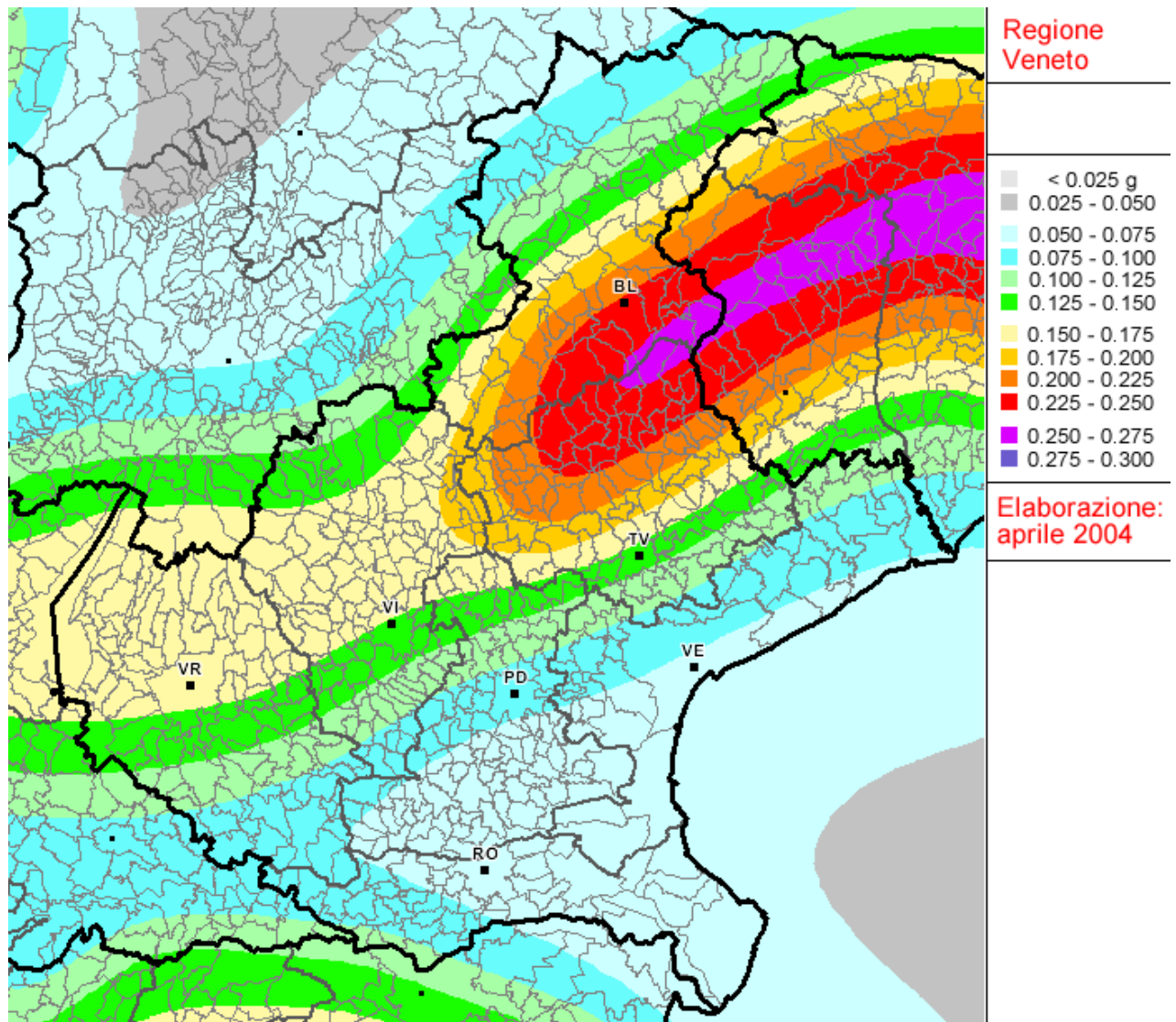


Fig. 1 - Mappa della pericolosità sismica della Regione del Veneto espressa in termini di accelerazione massima al suolo ($a_g \max$) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (tempo di ritorno 475 anni) riferita ai suoli molto rigidi ($V_s > 800$ m/sec)

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 Spresiano e con magnitudo $M_{aw} \geq 5$ sono i seguenti:

- anno 778 in Treviso con $M_{aw}=5.84$;
- anno 1268 nel Trevigiano con $M_{aw}=5.37$;
- anno 1695 nell'Asolano con $M_{aw}=6.61$;
- anno 1756 in Treviso con $M_{aw}=5.03$;
- 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 $Maw=5.17$;
- anno 1895 nel Valdobbiadene con $Maw=5.06$;
- anno 1900 nel Valdobbiadene con $Maw=5.22$;

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 (45.781, 12.260) e raggio 30 km

N	Tr	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Rt	Np	Imx	Io	TI	Lat	Lon	TL	Maw	Daw	TW	Mas	Das	TS	Msp	Dsp	ZS9	TZ	Ncft	Nnt	Ncpt
19	DI	778						Treviso	CFTI	1	85	85		45.67	12.25	A	5.84	0.14	5.80	0.21	5.80	0.21					78		19
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		
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		
470	CP	1719	12	16	18			TREVISIO	OGS87			55		45.533	12.217		4.63	0.13	4.00	0.20	4.25	0.19				2021	470		
551	DI	1756	4	13				TREVISIO	DOM	1	65	65		45.669	12.244	A	5.03	0.33	4.60	0.49	4.80	0.45				206	551		
662	DI	1789	8	4				TRAMONTI	DOM	5	55	55		45.938	12.303	A	4.63	0.13	4.00	0.20	4.25	0.19	905	G		117	662		
909	CP	1857	3	10	3			PIEVE DI SOLIGO	POS85			55		45.9	12.1		4.63	0.13	4.00	0.20	4.25	0.19	905	G		208	909		
918	DI	1859	1	20	7	55		COLLALTO	DOM	36	70	65		45.893	12.103	A	4.97	0.16	4.50	0.24	4.71	0.22	905	G	411	209	918		
924	CP	1860	7	19	15	38		VALDOBBIADENE	POS85			70		45.9	12.05		5.17	0.30	4.80	0.45	4.99	0.42	905	G		211	924		
928	CP	1861	5	19	19	45		CASTELFRANCO	POS85			65		45.75	11.917		5.03	0.33	4.60	0.49	4.80	0.45	905	G		212	928		
1090	CP	1883	10	22	2	40		VITTORIO VENETO	POS85			60		45.983	12.3		4.83	0.26	4.30	0.39	4.53	0.36	905	G		215	1090		
1130	CP	1887	4	14	1	11	6	ASOLO	POS85			70		45.8	11.917		5.17	0.30	4.80	0.45	4.99	0.42	905	G		217	1130		
1231	DI	1895	6	10	1	47		VALDOBBIADENE	DOM	73	65	65		45.943	12.073	A	5.06	0.15	4.64	0.22	4.84	0.20	905	G		220	1231		
1273	CP	1897	6	11	11	40	52	MONTEBELLUNA	POS85			60		45.817	12.033		4.83	0.26	4.30	0.39	4.53	0.36	905	G		221	1273		
1325	DI	1900	3	4	16	55		VALDOBBIADENE	DOM	99	65	60		45.85	12.067	A	5.22	0.10	4.88	0.15	5.06	0.14	905	G		222	1325		
1685	CP	1919	7	12	12	6		ASOLO	POS85			55		45.8	11.917		4.98	0.09	4.52	0.13	4.73	0.12	905	G		223	1685		
2221	CP	1966	1	23	1	31	29	SACILE	POS85			45		45.967	12.5		4.49	0.14	3.79	0.21	4.05	0.19	905	G		174	2221		

Tab. n.1 - Terremoti avente epicentro entro un raggio di circa 30 km dal centro abitato di Spresiano, 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 (1695-1268) presenti in DBMI11, avvenuti nelle aree vicine al sito d'interesse.

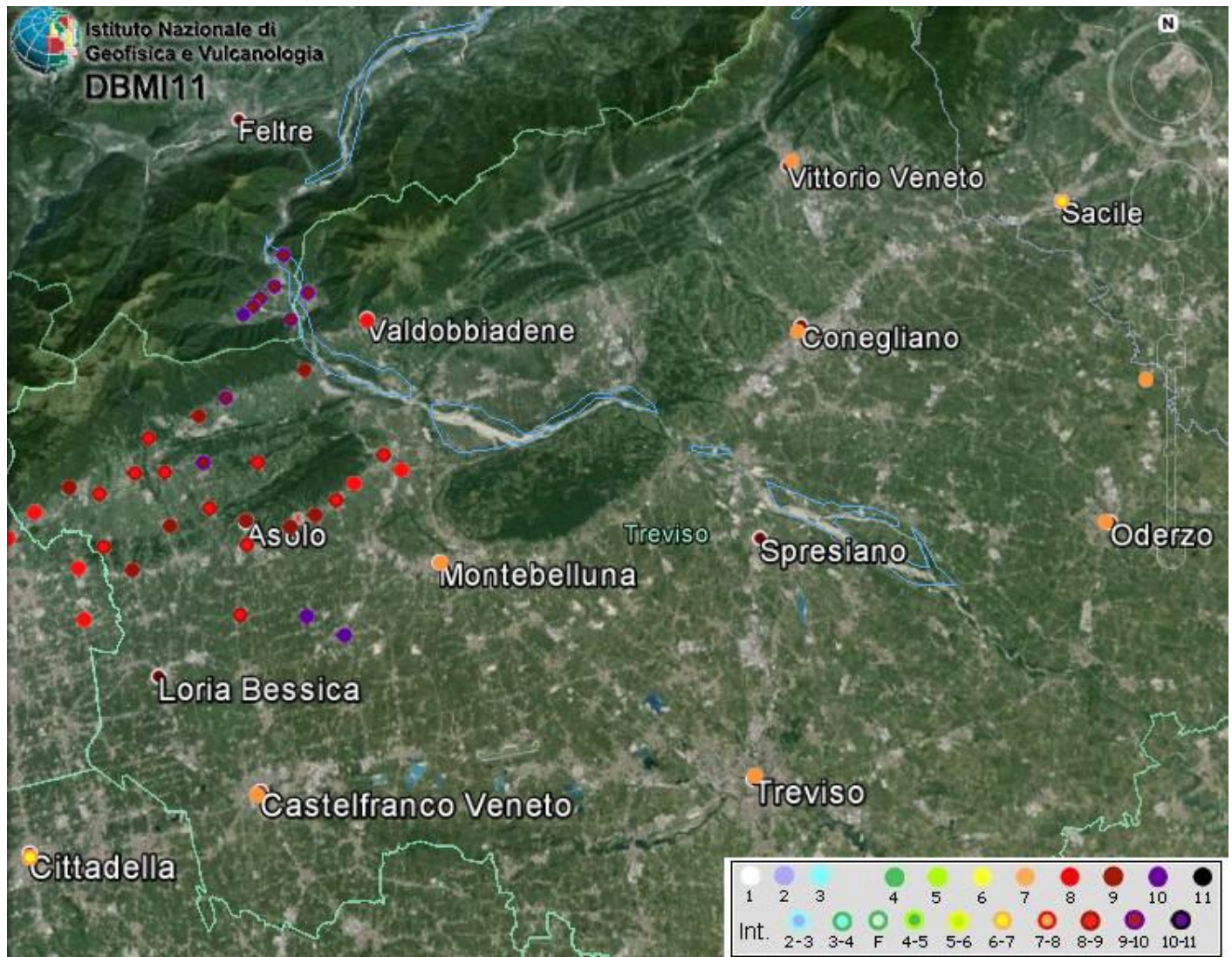


Fig. 2a - Distribuzione delle intensità dal terremoto del 1695 con epicentro a Coste-Crespignaga di Maser (TV).

Terremoto 1695 02 25 05:30 Asolano				
Studio macros. Guidoboni et al., 2007 [Np 82, Imax 10]				
Epicentro CPTI11 ☐ Mw 6.48				
macrosismico ☐ 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).

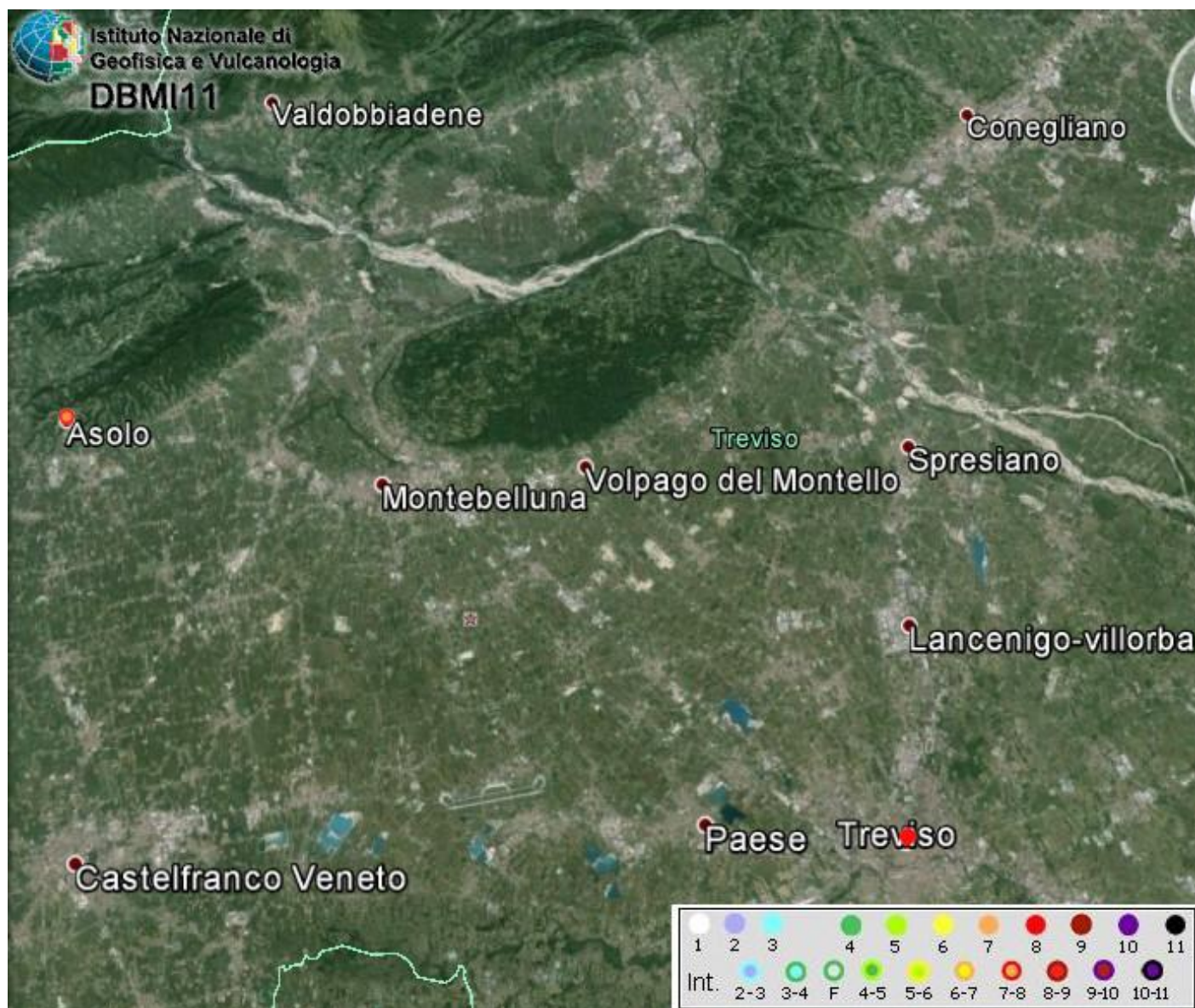


Fig. 3a - Distribuzione delle intensità dal terremoto del 1268 con epicentro nella zona di Trevignano (TV).

Terremoto **1268 11 04 Trevigiano**
 Studio macros. **Guidoboni et al., 2007** [Np 4, Imax 8]

Epicentro **CPTI11** ☐ **Mw 5.35**
macrosismico ☐ **Mw 5.35**

Località	Sc	Lat	Lon	I [MCS]
Treviso		45.669	12.244	8
Asolo		45.801	11.914	7-8
Padova		45.407	11.876	5
Feltre		46.019	11.906	F

Fig. 3b - Distribuzione delle intensità dal terremoto del 1268 con epicentro nella zona di Trevignano (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.

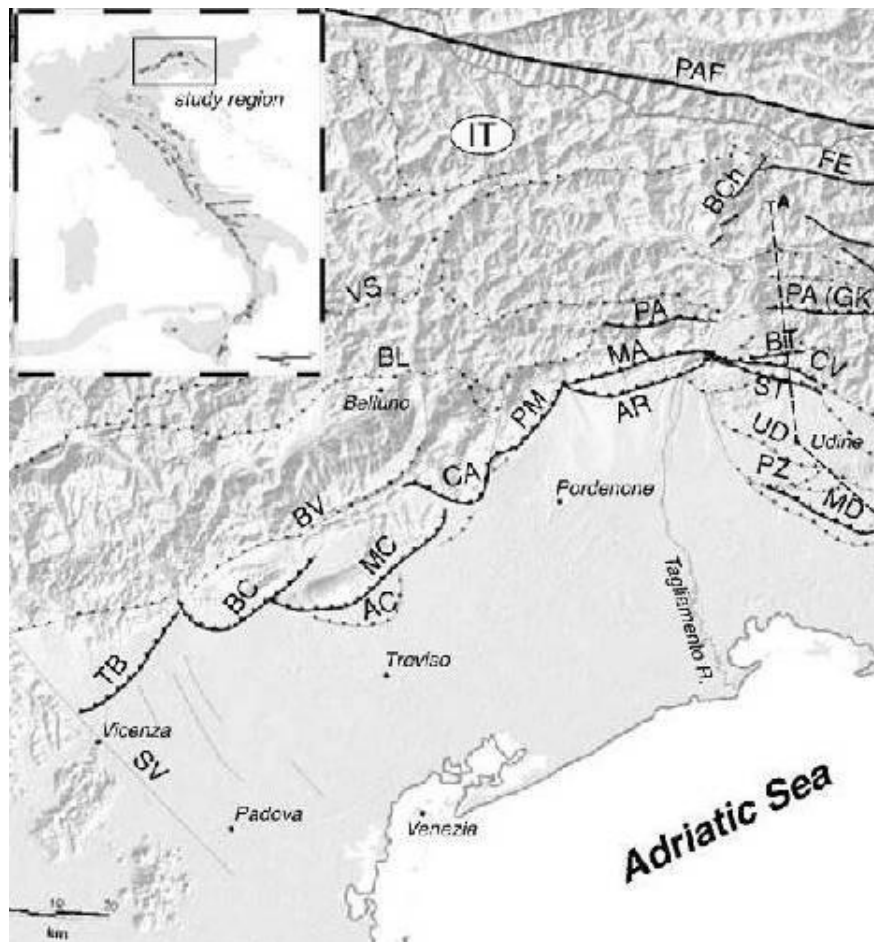


Fig. 5 - Schema strutturale semplificato del Sudalpino orientale (da Burrato e altri - 2009).
 Legenda: **BC**=sovrascorrimento Bassano-Cornuda; **BV**= sovr. Bassano-Valdobbiadene;
TB= sovr. Thiene- Bassano; **MC**: sovr. Montello-Conegliano; **AC**: sovr. Arcade.

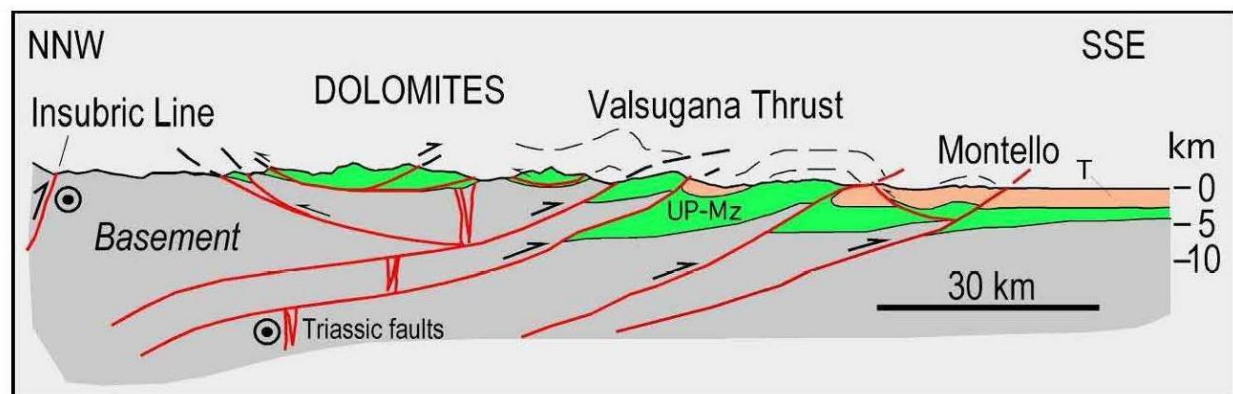
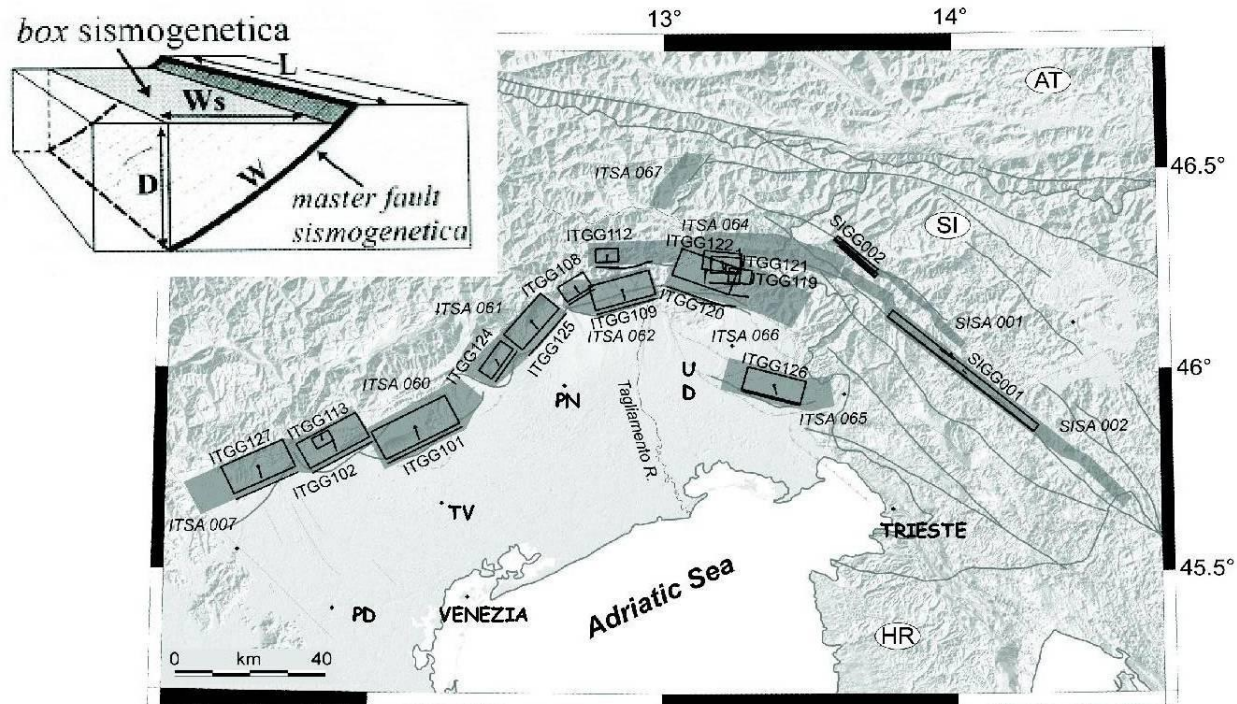


Fig. 18 - Sezione del ventaglio embriciato delle Alpi Meridionali, dalla Val Pusteria alla pianura veneta. Le Vette Feltrine, immediatamente a sud del *pop-up* delle Dolomiti, sono a letto del sovrascorrimento della Valsugana. UP-Mz, Permiano superiore-Mesozoico; T, Cenozoico (da DOGLIONI & CARMINATI,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

[illegible]

Fig. 8 - Zonazione sismogenetica ZS9 del Veneto

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

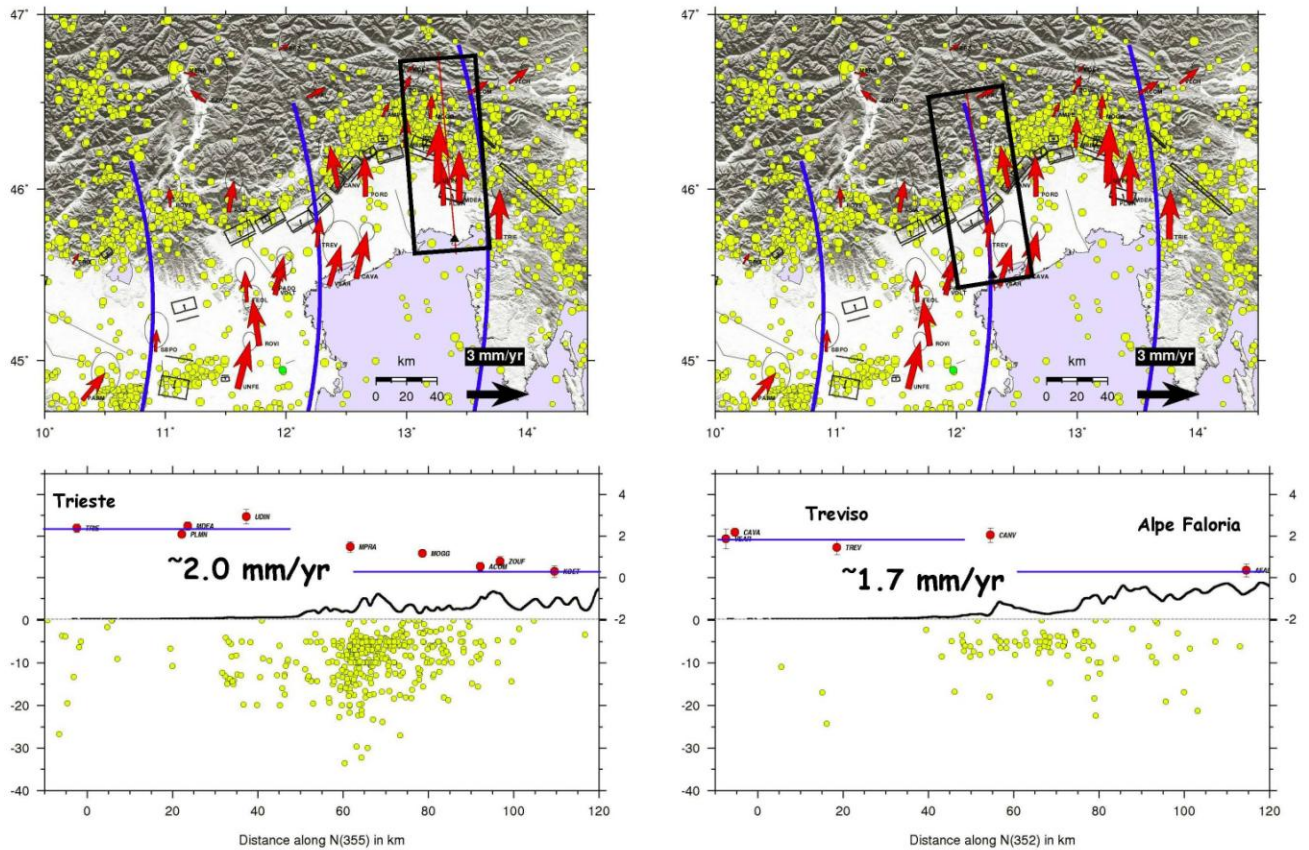


Fig. 9 - Accumulo di deformazione attraverso le Alpi Meridionali, con evidenziate l'area Trieste- Salzburg e Treviso-Belluno (E. Serpelloni –2008)

2.3 Principali faglie nell'area in studio

Nella Fig. 10 sono indicate le faglie attive, in prossimità del Comune di Spresiano, dal progetto Ithaca (Italy Hazard from Capable Faults) aggiornato all'Agosto 2014. Nel territorio comunale non sono state censite faglie attive e capaci.



Fig. 10 - Faglie attive nelle vicinanze del comune di Spresiano dal progetto Ithaca (Italy Hazard from Capable Faults 2014) – le linee verdi sono i confini comunali, quelle rosse/arancioni sono le faglie.

La presenza di “faglie attive” nelle vicinanze del territorio comunale di Spresiano, 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 di Nervesa	in corso di studio	/	trascorrente
Faglia di Sacile	Olocene (<10.000 anni)	(media)	inversa
Faglia del Montello	Olocene (<10.000 anni)	(media)	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	Nervesa
FAULT CODE	72500
MACROZONE	2
REGION NAME	Veneto
SYSTEM NAME	Nervesa
RANK	SUBORDINATE
AVERAGE STRIKE	140
DIP	0
LENGTH (Km)	30
GEOMETRY	
SEGMENTATION	
DEPTH (Km)	0
LOCATION RELIABILITY (MAPPING SCALE)	1:
LAST ACTIVITY	
ACTIVITY RELIABILITY	Low reliability
RECURRENCE INTERVAL (yr)	0
SLIP-RATE (mm/yr)	0
MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH	0
MAX CREDIBLE SLIP (m)	0
KNOWN SEISMIC EVENTS	
MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)	
MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)	
STUDY QUALITY	LOW
NOTES	

GEOLOGIC SETTING	
SYNOPSIS	
FAULT NAME	Sacile Line
FAULT CODE	70200
MACROZONE	2
REGION NAME	Veneto
SYSTEM NAME	Sacile Line
RANK	PRIMARY
AVERAGE STRIKE	225
DIP	0
LENGTH (Km)	30
GEOMETRY	
SEGMENTATION	
DEPTH (Km)	0
LOCATION RELIABILITY (MAPPING SCALE)	1:
LAST ACTIVITY	Holocene generic (<10,000)
ACTIVITY RELIABILITY	Medium reliability
RECURRENCE INTERVAL (yr)	0
SLIP-RATE (mm/yr)	0.06
MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH	0
MAX CREDIBLE SLIP (m)	0
KNOWN SEISMIC EVENTS	
MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)	
MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)	
STUDY QUALITY	FAIR
NOTES	

GEOLOGIC SETTING	
SYNOPSIS	
FAULT NAME	Montello Line
FAULT CODE	70300
MACROZONE	2
REGION NAME	Veneto
SYSTEM NAME	Montello Line
RANK	PRIMARY
AVERAGE STRIKE	240
DIP	0
LENGTH (Km)	80
GEOMETRY	
SEGMENTATION	
DEPTH (Km)	0
LOCATION RELIABILITY (MAPPING SCALE)	1:500000
LAST ACTIVITY	Holocene generic (<10,000)
ACTIVITY RELIABILITY	Medium reliability
RECURRENCE INTERVAL (yr)	750
SLIP-RATE (mm/yr)	1.9
MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH	1000
MAX CREDIBLE SLIP (m)	2000000
KNOWN SEISMIC EVENTS	Sulla base del catalogo dei terremoti storici nell'area a Nord di Treviso si associano a questo thrust i seguenti sismi, con I>VIII: 778; 1268; 1859 d.C
MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)	6
MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)	
STUDY QUALITY	FAIR
NOTES	La Max Credible Magnitude è ipotizzata da Benedetti et al. (2001)

REFERENCES

FAULT CODE	AUTHORS	TITLE	REFERENCES	YEAR
70300	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
70300	BENEDETTI L., TAPPONNIER P., KING G., MEYER B., MANIGHETTI I. (2000)	Growth folding and active thrusting in the Montello Region, Veneto, Northern Italy	Journal of Geophysical Research,	2000

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

3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

3.1 Caratteristiche litologiche e geomorfologiche

L'area in esame appartiene alla media-bassa pianura Veneta, caratterizzata da lineamenti morfologici dolci e regolari. I caratteri originari tuttavia sono stati in gran parte obliterati dall'intenso modellamento antropico, iniziatisi con l'attività agricola e ampliatisi poi con lo sviluppo industriale.

La struttura geomorfologica del sottosuolo della pianura veneta è condizionata dalle caratteristiche granulometriche e strutturali del materasso alluvionale sciolto, e dalla successione stratigrafica notevolmente variabile sia arealmente che in profondità.

La pianura trevigiana è caratterizzata dalla presenza di due grandi conoidi che si interdigitano tra loro (chiamati anche megaconoidi o "megafan"): "megafan" di Montebelluna e di Nervesa. Il conoide di Montebelluna, che ha un raggio di 20 km ed una pendenza dello 0.6%, è in realtà formato da due conoidi tra loro "coalescenti": uno ha l'apice a Ovest della collina di Mercato Vecchio (Caerano), l'altro lo pone tra questa collina ed il Montello (Biadene). I due corpi hanno un'orientazione che va da nord a sud e la loro deposizione è cessata tra i 20.000 e i 18.000 anni fa. La depressione, che rappresenta il limite deposizionale, tra il "megafan" di Bassano e quello di Montebelluna, e che deriva dalla giusta opposizione dei due conoidi, è percorsa ora dal T. Muson, che con i suoi depositi ha portato al suo parziale colmamento. Il secondo "megafan", che interessa l'area in studio, è quello di Nervesa: è il più recente dei due conoidi, essendosi formato tra il Pleistocene superiore (circa 20.000 anni fa) e l'Olocene medio (circa 5000 anni fa), ad ovest ricopre la porzione terminale del conoide di Montebelluna e ad est si estende con sedimenti ghiaioso-sabbiosi sino ad Oderzo, a ridosso del F. Livenza e si prolunga verso la laguna con il conoide di Bassano. Il territorio comunale di Spresiano è costituito dai conoidi ghiaiosi fluvio-glaciali, originatisi allo sbocco della valle alpina del Piave ("megafan" di Nervesa). Le varie direttrici di divagazioni del F. Piave hanno generato dei propri coni di sedimentazione che si sono variamente sovrapposti e anastomizzati. La deposizione dei materiali, orizzontale e verticale, è stata determinata dalla granulometria degli stessi, nonché dall'energia idraulica delle correnti di deposizione.

Nell'area in esame affiorano terreni costituiti da depositi alluvionali, più o meno recenti, connessi con le divagazioni del F. Piave.

Le varie direttrici hanno pertanto generato dei propri coni di sedimentazione che si sono variamente sovrapposti e anastomizzati. La deposizione dei materiali, orizzontale e verticale, è stata determinata dalla granulometria degli stessi, nonché dall'energia idraulica delle correnti di deposizione. Lo spessore complessivo delle ghiaie diminuisce da monte a

valle: i singoli letti ghiaiosi si assottigliano sempre più e la maggior parte di essi si esaurisce entro i materiali limoso-argillosi. Il sottosuolo è costituito in prevalenza da ghiaie alluvionali, con spessore che, presso l'abitato di Spresiano, raggiunge circa i 200 metri. In profondità sono presenti livelli ghiaiosi cementati, conglomeratici, connessi probabilmente a stasi tra le fasi costruttive di questi depositi (decalcificazione superficiale e cementificazione carbonatica in profondità). Lo studio granulometrico e sedimentologico delle ghiaie non ha evidenziato sensibili differenze tra Nord e Sud, ci sono invece differenze tra il settore Est e Ovest. Nelle zone a Est vicino alla golena del F. Piave, le ghiaie sono caratterizzate da una maggiore percentuale di ghiaia e ciottoli.

3.2 Caratteristiche idrogeologiche

La circolazione idrica sotterranea del territorio comunale è condizionata dalle caratteristiche granulometriche e strutturali del materasso alluvionale. In quest'ultimo è presente una falda, la cui alimentazione è soprattutto legata, oltre alla ricarica meteorica, alle dispersioni del F. Piave, che in zona scorre su alluvioni ad elevata permeabilità.

Il sottosuolo è solcato soprattutto dai paleoalvei del F. Piave che, in epoca geologicamente recente, ha più volte cambiato il suo percorso determinando delle zone con terreni a permeabilità differenziata.

L'elemento idrografico che risulta di gran lunga il più importante dell'alta pianura trevigiana è il Fiume Piave; le caratteristiche principali del suo bacino idrografico che si chiude a Nervesa (circa 70 metri s.l.m.) sono:

- superficie geografica.....	kmq	3.899
- lunghezza asta principale.....	km	156
- altitudine massima.....	mt	3.342
- altitudine media.....	mt	1.276

Sul totale della superficie di bacino si ha una superficie permeabile pari al 77%.

Lungo tutto il tracciato del Fiume Piave esistono laghi naturali, artificiali e numerose derivazioni ad uso generalmente irriguo che ne modificano il regime; tra le derivazioni principali sulla riva destra ricordiamo quella del canale Brentella di Pederobba che preleva circa 46 mc/sec. ed il canale della Vittoria che, presso Nervesa, preleva in media circa 26 mc/sec. La portata media annua del Fiume Piave, nel periodo 1967-1971 è stata di 80 mc/sec.; le portate medie mensili raggiungono valori massimi nei mesi di Maggio e Giugno, in corrispondenza del regime pluvio-nivale di tipo prealpino, inoltre piene si hanno anche nel periodo autunnale. Le magre del fiume si manifestano durante il periodo estivo ed invernale, quando generalmente si prolungano sino ad Aprile; a volte le magre estive sono interrotte da morbide intense nel bacino montano.

La presenza di materiali prevalentemente grossolani permette, come accennato, l'esistenza di una potente falda idrica a carattere freatico.

L'acquifero indifferenziato ha una notevole continuità laterale in senso Est-Ovest; numerosi studi hanno dimostrato che l'alimentazione dell'acquifero nell'alta pianura trevigiana avviene prevalentemente in seguito a dispersioni del subalveo del F. Piave, quantificate in circa 29 mc/sec (valore medio annuo) da A. Dal Prà – L. D'Alpaos; secondariamente contribuiscono le precipitazioni efficaci, le irrigazioni ed i deflussi provenienti dalle zone pedemontane lungo paleoalvei sepolti. I fattori di alimentazione naturali delle falde sono individuabili nella dispersione dei corsi d'acqua, nella infiltrazione diretta degli afflussi meteorici e nella infiltrazione dei ruscellamenti dai versanti posti ai limiti settentrionale e occidentale della pianura Veneta.

Il fattore di ricarica più importante è la dispersione di subalveo dei corsi d'acqua. Il processo inizia allo sbocco in pianura delle valli montane e prosegue per vari chilometri verso valle. Lungo i tronchi d'alveo disperdenti la carta delle isofreatiche fa rilevare marcatissimi assi di alimentazione. L'alimentazione per dispersione d'acqua dagli alvei al sottosuolo determina tutta una serie di caratteri peculiari nelle falde: una strettissima analogia tra il regime dei corsi d'acqua e quello degli acquiferi sotterranei; una maggiore oscillazione della falda a ridosso dei tratti disperdenti; direzioni di deflusso della falda divergenti lateralmente dai letti fluviali. Il processo di dispersione è messo in risalto dalla mancanza di deflussi superficiali in alveo per estesi periodi dell'anno lungo buona parte dei tronchi disperdenti. Il fenomeno si verifica quando le portate di magra sono interamente assorbite dal sottosuolo allo sbocco del fiume in pianura, una situazione che si verifica quasi ogni anno per il Piave. L'importanza del processo di dispersione nella ricarica naturale degli acquiferi sotterranei è valutabile dalle dimensioni delle portate disperse e dal confronto tra queste e i valori delle portate di alimentazione attribuibili agli altri fattori. Il Piave, lungo il tratto disperdente tra Nervesa e le Grave di Papadopoli, con una portata media annua in entrata dell'ordine di 80 mc/sec, disperde circa 29 mc/sec, pari a 2.3 mc/sec per chilometro. Portate in ingresso di 8-10 mc/sec si disperdono interamente nel sottosuolo. A valle del tratto disperdente la portata di riassorbimento non varia sensibilmente al variare della portata fluente in alveo, essendo influenzata soprattutto dal regime dell'acquifero drenato. La portata media annua riassorbita è di 12-14 mc/sec.

Le precipitazioni efficaci sono un altro fattore di alimentazione naturale della falda freatica. Generalmente il regime delle precipitazioni ha un'importanza fondamentale per l'alimentazione di un sistema idrogeologico; nel nostro caso l'influsso del F. Piave e l'apporto irriguo rendono l'apporto meteorico un fattore di alimentazione secondario. Da valutazioni eseguite nella pianura trevigiana risulta che la portata media di precipitazioni immessa nel terreno è di circa 11 mc/sec.

Un contributo importante all'alimentazione delle falde è fornito dall'infiltrazione delle acque irrigue, il cui uso è ancora ampiamente diffuso nella pianura del Piave. Le irrigazioni forniscono al sottosuolo ghiaioso dell'alta pianura infiltrazioni fino al 30-40% delle acque immesse. Il contributo alle falde operato da questo fattore per la sola area di pianura tra Piave e Brenta è stato stimato pari a circa 15-18 mc/s.

Nel territorio comunale bassi valori della profondità della superficie della falda freatica sono riscontrabili in vicinanza al F. Piave, mentre aumenta gradualmente allontanandosi dall'alveo fluviale. Valori della superficie della falda compresi tra i 5 e i 10 metri dal piano campagna sono presenti in una fascia parallela al F. Piave, mentre nella zona centro occidentale i livelli sono superiori ai 10 metri dal piano campagna. La superficie della falda freatica è inevitabilmente soggetta a variazioni di quota corrispondenti ai periodi di magra e morbida dell'acquifero, legati alla stagionalità e alle variazioni di ricarica. Nel territorio in esame vi sono valori freaticometrici storici, in due pozzi, uno posto in località Spresiano e un altro a Lovadina. Nel pozzo di Spresiano, nel periodo 1924-1969, la profondità minima della falda è stata -15.29 mt dal p.c. (38.71 mt s.l.m.), e la massima in varie giornate, essendo il pozzo rimasto asciutto (prof. pozzo -27.00 mt dal p.c. e perciò > 27.0 mt s.l.m.). Nel pozzo di Lovadina, nel periodo 1924-1975, la profondità minima della falda è stata -11 mt dal p.c. (35.60 mt s.l.m.), e la massima in varie giornate, essendo il pozzo rimasto asciutto; non si conosce la profondità del pozzo, ma la profondità minima della falda è di -19.62 mt dal p.c. (26.98 mt s.l.m.). Riscontriamo perciò un'escursione massima stimata della falda di oltre 11 metri nel pozzo di Spresiano e di oltre 8 metri nel pozzo di Lovadina.

3.3 Sezioni geologiche

L'area in studio è costituita da un materasso alluvionale fluvioglaciale formato da ghiaie grossolane a matrice sabbiosa con livelli conglomeratici in profondità.

Non è stato possibile definire lo spessore del materasso alluvionale, che nelle sezioni è stato riscontrato sino alla profondità di circa 150 metri dal piano campagna, in corrispondenza del territorio comunale di Spresiano.

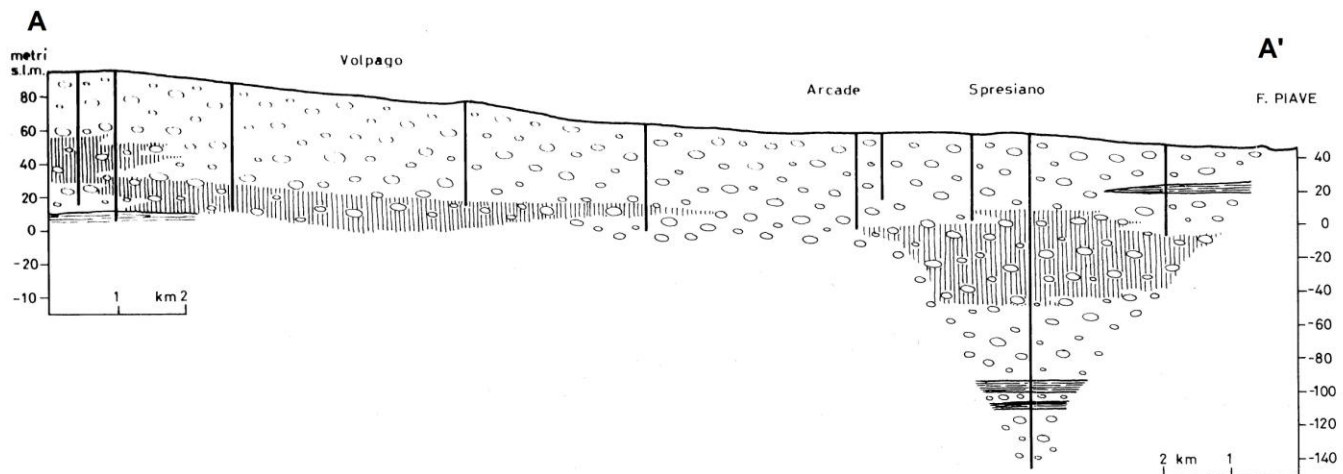


Fig. 11 - Sezione geologica A-A'

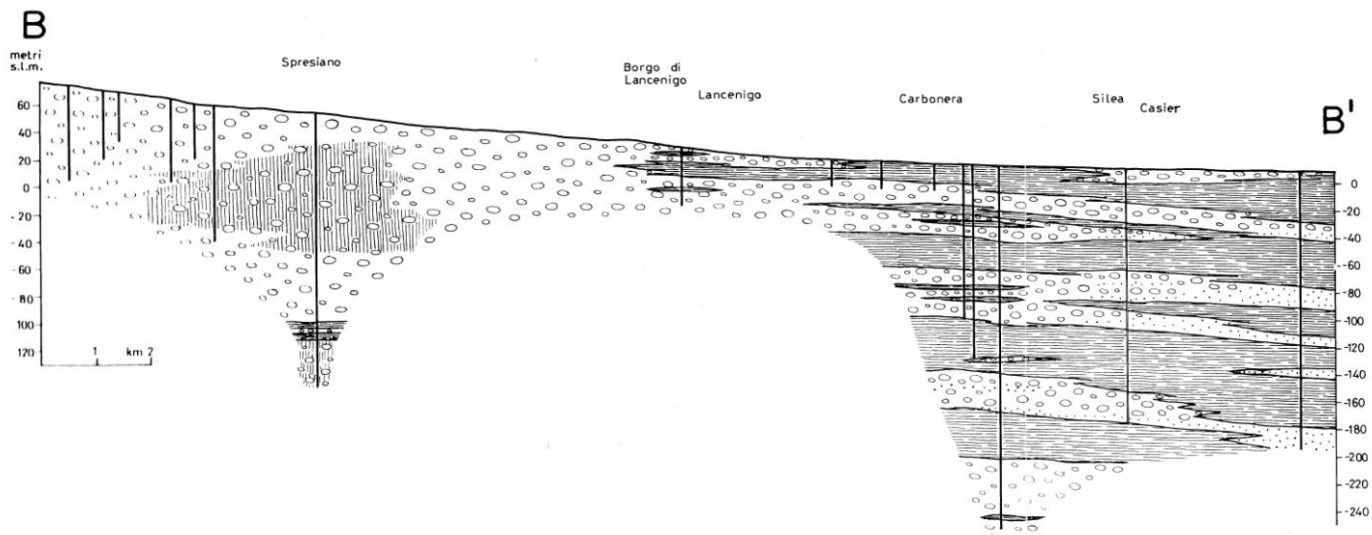


Fig. 12 - Sezione geologica B-B'

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. 4 HVSr, n. 1 ReMi e n. 1 Masw .

4.1 Parametri geotecnici

Si sono reperiti parametri geotecnici da una prove penetrometriche statica con punta meccanica (CPT) cartografata nella “Carta delle Indagini”, nella quale sono stati inseriti i valori di “resistenza alla punta”, della “ resistenza laterale”, dell’angolo d’attrito e della coesione non drenata. Questa prova è stata realizzata in corrispondenza del litotipo “GMfg” (ghiaie in matrice sabbiosa, debolmente limosa, e ghiaie a volte cementate in profondità di origine fluvioglaciale). I dati sono rappresentati nel capitolo 11 (allegati).

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. 1 prove REfraction Microtremors;
- n. 1 MASW;
- n. 4 HVSr.

La normativa prevede il calcolo del parametro Vs30, indicando come metodologia di elezione la misura della velocità delle onde di taglio ed in subordine la prova SPT e, nei mezzi coesivi, il valore della cu. Detto parametro si calcola attraverso la relazione:

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

dove h1 e V1 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 (Vs) è quella che meglio di ogni altro parametro fisico caratterizza i materiali dal punto di vista del loro comportamento meccanico.

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

- Andamento della velocità delle onde S (Vs) fino al basamento, ovvero fino alla profondità alla quale le velocità Vs>800 m/sec: questa informazione viene utilizzata per dedurre il valore medio di Vs fino al basamento sismico.

- In assenza di questa informazione, valore del periodo proprio (frequenza di risonanza) delle coperture, accompagnato da una stima affidabile della profondità del substrato geologico, oppure da una stima della velocità media V_{SH} delle onde S fino al primo contrasto significativo nei valori di impedenza sismica, purchè questo corrisponda ad un transizione brusca ad un substrato da $V_s > 600$ m/sec.

In questo studio sono stati perciò realizzati n.1 profili ReMi, n.1 Masw, e n. 4 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 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*.

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

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

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

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

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

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

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

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

Alla fine quindi, gli effetti di sito **SM** (ampiezza del rapporto spettrale) 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 Vs - profondità, tramite inversione vincolata. Nel caso presente il vincolo è fornito dalla Vs 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 lisciamiento triangolare;
- lisciamiento 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. 6 siti, in particolare sono state eseguite misure n. 4 misure HVSR, n.1 stendimenti MASW e n.1 ReMi (v. Allegati).

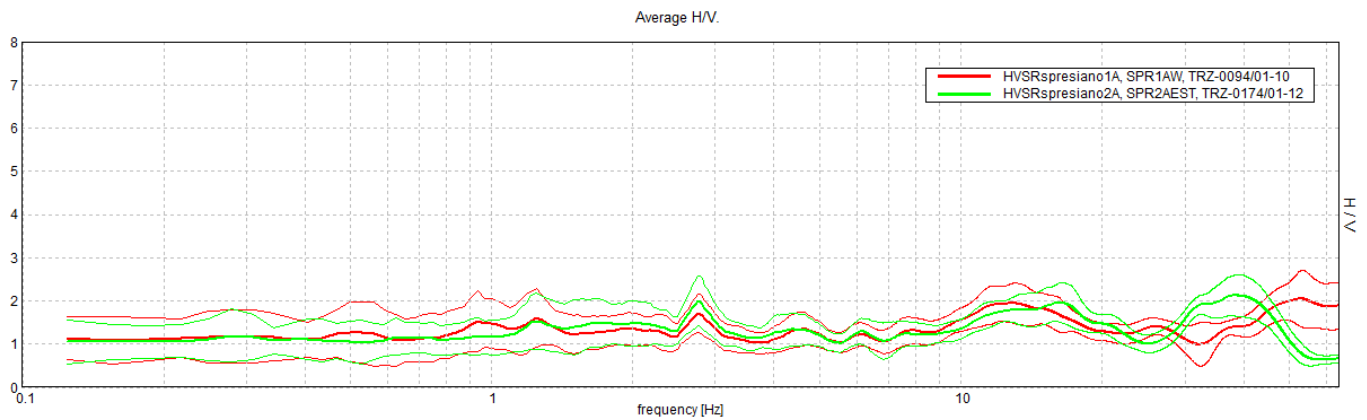
Le tecniche in array (es. MASW e ReMi) usate si fondano sull'assunto di sottosuolo a strati piani e paralleli. Questo è un requisito fondamentale per l'inversione dei dati sperimentali. Al fine di verificare se l'assunto sia o meno soddisfatto è buona norma effettuare alcune registrazioni a stazione 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 5 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 è stata eseguita una misura MASW n.1, una ReMi n.1, e due HVSR (n.1 e 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. La sovrapposizione delle due curve H/V 1 e 2 è buona, vi sono delle difformità a frequenze superiori ai 20 Hz.



Sovrapposizione HVSR 1 e 2

Nelle curve H/V si riscontrano dei modesti artefatti di origine antropica.

La curva H/V 1A presenta frequenze di risonanza modeste, nell'intervallo da 1 a 20 Hz, in particolare a 12.8 Hz con ampiezza rispettivamente di 1.95; la curva H/V 2A presenta una frequenze di risonanza modeste, nell'intervallo da 1 a 20 Hz : a 12.9 Hz con ampiezza di 1.8 e a 1.6 con ampiezza di 1.95.

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 40 Hz, nella MASW tra circa 37 Hz.

Il modello di sottosuolo ottenuto è il seguente:

Spessore degli strati (metri)	Vs (m/sec)
3.5	300
0	500

La Vs₃₀ (velocità media delle onde di taglio dei primi 30 metri) calcolata ai sensi del DM 14.01.2008 è di circa 459 m/sec (incertezza dell'ordine del 15%). Qualora il piano di fondazione venga posto a -1.00 metri dal piano campagna, la categoria del suolo è **"B"**, considerando la soluzione più restrittiva a favore della sicurezza (459-15%= circa 390 m/sec).

➤ **Sito n.2**

Nel sito in esame è stata eseguita una misura HVSR 3.

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

La curva H/V presenta modeste frequenze di risonanza, nell'intervallo da 1 a 20 Hz : una a 1.5 Hz con ampiezza di 1.6, e una seconda a 9.6 Hz con ampiezza di 1.8.

➤ **Sito n.3**

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

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

La curva H/V non presenta frequenze di risonanza che meritano d'essere prese in considerazione, nell'intervallo da 1 a 20 Hz.

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 relazione geologica allegata al PAT comunale e da vari studi su ricerche idrogeologiche (v. bibliografia). La fotointerpretazione ha avuto come obiettivo l'individuazione delle forme fluviali e fluvioglaciali, 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. 14 indagini pregresse, reperite presso l'ufficio tecnico comunale (dal PAT del comune e da altri progetti). Sono state raccolte n. 3 trincee esplorative, n. 1 prova penetrometrica statica con punta meccanica, , n. 10 pozzi per acqua.

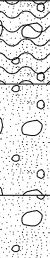
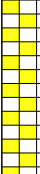
La profondità massima raggiunta da queste indagini è di 100 metri.

Queste indagini sono state ritenute insufficienti per una ricostruzione sismostratigrafica del sottosuolo, per cui si è ritenuto opportuno eseguire n. 6 indagini sismiche ex novo: n. 4 HVSR, n.1 MASW e n.1 REMI.

Mediante le analisi sopraesposte è stato possibile procedere alla realizzazione di sezioni geologiche e alla ricostruzione dell'assetto litostratigrafico dell'area. Tutto il territorio è caratterizzato dalla presenza di terreni di copertura costituiti da ghiaie in matrice sabbiosa, con livelli conglomeratici in profondità; non è stato riscontrato il substrato roccioso. L'unità geologico-litotecnica rilevata è la seguente:

- (**GMfg**) : ghiaia in matrice sabbiosa, debolmente limosa, e ghiaie a volte cementate in profondità di origine fluvioglaciale. Talvolta in profondità sono presenti livelli argillosi di modesto spessore. La profondità media stagionale della falda presenta valori talvolta inferiori ai 10 metri dal piano campagna. Le indagini sismiche ci hanno consentito di valutare una Vs30 mediamente superiore ai 360 m/sec.

Committente			SONDAGGIO	FOGLIO
Cantiere	Via S. Pio X		11	1
Località	Spresiano		Il geologo	
Data Inizio		Data Fine		

Scala 1:50	Stratigrafia	Descrizione	Profondità'	Potenza
		Terreno vegetale		0.90
		Ghiaia fine con limo	0.90	0.60
		Ghiaia media debolmente limosa con sabbia e ciottoli	1.50	0.80
		Ghiaia media debolmente limosa con sabbia	2.30	0.50
			2.80	

Committente			SONDAGGIO	FOGLIO
Cantiere	via Calessani		3	1
Località	Fornaci di Spresiano		Il geologo	
Data Inizio		Data Fine		

Scala 1:600	Stratigrafia	Descrizione	Profondità	Potenza
6		terreno vegetale ghiaioso	0.70	0.70
12		ghiaia sabbiosa grossolana		
18				23.30
24				
30		conglomerato	24.00	1.50
36		ghiaia	25.50	
42				13.70
48		conglomerato	39.20	2.00
54		ghiaia	41.20	
60				14.80
66		ghiaia e conglomerato	56.00	
72				31.50
78				
84				
90		ghiaia	87.50	1.50
		conglomerato	89.00	2.50
		ghiaia	91.50	1.50
96		conglomerato	93.00	1.00
		ghiaia sabbiosa	94.00	6.00
			100.00	

- **(GMtf)** : ghiaia in matrice sabbiosa, debolmente limosa, e ghiaie a volte cementate in profondità di origine fluviale in superficie e in profondità fluvioglaciale. Talvolta in profondità sono presenti livelli argillosi di modesto spessore. La profondità media stagionale della falda presenta valori talvolta inferiori ai 10 metri dal piano campagna.
- **(GMes)** : ghiaia in matrice sabbiosa, debolmente limosa, dell'alveo fluviale del Piave. Talvolta in profondità sono presenti livelli argillosi di modesto spessore. La profondità media stagionale della falda presenta valori talvolta inferiori ai 5 metri dal piano campagna.
- **(Rizz)** : Depositi di riporto antropico di varia natura. Sono presenti bonifiche fondiarie, ex cave e/o discariche, il loro spessore può essere anche di una decina di metri e la loro natura è variabile: riporto inerte, rifiuti speciali e/o urbani. In questa categoria sono stati inseriti anche dei terrapieni stradali e ferroviari. Considerata la variabilità di questi materiali, non sono state eseguite indagini sismiche.

6. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE

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

- reperimento dati bibliografici (da PAT comunale, da varie ricerche idrogeologiche).
- analisi delle foto aeree;
- osservazione di campagna;
- raccolta di indagini geognostiche pregresse (n.14: n. 3 trincee esplorative, n. 1 Prova penetrometrica statica con punta meccanica, n. 10 pozzi per acqua).
- esecuzione di indagini sismiche (n. 4 HVSR, 1 MASW e 1 REMI).

Non sono state reperite indagini attestanti la profondità del substrato roccioso.

Le indagini geognostiche raccolte sono state sufficienti per determinare la stratigrafia dell'intera area di studio, ma carenti per caratterizzare, dal punto di vista geotecnico i litotipi, soprattutto il "GMtf e GMes".

Le indagini sismiche, di nuova realizzazione, hanno individuato contrasti d'impedenza in corrispondenza del litotipo "GMfg", e hanno consentito di individuare le Vs30. Esse sono mediamente superiori ai 360 m/sec.

Si ritiene sia necessario programmare nuove indagini sismiche per confermare l'omogeneità dei dati riscontrati nel territorio, sia come Vs che come 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. Sarà utile inoltre realizzare o reperire ulteriori sondaggi per caratterizzare con maggiore accuratezza le caratteristiche geotecniche dei litotipi.

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 suscettibili di 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;
- punti di misura di rumore ambientale;

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

I “*punti di misura di rumore ambientale*” sono 4.

Nella categoria “zone di attenzione per instabilità”, sono state individuate due tipologie d’instabilità: Zone di attenzione per faglie attive e capaci, ed aree con cedimenti differenziali. Quest’ultime sono aree di bonifica, di cava e/o di discarica, zone in cui si possono verificare cedimenti per la diversa competenza dei materiali.

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 Pozzi per acqua, trincee esplorative, prove penetrometriche statiche

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

- *Pozzi per acqua*: sono state allegate n. 10 stratigrafie, reperite da documentazione varia presso gli uffici comunali. La massima profondità raggiunta è di 100 metri dal piano campagna e hanno raggiunto la falda acquifera. Nessun pozzo ha raggiunto il substrato roccioso.
- *Trincee esplorative*: sono state allegate n.3 stratigrafie, reperite da documentazione varia presso gli uffici comunali. La massima profondità raggiunta è di 3.30 metri dal piano campagna; nelle trincee non si sono riscontrate venute d’acqua.
- *Prove penetrometriche statiche con punta meccanica (CPT)*: è stata allegata una penetrometria, reperite da documentazione varia presso gli uffici comunali. La massima profondità raggiunta è di 2.0 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 (v. allegato):

- n. 1 prove REfraction Microtremors;
- n. 1 MASW;
- n. 4 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 (cave, discariche, ecc.). 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. In cartografia sono stati inoltre riportati gli elementi 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: *GMfg*, *GMtf*, *GMes*, e *Rlzz*.

Questi litotipi sono descritti nel cap. 5.

8.2.2 Forme di superficie

Sono state censite delle "forme di superficie" particolarmente importanti per problematiche sismiche: gli *orli di scarpata morfologica*, sono stati censite scarpate di origine antropica e sono state censite quelle con altezza dai 10 ai 20 metri.

8.2.3 Elementi tettonico strutturali

Sono state riprodotte due faglie attive: “Nervesa” e “Sacile” , come rappresentate 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.

8.2.4 Elementi geologici e idrogeologici

Gli elementi geologici e idrogeologici rappresentati sono i seguenti:

- *la profondità dei sondaggi e/o pozzi che non hanno raggiunto il substrato rigido*. La profondità massima raggiunta di questi pozzi è di 100 metri.
- *la profondità della falda in aree con sabbie e/o ghiaie*. Sono stati riportati valori di profondità della falda del dicembre 2012. Nelle alluvioni il livello della falda, riscontrato nei pozzi varia dai 28.67 ai 9.07 metri dal p.c..

8.2.4 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. “*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*” per effetto litologico-stratigrafico ed è stato suddiviso nel modo seguente:

- **Zona 2001** : ghiaia in matrice sabbiosa, debolmente limosa, e ghiaie a volte cementate in profondità di origine fluvioglaciale. Talvolta in profondità sono presenti livelli argillosi di modesto spessore. La profondità media stagionale della falda presenta valori talvolta inferiori ai 10 metri dal piano campagna. Le indagini sismiche ci hanno consentito di valutare una Vs30 mediamente superiore ai 360 m/sec. Questo litotipo poggia sul substrato roccioso, la cui profondità non è stato possibile determinarla. La massima profondità raggiunta dai sondaggi, senza raggiungere il substrato roccioso, è stata di 100 metri.

Committente		SONDAGGIO	FOGLIO
Cantiere	Via S. Pio X	11	1
Località	Spresiano	Il geologo	
Data Inizio			
		Data Fine	

Scala 1:50	Stratigrafia	Descrizione	Profondità'	Potenza
		Terreno vegetale		0.90
		Ghiaia fine con limo	0.90	0.60
		Ghiaia media debolmente limosa con sabbia e ciottoli	1.50	0.80
		Ghiaia media debolmente limosa con sabbia	2.30	0.50
			2.80	

Committente			SONDAGGIO	FOGLIO
Cantiere	via Calessani		3	1
Località	Fornaci di Spresiano		Il geologo	
Data Inizio		Data Fine		

Scala 1:600	Stratigrafia	Descrizione	Profondità	Potenza
6		terreno vegetale ghiaioso	0.70	0.70
12		ghiaia sabbiosa grossolana		
18				23.30
24				
30		conglomerato	24.00	1.50
36		ghiaia	25.50	
42				13.70
48		conglomerato	39.20	2.00
54		ghiaia	41.20	
60				14.80
66		ghiaia e conglomerato	56.00	
72				31.50
78				
84				
90		ghiaia	87.50	1.50
		conglomerato	89.00	2.50
		ghiaia	91.50	1.50
96		conglomerato	93.00	1.00
		ghiaia sabbiosa	94.00	6.00
			100.00	

- **Zona 2002:** ghiaia in matrice sabbiosa, debolmente limosa, e ghiaie a volte cementate in profondità di origine fluviale in superficie e in profondità fluvioglaciali. Talvolta in profondità sono presenti livelli argillosi di modesto spessore. La profondità media stagionale della falda presenta valori talvolta inferiori ai 5 metri dal piano campagna. Si tratta delle alluvioni ghiaiose dell'alveo del F. Piave e di quelle terrazzate. Sono aree non urbanizzate, per cui non sono state realizzate indagini sismiche.
- **Zona 2003:** : Depositi di riporto antropico di varia natura. In questa categoria sono stati inseriti i terrapieni stradali e ferroviari. 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 due tipologie di effetti deformativi:

- *per faglia attiva e capace;*
- *cedimenti differenziali.*

Al primo tipo appartiene una fascia di 400 metri (200+200 metri) a cavallo della traccia del piano di rottura delle faglie considerate attive e capaci dal progetto Ithaca.

Al secondo tipo fanno parte le zone con cedimenti differenziali: sono le aree di bonifica, di cava e/o di discarica; sono zone in cui si possono verificare cedimenti per la diversa competenza dei materiali.

8.3.3 Forme di superficie e sepolte

Sono aree in cui potrebbero verificarsi fenomeni di amplificazione del moto sismico. In cartografia sono state censiti gli orli di scarpata morfologica da 10 a 20 metri. Questi elementi sono stati descritti nel capitolo 8.2.3.

8.3.4 Faglie attive

Sono state riprodotte due faglie attive: "Nervesa" e "Sacile", come rappresentate 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.

8.3.5 Punti di misura di rumore ambientale

Sono rappresentati i 4 punti di misura di rumore ambientale (HVSR) con indicazione della frequenza fondamentale.

9. CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DI DANNI PER EVENTI PASSATI

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 Maser e con magnitudo $M_{aw} \geq 5$ sono i seguenti:

- anno 778 in Treviso con $M_{aw}=5.84$;
- anno 1268 nel Trevigiano con $M_{aw}=5.37$;
- anno 1695 nell'Asolano con $M_{aw}=6.61$;
- anno 1756 in Treviso con $M_{aw}=5.03$;
- anno 1860 nel Valdobbiadense 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 1895 nel Valdobbiadense con $M_{aw}=5.06$;
- anno 1900 nel Valdobbiadense con $M_{aw}=5.22$;

Nelle ricerche bibliografiche eseguite, pur non approfondite con ricerche documentali specifiche di atti risalenti al periodo degli eventi; probabilmente si sono verificati dei danni per eventi sismici con il terremoto del 1695 (epicentro nell'asolano - v. tab. 2b), in quanto nella città di Treviso è stata stimata un'intensità del settimo grado della scala Mercalli.

10. PROPOSTA DI NORMATIVA TECNICA AI SOLI FINI SISMICI

Ai soli fini sismici e prima dell'approvazione dello studio di microzonazione sismica di secondo livello del territorio comunale, nelle "aree suscettibili in instabilità" che interessino fabbricati di nuova costruzione e/o di ristrutturazione, e infrastrutture a rete, si dovrà procedere all'analisi della Risposta Sismica Locale (RSL); nelle "aree stabili suscettibili di amplificazione sismica", le indagini geologiche dovranno essere eseguite in conformità al decreto 14.01.2008 "Nuove Norme tecniche per le costruzioni" con la seguente metodologia di lavoro:

A. per costruzioni in cui si prevedono affollamenti significativi (es. teatri, cinema, alberghi, ecc.), attività pericolose per l'ambiente (es. soggette alla Legge Seveso, industrie insalubri, ecc.), funzioni pubbliche o strategiche, sociali essenziali, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza, accordi di programma e strumenti urbanistici attuativi come da L.R. 27.04.2005 n.45 (piani di lottizzazione e particolareggiati, piani per l'edilizia economica e popolare, piano delle aree da destinare a insediamenti produttivi, piani di recupero, piani ambientali, ecc) si dovrà procedere a :

- redazione di un'apposita cartografia (scala minima 1:5.000) geologica, geomorfologica, idrogeologica di un'area convenientemente estesa, che metta in evidenza i fenomeni di instabilità delle scarpate (es. orlo di scarpata di cave, ...), la morfologia che può causare amplificazioni topografiche (es. scarpate con pareti subverticali, ...), i cedimenti differenziali dovuti a contatti tra formazioni con caratteristiche litologiche e meccaniche molto diverse, i fenomeni di liquefazione, le caratteristiche litologiche, l'ubicazione delle prove in sito, la profondità della falda, le risorgive, le sorgenti e i pozzi, le superfici di discontinuità (faglie attive e capaci), ecc.. Inoltre dovranno essere allegate, ove necessarie perché significative, delle sezioni litostratigrafiche;
- indagini in sito: dovrà essere realizzati sondaggi con prove SPT in foro e/o prove penetrometriche. La caratterizzazione geofisica dei terreni, con l'acquisizione diretta delle onde di taglio "Vs", potrà essere eseguita con i seguenti metodi: Down-Hole, Cross-Hole, Cono sismico, MASW, ReMi e/o altri metodi riconosciuti dalla comunità scientifica; importanti sono anche le misurazioni con velocimetri e accelerometri del rumore di fondo (microtremori di origine naturali e/o artificiali, o eventi sismici di magnitudo variabile);
- relazione tecnica ed elaborazione dati: deve essere verificata la liquefacibilità dei terreni e l'addensamento dei materiali granulari attraverso una valutazione

quantitativa facendo riferimento alle prove in sito, dovranno essere allegati i diagrammi di misura delle onde di taglio “Vs”, e della definizione del periodo proprio di vibrazione del sottosuolo. La risposta sismica locale potrà essere valutata tramite metodi di calcolo monodimensionali e/o bidimensionali (quello ad elementi finiti è ottimale nel caso di sezioni che presentino alle due estremità la chiusura dei depositi sul bedrock, mentre quello ad elementi di contorno è in grado di modellare situazioni con morfologia complessa esempio scarpate, creste, dorsali, ecc.) e/o tridimensionali. Per un corretto uso dei metodi di calcolo è necessario acquisire i parametri geotecnici dinamici con prelievo di campioni e prove di laboratorio e/o, nel caso ci sia la corrispondenza geologico-tecnica dei materiali, è sufficiente allegare dati di letteratura, provenienti da specifiche prove di laboratorio. (v. es. file Regione Lombardia, ecc.).

B. Per le situazioni diverse dal punto A. È necessario procedere a:

- redazione di un'apposita cartografia (scala minima 1:5.000) geologica, geomorfologica, idrogeologica di un'area convenientemente estesa, che metta in evidenza i fenomeni di instabilità delle scarpate (es. orlo di scarpata di cave, ...), la morfologia che può causare amplificazioni topografiche (es. scarpate con pareti subverticali, ...), i cedimenti differenziali dovuti a contatti tra formazioni con caratteristiche litologiche e meccaniche molto diverse, i fenomeni di liquefazione, le caratteristiche litologiche, l'ubicazione delle prove in sito, la profondità della falda, le risorgive, le sorgenti e i pozzi, le superfici di discontinuità (faglie attive e capaci), ecc.. Inoltre dovranno essere allegate, ove necessarie perché significative, delle sezioni litostratigrafiche;
- la categoria di suolo potrà essere determinata come previsto dal DM 14.01.2008 “Norme tecniche per le costruzioni”, con la misura della velocità media delle onde sismiche di taglio “Vs30” : “La misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio è fortemente raccomandata. Nei casi in cui tale determinazione non sia disponibile, la classificazione può essere effettuata in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica nei terreni prevalentemente a grana grossa e della resistenza non drenata equivalente “cu30” nei terreni prevalentemente a grana fina.”

Si potranno utilizzare valori provenienti da misure dirette puntuali delle onde di taglio “Vs30” eseguite in un sito anche diverso da quello investigato, purché i litotipi siano

compatibili dal punto di vista “geotecnico-geofisico” a quelli riscontrati nell’area in studio. Sono consigliate misure dirette delle onde di taglio “Vs” acquisite con metodi geofisici di superficie e riconosciuti dalla comunità scientifica (es. MASW, ReMi, ecc.). L’amplificazione topografica potrà essere determinata come previsto dall'Eurocodice 8 e/o da altra documentazione riconosciuta dalla comunità scientifica. La liquefacibilità e l'addensamento dei terreni dovranno essere valutati attraverso prove in sito.

In corrispondenza alle zone di attenzione delle faglie attive e/o capace presunte, non sono previste analisi particolari (es. la RSL per le aree instabili), in quanto si rimane in attesa di precise disposizioni normative regionali e/o statali. Rimangono valide le indagini previste per le aree stabili suscettibili di amplificazione sismica.

11. BIBLIOGRAFIA

- AGIP MINERARIA: *"Mappa delle isobate del Quaternario della Pianura Padana"*. S. Donato Milanese, 1978.
- ANTONELLI R.: *"Primi risultati di ricerche idrogeologiche sulla ricarica naturale delle falde nell'alta pianura alluvionale del Fiume Piave"*. Memorie di Scienze geologiche, V. XXXVIII, Padova, 1986.
- 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
- ARCHIVIO STORICO DI ASOLO: *"Comune di Asolo Libro giallo n.2"*;
- ARCHIVIO STORICO DI ASOLO: *"Schede Giomo- Il terremoto nell'Asolano -1695"*;
- ARPAV: *"Carta dei suoli del Veneto"*, 2005.
- AUTORI VARI: CARTA GEOLOGICA DELLE TRE VENEZIE: *"Foglio Conegliano"*. Scala 1:100.000, Uff. Idrogr. Mag. Acque, Venezia, 1963.
- 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 dei bacini Idrografici dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Piave Brenta-Bacchiglione"*, 2012
- BANCA DATI IFFI – Inventari Fenomeni Franosi in Italia.
- BANCA DATI ISPRA
- BARATTA M. : *"I terremoti d'Italia"*, 1901.
- BIBLIOTECA COMUNALE DI TREVISO: G. Mestriner *"Cronaca di Treviso dal 1682 al 1730, pagine 150 e 151"*. Manoscritto cod. n. 645
- BOLLETTINO DI GEOFISICA TEORICA ED APPLICATA: *"Distretti sismici del Veneto"* di M. Segan e L. Peruzza, 2011
- 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"*
- 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 SPRESIANO – PRG comunale.

- DAL PRA' A.: *"La ricarica delle falde nell'alta Pianura Trevigiana in destra Piave"* Consorzio di Bonifica Destra Piave – Dipartimento Geologia Università di Padova, Treviso, 1989.
- 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.
- DECRETO MINISTERIALE: *"Norme Tecniche sulle costruzioni"*, 2008.
- ENEL-AQUATER: *"Elementi di Neotettonica del territorio italiano"*. Milano, 1981.
- GALADINI e altri: *"Sorgenti sismo genetiche responsabili di terremoti distruttivi nell'Italia Nord-Orientale"* Gruppo Nazionale di Geofisica della Terra Solida, 2002
- GEOPORTALE REGIONE VENETO – Aree carsiche, cave, discariche, fenomeni franosi, zone naturali protette.
- 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.
- OMBRA (Observing Montello Broad Activity): una rete temporanea per lo studio dei processi di deformazione attraverso la faglia del Montello – di Cvaliere, Serpelloni e altri – Roma 21.12.2010
- PERUZZA e SUGAN: *"Distretti sismici del Veneto"* Bollettino di Geofisica Teorica e Applicata - 2011
- PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI – Dipartimento della Protezione Civile e altri: *"Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica"*, 2008.
- PROVINCIA DI TREVISO – PTPC.
- PROVINCIA DI TREVISO: *"Idrogeologia e carta freatimetrica della Provincia di Treviso"*.
- 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.
- SLEJKO e altri: *"Modello sismotettonico dell'Italia nord orientale"*. CNR-GNDT, 1987
- ZANFERRARI A. et al.: *"Evoluzione neotettonica dell'Italia nord-orientale"*. Mem. Sc.Geol. Vol. XXXV, Univ. Padova, 1982.

Spresiano, Settembre 2014

Il geologo

