



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



REGIONE VENETO



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

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione Illustrativa

Regione Veneto

Comune di Castelfranco Veneto (TV)

Regione del Veneto	Soggetto realizzatore 	Marzo 2017
--------------------	--	------------

1. INTRODUZIONE.....	3
2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO	3
2.1 ZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO NAZIONALE.....	3
2.2 TERREMOTI DI RIFERIMENTO.....	8
2.2 FAGLIE ATTIVE E CAPACI, E SORGENTI SISMOGENETICHE RESPONSABILI DI TERREMOTI.....	11
2.3 PRINCIPALI FAGLIE NELL'AREA IN STUDIO.....	16
3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA.....	18
3.1 CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE.....	18
3.2 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE.....	20
3.3 SEZIONI GEOLOGICHE.....	24
4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI	26
4.1 PARAMETRI GEOTECNICI.....	26
4.2 PROVE GEOFISICHE.....	27
4.2.1 <i>Indagine sismica mediante la tecnica dei microtremori "ReMi"</i>	28
4.2.2 <i>Indagine sismica mediante la tecnica "MASW"</i>	29
4.2.3 <i>Indagine sismica mediante la tecnica "HVSr" a stazione singola</i>	30
4.2.4 <i>Analisi delle risultanze</i>	32
5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO	39
6. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE	43
7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI	44
8. ELABORATI CARTOGRAFICI DELLA MICROZONAZIONE SISMICA DI PRIMO LIVELLO.....	44
8.1 CARTA DELLE INDAGINI.....	45
8.1.1 <i>Trincee esplorative, prove penetrometriche statiche, prove penetromiche</i>	45
8.1.2 <i>Indagini sismiche</i>	45
8.2 CARTA GEOLOGICO-TECNICA.....	46
8.2.1 <i>Terreni di copertura</i>	46
8.2.2 <i>Forme di superficie e sepolte</i>	46
8.2.3 <i>Elementi tettonico strutturali</i>	46
8.2.4 <i>Elementi geologici e idrogeologici</i>	46
8.2.5 <i>Altri elementi</i>	46
8.3 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA.....	47
8.3.1 <i>Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali</i>	47
8.3.2 <i>Zone suscettibili di instabilità</i>	52
8.3.3 <i>Forme di superficie e sepolte</i>	52
8.3.4 <i>Punti di misura di rumore ambientale</i>	52
9. CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DI DANNI PER EVENTI PASSATI	53

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'O.C.D.P.C. n. 293 del 26.10.2015 *"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. 428 del 07.04.2016, 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, O.C.D.P.C. n. 293 del 26.10.2015 ..."* vengono stabiliti le modalità di accesso al finanziamento per i Comuni. Con DGRV n 1664 del 21.10.2016 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 della normativa vigente 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 4.01) del Ottobre 2015* – 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.

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

2.1 Zonazione sismica del territorio nazionale

➤ Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale

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

sul piano di fondazione è costituito dallo spettro di risposta elastico, altro modello consiste nel descrivere il moto del suolo mediante accelerogrammi.

Lo spettro di risposta elastico è costituito da una forma spettrale (spettro normalizzato) riferita allo smorzamento convenzionale del 5% e considerata indipendente dal livello di sismicità, moltiplicata per il valore della accelerazione massima convenzionale del terreno fondale "ag" che caratterizza il sito. 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 Castelfranco Veneto, in zona "3", riferita a suoli molto rigidi ($V_s > 800$ m/s) varia da 0,150g a 0.200g.

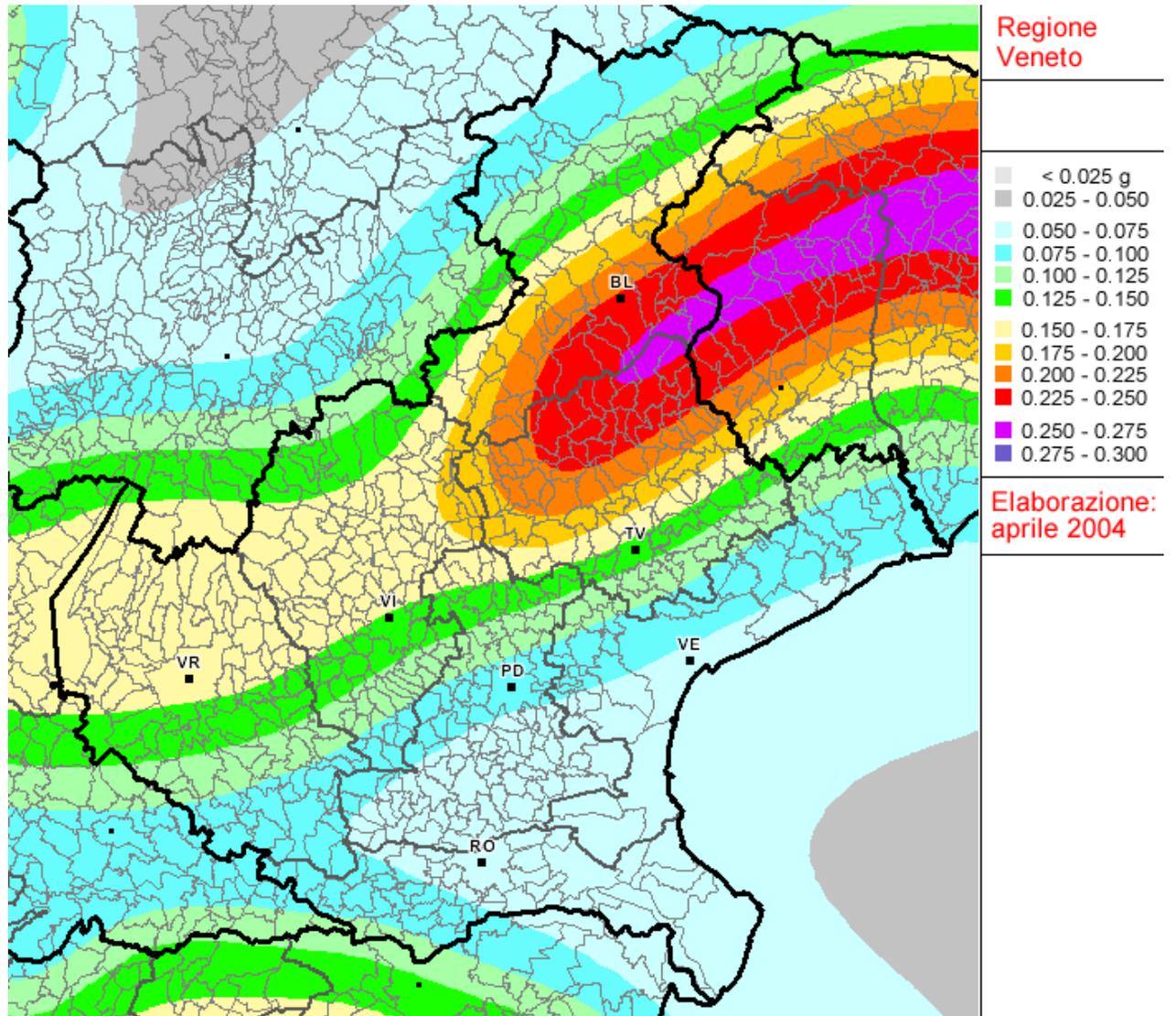


Fig. 1 - Mappa della pericolosità sismica della Regione del Veneto espressa in termini di accelerazione massima al suolo ($a_{g \max}$) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (tempo di ritorno 475 anni) riferita ai suoli molto rigidi ($V_s > 800$ m/sec)

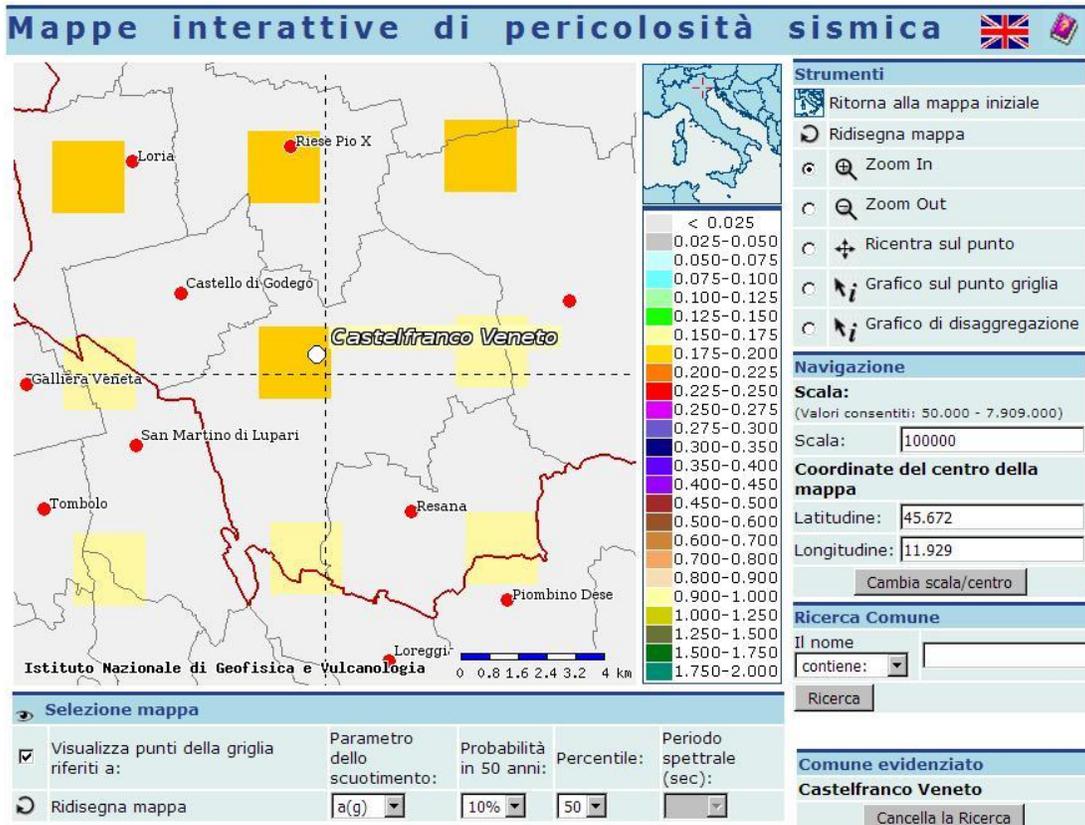


Fig. 2: Mappa della pericolosità sismica relativa al territorio comunale di Castelfranco Veneto espressa in termini di accelerazione massima al suolo ($a_g \max$) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (tempo di ritorno 475 anni) riferita ai suoli molto rigidi ($V_s > 800$ m/sec)

➤ Carta delle zone sismogenetiche ZS9

Oltre alla “Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale” è stata redatta la “*Carta delle zone sismo genetiche ZS9*”, che suddivide il territorio italiano in 36 zone, in base a un modello cinematico che sfrutta una serie di relazioni di attenuazione stimate sulla base di simulazioni. 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. 3). 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.

Tutte le zone sismo genetiche vengono considerate omogenee ai fini della probabilità di accadimento degli eventi sismici e in rapporto agli epicentri noti, ne consegue che non esiste l'effetto distanza. L'ICMS 2008 al paragrafo 2.8.2 stabilisce che può essere utilizzato, a favore della sicurezza, per alcune tipologie di verifiche (es. liquefazione), la magnitudo attesa massima della zona sismogenetica di appartenenza. Per le aree 905 e 906 la magnitudo massima attesa è $M_{wmax} = 6.60$.

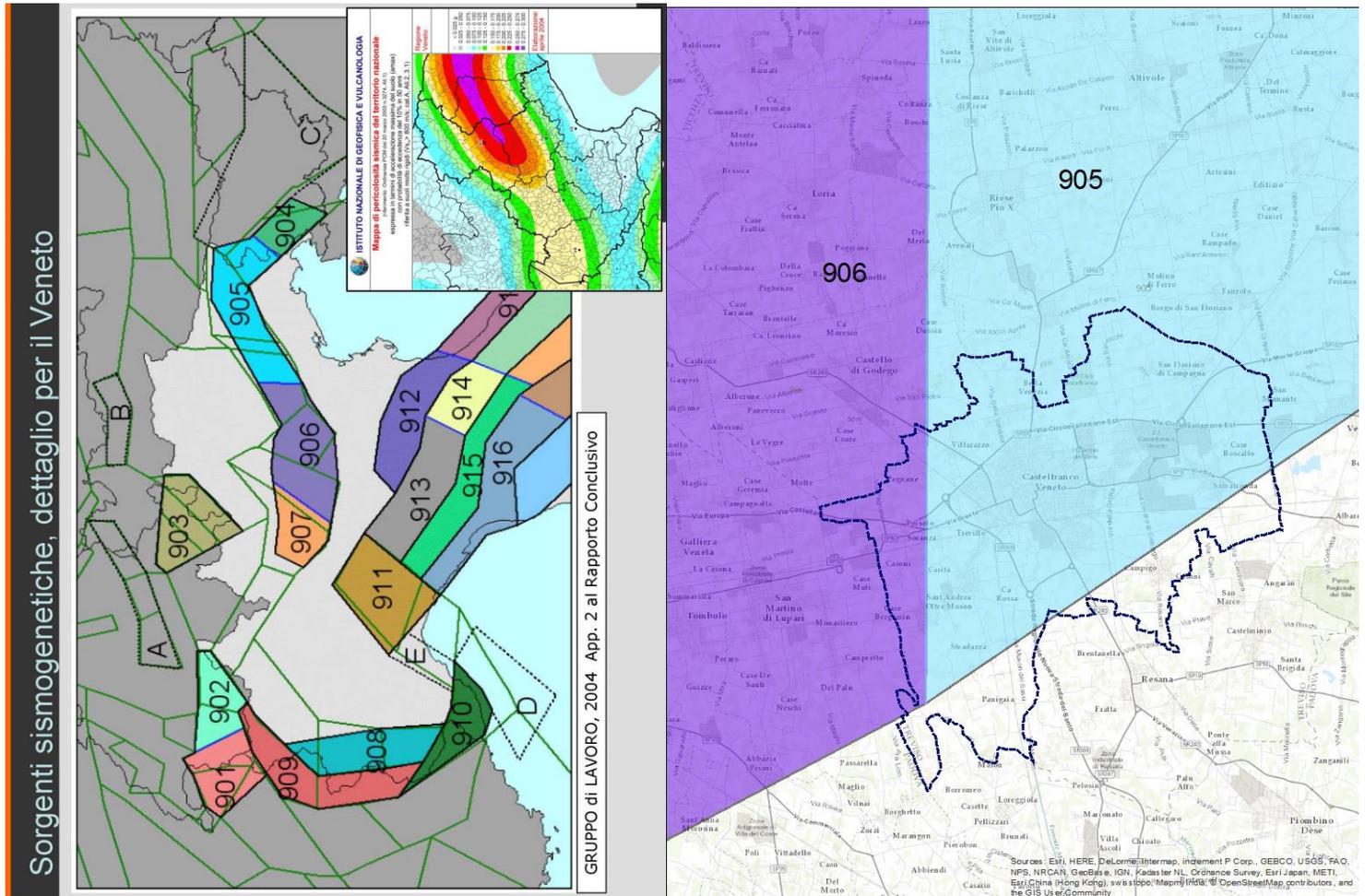


Fig. 3: Zonazione sismogenetica ZS9 del Veneto, con posizione del Comune di Castelfranco Veneto, in parte nella zona 905 e 906, e in parte fuori dalla ZS9.

2.2 Terremoti di riferimento

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 Castelfranco Veneto 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 $M_{aw}=5.03$;
- anno 1895 nel Valdobbiadene con $M_{aw}=5.06$;
- anno 1900 nel Valdobbiadene con $M_{aw}=5.22$;
- anno 1943 nel Valdobbiadene con $M_{aw}=5.18$.

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: M_{aw} con errore D_{aw} e tipologia di stima TW , M_{as} (calcolata sulle onde superficiali) con errore D_{as} e tipologia di stima TS , e infine M_{sp} (da utilizzare nella relazione di attenuazione di Sabetta Pugliese) con errore D_{sp} 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 (45.672, 11.929) 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		
105	CP	1365	3	4				VENETO	POSS85			60		45.5	12		4.83	0.26	4.30	0.39	4.53	0.36				2003	105		
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		
132	DI	1410	6	10	21			Verona	CFTI	9	55	55	M	45.47	11.8	A	4.72	0.12	4.13	0.18	4.37	0.17			175	236	132		
211	DI	1511	3	28	12	15		Slovenia	CFTI	8	60	55		45.5	11.93	A	4.74	0.11	4.16	0.17	4.40	0.16			213		211		
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			TREVISO	OGSS7			55		45.533	12.217		4.63	0.13	4.00	0.20	4.25	0.19			2021	470			
550	CP	1756	2	25	21			ROSE'				55		45.75	11.75		4.63	0.13	4.00	0.20	4.25	0.19	906	G		205	550		
551	DI	1756	4	13				TREVISO	DOM	1	65	65		45.669	12.244	A	5.03	0.33	4.60	0.49	4.80	0.45			206	551			
553	CP	1756	8	17	10	57		PADOVA	POSS85			60		45.417	11.833		4.83	0.26	4.30	0.39	4.53	0.36			2022	553			
813	DI	1836	6	12	2	30		BASSANO	DOM	26	80	75		45.807	11.823	A	5.48	0.13	5.26	0.19	5.42	0.18	906	G	389	207	813		
909	CP	1857	3	10	3			PIEVE DI SOLIGO	POSS85			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	POSS85			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	POSS85			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	POSS85			70		45.8	11.917		5.17	0.30	4.80	0.45	4.99	0.42	905	G		217	1130		
1273	CP	1897	6	11	11	40	52	MONTEBELLUNA	POSS85			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	POSS85			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		

Tab. n.1 - Terremoti avente epicentro entro un raggio di circa 30 km dal centro abitato di Castelfranco Veneto, con magnitudo da $3.92 \leq M_{aw} \leq 7.41$ (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 (il CPTI 15 lat. 45,861, long. 11,910 poco a Sud del cimitero di Cavaso del Tomba) con intensità epicentrale di 10 e magnitudo $M_w=6.4\pm 0.10$. Il DBMI11 dell'INGV (Database Macrosismico Italiano 2011) di Tav.4 e 5 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. Nella località di Castelfranco Veneto è indicata un'intensità del settimo grado, per il sisma del 1695.

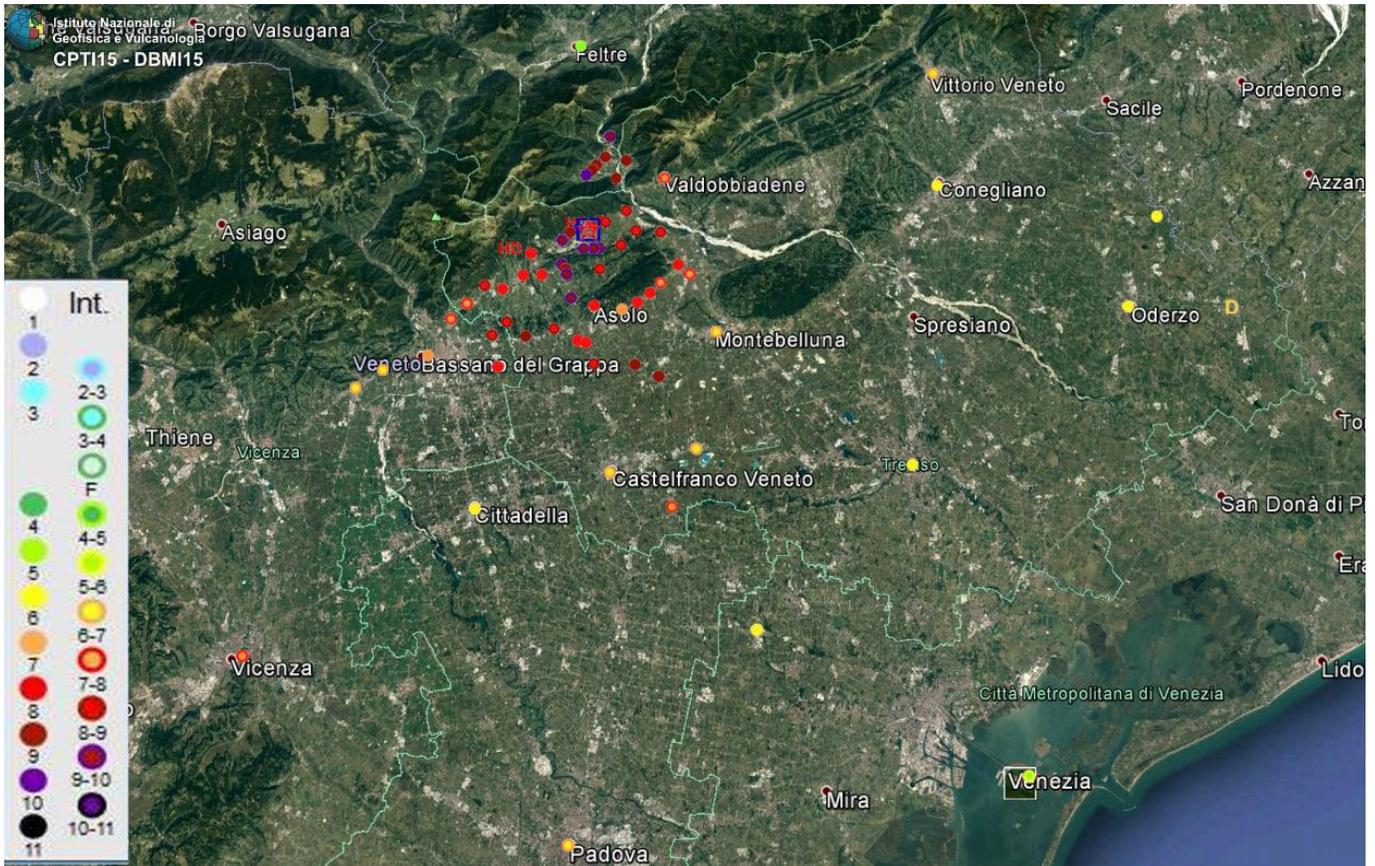


Fig. 4 - Distribuzione delle intensità dal terremoto del 1695 con epicentro a Cavaso del Tomba (TV).

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

Tab. 2 - Distribuzione delle intensità dal terremoto del 1695 con epicentro a Cavaso del Tomba (TV).

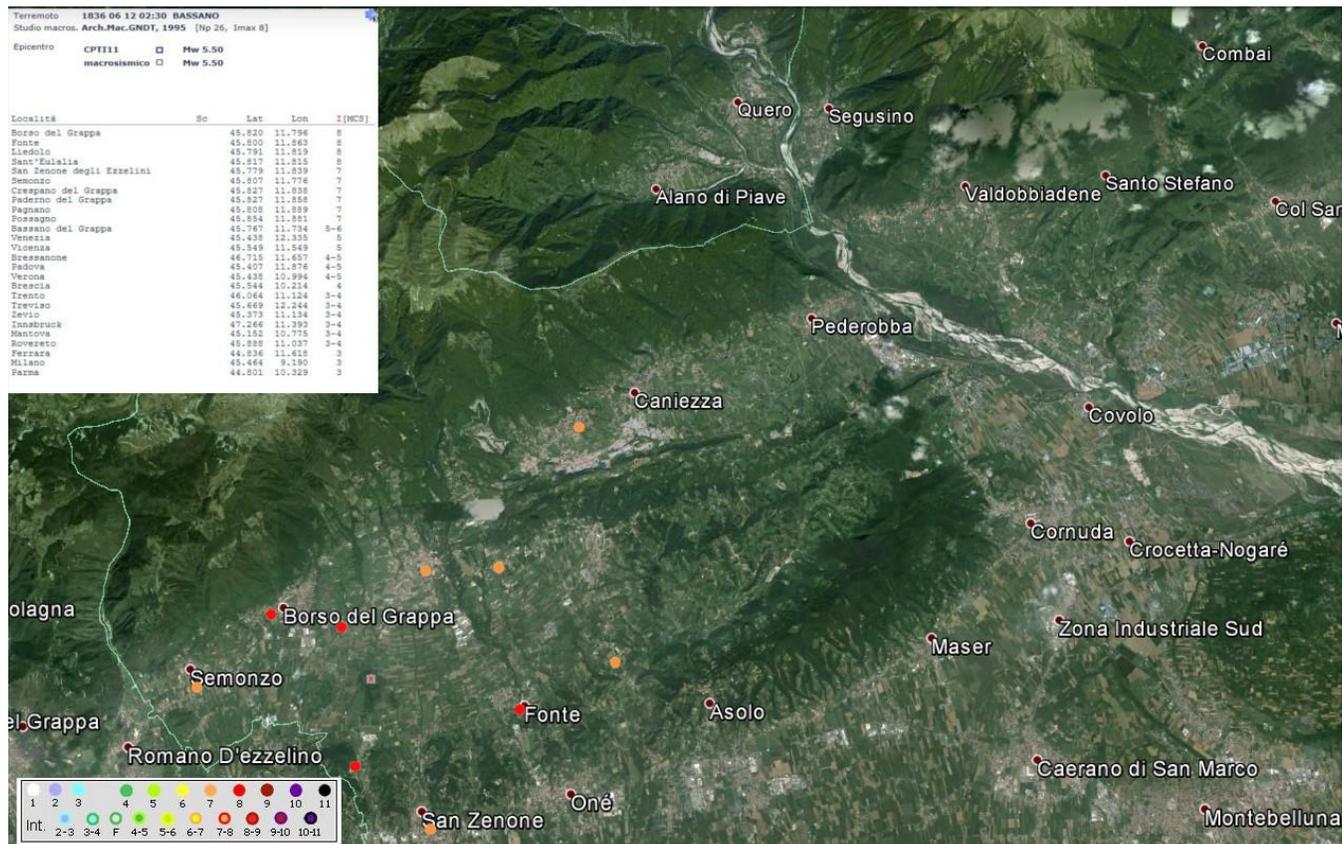


Fig. 5 - Distribuzione delle intensità dal terremoto del 1836 con epicentro poco a Nord di Liedolo di S. Zenone degli Ezzelini (TV).

2.2 Faglie attive e capaci, e 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.6 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.

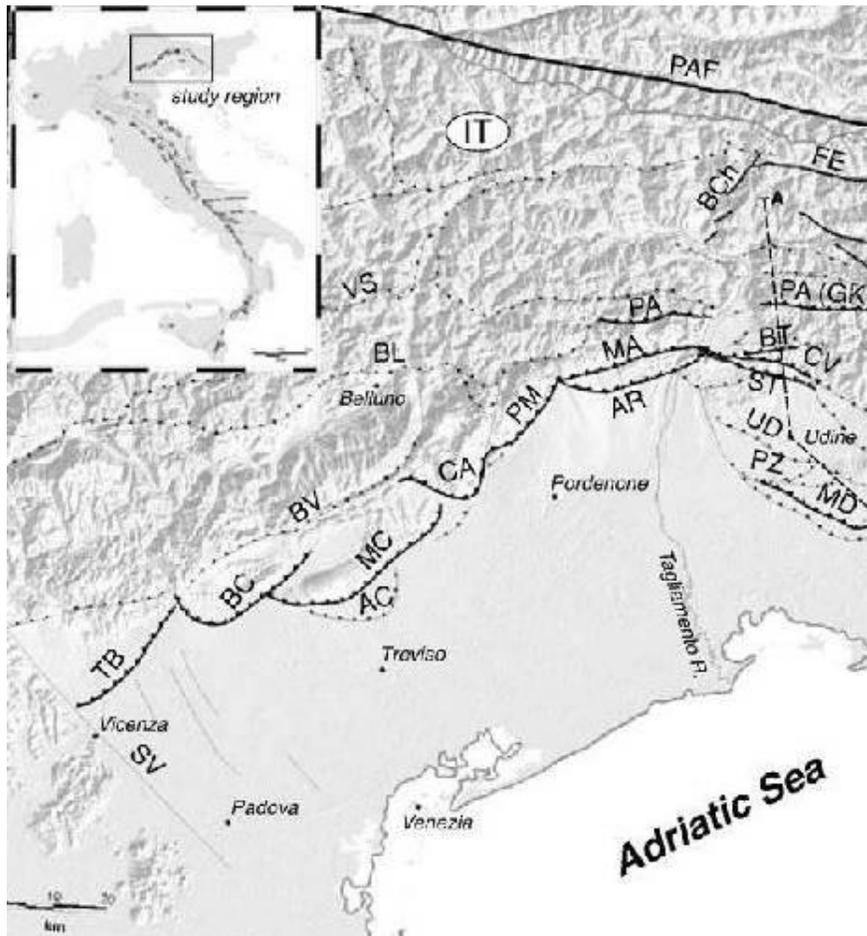
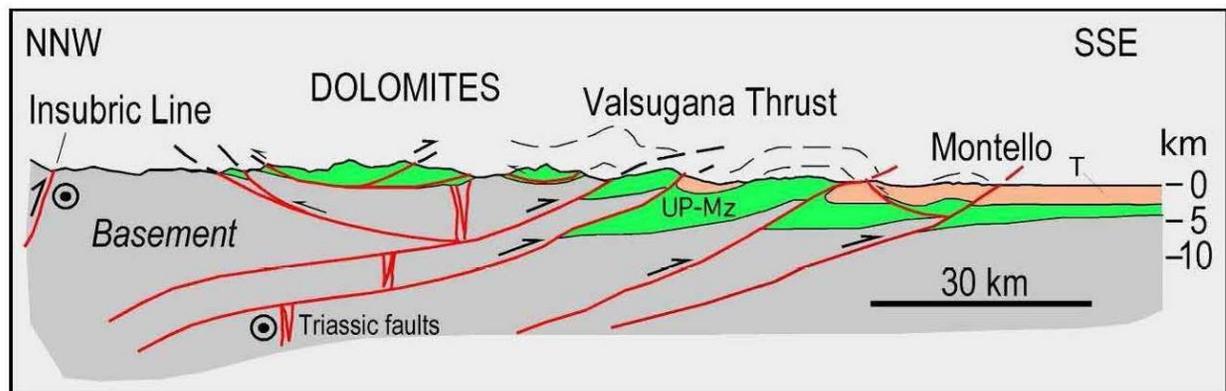


Fig. 7 - Schema strutturale semplificato del Sudalpino orientale (da Burrato e altri - 2009).
 Legenda: **BC**=sovrascorrimento Bassano-Cornuda; **BV**= sovr. Bassano-Valdobbiadene;
TB= sovr. Thiene- Bassano; **MC**: sovr. Montello-Conegliano; **AC**: sovr. Arcade.



*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. 8 – Sezione geologico strutturale rappresentativi

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

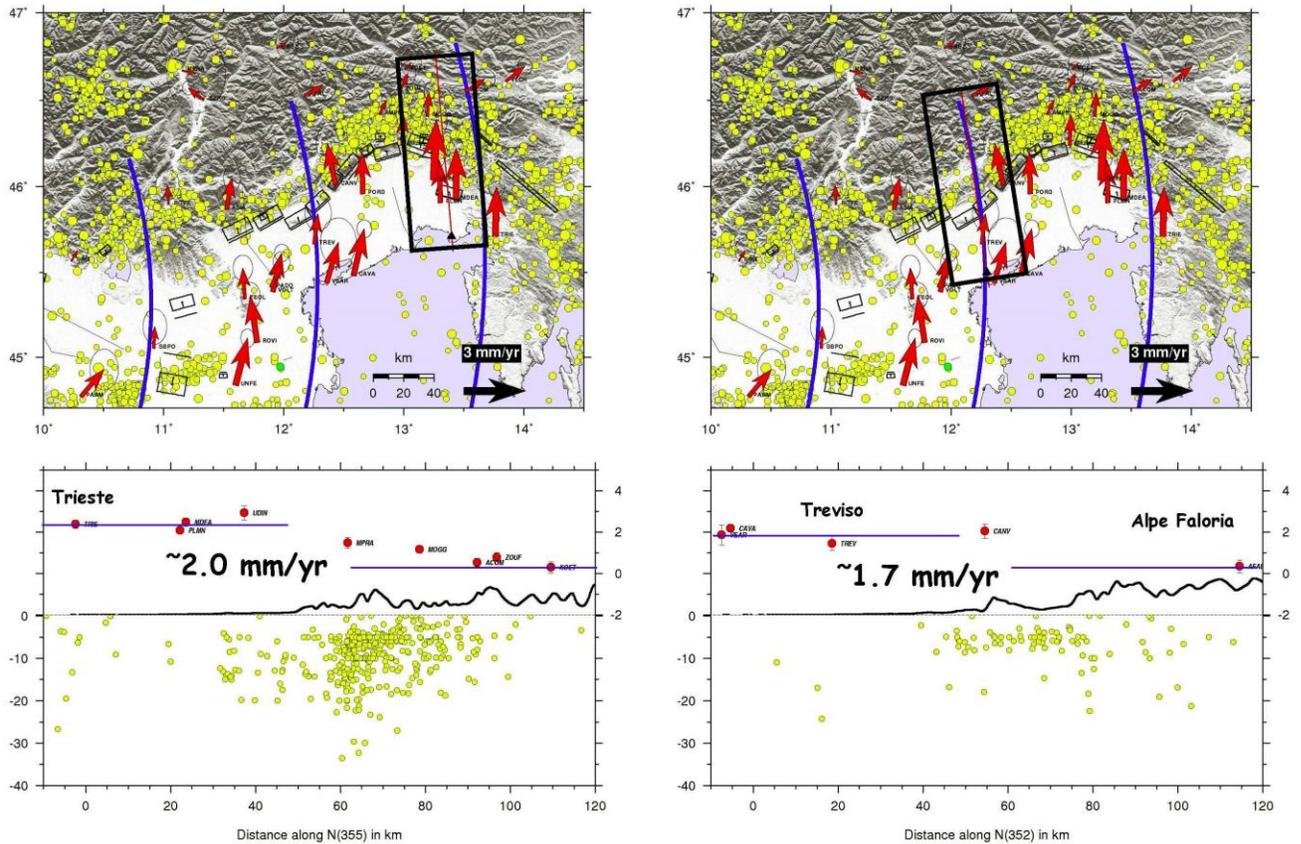


Fig. 9 - Accumulo di deformazione attraverso le Alpi Meridionali, con evidenziate l'area Trieste- Salzburg e Treviso-Belluno (E. Serpelloni –2008)

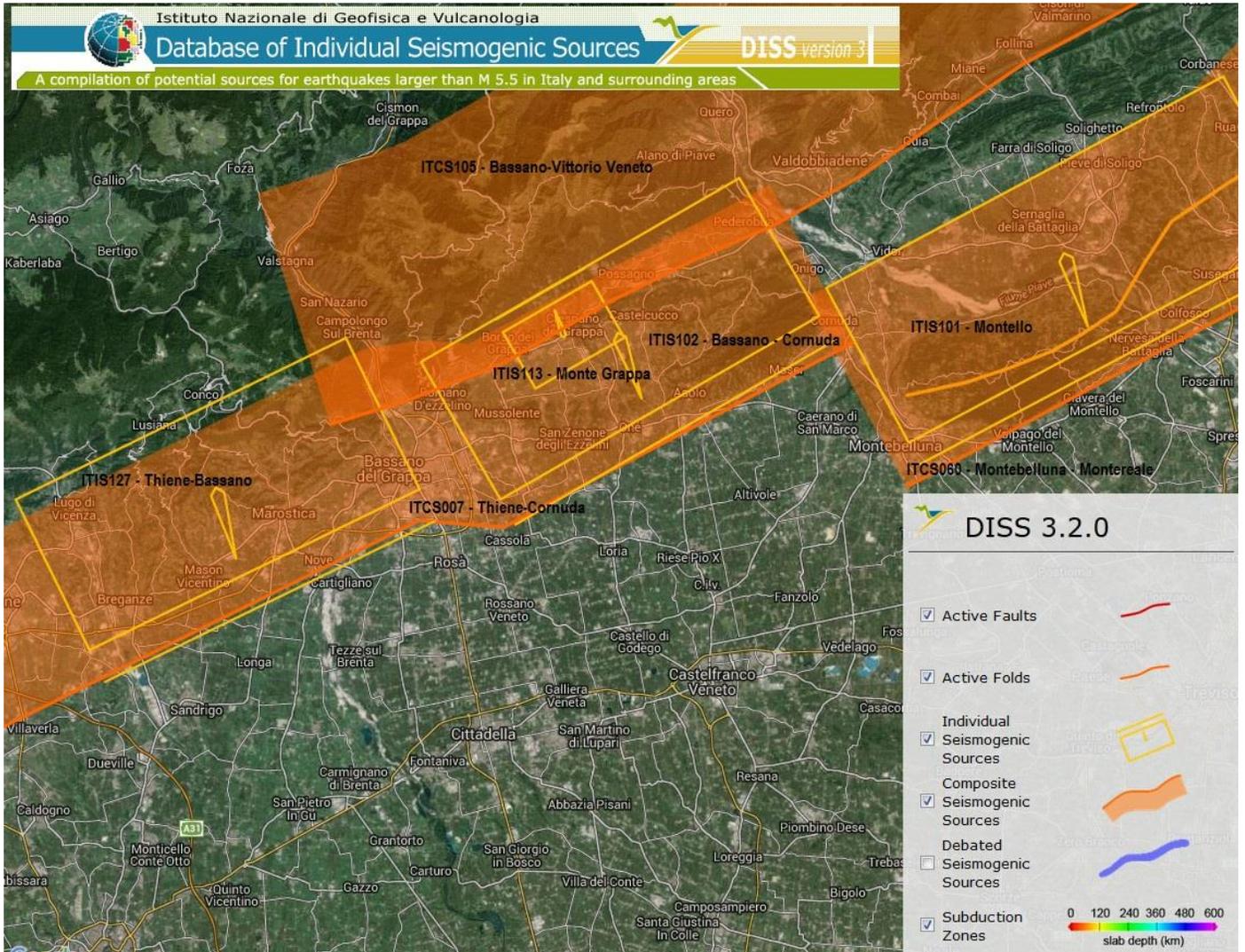


Fig. 10 - Sorgenti sismogenetiche del Vicentino-Trevisiano occidentale; le frecce gialle, all'interno dei rettangoli gialli (sorgenti individuali), rappresentano la direzione del vettore di movimento, vettore di slip sotto forma di angolo di rake (da DISS 3.2.0)

Il DISS 3.2.0 (*Database of Individual Seismogenic Sources versione 3.2.0*) dell'INGV (*Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia*) individua tre tipi di sorgenti sismogenetiche:

- Sorgenti Sismogenetiche dibattute: sono aree di sorgenti in fase di studio, presenti in letteratura ma ritenute ancora non sufficientemente attendibili (in Fig. 10 individuate con la linea azzurra)
- Sorgenti composite: sono zone molto estese, all'interno delle quali vi sono sorgenti sismogenetiche minori ancora non sufficientemente studiate. Queste aree non sono associate a specifici terremoti storici (in Fig. 10 individuate con un retino arancione).
- Sorgenti individuali: aree a cui sono associati specifici terremoti storici. Viene proposta una rappresentazione tridimensionale della faglia, e sono stabilite le caratteristiche di massima magnitudo, movimento ed estensione (in Fig. 10 individuate con un rettangolo giallo).

In figura n. 9 è rappresentato lo schema delle sorgenti sismogenetiche, accompagnati dalla proiezione in superficie del piano di rottura rettangolare. In particolare per l'area del vicentino e del trevigiano Nord-occidentale, evidenziamo tre sorgenti sismogenetiche :

- *ITIS101 - Montello* (Sorgente individuale) alla quale non è associato alcun terremoto significativo (zona silente), ed è associata alla sorgente sismogenetica composta ITCS060 Montebelluna-Montereale;
- *ITIS113 - Monte Grappa* (Sorgente individuale) a cui è associato il sisma del 12.06.1836 con epicentro nel Bassanese; appartiene alla sorgente sismogenetica composta ITCS007 - Thiene-Cornuda;
- *ITIS102 - Bassano-Cornuda* (Sorgente individuale) a cui è associato il sisma del 25.02.1695 con epicentro nell'Asolano; appartiene alla sorgente sismogenetica composta ITCS007 - Thiene-Cornuda;
- *ITIS127 - Bassano-Thiene* (Sorgente individuale) alcuni autori l'associano l'area al terremoto del 03.01.1117 con epicentro nel Veronese; appartiene alla sorgente sismogenetica composta ITCS007 - Thiene-Cornuda;
- *ITCS105 – Bassano- Vittorio Veneto* è una sorgente sismogenetica composta ancora in fase di studio.

In Tab.3 sono riportate le sorgenti sismiche di terremoti di $M \geq 6$ e i relativi parametri geometrici e cinematici. 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
ITIS127	Thiene-Bassano	45.69	11.54	18.0	9.5	1.0-5.8	244	30	80	0.10-1.00	Unknown	6.6
ITIS102	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
ITIS113	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
ITIS101	Montello	45.88	12.31	22.0	11.2	1.0-8.2	242	40	80	0.47-1.56	Unknown	6.7
ITIS124	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. 3 - Caratteristiche sismogenetiche di alcune sorgenti di Fig.10

2.3 Principali faglie nell'area in studio

Nella Fig. 11 sono indicate le faglie attive, nell'area limitrofa a Castelfranco Veneto, dal progetto Ithaca (Italy Hazard from Capable Faults) aggiornato a Febbraio 2016. Si tratta di un progetto che si occupa di censire le faglie capaci, ovvero tali da poter creare deformazioni in superficie.

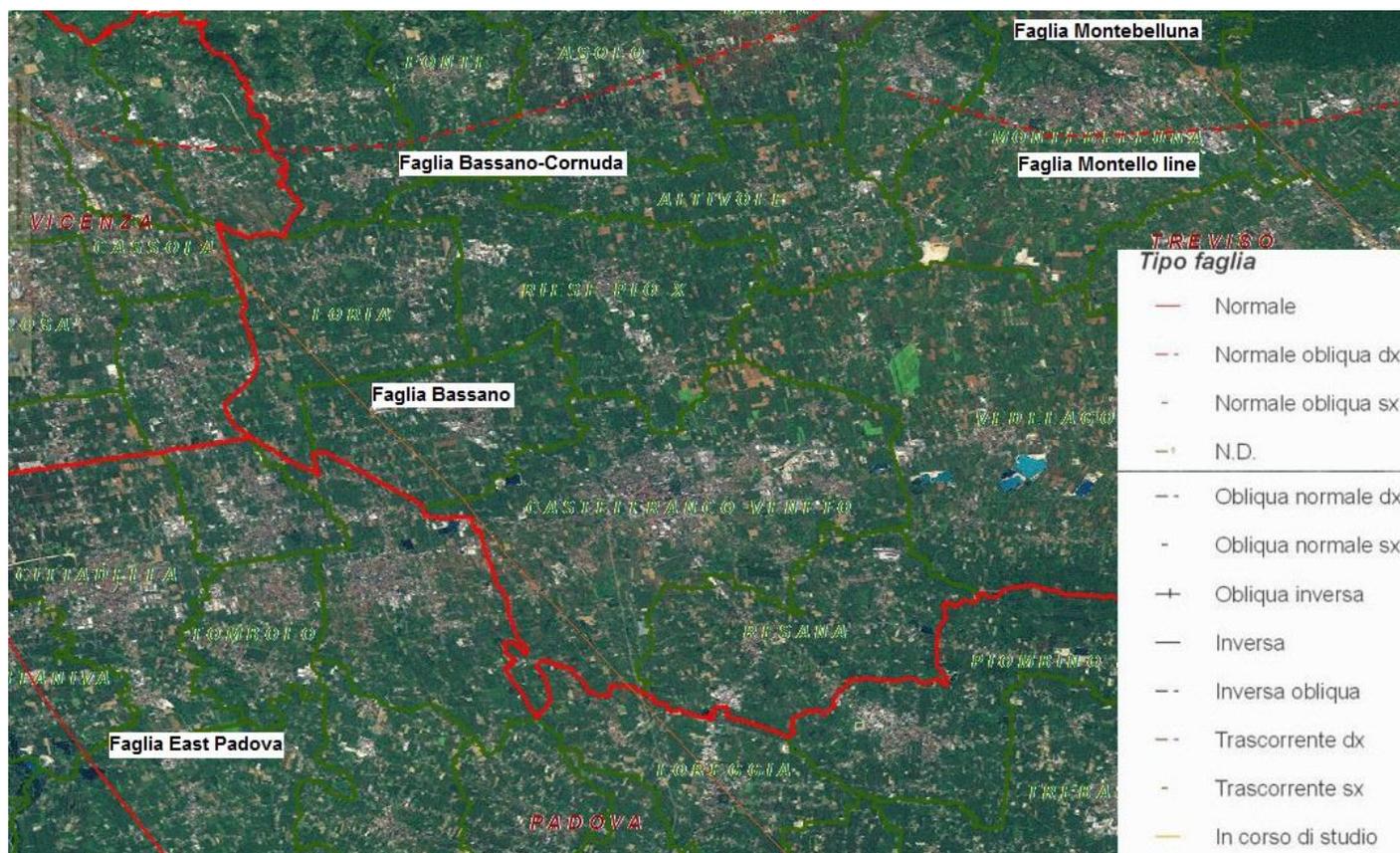


Fig. 11: Faglie attive nell'area di Castelfranco Veneto dal progetto Ithaca (Italy Hazard from Capable Faults) – le linee verdi sono i confini comunali, le rosse quelli provinciali quelle rosse/arancioni sono le faglie.

La lineazione che interessano il territorio del Castelfranco Veneto è la “Linea Bassano” posta nel settore occidentale del comune, con andamento NW-SE.

La presenza di “faglie attive” nelle vicinanze del territorio comunale, è stato effettuato da dati bibliografici, presenti nel progetto Ithaca (Italy Hazard from Capable Faults) e DISS 3.2.0:

NOME DELLA FAGLIA	ULTIMA ATTIVITA'	POSSIBILITA' CHE LA FAGLIA SI RIATTIVI IN FUTURO	TIPO DI FAGLIA
Faglia Bassano	in corso di studio	bassa	non definita
Linea Est-Padova	Pleistocene inferiore	media	diretta
Faglia Bassano - Cornuda	Q43 (<3000 anni)	/	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).

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 Occidentale della Provincia di Treviso 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.

Nel territorio comunale affiorano terreni costituiti da depositi alluvionali, più o meno recenti, connessi con le divagazioni del F. Brenta (zona Nord Ovest) e del F. Piave (zona Nord Est), con le imponenti correnti che si espandevano nella pianura, e depositi superficiali dovuti prevalentemente ai torrenti Muson, Avenale e Brenton.

Le varie direttrici hanno pertanto generato dei propri cono 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. Lo spessore complessivo delle ghiaie diminuisce progressivamente: i singoli letti ghiaiosi si assottigliano sempre più e la maggior parte di essi si esaurisce entro i materiali limoso-argillosi. Alla differenziazione e alla progressiva riduzione dei letti ghiaiosi verso sud, fa riscontro l'aumento rapido dei materiali fini, da sabbiosi a limoso-argillosi. 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 pianura trevigiana-bassanese è caratterizzata dalla presenza di tre grandi conoidi che si interdigitano tra loro (chiamati anche megaconoidi o "megafan"): "megafan" di Bassano, di Montebelluna e di Nervesa. L'apice del conoide del Brenta è situato nella Valsugana, presso Bassano del Grappa; esso si presenta con un raggio di 20-25 km, estendendosi da nord-ovest a sud-est fino alla laguna di Venezia, la sua pendenza si aggira sullo 0.4% e decresce verso l'unghia. Questo tratto di pianura "tardo-pleistocenica" ha cessato la sua aggradazione circa 14.000 anni fa, ed è inciso dall'asta fluviale del Brenta. Al piede di questa scarpata d'erosione fluviale si estende la pianura del Brenta di età olocenica. 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. Il terzo conoide, che non interessa l’area in studio, è quello di Nervesa; è il più recente dei tre 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. La depressione, che rappresenta il limite deposizionale, tra il “megafan” di Bassano e quello di Montebelluna, è percorsa ora dal T. Muson, e deriva dalla giusta opposizione dei due conoidi, che con i suoi depositi ha portato al parziale colmamento.

Il territorio comunale di Castelfranco può essere suddiviso in due aree: l’alta e la media pianura. L’alta pianura è costituita dai conoidi ghiaiosi fluvioglaciali, originatisi allo sbocco delle valli alpine del Piave e del Brenta (“megafan” di Bassano e di Montebelluna), e compenetrati tra loro in eventi successivi. Le varie direttrici di divagazioni del F. Piave e del F. Brenta hanno pertanto generato dei propri conoidi 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. I depositi fluvioglaciali del F. Piave (“megafan” di Montebelluna) arrivano al corso attuale del Sile in corrispondenza del quale viene ricoperto dai depositi alluvionali più recenti del Musone, del Sile e quindi da quelli più recenti del “megafan” del Brenta.

I depositi del T. Muson, collocati tra il “megafan” di Bassano e quello di Montebelluna, formano una fascia larga e allungata che corre lungo il bordo occidentale e meridionale del “megafan” di Montebelluna. La sottile striscia che si allunga alla sinistra idrografica del Sile è discordante rispetto all’attuale tracciato del Musone, ma le caratteristiche dei suoli sembrano confermare il collegamento genetico al Musone.

La media pianura si sviluppa a partire circa dalla linea superiore delle risorgive, la litologia è priva di ghiaie, e vi è la presenza di sabbie, limi ed argille. Dall’analisi del microrilievo si possono distinguere dossi, caratterizzati da sedimenti prevalentemente sabbiosi, pianura modale, limosa, e aree depresse a sedimenti prevalentemente argilloso limosi, talvolta torbosi. Quest’area di media pianura, definita “Bassa pianura del Brenta”, di età tardi-glaciale, è caratterizzata da un modello a dossi, a piane modali e depressioni. Il fiume sviluppava perciò un modello di deposizione soprattutto a dossi e depressioni, caratteristico dei corsi d’acqua pensili sulla pianura, per cui i sedimenti si depositavano più grossolani (sabbie) lungo il corso, e più fini man mano che ci si allontana (limi e poi argille), formando delle fasce rilevate di circa 1-2 metri sulla pianura circostante (dossi) e delle aree di esondazione (pianura modale e depressioni) tra un dosso e l’altro. Solo in casi particolari e in depositi più recenti rinveniamo il modello di deposizione caratteristico dei corsi d’acqua con andamento meandriforme: i sedimenti sono distribuiti in alternanza di strati sabbiosi con altri limosi e argillosi, i primi prevalenti nelle aree di “barra”, i secondi nella piana vera e propria a chiusura dei paleo alvei.

3.2 Caratteristiche idrogeologiche

- Caratteristiche generali

La situazione idrogeologica del sottosuolo è condizionata dalle caratteristiche granulometriche e strutturali del materasso alluvionale.

La Pianura Veneta è costituita da un materasso di materiali sciolti i cui caratteri granulometrici, e la successione stratigrafica, risultano notevolmente variabili sia arealmente che in profondità. In generale si suddivide la pianura in due zone con caratteristiche diverse: l'alta pianura e la media-bassa pianura. Il passaggio tra l'alta e la media-bassa pianura è individuabile in corrispondenza della fascia delle risorgive (intersezione tra superficie freatica e superficie topografica), cioè in corrispondenza di quelle sorgenti che si formano per contrasto di permeabilità, in seguito all'aumento, nella sezione verticale, della frazione limoso-argillosa. Tale aspetto è peraltro molto rilevante anche dal punto di vista idrografico. Nell'area di media-bassa pianura predominano i sedimenti a granulometria fine (argilla, limo) che costituiscono livelli arealmente discontinui e potenti con intercalazioni di strati ghiaioso-sabbiosi suborizzontali. Dal punto di vista idrogeologico, nell'alta pianura è presente un unico acquifero indifferenziato freatico, mentre nell'area di media-bassa pianura coesistono diversi livelli acquiferi in pressione. Nell'insieme essi formano un sistema multifalde in pressione alimentato direttamente dall'acquifero indifferenziato presente nell'alta pianura, che viene intensamente utilizzato per usi civili e per attività produttive. Generalmente il primo sottosuolo, nella zona di medio-bassa pianura, contiene un acquifero freatico di scarso interesse economico, alimentato fundamentalmente dalle piogge, dai corsi d'acqua e dalle acque di irrigazione. In alcune aree della Pianura Veneta, dove nel sottosuolo sussistono potenti livelli ghiaiosi appartenenti ad estese conoidi alluvionali, le falde in pressione sono particolarmente ricche. Si tratta di veri e propri "campi acquiferi", situati normalmente lungo le zone assiali di antiche grandi aree di deiezione alluvionale, ora abbandonate dal fiume. E' la situazione degli acquiferi del Trevigiano, e del Vicentino legati rispettivamente a zone di divagazione degli antichi corsi del Piave e del Brenta.

A valle della media pianura, e perciò nella bassa pianura le risorse idriche sotterranee sono molto povere. Mancano normalmente nel sottosuolo, almeno fino alle profondità esplorate, acquiferi ghiaiosi ad elevata permeabilità. In certe aree della bassa pianura, esistono tuttavia falde in pressione insediate in acquiferi prevalentemente sabbiosi; le loro portate nei pozzi sono molto modeste. L'acquifero indifferenziato e quello inferiore con falde confinate costituiscono la principale risorsa per l'approvvigionamento idrico della Regione Veneto. La profondità dei pozzi dell'acquifero inferiore con falde confinate, utilizzati a scopi produttivi, sono generalmente superiori ai 100 metri e raggiungono anche i 600 metri circa.

In particolare l'andamento della falda a sud della zona collinare Bassano - Asolo, si deprime bruscamente, rispetto a monte, in particolare nell'area del Bassanese, fino a circa 70 metri dal piano campagna. In circa tre chilometri subisce un abbassamento di circa 60 metri, con un notevole aumento del gradiente, si passa dallo 0.4% al 2/2.5%; di conseguenza aumenta anche la velocità di deflusso, con valori medi dell'ordine dei 40mt/giorno e punte massime di quasi 60 mt/giorno. Più a sud la falda tende ad appiattirsi, si riduce progressivamente la velocità, il gradiente e la profondità della falda dal piano campagna, fino ad annullarsi definitivamente nella zona delle risorgive. Ciò

indica che il sistema idrologico del materasso alluvionale risulta strettamente collegato e condizionato dalla morfologia del substrato roccioso.

Nel dettaglio si notano notevoli variazioni locali dovute alla presenza di paleoalvei profondi, vecchi percorsi fluviali che non sempre coincidono con quelli più recenti prossimi alla superficie, questi ultimi facilmente riconoscibili con l'analisi delle fotografie aeree e con i rilievi morfologici di campagna. Da prove idrologiche eseguite in pozzi dell'area Rosà-Belvedere- Altivole, emerge una trasmissività massima a Belvedere con 7.4×10^{-1} mq/sec e minima a Rosà con 3×10^{-2} mq/sec, una permeabilità ad Altivole variabile da 2.5 a 1.25×10^{-2} cm/sec, corrispondente a una velocità di filtrazione verticale di 15 mt/giorno. La velocità di deflusso della falda per via sperimentale diretta, mediante prove geolettiche (metodo Stanudin), eseguite presso la cava di "S. Floriano" a Castelfranco, prima dell'allestimento della discarica "2B", ha rilevato una massima velocità di deflusso di 2.0 metri/giorno, e una velocità di diffusione dell'elettrolita di 4.0 metri/giorno.

I fattori di alimentazioni naturali delle falde sono individuabili nella dispersione dei corsi d'acqua, nella infiltrazione diretta degli afflussi meteorici (in questa sono inclusi i ruscellamenti provenienti dai versanti posti ai limiti settentrionale e occidentale della pianura Veneta), e nelle infiltrazioni delle acque irrigue. La loro azione è efficace solo lungo la fascia pedemontana, nel tratto di pianura ad acquifero indifferenziato, dove l'infiltrazione delle acque dalla superficie può giungere alla falda freatica e, indirettamente, alle falde in pressione ad essa collegate. 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 si possono 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.

A valle del tratto disperdente, i rapporti tra i fiumi e la falda si invertono. A cavallo della fascia delle risorgive cessa il processo di dispersione e per un breve tratto i fiumi esercitano una sensibile azione di drenaggio sulla falda, la cui superficie piezometrica si trova a quota maggiore di quella dell'acqua fluviale. 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.

In particolare il F. Brenta alimenta la falda nel suo tratto superiore, cioè da località Barziza (Bassano) fino a circa tre chilometri a sud del ponte della Friola. Secondo A. Dal Prà e F. Veronese, durante i periodi di piena, il F. Brenta disperde lungo questo tratto circa 1/8 della sua portata misurata a Barziza mentre, con portate fino a 65 mc/sec., le dispersioni sono comprese tra 1/3 e 1/4 del totale. Dalla zona posta a Sud del ponte Friola a Carturo, il f. Brenta drena invece la falda: circa 10-13 mc/sec che sono pari, se non più alti, a quelli dispersi nel tratto superiore.

Nella ricarica naturale delle falde è rilevante anche il contributo delle precipitazioni dirette sull'area di alimentazione degli acquiferi. Nel territorio compreso tra i Lessini e il Muson dei Sassi, che riunisce le pianure del Leogra-Astico, del Brenta e del Piave, è stato calcolato che, con una piovosità media annua di circa 1100 mm, 440 mm s'infiltrano nel

sottosuolo, pari ad una portata di circa 20 mc/sec. Poiché nel territorio le dispersioni in alveo sono circa 60 mc/sec, il contributo dell'infiltrazione dalle piogge costituisce il 30-35% di quello legato ai processi di dispersione in alveo. La differente importanza dei due fattori principali di alimentazione naturale risulta evidente anche dal confronto tra la portata complessiva delle risorgive e la portata delle infiltrazioni dirette degli afflussi meteorici: la portata di risorgiva, che in pratica rappresenta lo scarico pressoché completo della falda freatica, raggiunge i 50 mc/sec, mentre la portata delle infiltrazioni dalle piogge è di soli 20 mc/sec circa. Ne consegue che la ricarica operata dalle piogge dirette giustifica meno della metà della restituzione freatica ai fontanili.

Un ulteriore contributo all'alimentazione delle falde è fornito dall'infiltrazione delle acque irrigue, il cui uso è ancora ampiamente diffuso nella pianura del Piave e del Brenta. Le irrigazioni a scorrimento, che sono il tipo più comune, forniscono al sottosuolo ghiaioso dell'alta pianura infiltrazioni fino al 30-40% delle acque immesse.

Nella carta idrogeologica allegata sono stati evidenziati le caratteristiche dell'idrografia di superficie (bacini lacustri, corsi d'acqua permanenti e temporanei, canali artificiali, aree soggette a inondazioni periodiche, aree interessate da risorgiva), e delle acque sotterranee (andamento delle isofreatiche con la loro direzione di deflusso, pozzi freatici e con falda saliente, il limite di rispetto dalle opere di presa ad uso acquedottistico, il limite superiore delle risorgive, la soggiacenza della falda dal piano campagna).

- **Corsi d'acqua principali**

I principali corsi d'acqua permanenti sono il Torrente Muson e l'Avenale, che scorrono nel settore centrale dell'area in esame, con andamento circa Nord-Sud.

Il T. Muson presenta lunghi tratti rettilinei, dal confine settentrionale con il Comune di Castello di Godego a quello meridionale con Resana e Loreggia. Questo andamento sottolinea il fatto che, nel corso del tempo, ha subito deviazioni importanti: quella più significativa è avvenuta forse già alla fine del XII secolo, durante la costruzione del Castello di Castelfranco, dove la sua posizione fungeva da efficace barriera naturale ad Occidente. Non si rinviene però alcuna documentazione storica al riguardo, ed è difficile ricostruire il suo antico tracciato anche attraverso l'esame litologico e del microrilievo. Solo dalla seconda metà del secolo XVI si comincia a riconoscere, da documenti cartografici, l'esatto corso del T. Muson e del canale Musonello. In figura n.3 è rappresentato l'andamento del T. Muson prima e dopo della deviazione del 1612-1613. La Repubblica di Venezia, tra il 1612 e il 1613, per limitare l'afflusso delle acque direttamente nella laguna, del cui interrimento erano ritenute pesante concausa, decise di deviarlo. La realizzazione iniziò nel 1612, a sud del centro abitato di Castelfranco, con deviazione del fiume di 550 pertiche (circa 1100 metri) "*di sopra teze di muro de SS. Cornari*", situate fra Treville e Resana. Il corso d'acqua, il cui fondo "*doveva camminare sotto, e non sopra la superficie delle campagne*" viene poi condotto nel T. Vandura e, attraverso quello, nel F. Brenta, all'altezza del ponte di Vigodarzere: si tratta dell'attuale corso del T. Muson dei Sassi.

Da una cartografia del 1689 si evince che il T. Avenale, nella zona a nord della circoscrizione, aveva un andamento simile all'attuale ed equivalente a quello rappresentato nel catasto austriaco del 1830 (v. figura n.4). Ciò è confermato anche da una memoria del 1826 della Deputazione comunale di Castelfranco, in cui si riferiva che "*l'Avenale e la Cal di Riese scendono per proprio canale dal settentrione del Comune, e*

tronfi d'acque raunicie, spesso eziandio rinforzati dalle rotte del Musone unisconsi in sol letto poco sopra i casali del paese”.

Dei regimi idrici incostanti dell'Avenale, sono testimonianza le brevi note che, il 13.12.1806, la Municipalità di Castelfranco stende in un rapporto *“intorno ai canali, scoli, torrenti, ecc. del suo Comune”*: *“Il torrente Avenale, ..., nasce dalle pianure di Spineda, e di Riese, dai scoli delle strade, e delle campagne, corre meno veloce, sebbene tragga seco quantità considerevoli di acque. Nel territorio del Comune di Castello di Godego avvi un'investitura privata di queste acque, la quale però non toglie che una quantità dannevole non ne giunga anche a Castelfranco, ove allaga nelle più gagliare piene tre intere contrade, poiché sboccando quivi il fiume Musonello, non trova recipiente bastevole alla sua grossezza”*. E' anche per questo motivo che nel 1833-1834 si decise di deviare il corso del T. Avenale (v. figura n.5). In precedenza il torrente, superata la via Postumia, scendeva verso Borgo Asolo seguendo la direttrice della romana Cal di Riese (coincidente, verso sud, con l'attuale via S. Pio X, solo a partire dal ponte dove il corso attuale dell'Avenale piega verso l'ospedale). L'alveo del torrente correva al centro dell'odierna sede stradale, fiancheggiato a destra e a sinistra da altrettante strade. Giunto al punto di contatto tra il borgo Asolo e la Bastia Nuova (incrocio attuale tra le vie Romanina, S Pio X e Regina Cornaro), l'Avenale passava sotto il ponte *“dei Cadorini”*, riceveva l'acqua di una modesta *“brentella”* derivata dal Musonello, e piegava verso est, percorrendo la *“contrà dei Vettorelli”*. Al termine di quest'ultima, con una curva ad angolo retto, si dirigeva verso sud, fiancheggiato sulla sua sinistra dalla *“strada in contrà de Capuzzini”* e, all'altezza del convento, riversava le sue acque nel Musonello, proveniente dalla piazza del mercato.

- **Acque sotterranee**

L'idrogeologia 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.

In particolare il territorio comunale di Castelfranco Veneto è in parte costituito da un acquifero indifferenziato (zona settentrionale) e in parte differenziato (zona centro meridionale).

Il materasso alluvionale prevalentemente ghiaioso-sabbioso, costituisce l'acquifero indifferenziato, definito dell'alta pianura, ed è la più importante riserva d'acqua della Regione del Veneto, in quanto ricarica anche l'intero sistema idrogeologico della media e bassa pianura. In questo acquifero è ospitata una falda freatica vulnerabile, in quanto la superficie libera, localizzata a profondità variabili dal piano campagna, non è sufficientemente protetta dallo spessore del suolo.

Nella zona centro meridionale del territorio comunale, il sottosuolo è costituito da una serie di falde sovrapposte, di cui la prima è libera e le altre più profonde, localizzate negli strati permeabili ghiaiosi e/o sabbiosi, intercalati a lenti limoso argillose con bassa permeabilità, sono in pressione. Questo sistema è strettamente collegato, verso monte, all'unica grande falda freatica, dalla quale trae alimentazione e ne condiziona il chimismo di base. Risulta per cui evidente che l'eventuale contaminazione della falda freatica dell'alta pianura, può interessare anche gli acquiferi artesiani della zona settentrionale della media pianura e cioè, nel nostro caso la porzione centro meridionale del territorio comunale di Castelfranco. La protezione di questi acquiferi è strettamente connessa alla prevenzione di inquinamenti provenienti dall'area di ricarica posta immediatamente a monte. Da sottolineare che, i materiali limoso argillosi che confinano gli acquiferi in

pressione e li proteggono da eventuali fenomeni di inquinamento provenienti dalla superficie del suolo, sono talvolta la causa della presenza di alcuni metalli nelle falde artesiane, esempio ferro, manganese ed arsenico. Questo fenomeno è riconducibile ad origini naturali, come risultato della solubilizzazione dei minerali presenti nei livelli argillosi (illite, clorite, caolinite, montmorillonite).

Per inquadrare le caratteristiche delle acque sotterranee, si sono determinati i caratteri generali dell'acquifero mediante l'analisi dell'andamento della falda freatica, con misurazione freaticometriche nel mese di Agosto 2009. Dall'analisi delle isofreatiche, risulta che la falda è poco articolata, con una direzione principale di deflusso da ovest – nord/ovest a est –sud/est. Trattasi di un acquifero libero indifferenziato in materiale prevalentemente ghiaioso con matrice sabbiosa, molto esteso soprattutto lateralmente, e con la presenza di una barriera semimpermeabile lungo la zona meridionale.

Non sono presenti importanti assi di drenaggio, quelli che vi sono, con ogni probabilità, coincidono con paleovalvei sepolti. Il gradiente idraulico varia da 1.4 a 3 per mille; il livello della falda s.l.m. varia da circa quota 37 a 31 metri.

Per valutare l'oscillazione della falda si sono considerati i dati delle misure freaticometriche e quello del pozzo di controllo dell'Ufficio Idrografico del Magistrato delle Acque, denominato "Villa Bolasco" . Questi valori sono poi stati confrontati con quelli della massima escursione della falda, nello stesso pozzo, dal 1927 al 1972. La massima escursione della falda prevista nel tempo, rispetto alle misure eseguite nell'Agosto 2009, è di circa 4.0 metri.

3.3 Sezioni geologiche

L'area di pianeggiante è costituita da un materasso alluvionale formato da ghiaie grossolane a matrice sabbiosa con livelli conglomeratici, a volte con livelli limoso argillosi. Lo spessore del materasso alluvionale nella zona tra Bassano e Cittadella, presenta variazioni laterali, dovute alla morfologia del basamento roccioso. I rilievi geosismici eseguiti dall'Agip Mineraria hanno infatti evidenziato uno spessore minimo in destra Brenta e un suo progressivo aumento verso SE, raggiungendo, sulla verticale di Cittadella, la potenza di circa 600 metri. Anche i letti limoso argillosi si fanno più frequenti ed aumentano di spessore procedendo da NW verso SE.

In fig. 12-13 è rappresentata la morfologia del substrato roccioso e gli spessori del Quaternario, con la traccia delle sezioni. Quelle passanti per il Comune di Castelfranco Veneto sono la "A-A" e "B-B" con andamento circa E-W. Dall'esame delle sezioni e della figura rappresentante la morfologia del substrato roccioso è riscontrabile la presenza del substrato roccioso a profondità di circa 400-500 metri.

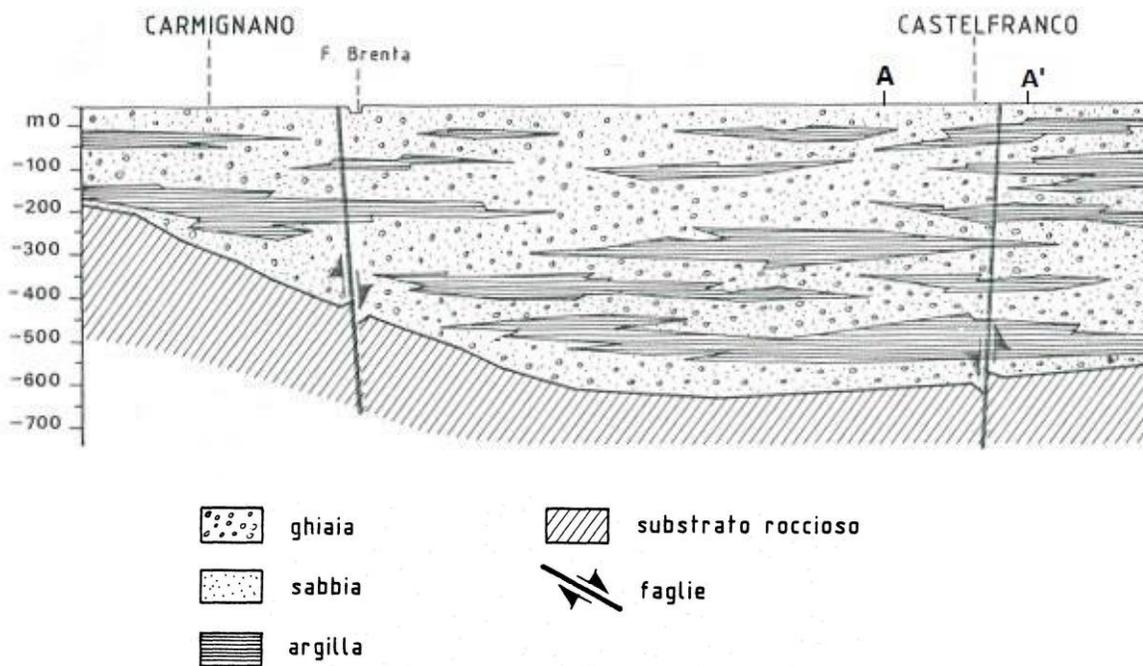


Fig. 12 - Sezione del substrato roccioso e copertura alluvionale A-A' (da CNR - Regione Veneto - ULSS5/9 "Difesa degli acquiferi dell'alta pianura veneta - stato d'inquinamento e vulnerabilità delle acque sotterranee del bacino del F. Brenta" -1988)

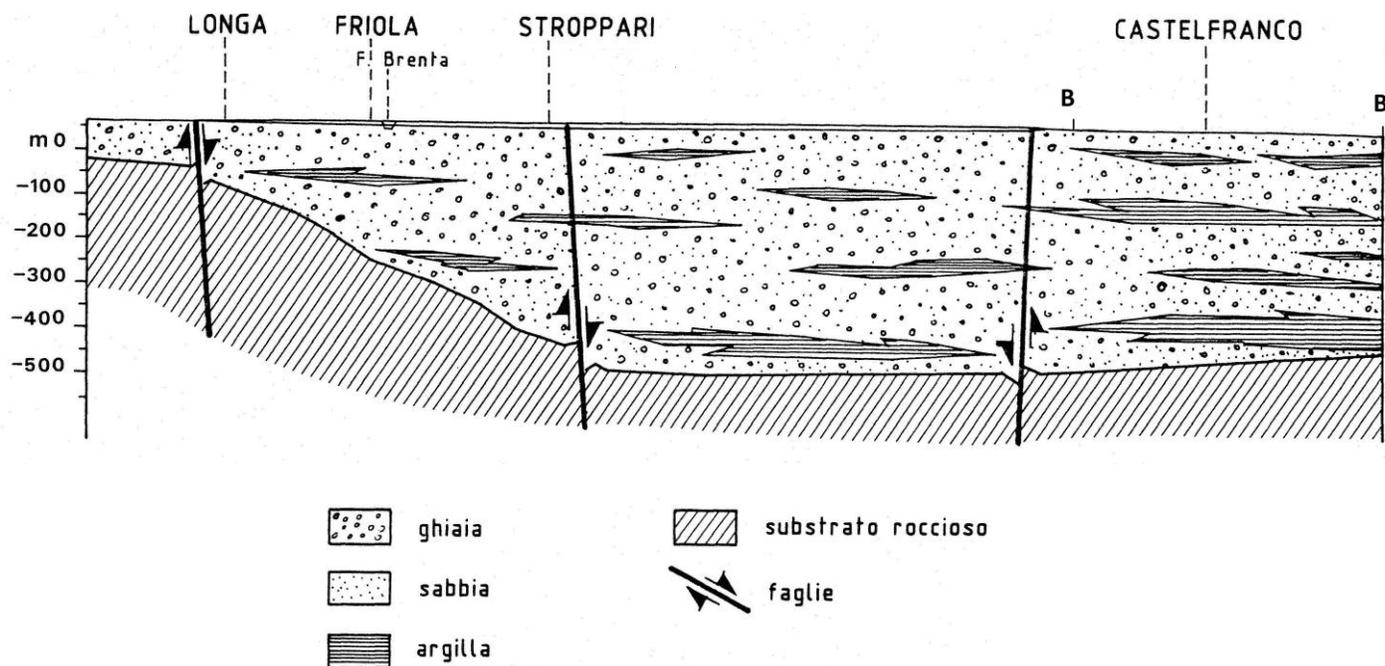


Fig. 13 - Sezione del substrato roccioso e copertura alluvionale B-B' (da CNR - Regione Veneto - ULSS5/9 "Difesa degli acquiferi dell'alta pianura veneta - stato d'inquinamento e vulnerabilità delle acque sotterranee del bacino del F. Brenta" -1988)

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 n.18 HVSR, n. 9 MASW e n. 11 ReMI.

4.1 Parametri geotecnici

Si sono reperiti parametri geotecnici in sedici sondaggi a carotaggio continuo, da otto prove penetrometriche statiche (CPT) e da cinque prove penetrometriche dinamiche pesanti (PD), cartografati nella “Carta delle Indagini”.

Nei sondaggi a carotaggio continuo sono state effettuate prove S.P.T. con il dispositivo standard. I dati sono riassunti nella tabella allegata.

SONDAGGIO	PROFONDITA' (mt)	N° COLPI	N SPT	PUNTA
S 5	1.50 – 1.95	5-6-3	9	chiusa
S 5	3.00 – 3.45	10-7-13	20	chiusa
S 5	4.50 – 4.95	11-33-37	50	chiusa
S 5	6.00 – 6.45	8-18-21	49	chiusa
S 5	7.50 – 7.95	10-16-24	50	chiusa
S 5	9.00 – 9.45	16-27-27	50	chiusa
S 5	10.50 – 10.95	36-21-35	50	chiusa
S 5	12.00 – 12.45	14-22-31	50	chiusa
S 5	13.50 – 13.95	13-17-21	48	chiusa
S 5	15.00 – 15.45	10-19-21	50	chiusa
S 6	1.50 – 1.95	3-5-6	11	chiusa
S 6	4.50 – 4.95	8-13-20	33	chiusa
S 6	7.50 – 7.95	19-25-28	50	chiusa
S 7	1.50 – 1.95	3-3-4	7	chiusa
S 7	4.50 – 4.95	4-7-7	14	chiusa
S 7	6.00 – 6.45	12-15-14	29	chiusa
S 8	4.50 – 4.95	14-10-4	14	chiusa
S 8	6.00 – 6.45	26-37-42	50	chiusa
S 9	1.50 – 1.95	9-10-11	21	chiusa
S 9	3.00 – 3.45	16-31-38	50	chiusa

Tab. 4 - Prove SPT nei sondaggi (v. Carta delle Indagini)

Nelle prove penetrometriche statiche sono stati elaborati i valori di resistenza alla punta e laterale (Rp, RI). Le cpt 1,4,5,6,7,8 sono state realizzate in corrispondenza del litotipo “depositi di piana pedemontana prevalentemente argilloso limosi superficiali con livelli ghiaiosi e/o sabbiosi” (CLpd), le cpt 5, 6 sono state eseguite nel litotipo “depositi di piana pedemontana prevalentemente sabbioso limosi con livelli ghiaiosi e/o argillosi” (SMpd).

I dati sono complessivi sono presenti negli allegati.

Nelle prove penetrometriche dinamiche pesanti sono stati elaborati i valori di resistenza alla punta (Rpd). Le DP 1,2,3,5 sono state realizzate in corrispondenza del litotipo "depositi di piana pedemontana prevalentemente sabbioso limosi con livelli ghiaiosi e/o argillosi" (SMpd), la DP 4 è stata eseguita nel litotipo "ghiaie in matrice prevalentemente sabbiosa e ghiaie a volte cementate in profondità di origine fluviale e/o fluvioglaciale" (GMfg). I dati sono complessivi sono presenti negli allegati.

4.2 Prove geofisiche

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 transazione brusca ad un substrato da $Vs > 600$ m/sec.

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

- ricostruire la stratigrafia sismica del sottosuolo;
- stimare il profilo della velocità delle onde di taglio (Vs) per fornire 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'indagine 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'indagine 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 e conosciuta come *metodo di Nakamura* (1989), dal nome dello scienziato giapponese che l'ha messa a punto, parte dal presupposto che:

1. Il rumore ambientale è generato da riflessioni e rifrazioni di onde di taglio con gli strati superficiali e dalle onde di superficie;
2. Le sorgenti di rumore superficiale non interessano il rumore ambientale alla base di una struttura non consolidata;

3. Gli strati soffici non amplificano la componente verticale del rumore ambientale: questo è composto da onde di superficie tipo Rayleigh generate dall'interazione del vento con le strutture, dal traffico e da altre attività urbane.

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

$$\mathbf{SE} = \mathbf{H_s/H_b} \quad \mathbf{As} = \mathbf{Vs/Vb}$$

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:

$$\mathbf{SM} = \mathbf{Se/As} \quad \Leftrightarrow \quad \mathbf{SM} = \mathbf{H_sVb/VsH_b}$$

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:

$$\text{se } \mathbf{H_b/V_b} = 1 \text{ allora } \mathbf{SM} = \mathbf{H_s/V_s}$$

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 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 lisciamento triangolare;
- lisciamento al 10%.

I risultati delle prove H/V sono stati classificate sia con i “criteri SESAME 2004”, sia con quelli “Albarello 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 “**Albarello 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 “chiaro” nell’intervallo di frequenze d’interesse:
assenza di risonanza.

4.2.4 Analisi delle risultanze

Le prove “sismiche” sono state realizzate in n. 11 siti, in particolare sono state eseguite misure n.18 misure HVSR, n.9 stendimenti MASW e n.11 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 10 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.9), 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 9 non presenta frequenze di risonanza significative ($A < 1.5\text{Hz}$) nell’intervallo da 0.1-20 Hz. 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 35 e 50 Hz, mentre nella MASW è maggiormente definibile da 30 a 50 Hz. Il modello di sottosuolo ottenuto è il seguente:

Spessore degli strati (metri)	Vs (m/sec)
4	400
0	450

➤ **Sito n.2**

Nel sito in esame sono state eseguite due HVSR (n.8 e 7), 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 8 ha una frequenza di risonanza a 3.6 Hz con ampiezza di 1.45, a 9.4 Hz con ampiezza di 2.05; la HVSR 7 a 0.84 Hz con ampiezza di 1.422, a 2.28 Hz con ampiezza di 1.57, e a 7.04 Hz con ampiezza di 2.63. 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 37 e 48 Hz, mentre nella MASW è definibile da 30 a 50 Hz. Il modello di sottosuolo ottenuto è il seguente:

Spessore degli strati (metri)	Vs (m/sec)
6	170
27	320
110	480
0	700

➤ **Sito n. 3**

Nel sito in esame sono state eseguite due HVSR (n.6 e 5), 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 soprattutto da 2 a 6 Hz nella n.6. La curva HVSR 6 ha una frequenza di risonanza a 6.55 Hz con ampiezza di 1.85, e a 12.65 Hz con ampiezza di 1.78; la HVSR 5 a 7 Hz con ampiezza di 2.04 e a 15 Hz con ampiezza di 2.1. 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 17 e 50 Hz, mentre nella MASW è maggiormente definibile da 20 a 45 Hz. Il modello di sottosuolo ottenuto è il seguente:

Spessore degli strati (metri)	Vs (m/sec)
3	210
3	300
15	420
120	500
0	700

➤ **Sito n. 4**

Nel sito in esame sono state eseguite due HVSR (n.10 e 11), 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 10 ha una frequenza di risonanza a 1.22 Hz con ampiezza di 1.64, e a 20 Hz con ampiezza di 1.9; la HVSR 11 a 1.25 Hz con ampiezza di 1.51, e a 20 Hz con ampiezza di 2.19. 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 35 e 48 Hz, mentre nella MASW è definibile da 38 a 50 Hz. Il modello di sottosuolo ottenuto è il seguente:

Spessore degli strati (metri)	Vs (m/sec)
3.5	280
75	500
0	800

➤ **Sito n. 5**

Nel sito in esame sono state eseguite due HVSR (n.4 e 3), una misura MASW (n.5) e una ReMi (n.5). 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 4 ha una frequenza di risonanza a 0.5 Hz con ampiezza di 1.66 e a 7.65 Hz con ampiezza di 2.93; la HVSR 3 a 0.55 Hz con ampiezza di 1.72 e a 7.7 Hz con ampiezza di 2.9. 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 è definibile da 42 a 50 Hz, mentre nella MASW è definibile da 17 a 50 Hz. Il modello di sottosuolo ottenuto è il seguente:

Spessore degli strati (metri)	Vs (m/sec)
6	190

30	380
110	550
0	800

➤ **Sito n. 6**

Nel sito in esame sono state eseguite due HVSR (n.1 e 2), una misura MASW (n.6) e una ReMI (n.6). 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 4.6 Hz con ampiezza di 4.7; la HVSR 2 a 4.7 Hz con ampiezza di 4.35. 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 è definibile da 20 a 50 Hz, mentre nella MASW è definibile da 20 a 50 Hz. Il modello di sottosuolo ottenuto è il seguente:

Spessore degli strati (metri)	Vs (m/sec)
1.8	120
9	200
95	390
0	630

➤ **Sito n. 7**

Nel sito in esame sono state eseguite due HVSR (n.12 e 13), una misura MASW (n.7) e una ReMI (n.7). 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 12 ha una frequenza di risonanza a 0.95 Hz con ampiezza di 1.82, a 9.9 Hz con ampiezza di 1.55, e a 19.7 Hz con ampiezza di 2.6; la HVSR 13 a 1 Hz con ampiezza di 1.78, a 9.7 Hz con ampiezza di 1.28, e a 21 Hz con ampiezza di 2.3. 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 è definibile da 25 a 45 Hz, mentre nella MASW è definibile da 25 a 50 Hz. Il modello di sottosuolo ottenuto è il seguente:

Spessore degli strati (metri)	Vs (m/sec)
2	170
70	320
0	600

➤ **Sito n. 8**

Nel sito in esame sono state eseguite due HVSR (n.17 e 18), una misura MASW (n.9) e una ReMI (n.11). 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 17 ha una frequenza di risonanza a 0.88 Hz con ampiezza di 1.7, a 2.83 Hz con ampiezza di 1.7, e a 7.08 Hz con ampiezza di 2.82; la HVSR 18 a 0.92 Hz con ampiezza di 1.77, a 2.8 Hz con ampiezza di 2.13, e a 6.9 Hz con ampiezza di 3.06. L'esito delle analisi ReMi e MASW è rappresentato dal contouring a colori.

Spessore degli strati (metri)	Vs (m/sec)
1.3	110
6	190
25	350
100	480
0	700

➤ **Sito n. 9**

Nel sito in esame sono state eseguite due HVSR (n.14), una misura MASW (n.8) e una ReMI (n.8). 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 da 1.5 a 4.5 Hz. La curva HVSR 14 ha una frequenza di risonanza da 0.8 a 1.03 Hz con ampiezza di 1.43, a 8.4 Hz con ampiezza di 2.72, a 11 Hz con ampiezza di 2.09 e a 15.8 Hz con ampiezza di 1.82. 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 è definibile da 15 a 50 Hz, mentre nella MASW è definibile da 18 a 50 Hz. Il modello di sottosuolo ottenuto è il seguente:

Spessore degli strati (metri)	Vs (m/sec)
5	240
100	440
0	800

➤ **Sito n. 10**

Nel sito in esame sono state eseguite due HVSR (n.15), due ReMi (n.9-10). L'utilizzo incrociato delle tre tecniche sismiche ha permesso di ottenere un modello sismostratigrafico affidabile. Negli array di 46 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 15 ha una frequenza di risonanza a circa 9 Hz con ampiezza di 3. L'esito delle analisi ReMi e MASW è rappresentato dal contouring a colori. Il modello di sottosuolo ottenuto è il seguente:

Spessore degli strati (metri)	Vs (m/sec)
4	180-250
17	450
28	330
0	390

➤ **Sito n.11**

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 da 0.6 a 0.95 Hz con ampiezza di 1.68, e da 8.54 a 13.6 Hz con ampiezza di 2.29.

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 dallo studio per il PAT di Castelfranco Veneto, da quello 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 e da quello su " La ricarica artificiale delle falde nell'alta Pianura Trevigiana in destra Piave" Consorzio di Bonifica destra Piave e Dipartimento di geologia dell'Università di Padova -1989.

La fotointerpretazione ha avuto come obiettivo l'individuazione delle forme strutturali, forme di versante dovute alla gravità, forme fluviali e fluvioglaciali 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 indagini pregresse, reperite presso l'ufficio tecnico comunale. Sono state raccolte trincee esplorative, pozzi per acqua, sondaggi a carotaggio continuo, sondaggi a distruzione di nucleo, prove penetrometriche statiche (cpt) e prove penetrometriche dinamiche pesanti (DP).

La profondità massima raggiunta da queste indagini è di 110 metri.

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

Mediante le analisi sopraesposte è stato possibile procedere alla realizzazione di sezioni geologiche e alla ricostruzione dell'assetto litostratigrafico dell'area. Le unità geologico-litotecniche rilevate sono le seguenti:

- (**GMfg**): ghiaie in matrice prevalentemente sabbiosa, e ghiaie a volte cementate in profondità di origine fluviale e/o fluvioglaciale. Talvolta sono presenti livelli argillosi e/o sabbiosi di modesto spessore, soprattutto a profondità superiori ai 25 metri dal p.c. Quest'ultimi sono caratterizzati da una tendenziale lenticolarità, per cui si sviluppano su aree limitate e sono discontinui. La profondità media stagionale della falda è inferiore ai 15 metri dal piano campagna. Le indagini sismiche ci hanno consentito di valutare una Vs30 mediamente superiore ai 360 m/sec.

Committente /		SONDAGGIO	FOGLIO
Cantiere	SP 102	PA13	1
Località	Castelfranco Veneto (TV)		
Data Inizio		Il geologo	
		Data Fine	1994

Scala 1:500	Stratigrafia	Descrizione	Profondità	Potenza
		Terreno vegetale	1.00	1.00
5		ghiaia a matrice sabbiosa		9.00
10		ghiaie grossolane con trovanti	10.00	10.00
15				10.00
20		ghiaie a matrice sabbiosa	20.00	8.00
25				8.00
30		livelli sabbiosi con lenti di argilla	28.00	7.00
35				7.00
40		ghiaie grossolane	35.00	10.00
45				10.00
50		ghiaie grossolane con grossi elementi	45.00	8.00
55		sabbie con lenti di argilla	53.00	12.00
60				12.00
65		ghiaie con livelli argillosi	65.00	10.00
70				10.00
75		ghiaie pulite	75.00	13.00
80				13.00
85				13.00
			88.00	

- **(CLpd)**: depositi prevalentemente argilloso-limosi superficiali con livelli ghiaiosi e/o sabbiosi (piana pedemontana) poggianti su alluvioni ghiaiose fluviali e/o fluvio-glaciali. L'area centrale è costituita alluvioni prevalentemente limoso argillose di spessore variabile (circa 1-4 metri), deposte dai corsi d'acqua prealpini, che abbandonavano le loro torbide residue sulle alluvioni ghiaioso-sabbiose fluvio-glaciali del F. Brenta e Piave. La zona sud occidentale è costituita da alluvioni prevalentemente limoso argillose di spessore variabile, deposte dal F. Brenta. Questi terreni soprattutto limoso

argillosi, a volte di limitato spessore (circa un metro), sono intercalati con lenti limoso sabbiose, e soprattutto nella zona sud occidentale con livelli torbosi; essi poggiano sui depositi fluvio-glaciali ghiaioso sabbiosi del F. Brenta.

Questo litotipo è poco consistente. Le indagini sismiche ci hanno consentito di valutare una Vs30 mediamente inferiore ai 360 m/sec.

Committente _____	SONDAGGIO	FOGLIO
Cantiere via degli Aceri _____		
Località Castelfranco Veneto _____		
Data Inizio _____	Data Fine _____	Il geologo

Scala 1:750	Stratigrafia	Descrizione	Profondita'	Potenza
		limo argilloso	3.00	3.00
7		ghiaia e ghiaino con sacche di sabbia		
14				
21				38.00
28				
35				
42		argilla	41.00	2.00
43		ghiaia e ghiaino	43.00	7.00
49		ghiaia, ghiaino e sabbia	50.00	14.00
56				
63		ghiaia con tracce di argilla	64.00	1.00
70		argilla	65.00	1.00
		ghiaia e ghiaino	66.00	2.00
77		ghiaia con deboli tracce di ghiaino	68.00	18.00
84		ghiaia	86.00	1.00
91		ghiaia e argilla	87.00	1.00
		ghiaietto con debole tracce di argilla	88.00	5.00
98		ghiaietto e sabbia	93.00	4.00
		argilla	97.00	4.00
105		ghiaia e ghiaino	101.00	3.00
		ghiaia	104.00	6.00
			110.00	

Perforazione a percussione

- **(SMpd)**: depositi prevalentemente sabbioso limosi con livelli ghiaiosi e/o argillosi (piana pedemontana) poggianti su alluvioni ghiaiose fluviali e/o fluvioglaciali. Il loro spessore è variabile, in certe zone è esiguo (1-2 metri), in altre di alcuni metri: ciò può essere dovuto all'episodicità dell'evento alluvionale, anche rilevante, rispetto alla periodicità e continuità in un'area localizzata di eventi analoghi seppure di minore portata. Per quanto riguarda la loro origine, in bibliografia viene generalmente attribuita principalmente alle alluvioni del F. Brenta, e in misura secondaria al T. Musone. Questi terreni prevalentemente sabbioso limosi, non sono omogenei arealmente, spesso presentano delle variabilità "lateral" limoso argillose. Dal punto di vista granulometrico nelle sabbie limose si rinvencono rari ciottoli calcarei, talvolta porfirici e/o granitici, del diametro massimo di 3-4 cm. Questo litotipo è poco consistente. Le indagini sismiche ci hanno consentito di valutare una Vs30 mediamente inferiore ai 360 m/sec.

Committente	Trentin e Boccato		SONDAGGIO	FOGLIO
Cantiere			P5	Il geologo
Località	Castelfranco Veneto			
Data Inizio	luglio 1994	Data Fine		

Scala 1:100	Stratigrafia	Descrizione	Profondità'	Potenza
1	× × ×	Terreno di riporto	0.40	0.40
2		Limo sabbioso	1.80	1.40
3		Ghiaia in matrice sabbiosa	3.00	1.20
4		Limo debolmente argilloso	3.60	0.60
5		sabbia medio fine ghiaiosa	4.40	0.80
6		ghiaia media e fine con matrice sabbiosa	4.60	0.20
7		Sabbia media e grossa ghiaiosa	5.00	0.40
8		Sabbia fine con ghiaia	7.65	2.65
9		sabbia medio grossa debolmente ghiaiosa	8.00	0.35
10		ghiaia in abbondante matrice sabbiosa grossa	10.00	2.00

Il livello della falda è a -7.73 metri dal p.c.

- (**Rizz**) : Depositi di riporto antropico di varia natura. Sono presenti in 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. 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 (trincee esplorative, Prove penetrometriche statiche con punta meccanica, Prove penetrometriche dinamiche pesanti, Sondaggi a carotaggio continuo, Sondaggi a distruzione di nucleo, pozzi per acqua).
- esecuzione di indagini sismiche (HVSR, MASW e 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, e determinarne la suscettibilità alla liquefazione.

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

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. Gli approfondimenti per la suscettibilità alla liquefazione verranno esperiti nel secondo/terzo livello. La zona settentrionale del territorio comunale non è suscettibile alla liquefazione in quanto non sono stati riscontrati litotipi sabbiosi o limoso sabbiosi da 0 a 15 metri dal piano campagna.

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;
- forme di superficie e sepolte;
- punti di misura di rumore ambientale.

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

I “punti di misura di rumore ambientale” sono 16.

Nella categoria “zone di attenzione per instabilità”, sono state individuate cinque tipologie d'instabilità e sono descritte nel cap.8.

8. ELABORATI CARTOGRAFICI DELLA MICROZONAZIONE SISMICA DI PRIMO LIVELLO

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 Trincee esplorative, prove penetrometriche statiche, prove penetrometriche dinamiche pesanti, pozzi per acqua, sondaggi a carotaggio continuo, sondaggi a distruzione di nucleo

Allo scopo di definire le esatte caratteristiche litologiche e geotecniche del sottosuolo sono state allegare e cartografate le seguenti indagini pregresse:

- *Trincee esplorative*: sono state allegare n.34 stratigrafie, reperite da documentazione varia presso gli uffici comunali. La massima profondità raggiunta è di 5.0 metri dal piano campagna; in alcune trincee si sono riscontrate venute d'acqua.
- *Prove penetrometriche statiche (cpt)*: sono state allegare n.8 stratigrafie, reperite da documentazione varia presso gli uffici comunali. La massima profondità raggiunta è di 8.2 metri dal piano campagna.
- *Prova penetrometrica dinamica pesante (DP)*: sono state allegare n.5 stratigrafie, reperite da documentazione varia presso gli uffici comunali. La profondità raggiunta è di 11.40 metri dal piano campagna.
- *Pozzi per acqua*: sono state allegare n. 14 stratigrafie, reperite da documentazione varia presso gli uffici comunali. La massima profondità raggiunta è di 110 metri dal piano campagna e hanno raggiunto la falda acquifera. Nessun pozzo ha raggiunto il substrato roccioso.
- *Sondaggi a carotaggio continuo*: sono state allegare n.16 stratigrafie, reperite da documentazione varia presso gli uffici comunali. La massima profondità raggiunta è di 20 metri. In alcuni sondaggi sono state eseguite prove in foro SPT.
- *Sondaggi a distruzione di nucleo*: sono state allegare n.7 stratigrafie, reperite da documentazione varia presso gli uffici comunali. La massima profondità raggiunta è di 12 metri.

8.1.2 Indagini sismiche

Per ottenere la caratterizzazione del sottosuolo al fine di definire l'azione sismica di progetto, sono state eseguite n. 16 HVSR, n. 9 MASW e n. 11 ReMI. 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 riportate le forme di superficie e sepolte, gli elementi tettonico strutturali, quelli geologici e idrogeologici.

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*, *CLpd*, *SMPd*, *Rlzz*. Questi litotipi sono descritti nel cap. 5.

8.2.2 Forme di superficie e sepolte

Sono state censite delle “forme di superficie e sepolte” particolarmente importanti per problematiche sismiche, e in particolare:

- *Orli di scarpata morfologica*: sono di origine antropica (es. cave) e sono state distinte quelle con altezza dai 10 ai 20 metri e quelle con altezza superiore ai 20 metri.

8.2.3 Elementi tettonico strutturali

E' stata rappresentata come potenzialmente attiva la “Linea Bassano” (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 110 metri.
- *la profondità della falda in aree con sabbie e/o ghiaie*. Sono stati riportati valori di profondità della falda reperiti in bibliografia (carta idrogeologica del PAT). La superficie della falda acquifera può raggiungere profondità inferiori ai 15 metri dal piano campagna nell'intero territorio comunale.

8.2.5 Altri elementi

Le *tracce di sezione geologica* sono rappresentate in cartografia e descritte nel modello geologico al 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 suscettibili di instabilità 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 state cartografate i seguenti elementi:

- a. "*Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali*";
- b. "*Zone di attenzione per instabilità*";
- c. "*Forme di superficie e sepolte*";
- d. "*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** : ghiaie in matrice prevalentemente sabbiosa, e ghiaie a volte cementate in profondità di origine fluviale e/o fluvioglaciale. Talvolta sono presenti livelli argillosi e/o sabbiosi di modesto spessore, soprattutto a profondità superiori ai 25 metri dal p.c. Quest'ultimi sono caratterizzati da una tendenziale lenticolarità, per cui si sviluppano su aree limitate e sono discontinui. La profondità media stagionale della falda è inferiore ai 15 metri dal piano campagna. Le indagini sismiche ci hanno consentito di valutare una V_{s30} mediamente superiore ai 360 m/sec.

Committente /		SONDAGGIO	FOGLIO
Cantiere	SP 102	PA13	1
Località	Castelfranco Veneto (TV)		
Data Inizio		Il geologo	
		Data Fine	1994

Scala 1:500	Stratigrafia	Descrizione	Profondità	Potenza
5		Terreno vegetale ghiaia a matrice sabbiosa	1.00	1.00
10		ghiaie grossolane con trovanti	10.00	9.00
15				10.00
20		ghiaie a matrice sabbiosa	20.00	
25				8.00
30		livelli sabbiosi con lenti di argilla	28.00	
35				7.00
40		ghiaie grossolane	35.00	
45				10.00
50		ghiaie grossolane con grossi elementi	45.00	
55		sabbie con lenti di argilla	53.00	
60				12.00
65		ghiaie con livelli argillosi	65.00	
70				10.00
75		ghiaie pulite	75.00	
80				13.00
85				88.00

- **Zona 2002:** materiali alluvionali a tessitura prevalentemente limoso-argillosa e/o sabbioso-limosa con inclusioni ghiaiose poggianti sulle ghiaie in matrice sabbiosa di origine fluviale e/o fluvioglaciale. Il loro spessore è variabile, in certe zone è esiguo (1-2 metri), in altre di alcuni metri: ciò può essere dovuto all'episodicità dell'evento alluvionale, anche rilevante, rispetto alla periodicità e continuità in un'area localizzata di eventi analoghi seppure di minore portata. Per quanto riguarda la loro origine, in bibliografia viene generalmente attribuita principalmente alle alluvioni del F. Brenta, e in misura secondaria al T. Musone. Questi terreni prevalentemente sabbioso limosi, non sono omogenei arealmente, spesso presentano delle variabilità "laterali" limoso argillose. Questo litotipo è poco consistente. Le indagini sismiche ci hanno consentito di valutare una Vs30 mediamente inferiore ai 360 m/sec.

Committente	_____
Cantiere	via degli Aceri
Località	Castelfranco Veneto
Data Inizio	_____
	Data Fine _____

SONDAGGIO	FOGLIO
Il geologo	

Scala 1:750	Stratigrafia	Descrizione	Profondita'	Potenza
7		limo argilloso	3.00	3.00
14		ghiaia e ghiaino con sacche di sabbia		
21				
28				
35				
42				
49		argilla	41.00	2.00
56		ghiaia e ghiaino	43.00	7.00
63		ghiaia, ghiaino e sabbia	50.00	14.00
70		ghiaia con tracce di argilla	64.00	1.00
77	argilla	65.00	1.00	
84	ghiaia e ghiaino	66.00	2.00	
91	ghiaia con deboli tracce di ghiaino	68.00	18.00	
98	ghiaia	86.00	1.00	
105	ghiaia e argilla	87.00	1.00	
	ghiaietto con debole tracce di argilla	88.00	5.00	
	ghiaietto e sabbia	93.00	4.00	
	argilla	97.00	4.00	
	ghiaia e ghiaino	101.00	3.00	
	ghiaia	104.00	6.00	
		110.00		

Perforazione a percussione

Committente	Trentin e Boccato	SONDAGGIO	FOGLIO
Cantiere		P5	
Località	Castelfranco Veneto		
Data Inizio	luglio 1994	Il geologo	
		Data Fine	

Scala 1:100	Stratigrafia	Descrizione	Profondità	Potenza
	× × ×	Terreno di riporto	0.40	0.40
1		Limo sabbioso		1.40
2		Ghiaia in matrice sabbiosa	1.80	1.20
3		Limo debolmente argilloso	3.00	0.60
4		sabbia medio fine ghiaiosa	3.60	0.80
5		ghiaia media e fine con matrice sabbiosa	4.40	0.20
		Sabbia media e grossa ghiaiosa	4.60	0.40
6		Sabbia fine con ghiaia	5.00	
7				2.65
8		sabbia medio grossa debolmente ghiaiosa	7.65	0.35
		ghiaia in abbondante matrice sabbiosa grossa	8.00	
9				2.00
10			10.00	

Il livello della falda è a -7.73 metri dal p.c.

- **Zona 2003:** Depositi di riporto antropico di spessore variabile costituente i terrapieni stradali. Considerata la variabilità di questi materiali, non sono state eseguite indagini sismiche.

8.3.2 Zone suscettibili di 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:

- *Zona di attenzione per liquefazione – zona 1;*
- *Zona di attenzione per liquefazione – zona 2;*
- *Zona di attenzione per Cedimenti Differenziali;*
- *Zona di attenzione per sovrapposizione di Instabilità Differenti.*

Il primo tipo sono zone di attenzione per liquefazione: a) “zona 1” caratterizzata dal litotipo “GMfg” con presenza di livelli sabbiosi, b) “Zona 2” caratterizzata dai litotipi CLpd e SMpd. In tutte queste zone sono presenti le quattro condizioni predisponenti: terreni sabbiosi (non è stato possibile delimitare, in questo primo livello, le aree con strati sabbiosi in profondità), falda a profondità inferiore a 15 metri, M_w attesa al sito maggiore a 5, accelerazioni massime in superficie (pga) $>0.1g$.

Il secondo tipo è costituito dalle zone con cedimenti differenziali: sono le aree di cava e/o di discarica; sono zone in cui si possono verificare cedimenti per la diversa competenza dei materiali.

Il terzo tipo è caratterizzato dalla sovrapposizione di aree precedentemente descritte, ovvero di instabilità differenti (zona di attenzione per cedimenti differenziali e per liquefazione).

8.3.3 Forme di superficie e sepolte

Sono aree in cui potrebbero verificarsi fenomeni di amplificazione del moto sismico. In cartografia sono stati censiti gli orli di scarpata morfologica. Questi elementi sono stati descritti nel capitolo 6.2.3.

8.3.4 Punti di misura di rumore ambientale

Sono rappresentati i 18 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 Castelfranco Veneto 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 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 1894 nella zona di Fonzaso con $M_{aw}=5.03$;
- anno 1895 nel Valdobbiadense con $M_{aw}=5.06$;
- anno 1900 nel Valdobbiadense con $M_{aw}=5.22$;
- anno 1943 nel Valdobbiadense con $M_{aw}=5.18$.

Nelle ricerche bibliografiche, eseguite con ricerche documentali specifiche di atti risalenti al periodo degli eventi, si sono rilevati danni per eventi sismici nel Comune di Castelfranco Veneto nel sisma del 1695. Interessanti sono le documentazioni scritte di danni reperite presso l'Archivio di Stato di Venezia, la Biblioteca Comunale di Treviso, l'archivio storico di Asolo, L'archivio Comunale di Castelfranco Veneto e alcuni archivi parrocchiali, causate dal **terremoto del 25.02.1695** ore 5.30, con epicentro nell'asolano:

- “ *L'anno 1695, 25 Febbaro giorno di Venerdì ...circha l'8 hore di notte (circa alla due di notte) fecesi sentire un picholo scosso di teremotto... circha le hore 13 di giorno (probabilmente vi è un errore, in quanto la scossa avvenne circa alle ore 5.30 del mattino, documentata da diversi atti dell'epoca) in cui sentitosi un gran urtone del teremotto rivelgiando tute le anime sopite...il dano più remarcabile fù nel territorio verso il monte...nel castello di Asolo non vi è cassa che non conti qualche fracasso...con la morte di 3 persone: nella villa di cavaso oltre le rovine di assaisime casse si considerano 28 persone sepolte...In Rovigo Segusino Pedaroba Curogna, San Zenon et altre ville in quantita oltre la rotura di molte case si trovano molti Huomini perduti che forse saranno sepolti nelle rovine, in val dubiadene, oltre la rovina di case e palaggi ha aperto una grandissima montagna con istupore di tutti...*” (da “Cronaca di Treviso”).
- anno 1695, 24 Marzo “...Asolo ha risentito ...dell'eccidio di due infelici fratelli ritrovati estinti sotto le rovine...e nei 26 villaggi (la podesteria di Asolo comprendeva gran parte dei territori degli attuali Comuni di Romano d'Ezzelino, Mussolente, Borso del Grappa, San Zenone degli Ezzelini, Fonte, Crespano e Paderno del Grappa, Possagno, Cavaso, Castalcucco, Monfumo, Asolo, Maser, Altivole, Cornuda e Crocetta del Montello) ...essersi precipitate a fundamentis 1477 case et altre 1284 case rese inhabili ne esservene rimasta illesa pur una...si meritano il compatimento de l'esenzion dal Boccatico e macina come hanno supplificato anco li comuni di Quer, Campo, Colmiran e Vas...” (lettera firmata dal Podestà di Treviso).
- 1695, 25 Giugno: “*Serenissimo Principe, sono giusti li ricorsi ...in gran parte dessolati sotto il flagello del terremoto....e molto meno può permetterlo questa cassa così esausta che sarà sempre impotente ad abbracciare le spese ordinarie nonché le straordinarie che pur sono indispensabili perché come riferii a Vostra Serenità in lettere del 15 del corrente anco li Palazzi di Bassano, Oderzo, Noale e Castelfranco*”

sono ridotti in somma necessità d'esser restaurati, e quanto più si differisce applicarvi il riparo, tanto più deteriorando accresceranno il dispendio..." (lettera firmata dal Podestà di Treviso G.B. Giovanelli).

18
1695. 25 Giugno 18

Serenissimo Principe.

Sono giusti li ricorsi del reggimento d'Asolo humiliati a V. Ser.^{ta} per la restaurazione del palazzo e Chiesa in gran parte desolate sotto il flagello del terremoto. Un certo in Ducali di Apule diretto all' Ill.^{mo} mio precettore, che fosse trasmessa all' Ecc.^{za} Vostra una polizza della spesa che occorreva per riparar li danni prelevati rilevante la somma di Lire 2700, con incarico di procurarne la diminutione e di proceder all'appalto dell'opera o a qualche altra formalità che fosse riputata di minor publico aggravio. Queste commissioni giunte nel fine dello stesso reggimento precettore non sortirono l'esecuzione né essendo pervenute a mia notizia non ho potuto supplire all'urgenza oltre di che la facoltà di spender il danaro publico in tale esigenza a me non s'estendeva e molto meno può permetterlo questa cassa così esauista che sarà sempre impotente ad abbracciare le spese ordinarie nonchè le straordinarie che pur sono indispensabili perchè come riferii a V. Ser.^{ta} in lettere di 15 del corrente anco li Palazzi di Bassano, Pevero, Noale e Castelfranco sono ridotti in somma necessità d'essere restaurati, e quanto più si differisce applicarvi il riparo, tanto più deteriorando accresceranno il dispendio.

Attendere pertanto li sovrani comandi ed il modo di soddisfare a queste spese. Gratia etc

Treviso 25 Giugno 1695

Gio. Bened. Giovanelli Pod. e Cap.

(Dispacci Treviso 1695.)

Fig. 14 – Restauro palazzo pubblico di Castelfranco (da Libro Giallo – Archivio storico di Asolo)

- anno 1695, 25 Febbraio: il Consiglio dei 24 di Castelfranco delibera di “*far e di nuovo redificar la cupula*” della torre.
- Anno 1695, 08 Marzo: Antonio Frassine, incaricato della ricostruzione, dichiara nella sua “polizza” che la torre è “...*sbregata nella faccia verso levante e nella facciata verso ponente...*” e che si deve “*disfar la cuba e l’otangolo*”.
- Anno 1695, 14 Maggio: Il reperimento delle 2403 lire indicate nel preventivo di spesa come necessarie per l’acquisto dei materiali di restauro, avviene prelevando il contante dal “*bagatin*” del Monte di Pietà, che il Senato Veneziano, in tal senso supplicato dalla Comunità, aveva concesso.

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.*”

Dall’esame dei dati del Baratta sembrerebbe che i danni fossero circoscritti (v.fig.15), e non si segnalano danni in Castelfranco Veneto.

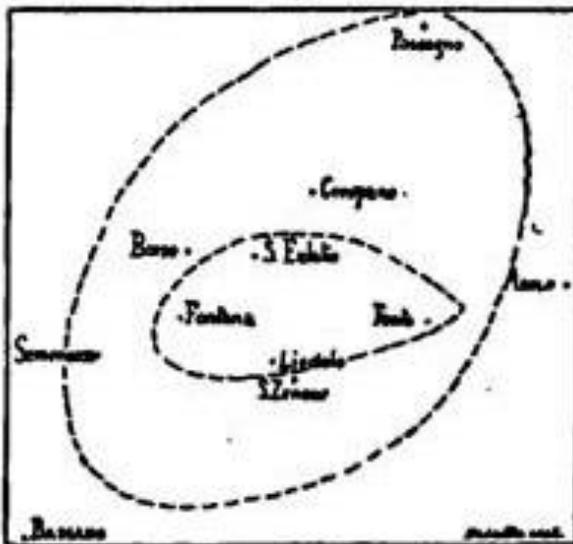


Fig. 15 – Località più danneggiate (da Baratta -1901)

10. 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 PARROCCHIE DI COSTE, CRESIGNAGA, MASER, BORSO e PADERNO DEL GRAPPA.
- ARCHIVIO STORICO DI ASOLO: "Comune di Asolo Libro giallo n.2";
- ARCHIVIO STORICO DI ASOLO: "Schede Giomo- Il terremoto nell'Asolano -1695";
- ARCHIVIO STORICO DI CASTELFRANCO VENETO: Com, Libri parti, reg.10, c. 235r, 25 febbraio 1695.
- ARCHIVIO STORICO DI CASTELFRANCO VENETO: Com, Scancelli, vol. 207, fasc. 7, c.471r, 8 Marzo 1695.
- ARCHIVIO STORICO DI CASTELFRANCO VENETO: Com, Libri parti, reg.10, c. 238r, parte 03 giugno 1695.
- ARCHIVIO di STATO di VENEZIA: Collegio, Risposte di fuori, f.448, Supplica della comunità di Castelfranco alla Repubblica di Venezia, 14 Marzo 1695.
- ARCHIVIO di STATO di VENEZIA: Collegio, Risposte di dentro, f.448, Supplica di Lorenzo Piacentini alla Repubblica di Venezia, 14 Marzo 1695.
- ARCHIVIO di STATO di VENEZIA: Senato, Dispacci, Treviso, filza 95, Lettere del Podestà di Treviso Giovanelli G.B alla Repubblica di Venezia, Treviso 25 Giugno 1695.
- 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: CARTA GEOLOGICA DELLE TRE VENEZIE: *"Foglio Conegliano"*. Scala 1:100.000, Uff. Idrogr. Mag. Acque, Venezia, 1963.
- AUTORI VARI: *"La Valcavasia – Ricerca storico ambientale"*. Comunità Montana del Grappa, 1983.
- 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
- BANCA POPOLARE DI CASTELFRANCO VENETO: *"La Podesteria di Castelfranco"* di G. Cecchetto – 1994, pg.68.
- 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. Suga 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"*
- 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 CASTELFRANCO VENETO – PAT 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: *"Catalogo dei forti terremoti in Italia e nell'area Mediterranea"* di E. Guiboni e altri
- INGV: *"DBMI11-Database Macrosismico Italiano 2011"*
- ISTAT: *"Basi territoriali – progetto Census 2010"*.
- MAGISTRATO ALLE ACQUE DI VENEZIA - UFFICIO IDROGRAFICO: *"Annali idrologici"*. Annate varie, Venezia.
- PERUZZA e altri: *"Distretti sismici del Veneto"* Bollettino di Geofisica Teorica e Applicata -2011
- PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEL 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.
- REGIONE VENETO: *"Carta litologica e carta idrogeologica dei monti Grappa e Cesen"*. Segr. Reg. Ambiente e Territorio, 2006.
- 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.

Maser, Marzo 2017

Il geologo

