



**PROTEZIONE CIVILE**  
Presidenza del Consiglio dei Ministri  
Dipartimento della Protezione Civile



**REGIONE AUTONOMA  
FRIULI VENEZIA GIULIA**



**CONFERENZA DELLE REGIONI E  
DELLE PROVINCE AUTONOME**

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

## **REGIONE AUTONOMA FRIULI VENEZIA GIULIA**

### **PROVINCIA DI UDINE**

### **COMUNE DI PORPETTO**



### **Relazione illustrativa per lo studio di Microzonazione Sismica (livello 1) del Comune di Porpetto**

Febbraio 2018

Integrazioni: Giugno 2018

Dott. Geol Maurizio Comar

Collaboratore: Dott. Geol. Alessandro Pavan

## Sommario

<b>1 INTRODUZIONE E DESCRIZIONE GENERALE DELL'AREA</b> .....	<b>3</b>
1.1 DESCRIZIONE GEOMORFOLOGICA GENERALE DELL'AREA.....	7
<b>2 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>8</b>
2.1 SISMICITA STORICA .....	12
2.2 STORIA SISMICA DI PORPETTO .....	12
2.3 INQUADRAMENTO STRUTTURALE DELL'AREA .....	13
2.4 ZONAZIONE SISMOGENETICA .....	14
2.5 FAGLIE CAPACI .....	17
<b>3 ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA</b> .....	<b>19</b>
3.1 CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE E LITOLOGICHE .....	20
3.1.1 SUBSTRATO GEOLOGICO .....	20
3.1.2 SUCCESSIONE CONTINENTALE PLEISTOCENICO-QUATERNARIA .....	21
3.2 IDROGRAFIA.....	23
3.2 IDROGEOLOGIA.....	24
<b>4 DATI GEOTECNICI E GEOFISICI</b> .....	<b>25</b>
<b>5 METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI</b> .....	<b>26</b>
5.1 METODO HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) .....	26
5.2 INDAGINI ESEGUITE.....	29
<b>6 INTERPRETAZIONE ED INCERTEZZE</b> .....	<b>31</b>
<b>7 ELABORATI CARTOGRAFICI</b> .....	<b>33</b>
7.1 CARTA DELLE INDAGINI.....	33
7.2 CARTA GEOLOGICO-TECNICA.....	35
7.3 SEZIONI GEOLOGICO-TECNICHE – MODELLO DEL SOTTOSUOLO .....	36
7.4 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS) .....	38
<b>8 CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI</b> .....	<b>40</b>
<b>9 BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>40</b>

## INTRODUZIONE E DESCRIZIONE GENERALE DELL'AREA

Il Comune di Porpetto, in data 07 novembre 2016 affidava allo scrivente, geol. Maurizio Comar, l'incarico di collaborazione finalizzato all'espletamento dello studio di Microzonazione Sismica di Primo Livello del Comune di Porpetto, in collaborazione con il dott. geol. Alessandro Pavan, di Campofornido, iscritto all'Albo Professionale da meno di 5 anni ed unitamente al tecnico abilitato per la realizzazione degli studi della Condizione Limite per l'Emergenza, Arch. Maria Pinat di Pieris. La presente relazione di Microzonazione Sismica (MS) e l'allegata cartografia illustrano e descrivono metodologie, indagini, e risultati.

La delimitazione dell'area di studio (Fig. 1), inviata come Prima Fase dello studio, nel Dicembre 2016, alla "Commissione Regionale per la Microzonazione Sismica – Servizio Edilizia", è stata fatta sulla base degli studi urbanistici del Comune. In particolare ci si è riferiti al PRGC in vigore, secondo quanto indicato dall'Ufficio Tecnico Comunale, con il quale la perimetrazione è stata condivisa.

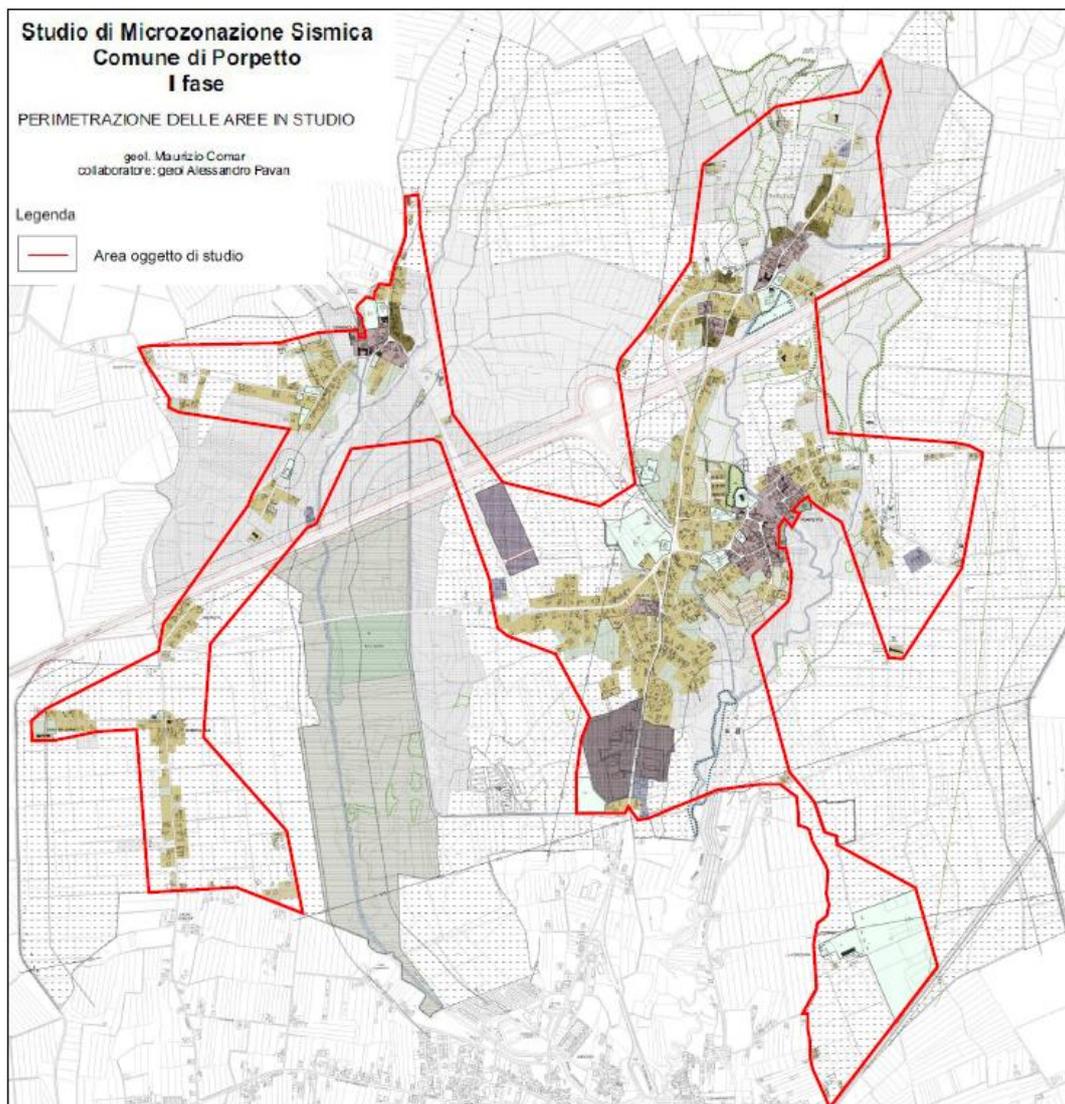


Fig. 1: Perimetrazione area MS

Con il termine *microzonazione sismica (MS)* si intende la “valutazione della pericolosità sismica locale attraverso l’individuazione di zone del territorio caratterizzate da comportamento sismico omogeneo”. In sostanza la MS individua e caratterizza le *zone stabili*, le *zone stabili suscettibili di amplificazione locale del moto sismico* e le *zone suscettibili di instabilità*.

La MS ha lo scopo di riconoscere su scala *comunale* o subcomunale le condizioni locali che possono modificare sensibilmente le caratteristiche del moto sismico atteso o possono produrre deformazioni permanenti rilevanti per le costruzioni e le infrastrutture.

Gli elementi caratterizzanti la Microzonazione Sismica (MS) possono essere tratti dal capitolo introduttivo del testo “Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica (ICMS) - Gruppo di lavoro MS, 2008 - Conferenza delle Regioni e delle Province autonome - Dipartimento della protezione civile - Roma”

In sostanza, lo studio di MS viene sintetizzato con una rappresentazione cartografica del territorio nella quale sono indicate:

1. le *zone in cui il moto sismico non viene modificato rispetto a quello atteso in condizioni ideali* di roccia rigida e pianeggiante e, pertanto, gli scuotimenti attesi sono equiparati a quelli forniti dagli studi di pericolosità di base;
2. le *zone in cui il moto sismico viene modificato rispetto a quello atteso in condizioni ideali* di roccia rigida e pianeggiante, a causa delle caratteristiche litostratigrafiche del terreno e/o geomorfologiche del territorio;
3. le *zone in cui sono presenti o suscettibili di attivazione fenomeni di deformazione permanente del territorio indotti o innescati dal sisma* (instabilità di versante, liquefazioni, fagliazione superficiale, cedimenti differenziali, ecc.)

In funzione dei diversi contesti e dei diversi obiettivi, gli studi di MS possono essere effettuati a livelli di approfondimento crescenti:

- livello 1 (oggetto del presente studio): è un livello propedeutico ai veri e propri studi di MS, in quanto consiste in una raccolta di dati preesistenti, elaborati per suddividere il territorio in microzone qualitativamente omogenee rispetto alle fenomenologie sopra descritte;
- livello 2: introduce l’elemento quantitativo associato alle zone omogenee, utilizzando allo scopo ulteriori e mirate indagini, ove necessarie, e definisce la Carta di microzonazione sismica di livello 2;
- livello 3: restituisce una Carta di microzonazione sismica con approfondimenti su tematiche o aree particolari.

Gli studi di MS sono di fondamentale importanza nella pianificazione al fine di:

- orientare la scelta di aree per nuovi insediamenti;
- definire gli interventi ammissibili in una data area;
- programmare le indagini e i livelli di approfondimento;
- stabilire orientamenti e modalità di intervento nelle aree urbanizzate;
- definire priorità di intervento.

Nella pianificazione d’emergenza, inoltre, gli studi di MS consentono una migliore e consapevole individuazione degli elementi strategici di un piano di emergenza e in generale delle risorse di protezione civile.

Parte integrante dello studio di MS è infatti l’analisi della Condizione Limite per l’Emergenza (CLE). La CLE è la condizione per la quale un insediamento urbano, a seguito di un evento sismico, può subire danni fisici e funzionali tali da portare all’interruzione di quasi tutte le funzioni urbane, ma conserva comunque la funzionalità della gran parte delle funzioni strategiche per l’emergenza e la loro connessione ed accessibilità rispetto al contesto territoriale limitrofo. La

conoscenza fornita dalla MS riguardo ai possibili effetti locali indotti da un evento sismico contribuisce alle scelte nell'ambito della CLE.

L'analisi della CLE delle zone perimetrate è stata effettuata utilizzando la modulistica predisposta dalla Commissione Tecnica di cui all'articolo 5 commi 7 e 8 dell' O.P.C.M 3907/2010 ed emanata con apposito decreto del Capo della Protezione Civile.

Tale analisi comporta (art.18 O.P.C.M. 4007/2012):

- a) l'individuazione degli edifici e delle aree che garantiscono le funzioni strategiche per l'emergenza;
- b) l'individuazione delle infrastrutture di accessibilità e connessione con il contesto territoriale, degli edifici e delle aree strategiche e gli eventuali elementi critici;
- c) l'individuazione degli aggregati strutturali e delle singole unità strutturali che possono interferire con le infrastrutture di accessibilità e di connessione con il contesto territoriale

L' analisi della CLE per il comune di Porpetto è stata condotta assieme all'Arch. Maria Pinat con la compilazione delle schede informatiche dei vari elementi e alla redazione della cartografia illustrativa.

Il presente studio di Microzonazione Sismica, sulla base dei dati geologici, geotecnici e geofisici acquisiti in bibliografia, dei dati delle indagini pregresse e delle indagini sismiche eseguite per questo studio, si prefiggeva una suddivisione del territorio comunale in microzone qualitativamente omogenee dal punto di vista del comportamento sismico.

Valutati i dati esistenti relativi alle indagini sul sottosuolo del territorio da indagare, considerata l'assenza o quasi di indagini geofisiche specifiche da relazionare con le stratigrafie raccolte, si è predisposta una campagna di n. 11 indagini geofisiche con registrazione di microtremore a stazione singola (HVSR), distribuite opportunamente sul territorio comunale.

Tali indagini sono un utile indicatore nella definizione del modello geologico in quanto permettono, in prima approssimazione, di valutare la possibilità che si verifichino nel sito di misura fenomeni di risonanza, legati a significativi contrasti di impedenza nel sottosuolo dovuti alle diverse caratteristiche meccaniche dei materiali.

Sono state così individuate sul territorio 1 zona stabile, 4 zone suscettibili di amplificazione sismica causata dalle condizioni litostratigrafiche e 1 zona di attenzione per instabilità.

Il lavoro è stato condotto in conformità alle indicazioni dei documenti tecnici e ai sensi del quadro normativo vigente, del quale si riportano i documenti principali a livello nazionale e regionale:

A livello Nazionale e Regionale i riferimenti normativi e tecnici che disciplinano la materia sono i seguenti:

Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica (ICMS) – Conferenza delle Regioni e Province Autonome e Dipartimento della Protezione Civile, Roma, 2008.

- Studi di Microzonazione Sismica – OCDPC n.52/2013 - Decreto Direttore Servizio Edilizia (Regione Friuli Venezia Giulia) n. 2347/PMTM del 06/08/2015: “Indirizzi e Criteri per la microzonazione sismica, precisazioni e integrazioni, Regione Friuli Venezia Giulia” (versione aggiornata); “Indirizzi regionali di utilizzo per la rappresentazione e archiviazione informatica ai sensi della DGR 1661 dd.13/09/2013 (versione aggiornata).

- Manuale per l'analisi della Condizione Limite per l'Emergenza (CLE) dell'insediamento urbano – Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica – Ver 1.0 (Roma 2014).
- Commissione tecnica regionale per la microzonazione sismica (articolo 5, comma 7 dell'OPCM 13 novembre 2010, n. 3907) – Indirizzi regionali di utilizzo per la rappresentazione e archiviazione informatica ai sensi della DGR 1661 dd.13/09/2013 (versione 1.2)- Trieste 20 luglio 2015.
- “Microzonazione sismica - Standard di rappresentazione e archiviazione informatica ” - Commissione tecnica per la microzonazione sismica (articolo 5, comma 7 dell'OPCM 13 novembre 2010, n. 3907), Versione 3.0 — Roma, Ottobre 2013.
- “Analisi della Condizione Limite per L'emergenza (CLE) - Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica ” Commissione tecnica per la microzonazione sismica (articolo 5, comma 7 dell'OPCM 13 novembre 2010, n. 3907), Versione 3.0.1 —Roma, Settembre 2015
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28.04.2006: Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone.
- Delibera di Giunta Regionale n. 845 del 06.05.2010: Classificazione sismica del territorio del Friuli Venezia Giulia – Allegato 1.
- “Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica, precisazioni e integrazioni. Regione Friuli Venezia Giulia”, approvati con il Decreto del Direttore del Servizio Edilizia PMT/167/ED-ECA.
- Decreto del Ministro dei Lavori Pubblici 11.03.1988, Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione
- Decreto del Ministro dei Lavori Pubblici 16.01.1996, Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche.
- D.M. 14.01.2008: Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni.

#### Altre normative sismiche

- Legge 02.02.1974, n. 64, Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- Legge 10.12.1981, n. 741, Ulteriori norme per l'accelerazione delle procedure per l'esecuzione di opere pubbliche.
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20.03.2003, n. 3274, Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3431 del 03.05.2005: Ulteriori modifiche ed integrazioni all'OPCM n. 3274 del 20.03.2003 recante ‘Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica’.
- Decreto di Giunta regionale n. 2325 del 01.08.2003, Recepimento dell'OPCM n. 3274 del 20.03.2003 in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.
- O.P.C.M. N. 3907 del 13.11.2010
- O.P.C.M. n. 4007 del 29.02.2012 e delibera regionale n. 1047 del 15.06.2013
- D.G.R. n°1661 del 13/09/2013.

## 1.1 DESCRIZIONE GEOMORFOLOGICA GENERALE DELL'AREA

Il territorio comunale di Porpetto si estende nella porzione centrale della Bassa Pianura Friulana. La superficie comunale è pianeggiante (18,05 kmq) e l'altitudine media è di 10 m s.l.m.m. (con un minimo di 6 e un massimo di 17 m s.l.m.m).

Il Comune è costituito dai principali centri abitati:

- Porpetto, sede municipale;
- Villalta;
- Castello, situato a NE;
- Corgnolo, situato a NW;
- Pampaluna, situato a SW;

Il Comune è percorso in senso longitudinale dalla SP 80 e in senso trasversale dall'Autostrada A4 Torino-Trieste.

Per quanto riguarda la viabilità minore, le strade comunali di maggiore importanza sono quelle che attraversano le frazioni summenzionate.

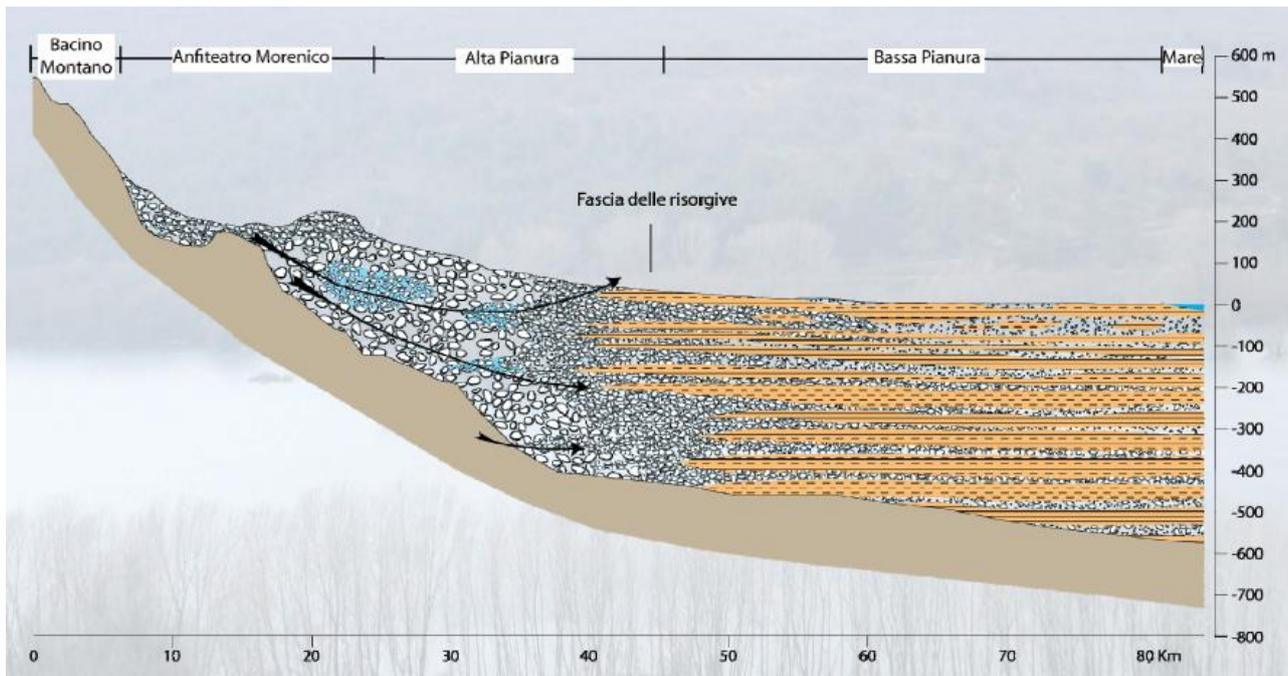
Dal punto di vista morfologico, il territorio comunale si presenta come un vasto peneplano, che presenta tuttora solchi ed interfluvi, con dislivelli reciproci tuttavia ridotti (Fig.2).



**Fig.2: Tipica morfologia del territorio comunale.**

L'idrografia di superficie è caratterizzata da numerosi corsi d'acqua (i più importanti dei quali sono il Fiume Corno e la Roggia Corgnolizza che delimita ad occidente il confine comunale) e canali che, percorrendo l'intero territorio comunale da Nord a Sud, raccolgono le acque di risorgiva emergenti pochi km più a monte.

L'area, infatti, risulta compresa tra il limite superiore ed inferiore della fascia delle risorgive; questa fascia di transizione tra l'alta e la bassa pianura friulana è caratterizzata dall'intersezione tra la superficie topografica e il livello superiore della falda freatica; l'intersezione determina la venuta a giorno di parte delle acque che saturano le alluvioni grossolane, mentre le restanti vanno ad alimentare le falde artesiane della bassa pianura (Fig.3).



**Fig.3:** Sezione idrogeologica schematica dell'Alta e Bassa Pianura Friulana (in celeste i depositi ghiaiosi e sabbiosi permeabili in cui risiedono la falda freatica e i sistemi di acquiferi artesiani, in arancione i depositi limoso-argillosi impermeabili, in beige il basamento prequaternario; le frecce indicano le direzioni preferenziali di deflusso). Figura tratta da: *Risorse idriche sotterranee del Friuli Venezia Giulia: sostenibilità e utilizzo – I sistemi di acquiferi del Friuli Venezia Giulia (Calligaris, 2011) – Università degli Studi di Trieste*

La successione di varie fasi di sedimentazione e fasi, meno accentuate, di erosione, legate ai cicli glaciali e post-glaciali, ha portato alla presenza di termini alluvionali di granulometria molto varia, dislocati spazialmente in modo eterogeneo; il divagare dei corsi d'acqua sulla superficie topografica ha portato in tempi anche recenti ad un ulteriore rimescolamento dei termini granulometrici.

I terreni alluvionali sono quindi qui distribuiti molto irregolarmente, secondo l'incrociarsi e l'interconnettersi di lenti litologicamente eterogenee. La diversa permeabilità di ciascuna lente determina quindi un diverso andamento della falda, che comporta in quest'area una forma di pseudo-artesianesimo delle acque.

Il basamento roccioso si trova a profondità comprese tra i 350-390 m dal p.c. circa.

## **2 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO**

La pericolosità sismica è la stima quantitativa dello scuotimento del terreno dovuto a un evento sismico, in una determinata area. La pericolosità sismica può essere analizzata con metodi deterministici, assumendo un determinato terremoto di riferimento, o con metodi probabilistici, nei quali le incertezze dovute alla grandezza, alla localizzazione e al tempo di occorrenza del terremoto sono esplicitamente considerati. Tale stima include le analisi di pericolosità sismica di base e di pericolosità sismica locale.

La pericolosità sismica di base è la componente della pericolosità sismica dovuta alle caratteristiche sismologiche dell'area (tipo, dimensioni e profondità delle sorgenti sismiche, energia e frequenza dei terremoti). La pericolosità

sismica di base calcola (generalmente in maniera probabilistica), per una certa regione e in un determinato periodo di tempo, i valori di parametri corrispondenti a prefissate probabilità di eccedenza. Tali parametri (velocità, accelerazione, intensità, ordinate spettrali) descrivono lo scuotimento prodotto dal terremoto in condizioni di suolo rigido e senza irregolarità morfologiche (terremoto di riferimento). La scala di studio è solitamente regionale. Una delle finalità di questi studi è la classificazione sismica a vasta scala del territorio, finalizzata alla programmazione delle attività di prevenzione e alla pianificazione dell'emergenza. Costituisce una base per la definizione del terremoto di riferimento per studi di microzonazione sismica. (ICMS- 2008).

Sul sito dell'INGV è stato possibile visualizzare e interrogare mappe probabilistiche della pericolosità sismica del territorio nazionale, espressa con diversi parametri dello scuotimento su una griglia regolare a passo 0.05°. Qui di seguito sono riportati i grafici relativi al nodo centrato all'interno del Comune di Porpetto.

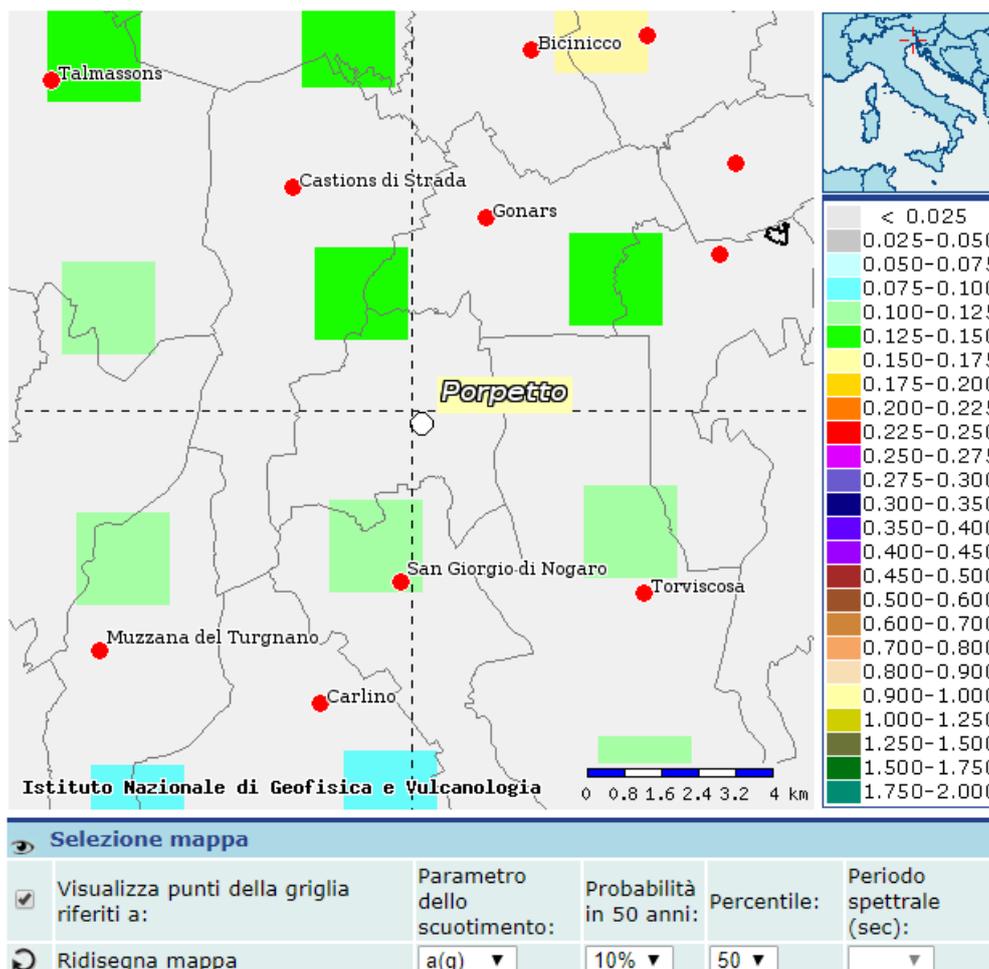


Fig. 4: Mappe interattive di pericolosità sismica – Valore di a(g) per il Comune di Porpetto (da sito INGV)

Le mappe riportano due parametri dello scuotimento: a(g) (accelerazione orizzontale massima del suolo, come definita dall'OPCM 3519/2006, corrispondente a quella che in ambito internazionale viene chiamata PGA) e Se(T) (Spettro di risposta Elastico in funzione del periodo T, in accelerazione).

Le mappe in a(g) sono state calcolate per differenti probabilità di superamento in 50 anni (in totale 9, dal 2% all'81%). Per il Comune di Porpetto il valore di a(g) calcolato per una probabilità di superamento del 10% in 50 anni è compreso tra 0.100g e 0.150g (Fig. 4).

L'analisi di disaggregazione è stata effettuata per due nodi ricadenti nel territorio in posizioni diametralmente opposte, rispettivamente quello a nord e quello a sud (Fig. 5).

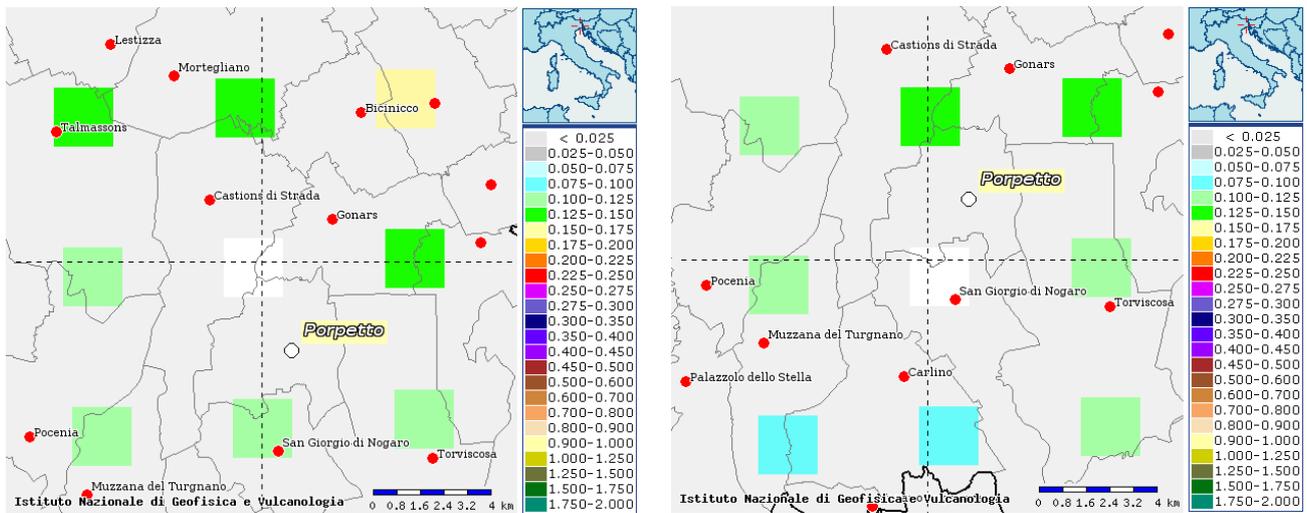


Fig 5: Nodi della griglia esaminati per la disaggregazione (a sx quello a N, a dx quello a S)

Per il nodo nord si osserva che il maggior contributo percentuale alla pericolosità dell'area è dato da sorgenti sismogenetiche poste tra i 20 e i 30 km di distanza dal nodo di riferimento e capaci di dar luogo a terremoti con magnitudo superiore a 5.5 (Fig. 6).

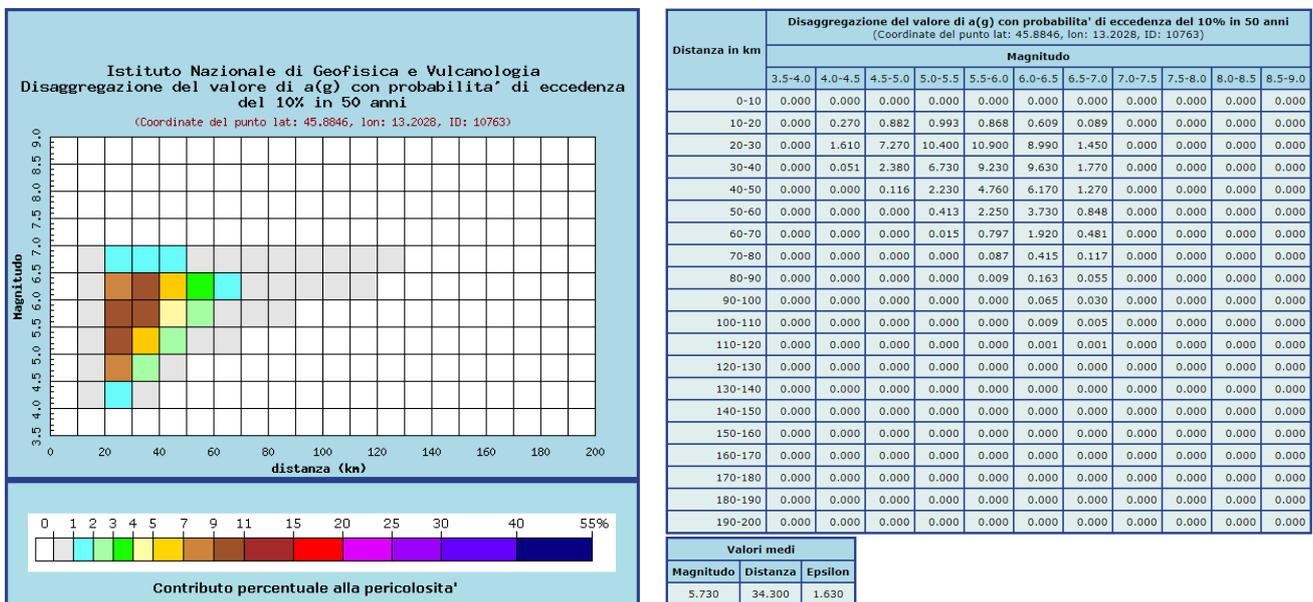
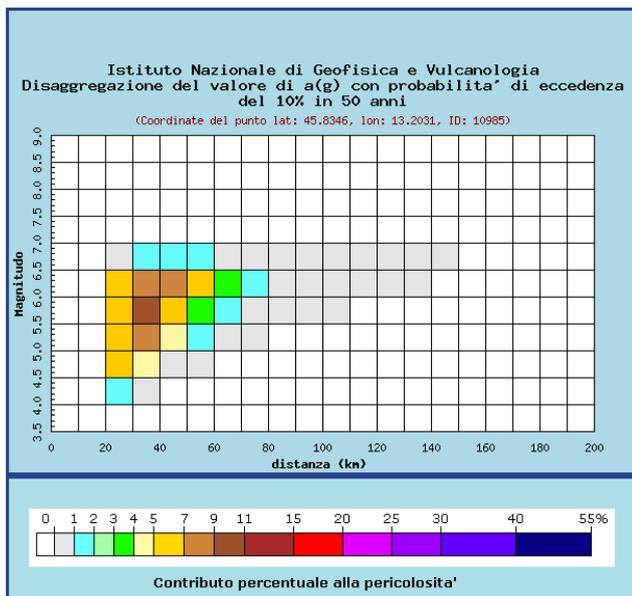


Fig 6: Grafico e Tabella dei valori di disaggregazione per il Comune di Porpetto – settore nord (da INGV)

Per il nodo sud si osserva che il maggior contributo percentuale alla pericolosità dell'area è dato da sorgenti sismogenetiche poste oltre i 30 km di distanza dal nodo di riferimento e capaci di dar luogo a terremoti con magnitudo superiore a 5.5 (Fig. 7).



Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 45.8346, lon: 13.2031, ID: 10985)									
	Magnitudo									
	3,5-4,0	4,0-4,5	4,5-5,0	5,0-5,5	5,5-6,0	6,0-6,5	6,5-7,0	7,0-7,5	7,5-8,0	8,0-8,5
0-10	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10-20	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20-30	0,000	1,400	5,360	6,890	6,660	5,150	0,798	0,000	0,000	0,000
30-40	0,000	0,432	4,100	7,790	9,070	8,490	1,470	0,000	0,000	0,000
40-50	0,000	0,000	0,000	0,951	4,420	6,770	7,620	1,460	0,000	0,000
50-60	0,000	0,000	0,030	1,590	3,880	5,260	1,100	0,000	0,000	0,000
60-70	0,000	0,000	0,000	0,316	1,910	3,210	0,734	0,000	0,000	0,000
70-80	0,000	0,000	0,000	0,017	0,599	1,330	0,328	0,000	0,000	0,000
80-90	0,000	0,000	0,000	0,000	0,090	0,362	0,099	0,000	0,000	0,000
90-100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,019	0,184	0,057	0,000	0,000	0,000
100-110	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,033	0,012	0,000	0,000	0,000
110-120	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,003	0,000	0,000	0,000
120-130	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,002	0,000	0,000	0,000
130-140	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000
140-150	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
150-160	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
160-170	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
170-180	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
180-190	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
190-200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5,730	40,300	1,630

Fig 7: Grafico e Tabella dei valori di disaggregazione per il Comune di Porpetto – settore sud (da INGV)

L'analisi della disaggregazione dei valori di a(g) riporta, per ogni nodo della griglia di calcolo, la valutazione del contributo percentuale alla stima di pericolosità fornito da tutte le possibili coppie di valori di magnitudo e distanza; questo tipo di analisi è utile nell'individuazione della sorgente sismogenetica che contribuisce maggiormente a produrre il valore di scuotimento stimato in termini probabilistici ed è utile in analisi di microzonazione.

In riferimento alla nuova classificazione sismica del territorio del Friuli Venezia Giulia (D.G.R. 845/2010), il comune di Porpetto è stato compreso tra le zone sismiche Zona 3 a bassa sismicità (Fig. 8).

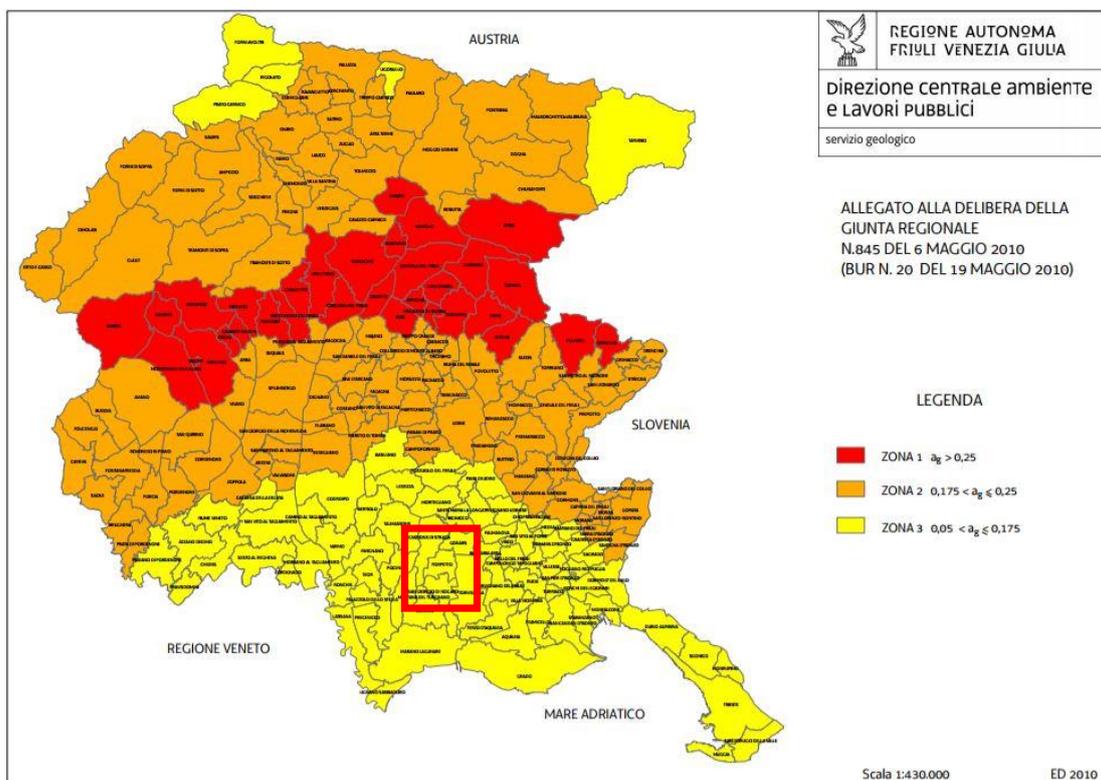


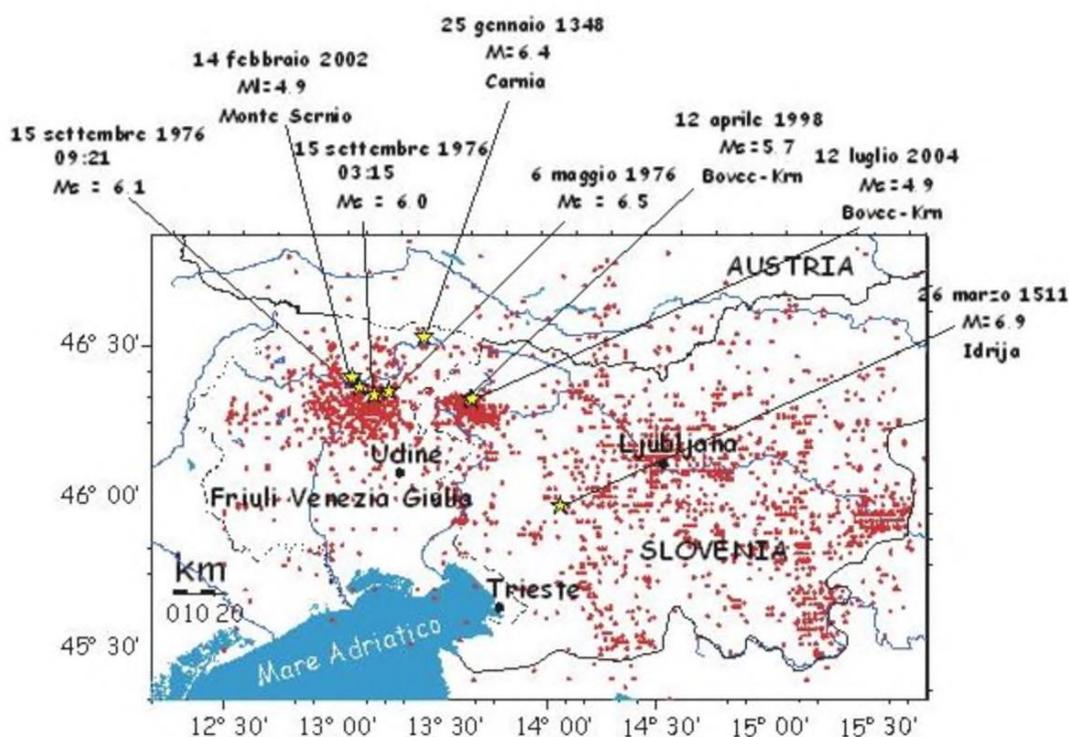
Fig 8: Classificazione Sismica del territorio del Friuli Venezia Giulia - DGR 845/2010 . Porpetto ricade in "ZONA 3 – Bassa Sismicità"

## 2.1 SISMICITÀ STORICA

La sismicità storica che interessa l'area è riferita ai risentimenti di terremoti con epicentro localizzato nella fascia prealpina o in quella montana, italiana, austriaca e slovena.

Essi sono: il terremoto del 25 gennaio 1348 (Imax IX), con epicentro non definito (probabilmente in Carinzia o in Carnia), che causò gravi danni nella zona di Udine; il terremoto del 1511 (Imax X) con epicentro probabile in Slovenia occidentale; il terremoto del 6 maggio 1976 (Imax = X) e le sue repliche di settembre (epicentri nel gemonese), che causò quasi 1000 vittime e danni gravissimi in un'area molto vasta.

Qui di seguito (Fig.9) si riporta una mappa relativa agli epicentri di terremoti che si sono verificati in epoca storica in FVG e Slovenia.



Sismicità relativa al periodo 567-2004 (NE Italia: catalogo da [www.inogs.it](http://www.inogs.it). Slovenia: catalogo dall'ARSO.)

Fig. 9: [http://www.protezionecivile.fvg.it/ProtCiv/default.aspx/218-rischio\\_sismico.htm](http://www.protezionecivile.fvg.it/ProtCiv/default.aspx/218-rischio_sismico.htm) - Sismicità del periodo 567-2004

## 2.2 STORIA SISMICA DI PORPETTO

Per la storia sismica locale si è consultato Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 (CPTI15), che fornisce i dati disponibili per una data località quando per essa esistano almeno 3 segnalazioni di risentimenti sismici.

Il catalogo include i terremoti con intensità massima o epicentrale maggiore o uguale a 5, insieme a quelli con magnitudo strumentale equivalente a Mw 4.0 o superiore, nella finestra temporale 1000-2014.

La consultazione ha restituito 5 eventi per i quali si hanno dati di intensità, a partire dal sisma avvenuto in Carnia nel 1928; il terremoto che ha prodotto la maggiore intensità è quello del Friuli del 1976 (IV-V).

## Porpetto



PlaceID	IT_31305
Coordinate (lat, lon)	45.859, 13.220
Comune (ISTAT 2015)	Porpetto
Provincia	Udine
Regione	Friuli-Venezia Giulia
Numero di eventi riportati	5

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
4	1928	03	27	08	32		Carnia	359	9	6.02
4-5	1976	05	06	20			Friuli	770	9-10	6.45
NF	1988	02	01	11	22	4	Friuli	150	5-6	4.13
NF	1990	11	11	22	16	2	Slovenia occidentale	101	5-6	4.59
4-5	2002	02	14	03	18	0	Carnia	338	5-6	4.67

Legenda:

Int = Intensità al sito (NF = Not Felt)

Ax = Denominazione dell'area con maggiori effetti

NMDP = Numero di osservazioni macrosismiche del terremoto

Io = Intensità epicentrale [MCS]

Mw = Magnitudo da momento

**Fig. 10: Storia sismica di Porpetto (da Database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani - Rovida A., Locati M., Camassi R., Loli B., Gasperini P. (eds), 2016. CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>)**

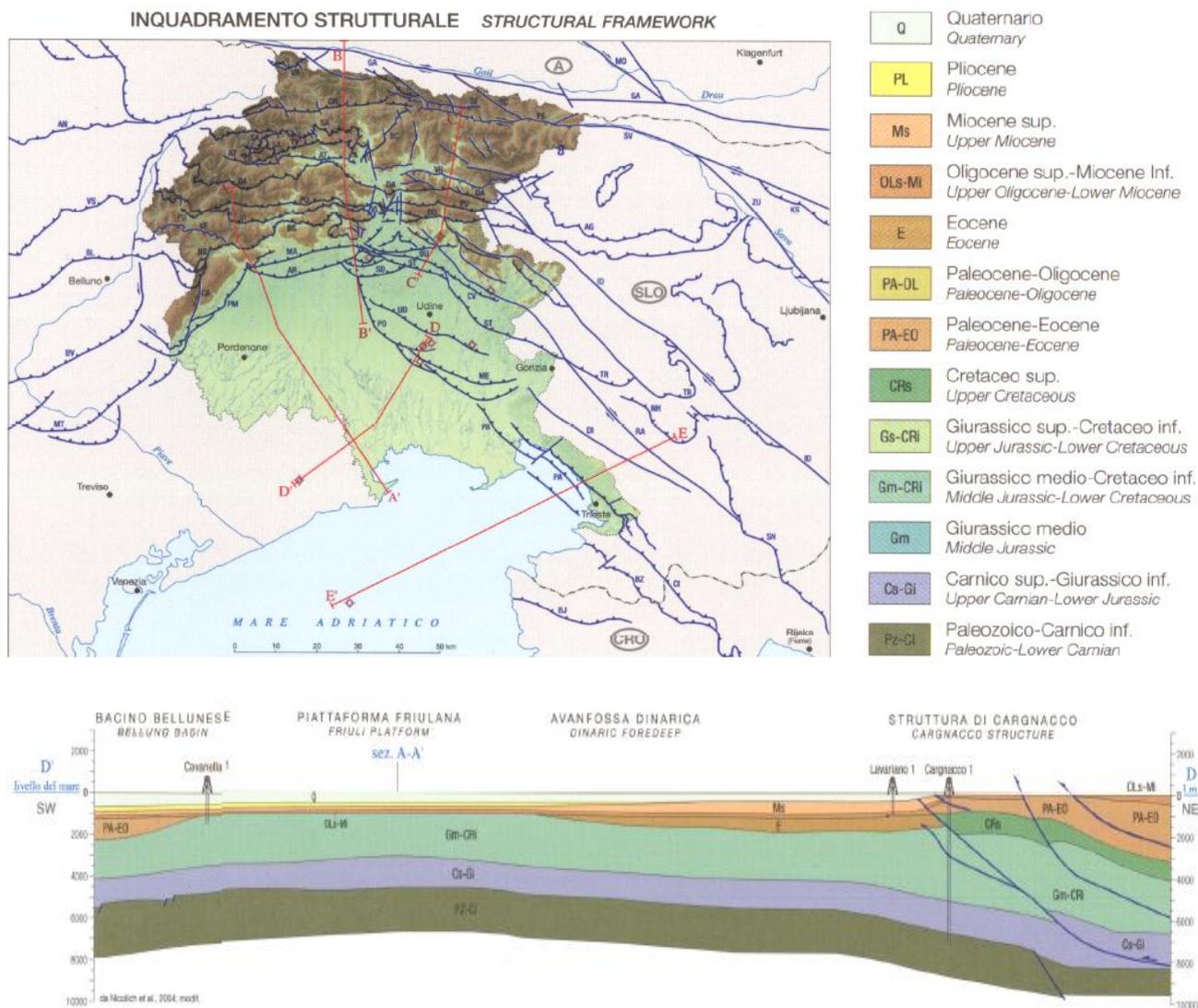
## 2.3 INQUADRAMENTO STRUTTURALE DELL'AREA

L'area è caratterizzata da una tettonica estensionale mesozoica e da una tettonica compressionale recente.

La sismicità del settore alpino orientale è collegata, come noto, al movimento relativo tra la microplacca adriatica (Adria) e la placca euroasiatica, che ha generato un sistema di pieghe, faglie inverse e sovrascorrimenti, con forte raccorciamento e ispessimento crostale nell'area friulana.

Lo scontro tra le due placche è rilevabile dai dati geodetici forniti dai satelliti (dati GPS), che mostrano i vettori di movimento dei capisaldi posti nelle due placche e misurano un raccorciamento regionale di circa 2 mm/anno.

La Pianura Friulana fa parte del fronte pliocenico-quadernario della Catena Sudalpina Orientale (CSO) e del relativo avampaese. La CSO, nel suo insieme, rappresenta un sistema a pieghe e sovrascorrimenti sudvergenti in evoluzione dal Miocene Medio; in particolare l'area friulana centrale è caratterizzata dalla presenza di sovrascorrimenti ciechi che hanno deformato i terreni quaternari, originando le anomalie morfologiche dell'Alta Pianura (Galadini et al., 2005). Nonostante le intense fasi tettoniche che hanno interessato dal Messiniano Sup. al Pleistocene Inf. il margine sud-alpino e quello dinarico, non sono riconoscibili invece significative flessurazioni indotte sull'avampaese che permane essenzialmente indisturbato (Fig.11)



**Fig. 11:** Estratto dalla Carta Geologica del FVG (a cura di Carulli G.B. – Università degli Studi di Trieste, 2006) – Inquadramento strutturale dell’area friulana con evidenziata la Sezione D-D’ la cui traccia attraversa il territorio in prossimità del Comune di Porpetto.

## 2.4 ZONAZIONE SISMOGENETICA

Sulla base della zonazione sismica del territorio nazionale, che identifica le zone sorgente a caratteristiche sismiche omogenee, elaborata da I.N.G.V. (2003), l’ambito comunale di Porpetto si trova a Sud della zona sismogenetica 905 e ad Ovest della zona sismogenetica 904 (Fig. 12). La zona 905 comprende tutta la fascia prealpina veneto–friulana dalla faglia Schio–Vicenza fino al confine italo–sloveno ed è caratterizzata da strutture a pieghe sud-vergenti del Sudalpino orientale e faglie inverse associate (Zanferrari et al., 1982; Slejko et al., 1989; Valsenise e Pantosti, 2001; Peruzza et al., 2002; Galadini et al., 2002) e, nelle aree ad est del confine friulano, da faglie trascorrenti destre con direzione NW – SE (trend dinarico) (es. Bernardis et al., 2000; Bajc et al., 2001; Vrabc, 2001).

In generale la zona 905 si caratterizza per una sismicità di grado superiore sia per frequenza che per magnitudo degli eventi rispetto alle aree limitrofe del Sudalpino a causa del movimento della placca Adriatica verso NW contro la zolla Europea sotto l’effetto della spinta della zolla Africana. Il movimento tuttora in atto ha provocato un sensibile

raccorciamento e ispessimento crostale, in particolare nell'area friulana, con formazione di faglie subverticali e sovrascorrimenti a basso angolo con piani immergenti generalmente a Nord e con direzione E-W.

La zona 904 è distinta dalla vicina 905 per le differenti caratteristiche della sismicità, in quanto la zona 904 presenta meccanismo di fagliazione prevalente di tipo trascorrente.

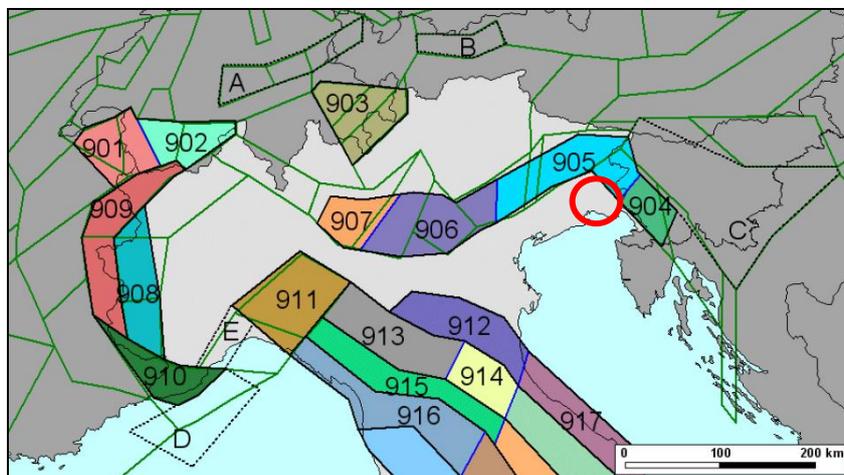


Fig. 12: Zonazione sismogenetica ZS9 (INGV, 2004). Il cerchio rosso indica la zona in oggetto.

All'interno delle zone 904-905, il DISS (Database of Individual Seismogenic Sources, 2004) evidenzia la presenza di numerose potenziali sorgenti sismogenetiche in grado di generare terremoti con Magnitudo superiore a 5.5 (Fig.13).



Fig. 13: Quadro regionale delle sorgenti sismogenetiche, individuali e composite (modificata da: INGV, DISS – Database of individual seismic sources); in verde il territorio comunale.

Le sorgenti sismogeniche si suddividono in individuali e composite.

Le sorgenti individuali (ITIS) sono rappresentazioni tridimensionali semplificate di un piano di faglia rettangolare, all'interno delle quali si assume un determinato comportamento in termini di magnitudo attesa.

Le sorgenti composite (ITCS) sono rappresentazioni tridimensionali semplificate di una faglia crostale contenente un numero imprecisato di sorgenti sismogeniche non identificabili, che non sono associate ad uno specifico tipo di terremoti.

Le sorgenti che interessano l'area di studio sono:

- sorgente sismogenica individuale ITIS126: Medea;
- sorgente sismogenica composta ITCS065: Medea;
- sorgente sismogenica composta ITCS100: Northern Trieste Gulf;
- sorgente sismogenica composta ITCS101: Southern Trieste Gulf;

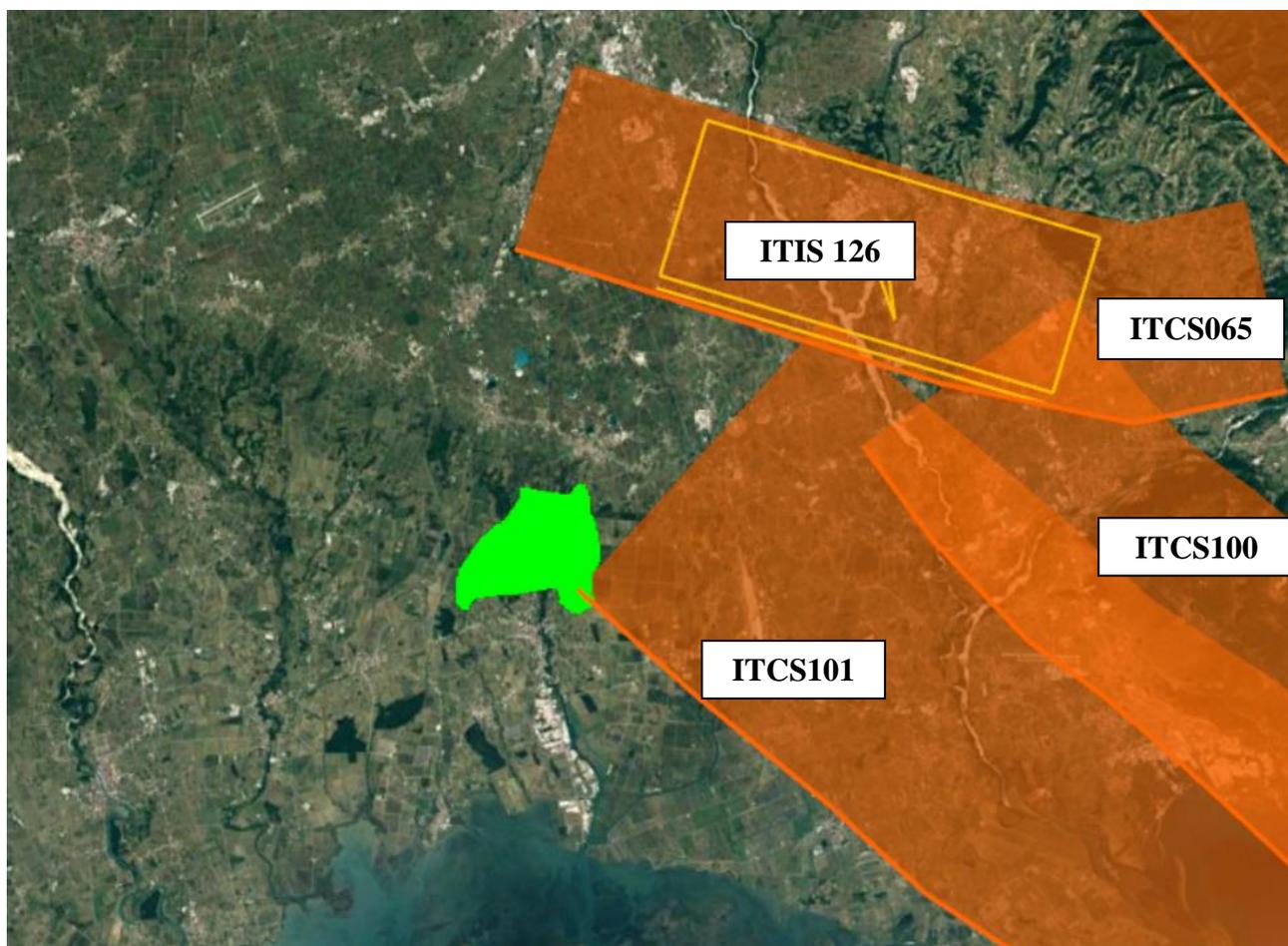


Fig. 14: Particolare relativo alla sorgente sismogenica composta ITCS101 Southern Trieste Gulf (modificata da: INGV, DISS – Database of individual seismogenic sources); in verde il territorio comunale. A destra sono riportati i parametri cinematici della sorgente.

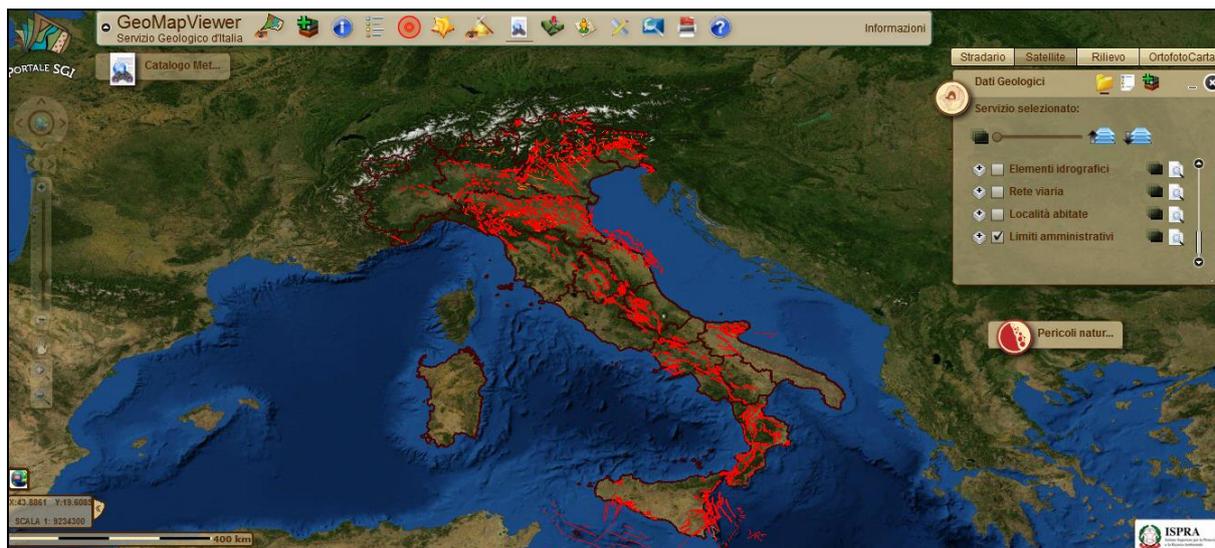
Le informazioni parametriche riguardanti queste sorgenti sono riportate nelle tabelle sottostanti.

DISS-ID	ITIS126
Name	Medea
Length [km]	16
Width [km]	9
Min Depth [km]	0,5
Max depth [km]	6,9
Strike [deg]	285
Dip [deg]	45
Rake [deg]	120
Slip per event [m]	1
Slip Rate [mm/y] min...max	0,1...0,28
Recurrence [y] min...max	3571...10000
Max Magnitude (Mw)	6,4

DISS-ID	ITCS065	ITCS100	ITCS101
Name	Medea	Northern Trieste Gulf	Southern Trieste Gulf
Min Depth [km]	0,5	1	1,5
Max depth [km]	8	15	12
Strike [deg] min...max	255...300	320...350	320...350
Dip [deg] min...max	40...50	50...60	30...45
Rake [deg]	110...130	130...160	100...120
Slip Rate [mm/y] min...max	0,1...0,3	0,1...0,3	0,1...0,3
Max Magnitude (Mw)	6,4	6,5	6,5

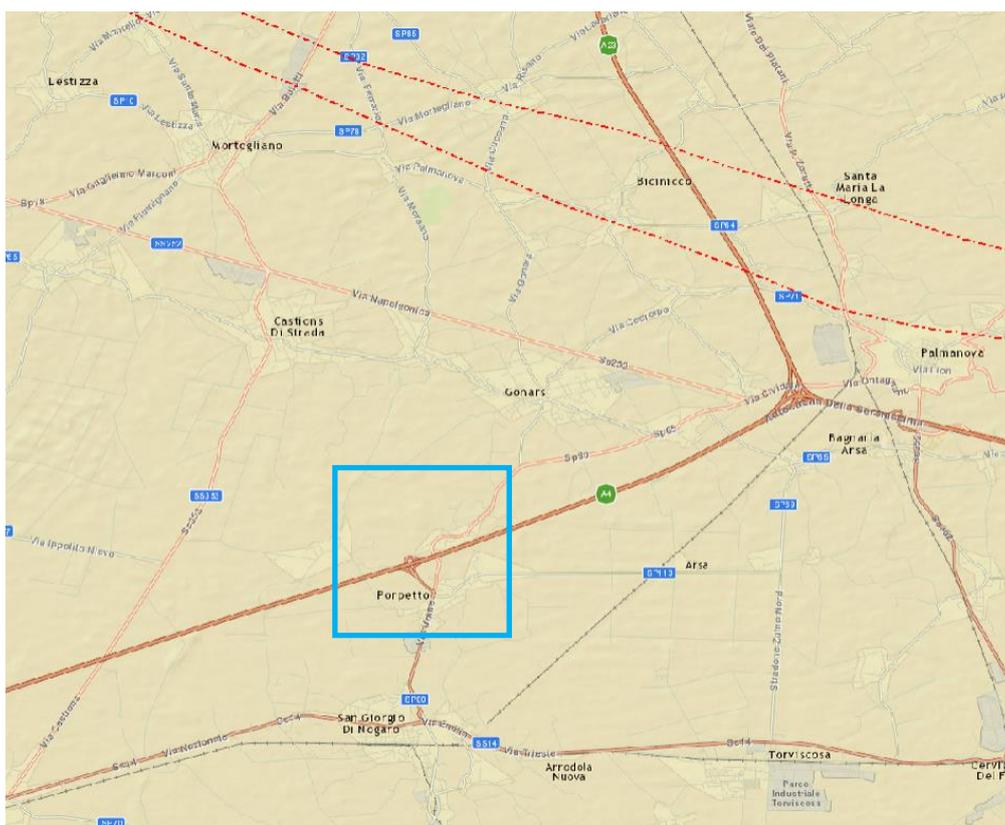
## 2.5 FAGLIE CAPACI

La stima della pericolosità legata ai terremoti ed alla fagliazione superficiale è un tema molto importante, specialmente in aree densamente popolate ed industrializzate come il territorio italiano. Di conseguenza la conoscenza approfondita e la corretta collocazione delle faglie capaci assume un ruolo chiave per la mitigazione del rischio. A questo scopo, il Servizio Geologico d'Italia - ISPRA ha sviluppato il progetto ITHACA (ITaly HAZard from CAPable faults), un database creato per la raccolta e la facile consultazione di tutte le informazioni disponibili riguardo le strutture tettoniche attive in Italia (Fig. 15), con particolare attenzione ai processi tettonici che potrebbero generare rischi naturali. Il progetto si occupa in modo particolare delle faglie capaci, definite come faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie. Il catalogo ITHACA fornisce una prima indicazione sull'eventuale presenza di faglie attive e capaci in un determinato territorio, ma non può essere utilizzato per la loro caratterizzazione di dettaglio. Il dettaglio è funzione della qualità delle indagini che sono state effettuate (rilevabile dal campo "study quality") e della scala alla quale è stato pubblicato il dato, indicata nel campo "mapping scale", presente nella scheda descrittiva associata ad ogni faglia.



**Fig.15:** Faglie potenzialmente capaci all'interno del territorio nazionale (immagini tratte da *Portale Servizio Geologico d'Italia – ISPRA Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale – Progetto ITHACA*).

All'interno del Comune di Porpetto non sono state individuate faglie potenzialmente attive e capaci (Fig. 16).



**Fig.16:** Faglie capaci nella Bassa Friulana (immagini tratte da *Portale Servizio Geologico d'Italia – ISPRA Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale – Progetto ITHACA*). Nel riquadro azzurro l'area di Porpetto.

### 3 ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

Il comune di Porpetto è situato nella parte centro-orientale della Bassa Pianura Friulana, i cui sedimenti derivano dai depositi fluvio-glaciali operati dalle acque di fusione del ghiacciaio tilaventino in epoca Pleistocene Sup., in un'area pianeggiante compresa tra le quote di 17 e 6m s.l.m.m. I terreni sono costituiti da alluvioni prevalentemente sabbioso-limose-argillose e, subordinatamente, ghiaioso-sabbiose (Fig. 17).

La natura delle alluvioni è di natura calcareo-dolomitica e, dal punto di vista granulometrico, sono classificabili come sabbie e limi cui si associa, in proporzioni variabili, anche argilla. Alcuni settori nella porzione settentrionale del territorio comunale sono formate da sedimenti di natura più grossolana (ghiaie e sabbie).



**Fig. 17: Stralcio carta geologica 1:150.000 del FVG comprendente territorio di Porpetto; i sedimenti prevalenti sono fluvio-glaciali e alluvionali della pianura, di età Pleistocene sup.. Si noti l'alveo incassato del Torrente Corno.**

L'idrografia di superficie è caratterizzata da numerosi corsi d'acqua e canali (i più importanti sono il Fiume Corno e la Roggia Corgnolizza che delimita ad occidente il confine comunale) che, percorrendo l'intero territorio comunale da Nord a Sud, raccolgono le acque di risorgiva emergenti a Nord del territorio comunale.

Normalmente questi corsi d'acqua hanno portate costanti; in occasione di eccezionali periodi piovosi svolgono funzione drenante delle acque di ruscellamento.

### 3.1 CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE E LITOLOGICHE

#### 3.1.1 SUBSTRATO GEOLOGICO

Per la valutazione della profondità e della tipologia del substrato si è fatto riferimento alla Carta delle Isopache del Quaternario (Carta del Sottosuolo della Pianura Friulana – Nicolich, Della Vedova, Giustiniani, 2004). In Fig. 18 si osserva come il substrato sia presente da una profondità di 350m circa (estremità NE del territorio comunale) ad una profondità di 395m circa (estremità SW del territorio comunale).

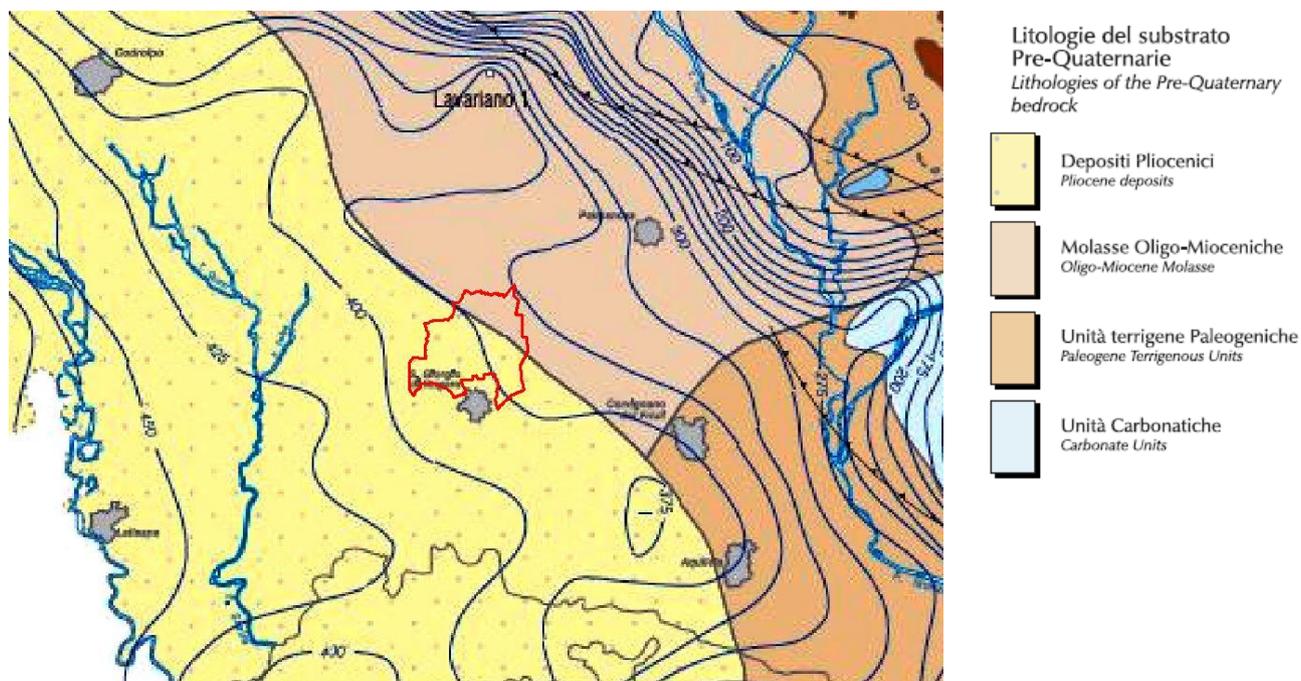


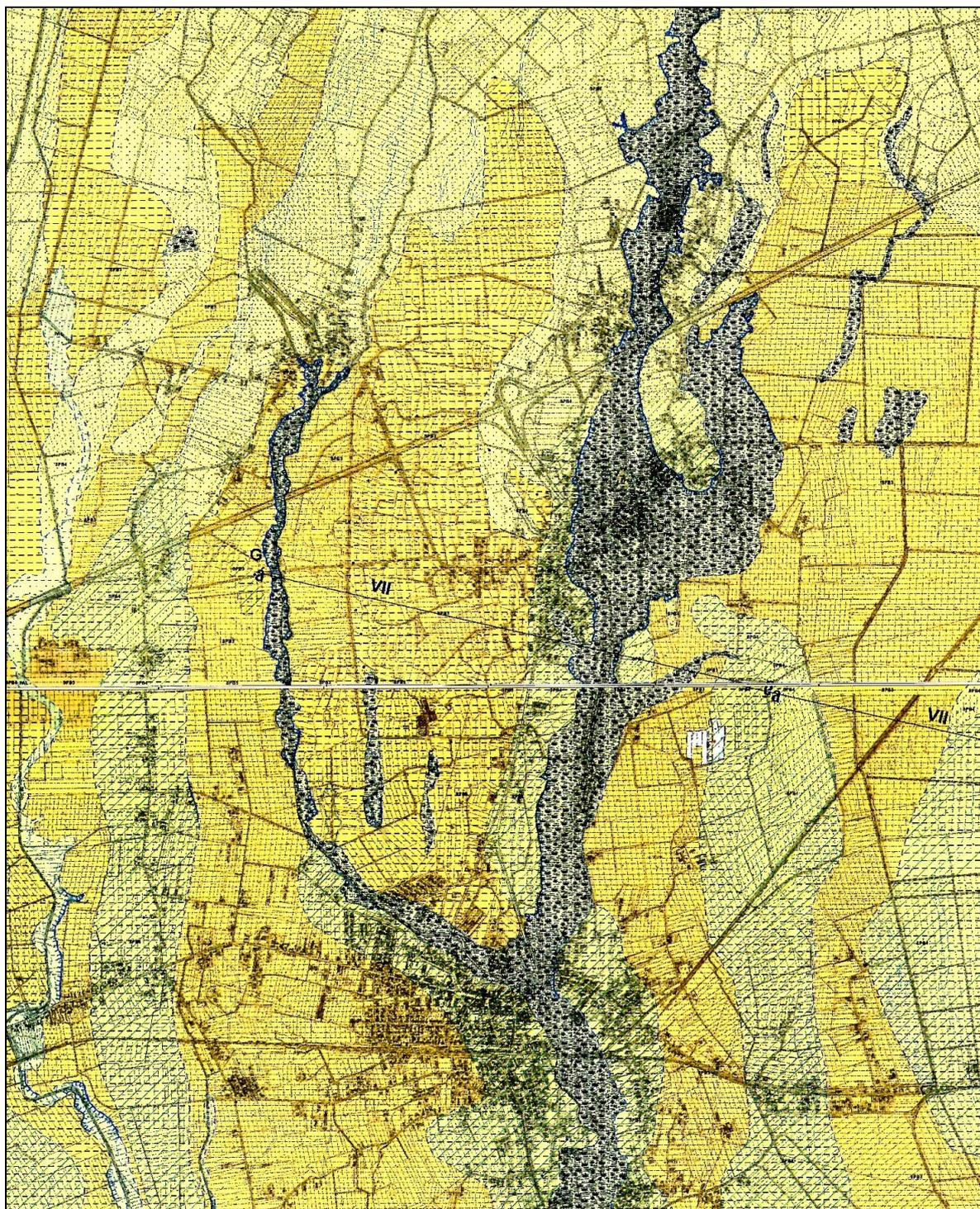
Fig. 18 – Estratto (modificato) Carta Isopache del Quaternario (Carta del Sottosuolo della Pianura Friulana - Nicolich, Della Vedova, Giustiniani, 2004). In rosso il limite comunale di Porpetto.

Dalla Fig. 18, si può osservare come, andando da N a S e da E a W, si passi da termini granulari cementati e stratificati (GRS – Molasse Oligo-Mioceniche) a termini coesivi sovraconsolidati e stratificati (COS - Depositi Pliocenici).

### 3.1.2 SUCCESSIONE CONTINENTALE PLEISTOCENICO-QUATERNARIA

Queste unità si possono dividere in questa maniera:

- Sedimenti SPB3 o Subunità di Canodusso con età ascrivibile al pleistocene sup. (Fig. 19 - Fig. 20 legenda);
- Sedimenti SPB4 o Subunità di Remanzacco con età ascrivibile al pleistocene sup. (Fig. 19 - Fig. 20 legenda).



**Fig. 19: Stralcio carta geologica (GEO CGT regione FVG) di sintesi a scala 1:10.000 (sezioni 087110 e 087150) della piana friulana interessante il Comune di Porpetto.**

Abbiamo sedimenti di materiale alluvionale formato da limi argillosi nella parte inferiore del Comune, nella parte superiore si passa a limi sabbiosi e sabbie. I corpi sabbiosi sono disposti variabilmente longitudinalmente da N a S. Gli abitati di Porpetto, Castello e parte inferiore di Corgnolo sono costruiti su sedimenti definiti come PAL, cioè argille e argille organiche. In certe aree a N abbiamo sub-affioramenti di ghiaie.

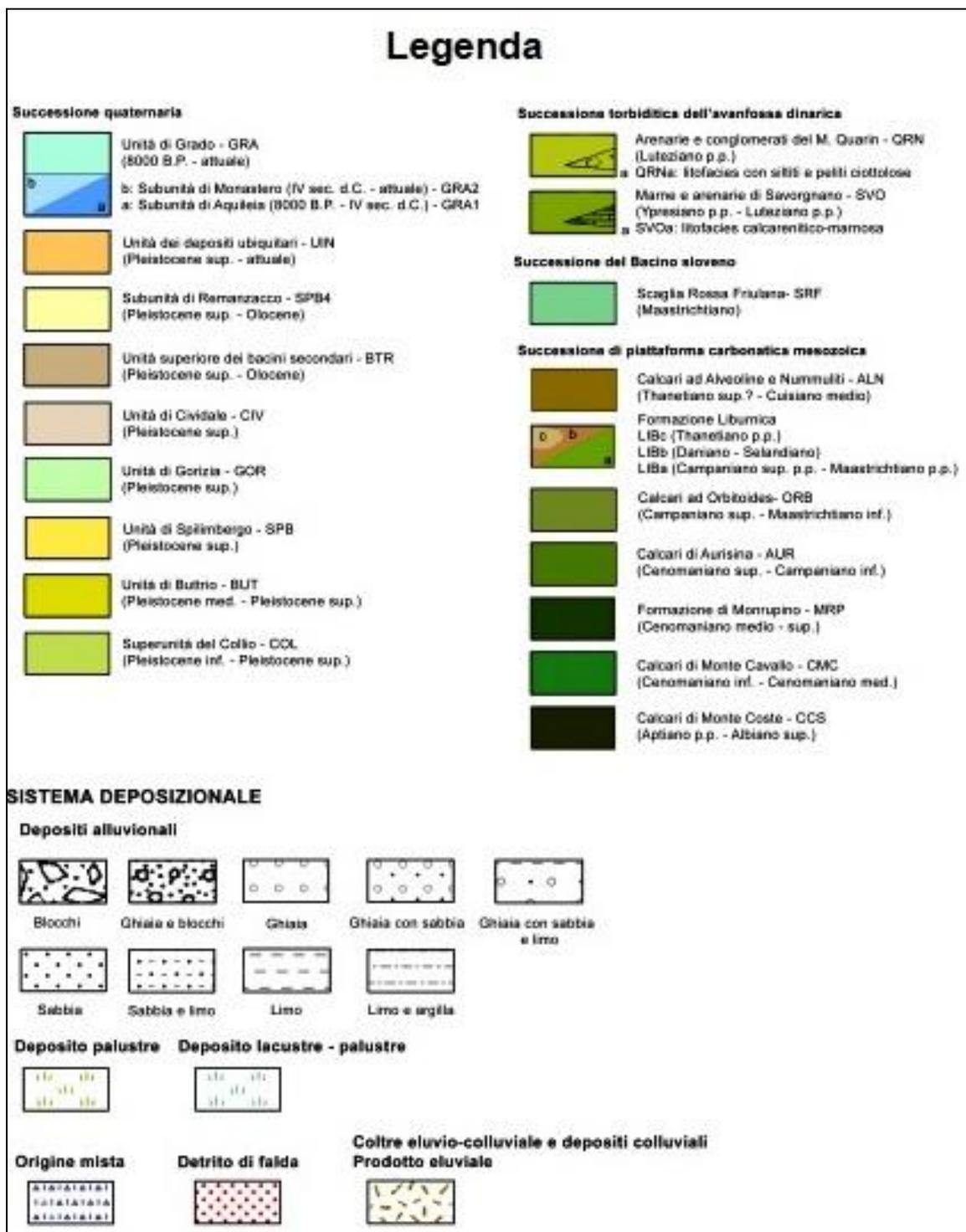


Fig. 20: Stralcio legenda carta geologica di sintesi a scala 1:10.000 della piana isontina interessante il Comune di Porpetto

## 3.2 IDROGRAFIA

La collocazione del territorio dal Comune di Porpetto all'interno della fascia delle risorgive caratterizza sia l'idrologia di superficie che gli aspetti di idrogeologia del sottosuolo. Per quanto riguarda l'idrologia di superficie, l'elemento principale è il Fiume Corno e, in subordine, corsi d'acqua naturali minori e canali drenanti artificiali. Tali canali drenanti costituiscono un reticolo idrografico superficiale che convogliano tutte le acque a valle, provenienti dal bacino idrografico nonché dalle risorgive più a monte.

Il Fiume Corno scorre in gran parte in alveo naturale, debolmente incassato in argini con orlo rialzato.

Sul territorio comunale si sono rilevate vaste aree interessate dalla presenza costante o periodica di acque a livello campagna, denominate aree umide (Fig.21).

Il territorio comunale è attraversato, oltre che dal fiume Corno anche da altri corsi importanti come la Roggia Corgnolizza. Altri due corsi d'acqua, la Roggia Zellina ad ovest e la roggia Zuriel ad Est, corrono ai limiti dei confini comunali.

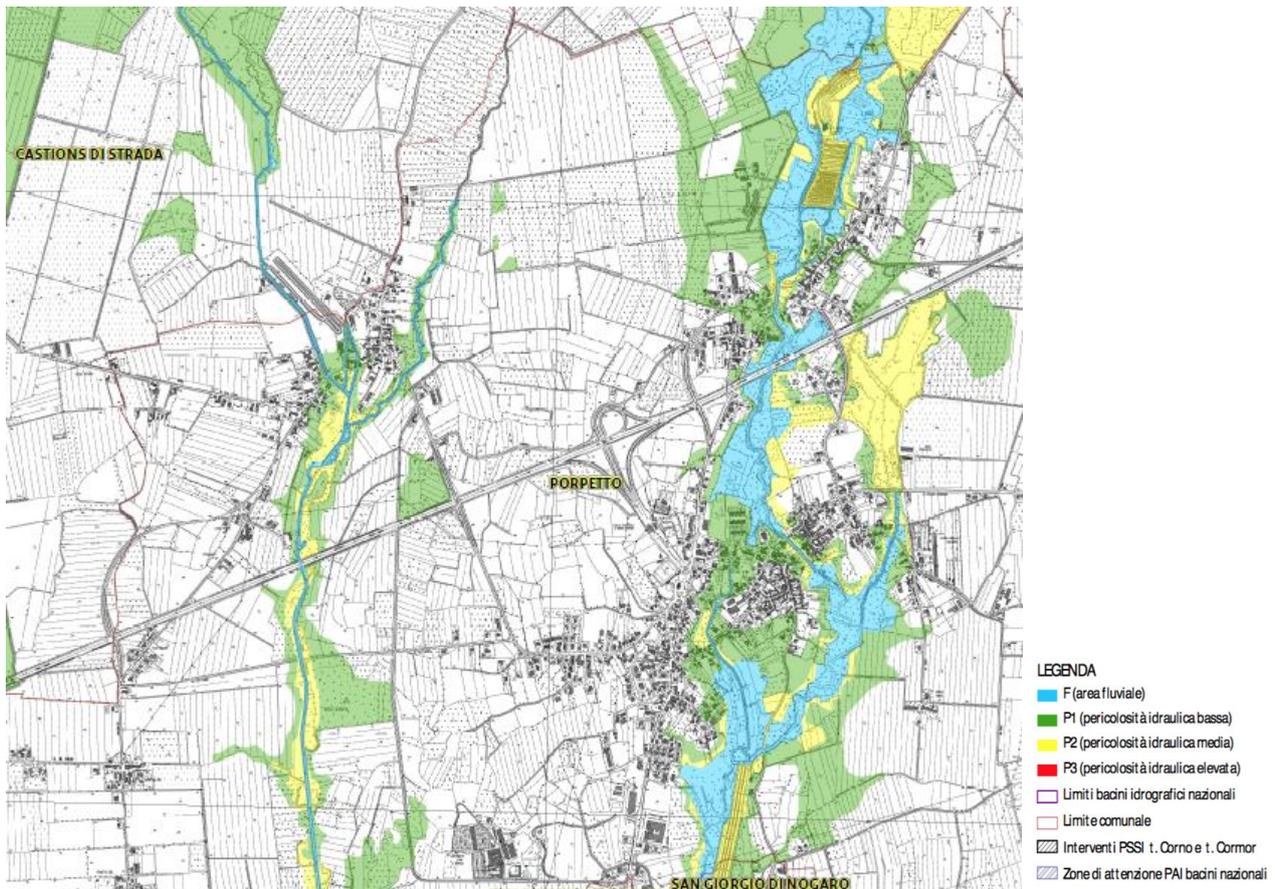
Attorno ai corsi d'acqua, che hanno mantenuto in parte il loro alveo naturale, sono di frequente presenti vaste aree, generalmente costituite da "bassi" topografici, di norma interessate da una fitta vegetazione spontanea, spesso arbustiva, e da terreni a forte umidità o saturazione idrica.



**Fig.21: Polla di risorgiva presso l'abitato di Corgnolo.**

Per l'allagabilità si è tenuto conto del "Progetto di Piano Stralcio per L'assetto Idrogeologico dei Bacini Regionali (PAIR)", specificamente delle Tav 38, 39, 44 (settembre 2016). Al di fuori delle aree di pertinenza fluviale, le aree allagabili sono classificate con pericolosità P1 e P2 (Fig.22).

Le aree allagabili così definite risultano interessare le aree limitrofe ai corsi d'acqua Corno e Corgnolizza.



**Fig.22: Estratto PAIR (Allegato\_76\_Idraulico\_Tavola\_38) in cui è rappresentata la pericolosità idraulica della quasi totalità del territorio comunale di Porpetto**

### 3.2 IDROGEOLOGIA

Un aspetto che influisce sul regime idraulico dei fiumi è costituito dall'apporto considerevole dato dalle acque di precipitazione piovosa, che interessano il territorio della zona a valle delle risorgive. Queste acque, che scorrono inizialmente su suoli con valori di permeabilità superficiale molto variabili, vengono drenate dai canali, e confluiscono anch'esse nei fiumi.

Si sono analizzati i dati registrati dalla stazione pluviometrica di San Giorgio di Nogaro per gli anni compresi tra il 1973 e il 1986.

In questo periodo, si osserva un evento massimo giornaliero di 136 mm (novembre 1982), che è comparabile con un altro dato storico, riferito al mese di novembre 1966, e relativo ai giorni dell'alluvione, e che fornisce per la zona di San Giorgio di Nogaro una piovosità giornaliera valutabile tra 100 e 130 mm.

Si può quindi considerare che una pioggia giornaliera di 130 – 140 mm costituisca un evento comunque eccezionale per questa zona, e su questo dato si potrebbe ipotizzare la quantificazione massima dell'apporto meteorico alla portata idrica.

Inoltre risulta che non si siano segnalate negli ultimi decenni esondazione dei corsi d'acqua principali, nelle aree dei centri abitati del Comune.

La marcata eterogeneità dei termini litologici, e conseguente estrema variabilità dai valori di permeabilità idrica locale,

sia in senso orizzontale che verticale, comportano una circolazione idrica sotterranea frazionata in varie falde con diverse velocità di scorrimento e con conseguenti fenomeni di artesianesimo, anche di modesta entità; da tali premesse, si può affermare che non esista quindi un vero e proprio piano di falda superficiale.

Si può ritenere comunque, che ci sia sempre la presenza di acqua entro i primi metri, anche se non necessariamente di acquiferi intercomunicanti tra loro.

#### **4 DATI GEOTECNICI E GEOFISICI**

Allo scopo di ricavare informazioni sulla geologia di superficie e del sottosuolo, sono stati ricercati i dati preesistenti più significativi di tipo stratigrafico, geotecnico e geofisico.

I dati stratigrafici sono stati ricercati e individuati principalmente nei sondaggi e pozzi reperiti dai catasti regionali e dalla relazione geologica allegata al PRGC comunale. Da quest'ultima e da alcune relazioni geologiche per lavori pubblici comunali e per privati, si sono ricavati anche i dati relativi a indagini penetrometriche e sismiche. Sono stati inseriti anche dati riguardanti siti ubicati esternamente all'Area MS.

Per quanto riguarda le indagini svolte in passato per il PRGC e per i lavori pubblici, sono state selezionate solo una parte delle prove penetrometriche, cioè quelle ritenute più significative per gli scopi della microzonazione.

Le indagini geofisiche prese in considerazione sono solamente quelle svolte con strumentazione moderna.

Le indagini preesistenti selezionate e riportate nella Carta delle Indagini, sono le seguenti:

- n° 3 sondaggi meccanici a carotaggio continuo;
- n° 11 prove SPT;
- n° 5 sondaggi meccanici a distruzione di nucleo;
- n° 2 prove penetrometriche dinamiche superpesanti;
- n° 19 prove penetrometriche dinamiche leggere;
- n. 13 prove penetrometriche statiche;
- n. 1 MASW ;
- n° 10 indagini di microtremore sismico HVSr a stazione singola;

## 5 METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

### 5.1 METODO HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)

La tecnica HVSR consiste nella misura passiva di rumore sismico ambientale (microtremori), ovvero di oscillazioni continue di piccola ampiezza originate dalla sovrapposizione di effetti generati sia da sorgenti naturali (perturbazioni meteorologiche a larga scala, vento, onde oceaniche,...) che da sorgenti antropiche (traffico, attività industriali,...).

Le linee guida della tecnica per l'ottimizzazione del rilievo sono state illustrate dal progetto SESAME (Site EffectS assessment using Ambient Excitation); in particolare, nell'effettuare la misura, il protocollo sperimentale raccomanda di:

- verificare il buon accoppiamento tra il sensore e il terreno;
- verificare la sufficiente distanza da edifici, alberi, strutture in elevazione;
- verificare l'assenza di sorgenti dominanti di rumore o sorgenti ad elevata intensità in prossimità del sito di misura;

Le ipotesi alla base della tecnica sono:

- una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz);
- assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze;
- sorgenti di rumore uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione.

Se queste sono soddisfatte, la tecnica può essere suddivisa nelle fasi che vengono di seguito illustrate.

Si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z) con una singola stazione. Tale registrazione deve essere effettuata, secondo le indicazioni del progetto SESAME, per una durata non inferiore ai 20 minuti.

Si esegue un'operazione detta di windowing, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di prefissata durata. Secondo le indicazioni del progetto SESAME tale dimensione, detta Long Period, deve essere almeno pari ai 20 secondi. Si ottiene così un insieme di finestre "long", che sono sincronizzate fra le tracce.

Queste finestre vengono filtrate in base a dei criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione.

Per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, viene valutato lo spettro di Fourier. Quest'ultimo viene sottoposto a tapering e/o liscciamento secondo una delle varie tecniche note in letteratura.

Successivamente si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea.

Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia. Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di windowing.

Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito (frequenza di risonanza).

Possono esistere anche picchi HVSR di natura antropica ma questi sono solitamente molto stretti e si presentano come picchi positivi, di diversa ampiezza, su tutte e tre le componenti (Verticale, Nord-Sud ed Est-Ovest) del moto mentre generalmente il picco HVSR di origine naturale è determinato da una depressione nello spettro di ampiezza della componente verticale.

#### Criteri di ammissibilità

Dopo aver calcolato la curva HVSR media occorre eseguire le verifiche di attendibilità del risultato in termini di affidabilità e di chiarezza del picco massimo in frequenza.

Le condizioni di affidabilità della curva HVSR sono indicate nelle tabella sottostante; i ricercatori del progetto SESAME suggeriscono di ritenere affidabile una curva HVSR che soddisfi tutti e 3 i criteri di affidabilità (criteria for a reliable H/V curve) e di ammettere come chiaro un picco che soddisfi almeno 5 su 6 dei criteri di chiarezza (criteria for a clear H/V peak).

<b>Criteria for a reliable HVSR curve</b>			
[All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	1.56 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	1437.5 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 76 times	OK	
<b>Criteria for a clear HVSR peak</b>			
[At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.031 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	2.344 Hz	OK	
$A_0 > 2$	5.84 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00199  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.00311 < 0.15625$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3107 < 1.78$	OK	

Tabella 1 : condizioni di affidabilità della curva H/V e di chiarezza del picco H/V suggerite dal progetto SESAME

Il significato dei criteri di ammissibilità dei risultati è riportato qui di seguito.

#### Condizioni di affidabilità della curva HVSR:

- 1) in corrispondenza della frequenza del picco di interesse, vi siano almeno 10 cicli significativi in ogni finestra temporale individuata nel segnale registrato.
- 2) è necessario utilizzare un grande numero di finestre temporali e di cicli (almeno 200).
- 3) il livello di scattering, cioè di dispersione delle curve HVSR, ottenute nelle diverse finestre temporali deve essere moderato, altrimenti potrebbe essere sintomo di rumore ambientale fortemente non stazionario, che influenza la forma della curva HVSR in maniera non ripetibile.

Le condizioni 1) e 2) confermano che la durata del segnale registrato sia sufficientemente estesa, la condizione 3) assicura che la curva HVSR misurata sia di buona qualità e poco dispersa.

#### Condizioni di chiarezza del picco massimo:

Le condizioni 1) e 2) confermano che il picco sia sufficientemente isolato sia a sinistra (condizione 1)), sia a destra (condizione 2)) del picco. La condizione 3) assicura che il picco sia sufficientemente elevato e questo dipende dall'entità del contrasto di rigidità tra gli strati.

#### Condizioni sulla stabilità della curva HVSR:

- 4) il picco dovrebbe comparire alla stessa frequenza (entro il  $\pm 5\%$ ) nelle curve H/V
- 5) lo scarto quadratico medio  $\sigma_f$  deve essere inferiore ad un valore limite  $\epsilon(f)$  dipendente dalla frequenza come riportato in tabella
- 6)  $\sigma_A(f_0)$  deve essere inferiore ad un valore limite  $\theta(f)$  dipendente dalla frequenza come riportato in tabella.

In aggiunta alle condizioni sopra riportate occorre sempre verificare che:

- la frequenza di picco sia compatibile con la frequenza cut off del geofono.
- il picco individuato non sia di origine industriale o artificiale (riconoscibili nello spettro in ampiezza perché presentano un massimo su tutte e tre le componenti).

#### CENNI TEORICI SULLA TECNICA HVSR

La risonanza è un fenomeno fisico che interviene quando si verifica una variazione di impedenza acustica  $I$  tra due mezzi ( $I=\rho v$ , dove  $\rho$  è la densità del mezzo attraversato e  $v$  è la velocità di propagazione delle onde sismiche nello stesso). Nell'esempio semplificato di un sistema omogeneo e isotropo a due strati, quando all'interfaccia tra i due mezzi il rapporto delle impedenze supera il 25%, si genera un picco sulla curva del rapporto spettrale H/V in corrispondenza della frequenza di risonanza del sito ( $f_0$ ). Tale frequenza dipende dalla profondità dell'interfaccia che genera il contrasto di impedenza ( $H$ ) e dalla velocità media di propagazione delle onde di taglio ( $V_s$ ) nello strato superficiale secondo la formula :

$$f_0=V_s/4H$$

Da ciò ne consegue che, a parità di  $V_s$  dello strato più superficiale, maggiore è la frequenza del picco di risonanza del sito e minore è la profondità della discontinuità che lo genera all'interno del sottosuolo.

Viceversa, l'assenza di picchi di risonanza significativi sulla curva del rapporto spettrale H/V, indica sostanziale omogeneità all'interno del sottosuolo. Tale situazione si verifica o in siti su roccia o in siti in cui la velocità di propagazione delle onde di taglio aumenta gradualmente con la profondità, senza significative variazioni di impedenza all'interno dello stesso.

Tuttavia, se la velocità delle onde di taglio per lo strato superficiale non è nota, esistono infinite soluzioni tutte ugualmente valide; per ovviare a tale problema e fornire un profilo di velocità con la profondità, è necessario vincolare la curva H/V; per fare ciò occorre tarare le indagini HVSR, effettuando una misura in corrispondenza di un punto in cui è nota la profondità di un orizzonte da prove dirette (sondaggi o prove penetrometriche) e riconoscere il rispettivo marker sulla curva H/V. Solo in questo modo è possibile conoscere la  $V_s$  dello strato superficiale ed estendere in maniera areale le indagini effettuate.

Il grafico HVSR è generalmente un grafico frequenza-ampiezza del rapporto H/V. Ciascun picco nel grafico H/V corrisponde ad un livello stratigrafico che presenta un contrasto di impedenza rispetto al livello sottostante. Maggiore è

il contrasto di impedenza, maggiore è l'ampiezza attesa del picco H/V sebbene la relazione tra le due variabili non sia lineare. È ovvio che il numero di picchi visibili in un grafico HVSR dipende dal contrasto, dalla distanza tra le due discontinuità e dalla funzione di liscio impiegata. Un contrasto basso tra due discontinuità vicine le renderà difficilmente individuabili singolarmente ed allo stesso tempo un liscio ampio, agendo da filtro passa basso, renderà coalescenti le discontinuità minori. Per le stesse ragioni l'aumento del liscio porta anche ad una diminuzione dell'ampiezza assoluta di ciascun picco.

## 5.2 INDAGINI ESEGUITE

Nell'ambito dello studio di microzonazione sismica di primo livello per il Comune di Porpetto sono state considerate nel complesso n°10 indagini sismiche effettuate mediante tecnica HVSR. Si propone qui di seguito una tabella riassuntiva con i risultati delle indagini (Tabella 2). L'analisi è stata condotta su un range di frequenze generalmente compreso nell'intervallo 0,1÷20Hz.

HVSR	Località	frequenza [Hz]	ampiezza	altri picchi [Hz]	ampiezza	Longitudine	Latitudine	Tipo	SoftMS
1	Castello - S.P.80	0,259±0,049	2,74	4,646±0,482	5,604	362267	5081737	M	P43
2	Castello - Via Corgnolo	0,260±0,065	2,621	5,499±0,631	5,59	361557	5080954	M	P44
3	Porpetto - Via Marconi	0,288±0,055	2,626	5,849±0,977	2,623	361377	5079871	M	P45
4	Porpetto, Via Bando	0,337±0,051	2,655	6,989±0,881	3,841	362432	5080139	M	P46
5	Loc. La Foredana	0,350±0,051	2,887	3,075±0,554	3,646	362118	5077270	M	P47
6	Villalta - Via Udine			6,584±0,458	3,859	361112	5078541	U	P48
7	Pampaluna - Via Cjampaz	0,295±0,064	3,096	5,375±0,610	2,557	359531	5078194	M	P49
8	Pampaluna - Via San Girolamo	0,306±0,022	4,497	4,447±0,511	2,688	358387	5079064	M	P50
9	Corgnolo - Casali Rovere	0,289±0,047	2,591	5,510±0,511	3,049	359331	5079949	M	P51
10	Corgnolo - Via Aldo Moro			5,837±0,324	6,199	359982	5081084	U	P52

Tabella 2: Indagini HVSR eseguite in Comune di Porpetto

L'acquisizione in campagna è stata effettuata mediante un sismografo triassiale denominato SR04HS Geobox della ditta Sara Srl ed il relativo software di acquisizione Seismolog-MT; per l'esecuzione corretta di queste misure sono state tenute in considerazione le indicazioni contenute nel Progetto SESAME (Site EffectS Assessment using Ambient Excitations, 2004).

La durata dell'acquisizione è stata di almeno 20 minuti per ogni singola misura.

L'elaborazione dei dati è stata effettuata mediante software GeoExplorer della ditta Sara Srl. Per un corretto confronto tra le varie misure si è utilizzato la medesima procedura di elaborazione che è consistita in:

- suddivisione del segnale temporale in finestre di 20s;
- tapering 30%;
- smoothing (triangolare proporzionale) 15%;

I risultati delle misure, riportati nei pdf allegati alla presente relazione, comprendono:

- Il "place information" con le indicazioni delle coordinate del sito nel sistema WGS84 e le principali condizioni meteorologiche in cui sono state effettuate le misure;
- Il "photographic references" con la documentazione fotografica delle misure effettuate;
- Il "signal and windowing" con le tracce di registrazione relative alle tre componenti N-S, E-O e Verticale;
- La HVSR Analysis con riportate le curve HVSR e l'analisi della persistenza del segnale e della direzionalità;
- La Verifica dei criteri "SESAME" per i picchi H/V selezionati.

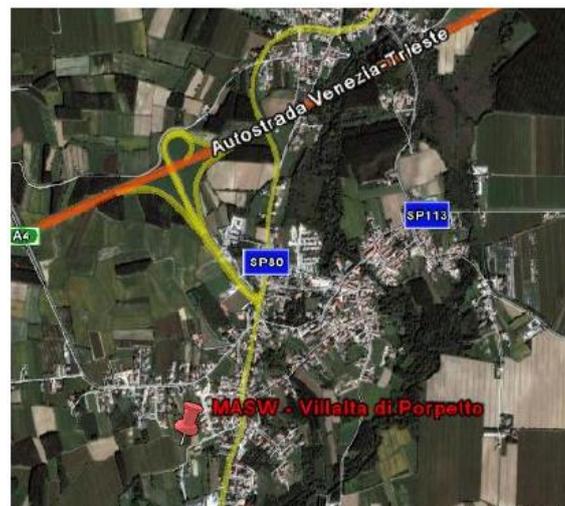
Dall'analisi dei risultati delle indagini HVSR effettuate si può osservare in prima approssimazione che:

- è presente un picco sulla curva H/V attorno alla frequenza di 0,3 Hz circa (valore minimo di 0,26Hz e massimo di 0,35Hz) nella quasi totalità delle misure effettuate (ad eccezione di HVSR6 e HVSR10 le cui curve non sono attendibili per frequenze inferiori ad 1Hz); tale picco, ben definito in particolar modo nella misura HVSR3 la cui durata (40 minuti) è stata maggiore rispetto alle altre, si ritiene sia dovuto al contrasto di impedenza presente a qualche centinaio di metri di profondità tra i depositi sciolti e il basamento pre-quadernario (da bibliografia, tra i 350 e i 390m dal p.c.). Tale frequenza è stata considerata frequenza di risonanza per l'area in esame.
- è presente un altro picco sulla curva H/V, molto ben definito nella totalità delle misure effettuate, nell'intervallo di frequenze comprese tra un minimo di 3,07Hz e un massimo di 6,99Hz; tale picco si ritiene sia dovuto al contrasto di impedenza presente a profondità variabili (dell'ordine di 1-2 decine di metri) tra i depositi limoso-sabbiosi superficiali e i sottostanti depositi ghiaiosi maggiormente addensati.

La profondità del contrasto di impedenza sismico relativo al picco più superficiale è stata calcolata mediante la formula:

$$f_0 = V_s / 4H$$

Nota la  $f_0$  dalle misure effettuate, la  $V_s$  utilizzata per il calcolo è stata desunta dall'unica prova MASW reperita in bibliografia (Fig. 23) nell'ambito del territorio comunale (Villalta di Porpetto).



Modello medio						
$V_s$ (m/sec):	154,	209,	323,	579,	528,	539
Deviazioni Standard (m/sec):	5,	7,	13,	28,	27,	23
Spessori (m):	2,3,	3,3,	2,2,	3,5,	6,5	
Deviazioni Standard (m):	0,2,	0,4,	0,4,	0,8,	0,8	
Stima approssimativa di $V_p$ , densità e moduli elastici						
Stima $V_p$ (m/sec):	591,	797,	1349,	1510,	1130,	997
Stima densità (gr/cm <sup>3</sup> ):	1,93,	2,00,	2,13,	2,15,	2,08,	2,05
Stima modulo di taglio (MPa):	46,	87,	222,	722,	581,	596
Stima modulo di compressione (MPa):	612,	1153,	3574,	3948,	1886,	1246
Stima modulo di Young (MPa):	134,	255,	652,	2042,	1580,	1543
Stima modulo di Lamé (MPa):	581,	1095,	3426,	3467,	1499,	848
$V_{S30}$ (m/sec):	383					
Tipo di Suolo:	B					

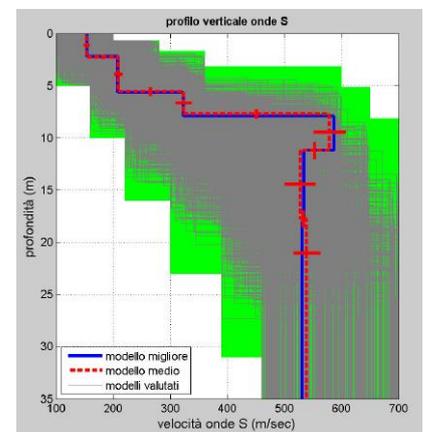


Fig. 23: Modello del sottosuolo da indagine MASW effettuata a Villalta di Porpetto (Dal Moro G., 2008)

Dal modello del sottosuolo presente in Fig.24, la discontinuità tra i depositi limoso-sabbiosi superficiali e i depositi ghiaiosi sottostanti è stata individuata in corrispondenza del passaggio, presente a 7,7m di profondità dal p.c., tra lo strato con  $V_s$  pari a 323m/s e lo strato sottostante con  $V_s$  pari a 579m/s.

Calcolando la velocità media equivalente entro i primi 7,7m ( $V_{s,7,7} = 208\text{m/s}$ ), la profondità H delle ghiaie risulta:

HVSR	Località	Picco superficiale [Hz]	Profondità ghiaie
1	Castello - S.P.80	4,646±0,482	11,2
2	Castello - Via Corgnolo	5,499±0,631	9,4
3	Porpetto - Via Marconi	5,849±0,977	8,9
4	Porpetto, Via Bando	6,989±0,881	7,4
5	Loc. La Foredana	3,075±0,554	16,9
6	Villalta - Via Udine	6,584±0,458	7,9
7	Pampaluna - Via Cjampaz	5,375±0,610	9,7
8	Pampaluna - Via San Girolamo	4,447±0,511	11,7
9	Corgnolo - Casali Rovere	5,510±0,511	9,4
10	Corgnolo - Via Aldo Moro	5,837±0,324	8,9

**Tabella 3: Indagini HVSR – profondità delle ghiaie**

## 6 INTERPRETAZIONE ED INCERTEZZE

L'interpretazione litologica del territorio indagato si è basata principalmente sulle indagini geognostiche pregresse e le indagini HVSR di nuova acquisizione.

Le incertezze che tuttora permangono nella definizione del modello di sottosuolo per l'area in esame a seguito dello studio effettuato si riconducono principalmente a due aspetti:

- profondità dei contrasti di impedenza;
- distribuzione spaziale e proprietà fisiche dei terreni;
- liquefacibilità dei terreni.

Per quanto riguarda il primo aspetto, le misure di microtremore ambientale hanno permesso di definire, in tutto il territorio indagato, fondamentalmente due contrasti di impedenza sismica all'interno del sottosuolo: uno superficiale, attorno ai 10m di profondità, è stato imputato al minore addensamento dei terreni a granulometria fine, presenti in superficie nella maggior parte del territorio comunale, rispetto ai depositi ghiaiosi sottostanti; l'altro, a profondità di qualche centinaio di metri, si ritiene dovuto alla presenza del substrato.

Nel primo caso, le profondità stimate delle ghiaie si basano sui valori di velocità delle onde di taglio desunte dall'unica prova MASW reperita in bibliografia (Villalta di Porpetto) e assunte come riferimento per tutto il territorio comunale.

Nel secondo caso, le profondità del substrato sono state riportate nelle sezioni geologico-tecniche facendo riferimento alla Carta delle Isopache del Quaternario (Carta del Sottosuolo della Pianura Friulana – Nicolich, Della Vedova, Giustiniani, 2004); tuttavia non sono presenti in bibliografia sondaggi o pozzi che hanno raggiunto il substrato, a conferma di tali valori.

Lungo la traccia della Sezione 1 (direttrice N-S, Castello-Porpetto-Villalta) sono presenti numerosi sondaggi geognostici profondi che hanno consentito di effettuare correlazioni tra i diversi orizzonti (ghiaie, sabbie, limi, argille,

torbe) e valutare la loro distribuzione spaziale. La relativa scarsità di indagini geognostiche profonde nella porzione occidentale del territorio comunale (Corgnolo e Pampaluna) non ha consentito di fare altrettanto; infatti, come si evince dalla Sezione 2, la stratigrafia osservata in corrispondenza del sondaggio P42SD53 non è in alcun modo correlabile con le indagini presenti nella parte occidentale in quanto troppo superficiali (penetrometrie); ne consegue che l'estensione laterale degli strati/orizzonti osservati nel sondaggio è puramente indicativa e non verificata.

Per quanto riguarda la liquefacibilità dei terreni, considerata la:

- granulometria dei terreni entro i primi 15m;
- la profondità della falda molto prossima al piano campagna;
- le accelerazioni massime attese in superficie in condizioni di free-field  $> 0.1g$ ;
- assenza di analisi di laboratorio riportanti distribuzioni granulometriche e coefficienti di uniformità di campioni sabbiosi ottenuti dai sondaggi;

si è ritenuto, in prima approssimazione, di non poter escludere nessuna area dal potenziale di rischio di liquefazione in caso di sisma.

Alla luce di quanto sopra esposto, si rimanda alle successive fasi della Microzonazione Sismica (Secondo e Terzo Livello) l'approfondimento di queste tematiche, ai fini di ottenere una valutazione più accurata di questi aspetti attraverso una campagna di indagini integrate geognostiche e geofisiche.

## 7 ELABORATI CARTOGRAFICI

Le carte realizzate per questo studio sono archiviate, in formato .pdf, nella cartella Plot/MS, in conformità ai già citati Standard di rappresentazione ed archiviazione informatica – Versione 3.0, Roma Ottobre 2013 - Commissione Tecnica per il monitoraggio degli studi di Microzonazione Sismica (articolo 5, comma 7 OPCM 3907/2010).

Tutti gli elaborati cartografici hanno come base cartografica la Carta Tecnica Regionale Numerica (CTRN), in formato dxf e GeoTIFF convertita dal Nuovo Sistema Geodetico Nazionale ETRS89-TM33n in WGS\_1984\_UTM\_Zone\_33N.

Le carte sono rappresentate in scala 1:7.500 ed in formato A0.

### 7.1 CARTA DELLE INDAGINI

Nella Carta sono state cartografate le seguenti indagini:

- n° 3 sondaggi meccanici a carotaggio continuo (comprehensive di n°11 prove SPT);
- n° 5 sondaggi meccanici a distruzione di nucleo;
- n° 2 prove penetrometriche dinamiche superpesanti;
- n° 19 prove penetrometriche dinamiche leggere;
- n. 13 prove penetrometriche statiche;
- n. 1 MASW ;
- n° 10 indagini di microtremore sismico HVSr a stazione singola;

Le indagini inserite sono qui di seguito specificate.

I precedenti identificativi sono relativi al numero associato alla specifica indagine (solitamente nello studio geologico per il PRGC o l'identificativo scheda collegato alle stratigrafie informatizzate del Catasto regionale dei pozzi per acqua e delle perforazioni eseguite nelle alluvioni quaternarie e nei depositi sciolti del Friuli-Venezia Giulia – 1990).

INDAGINI LINEARI			
Id INDAGINE	PRECEDENTE IDENTIFICATIVO	LOCALITA'	PARAMETRO CONSIDERATO
030077L1MASW1	MASW	Villalta di Porpetto	Velocità Onde S

INDAGINI PUNTUALI			
Id INDAGINE	PRECEDENTE IDENTIFICATIVO	LOCALITA'	PARAMETRO CONSIDERATO
<b>SONDAGGIO A DISTRUZIONE DI NUCLEO</b>			
030077P38SD49	127 0001	Castello	litologia strato
030077P39SD50	127 0018	Casali Cecchini	litologia strato
030077P40SD51	327929	Villalta	litologia strato
030077P41SD52	329269	Villalta	litologia strato
030077P42SD53	328263	Porpetto	litologia strato
<b>SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO</b>			
030077P35S35	S60	Castello	litologia strato/soggiacenza falda
030077P36S37	Sondaggio n° 1	Villalta	litologia strato
030077P37S43	Sondaggio n°2	Villalta	litologia strato
<b>MICROTREMORI A STAZIONE SINGOLA</b>			
030077P43HVS54	HVSR 1	Castello	frequenza di risonanza
030077P44HVS55	HVSR 2	Castello	frequenza di risonanza
030077P45HVS56	HVSR 3	Porpetto	frequenza di risonanza
030077P46HVS57	HVSR 4	Porpetto	frequenza di risonanza
030077P47HVS58	HVSR 5	La Foredana	frequenza di risonanza
030077P48HVS59	HVSR 6	Villalta	frequenza di risonanza
030077P49HVS60	HVSR 7	Pampaluna	frequenza di risonanza
030077P50HVS61	HVSR 8	Pampaluna	frequenza di risonanza
030077P51HVS62	HVSR 9	Casali Rovere	frequenza di risonanza
030077P52HVS63	HVSR 10	Corgnolo	frequenza di risonanza
<b>PENETROMETRIE DINAMICHE</b>			
030077P12DL12	Prova penetrometrica dinamica nr.2	Villalta	numero di colpi
030077P13DL13	Prova penetrometrica dinamica nr.3	Villalta	numero di colpi
030077P14DL14	Prova penetrometrica dinamica nr.4	Villalta	numero di colpi
030077P15DL15	Prova penetrometrica dinamica nr.5	Villalta	numero di colpi
030077P16DL16	Prova penetrometrica dinamica nr.6	Villalta	numero di colpi
030077P17DL17	Prova penetrometrica dinamica nr.7	Villalta	numero di colpi
030077P18DL18	Prova penetrometrica dinamica nr.8	Villalta	numero di colpi
030077P19DL19	Prova penetrometrica dinamica nr.9	Villalta	numero di colpi
030077P20DL20	Prova penetrometrica dinamica nr.10	Porpetto	numero di colpi
030077P21DL21	Prova penetrometrica dinamica nr.11	Porpetto	numero di colpi
030077P22DL22	Prova penetrometrica dinamica nr.12	Porpetto	numero di colpi
030077P25DL25	Penetrometria dinamica n. 01	Pampaluna	numero di colpi
030077P26DL26	Penetrometria dinamica n. 03	Corgnolo	numero di colpi
030077P27DL27	Penetrometria dinamica n. 04	Castello	numero di colpi
030077P28DL28	Penetrometria dinamica n. 05	Porpetto	numero di colpi
030077P29DL29	Penetrometria dinamica n. 06	Porpetto	numero di colpi

030077P30DL30	Penetrometria dinamica n. 08	Porpetto	numero di colpi
030077P31DL31	Penetrometria dinamica n. 09	Villalta	numero di colpi
030077P32DL32	Penetrometria dinamica n. 10	Castello	numero di colpi
<b>PENETROMETRIE STATICHE</b>			
030077P1CPT1	Cone Penetration Nr.1	Villalta	Coesione non drenata
030077P2CPT2	Cone Penetration Nr.2	Villalta	Coesione non drenata
030077P3CPT3	Cone Penetration Nr.3	Porpetto	Coesione non drenata
030077P4CPT4	Cone Penetration Nr.4	Villalta	Coesione non drenata
030077P5CPT5	Cone Penetration Nr.5	Villalta	Coesione non drenata
030077P6CPT6	Cone Penetration Nr.6	Villalta	Coesione non drenata
030077P7CPT7	Cone Penetration Nr.7	Villalta	Coesione non drenata
030077P8CPT8	Cone Penetration Nr.8	Villalta	Coesione non drenata
030077P9CPT9	Cone Penetration Nr.9	Villalta	Coesione non drenata
030077P10CPT10	Cone Penetration Nr.10	Villalta	Coesione non drenata
030077P11CPT11	Cone Penetration Nr.11	Villalta	Coesione non drenata
030077P33CPT33	S37	Castello	Coesione non drenata
030077P34CPT34	S52	La Foredana	Coesione non drenata
<b>PENETROMETRIE DINAMICHE SUPERPESANTI</b>			
030077P23DS23	Penetrometria dinamica n°11	Porpetto	litologia strato
030077P24DS24	Penetrometria dinamica n°12	Porpetto	litologia strato

## 7.2 CARTA GEOLOGICO-TECNICA

La carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica, propedeutica alla definizione del modello di sottosuolo e funzionale alla realizzazione della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica, è stata prodotta in scala 1:7.500. Per la sua realizzazione si è fatto riferimento alla Carta Geologico Tecnica (GEO-CGT) della Regione FVG, agli studi geologici per il PRGC, ai dati di pozzi e sondaggi del database CGT, nonché ad altri dati geognostici reperiti e ad altri dati bibliografici, come pure alle indagini di nuova esecuzione. Le litologie rappresentate si riferiscono alla profondità di 3m dal p.c..

Di seguito vengono elencate le tipologie litologiche utilizzate per l'elaborazione della carta geologico-tecnica, secondo gli standard di archiviazione informatica MS.

<b>Tipo_gt</b>	<b>Litotipo</b>
GMfg	Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo di origine fluvioglaciale
Rizz	Terreni contenenti resti di attività antropica
SMfg	Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di origine fluviogalcialle
MLfg	Limi inorganici, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità di origine fluvioglaciale
PTlc	Torbe ed altre terre fortemente organiche di origine lacustre

La maggior parte del territorio comunale è caratterizzato dalla presenza, nella parte superficiale del terreno, da sabbie e limi (SM e ML) cui si associa, in proporzioni variabili, anche argilla; solamente alcune aree ubicate nel settore settentrionale vedono la presenza di sedimenti a granulometria più grossolana (GM).

I terreni di riporto (RI) sono essenzialmente confinati in corrispondenza di due aree industriali, lungo il tracciato dell'autostrada A4 Torino-Trieste e sui terrapieni dei viadotti che attraversano quest'ultima.

Per quanto riguarda i depositi torbosi (PT), sono stati riportati i poligoni presenti nello shapefile inviato dalla Regione FVG e denominato "CGTFVG.LITSTRUTTURALE.shp".

Altri elementi cartografati sono:

- l'ubicazione di n°8 sondaggi utilizzati nel presente lavoro;
- la profondità della falda rilevata in uno di questi sondaggi;
- le tracce delle sezioni (n°2);

Non sono stati rappresentati elementi strutturali (faglie) all'interno del territorio comunale.

### 7.3 SEZIONI GEOLOGICO-TECNICHE – MODELLO DEL SOTTOSUOLO

Sono state eseguite n°2 sezioni geologico-tecniche al fine di descrivere il sottosuolo con i dati a disposizione. Le sezioni sono state tracciate come in Fig. 24, tenendo conto dei motivi morfologico-strutturali e della qualità e presenza di dati del sottosuolo.

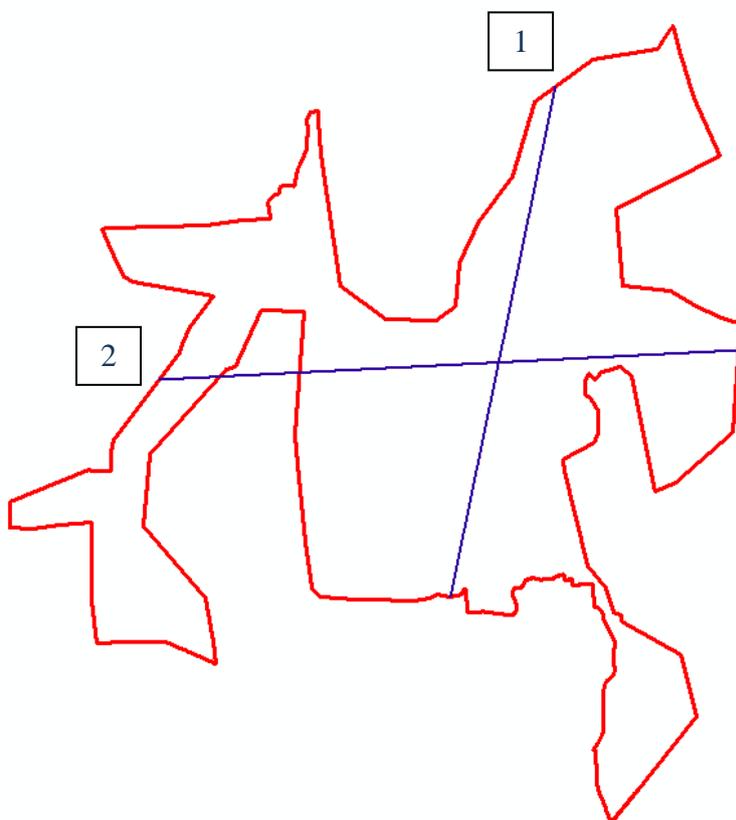


Fig. 24 – Traccia delle sezioni geologiche (in rosso il limite MS)

La scala orizzontale e verticale è diversa, scelta opportunamente per ognuna delle sezioni per mettere in risalto in modo ottimale tutte le informazioni geologiche e topografiche presenti lungo la traccia. Sulle sezioni sono riportate le posizioni di sondaggi e indagini HVSR, con identificativo come inserito nel SOFT\_MS; inoltre vengono evidenziate le intersezioni con le altre sezioni ortogonali.

Nelle sezioni compaiono sostanzialmente dall'alto verso il basso tre motivi:

- la parte superficiale (ad eccezione della porzione settentrionale nella Sezione 1), confinata essenzialmente entro i primi 10m, caratterizzata dalla presenza di sedimenti a granulometria fine (prevalentemente sabbie e limi, talora argille);
- la parte intermedia (approssimativamente dai 10m di profondità fino al substrato profondo) caratterizzata da frequenti e cicliche alternanze di strati a granulometria variabile (ghiaie, sabbie, limi, argille);
- il substrato profondo (a partire da circa 365m di profondità) con il passaggio, andando da N a S e da E a W, da termini granulari cementati e stratificati (GRS – Molasse Oligo-Mioceniche) a termini coesivi sovraconsolidati e stratificati (COS - Depositi Pliocenici).

Inserendo le tracce delle sezioni (Fig. 25) sulla Carta delle Isopache del Quaternario (Carta del Sottosuolo della Pianura Friulana – Nicolich, Della Vedova, Giustiniani, 2004) si osserva che:

- nella Sezione 1 (direzione N-S) il substrato passa da una profondità di 365m circa a Nord ad una profondità di 380m circa a Sud;
- nella Sezione 2 (direzione W-E) il substrato passa da una profondità di 385m circa ad Est ad una profondità di 370m circa a Ovest.

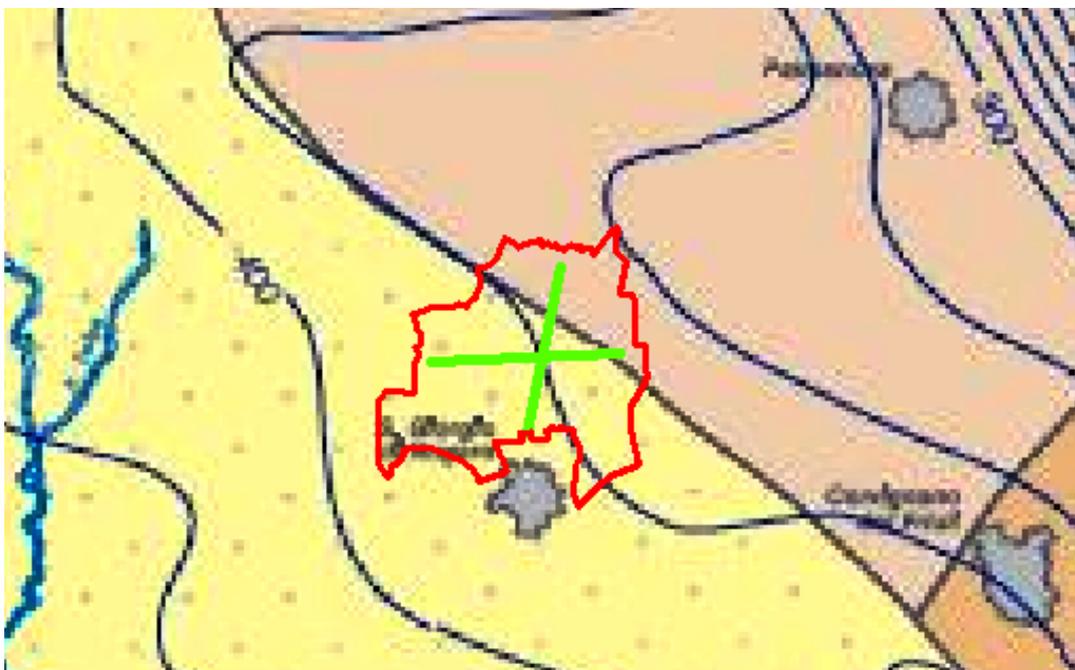


Fig. 25 – Estratto (modificato) Carta Isopache del Quaternario (Carta del Sottosuolo della Pianura Friulana - Nicolich, Della Vedova, Giustiniani, 2004). In rosso il limite comunale di Porpetto; in verde le tracce delle Sezioni.

## 7.4 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS)

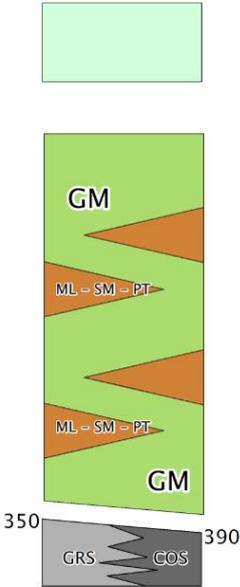
La Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica cerca di definire, sulla base dei dati geologici, geomorfologici e geofisici, in particolare le indagini HVSR, settori dove sia prevedibile un determinato effetto in caso di sisma, in termini di amplificazione o instabilità.

Per quanto riguarda il Comune di Porpetto, considerata la:

- granulometria dei terreni entro i primi 15m;
- la profondità della falda molto prossima al piano campagna;
- le accelerazioni massime attese in superficie in condizioni di free-field  $> 0.1g$ ;

si è ritenuto, in prima approssimazione, di non poter escludere nessuna area dal potenziale di rischio di liquefazione in caso di sisma e, pertanto, l'intero territorio comunale è stato classificato come "ZONA DI ATTENZIONE PER INSTABILITÀ (ZA\_LQ1)".

Al netto dell'instabilità dovuta alla liquefazione, il territorio comunale è stato classificato in n. 3 "ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI" (definite come: "zone in cui il moto sismico viene modificato rispetto a quello atteso in condizioni ideali di roccia rigida e pianeggiante, a causa delle caratteristiche litostratigrafiche del terreno e/o geomorfologiche del territorio"), di cui si riportano qui di seguito (Fig.26) i log stratigrafici e le descrizioni.

Colonna stratigrafica	MOPS
<p style="text-align: center;"><b>Zona 1 (2001)</b></p> 	<p style="text-align: center;"><b>Zona 1 (2001)</b></p> <p><i>Ghiaie limose (GM) presenti a partire dalla superficie e comprendenti orizzonti e lenti discontinue costituite da depositi torbosi (PT), sabbie (SM), limi e argille (ML). Il substrato (GRS/COS) si trova a profondità dal p.c. comprese tra 350m e 390m.</i></p>

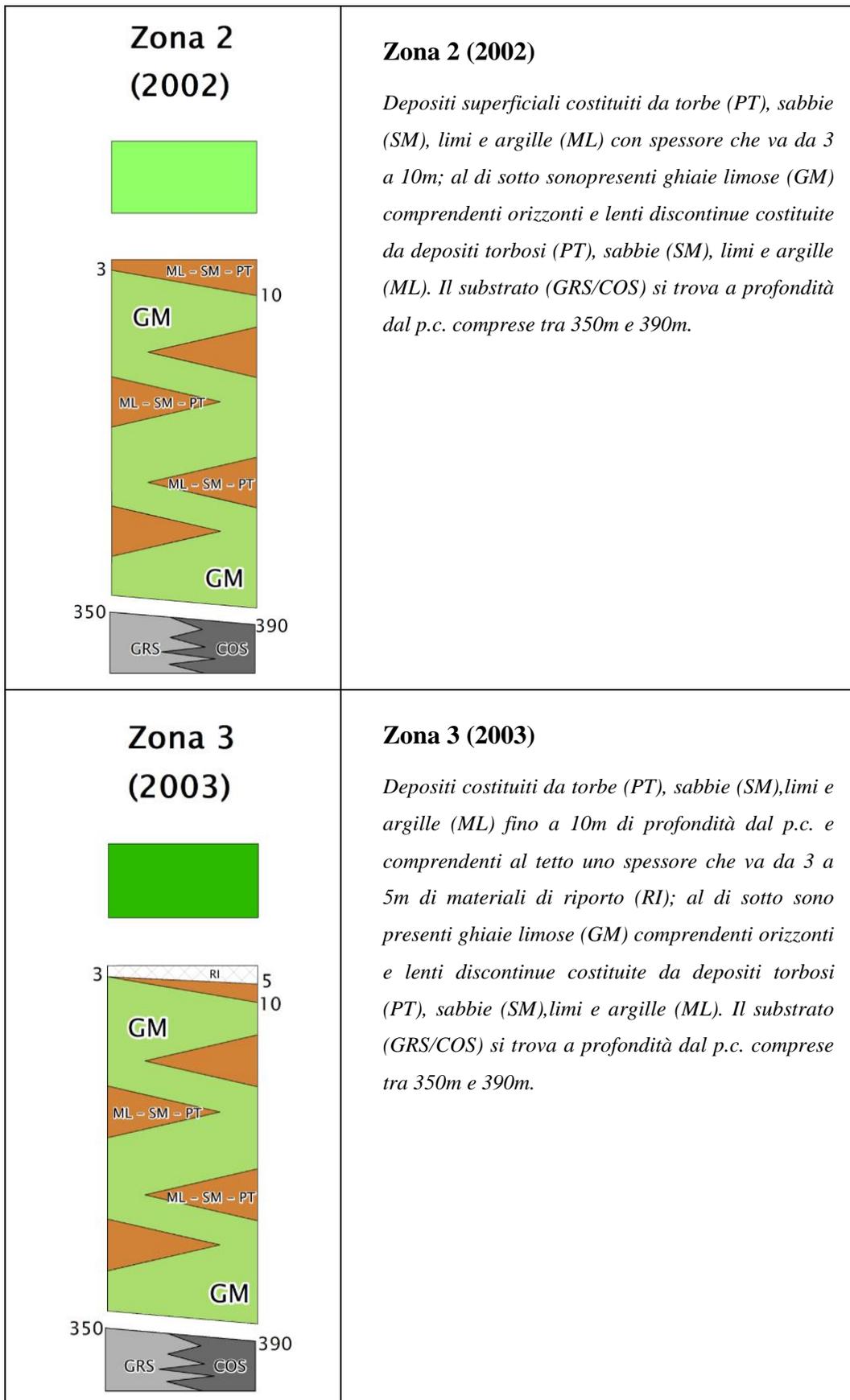


Fig. 26 - Log stratigrafici delle Microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) individuate

Le 3 zone differiscono tra loro esclusivamente sulla base dell'addensamento dei terreni nella porzione più superficiale e possono essere così descritte:

- Zona 1 (2001): frequenti e cicliche alternanze di strati a granulometria variabile (ghiaie, sabbie, limi, argille) – Ghiaie mediamente addensate in superficie;
- Zona 2 (2002): equivalente alla Zona 1, ma con la presenza di uno spessore superficiale di terreni poco addensati (Sabbie, limi, argille, torbe);
- Zona 3 (2003): equivalente alla Zona 2, ma con la presenza di uno spessore superficiale di riporto antropico ben addensato in superficie;

Tutte e tre le zone riportano il substrato (GRS/COS) tra i 350 e i 390m di profondità, come già descritto al Par.7.3 della presente Relazione.

## 8 CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI

Come evidenziato dai dati del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 (CPTI15) più sopra analizzato, l'evento passato di riferimento con i maggiori effetti al sito è il terremoto del Friuli del 1976. Il territorio comunale di Porpetto ricade nell'area che risente di una intensità macrosismica di grado IV-V.

Tuttavia, da testimonianza raccolta presso l'Ufficio Tecnico Comunale, non si ha memoria di danneggiamenti significativi nell'ambito del territorio comunale.

## 9 BIBLIOGRAFIA

A.A.V.V. (1987): Modello sismo tettonico dell'Italia nord-orientale. CNR- GNDT, Rend. N. 1, 82 pp., 3 carte scala 1:25 000, Trieste.

A.A.V.V. (2008): Carta di sintesi geologica GEO-CGT Foglio 087 Palmanova sezioni 110 e 150. Trieste.

AMATO A., BARNABA P.F., FINETTI I., GROPPI G., MARTINIS B., MUZZINA A. (1976): Geodynamics outline and seismicity of Friuli Venetia Julia region. Boll. Geof. Appl. 72(1), 217-256, Trieste.

BASILI R., G. Valensise, P. Vannoli, P. Burrato, U. Fracassi, S. Mariano, M.M. Tiberti, E. Boschi (2008), The Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), version 3: summarizing 20 years of research on Italy's earthquake geology, Tectonophysics, [doi:10.1016/j.tecto.2007.04.014](https://doi.org/10.1016/j.tecto.2007.04.014)

BRESSAN G., SNIDARCIC A. & VENTURINI C. (1998). Present state of tectonics stress in the eastern Southern Alps (Friuli region). Tectonophysics, 292, 211-227.

CALLIGARIS C. (2011) Risorse idriche sotterranee del Friuli Venezia Giulia: sostenibilità e utilizzo – I sistemi di acquiferi del Friuli Venezia Giulia – Università degli Studi di Trieste

CARULLI G.B. & PONTON M. (1992): Interpretazione strutturale profonda del settore centrale carnico-friulano. Studi Geol. Camerti, vol. spec., 2, 1992, CROP 1 – 1A, 275-284, Camerino.

CARULLI G.B. (a cura di) (2006): Carta Geologica del Friuli Venezia Giulia. Scala 1:150 000, SELCA, Firenze.

CARULLI G.B. (a cura di) (2006): Note illustrative della Carta Geologica del Friuli Venezia Giulia., 44 pp., SELCA, Firenze.

CASTELLARIN A. (a cura di) (1981): Carta tettonica delle Alpi Meridionali alla scala 1:200 000, Pubbl. n° 441, P.F. Geodinamica, CNR.

CREPELLANI T. (1999): Effetti di sito e fenomeni di instabilità indotti dai terremoti nei depositi e nei pendii. In: "Ingegneria Geotecnica nelle aree sismiche", Ed. Teresa Crespellani, International Centre for Mechanical Sciences, CISM, Udine, 1-24.

CREPELLANI T. & FACCIORUSSO J. (2010): Dinamica dei terreni per le applicazioni sismiche. Dario Flaccovio Editore, Palermo.

- DISS Working Group (2015). Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.2.0: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; DOI:10.6092/INGV.IT-DISS3.2.0.
- GALADINI F., POLI M.E. & ZANFERRARI A. (2005): Seismogenic sources potentially responsible for earthquakes with  $M \geq 6$  in the eastern Southern Alps (Thiene-Udine sector, NE Italy). *Geophys. J. Int.* (2005), 161, 739-762.
- GORTANI M. (1960): *Bibliografia geologica d'Italia*. Vol. VI: Friuli. CNR, 228 pp., Napoli.
- GRUPPO DI LAVORO CPTI (2004): *Catologo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2004 (CPTI04)*, INGV, Bologna.
- GRUPPO DI LAVORO MS (2008): *Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica*. Conferenza delle Regioni e delle Province autonome – Dipartimento della protezione civile, Roma.
- [http://www.protezionecivile.fvg.it/ProtCiv/default.aspx/218-rischio\\_sismico.htm](http://www.protezionecivile.fvg.it/ProtCiv/default.aspx/218-rischio_sismico.htm) - Sismicità del periodo 567-2004
- LOCATI M., CAMASSI R. E STUCCHI M. (a cura di), (2011). DBMI11, la versione 2011 del Database Macrosismico Italiano. Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11>, DOI: 10.6092/INGV.ITDBMI11.
- MELETTI C., MONTALDO V., (2007). *Stime di pericolosità sismica per diverse probabilità di superamento in 50 anni: valori di ag*. Progetto DPC-INGV S1, Deliverable D2, <http://esse1.mi.ingv.it/d2.html>
- MONTALDO V., MELETTI C., (2007). *Valutazione del valore della ordinata spettrale a 1sec e ad altri periodi di interesse ingegneristico*. Progetto DPC-INGV S1, Deliverable D3, <http://esse1.mi.ingv.it/d3.html>
- MUCCIARELLI M. (1999): *Indagini strumentali per la microzonazione sismica di alcuni centri colpiti dagli eventi sismici in Umbria, Marche e Slovenia*. In: *"Ingegneria Geotecnica nelle aree sismiche"*, Ed. Teresa Crespellani, International Centre for Mechanical Sciences, CISM, Udine, 89-107.
- Nicolich R, Della Vedova B., Giustiniani M., Fantoni R. (2004) - *Carta del Sottosuolo della Pianura Friulana*. Regione FVG-Servizio Geologico e Università del Studi di Trieste – 2004).
- OGS (1977-1981): *Bolletino della Rete Sismologica del Friuli – Venezia Giulia*. OGS, Trieste.
- OGS (1982-1990): *Bolletino della Rete Sismometrica dell'Italia Nord-Orientale*. OGS, Trieste.
- OGS (1991-1999): *Bolletino della Rete Sismometrica del Friuli – Venezia Giulia*. OGS, Trieste.
- PAIR: “Progetto di Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico dei bacini di interesse regionale (settembre 2016).
- POLI M.E., PERUZZA L., REBEZ A., RENNER G., SLEJKO D. & ZANFERRARI A. (2002): *New seismotectonics evidence from the analysis of the 1976-1977 and 1977-1999 seismicity in friuli (NE Italy)*. *Boll.Geog. Teor. Appl.*, 43, 1-2, 53-78, Trieste.
- Portale Servizio Geologico d'Italia – ISPRA Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale – Progetto ITHACA.
- Regione FVG – Direzione Regionale dell'Ambiente (1990): *Catasto regionale dei pozzi e delle perforazioni eseguite nelle alluvioni quaternarie e nei depositi sciolti del Friuli Venezia Giulia*. 7 voll., Trieste 1990.
- Regione FVG – Direzione Regionale per la Sperimentazione Agraria (1982): *Carta pedologica della pianura friulana e del connesso anfiteatro morenico del Tagliamento*, Trieste 1982.
- Relazione geologica per la Variante 1 al P.R.G.C. del Comune di Porpetto (MASUTTO A., 2004).
- ROVIDA A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>
- Servizio Geologico, Direzione centrale ambiente ed energia, Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia per dati del progetto Carta Geologica Tecnica (CGT) e del Catasto informatizzato dei pozzi con stratigrafia
- SESAME EUROPEAN RESEARCH PROJECT (2004): *Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations. Measurements, processing and interpretation*. European Commission – Research General Directorate.
- SLEJKO D., NERI G., OROZOVA I., RENNER G. & WYSS M. (1999): *Stress field in Friuli (NE Italy) from fault plane solutions of activity following the 1976 main shock*. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 89, 1037-1052.
- SLEJKO D., CARULLI G.B., GARCIA JULIO & SANTULIN M. (2011): *The contribution of “silent” fault to the seismic hazard of the northern Adriatic Sea*. *Journal of Geodynamics*, 51(2011), 166-178.
- SPALLAROSSA D., BARANI S., 2007. *Disaggregazione della pericolosità sismica in termini di M-R-e*. Progetto DPC-INGV S1, Deliverable D14, <http://esse1.mi.ingv.it/d14.html>
- Ufficio Idrografico Magistrato alle Acque di Venezia – *Carta Geologica d'Italia (1951)*: Gorizia, Firenze, 1951.
- Ufficio Idrografico Magistrato alle Acque di Venezia – *Carta Geologica delle Tre Venezie (1958)*: Palmanova, Bologna, 1958.

VAI G.B., VENTURINI C., CARULLI G.B. & ZANFERRARI A. (Coord.) (2002): Alpi e Prealpi Carniche e Giulie (Friuli Venezia Giulia), Guide Geologiche regionali, Soc. Geol. Ital., BE-MA Ed.

ZANOLLA C., WARDELL D., NIETO D. & RAMELLA R. (2010) - Dinaric tectonic features in the Gulf of Trieste (Northern Adriatic Sea). Boll. Geof. Teor. Appl. 51 (2-3): 117-128, Trieste.