

# PI 2014 COMUNE DI FOLLINA

Piano degli Interventi - PI n. 1  
(Legge Regionale n. 11/2004 e s.m.i.)

## Relazione illustrativa Sismica

Elab. 41



ADOZIONE  
D.C.C. n. 4 del 20/03/2014

APPROVAZIONE  
D.C.C. n. 36 del 21/12/2015

**Il Sindaco**

Prof. Renzo TONIN  
geom. Mario COLLET (dal 26/05/2014)

**L'Assessore all'Urbanistica**

Pietro DE CONTO  
Simone CORAZZIN (dal 01/09/2014)

**Il Segretario**

Dott. Francesco SPADA

**Il Responsabile Area Tecnica**

Architetto Stefano COMINATO

**GRUPPO DI LAVORO**

**Progettisti**

Urbanista Raffaele GEROMETTA  
Urbanista Daniele RALLO  
Urbanista Fabio VANIN

**Gruppo di valutazione**

Ingegnere Elettra LOWENTHAL  
Urbanista Giovanna PICCOLO

**Contributi specialistici**

Urbanista Laura GATTO  
Ingegnere Loris MICHIELIN  
Ingegnere Lino POLLASTRI  
Dott. forestale Giovanni TRENTANOVI

VenetoProgetti SC  
Via Treviso, 18 - San Vendemiano (TV)  
Tel. +39 (0438) 412433 - Fax. +39 (0438) 429000  
e-mail: venetoprogetti@venetoprogetti.com



REGIONE DEL VENETO



CONFERENZA DELLE REGIONI E  
DELLE PROVINCE AUTONOME

PROTEZIONE CIVILE  
Presidenza del Consiglio dei Ministri  
Dipartimento della Protezione Civile

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

# STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA

## Relazione illustrativa

COMUNE DI FOLLINA



Regione	Soggetto realizzatore	Data
		17 aprile 2013
		<del>Revisione 27 febbraio 2014</del>
		Revisione 7 dicembre 2015

## INDICE

<b>1- INTRODUZIONE E GENERALITA'</b> .....	<b>3</b>
<b>1.1 – Riferimenti normativi</b> .....	<b>4</b>
<b>1.2 – Ambiti di studio</b> .....	<b>5</b>
<b>2 – DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>7</b>
<b>2.1 – Generalità</b> .....	<b>7</b>
<b>2.2 – Definizione della pericolosità di base</b> .....	<b>9</b>
<b>2.3 - La classificazione sismica del comune</b> .....	<b>13</b>
<b>2.4 – La classificazione sismica del territorio comunale</b> .....	<b>15</b>
<b>2.5 – I sistemi di faglie attive</b> .....	<b>16</b>
<b>2.5.1 – Cenni storici</b> .....	<b>16</b>
<b>2.5.2 – Studio delle faglie</b> .....	<b>19</b>
<b>2.5.3 – Le sorgenti sismogenetiche responsabili di terremoti distruttivi nell'Italia nord-orientale</b> .....	<b>20</b>
<b>3 – ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA</b> .....	<b>22</b>
<b>3.1 - Inquadramento geomorfologico</b> .....	<b>22</b>
<b>3.2 - Inquadramento geologico</b> .....	<b>24</b>
<b>4 – DATI GEOTECNICI E GEOFISICI</b> .....	<b>25</b>
<b>5 – MODELLO DEL SOTTOSUOLO</b> .....	<b>26</b>
<b>5.1 – Individuazione delle microzone</b> .....	<b>26</b>
<b>5.2 – Metodologia di studio</b> .....	<b>28</b>
<b>5.3 – Breve descrizione del metodo</b> .....	<b>31</b>
<b>6 – INTERPRETAZIONI ED INCERTEZZE</b> .....	<b>33</b>
<b>7 – METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI</b> .....	<b>35</b>
<b>8 – ELABORATI CARTOGRAFICI</b> .....	<b>38</b>
<b>8.1 – carta delle indagini</b> .....	<b>38</b>
<b>8.2 – carta geologico-tecnica</b> .....	<b>38</b>
<b>8.3 – carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (livello 1)</b> .....	<b>39</b>
<b>8.3.1 – Zona 1 - Categoria di suolo B</b> .....	<b>41</b>
<b>8.3.2 – Zona 2 - Categoria di suolo C</b> .....	<b>47</b>
<b>8.3.3 – Zona 3 - Categoria di suolo E (C)</b> .....	<b>51</b>
<b>8.3.4 – Zone suscettibili di instabilità</b> .....	<b>54</b>
<b>8.3.5 – Forme di superficie e sepolte</b> .....	<b>54</b>
<b>8.3.6 – Faglie attive e capaci</b> .....	<b>55</b>
<b>9 - CONCLUSIONI</b> .....	<b>56</b>
<b>10 – BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>58</b>
<b>11– ALLEGATI</b> .....	<b>60</b>

## **1- INTRODUZIONE E GENERALITA'**

L'ufficio tecnico del comune di Follina (Treviso), nella persona del responsabile di servizio Arch. Stefano Cominato, mi ha affidato l'incarico relativo per effettuare lo studio di Microzonazione Sismica del territorio comunale ai fini dell'attuazione del Piano degli Interventi (P.I.), eseguito in coerenza con il Piano di Assetto del Territorio Intercomunale (P.A.T.I.), in quanto il comune di Follina è classificato in zona 2, che corrisponde ad un territorio a pericolosità sismica di base medio-alta. Il disciplinare di affidamento dell'incarico datato 08/11/2012 ha come riferimento il C.I.G. 467966775E.

La determinazione della velocità sismica dei primi 30 m di sottosuolo, argomento principale di questo studio di Microzonazione Sismica (MS), è la prima importante fase per lo studio di Microzonazione Sismica (MS), vero e proprio (cfr. All. A DGR 3308 del 4-11-2008) come specificato negli ICMS.

La presente relazione illustra i dati riguardanti gli approfondimenti effettuati e fa riferimento alla cartografia allegata che contiene l'ubicazione delle indagini, l'individuazione delle microzone omogenee e relative condizioni predisponenti l'amplificazione.

Il documento tecnico di riferimento per la realizzazione degli studi di microzonazione sismica è rappresentato dagli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" (di seguito indicato con la sigla ICMS) approvati il 13 novembre 2008 dalla Conferenza delle Regioni e delle Province autonome in accordo con la Presidenza del Consiglio dei Ministri e del Dipartimento della Protezione Civile. Gli standard per la stesura della carta delle indagini, della carta geologico-tecnica e la carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica e la loro informatizzazione sono quelli indicati dalla Commissione tecnica per la microzonazione sismica (articolo 5, comma 7 dell'OPCM 13 novembre 2010, n. 3907).

Gli studi di MS si propongono di:

- identificare e perimetrare le aree a differente pericolosità sismica locale (microzone, solitamente grandi alcuni ettari o alcuni isolati);
- stimare le risposte dei terreni delle diverse microzone, in modo da stabilire gerarchie di pericolosità e fornire elementi conoscitivi per una pianificazione del territorio e progettazione delle opere, adeguate alla pericolosità sismica del sito.

Nella sua interezza il documento nazionale intende costituire un elemento utile all'approfondimento della pericolosità sismica locale, necessario all'analisi del rischio sismico, applicabile ai settori della programmazione territoriale, della pianificazione urbanistica, della pianificazione dell'emergenza e della normativa tecnica per la progettazione. Il documento individua e determina criteri, metodi e

procedure per l'esecuzione di azioni di microzonazione a diverse scale e con diversi livelli di approfondimento.

Si precisa che l'avvio di uno studio di microzonazione sismica a livello regionale riveste carattere sperimentale e pertanto deve essere inteso come "fase pilota" ed i livelli di approfondimento potranno essere aggiornati e/o integrati nel tempo al fine di migliorarne l'applicabilità in relazione al contesto geologico-tecnico locale. La microzonazione sismica (di seguito indicato con la sigla MS) ha lo scopo di riconoscere ad una scala sufficientemente grande (scala comunale o sub comunale) 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. In sostanza, lo studio di MS viene sintetizzato in una carta del territorio nella quale sono indicate le zone in cui il moto sismico viene modificato rispetto a quello atteso in condizioni ideali di roccia rigida e pianeggiante e, pertanto, gli scuotimenti attesi sono superiori a quelli forniti dagli studi di pericolosità di base.

### **1.1 – Riferimenti normativi**

Il lavoro è stato svolto in accordo con la normativa vigente, in particolare:

- L. 02.02.1974, n. 64, "*Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche*";
- D. M. 14.05.1982, "*Aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche del Veneto*";
- D.M. 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, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione*";
- Circ. LL. PP. 24 settembre 1988, n° 30483 "*Norme tecniche per terreni e fondazioni - Istruzioni applicative*";
- Circ. Reg, Veneto 05.04.2000, n. 9, "*Indirizzi in materia di prescrizioni tecniche da osservare per la realizzazione di opere pubbliche e private. Obblighi derivanti dalla L. 02.02.1974, n. 64 e dal D.M. 11.03.1988*";
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20.03.2003, "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica*";
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3431 del 03.05.2005 "*Ulteriori modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 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»*";

- D.M. 14.09.2005, "*Norme tecniche per le costruzioni*";
- 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*";
- Legge n. 77 del 24 Giugno 2009, "*Interventi urgenti di Protezione Civile in materia di prevenzione del rischio sismico*".
- Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 12 ottobre 2007, "*Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni*".
- D.M. 14.01.2008, "*Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni*".
- D.G.R. del Veneto n. 71 del 22 gennaio 2008, "Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 28 aprile 2006, n. 3519 "*Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*". Direttive per l'applicazione.
- Circolare 02 febbraio 2009 n. 617/C.S.LL.PP..
- Deliberazione della Giunta Regionale n. 1496 del 20 settembre 2011, "*Fondo statale per interventi di prevenzione del rischio sismico di cui all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3907 in data 13 novembre 2010*".

## **1.2 – Ambiti di studio**

Nell'ambito della pianificazione territoriale del comune di Follina, all'interno del P.I., in funzione delle varie scale e dei vari livelli di intervento, lo studio di MS è stato condotto su quelle aree per le quali le condizioni normative consentono o prevedono l'uso a scopo edificatorio o per infrastrutture, o la loro potenziale trasformazione a tali fini. Sono stati privilegiati quindi gli ambiti di sviluppo insediativo, sia esso a destinazione residenziale, produttiva, dei servizi o infrastrutturale. Per completezza le indagini sono state estese anche ad aree di pianura dove non sono al momento previste trasformazioni urbanistiche.

Il territorio dei comuni di Follina (24,16 km<sup>2</sup>) si estende entro una fascia di territorio compresa tra la dorsale delle Prealpi Trevigiane e le prime corde collinari dell'Alta Marca. Come desumibile dalla "Carta della trasformabilità" allegata al P.A.T.I. questi ambiti si posizionano prevalentemente nella fascia collinare e valliva del territorio comunale. I caratteri litologici dei terreni quaternari che caratterizzano la zona valliva sono ascrivibili a fenomeni deposizionali che nella fascia di transizione tra la zona più pianeggiante e la fascia pedemontana poco a Nord possono rinvenirsi interdigitati tra loro a causa del rimaneggiamento operato dai fenomeni esondativi relativamente recenti legati alle alluvioni del f. Soligo. Le pendenze della superficie topografica indagata sono

varie, arrivando al massimo al 15%, così come varie sono le direzioni di inclinazione, disperse tra SSE e SSW.

Oltre alla cartografia di base costituita dalla Carta Tecnica Regionale a scala 1: 5.000, le cartografie tematiche di riferimento sono:

- la carta geomorfologica (elaborato Q.C. 6.1 del P.A.T.I.) alla scala 1: 20.000;
- la carta geolitologica (elaborato Q.C. 6.2 del P.A.T.I.) alla scala 1: 20.000;
- la carta idrogeologica (elaborato Q.C. 6.3 del P.A.T.I.) alla scala 1: 20.000;

e naturalmente la cartografia allegata allo studio di compatibilità sismica:

- la carta della rivisitazione dei contenuti geologici in chiave sismologica (elaborato Q.C. 6.5 del P.A.T.I.) alla scala 1: 20 000;
- la carta delle zone omogenee in prospettiva sismica (elaborato Q.C. 6.6 del P.A.T.I.) alla scala 1: 20 000;

La mappa geolitologica e dei sistemi morfo-deposizionali, facilmente ricostruibile dalla cartografia tematica, costituisce la base conoscitiva di partenza per la predisposizione della rete di caratterizzazione sismica, individuata da una serie di stazioni di misura del parametro VS30, distribuiti sul territorio in relazione alla distribuzione dei suddetti principali corpi deposizionali.

Per quanto riguarda i terremoti storici che hanno colpito l'area si è fatto riferimento al Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI), disponibile al sito <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/>, frutto di un progetto portato avanti da un Gruppo di Lavoro formato da ricercatori dell'Istituto Nazionale di Geofisica (ING), del Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti (GNDT) del CNR, della società SGA Storia Geofisica Ambiente (SGA) e del Servizio Sismico Nazionale (SSN). Il catalogo viene aggiornato periodicamente sulla scorta delle nuove conoscenze. Dalla prima formulazione del 1999 (CPTI99), ne è seguita una seconda nel 2004 (CPTI04) ed una terza nel 2008 (CPTI08) che aggiornava quella precedente per gli anni dal 1901 al 2006, anche questa disponibile online. L'ultimo aggiornamento del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI11), è sempre disponibile all'indirizzo: <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI11/>.

Per quanto riguarda le faglie capaci che interessano il territorio comunale si è invece fatto riferimento al catalogo ITHACA "ITaly HAZard from CApable faults", disponibile on-line all'indirizzo <http://www.apat.gov.it/site/it-IT/Progetti/ITHACA - Catalogo delle faglie capaci>

La base cartografica utilizzata è la Carta Tecnica Regionale a scala 1:5000, i cui riferimenti specifici sono i seguenti:

- Elemento 063142 Col de Moi;
- Elemento 063143 San Fermo;
- Elemento 084021 Piazzale degli Alpini;

- Elemento 084022 Cison di Valmarino;
- Elemento 084023 Follina;
- Elemento 084024 Col de Varnada;
- Elemento 084061 Farrò;
- Elemento 084062 Soligo;
- Elemento 084064 Miane;
- Elemento 084074 Molinetto.

Alcuni aspetti sono stati definiti anche sulla scorta dell'osservazione allo stereoscopio delle fotoaeree IGMI volo del 1993 e delle immagini CGR del 1998-99, 2003 e 2007 nonché Telespazio 2007 e DigitalGlobe 2011.

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

### **2.1 – Generalità**

La pericolosità sismica di base, definita ai sensi del D.M. 14/01/2008, è la componente della pericolosità sismica dovuta alle caratteristiche sismologiche dell'area (tipo, dimensioni e profondità delle sorgenti sismiche, energia e frequenza dei terremoti). Essa 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, con riferimento a condizioni ideali di bedrock sismico affiorante e privo di irregolarità morfologiche (superficie topografica orizzontale) e fornisce le caratteristiche del terremoto di riferimento (velocità, accelerazione, intensità, ordinate spettrali). La scala di studio è solitamente regionale e costituisce una base per la definizione del terremoto di riferimento per studi di microzonazione sismica.

Teoria ed esperienze nazionali ed internazionali, mostrano con estrema chiarezza che in concomitanza di eventi sismici, l'intrinseca eterogeneità delle caratteristiche geometriche, fisiche, idrauliche e meccaniche dei terreni può indurre danni all'ambiente fisico ed all'ambiente costruito variabili anche in siti posti a breve o brevissima distanza. Tale fenomeno dipende innanzitutto dalle caratteristiche del moto sismico al tetto della formazione di base, nonché dalle caratteristiche geometriche profonde e superficiali dei terreni, dalle loro proprietà fisiche e meccaniche, dalle caratteristiche di permeabilità e dalle condizioni idrauliche al contorno. Questo presuppone un affinamento della pericolosità sismica di base attraverso studi appropriati sulla risposta sismica locale. La risposta sismica locale è la modificazione in ampiezza, frequenza e durata dello scuotimento sismico dovuta alle specifiche condizioni lito-stratigrafiche e morfologiche di un sito. Si può quantificare mediante il rapporto tra il moto sismico alla superficie del sito e quello che si

osserverebbe per lo stesso evento sismico su un ipotetico affioramento di roccia rigida con morfologia orizzontale. Se questo rapporto è maggiore di 1, si parla di amplificazione locale.

L'obiettivo del presente studio di Microzonazione Sismica è quello di costruire un modello di velocità di propagazione delle onde elastiche, in modalità trasversale, nei primi 30 metri di profondità e di operare la previsione, su scala locale, del rischio sismico atteso e dei suoi effetti sull'ambiente fisico e costruito. La finalità è quindi quella di operare una suddivisione dettagliata del territorio comunale in sottozone a diversa pericolosità sismica locale, tenendo conto sia della sismicità di base (distanza dalle sorgenti sismogenetiche, energia, frequenza e tipo dei terremoti attesi), sia delle caratteristiche geologiche, morfologiche e geofisiche locali. La MS, individuando microzone a comportamento sismico omogeneo, consente, in particolare, di indirizzare le scelte di pianificazione verso gli ambiti a minore rischio.

In funzione dei diversi contesti e dei diversi obiettivi gli studi di MS possono essere effettuati a vari livelli di approfondimento, con complessità ed impegno crescenti, passando dal livello 1 fino al livello 3:

- il livello 1 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; lo studio in corso attiene a questo livello;
- il 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; consente di meglio definire il modello geologico del sottosuolo e di fornire per ciascuna microzona identificata una quantificazione numerica degli effetti, ottenuta con metodi semplificati;
- il livello 3 restituisce una Carta di microzonazione sismica con approfondimenti su tematiche o aree particolari o su ambiti di rilevanza strategica; è il livello di maggiore approfondimento per la definizione e caratterizzazione delle zone suscettibili di amplificazioni o di instabilità, perché consente di risolvere le situazioni geologiche e geotecniche complesse, ad esempio inversioni di velocità, non risolvibili con abachi o metodi semplificati, modificando sostanzialmente le carte di microzonazione di livello 1 e 2. Il livello 3, naturalmente richiede un impegno di risorse economiche e professionali importante, giustificato, ad esempio, nel caso di una fase di ricostruzione post-terremoto ma anche, in fase preventiva, nelle aree a più elevato rischio sismico.

Come detto in precedenza il presente studio costituisce un'importante fase del livello 1, in quanto si occupa dell'acquisizione dei dati di base utili per individuare:

- zone nelle quali non sono previste significative modifiche dello scuotimento che l'evento sismico causerebbe su terreni rigidi e pianeggianti;
- zone nelle quali lo scuotimento è amplificato;
- zone suscettibili di frane in terreni e in roccia;
- zone suscettibili di liquefazioni;
- zone interessate da faglie attive e capaci;
- zone interessate da cedimenti differenziali.

## 2.2 – Definizione della pericolosità di base

La più recente normativa sismica italiana, entrata in vigore il 8/5/2003 con la pubblicazione sulla G.U. dell'Ordinanza P.C.M. n. 3274, recepita dalla Regione Veneto con DGR n. 67 del 3/12/2003, suddivide il territorio italiano in quattro zone sismiche, abbandonando la precedente terminologia di categorie sismiche. Uno dei cambiamenti fondamentali apportati dalla normativa è stata l'introduzione della zona 4, in questo modo tutto il territorio italiano viene definito come sismico. L'appartenenza a ciascuna zona sismica comporta l'adozione di specifiche caratteristiche prestazionali per nuovi edifici e strutture, regolate da opportune norme sismiche contenute nel medesimo provvedimento legislativo, e successive modifiche ed integrazioni. In linea teorica, l'ingresso in zona sismica è agganciato al valore dell'accelerazione orizzontale di picco (Peak Ground Acceleration, PGA, indicata anche come accelerazione massima orizzontale) riferita ad un terreno a comportamento assimilabile alla roccia, ottenuta per un predeterminato livello di probabilità da studi di pericolosità sismica a carattere nazionale. I valori di PGA convenzionalmente associati alle zone sismiche sono riportati nella tabella successiva.

<i>Zona</i>	<i>Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag/g)</i>	<i>Accelerazione di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (ag/g)</i>
1	> 0.25	0.35
2	0.15 ÷ 0.25	0.25
3	0.05 ÷ 0.15	0.15
4	< 0.05	0.05

**Tabella 1 – valori di riferimento della attuale normativa sismica**

Un ulteriore affinamento delle zone sismiche è stato fatto con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 28 aprile 2006, n. 3519 recante "*Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*", pubblicata nella G.U. dell'11 maggio 2006, n. 108, in cui sono state stabilite nuove disposizioni per l'individuazione a livello regionale delle zone sismiche che supera il concetto di categoria legato alle suddivisioni amministrative della precedente Ordinanza. Con il medesimo provvedimento è stata approvata la mappa di pericolosità sismica di riferimento nazionale che contiene le

accelerazioni orizzontali massime convenzionali al suolo di tipo A, necessarie per redigere il calcolo sismico delle costruzioni.

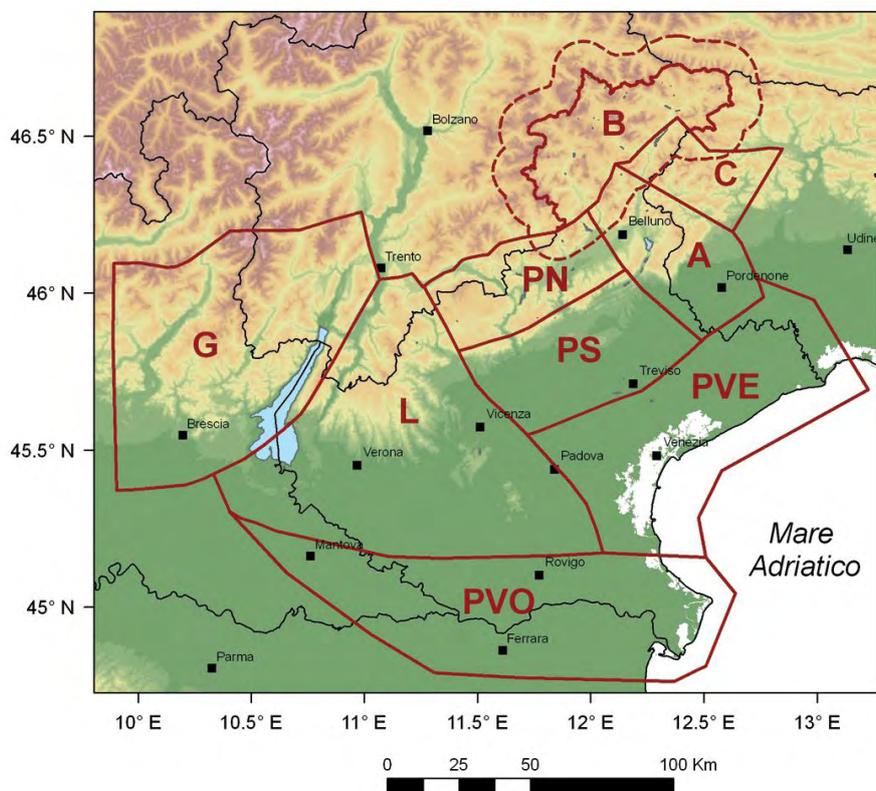


Fig. 1 - Distretti sismici del Veneto (in rosso): sigle descritte nel testo. Seismic districts in the Veneto region (red polygons): acronyms in the text.

Quindi la OPCM 3519 di fatto supera il concetto stesso di zonazione, imponendo valori discretizzati nello spazio: la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido ( $V_{s30} > 800$  m/s), viene definita mediante un approccio “sito dipendente” e non più tramite un criterio “zona dipendente”. Ciò comporta delle non trascurabili differenze nel calcolo dell’accelerazione sismica di base rispetto alle precedenti normative.

Con le precedenti normative in campo antisismico, applicando il criterio “zona dipendente” avremmo potuto stimare l’accelerazione di base (senza considerare l’incremento dovuto ad effetti locali dei terreni) in maniera automatica, poiché essa sarebbe stata direttamente correlata alla Zona sismica di appartenenza del comune (nel caso di Follina, Zona sismica 2). Con l’entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 la classificazione sismica del territorio è scollegata dalla determinazione dell’azione sismica di progetto, mentre rimane il riferimento per la trattazione di problematiche tecnico-amministrative connesse con la stima della pericolosità sismica.

I nuovi criteri per l’individuazione della zona sismica si basano su un elaborato grafico che rappresenta il territorio italiano in 12 fasce di valori di PGA di riferimento; innovando le disposizioni dell’O.P.C.M. 3274/03, oltre ai valori standard delle accelerazioni riferite a suoli rigidi

viene fornita anche una stima dell'incertezza, tramite predefiniti percentili della distribuzione associata. Per l'attribuzione del sito alla fascia di pericolosità sismica di competenza è stato creato un reticolo di riferimento i cui nodi, individuati in termini di latitudine e longitudine, debbono distare di un passo  $\leq 0,05^\circ$ : l'INGV ha fornito i parametri di griglia con passo  $0,05^\circ$  e  $0,02^\circ$  (in termini di distanza circa 10 km e circa 5 km). Per ogni punto vengono forniti i seguenti parametri:

id	identificativo del punto della griglia di calcolo
long	longitudine espressa in gradi sessagesimali-decimali
lat	latitudine espressa in gradi sessagesimali-decimali
ag	accelerazione massima del suolo (50mo percentile, valore standard)
16perc	accelerazione massima del suolo (16mo percentile)
50perc	accelerazione massima del suolo (50mo percentile)
84perc	accelerazione massima del suolo (84mo percentile)

In sostanza si è passati da una mappa di pericolosità sismica (2004) usabile dalle Regioni come riferimento per aggiornare l'assegnazione di un Comune a una delle 4 zone sismiche a una dettagliata descrizione dello scuotimento atteso, espresso in termini di parametri ingegneristici. Successive elaborazioni (Progetto INGV-DPC S1, realizzato nell'ambito della Convenzione triennale 2004-2006 fra il Dipartimento Nazionale di Protezione Civile, e INGV, avente come oggetto l'assistenza scientifica e manutenzione dell'elaborato di pericolosità rilasciato nel 2004) hanno portato ad ampliare la disponibilità di valori di pericolosità, riferiti a diverse probabilità di eccedenza, e/o valori di accelerazione spettrale. In particolare alcuni dati estrapolati dalla griglia:

- $A_g$  = accelerazione orizzontale massima al sito;
  - $F_0$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
  - $T_C^*$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale,
- servono per ricavare gli spettri di progetto da utilizzare nella progettazione secondo le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) approvate col D.M. 14/01/08. I punti della griglia sono consultabili on-line presso un sito WebGis appositamente predisposto: <http://esse1.mi.ingv.it>.

Le zone sismiche tradizionali dell'Ordinanza 3274/2003 sopravvivono solo per scopi amministrativi e per la zona 4.

I valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T^*c$  determinati sono relativi a situazioni geologiche corrispondenti ad un sito con assenza di effetti locali dei terreni (Categoria A), ovvero con presenza di substrato sismico ( $V_{s30} > 800\text{m/s}$ ) affiorante o subaffiorante ed in condizioni morfologiche pianeggianti.

Sulla base di quanto detto sopra e utilizzando un software specifico disponibile in rete (Geostru PS Parametri Sismici v. 1.5), il valore mediato del moto sismico rispetto ai quattro punti di maglia che lo comprendono e riferito a un edificio in Piazza Martiri della Libertà a Follina, può essere descritto



convenientemente dallo spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali del moto che tengono in debito conto delle amplificazioni locali (stratigrafiche e topografiche).

La categoria topografica è la T1 in quanto pendio con inclinazione media inferiore ai 15°. Nella tabella sotto sono riportati i dati di ingresso e quelli di uscita, deducibili come detto dallo spettro di accelerazione, da utilizzare nelle verifiche allo stato limite di salvaguardia della vita SLV

come richiesto dalla normativa mediando dai valori di griglia del Ministero.

I dati di longitudine e latitudine del sito (coordinate ED50) sono stati desunti da Google Maps.

	Dati di ingresso	Dati in uscita
Latitudine e Longitudine sito	N 45,953700 E 12,119949	
Vita nominale dell'opera	475 anni	
Classe d'uso	II	
Fo	2,408	
Tc*	0,332	
Accelerazione orizzontale max al sito ag(g)	0,248	
Tipo terreno	B	
Coefficiente Cc	$1,10 \cdot (Tc^*) - 0,20$	1,371
Amplificazione Stratigrafica Ss	$1,40 - 0,40 \cdot Fo \cdot ag/g$	1,161
Amplificazione Topografica St	T1	1,0
Accelerazione massima attesa in superficie	$a_{max} = Ss \cdot St \cdot ag/g$	$1,161 \cdot 1,0 \cdot 0,248 = 0,288$

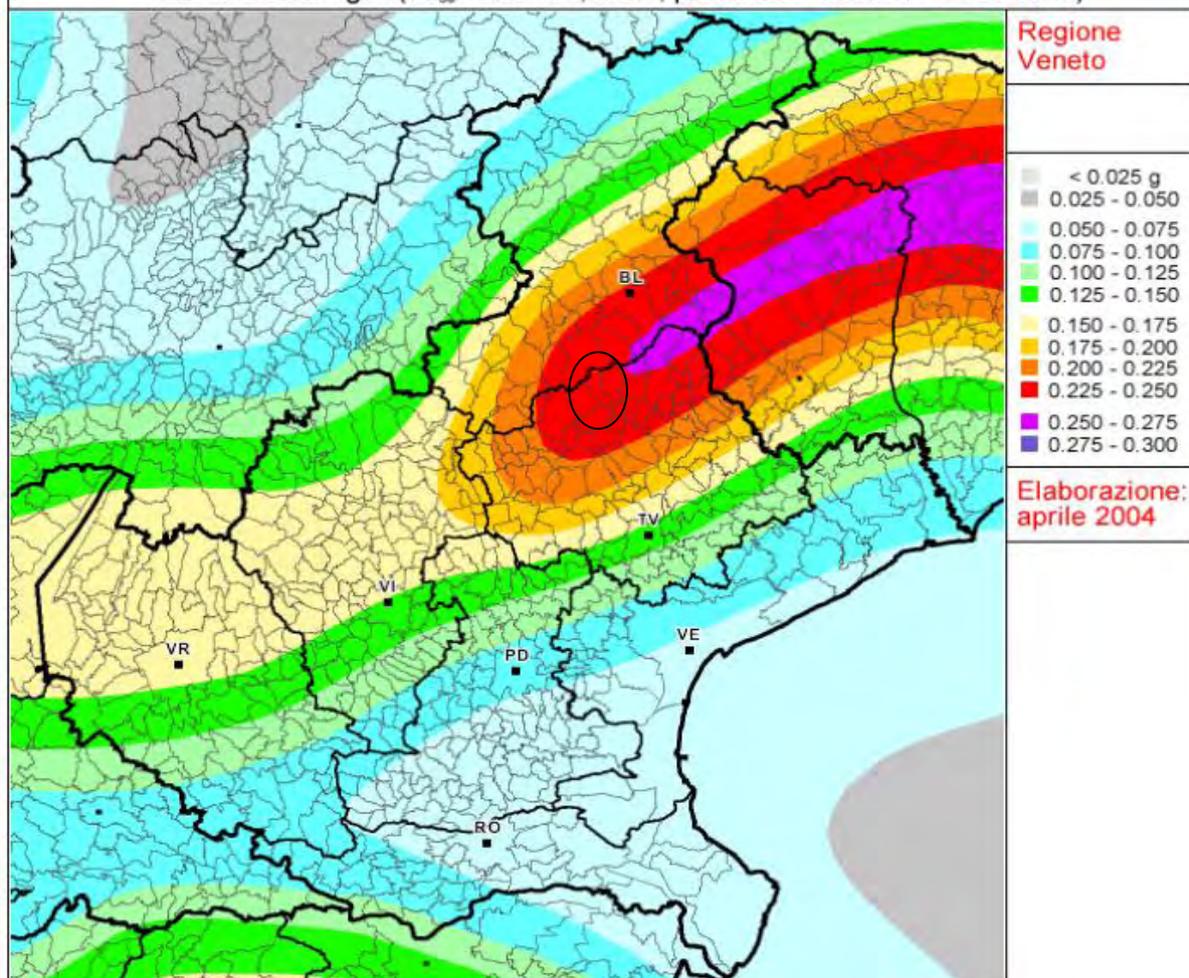
Nella figura alla pagina seguente è riportato uno stralcio della “Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale” relativa alla Regione Veneto redatta dall’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia nel 2004 e recepita dalla recente Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28.04.2006 sopra citata, che assume il ruolo di riferimento ufficiale per eventuali aggiornamenti della zonazione sismica del territorio da parte dei soggetti che ne hanno la competenza territoriale ovvero le Regioni.



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

### Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale

(riferimento: Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519, All. 1b)  
espressa in termini di accelerazione massima del suolo  
con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni  
riferita a suoli rigidi ( $V_{s30} > 800$  m/s; cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005)



Per una più rigorosa analisi della risposta sismica locale vanno quindi considerate sia le caratteristiche della superficie topografica che quelle stratigrafiche le quali possono modificare il moto sismico in superficie favorendo fenomeni di instabilità.

### 2.3 - La classificazione sismica del comune

Per quanto riguarda i dati sismici storici di Follina è stato utilizzato sia il catalogo NT4.1 (Camassi e Stucchi, 1996) e sia il Data Base Macrosismico Italiano del 2004 (DBMI04): entrambi non danno notizia di eventi significativi nell'area in epoca storica. Per i valori di intensità risentita sono stati invece utilizzati i dati contenuti nel solo Data Base Macrosismico Italiano del 2004 (DBMI04, il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04), redatto dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), disponibile al sito <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/>. Secondo il database la Vallata, come detto

sopra, non registra eventi con epicentro nei 5 comuni interessati, ma è stata interessata da scuotimenti sismici di una certa entità (intensità registrata al sito  $I_s \geq 5$ ) in occasione dei terremoti con epicentro Collalto (1859), Valdobbiadene (1895 e 1900), Bosco del Cansiglio (1936), Slovenia (1895), Bassa Padana (1909), e Polcenigo (1952).

Si solo notizia in merito agli effetti causati dal terremoto con epicentro nel Bosco Del Cansiglio del 1936 che ha fatto registrare un'intensità relativa ( $I_s$ ) nel territorio di Follina di circa 7 a fronte di un'intensità epicentrale di 9 MCS (scala Mercalli-Cancani-Sieberg).

I dati riassuntivi delle osservazioni sono riportati nella tabella sottostante:

Storia sismica di Follina [45.951, 12.119]						
Numero di eventi: 18						
Effetti		In occasione del terremoto del:				
I[MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw		
2	1887 02 23 05:21	Liguria occidentale	1516	6.97 ±0.15		
3	1889 12 08	APRICENA	122	7 5.69 ±0.13		
4	1891 06 07 01:06	Valle d'Illasi	403	8-9 5.86 ±0.06		
3	1892 01 11 01:56	BOSCO CANSIGLIO	13	4-5 4.28 ±0.42		
3	1892 06 23 23:20	CLAUT	71	5-6 4.71 ±0.14		
NF	1894 02 09 12:48	Valle d'Illasi	116	6 4.77 ±0.15		
3-4	1895 02 27 15:38	CLAUT	31	5 4.49 ±0.28		
5	1895 04 14 22:17	Slovenia	296	8 6.23 ±0.08		
6	1895 06 10 01:47	VALDOBBIADENE	73	6 5.03 ±0.13		
4-5	1897 06 11 12:45	Cornuda	47	5-6 4.54 ±0.33		
5-6	1900 03 04 16:55	VALDOBBIADENE	98	6-7 5.13 ±0.14		
NF	1907 04 25 04:52	Veronese	122	6 4.91 ±0.15		
5	1909 01 13 00:45	BASSA PADANA	799	6-7 5.53 ±0.09		
7	1936 10 18 03:10	BOSCO CANSIGLIO	267	9 6.12 ±0.09		
5	1952 01 18 01:36	POLCENIGO	108	5 4.57 ±0.18		
NF	1987 05 02 20:43	Reggiano	802	6 4.74 ±0.09		
4	1989 09 13 21:54	PASUBIO	779	6-7 4.88 ±0.09		
3-4	2004 07 12 13:04	Alpi Giulie	366	5.19 ±0.09		

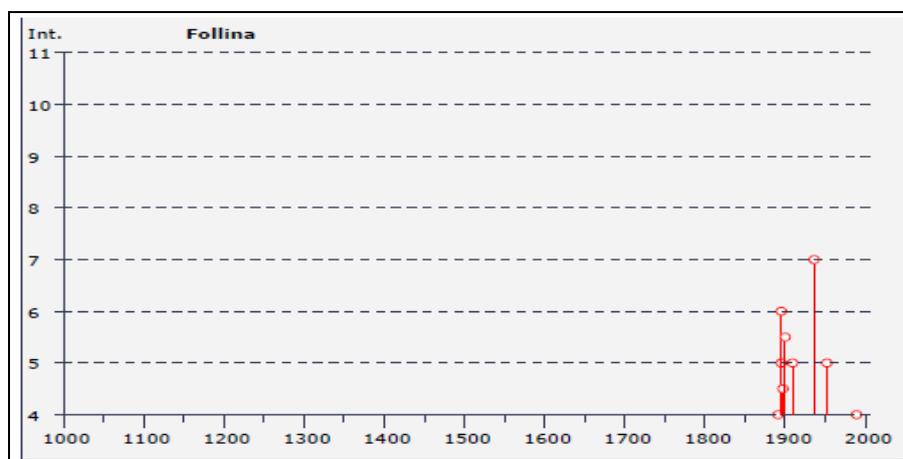
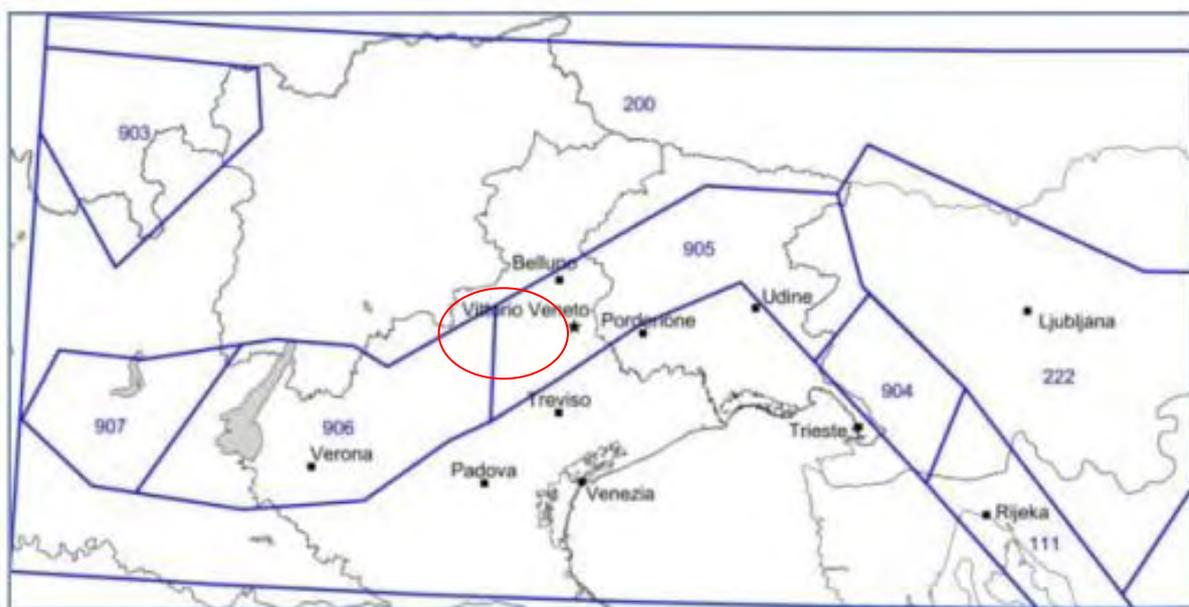


Tabella 2: riepilogo delle osservazioni dei terremoti storici registrati a Follina. Legenda: Is: Intensità al sito; Me Gi Or Mi Se: Mese, Giorno, Ora, Minuto, Secondo; AE: denominazione area dei maggiori effetti; Io: Intensità epicentrale; Mw: Magnitudo momento (da Locati, Camassi e Stucchi 2011)

## 2.4 – La classificazione sismica del territorio comunale

In base alla zonazione attualmente adottata dall'INGV (ZS9), il territorio di Follina si trova nella zona sismotettonica ZS905 (Friuli – Veneto Orientale, vedi fig. 1) con  $M_w$ max attesa di 6.60.

Il meccanismo di fagliazione responsabile dei terremoti che si sono verificati in questa zona è di tipo faglia inversa, con “profondità efficace” (profondità alla quale avviene il maggior numero di terremoti) ipocentrale media stimata di 8-12 km.



**Fig. 1: Zonazione sismogenetica ZS9**

Per quanto riguarda la pericolosità sismica del territorio dal punto di vista macrosismico, come detto in introduzione, l'Ordinanza P.C.M. n. 3274/2003 ha inserito il comune di Follina in zona 2, confermandone la sismicità già riconosciuta da provvedimenti precedenti in particolare il D.M. 14 maggio 1982. Questa zona prevede una accelerazione massima di picco su suolo di riferimento rigido tra  $0,225 \div 0,250g$  con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, che corrisponde al valore con tempo di ritorno di 475 anni (vedi figura 2).

Secondo la mappa di pericolosità sismica elaborata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia si vede come il comune di Follina è compreso nella fascia di accelerazione massima al suolo (riferita a suolo rigido di tipo A) tra  $0,225 \div 0,250g$ . Pertanto i valori di riferimento da utilizzarsi nella progettazione degli edifici devono essere compresi entro questa fascia.

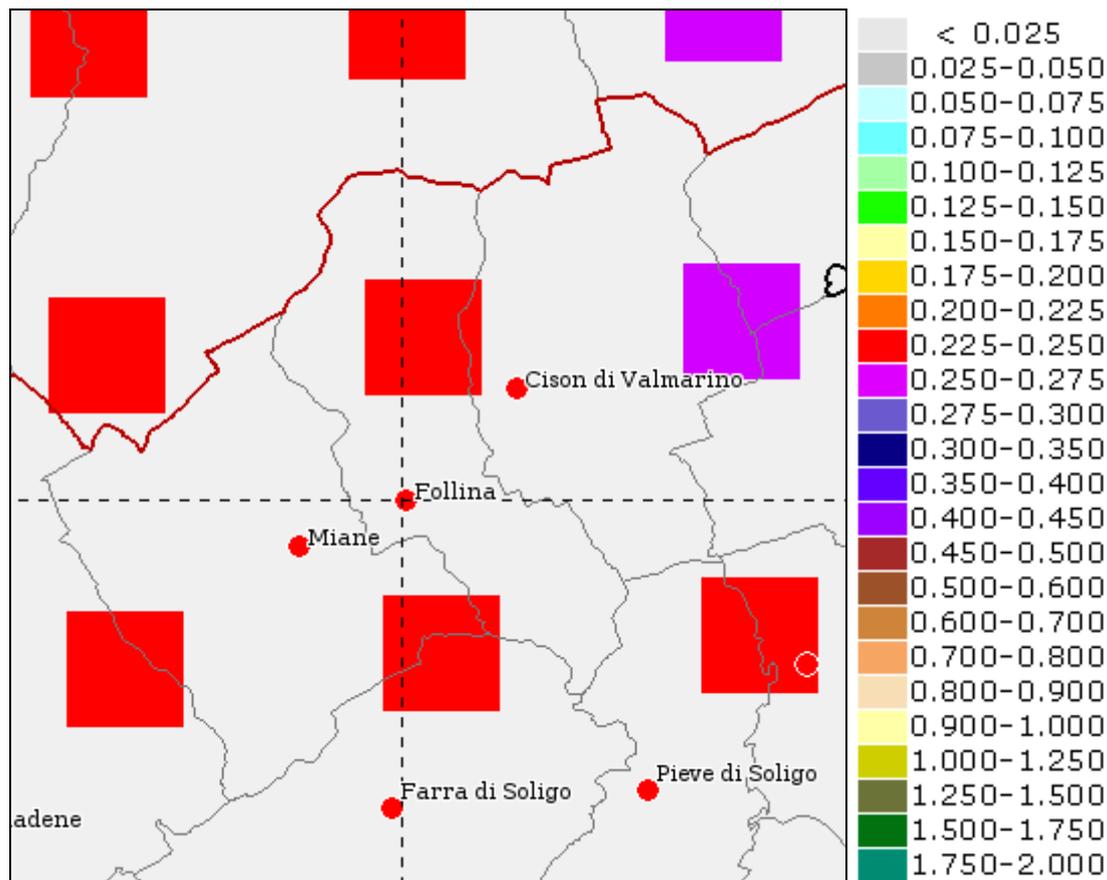


Fig. 2: Mappa di pericolosità sismica del territorio comunale di Follina

## 2.5 – I sistemi di faglie attive

### 2.5.1 – Cenni storici

Negli anni '60 e '70 furono raccolti un gran numero di dati sull'attività Plio-Quaternaria delle faglie dell'Italia del NE, poi sintetizzati nella "Mappa Neotettonica dell'Italia" (CNR-PFG 1987). In questa vennero mappati i maggiori sistemi di *thrust* sud-vergenti che bordavano le pianure Veneta e Friulana ed influenzavano il dominio pre-Alpino, come strutture continue attive durante il Pliocene ed il Quaternario (faglie capaci).

La recente attività dei sovrascorrimenti che delimitano le pianure Veneta e Friulana viene rimarcata anche nella "Map of active faults between the Po and Piave Rivers and Lake Como" (Castaldini & Panizza, 1991), che riporta 112 faglie attive nell'area compresa tra il lago di Garda e la regione Friulana. Gli autori hanno mappato 4 principali strutture compressive dirette ENE-WSW: le linee Bassano-Valdobbiadene, Aviano, Sacile e Valsugana Sud, insieme con un gran numero di faglie minori.

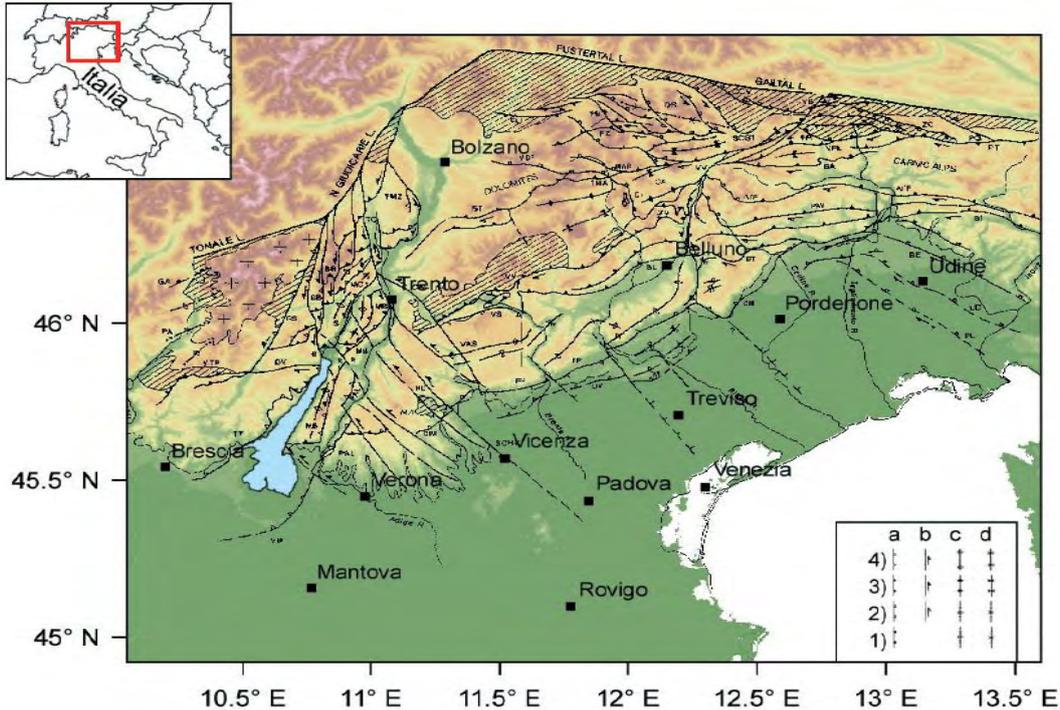


Fig. 2.8 - Interpretazione strutturale delle Alpi Meridionali orientali (AMO) tratta da Castellarin *et al.* (1998b).

Un sommario a scala regionale delle faglie attive che interessano la catena orientale delle Alpi Meridionali è stato proposto da Galadini *et al.* (2001b). Il lavoro, che rileggeva criticamente la letteratura disponibile, riportava nuovi dati di campagna del settore W dell'area indagata. La mappa elaborata includeva le faglie principali (come tracce superficiali) la cui lunghezza era consistente con terremoti di magnitudo  $M \geq 6,2$ . Le faglie mappate sono caratterizzate dall'evidenza di attività o dall'indicazione di probabile attività durante il tardo Pleistocene-Olocene (dopo l'ultima massima espansione glaciale, LGM). Il risultato di questa operazione fu un inventario di 8 faglie (si tratta di strutture continue maggiori) che interessavano l'area tra Thiene ed il bordo orientale Friulano. Una successiva rivisitazione critica del lavoro ridusse ulteriormente il numero di faglie attive.

La presenza di faglie capaci nel territorio oggetto di studio può essere verificata consultando il catalogo delle faglie capaci ITHACA "ITaly HAZard from CAPable faults" disponibile online all'indirizzo [http://www.apat.gov.it/site/it-IT/Progetti/ITHACA\\_-\\_Catalogo\\_delle\\_faglie\\_capaci](http://www.apat.gov.it/site/it-IT/Progetti/ITHACA_-_Catalogo_delle_faglie_capaci) (fig. 3).



Fig. 3 Cartografia con indicate le faglie capaci che interessano il Comune di Follina desunte dall'archivio ITHACA.

Dai dati geologici disponibili si può vedere come la recente attività tettonica sia il risultato di sovrascorrimenti “ciechi” responsabili di movimenti verticali differenziali e continua deformazione dei depositi e della morfologia del tardo Quaternario, ubicati sopra la linea di estremità delle faglie sepolte (Benedetti *et al.* 2000; Merlini *et al.* 2002; Peruzza *et al.* 2002).

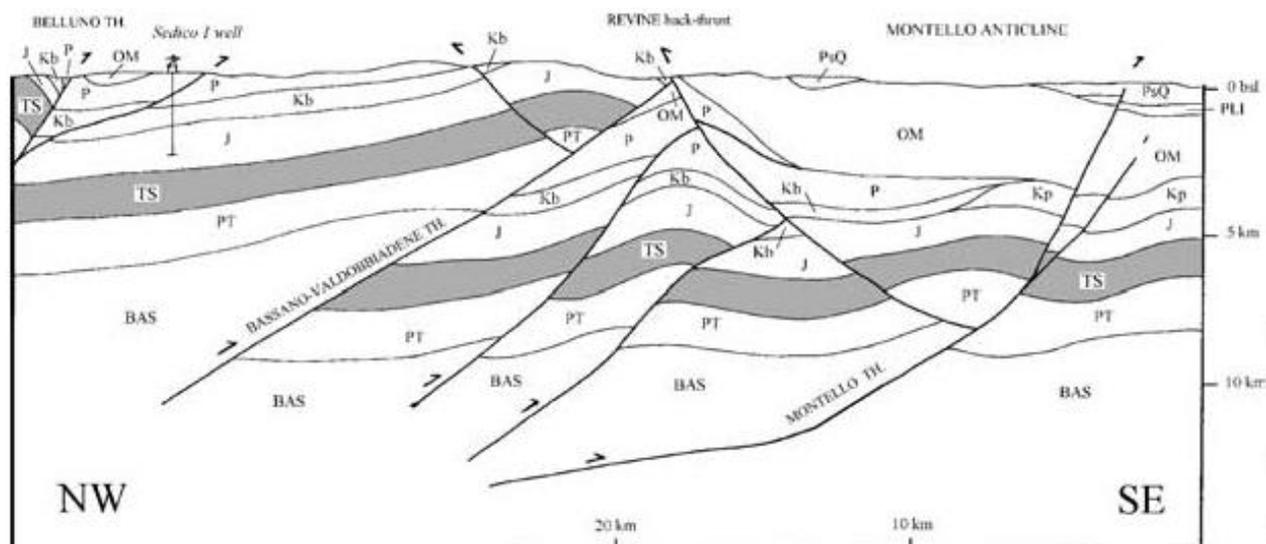


Fig. 4: Sezione geologica attraverso il margine meridionale delle Alpi Meridionali orientali nell'area del Montello (da Fantoni et al., 2001). Legenda: PsQ: Pliocene sup.-Quaternario; PLI: Oligo-Miocene; P: Paleocene; Kb: Cretaceo (bacino); Kp: Cretaceo (piattaforma); J: Giurassico; TS: Trias superiore; PT: Permo-Trias; BAS: Basamento magnetico.

Questo stile deformativo (vedi figura 4) impedisce la possibilità di comprendere il comportamento delle faglie attraverso il solo uso esteso delle ricerche paleosismologiche. Il quadro si complica ulteriormente qualora le faglie attive della tettonica Neo-Alpina riattivino faglie di sovrascorrimenti più antichi, in particolare quelli Dinarici (diretti NW-SE).

### 2.5.2 – Studio delle faglie

La definizione della geometria tridimensionale delle faglie in profondità, soprattutto quando, come in questo caso, si tratta di sistemi di faglie “cieche”, viene ricavata:

- dall'interpolazione e dal confronto di dati che vengono dallo studio geomorfologico superficiale (che danno informazioni sull'interazione tra la crescita del sovrascorrimento e le forme del territorio);
- dai profili sismici a riflessione trasversali ad esse. I dati geofisici (insieme ai dati dei sondaggi) aiutano a definire il profilo profondo della faglia, permettendo così di legare l'espressione superficiale di questa ad una superficie di faglia profonda;
- se la sorgente sismogenetica è stata responsabile di un terremoto in tempi recenti (es. Friuli 1976), dalla localizzazione epicentrale delle scosse principali e di assestamento e dallo studio dei parametri focali;
- dalla distribuzione dei danni dei terremoti storici.

Secondo questa filosofia, per la definizione della geometria dei maggiori sovrascorrimenti ciechi che interessano la nostra zona, sono stati utilizzati dati strutturali del sottosuolo, derivati da più di 1700 km di profili sismici a riflessione, che hanno permesso di definire la geometria profonda dei

segmenti di faglia, fino a profondità comprese tra 5 e 14 km. I vettori di spostamento delle faglie sono stati ricavati da dati strutturali di superficie e dalla precedente conoscenza dei campi di stress che interessano la nostra regione. I tassi di spostamento a lungo termine sono stati invece ricavati dalle dislocazioni dei depositi quaternari.

### 2.5.3 – Le sorgenti sismogenetiche responsabili di terremoti distruttivi nell'Italia nord-orientale

Per quanto riguarda la fascia Prealpina, l'elaborazione di un gran numero di dati ha permesso di segmentare il fronte della deformazione attuale in diverse strutture sismogenetiche individuali che possono essere potenzialmente responsabili di terremoti con magnitudo  $M \geq 6$  (ricordiamo che l'energia rilasciata dipende dalla dimensione della sorgente). Sono state così riconosciute 9 strutture tettoniche potenzialmente sismogenetiche (vedi fig. 5).

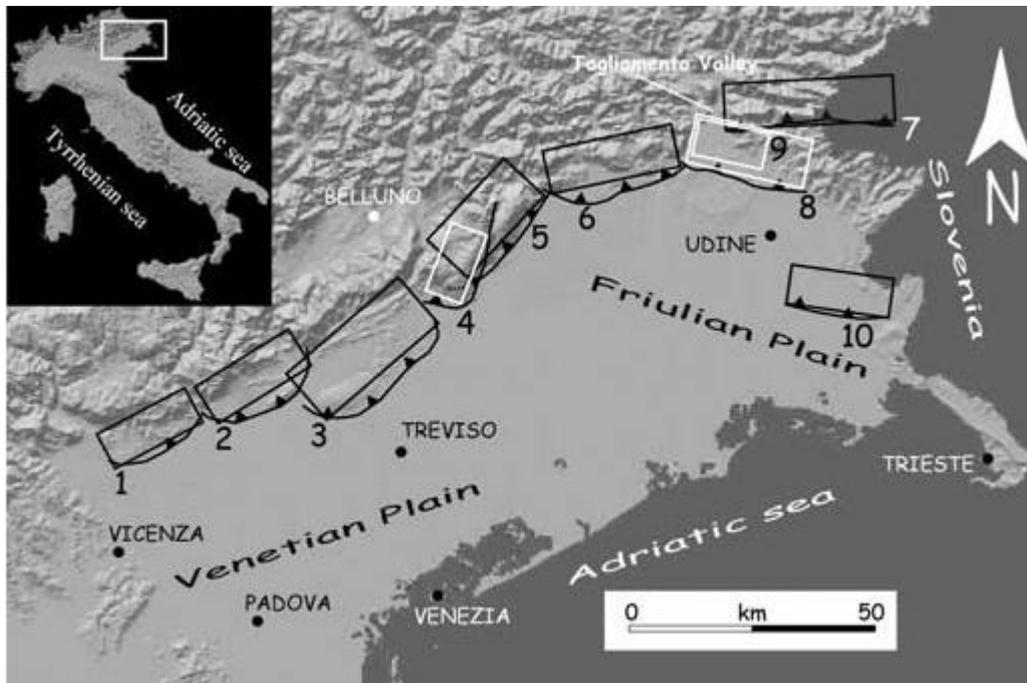


Fig. 5: Mappa delle sorgenti sismogenetiche nel settore Thiene-Udine della catena delle Alpi Meridionali orientali: (1) Thien-Bassano; (2) Bassano-Cornuda; (3) Montello-Conegliano; (4) Cansiglio; (5) Polcenigo-Maniago; (6) Arba-Ragogna; (7) Gemona-Kobarid; (8) Susan-Tricesimo; (9) Trasaghis; (10) Medea. Le sorgenti contornate da rettangoli neri sono state definite principalmente attraverso dati geologici (superficiali e profondi); quelle dai rettangoli bianchi da dati misti geologici-sismici (da Galadini *et al.*, 2005)

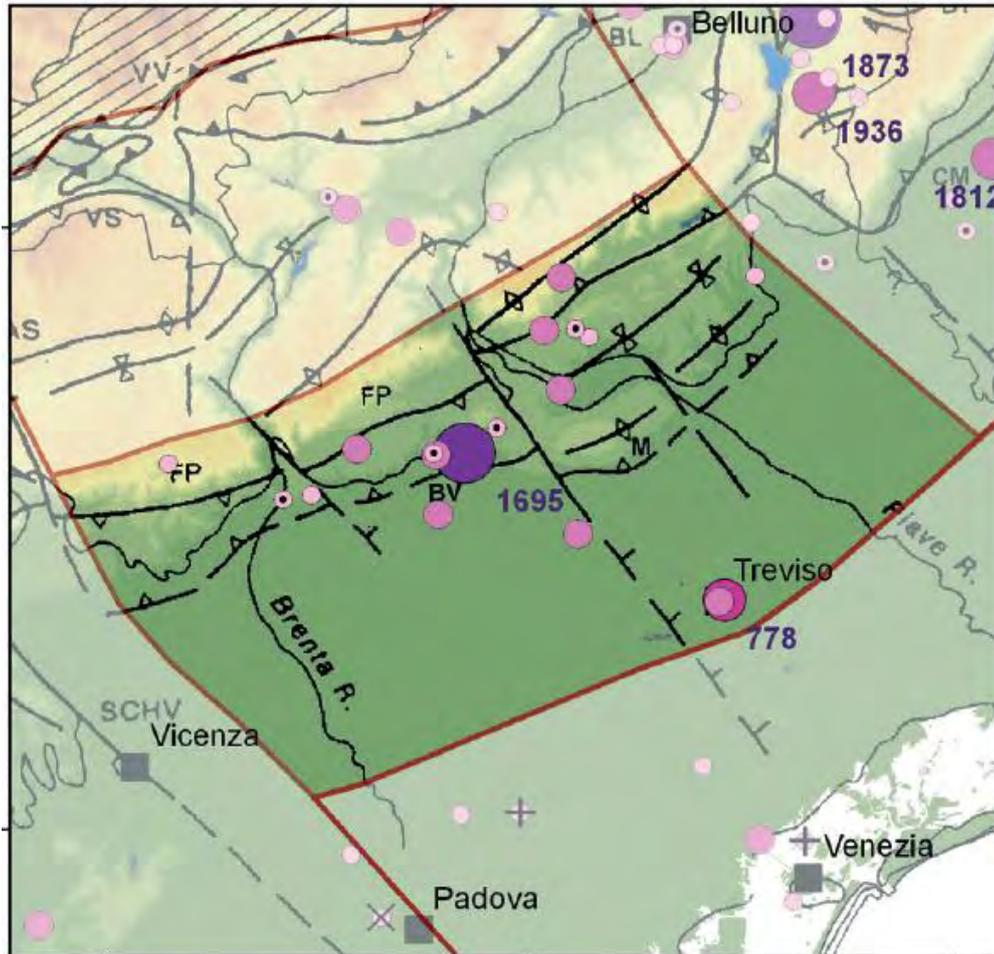


Fig. 6: distretti sismici del Veneto: Distretto Pedemontana Sud. A N dei sovrascorrimenti di Bassano-Cornuda (BV) e Montello-Conegliano (M) si possono notare le aree ripiegate (da Sugan e Peruzza, 2011)

Restando in ambito locale, seguendo la suddetta suddivisione, la struttura tettonica che più influenza la zona in esame è quella denominata Montello-Conegliano *thrust*. Il plateau del Montello è un evidente caso di innalzamento tettonico della superficie morfologica in corrispondenza del fronte più avanzato del suddetto *thrust* (vedi fig. 6).

La formazione dei suoi terrazzi è infatti collegata all'innalzamento che proviene dall'attività dei sottostanti sovrascorrimenti ciechi. Le strutture con andamento OSO-ENE sono poi frazionate da faglie trasversali (faglia di Montebelluna e Faglia di Nervesa) con significativa componente trascorrente che scompongono gli edifici strutturali in blocchi dislocati.

Non sono state osservate evidenze geomorfologiche di superficie che indichino separazione tra il settore del Montello e quello di Conegliano, e quindi si tratta di un singolo sovrascorrimento che rappresenta l'espressione superficiale di una singola sorgente sismogenetica (Montello-Conegliano).

Oltre al lineamento principale che delimita a SE la struttura maggiore, all'interno dell'area di interesse coesistono altre strutture minori alcune delle quali rivestono grande importanza per capire l'assetto strutturale a livello locale (vedi anche figura 4):

- lungo il margine dei rilievi montani delle Prealpi la grande flessura Bassano-Valdobbiadene-Vittorio Veneto, elemento neotettonico principale di tutta l'area allargata;
- la Faglia di Longhere o della Valcalda: grossomodo si snoda al piede e parallelamente alla flessura Bassano-Valdobbiadene, sul fondo della Vallata; si tratta di un fascio di faglie inverse con direzione WSW-ENE, rigetti complessivi dell'ordine di 4 km e lunghezza di circa 25 km;
- parallela alla faglia della Valcalda è la faglia di Farrò che interessa il substrato poco a Nord del centro della località omonima.
- più a Sud la sinclinale del Soligo, con asse parallelo ai rilievi collinari e cerniera all'altezza del centro di Refrontolo. Il fianco della sinclinale è complicato, all'altezza della sede dell'ASCO Piave a Pieve di Soligo, dalla faglia del Quartier del Piave (vedi sotto per la sua descrizione).
- Anticlinale del Montello: costituisce il rilievo che chiude a S la pianura del Quartier del Piave, ed è formato da strati conglomeratici piegati ad anticlinale con fianchi molto aperti che tende a chiudersi lateralmente (brachianticlinale);
- Faglia del Montello: la piega del Montello è il riflesso superficiale di questa deformazione tuttora attiva prodotta dal suo movimento inverso ad alto angolo immergente a NNW che rappresenta la faglia più esterna della catena Sudalpina orientale;
- poco oltre il limite settentrionale del Montello, verso NE, la faglia del Quartier del Piave; è costituita in realtà da uno stretto fascio di faglie dirette, attive, con direzione WSW-ENE, obliterate dai sedimenti di copertura;
- Faglia di Nervesa: circa parallela alla precedente si insinua dentro la stretta di Nervesa e prosegue poi a monte sulla traiettoria del torrente Raboso (dove dà ragione della spaccatura della dorsale collinare), per proseguire poi sulla direttrice Campea-Miane-Carmine fino oltre il crinale delle Prealpi; si tratta di una faglia trascorrente sinistrorsa a trend Dinarico (NW-SE);
- Faglia di Pedeguarda: si insinua nel medio corso del fiume Soligo con direzione circa NW-SE, incidendo il versante prealpino verso il m. Crep. Verso S la sua presenza è ancora documentabile nella zona di Collalto. Per quanto ci riguarda è una faglia di interesse rilevante in quanto taglia in due, in senso longitudinale), il territorio comunale.

### **3 – ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA**

#### **3.1 - Inquadramento geomorfologico**

Come si può dedurre dalla cartografia C.T.R., usata come base per le carte tematiche e dall'elaborato Q.C. 6.1 – Carta Geomorfologia, (P.A.T.I) il territorio in esame copre un'estesa fascia altimetrica con escursioni superiori ai 1.200-1.300 m, per cui risulta utile distinguerlo in

differenti unità morfologiche:

- a N i versanti delle Prealpi Trevigiane: comprendono i versanti montuosi che costituiscono l'estremità settentrionale del comune a confine con quello di Mel (BL) e che culminano con la dorsale avente andamento da WSW a ENE (Col de Varnada, Praderadego, Col de Moi); le quote delle vette maggiori si trovano attorno ai 1300 m s.l.m.. La sella maggiore è il passo di Praderadego con un'altezza di 910 m s.l.m. Le pendenze dei versanti sono sempre molto accentuate, mediamente superiori ai 30°, con valori locali molto elevati, dell'ordine di 45÷60°, localmente 70÷80° e fino a subverticali in corrispondenza alle diverse scarpate strutturali. Si rilevano importanti falde detritiche al piede delle scarpate e grandi conoidi verso il raccordo tra versante e fondovalle, gli apici di alcune di queste risalgono in modo importante i pendii, come ad esempio quella di Valmareno. I rilievi presentano un reticolo di incisioni assai articolato, con direzione media circa perpendicolare alla dorsale principale. Localmente, verso il basso, si rilevano importanti incisioni torrentizie, con elevate scarpate di erosione laterale. Si sono formate specialmente durante la fasi finali dell'ultima glaciazione ed in tempi immediatamente successivi, quando le condizioni climatiche erano diverse e le acque correnti più abbondanti. Oggi comunque sono in genere in situazione di erosione quiescente. Sui ripiani morfologici che caratterizzano i versanti si riscontrano alcune doline generalmente con limitato sviluppo. Famiglie di doline sono presenti soprattutto sui terrazzi di antica origine glaciale di Col e Farrò: tali caratteri sono legati all'azione di dissoluzione e di erosione meccanica (e trasporto) operata dalle acque meteoriche sul conglomerato di base dei terrazzi glaciali profondamente alterato da più cicli pedogenetici. Il carsismo ha influenzato la situazione idrogeologica dei ripiani per cui è praticamente assente l'idrografia superficiale (attiva) ed è invece diffusa una circolazione sotterranea, parte in fratture e cavità di vario tipo, parte per microfratturazione e porosità. Diffuse poi appaiono le forme di origine glaciale: l'area infatti fu interessata da importanti coperture glaciali in diverse riprese nel corso del Quaternario.
- La Vallata: fisicamente è rappresentata dalla piana valliva compresa tra il piede del versante S delle Prealpi e la prima corda della catena settentrionale dei colli (Vallalte e Tenade), ed è racchiusa tra le selle di Combai e quella del Col della Spina (Revine); fa riferimento al territorio di Follina una porzione limitata di questa unità morfologica. Le quote vanno dai 150 m. ai 280 m s.l.m.
- Il sistema collinare: il sistema collinare a Sud della Vallata è allineato WSW-ENE come la maggiore dorsale prealpina. Fa pienamente parte dell'unità più estesa dei colli del Soligo. Le massime elevazioni collinari del territorio in esame sono comprese tra i 250 ed i 380 m s.l.m. Tali colli sono assai suggestivi in quanto contraddistinti da una sequenza di rilievi collinari molto

allungati in direzione circa ENE-WSW, grossomodo paralleli tra loro, che si estendono da Vittorio Veneto a Valdobbiadene e nella zona di nostro interesse separati dalle Prealpi Trevigiane dalla Vallata percorsa dal fiume Soligo il quale in località Tre Ponti piega verso SE tagliando le corde collinari con andamento cataclinale: si tratta di una tipica morfo-struttura monoclinale. Nel complesso sono costituiti da una serie di rocce stratificate che presentano una giacitura inclinata omogenea e che localmente sono dette *corde* proprio per il loro andamento parallelo e rettilineo. Per quanto di competenza del comune interessato dallo studio, molto caratteristica è la dorsale delle Tenade e delle Vallalte che rappresenta la parte centrale della corda più caratteristica e continua della zona e che di fatto costituisce il limite morfologico meridionale della Vallata. La forma delle colline è influenzata in modo evidente dalla disposizione degli strati: le valli e le dorsali sono allungate infatti nel senso della direzione degli strati e, nel caso delle dorsali, il loro versante coincide o corrisponde, a grandi linee, con le superfici di stratificazione (versante di faccia, nel nostro caso quello meridionale), mentre l'altro taglia gli strati mettendone in evidenza le testate (versante di testata, nel nostro caso quello settentrionale). Nel versante di faccia l'erosione selettiva tende a mettere in luce la superficie degli strati più resistenti, individuando versanti strutturali o substrutturali, coincidenti coi piani di strato. La linea di cresta dei rilievi, così come le linee di fondovalle, è generalmente rettilinea. Nel versante di testata la diversa resistenza delle rocce stratificate, che costituiscono il rilievo, può determinare l'individuazione di fasce di diversa pendenza. In alcune corde invece ha giocato un ruolo preminente la presenza di potenti banconi marnoso argillosi entro le calcareniti, per cui ad una fascia sommitale più ripida segue un versante assai articolato condizionato dalla presenza o meno dei banconi più teneri e dal loro spessore. Le valli principali sono parallele alle dorsali (valli cataclinali di tipo susseguente).

### **3.2 - Inquadramento geologico**

Dal punto di vista geologico e strutturale la zona interessata dallo studio può essere suddivisa nelle seguenti parti:

- a N gli estesi versanti della dorsale prealpina sono formati da terreni di Età Secondaria, prevalentemente di natura calcarea, calcarea marnosa e dolomitica; le coperture si accentuano verso il basso in relazione alla presenza di grandi conoidi detritiche, in genere grossolane e di formazione recente (postglaciale);
- al centro, nella zona valliva, compresa tra i versanti prealpini sopra citati e le colline monocliniche poste a S, prevalgono i terreni caratterizzati da un tipico fuso granulometrico molto ampio con prevalenza delle ghiaie, correlato al trasporto in massa di tipo torrentizio poco

selettivo, che talora in affioramento si rinvengono grossolanamente stratificati. Lungo il fondovalle del f. Soligo si rinvengono ampie zone con materiali a composizione più fine di natura lacustre e palustre, e materiali di origine morenica;

- per chiudere, a S una serie di colline di Età Terziaria, formate da rocce che vanno dall'Eocene al Miocene. Nel dettaglio si tratta di alternanze di rocce calcarenitiche e conglomeratiche relativamente dure e di rocce assai più tenere costituite da livelli e lenti marnoso-argillose e argilloso-molassiche. L'intera serie si trova, per effetto dei movimenti orogenetici compressivi prevalentemente postmiocenici, fortemente rialzata e addirittura, in qualche località, gli strati si presentano subverticali. A partire dai termini più antichi, la facies delle unità litologiche è argillosa-flyschoida (Eocene), calcarenitica (Cattiano-Aquitano), arenitico glauconiosa e marnosa (Aquitano sup.), argilloso-molassica (Langhiano-Serravalliano-Tortoniano), conglomeratica (Pontico inf.), ed ancora argillosa (Pontico sup.). La giacitura della serie è monoclinale immergente verso la pianura. Lungo i versanti collinari la copertura Quaternaria risulta assai esigua e talora assente, mentre nei fondovalle intravallivi principali assume notevole importanza. In quest'ambito la natura morenica, alluvionale e detritico-colluviale della copertura, talora presente in notevoli spessori, è fortemente urbanizzata.

La storia geologica più recente della fascia pianeggiante del territorio della Vallata e Valle del Soligo, è legata in particolare agli avvenimenti dell'ultima glaciazione ed alle fasi successive. L'attività postglaciale del f. Soligo, così come gli altri ed i torrenti principali alimentati dai ghiacciai in scioglimento, hanno comportato alluvioni depositi, in parte rimaneggiando i vecchi materiali fluvioglaciali. L'attività alluvionale è andata via via riducendosi fino alle fasi attuali assai modeste in termini di deposizione.

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

Per la redazione della seguente relazione ci si è avvalsi dei dati provenienti da indagini e rilievi effettuati nel corso di numerosi anni, sia personalmente che gentilmente messi a disposizione da colleghi e dall'Amministrazione Comunale.

Tra il materiale documentario già esistente esaminato, da cui sono anche state acquisite stratigrafie e risultanze di prove, sono da ricordare le indagini precedenti realizzate nel comune a fini urbanistici:

- “Relazione geologica” - P.R.G. Piano regolatore generale, dr. geol. G. Negri, 1989;
- “Relazione geologica” - P.R.G. Piano regolatore generale, dr. geol. G. Frare, 1995;
- Studio geologico e sismico allegato al P.A.T.I. comunale redatta dal dr. geol. G. Lucchetta e dal dr. geol. Barazzuol Dario.

I dati relativi alle indagini pregresse sono riportati in allegato.

Infine sono state effettuate, appositamente per lo studio in corso, una serie di stazioni di misura con metodologia MASW; esse presentano una sigla identificativa costituita dalla metodologia di indagine utilizzata (in questo caso MASW), dal nome del comune “Follina” seguito dal numero progressivo: es. MASW\_Follina 1, MASW\_Follina 2, ecc.. I dati relativi a queste nuove indagini sono reperibili in allegato (cartella “Indagini MS Follina”).

## **5 – MODELLO DEL SOTTOSUOLO**

### **5.1 – Individuazione delle microzone**

La scelta delle varie microzone dove costruire un modello di velocità di propagazione delle onde elastiche, in modalità trasversale, nei primi 30 metri di profondità, è stata fatta in modo da investigare i vari ambiti morfologici e litologici distinti nelle carte tematiche allegate al P.A.T.I. Questo ha permesso di ottimizzare l’ubicazione della rete di punti di misura in funzione della genesi deposizionale dei materiali integrando, correlando e confrontando i dati stratigrafico-sedimentologici con quelli elastico-acustici provenienti dalle misurazioni di campagna. In pratica le stazioni di misura sono state ubicate su siti significativi dal punto di vista urbanistico, propagando poi i risultati attraverso un processo di validazione pesata e di generalizzazione ad intere unità deposizionali. Questo tipo di approccio, utilizzato anche dagli autori della “Cartografia sismica della pianura della Provincia di Treviso”, presenta il grande vantaggio di poter investigare il territorio in modo mirato, evitando quindi di produrre carte “cieche”, dove l’interpolazione dei dati è governata da una generica griglia di campionamento che rischia di sottovalutare gli ambiti di maggior interesse. Le forme fluviali e fluvioglaciali (ad esempio i terrazzamenti e la morena), ed i limiti geologici delle precedenti carte tematiche del P.A.T.I. sono quindi diventati una sorta di guida per l’interpretazione geofisica.

Le unità omogenee in prospettiva sismica individuate col criterio sopra menzionato sono le seguenti:

- Zona Follina – Valmareno, Via Brumal; Zona Follina – Valmareno, Via Cal di Mezzo; Zona SP 36 Via Martellin (materiale in ambiente di versante di falda o conoide detritica: ghiaie limose, miscela di ghiaia sabbie e limo): MASW\_Follina 1, MASW\_Follina 3, MASW\_Follina 6.
- Zona Follina – Pradegnan, Zona Industriale; Zona Follina – Zona Cimitero; Zona Follina – Via Fratte; Zona Follina – La Bella (materiale alluvionale e eluvio-colluviale; miscela di ghiaia sabbie e limo, ghiaie limose di età medio recenti del fiume Soligo): MASW\_Follina 2, MASW\_Follina 4, MASW\_Follina 5, MASW\_Follina 9.

- Zona Follina – Farrò, Via Pian di Guarda; Zona Follina – Col, Via Castagnè (zona collinare avente modeste coperture di sabbie e limi sabbiosi con substrato litoide costituito da arenarie, argilliti grigio azzurre e siltiti marnose stratificato): MASW\_Follina 7, MASW\_Follina 8.
- Zona Follina – Pedeguarda, Via Pedeguarda (materiali granulari più o meno addensati dei terrazzi fluviali e/o fluvioglaciali a tessitura prevalentemente ghiaiosa e sabbiosa): MASW\_Follina 10.

Nel complesso le nuove indagini sismiche hanno interessato 10 siti così localizzabili sulla carta di microzonazione (su base CTR):

- MASW\_Follina 1: Follina – Valmareno, Via Brumal;
- MASW\_Follina 2: Follina – Pradegnan, Zona Industriale;
- MASW\_Follina 3: Follina – Valmareno, Via Cal di Mezzo;
- MASW\_Follina 4: Follina – Zona Cimitero;
- MASW\_Follina 5: Follina – Via Fratte;
- MASW\_Follina 6: Follina – SP 36 Via Martellin;
- MASW\_Follina 7: Follina – Farrò, Via Pian di Guarda;
- MASW\_Follina 8: Follina – Col, Via Castagnè;
- MASW\_Follina 9: Follina – La Bella;
- MASW\_Follina 10: Follina – Pedeguarda, Via Pedeguarda.

Per ciascun sito di indagine in allegato viene riportata una foto aerea della zona di indagine allargata dove vengono riportati la posizione dello stendimento sismico, la sua numerazione progressiva e le coordinate geografiche riferite all'ellissoide ED50, sistema di riferimento per la carta di pericolosità dell'INGV; inoltre per ciascuna area omogenea viene allegata una scheda riassuntiva con indicato:

- l'ubicazione nel reticolo di riferimento sismico individuato dalla O.P.C.M. 28 aprile 2006, n. 3519;
- eventuali elementi di amplificazione topografica;
- i profili della Vs ricavati dalle acquisizioni di campagna;
- riquadro riassuntivo delle categorie in accordo col D.M. 14.01.2008.

La successione stratigrafica rappresentativa inserita nel modello di ciascuna scheda è stata chiaramente molto schematizzata, inserendo le seguenti semplificazioni:

- coltre superficiale: si riferisce allo strato di terreno di superficie, in media più “soffice”, indipendentemente dalla granulometria locale;
- ghiaia: col termine ghiaia si intendono tutti i materiali granulari, con prevalenza di scheletro grossolano, con percentuale di matrice variabile;

- conglomerato: in questa litologia sono state inserite anche gli orizzonti delle ghiaie cementate che si riscontrano a diversi livelli entro il materasso ghiaioso di pianura;
- argille: il termine è esteso a tutti i materiali a comportamento prevalentemente coesivo.

Le schede riassuntive sono riportate in allegato (cartella “Schede MS”).

## 5.2 – Metodologia di studio

Come specificato nelle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC08 - DM 14-01-2008), la classificazione sismica del suolo risulta fondamentale per definire l’azione sismica di progetto delle opere geotecniche. Essa si effettua in base ai valori della velocità equivalente  $V_{s30}$  delle propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità. Quindi tale parametro non prevede una generica stima delle  $V_s$  dei primi 30 metri di sottosuolo, ma impone la determinazione della media dei tempi di percorrenza degli *iesimi* strati fisici presenti nei primi 30 metri di sottosuolo, tramite la formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_i^n \left( \frac{h_i}{V_{si}} \right)}$$

dove  $h_i$  e  $V_{si}$  sono spessore in metri e velocità delle onde di taglio dell’*i*-esimo degli *N* strati compresi nei primi 30 metri di sottosuolo.

In funzione del parametro  $V_{s30}$ , la normativa individua 5 classi di suolo:

Categoria	Descrizione
<b>A</b>	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
<b>B</b>	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>C</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>D</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>E</b>	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Tab. 1 – Categorie di sottosuolo

Le NTC08 (§ 3.2.2), “raccomandano fortemente” di eseguire direttamente le misure di  $V_s$ , ricorrendo solo ad altre tipologie di classificazione sismica del suolo (misura delle  $N_{SPT,30}$  o della resistenza non drenata  $C_{u,30}$ ), solo se impossibilitati dalla misura geofisica diretta.

La classificazione sismica del tipo di suolo non può sempre essere eseguita conoscendo il solo valore della velocità  $V_{s30}$ , per cui la normativa individua inoltre 2 categorie di suoli speciali (vedi Tab. 2): per queste è necessario predisporre specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche.

Categoria	Descrizione
<b>S1</b>	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
<b>S2</b>	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Tab. 2 – Categorie aggiuntive di sottosuolo

Sulla base di quanto detto, e come specificato anche nell’All. A della DGR 3308 del 04/11/2008 “All’interno dei P.I., per il territorio urbanizzato, urbanizzabile (suscettibile di trasformazioni urbanistiche per l’espansione degli abitati) e relativo ad ambiti riguardanti i sistemi, le reti infrastrutturali e i corridoi per il trasporto energetico di rilevanza strategica a livello statale o provinciale, va effettuata, con riferimento alla carta delle “Zone omogenee in prospettiva sismica” allegata al PAT:

- per le aree “stabili”: la caratterizzazione del terreno tramite la misura delle  $V_s$  30 (velocità di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 metri di profondità come definita dalle vigenti norme tecniche sulle costruzioni – D.M. 14.9.05 e D.M. 14.1.08);
- per le aree “stabili suscettibili di amplificazione sismica”: uno studio finalizzato alla determinazione della profondità del bedrock sismico in funzione della definizione del periodo proprio di vibrazione del sottosuolo e alla definizione di profili di  $V_s$  30, unitamente alla valutazione degli effetti morfologici;
- per le aree “suscettibili di instabilità”: uno studio degli eventuali effetti di cui alla linea precedente e uno specifico studio finalizzato all’individuazione degli ambiti potenzialmente soggetti a instabilità, utilizzando come parametri di riferimento quelli stabiliti dalla vigente normativa tecnica sulle costruzioni.

Il numero e la tipologia delle misure da effettuarsi, opportunamente integrate, se del caso, da indagini dirette e prove di laboratorio, di cui ai citati studi e caratterizzazioni, vanno

*commisurati alle caratteristiche geologiche, all'importanza dell'opera, e alle dimensioni dell'area in esame".*

Il parametro fisico del terreno  $V_s$  è di difficile definizione e richiede specifici metodi geofisici e/o geotecnici. Le prove sismiche in sito si possono distinguere in prove di superficie e prove in foro. Tra le prove di superficie si segnalano le prove sismiche a rifrazione e tomografiche, gli stendimenti geoelettrici (SEV e SEO), le prove SASW e MASW; tra le prove in foro si segnalano le prove Up-hole e Down-Hole, Cross-Hole, Suspension Logging, le prove penetrometriche con cono sismico e le prove con il dilatometro sismico SDMT.

Per il nostro studio, ci siamo indirizzati su metodi di misura delle onde S del sottosuolo con tecniche indirette da superficie che studiano la dispersione delle onde superficiali. Vi sono diverse metodologie di determinazione delle  $V_s$ , tra cui stendimenti sismici passivi e stendimenti sismici attivi. I primi studiano la dispersione delle onde superficiali sfruttando il solo rumore ambientale, senza indurre energizzazioni elastiche artificiali. I secondi invece producono artificialmente delle sollecitazioni elastiche nel terreno e ne misurano gli effetti, come la tecnica impiegata nel presente studio.

Le tecniche passive sono afflitte dal problema ricadente nel mancato controllo delle fonti di rumore sismico. In presenza di fonti preferenziali di rumore, delle quali non è possibile verificare l'esistenza, le misure di velocità condotte lungo lo stendimento vengono falsate (spesso pesantemente sovrastimate) dalla potenziale errata geometria presunta del percorso dell'onda. In pratica si misura una velocità apparente e non si hanno parametri per ricondurla a velocità reale.

Per questo motivo è preferibile utilizzare stendimenti attivi, scegliendo opportunamente tra le tecniche possibili, e produrre artificialmente la propagazione di onde elastiche da studiare, per il totale controllo del fenomeno di propagazione studiato.

I metodi di studio della dispersione delle onde superficiali si dividono in metodi basati sullo studio della velocità di fase  $C$  e della velocità di gruppo  $U$ . Tra questi i più noti sono la tecnica SASW (Spectral Analysis of Surface Waves), la MASW Multichannel Analysis of Surface Waves (basato su velocità di fase) e la FTAN Frequency-Time-Analysis (basato velocità di gruppo). Entrambi i metodi in pratica si basano sull'elaborazione delle proprietà spettrali delle onde di superficie per la costruzione di un modello verticale di velocità di propagazione delle onde di taglio.

Per le nuove indagini abbiamo utilizzato la tecnica MASW sondaggio con tecnica di sismica a rifrazione effettuate dal sottoscritto per conto dell'amministrazione comunale per la realizzazione del parcheggio lungo la Sp 4 a Mura.

Il metodo MASW, che in pratica si può definire una SASW multicanale, è classificabile come tecnica di indagine sismica simile alla sismica a rifrazione e alla sismica a riflessione, perché il

principio alla base della prova sperimentale in sito è analogo e consiste nel misurare le onde superficiali sul suolo. Rispetto alla sismica a rifrazione il metodo MASW presenta i vantaggi di superare i problemi legati alla presenza di strati soffici compresi tra strati più rigidi o di strati più rigidi compresi tra strati più soffici; o nel caso di sismica a rifrazione con onde P alla presenza della falda superficiale, che nasconde gli strati di terreno con velocità delle onde P inferiore alla velocità delle onde nell'acqua. Il metodo MASW consente di individuare il profilo di velocità  $V_s$  anche in presenza di contrasti di rigidezza tra gli strati del suolo. La presenza della falda è modellata assegnando un valore del coefficiente di Poisson prossimo a 0,3 in funzione del grado di saturazione.

I fondamenti teorici del metodo MASW fanno riferimento ad un semispazio stratificato con strati paralleli e orizzontali, quindi una limitazione alla sua applicabilità potrebbe essere rappresentata dalla presenza di pendenze significative superiori a  $20^\circ$ . Nella pratica è stato osservato che, se si esegue la prova con lo stendimento dei sensori lungo la direzione di massima pendenza, la presenza di forti acclività comporta una traslazione della curva di dispersione sperimentale. Il problema è mitigato disponendo lo stendimento dei sensori lungo una curva di livello in direzione perpendicolare alla direzione di massima pendenza. Rispetto ad altre tecniche di determinazione del profilo di velocità  $V_s$  come cross-hole, down-hole, up-hole, SCPT, il metodo MASW richiede minori tempi di esecuzione e costi inferiori. Rispetto ai metodi puntuali come il cross-hole offre il vantaggio di fornire informazioni medie sulla porzione di suolo interessata dallo stendimento e quindi di coprire distanze variabili fino a 50 m di lunghezza senza dover ripetere la prova in posizioni diverse. Altro vantaggio offerto dalla prova MASW è l'elevata accessibilità dei luoghi, visto che la prova sperimentale in sito non richiede l'impiego di attrezzature o macchinari di grandi dimensioni.

### **5.3 – Breve descrizione del metodo**

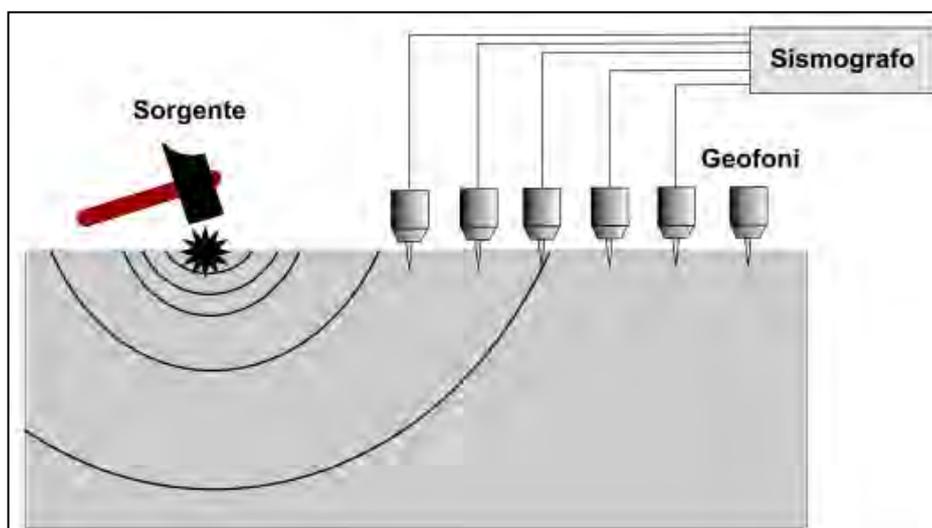
Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva (non è necessario eseguire perforazioni o scavi e ciò limita i costi), che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e

velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980 ) o, detto in maniera equivalente, la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo

Il metodo di indagine MASW si distingue in metodo attivo e metodo passivo (Zywicki, D.J. 1999) o in una combinazione di entrambi. Nel metodo attivo le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. Nel metodo passivo lo stendimento dei sensori può essere sia lineare, sia circolare e si misura il rumore ambientale di fondo esistente. Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi 30-50 m, in funzione della rigidità del suolo. Il metodo passivo in genere consente di tracciare una velocità di fase apparente sperimentale compresa tra 0 Hz e 10Hz, quindi dà informazioni sugli strati più profondi del suolo, generalmente al di sotto dei 50 m, in funzione della rigidità del suolo.

Nel seguito faremo riferimento al metodo MASW attivo che consente la classificazione sismica dei suoli, perché fornisce il profilo di velocità entro i primi 30 m di profondità. Il metodo passivo è più usato quando si ha interesse ad avere informazioni, comunque meno precise, sugli strati più profondi.

Il materiale per l'acquisizione dei nostri dati è costituito da un sismografo (in questo caso si tratta di un sismografo Dolang DBS280 a 24 canali), collegato a dei geofoni verticali a frequenza propria di 4.5Hz tramite dei cavi multipolari ed un sistema di energizzazione sismica del terreno tramite piastra e mazza da 5 kg (vedi fig. sotto e foto 20-21 e 22 in allegato).



## 6 – INTERPRETAZIONI ED INCERTEZZE

Gli ambiti preferenziali di indagine, ricavati dalla “Carta delle fragilità” allegata al P.A.T.I. (Tav. 3.A e 3.B alla scala 1:10000), sono quelli a sviluppo insediativo, sia esso a destinazione residenziale, produttiva, dei servizi o infrastrutturale, come espressamente indicato nell’All. A della DGR 3308 del 04/11/2008: questi ambiti si posizionano esclusivamente nella fascia valliva, nella zona collinare e montana urbanizzata del territorio comunale. **Per questo motivo nell’indagine non compaiono zone comprese nell’ambito montuoso non urbanizzato, che occupa il settore settentrionale e le porzioni collinare più accidentate del comune.**

Di seguito (Tab. 5), vengono riassunte le caratteristiche principali dei parametri di acquisizione utilizzate per tutti i siti di indagine:

	Lunghezza stesa sismica (m)	Distanza intergeofonica (m)	Recording Time (s)
<b>MASW</b>	<b>46</b>	<b>2</b>	<b>0.3</b>

**Tab. 5: parametri adottati nelle acquisizioni simiche**

Ulteriori dettagli riguardanti i parametri dell’acquisizione vengono riportati in allegato assieme al relativo rapporto di elaborazione.

I dati di campagna sono stati elaborati con il programma **GeoMASW (ProgramGeo Carpenedolo BS)**, un software per l’interpretazione e l’archiviazione di prove MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).

I metodi di elaborazione dei dati di campagna MASW consistono in tre fasi: (1) la prima fase prevede la generazione dello spettro f-k (spettro frequenza-numero d’onda) e l’individuazione delle frequenze minima e massima utili al calcolo della velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale, (2) la seconda fase consiste nell’interpretazione attraverso un algoritmo di inversione che consente di generare una curva di dispersione teorica, (3) la terza ed ultima fase consiste nell’individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs.

È evidente che in questo tipo di approccio non c’è univocità del risultato in quanto alla formazione del parametro fondamentale contribuiscono due variabili: lo spessore dello strato e la velocità, e lo stesso valore parametrico può essere ricavato con combinazioni diverse delle due variabili. In genere l’ambiguità viene risolta con l’ausilio di vincoli che consentano di “bloccare” una delle due variabili (disponibilità di dati stratigrafici o di altre misure geofisiche, etc.). Nel presente studio il problema dell’equivalenza viene superato in quanto la determinazione della Vs (come richiesto dalla normativa sismica nazionale) è stata fatta su uno spessore medio di 30 m di profondità, di cui

si ha una sufficiente conoscenza stratigrafica, senza la necessità di dover risolvere velocità alla scala del singolo strato, se non durante la fase di elaborazione.

Il risultato è dato quindi dalla sommatoria dei contributi dei singoli strati secondo la formula.

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_i^n \left( \frac{h_i}{V_{si}} \right)}$$

dove  $h_i$  e  $V_{si}$  sono spessore in metri e velocità delle onde di taglio dell' $i$ -esimo degli  $N$  strati compresi nei primi 30 metri di sottosuolo.

Dopo aver determinato il profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$  è possibile procedere al calcolo della velocità equivalente nei primi 30 m di profondità  $V_{s30}$  e quindi individuare la categoria sismica del suolo. Si ricordi quanto già è stato sottolineato in precedenza riguardo alla necessità di avere a disposizione altre informazioni complementari sulla natura e sul comportamento geotecnico del suolo.

Gli aspetti più critici del metodo MASW utilizzato riguardano la scelta della curva di dispersione sperimentale e la determinazione del profilo di rigidezza (o di velocità delle onde di taglio  $V_s$ ) finale che generi una curva di dispersione apparente numerica in accordo ottimale con la curva di dispersione sperimentale.

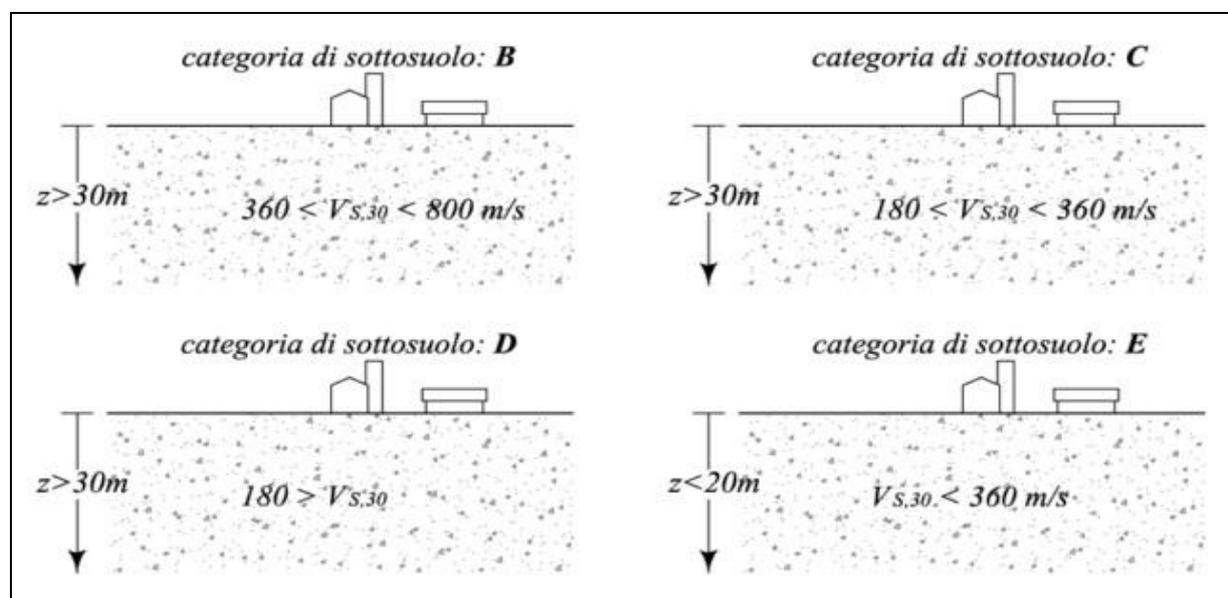
La determinazione del profilo di rigidezza finale è il risultato di un compromesso tra informazioni a priori sul sito, metodo manuale e procedura automatica. Nei casi normalmente dispersivi, caratterizzati da profili di rigidezza regolari con la profondità dove la procedura automatica si avvicina ad una soluzione valida, è sempre preferibile provare a modificare manualmente il profilo di rigidezza per acquisire conoscenza, esperienza e sensibilità, da utilizzare nei casi inversamente dispersivi dove non sempre la procedura automatica fornisce una soluzione valida.

I principali limiti di tali procedure sono:

- disponibilità di spazi sufficienti per gli stendimenti sismici;
- forniscono un profilo monodimensionale di  $V_s$ , non quantificando eventuali variazioni laterali;
- la profondità di penetrazione dipende dalla frequenza più bassa rilevabile nella curva di dispersione. Nella prova MASW, la sorgente generata da una mazza battente ha una scarsa componente in bassa frequenza, e ciò comporta una riduzione della profondità dell'indagine;
- interferenza del segnale con altri tipi di onde sismiche (P ed S) ed acustiche spurie (onda d'aria) prodotte anch'esse dall'energizzazione;
- vicinanza a fonti antropiche di rumore che possono disturbare ed inquinare il dato di ingresso;

- il problema della non-univocità della soluzione del problema inverso (comune a tutti i metodi indiretti) e la conseguente affidabilità dei risultati in assenza di altre conoscenze (geologico-geofisiche) è molto delicato in quanto le onde di Rayleigh sono soggette a scattering e a generazione di modi superiori (che a volte interagiscono in modo complesso), producendo delle curve di dispersione in cui il massimo dell'energia sismica non è sempre e necessariamente nelle onde superficiali e nel modo fondamentale (modi superiori e onde guidate possono dare segnali molto complessi)

Alla luce delle osservazioni fatte, la tecnica MASW richiede comunque l'acquisizione di una certa esperienza da parte di chi esegue ed interpreta la prova, per giungere alla determinazione corretta della categoria sismica del suolo.



## 7 – METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

La programmazione delle indagini e la loro precisa ubicazione nel territorio comunale di Follina è stata guidata dall'osservazione delle indagini pregresse e dai dati geologici a disposizione di questo studio.

La conoscenza di tutta una serie informazioni ha fornito un ottimo supporto sia per la definizione e per la determinazione del modello geologico di sottosuolo che per l'estensione areale dei risultati al fine di definire delle microzone omogenee in prospettiva sismica.

La prima fase di analisi ha mirato a confrontare le cartografie tematiche del P.A.T.I., redatte con finalità diverse da quelle del presente lavoro, con i nuovi dati ricavati dalle indagini sismiche (MASW). La correttezza dei modelli geologici-sismici così definiti ha permesso di suddividere con

più dettaglio le specifiche zone sulla base delle diverse velocità delle onde P e S, sui diversi rapporti stratigrafici ed infine sulle differenti caratteristiche geomorfologiche.

La caratterizzazione geofisica dei terreni si è basata quindi sia sulle nuove indagini realizzate ad hoc che sull'osservazione dei dati ricavati dalle indagini pregresse, permettendo una adeguata parametrizzazione dinamica dei terreni attraverso la stima del profilo delle Vs e la definizione di una velocità media delle onde di taglio per ogni formazione presente.

La definizione delle quattro zone omogenee in prospettiva sismica, realizzata a seguito di tutte le indagini geologiche, geofisiche e geotecniche, è stata un'attività onerosa sia sotto il profilo tecnico che in termini di tempo, al fine di pervenire ad un modello di sottosuolo coerente. Tale fase rappresenta il momento più delicato di tutto lo studio di microzonazione, sia perché coinvolge più soggetti, sia perché durante la fase di omogeneizzazione e di creazione del modello devono essere fatte opportune valutazioni tenendo conto del ridotto numero e del differente livello di incertezza attribuito ai diversi parametri desunti dalle differenti indagini.

Le misure di velocità effettuate nel territorio del Comune di Follina, hanno consentito di ottenere una serie di informazioni sul campo di velocità delle onde S nei primi 30 m di profondità (vedi carta di microzonazione sismica), così riassumibili (Tab. 6):

<b>Sito d'indagine</b>	<b>Vs30</b>	<b>Categoria di Sottosuolo</b>	<b>Categoria Topografica</b>
MASW_ Follina 1	<b>492</b>	<b>B</b>	<b>T1</b>
MASW_ Follina 2	<b>565</b>	<b>B</b>	<b>T1</b>
MASW_ Follina 3	<b>597</b>	<b>B</b>	<b>T1</b>
MASW_ Follina 4	<b>640</b>	<b>B</b>	<b>T1</b>
MASW_ Follina 5	<b>312</b>	<b>C</b>	<b>T1</b>
MASW_ Follina 6	<b>372</b>	<b>C</b>	<b>T1</b>
MASW_ Follina 7	<b>250</b>	<b>E (C)</b>	<b>T1</b>
MASW_ Follina 8	<b>252</b>	<b>E (C)</b>	<b>T1</b>
MASW_ Follina 9	<b>278</b>	<b>C</b>	<b>T1</b>
MASW_ Follina 10	<b>663</b>	<b>B</b>	<b>T1</b>

**Tab. 6: categorie di suolo determinate tramite indagine MASW**

Naturalmente il vero dato di velocità va considerato in un ragionevole intorno del dato proveniente dalle elaborazioni sperimentali ( $\pm 10\%$ ), per cui i terreni con velocità borderline vengono cautelativamente attribuiti alla categoria inferiore, in questo caso Categoria C (MASW\_Follina6).

Dall'analisi dei dati si osserva una generale omogeneità dei valori della Vs, ad indicare che la geologia, per lo meno dei corpi deposizionali più importanti, esercita un forte controllo sulla distribuzione del campo di velocità. Per quanto riguarda la porzione più ghiaiosa delle zone più

pianeggianti si osserva una correlazione quasi diretta tra la presenza del materasso ghiaioso e valori elevati della  $V_s$ . In alcuni siti la  $V_s$  supera anche i 500 m/s come ad esempio in alcuni settori della zona nord dei centri abitati di Follina e Valmareno. Altra osservazione è il graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità, senza evidenti inversioni di velocità.

La differenziazione più importante si rileva nel settore meridionale del territorio indagato, morfologicamente appartenente collinare, con valori della  $V_s$  che scendono dagli oltre 500 m/s nei depositi ghiaiosi a valori dell'ordine di 300-350 m/s nei terreni a prevalente granulometria fine piuttosto ricchi di limi, leggermente più "soffici" delle zone adiacenti.

Da un punto di vista normativo (ai sensi della classificazione dell'O.P.C.M. 3274/2003) e quindi relativamente alle problematiche urbanistiche, ingegneristiche e geotecniche il territorio del comune di Follina indagato risulta appartenere a tre zone: la zona B, la zona C e la zona E (C). Nella zona B rientrano tutti quei siti nei quali i valori di  $V_s$  risultano compresi nell'intervallo 360-800 m/s, la zona C classifica i siti con valori di  $V_s$  ricadenti nell'intervallo 180-360 m/s mentre nella Zona E (C) ricadono quei siti ove i terreni dei sottosuoli di tipo C o D (nel nostro caso C) sono posti sul substrato di riferimento ad una profondità non superiore ai 20 m dal piano campagna.

Si precisa inoltre che vi è una netta differenza tra "bedrock sismico" e "substrato geologico" (o semplicemente "bedrock"). Le definizioni riportate nel glossario "Indirizzi e criteri generali per la microzonazione sismica" sono le seguenti:

**Bedrock:** Roccia compatta, rigida, non alterata, in affioramento o alla base di rocce / terreni rigidi o di sedimenti sciolti. Usato comunemente dai geologi per riferirsi a qualsiasi roccia / terreno diagenizzato / consolidato che non ha subito i processi meteorici di alterazione e degrado o deformazioni tettoniche pervasive.

**Bedrock sismico:** Sequenza litostratigrafica caratterizzata da una velocità delle onde di taglio maggiore o uguale a 800 m/s.

Il primo non sempre coincide con il secondo e quindi non sempre viene confermata l'equivalenza tra successioni litologiche cartografate nel PATI e stratigrafie sismiche attese, come nel caso delle piccole zone poste nel settore meridionale del centro abitato di Valmareno, in prossimità della Sp4 e costituite da lembi di conglomerato poco cementato del pliocene superiore le cui caratteristiche di rigidità sono del tutto assimilabili a quelle delle ghiaie dei conoidi adiacenti.

Le indagini sismiche non hanno rilevato velocità superiori agli 800 m/s entro i primi 30 m di spessore pur essendo comprovata la presenza di un substrato geologico a profondità attorno ai 20 m

dal piano campagna; la spiegazione di questo potrebbe stare nel grado di alterazione del suddetto substrato.

## **8 – ELABORATI CARTOGRAFICI**

### **8.1 – carta delle indagini**

Nella "Carta delle Indagini" sono state rappresentate le indagini preesistenti e quelle realizzate *ex-novo*. Queste ultime, realizzate con tecnica MASW, sono state mirate a determinare la velocità sismica dei primi 30 m di sottosuolo, scopo principale di questo studio.

L'insieme dei dati raccolti, ha permesso di disporre di un totale di 25 misure, così suddivise per tipologia:

<b>Tipologia di prova</b>	<b>Quantità</b>
Prova penetrometrica dinamica media (DPM)	3
Prova penetrometrica dinamica super pesante (DPSH)	4
Trincea o pozzetto esplorativo	3 + 1
Prova penetrometrica in foro (SPT)	3
Sismica a rifrazione	1
MASW	10

I punti di indagine (puntuali o lineari), sono stati rappresentati in carta secondo la legenda prevista negli standard regionali per l'informatizzazione degli studi di MS con riferimento agli Indirizzi e Criteri di Microzonazione sismica (ICMS) a cura della Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della Protezione Civile e catalogati e archiviati mediante software Arc-Gis (versione 2.0 – giugno 2012).

### **8.2 – carta geologico-tecnica**

Nella Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica sono riportate tutte le informazioni di base (geologia, geomorfologia, caratteristiche litotecniche, geotecniche ed idrogeologiche) derivate da carte ed elaborati esistenti, in particolare quelli allegati al P.A.T.I.:

- la carta geomorfologica (elaborato Q.C. 6.1 del P.A.T.I.) alla scala 1: 20.000;
- la carta geolitologica (elaborato Q.C. 6.2 del P.A.T.I.) alla scala 1: 20.000;
- la carta idrogeologica (elaborato Q.C. 6.3 del P.A.T.I.) alla scala 1: 20.000;
- la carta della rivisitazione dei contenuti geologici in chiave sismologica (elaborato Q.C. 6.5 del P.A.T.I.) alla scala 1: 20 000;

- la carta delle zone omogenee in prospettiva sismica (elaborato Q.C. 6.6 del P.A.T.I) alla scala 1: 20 000;

Questi dati sono necessari alla definizione del modello di sottosuolo e funzionali alla realizzazione della Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (livello 1).

Non sono stati eseguiti approfondimenti strumentali per l'area collinare più elevata e per l'area montana in quanto lo spessore della copertura sciolta è generalmente inferiore a 3 metri. Inoltre tali aree non sono interessate da insediamenti se non per qualche edificio sparso di antico impianto. In ogni caso gli strumenti urbanistici vigenti impongono la massima tutela dell'ambito collinare e montano precludendo di fatto nuove edificabilità.

Le vecchie e nuove indagini coprono in maniera abbastanza omogenea tutto il territorio comunale consentendo quindi una conoscenza sufficiente delle caratteristiche del sottosuolo.

I dati delle indagini sono stati condensati in appositi schede riassuntive che riportano il modello dei rapporti litostratigrafici di ciascuna sottozona omogenea (vedi "Schede MS" in allegato).

### **8.3 – carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (livello 1)**

Rispetto alla Carta delle Zone Omogenee in Prospettiva Sismica precedentemente elaborata nell'ambito della redazione del P.A.T.I. (elaborato Q.C. 6.6), il presente studio aggiunge altri importanti dati raccolti dalle indagine sismiche effettuate in varie parti del territorio, intese a determinare velocità di propagazione delle onde elastiche, con metodologia MASW, nei primi 30 metri di profondità. Il risultato di questo livello di affinamento è la Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica di livello 1, ottenuta associando una quantificazione numerica degli effetti, con metodi semplificati, alle zone, o a parti di esse, di quella allegata al P.A.T.I..

Come anticipato nel § 5.1, la scelta della rete di punti di misura è stata fatta in modo da investigare i vari ambiti morfologici e litologici distinti nelle carte tematiche allegate al P.A.T.I., privilegiando gli ambiti di sviluppo insediativo, sia esso a destinazione residenziale, produttiva, dei servizi o infrastrutturale. Questo ha permesso di ottimizzare l'ubicazione della rete di punti di misura in funzione della genesi deposizionale dei materiali, in modo da avere a disposizione altre informazioni complementari sulla natura e sul comportamento geotecnico del suolo, e "agganciare" i dati stratigrafico-sedimentologici a quelli elastico-acustici provenienti dalle misurazioni di campagna. In pratica le stazioni di misura sono state ubicate su siti significativi dal punto di vista urbanistico, propagando poi i risultati attraverso un processo di validazione pesata e di generalizzazione ad intere unità deposizionali. I limiti geologici delle precedenti carte tematiche sono quindi diventati una sorta di guida per l'interpretazione geofisica e viceversa.

Questo ha permesso una revisione del modello geologico delle carte precedenti, e la realizzazione di una carta di MS nella quale le zone a comportamento omogeneo sono caratterizzate da terreni con simile risposta sismica locale.

In pratica questo il livello di approfondimento attuato dal presente studio vede tre obiettivi in sequenza:

- integrare le conoscenze acquisite a livello del P.A.T.I. con approfondimenti conoscitivi;
- fornire quantificazioni numeriche, con metodi semplificati (indagini geofisiche), della modificazione locale del moto sismico in superficie nelle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali;
- verificare la possibilità di avere o meno dei fenomeni di deformazione permanente (zone suscettibili di instabilità) dovute a liquefazione.

Non è stato invece possibile costruire la carta di livello 2, sulla base dei valori di amplificazione ottenuti per ciascuna zona attraverso l'uso degli abachi (FA e FV<sup>1</sup>), in quanto non è stato possibile determinare con certezza la profondità del basamento sismico (*bedrock*), caratterizzato da  $V_s \geq 800$  m/s.

Nell'ambito del territorio comunale di Follina investigato dall'indagine (e quindi esclusa la zona montana), non sussistono terreni "stabili" dal punto di vista sismico, tutte le zone indagate rientrano tra le aree stabili suscettibili di amplificazione, poiché di fatto sono sempre presenti terreni di copertura (talora assieme alle coltri di alterazione del substrato), aventi spessori superiori a 3 m e caratterizzati da velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_s < 800$  m/s.

Per le valutazioni delle amplificazioni in superficie risulta fondamentale determinare il profilo della velocità delle onde S( $V_s$ ). Un ulteriore affinamento del metodo richiederebbe la misura del periodo fondamentale di vibrazione e la caratterizzazione dei terreni in condizioni dinamiche.

Attraverso il profilo delle velocità, entro il territorio di indagine sono state distinte le seguenti categorie di suolo (D.M. 14-01-2008 - § 3.2):

- Categoria di suolo B;
- Categoria di suolo C;
- Categoria di suolo E (C).

---

<sup>1</sup> I parametri FA ed FV rappresentano il rapporto tra gli spettri di input e di output, rispettivamente in accelerazione e in pseudo velocità, calcolati in un intervallo intorno ai periodi  $T_A$  e  $T_V$  dove l'ampiezza è massima. L'intervallo di periodi considerato per FA varia tra 0,1 e 0,3 s (alte frequenze), mentre per gli FV l'intervallo varia tra 0,6 e 1,4 s (basse frequenze).

In carta, i segni grafici che separano le sottozone, in particolare al passaggio tra E e B, sono da intendersi non come un confine ma piuttosto come una fascia di transizione, in quanto nella realtà la differenziazione stratigrafica avviene gradualmente.

I modelli litostratigrafici sono riportati nelle schede in allegato (cartella “Indagini MS”).

### **8.3.1 – Zona 1 - Categoria di suolo B**

Appartiene a questa categoria tutta la zona ai piedi dei versanti in ambiente genetico-deposizionale di falda o conoide detritica, dove troviamo i centri abitati di Follina e Valmareno.

L'area è situata in una zona di fondo valle, all'interno della piana valliva; i sismostrati rilevati evidenziano un primo livello con velocità attorno a 400-500 m/s a cui seguono alternanze di strati con valori superiori; i valori di  $V_s$  risultano compresi tra 400 m/s e 650 m/s. Pertanto la tipologia di suolo è ascrivibile alla categoria di suolo B ( $V_{s30}$  compresa tra 360 m/s e 800ms ovvero  $NSPT_{30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $cu_{30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina).

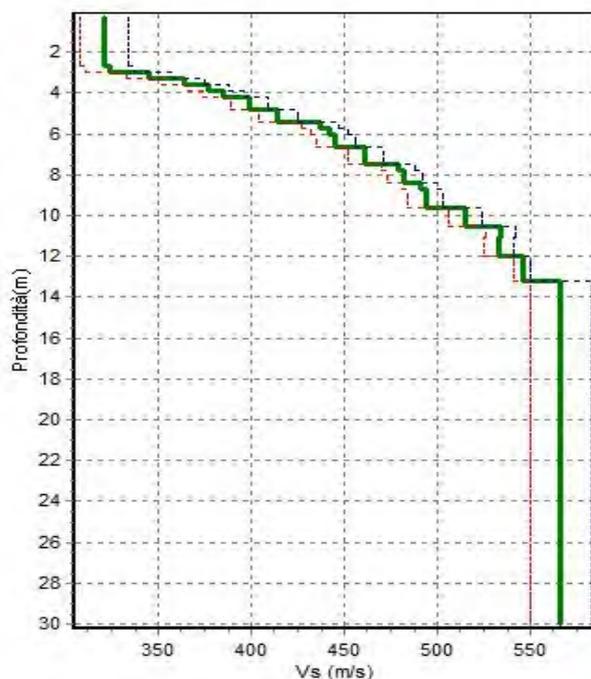
In carta i vari ambiti litologico-morfologici sono stati distinti in sottoaree, con un nome di località o di vie presenti al loro interno.

# SCHEDA 1

## Follina – Valmareno, Via Brumal

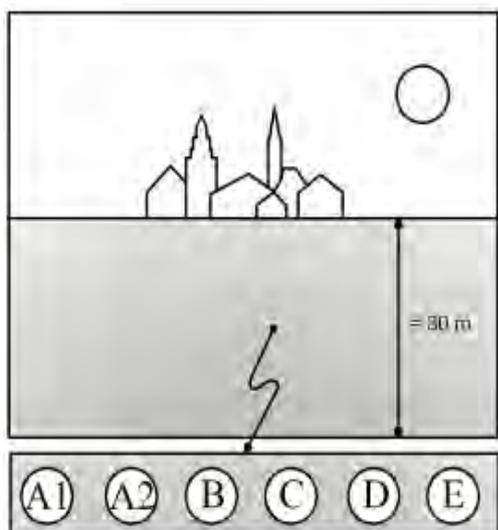
Ubicazione nel reticolo sismico di riferimento  
Individuato dalla O.P.C.M. 28/04/2006 n. 3519

Profili delle Vs da acquisizioni di campagna  
Prova MASW Follina 1



Elementi di amplificazione topografica  
(Da Di Bucci et al 2005)

Quadro riassuntivo delle categorie  
in accordo col D.M. 14 -01 - 2008



T1

Stratigrafia  
esemplificativa  
dell'area di  
indagine

**CATEGORIA DI SOTTOSUOLO: B**  
**CATEGORIA TOPOGRAFICA:**

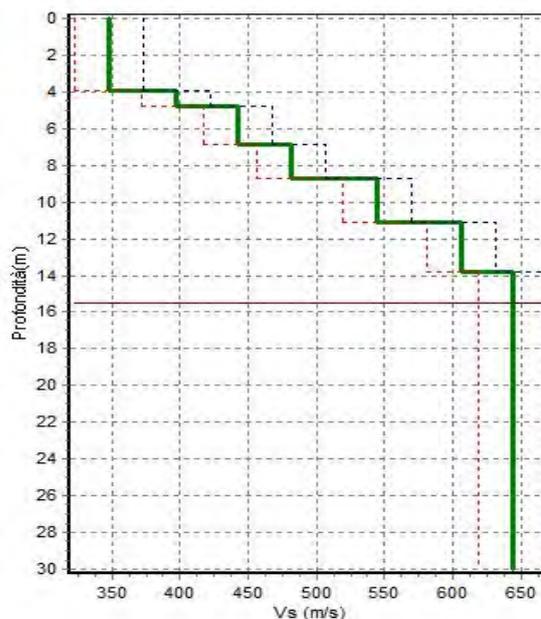
p.c.		
5 m	5 m	Materiali alluvionali colluviali granulari in abbondante matrice limosa bruna
14 m	9 m	Ghiaie calcaree e/o materiale fluvio-glaciale
30m	16m	Substrato calcareo

# SCHEDA 2

## Follina – Pradegnan, Zona Industriale

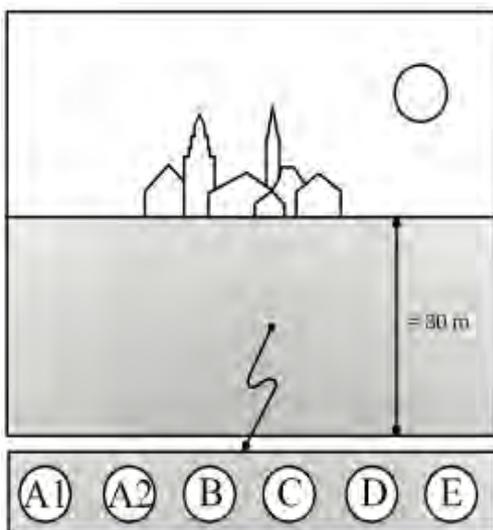
Ubicazione nel reticolo sismico di riferimento  
Individuato dalla O.P.C.M. 28/04/2006 n. 3519

Profili delle Vs da acquisizioni di campagna  
Prova MASW Follina 2



Elementi di amplificazione topografica  
(Da Di Bucci et al 2005)

Quadro riassuntivo delle categorie  
in accordo col D.M. 14 -01 - 2008



T1

Stratigrafia  
esemplificativa dell'area  
di indagine

**CATEGORIA DI SOTTOSUOLO: B**  
**CATEGORIA TOPOGRAFICA:**

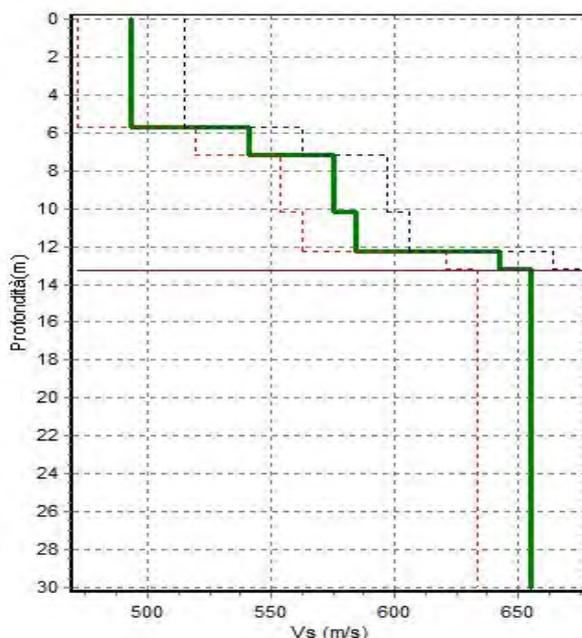
p.c.		
4 m	4 m	Materiali granulari addensati a tessitura ghiaioso sabbiosa
16m	6m	Ghiaie calcaree e/o materiale fluvio-glaciale
30m	20m	Substrato calcareo

# SCHEDA 3

## Follina – Valmareno, Via Cal di Mezzo

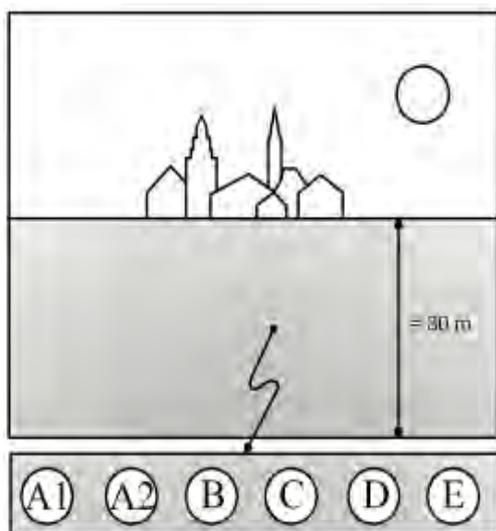
Ubicazione nel reticolo sismico di riferimento  
Individuato dalla O.P.C.M. 28/04/2006 n. 3519

Profili delle Vs da acquisizioni di campagna  
Prova MASW Follina 3



Elementi di amplificazione topografica  
(Da Di Bucci et al 2005)

Quadro riassuntivo delle categorie  
in accordo col D.M. 14 -01 - 2008



Stratigrafia  
esemplificativa  
dell'area  
di indagine

**CATEGORIA DI SOTTOSUOLO: B**  
**CATEGORIA TOPOGRAFICA: T1**

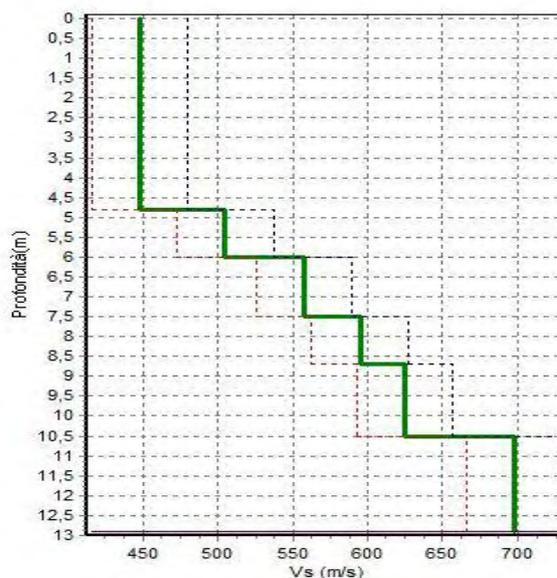
p.c.		
6 m	6 m	Materiali alluvionali colluviali granulari in abbondante matrice limosa bruna
14 m	8 m	Ghiaie calcaree e/o materiale fluvio-glaciale
30m	16m	Substrato calcareo

# SCHEDA 4

## Follina –Zona Cimitero

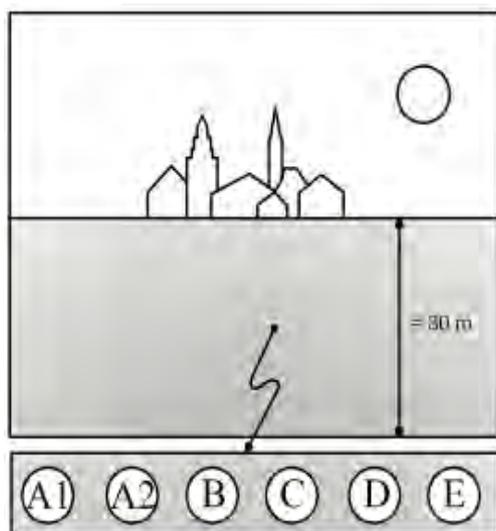
Ubicazione nel reticolo sismico di riferimento  
Individuato dalla O.P.C.M. 28/04/2006 n. 3519

Profili delle Vs da acquisizioni di campagna  
Prova MASW Follina 4



Elementi di amplificazione topografica  
(Da Di Bucci et al 2005)

Quadro riassuntivo delle categorie  
in accordo col D.M. 14 -01 - 2008



**Stratigrafia  
esemplificativa  
dell'area di  
indagine**

**CATEGORIA DI SOTTOSUOLO: B**  
**CATEGORIA TOPOGRAFICA: T1**

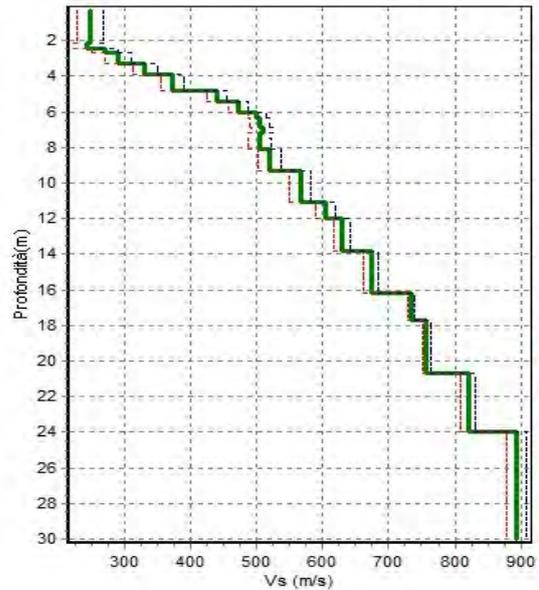
p.c.		
5 m	5 m	Materiali alluvionali colluviali granulari in abbondante matrice limosa bruna
11 m	6 m	Ghiaie calcaree e/o materiale fluvio-glaciale
26m	15m	Ghiaie calcaree e/o materiale fluvio-glaciale più addensate
30m	4m	Substrato calcareo

# SCHEDA 10

## Follina – Pedeguarda, Via Pedeguarda

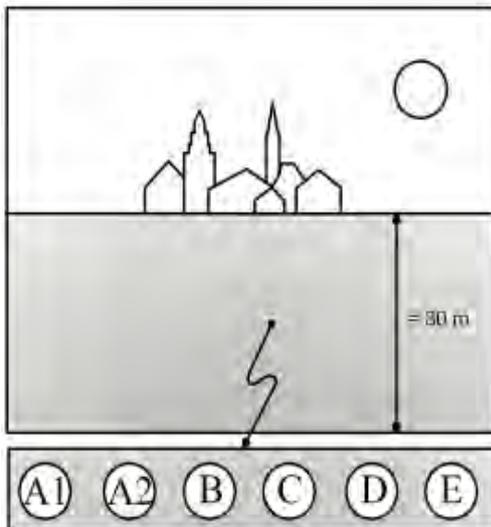
Ubicazione nel reticolo sismico di riferimento  
Individuato dalla O.P.C.M. 28/04/2006 n. 3519

Profili delle Vs da acquisizioni di campagna  
Prova MASW Follina 10



Elementi di amplificazione topografica  
(Da Di Bucci et al 2005)

Quadro riassuntivo delle categorie  
in accordo col D.M. 14 -01 - 2008



Stratigrafia  
esemplificativa  
dell'area di  
indagine

**CATEGORIA DI SOTTOSUOLO: B**  
**CATEGORIA TOPOGRAFICA: T1**

p.c.		
6m	6m	Materiali alluvionali a tessitura prevalentemente limoso-argillosa
12m	6m	Ghiaie in matrice limoso-argilloso-sabbiosa
30m	18m	Substrato calcareo

### 8.3.2 – Zona 2 - Categoria di suolo C

Le zone poste al piede dei suddetti rilievi collinari e montani hanno terreni ascrivibili alla categoria C, tali zone comprendono le porzioni più occidentali e meridionali del centro abitato di Follina e la zona a nord del centro urbanizzato di La Bella, nonché una zona lungo il f. Soligo a Sud della frazione di Valmareno denominata Paluc.

Sono stati inseriti in tale zona anche i settori prettamente collinari di territorio comunale caratterizzati da qualche casa sparsa, con l'esclusione dei ripiani occupati dai centri abitati di Col e Farrò. I terreni presenti sono costituiti da sedimenti terrigeni compatti di tipo marnoso o marnoso-sabbioso con evidente propensione ad alterarsi superficialmente formando una coltre argilloso-limosa facilmente degradabile sotto l'azione di agenti atmosferici soprattutto laddove il substrato risulta fratturato e/o incarsito.

I banconi di arenaria degli hogback riportati in carta geologico tecnica, pur rigidamente più competenti, sono stati assimilati alle più tenere rocce marnose e argillose sopracitate in quanto si tratta di strati verticalizzati e di nessun interesse urbanistico.

I sismo-strati rilevati evidenziano un primo livello con velocità attorno a 300-350 m/s a cui segue il substrato alterato con valori di  $V_s$  anche superiori ai 400-500m/s. La tipologia di suolo sarebbe ascrivibile alla categoria di suolo B ( $V_{s30}$  compresa tra 360 m/s e 800ms ovvero  $NSPT_{30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $cu_{30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina), in quanto la  $V_{s30}$  risulta di 380 m/s.

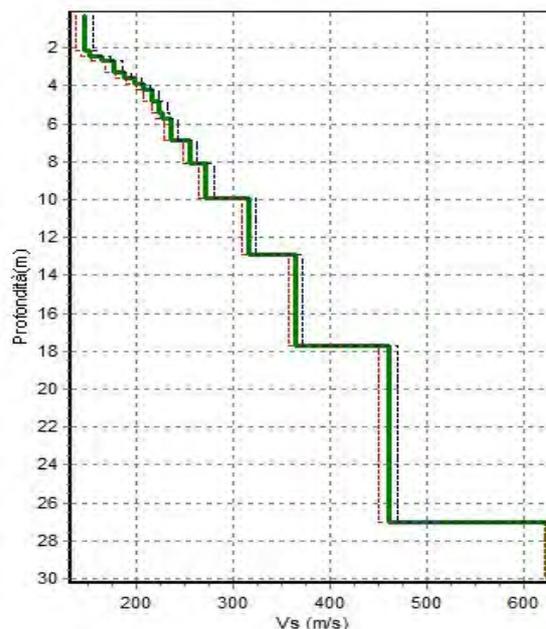
In realtà la velocità va considerata in un ragionevole intorno del dato proveniente dalle elaborazioni sperimentali ( $\pm 10\%$ ), per cui i terreni con velocità *borderline* come nel nostro caso, vengono cautelativamente attribuiti alla categoria inferiore, ossia la categoria di suolo C (depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$ , compresi fra 180 m/s e 360 m/s ( $NSPT_{15} > 50$  nei terreni a grana grossa o  $cu_{70} < 250$  kPa nei terreni a grana fina).

# SCHEDA 5

## Follina – Via Fratte

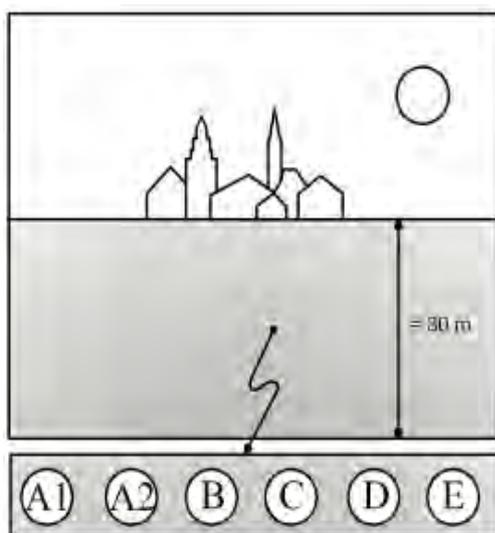
Ubicazione nel reticolo sismico di riferimento  
Individuato dalla O.P.C.M. 28/04/2006 n. 3519

Profili delle Vs da acquisizioni di campagna  
Prova MASW Follina 5



Elementi di amplificazione topografica  
(Da Di Bucci et al 2005)

Quadro riassuntivo delle categorie  
in accordo col D.M. 14 -01 - 2008



Stratigrafia  
esemplificativa  
dell'area di  
indagine

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO: C  
CATEGORIA TOPOGRAFICA: T1

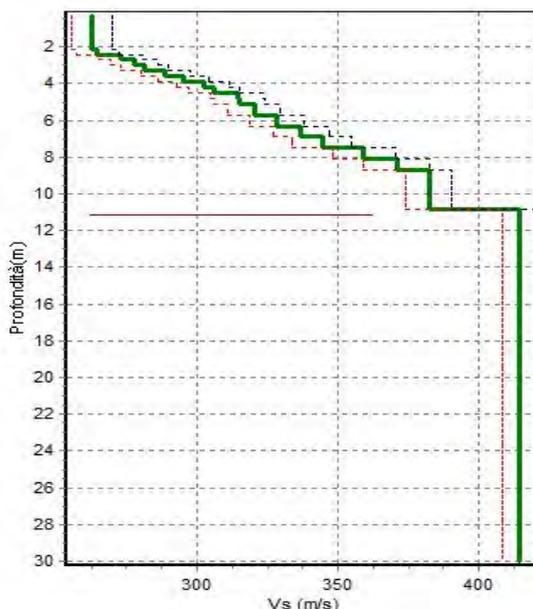
p.c.		
10 m	10 m	Materiali alluvionali a tessitura limoso-argillosa con ghiaia
16 m	6 m	Ghiaie in matrice limoso-argilloso
30m	14 m	Substrato calcareo

# SCHEDA 6

## Follina – SP Via Martellin

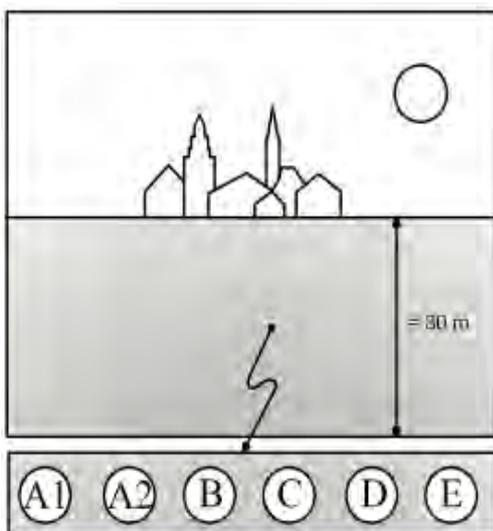
Ubicazione nel reticolo sismico di riferimento  
Individuato dalla O.P.C.M. 28/04/2006 n. 3519

Profili delle Vs da acquisizioni di campagna  
Prova MASW Follina 6



Elementi di amplificazione topografica  
(Da Di Bucci et al 2005)

Quadro riassuntivo delle categorie  
in accordo col D.M. 14 -01 - 2008



Stratigrafia  
esemplificativa  
dell'area di  
indagine

**CATEGORIA DI SOTTOSUOLO: C**  
**CATEGORIA TOPOGRAFICA: T1**

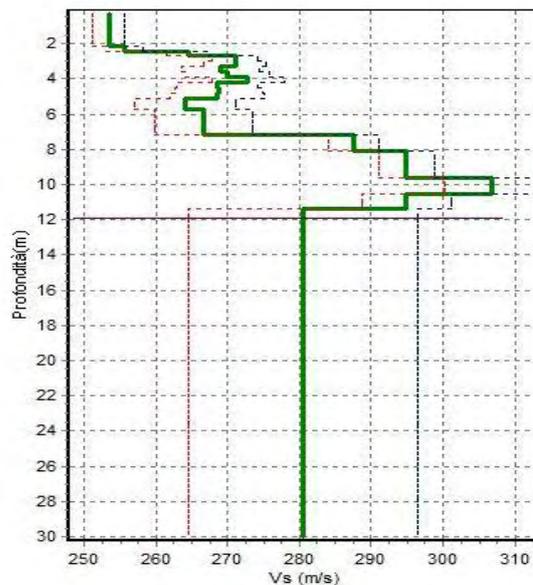
p.c.		
6m	6 m	Materiali granulari più o meno addensati a tessitura ghiaioso sabbiosa
11 m	5 m	Ghiaie calcaree e/o materiale fluvio-glaciale poco addensate
22 m	11 m	Ghiaie calcaree e/o materiale fluvio-glaciale più o meno addensate
30m	8 m	Substrato calcareo

# SCHEDA 9

## Follina – La Bella

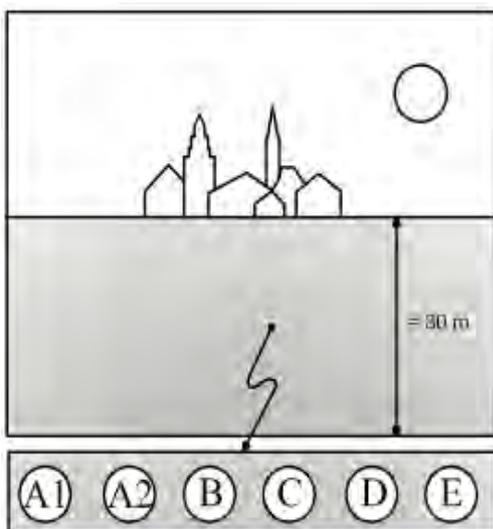
Ubicazione nel reticolo sismico di riferimento  
Individuato dalla O.P.C.M. 28/04/2006 n. 3519

Profili delle Vs da acquisizioni di campagna  
Prova MASW Follina 9



Elementi di amplificazione topografica  
(Da Di Bucci et al 2005)

Quadro riassuntivo delle categorie  
in accordo col D.M. 14 -01 - 2008



Stratigrafia  
esemplificativa  
dell'area di  
indagine

**CATEGORIA DI SOTTOSUOLO: C**  
**CATEGORIA TOPOGRAFICA: T1**

p.c.		
6m	6m	Materiali alluvionali a tessitura prevalentemente limoso-argillosa
12m	6m	Ghiaie in matrice limoso-argilloso-sabbiosa
22m	22m	Ghiaie calcaree e/o materiale fluvio-glaciale
30m	18m	Substrato calcareo

### **8.3.3 – Zona 3 - Categoria di suolo E (C)**

La porzione collinare urbanizzata (ripiani di Col e Farrò) è ascrivibile a terreni appartenenti alla categoria E (C); ci si trova nel settore centrale del territorio comunale, comprendente le zone di Col e di Farrò dove sono presenti evidenti indicatori di attività carsica ai danni del livello conglomeratico che fa da base ai depositi glaciali profondamente pedogenizzati.

Le colline costituite da depositi marnosi e arenacei teneri con le loro coperture di terreno sciolto con spessori in genere maggiori di 3 m sono stati ricompresi in questa categoria.

I banconi di arenaria degli hogback riportati in carta geologico tecnica, pur rigidamente più competenti, sono stati assimilati alle più tenere rocce marnose e argillose sopracitate in quanto si tratta di strati verticalizzati e di nessun interesse urbanistico.

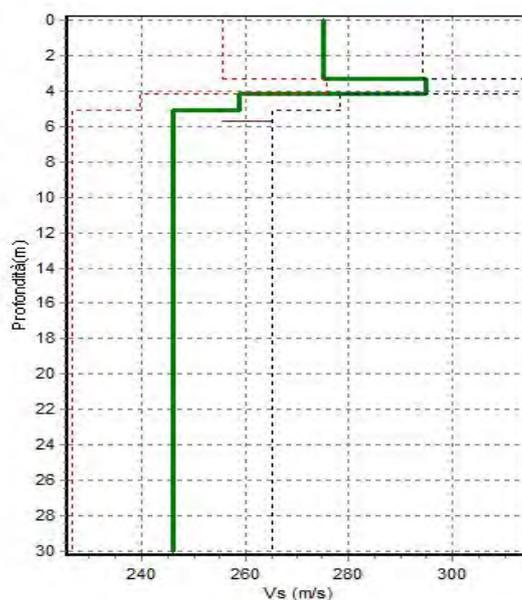
I sismostrati rilevati evidenziano un primo livello con velocità attorno a 200-300 m/s a cui segue il substrato con valori di  $V_s$  superiori a 800 m/s. Lo strato più superficiale, con spessore inferiore a 20 m, è ascrivibile alla categoria di suolo C ( $V_s$  compresa tra 180 m/s e 360ms ovvero NSPT 15 > 50 nei terreni a grana grossa e  $c_u < 70$  kPa nei terreni a grana fina) che si poggia direttamente sul substrato conglomeratico/arenaceo/marnoso con un brusco incremento di velocità e pertanto si ricade nella categoria di suolo E (Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessori non superiori ai 20 m, posti sul substrato di riferimento con  $V_s > 800$  m/s).

# SCHEDA 7

## Follina – Farrò, Via Pian di Guarda

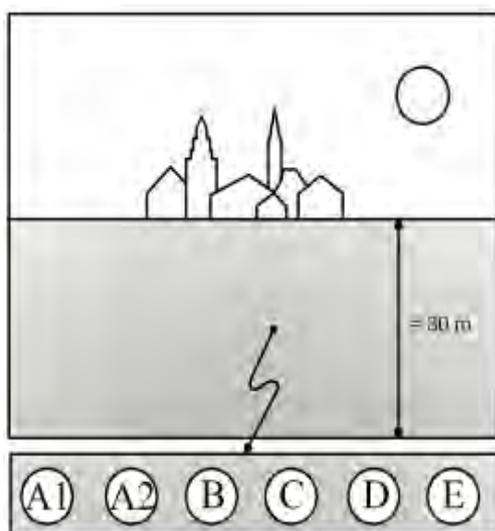
Ubicazione nel reticolo sismico di riferimento  
Individuato dalla O.P.C.M. 28/04/2006 n. 3519

Profili delle Vs da acquisizioni di campagna  
Prova MASW Follina 7



Elementi di amplificazione topografica  
(Da Di Bucci et al 2005)

Quadro riassuntivo delle categorie  
in accordo col D.M. 14 -01 - 2008



Stratigrafia  
esemplificativa  
dell'area di  
indagine

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO: E(C)  
CATEGORIA TOPOGRAFICA: T1

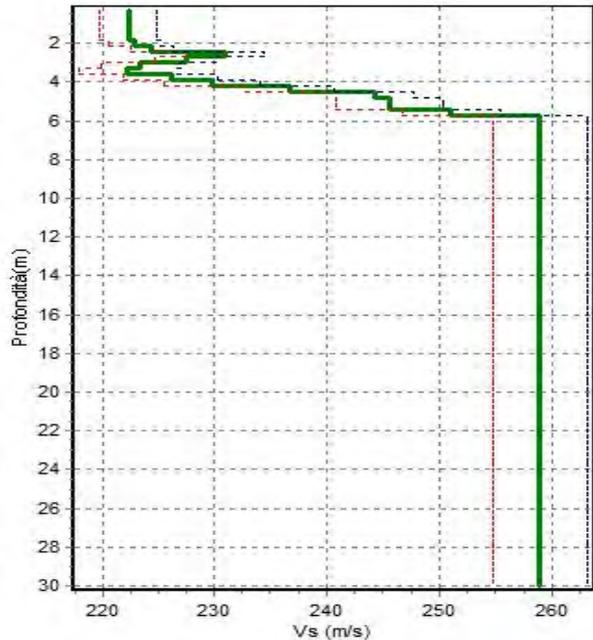
p.c.		
6m	6m	Materiali più o meno addensati a tessitura ghiaioso limoso-sabbiosa
12m	6m	Substrato calcareo-marnoso fratturato e disgregato
16m	4m	Substrato calcareo marnoso

# SCHEDA 8

## Follina – Col, Via Castagnè

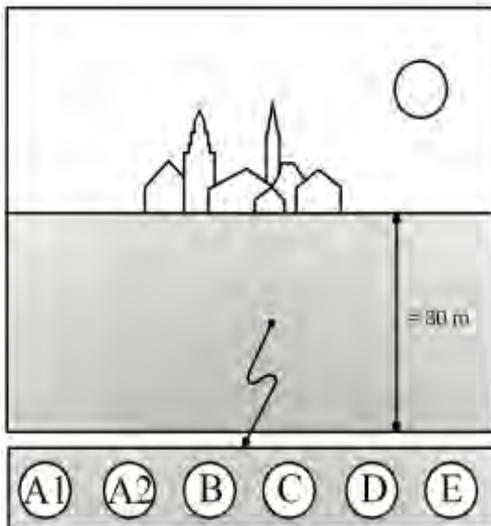
Ubicazione nel reticolo sismico di riferimento  
Individuato dalla O.P.C.M. 28/04/2006 n. 3519

Profili delle Vs da acquisizioni di campagna  
Prova MASW Follina 8



Elementi di amplificazione topografica  
(Da Di Bucci et al 2005)

Quadro riassuntivo delle categorie  
in accordo col D.M. 14 -01 - 2008



Stratigrafia  
esemplificativa  
dell'area di  
indagine

**CATEGORIA DI SOTTOSUOLO: E(C)**  
**CATEGORIA TOPOGRAFICA: T1**

p.c.		
6m	6m	Materiali più o meno addensati a tessitura ghiaioso limoso-sabbiosa
12m	6m	Substrato calcareo-marnoso fratturato e disgregato
16m	4m	Substrato calcareo marnoso

### **8.3.4 – Zone suscettibili di instabilità**

Dallo studio di MS è emerso che, nelle aree urbanisticamente sensibili, non sussistono zone di deformazione permanente caratterizzate da suscettibilità alla liquefazione in quanto il fuso granulometrico dei terreni sciolti del territorio indagato è esterno alle zone indicate nel Testo delle Nuove Norme Tecniche per le costruzioni (fig. 7.11.1), trattandosi prevalentemente di terreni grossolani.

Dalle nuove indagini è emerso che l'intero territorio comunale rientra in aree stabili suscettibile di amplificazione sismica, nelle quali cioè sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto dell'assetto litostratigrafico e come effetto della morfologia locale (pendenze diffuse maggiori di 15°); non sono stati rilevati infatti suoli di categoria A in posizione pianeggiante e si è escluso di cartografare in tale categoria la parte perimetrale dei rilievi di Farrò e Col dove affiorano i conglomerati oppure le arenarie degli hogback della fascia collinare ma che comunque sono caratterizzate da pendenze molto severe. In ogni caso non interessano alcuna area potenzialmente urbanizzabile.

La successione stratigrafica in talune zone, come ad esempio la zona dei Paluc lungo il f. Soligo a sud del centro abitato di Valmareno, è comunque caratterizzata da terreni abbastanza "soffici" e pertanto potenzialmente suscettibili di cedimenti differenziali; si considera comunque basso anche il rischio di tali cedimenti sulla base del fatto che si tratta di depositi antichi costituiti da ghiaie alternate ad argille e non con sabbie sciolte, così come non ci sono marcate eteropie laterali.

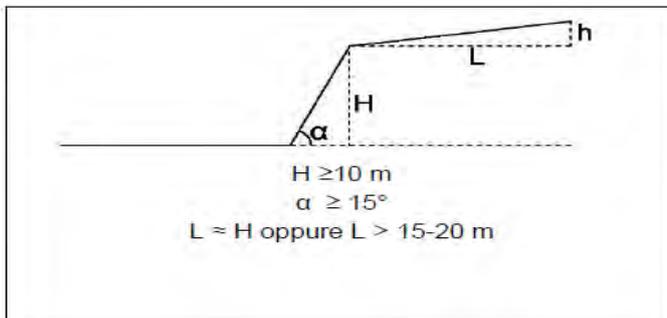
Gran parte della zona collinare è invece interessata da vari fenomeni gravitativi, sia attivi che potenziali che possono interferire con le attività e gli insediamenti antropici.

Si ribadisce quindi che, nel caso si progettassero nuovi insediamenti all'interno delle suddette zone, si dovranno effettuare approfondimenti geologici specifici in tal senso.

### **8.3.5 – Forme di superficie e sepolte**

Per le forme di instabilità legate a possibili amplificazioni dovute ad effetti topografici, si richiamano soltanto i casi dei pendii con inclinazione maggiore di 15°, le posizioni di cresta di dorsale e la fascia retrostante il ciglio di scarpate di rilevante altezza. Le forme di instabilità di versante segnalate in carta riguardano gli orli di scarpata più ripidi nella zona collinare del Territorio Comunale. Tale morfologia può dar luogo a fenomeni di amplificazione topografica come previsto dal D.M. D.M. 14-01-2008 - § 3.2, per cui la relativa categoria topografica è la T2 e/o T3.

A questo proposito si rammenta che le Linee Guida 2013 (Regione Veneto DGR 1572 del 03/09/2013) considerano amplificabili le fasce prospicienti le scarpate caratterizzate da fronti di altezza (H) maggiori o uguali a 10 m, inclinazione del fronte principale ( $\alpha$ ) maggiore o uguale a  $15^\circ$  ed estensione del fronte superiore (L) almeno pari all'altezza H o comunque non inferiore ai 15-20 metri.



L'altezza H è da intendersi come distanza verticale dal piede al ciglio del fronte principale, mentre il fronte superiore L è identificato dalla distanza tra il ciglio del fronte principale e la prima evidente irregolarità morfologica.

Pur essendoci aree con fenomeni carsici (doline), ad esempio a Farrò e Col, si tratta di forme numericamente limitate e spesso isolate tanto da non giustificare l'attribuzione di zona potenzialmente soggetta a cedimenti differenziali, pur rimanendo comunque in evidenza la possibilità di puntuali sprofondamenti dovuti all'evoluzione del carsismo ipogeo.

### 8.3.6 – *Faglie attive e capaci*

Per quanto riguarda le faglie sono state riportate le strutture note dalla letteratura e desumibili dal catalogo delle faglie capaci ITHACA “ITaly HAZard from CAPable faults” disponibile on-line all'indirizzo <http://www.apat.gov.it/site/it-IT/Progetti/ITHACA - Catalogo delle faglie capaci> (vedi anche fig. 4). Va comunque segnalato che non si tratta di strutture lineari, ma piuttosto di fasce di disturbo tettonico la cui larghezza può essere di decine o anche di centinaia di metri.

La loro localizzazione in carta è desunta dai data base disponibili in quanto sepolte sotto la copertura sciolta quaternaria.

Alla luce di quanto emerso nel presente studio di MS, nel contesto del territorio di collina e di valle del comune di Follina, la Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica è utilizzabile in modo organico ai fini di progettazione. Va da se che per interventi di un certo impegno o rilievo esso è un utile strumento che può indirizzare verso specifici e ulteriori approfondimenti, con misure puntuali di Vs ed eventuali integrazioni con la determinazione di altri parametri (es. down hole, periodo proprio del terreno, ecc.).

A livello di programmazione superiore nelle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali possono essere utilizzati per la progettazione gli appositi abachi, purché il sito di costruzione

presenti caratteristiche conformi alle ipotesi di base utilizzate per l'elaborazione degli abachi stessi. In generale tali ipotesi assumono che il sottosuolo sia assimilabile ad una successione di strati approssimativamente piano paralleli, con modeste irregolarità morfologiche. Per tali condizioni sono ipotizzabili differenti procedure da adottare da parte della regione, conformemente al proprio contesto normativo, a partire dal confronto fra l'azione sismica dedotta dagli abachi con quella che si ottiene utilizzando la categoria di sottosuolo e lo spettro per essa previsto dalla norma.

## **9 - CONCLUSIONI**

Dal punto di vista del rischio sismico tutto il territorio comunale è classificato sismico di seconda categoria, con sismicità massima  $S = 9^\circ$  M.C.S. (v. il D.M. 14.05.1982), tale classificazione è stata aggiornata, alla luce dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 20.03.2003 n. 3274, "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica" con l'inserimento in classe 2 realizzato dalla Deliberazione n. 67 del 03.12.2003 del Consiglio Regionale del Veneto.

Il presente lavoro di microzonazione ha poi consentito di dividere il territorio comunale in tre microzone sismiche distinte per categoria di sottosuolo e per la presenza di potenziali instabilità; vi è anche una stretta fascia caratterizzata da instabilità (Col e Farrò); la fascia prettamente montana non è stata zonata.

Per la zona 1 – categoria di suolo B, gli interventi edilizi di manutenzione/ristrutturazione potranno fare riferimento ai parametri di caratterizzazione del sito ricavati dallo studio della microzonazione sismica; le nuove costruzioni o gli ampliamenti significativi dovranno invece prevedere almeno una misura di frequenza propria del terreno oppure una caratterizzazione sismica dello stesso (HVSR, MASW, ecc.) oppure la determinazione di queste in via indiretta attraverso prove geotecniche (SPT in foro, prove penetrometriche ecc.), come previsto dal D.M 14/01/2008 capitolo 3.

Per le zone 2 - categoria di suolo C - e 3 - categoria di suolo E-, la relazione geologica a corredo delle pratiche edilizie prevederà la verifica della stratigrafia del sito attraverso indagini dirette o indirette oltre alla determinazione della frequenza propria del terreno e/o la caratterizzazione sismica dello stesso (HVSR, MASW, ecc.), anche eventualmente per via indiretta attraverso prove geotecniche (SPT in foro, prove penetrometriche ecc.), come previsto dal D.M 14/01/2008 capitolo 3. Sarà particolarmente importante definire la profondità del substrato sismico (sismostrato con  $V_s > 800$  m/s) se questo si posiziona entro i primi 30 m di profondità.

Nelle zone suscettibili di instabilità sarà importante, oltre valutazione della amplificazione sismica locale, anche la valutazione delle condizioni di stabilità dei versanti estesa ad un adeguato intorno (ad esempio: frane sovraincombenti in località La Bella); per le zone caratterizzate da fenomeni carsici sarà invece da valutare l'effettivo rischio di cedimento differenziale e/o di sprofondamento localizzato.

Pieve di Soligo, 17 aprile 2013  
Revisione 27 febbraio 2014  
**Revisione 24 marzo 2014**

dott. geol. Gino Lucchetta  
Ordine Geologi del Veneto n. 242



## 10 – BIBLIOGRAFIA

AA.VV. Seismogenetic sources potentially responsible for earthquakes with  $M \geq 6$  in the Southern Alps (Thiene – Udine sector, NE Italy)” *Geophysical Journal International* (2005).

AA.VV. “Modello sismotettonico dell’Italia Nord Orientale”, C.N.R., Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Rendiconto N. 1, Trieste, 1987.

Benedetti, L., Tapponnier, P., King, G. C. P., Meyer, B., Manighetti, I., 2000. Growth folding and active thrusting in the Montello region, Veneto, northern Italy. *J. Geophys. Res.*, 105, 739-766.

Castaldini, D. & Panizza, M., 1991. Inventario delle faglie attive tra i fiumi Po e Piave e il Lago di Como (Italia settentrionale), *Il Quaternario*, 4, 333–410.

Castellarin A. Nicolich R., Fantoni R., Cantelli L., Sella M., Selli L., 2006 b. Structure of the lithosphere beneath the Eastern Alps (southern sector of the TRANSALP transect). *Tectonophysics* vol. 414, pp. 259 - 282.

Cruden D.M. & Varnes D. J. (1996) - Landslide types and processes. In: TURNER A.K. & SCHUSTER R.L. (eds) - “Landslide: Investigation and Mitigation. Transportation Research Board”, Special Report 247, National Academy Press, pp. 36-75, Washington D.C.

Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.0.4: A compilation of potential sources for earthquakes larger than  $M 5,5$  in Italy and surrounding areas, in I. N. d. G. e *Vulcanologia*, ed., <http://diss.rm.ingv.it/diss/>.

Ferrarese, F., Sauro, U. & Tonello, C., 1998. The Montello Plateau. Karst evolution of an alpine neotectonic morphostructure, *Zeit. für Geomorph.*, N.F. Suppl.-Bd., 109, 41–62.

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.*, 161, 739-762.

Galadini, F., Meletti, C. & Vittori, E., 2001b. Major active faults in Italy: available surficial data, *Geol. en Mijn.* (Netherlands Journal of Geosciences), 80, 273–296.

Meletti, C., Galadini, F., Valensise, G., Stucchi, M., Basili, R., Barba, S., Vannucci, G., Boschi, E., 2007. The ZS9 seismic source model for the seismic hazard assessment of the Italian territory. *Tectonophysics*.

Merlini, S., Doglioni, C., Fantoni, R. & Ponton, M., 2002. Analisi strutturale lungo un profilo geologico tra la linea Fella-Sava e l’avampaese adriatico (Friuli Venezia Giulia-Italia), *Mem. Soc. Geol. It.*, 57, 293–300

Peruzza, L., Poli, M.E., Rebez, A., Renner, G., Rogledi, S., Slejko, D. & Zanferrari, A., 2002. The 1976–1977 seismic sequence in Friuli: new seismotectonic aspects, *Mem. Soc. Geol. It.*, 57, 391–400

Sirovich, L., Pettenati, F. & Bobbio, M., 2000. Inversione di intensità macro-sismiche per le faglie di terremoti storici, in *Le ricerche del GNDT nel campo della pericolosità sismica (1996–1999)*, pp. 237–245, eds Galadini, F., Meletti, C. & Rebez, A., CNR—Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Roma, Italy.

M. Sukan e L. Peruzza, Distretti Sismici del Veneto in *Bollettino di Geofisica Teorica e Applicata* Vol. 52 n. 4 supplement., dicembre 2011

TRANSALP Working Group, 2002. First deep reflexion images of the Eastern Alps reveal giant crustal wedges and transcrustal ramps. *Geophysical Research Letters* Vol.29, N. 10, pp. 92-1 / 92-4.

Valensise, G., Pantosti, D. (Eds.), 2001a. Database of potential sources for earthquakes larger than  $M 5.5$  in Italy. *Annali di Geofisica*, 44(4), Suppl., 797–964, with CD-ROM.

Zanferrari, A. et al., 1982. Evoluzione neotettonica dell’Italia nord-orientale, *Mem. Sc. Geol.*, 35, 355–376.

**Per quanto riguarda i riferimenti bibliografici dei cataloghi sismici citati nel testo:**

**NT4.1** - Camassi R. e Stucchi M., 1998. NT4.1, un catalogo parametrico di terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno

**CPTI11** - A. Rovida, R. Camassi, P. Gasperini e M. Stucchi (a cura di), 2011. *CPTI11, la versione 2011 del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani*. Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI>

**CPTI04 (maggio 2004)** - Gruppo di lavoro CPTI (2004).  
Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2004 (CPTI04), INGV, Bologna. <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/>

**DBMI11** - M. Locati, R. Camassi e M. Stucchi (a cura di), 2011. DBMI11, la versione 2011 del Database Macrosismico Italiano. Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11>.

**DBMI04** - Stucchi et alii. (2007). DBMI04, il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04. <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/>  
Quaderni di Geofisica, Vol 49, pp.38.

**DOM4.1** - Monachesi G. e Stucchi M.: "DOM4.1, un database di osservazioni macrosismiche di terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno"

## 11- ALLEGATI

Gli allegati alla Relazione Illustrativa sono così suddivisi:

- **Allegati “Indagini Pregresse”** contengono le indagini pregresse già documentate nel P.A.T.I, oltre ad altre indagini reperite.
  - Prova penetrometrica dinamica media (DPM)
  - Prova penetrometrica dinamica super pesante (DPSH)
  - Trincea o pozzetto esplorativo
  - Prova penetrometrica in foro (SPT)
  - Sismica a rifrazione
  
- **Allegati “Indagini MS”**: contengono le indagini realizzate ex novo:
  - Elaborati delle 10 prove sismiche con tecnica MASW realizzate nell’ambito del seguente studio di MS;