



Regione Veneto  
Comune di Cornuda



# MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO

## Relazione illustrativa



Regione	Soggetto realizzatore	Data

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2. CARTA DELLE FREQUENZE NATURALI DEI DEPOSITI .....</b>	<b>4</b>
<b>3. CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO .....</b>	<b>7</b>
3.1. Premessa.....	7
3.2. Valutazione degli effetti morfologici.....	8
3.2.1. Zona di scarpata .....	8
3.2.2. Zona di cresta e/o cocuzzolo.....	10
3.3. Valutazione degli effetti litologici.....	12
3.4. Zona di fondovalle.....	15
3.5. Instabilità di versante.....	16
3.5.1. Frane attive e/o quiescenti .....	16
3.5.2. Aree potenzialmente in frana .....	16
3.6. Liquefazione.....	26
3.7. Zone con cavità sotterranee.....	30
3.8. Zone interessate da comportamenti differenziali .....	30
<b>4. SINTESI E CONSIDERAZIONI FINALI .....</b>	<b>31</b>
4.1. Premessa.....	31
4.2. Proposta di Prescrizioni normative .....	32
4.2.1. Gradi di approfondimento dello studio sismico.....	32
4.2.2. Casi di applicazione degli approfondimenti.....	34
4.2.3. Aree con effetti morfologici di scarpata .....	35
4.2.4. Fasce interessate da fenomeni amplificazione di bordo.....	35
4.2.5. Aree potenzialmente in frana .....	36
4.2.6. Zone suscettibili di instabilità per liquefazione .....	36
4.2.7. Zone interessate da fenomeni carsici .....	37
4.2.8. Zone interessate da comportamenti differenziali .....	37
4.2.9. Zone con necessità di approfondimento.....	37
<b>5. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>39</b>

# 1. PREMESSA

Su incarico del Comune di Cornuda è stato redatto lo studio di Microzonazione Sismica di II° livello in ambito del I° Piano degli Interventi in fase di realizzazione. Lo studio è stato predisposto ai sensi della DGR 1572/2013: *“Definizione di una metodologia teorica e sperimentale per l'analisi sismica locale a supporto della pianificazione. Linee Guida Regionali per la microzonazione sismica. (D.G.R. 71/2008, D.G.R. 2877/2008 e D.lgs. 163/2006 e abrogazione D.G.R. n. 3308/08)”* e dello specifico Allegato A): *“Linee guida per l’esecuzione di studi di Microzonazione Sismica”*.

Lo studio di II° livello fa riferimento allo studio di microzonazione di I° livello del Comune di Cornuda, redatto dagli scriventi ed al quale si rimanda per tutte le informazioni di carattere generale e più specifiche come quelle riguardanti l'esecuzione ed interpretazione delle misure geofisiche. In particolare, lo studio di livello 1 è stato redatto facendo riferimento alle seguenti direttive:

- *“Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica”* – Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome – Dipartimento della Protezione Civile - Anno 2008.
- *“Standard di rappresentazione e archiviazione informatica - Specifiche tecniche per la redazione in ambiente GIS degli elaborati cartografici della microzonazione sismica”* Ver 3.0 Ottobre 2013 - Commissione Tecnica per il monitoraggio degli studi di Microzonazione Sismica.

Lo studio di livello 1 si è articolato nelle seguenti fasi principali:

- Raccolta dati relativi a studi, perizie e rilievi geologici-geomorfologici-idrogeologici, indagini geognostiche e geofisiche nel territorio comunale.
- Analisi in chiave sismologica della cartografia geologica comunale relativa al P.R.G e al P.A.T.
- Ricostruzione della sismicità storica del territorio e riconoscimento di eventuali strutture potenzialmente sismogenetiche, o in grado di generare amplificazioni sismiche. Definizione dei parametri sismologici del territorio comunale (Magnitudo attesa, PGA ecc.) attraverso la consultazione dei cataloghi e dati forniti dagli enti istituzionali.
- Esecuzione ed elaborazione di nuove indagini geofisiche
- Esecuzione di nuove indagini geognostiche
- Sintesi di tutti i dati raccolti
- Elaborazione della cartografia e relativi commenti

In aggiunta a questi studi ed indagini, lo studio di livello 2 ha preso in considerazione i seguenti aspetti:

- Valutazione degli effetti morfologici
- Valutazione degli effetti litologici
- Analisi delle zone di fondovalle
- Situazioni caratterizzate da instabilità di versante
- Zone con possibili fenomeni di liquefazione
- Zone con cavità sotterranee
- Zone interessate da comportamenti differenziali.

Infine, sulla base di quanto emerso dagli studi di livello 1 e 2, sono state proposte delle prescrizioni normative, finalizzate alla riduzione del rischio sismico, in un territorio contraddistinto da una sismicità medio-elevata e nel quale l'assetto geologico-stratificato presenta delle situazioni predisponenti l'insorgere di significative amplificazioni del moto sismico o il possibile verificarsi di altri fenomeni sismoindotti.

## 2. CARTA DELLE FREQUENZE NATURALI DEI DEPOSITI

La carta delle frequenze naturali dei terreni è stata predisposta indicando per ogni stazione di misura il valore di frequenza di risonanza misurato e definendo la dimensione dei simboli in base all'ampiezza del picco di risonanza.

A causa della elevata variazione morfologica, geologica e litostratigrafica, non è stata prodotta una carta delle frequenze utilizzando delle campiture areali, che individuassero delle zone di isofrequenza, poiché si è ritenuto che potesse fornire indicazioni non coerenti, con frequenze

La carta è comunque predisposta con le HVSR disponibili, che sono risultate 40 in totale.

Le misure eseguite nel corso di questa indagine, sono state effettuate con un sismografo modello SR04S3 "Geobox" prodotto dalla Ditta SARA S.r.l.. Si tratta di un tromografo digitale avente un intervallo di acquisizione sulle frequenze da 0,1 a 100 Hz, dotato di sistema di acquisizione digitale ad alta risoluzione (24 bit). Lo strumento viene posizionato sul terreno orientandolo verso il Nord magnetico ed assicurandone la livellazione micrometrica tramite bolla di precisione, agendo sui tre punti di appoggio. Lo strumento è gestito da p.c. portatile per mezzo del software "Seismowin", fornito dalla ditta costruttrice. Ogni stazione di misura ha avuto una durata di 20 minuti; la frequenza di campionamento è stata mantenuta pari a 200 Hz.

I dati acquisiti sono stati trattati con il software di elaborazione di microtremiti "Geopsy" (Sesame Projet), in accordo con le direttive europee del progetto SESAME per il trattamento e l'elaborazione delle tecniche di analisi di rumore sismico a stazione singola. I segnali acquisiti sono stati suddivisi in finestre temporali di 25 s. Dal computo spettrale sono stati esclusi gli eventi transienti più evidenti, legati al rumore antropico.

Va ricordato che dai rapporti spettrali ricavati con questa metodologia non è possibile stabilire i fattori di amplificazione sismica, per la valutazione dei quali necessitano analisi più complesse.

Nella Tabella seguente, sono riportati i risultati di tutte le misure HVSR eseguite, mentre in allegato compaiono i relativi diagrammi.

Tabella 1: risultati delle misure HVSR

<b>Stazione HVSR</b>	<b>Frequenza (Hz)</b>	<b>Ampiezza</b>
026023P21	5,7	3
026023P22	3,2	2,4
026023P23	3,5	2,5
026023P24	5,5; 8	2,7; 3
026023P25	2,8	2,7

<b>Stazione HVSR</b>	<b>Frequenza (Hz)</b>	<b>Ampiezza</b>
026023P26	3,2	2
026023P27	2,2	2,2
026023P28	2,1	2,2
026023P29	4,7; 13	2,2; 3,2
026023P30	2,1; 15	1,7; 2,3
026023P31	7,8	3,3
026023P32	8,3	5,5
026023P33	4,7; 8,6	3,2; 3,8
026023P34	2,4; 10	2,8; 4,3
026023P35	5,3	7,5
026023P36	2,8	5,1
026023P37	3,2 – 3,8	4
026023P38	4,3	7
026023P39	3,9	5,7
026023P40	5,2	2,4
026023P41	5,8	4,5
026023P42	5,7	5,4
026023P43	4,5 - 8	3,4
026023P44	n.p.	
026023P45	n.p.	
026023P72	n.p.	
026023P73	3; 10,5	2,5; 5
026023P74	5,4	5
026023P75	3,2; 4,5	3,5; 3,9
026023P76	4,6; 6,5	2,4
026023P77		
026023P78	3,7; 4,4	4,3
026023P79	2,8 – 4,5	3,2
026023P80	n.p.	
026023P82	3,2	9
026023P83	2,4	2,8
026023P84	4,7	2,2

Stazione HVSR	Frequenza (Hz)	Ampiezza
026023P85	2,2	8,8
026023P86		
026023P87	4,9	2,3

L'esame della tabella e della carta delle frequenze permette di effettuare le seguenti considerazioni generali.

- a)** Sono stati misurati picchi di risonanza con elevata ampiezza nelle aree situate in corrispondenza della fascia pedecollinare, lungo la valle che conduce a Onigo (Via San Vettore), nelle aree interessate dal “ferretto” e vicino alle “Fornaci del Fagarè”. In queste zone l'ampiezza dei picchi è, di solito, maggiore di 4, arrivando a valori massimi pari a 9, mentre le frequenze risultano comprese tra 2 e 8 Hz, rientrando quindi nell'ambito dei valori di interesse ingegneristico. I valori elevati di ampiezza sono espressione di forti contrasti di impedenza sismica tra i terreni appartenenti alla copertura quaternaria ed il substrato lapideo. Dal punto di vista della microzonazione l'esistenza di questi picchi di ampiezza elevata, indica la possibilità che si verifichino significativi fenomeni di amplificazione del moto sismico.
- b)** Nelle zone di pianura dove è presente una coltre di depositi ghiaioso sabbiosi caratterizzati da valori medio-elevati della velocità delle onde di taglio, i picchi di risonanza sono più blandi, con ampiezze comprese, di solito, tra 2 e 3. Le frequenze oscillano tra 2 e 5 Hz circa. Questi picchi sono stati interpretati come espressione del contatto tra la copertura alluvionale ed il sottostante substrato, probabilmente rappresentato da conglomerati.
- c)** In corrispondenza delle stazioni P77 e P86 non sono stati indicati i valori di frequenza e ampiezza poiché le misure sono risultate non interpretabili.

### 3. CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO

#### 3.1. Premessa

Lo studio di Microzonazione Sismica di II° livello del Comune di Cornuda è stato redatto sulla base della DGR 1572/2013.

Oltre alle indicazioni previste dall'allegato A) della DGR 1572/13, sono state analizzate le condizioni specifiche del territorio comunale individuando gli elementi oggetto di approfondimento nell'ambito della MS di II° livello.

In particolare, viste le condizioni oggettivamente peculiari del territorio comunale, è stata prevista una posticipazione alla fase progettuale di alcune analisi puntuali proprio per renderle più efficienti in base alla ubicazione dell'intervento, alla sua complessità e alla tipologia. Nella tabella seguente (ripresa dalla fig. 2 dell'allegato A della Delibera) viene esplicitata, per ogni singola tipologia di instabilità/amplificazione, la presenza sul territorio comunale e le procedure applicate nel presente studio.

Tabella 2: procedure di microzonazione sismica

SIGLA	Scenario di pericolosità	Presenza nel territorio	Procedura utilizzata
P1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	SI	Individuati da PAT, aggiornati da dati e sopralluoghi
P1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	SI	Individuati da PAT, aggiornati da dati e sopralluoghi.
P1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	SI	Analisi dello spostamento apparente in caso di pendii in terra e della distanza di rotolamento massi in caso di pareti rocciose.
P2a	Zona con terreni di fondazione particolarmente scadenti quali depositi altamente compressibili, ecc.	NON significativa	Le indagini disponibili non hanno individuato aree significative.
P2b	Zona con depositi granulari fini saturi	SI	Eseguite prove geognostiche specifiche ed eseguite le verifiche su 5 verticali
P2c	Zona caratterizzata da coltri di terreno di riporto o che hanno subito riempimenti antropici	NON significativa	Le indagini disponibili non hanno individuato aree significative.
P3a	Linea di ciglio $H > 10$ m (scarpata, bordo di cava, nicchia di cava, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc...)	SI	Analizzate le amplificazioni e stimate sulla base degli abachi.
P3b	Zona di cresta e/o cocuzzolo: appuntita – arrotondata	SI	Analizzate le amplificazioni e stimate sulla base degli abachi.
P4a	Zona di fondovalle ampie e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	SI	Calcolati i valori di $F_a$ ed $F_v$
P4b	Zona di fondovalle stretta ( $C > 0.25$ ) od in presenza di forme geometriche sepolte tali da non permettere di considerare il modello geologico monodimensionale	NO da approfondire	L'esame della morfologia e dei dati disponibili sulla profondità del substrato ha portato ad escludere la condizione anche se con valori prossimi al limite
P4c	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	NO	Le indagini disponibili non hanno individuato aree significative.



SIGLA	Scenario di pericolosità	Presenza nel territorio	Procedura utilizzata
P4d	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	NO	Le indagini disponibili non hanno individuato aree significative.
P4e	Zona con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	SI	Calcolati i valori di Fa ed Fv
P5a	Linea di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	SI	Si è valutato il contatto tra Conglomerati e terreni a tessitura limoso-argillosa
P5b	Zona ove sono presenti o potenzialmente presenti cavità sotterranee o sinkhole	SI	Alcuni rilievi collinari dimostrano evidenze morfologiche. Le indagini specifiche sull'esistenza di cavità e sugli approfondimenti di III° livello sono demandati alla fase progettuale.

### 3.2. Valutazione degli effetti morfologici

Il territorio comunale di Cornuda è caratterizzato dalla presenza di alcuni rilievi collinari posti a nord e ad ovest del centro urbano, caratterizzati, nella maggior parte dei casi, dalla presenza di orizzonti conglomeratici a diverso grado di cementazione che, grazie alla loro tenacità, rappresentano delle condizioni litologiche e stratigrafiche tali da poter generare creste e versanti in alcuni casi particolarmente acclivi.

La valutazione di tali elementi è stata effettuata tramite l'analisi della CTR che, pur con i limiti di precisione propri di questo supporto, ha permesso di effettuare stime e valutazioni sugli effetti legati alle amplificazioni di tipo morfologico.

I limiti di questa valutazione, come già accennato, sono insiti nella precisione della cartografia; per approfondimenti ed affinamenti dei fattori di amplificazione specifici per ogni sito, si dovranno eventualmente effettuare rilievi topografici in grado di meglio definire la geometria ed i limiti delle scarpate e dei relativi cigli.

#### 3.2.1. Zona di scarpata

Le zone di scarpata che possono essere suscettibili di amplificazioni morfologiche devono possedere dei parametri che superano specifici limiti dimensionali esplicitati in modo semplificato dalla seguente figura tratta dall'Allegato A) della DGR 1572/2013.

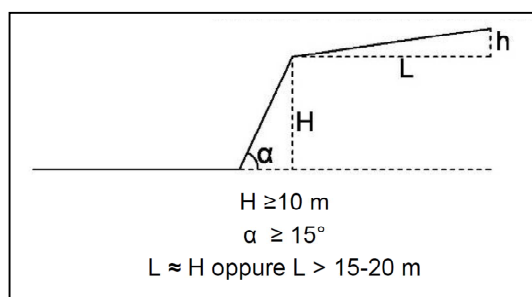


Figura 1: criteri di riconoscimento delle scarpate suscettibili di amplificazioni morfologiche

In pratica l'altezza deve essere maggiore di 10 metri e contemporaneamente l'angolo del pendio deve superare i 15°, inoltre il fronte superiore deve essere pari almeno all'altezza della scarpata o comunque non inferiore ai 15-20 metri.

I fattori di amplificazione legati alle caratteristiche geometriche delle scarpate sono riassunte nella seguente tabella (Figura 2).

Fattore di amplificazione per effetto morfologico			
Classe altimetrica	Classe di inclinazione	Fa 0.1-0.5	Area di influenza
10 m < H < 20 m	15° < $\alpha$ < 90°	1.1	Ai = H
20 m < H < 40 m	15° < $\alpha$ < 90°	1.2	Ai = 3/4 H
H > 40 m	15° < $\alpha$ < 20°	1.1	Ai = 2/3 H
	20° < $\alpha$ < 40°	1.2	
	40° < $\alpha$ < 60°	1.3	
	60° < $\alpha$ < 70°	1.2	
	$\alpha$ > 70°	1.1	

Figura 2: criteri di assegnazione dei Fattori di amplificazione

Gli elementi esplicitati in tabella sono noti con l'eccezione dell'area di influenza Ai che rappresenta la fascia di amplificazione situata a monte del ciglio della scarpata e la cui ampiezza è indicata nell'ultima colonna della tabella.

Il Fattore di amplificazione diminuisce spostandosi dal ciglio per raggiungere l'unità alla base della scarpata e, verso monte, sino al limite dell'area di influenza Ai.

È importante sottolineare che l'amplificazione complessiva di sito (amplificazione morfologica + amplificazione litostratigrafica) si ottiene con il prodotto dei due Fa specifici e non con la somma.

Nella figura seguente (Figura 3) è riportato un esempio cartografico dei fattori di amplificazione, si può osservare l'andamento asimmetrico dell'amplificazione rispetto al ciglio di scarpata e lo sviluppo rispetto alle aree urbanizzate (esempio a San Vettore di Cornuda).

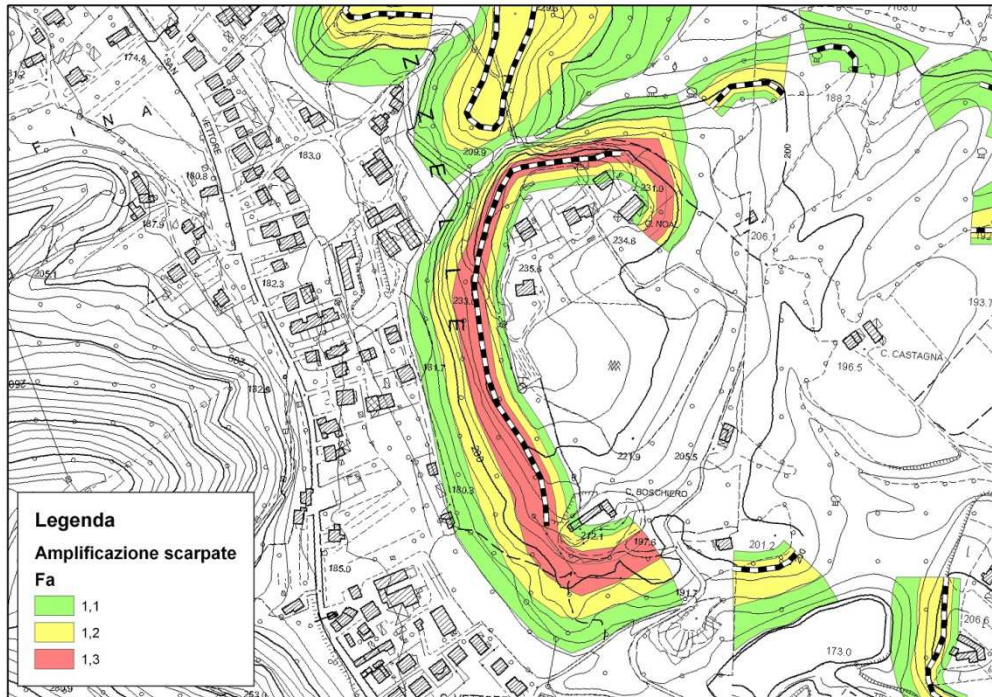


Figura 3: esempio di andamento del Fa in caso di scarpate

La prima attività è quindi consistita nella individuazione delle morfologie, che rispondessero ai requisiti minimi descritti, tramite un'analisi della CTR e successivamente anche con sopralluoghi mirati ad alcune aree più significative.

Alcune di queste fasce di amplificazione collegate alle zone di scarpata si sovrappongono alle aree con amplificazione litostratigrafica provocando di conseguenza un incremento di tale valore il quale, poiché derivante dal prodotto dei due termini, può divenire significativo.

### 3.2.2. Zona di cresta e/o cocuzzolo

L'esame della cartografia CTR ha portato ad individuare, all'interno delle aree urbanizzate o delle località sparse più significative, alcune fasce o punti specifici le cui caratteristiche geometriche portano a classificarli come creste o cocuzzoli. Tali conformazioni morfologiche risultano frequenti a causa dell'affioramento delle testate di strati più competenti rispetto ad altri meno tenaci (vedi quadro geolitologico descritto nell'ambito della MS di I° livello).

Lungo queste dorsali sono infatti superati i limiti geometrici indicati nella figura seguente (Figura 4) dove sono riportati i parametri necessari a classificare la cresta o dorsale. Inoltre le due dorsali in esame presentano un rapporto  $l/L < 1/3$  (larghezza cresta/larghezza base  $< 1/3$ ) e quindi possono essere definite come "Creste appuntite".

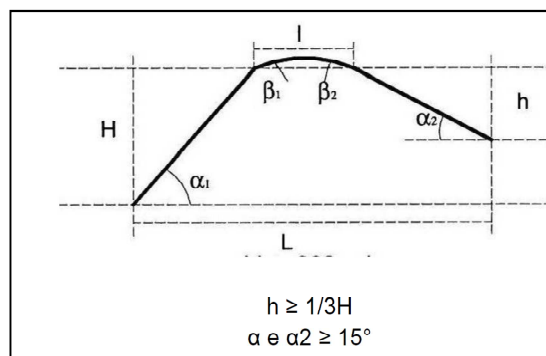


Figura 4: parametri dimensionali per creste/dorsali suscettibili di amplificazione

L'utilizzo degli abachi per la definizione del Fa in base al rapporto H/L porta a definire i valori di amplificazione illustrati nella seguente tabella.

Tabella 3: Attributi delle creste e dei cocuzzoli censiti

N.	Zona	Tipo	L	H	h	Alfa 1	Alfa 2	l	contr. H>1/3H	Tipo cresta	Rapporto H/L	Fa da abachi
1	Colle Cavasotta	Cocuzzolo	380	82	72	19	27	10	SI	appuntita	0,22	1,28
2	Est di Colle Cavasotta	Cocuzzolo	240	65	54	28	24	14	SI	appuntita	0,27	1,23
3	-	Cresta	126	26	26	22	22	20	SI	appuntita	0,21	1,08
4	Rabbiosa	Cresta	150	22	22	16	17	25	SI	appuntita	0,15	1,13
5	Sotto Madonna della Rocca	Cresta	224	32	27	14	15	15	SI	appuntita	0,14	1,12
6	Monte	Cresta	248	67	67	27	30	23	SI	appuntita	0,27	1,28
7	Palazzo	Cocuzzolo	212	47	38	22	21	31	SI	appuntita	0,22	1,18
8	Est di Monte Sulder	Cresta	565	170	110	24	29	10	SI	appuntita	0,30	1,4
9	Madonna Rocca est	Cresta	295	82	82	28	30	19	SI	appuntita	0,28	1,3
10	Madonna Rocca NO	Cresta	407	80	60	18	20	25	SI	appuntita	0,20	1,3
11	Nord di Case Zen	Cresta	220	50	45	25	21	38	SI	appuntita	0,23	1,19
12	Sud Monte Fagarè	Cresta	470	94	64	18	18	30	SI	appuntita	0,20	1,25
13	Busa dei Campi	Cresta	169	38	33	20,8	26	22	SI	appuntita	0,22	1,18
14	Casera delle Guardie	Cresta	140	20	15	13,5	14,5	17	SI	appuntita	0,14	1,05
15	Val Pora	Cresta	167	23,6	13,6	11	16,7	16	SI	appuntita	0,14	1,11
16	Est Monte Palazzo	Cresta	110	23	18	20,3	22,3	22	SI	appuntita	0,21	1,08
17	Ca Bianca	Cresta	170	70	60	35	43	27	SI	appuntita	0,41	1,35
18	Ovest Monte Palazzo	Cresta	90	25	20	40	25	10	SI	appuntita	0,28	1,12
19	Sud Ronfina	Cresta	120	30	25	35	27	15	SI	appuntita	0,25	1,1
20	Nord Madonna della Rocca	Cresta	160	50	30	27	31	10	SI	appuntita	0,31	1,3
21	Nord Ronfina	Cresta	115	20	20	27	22	13	SI	appuntita	0,17	0,8

L'attribuzione del Fa risente comunque di alcuni parametri soggettivi, come ad esempio la larghezza di base del colle o le altezze, poiché non sempre si riscontrano precisi limiti morfologici sui quali delimitare le geometrie.



Lo sviluppo del calcolo tramite gli abachi è stato applicato a tutte le dorsali individuate sul territorio comunale, mentre in cartografia i fattori di amplificazione inseriti sono quelli relativi alle aree urbanizzate o interessate da case sparse (Figura 5).

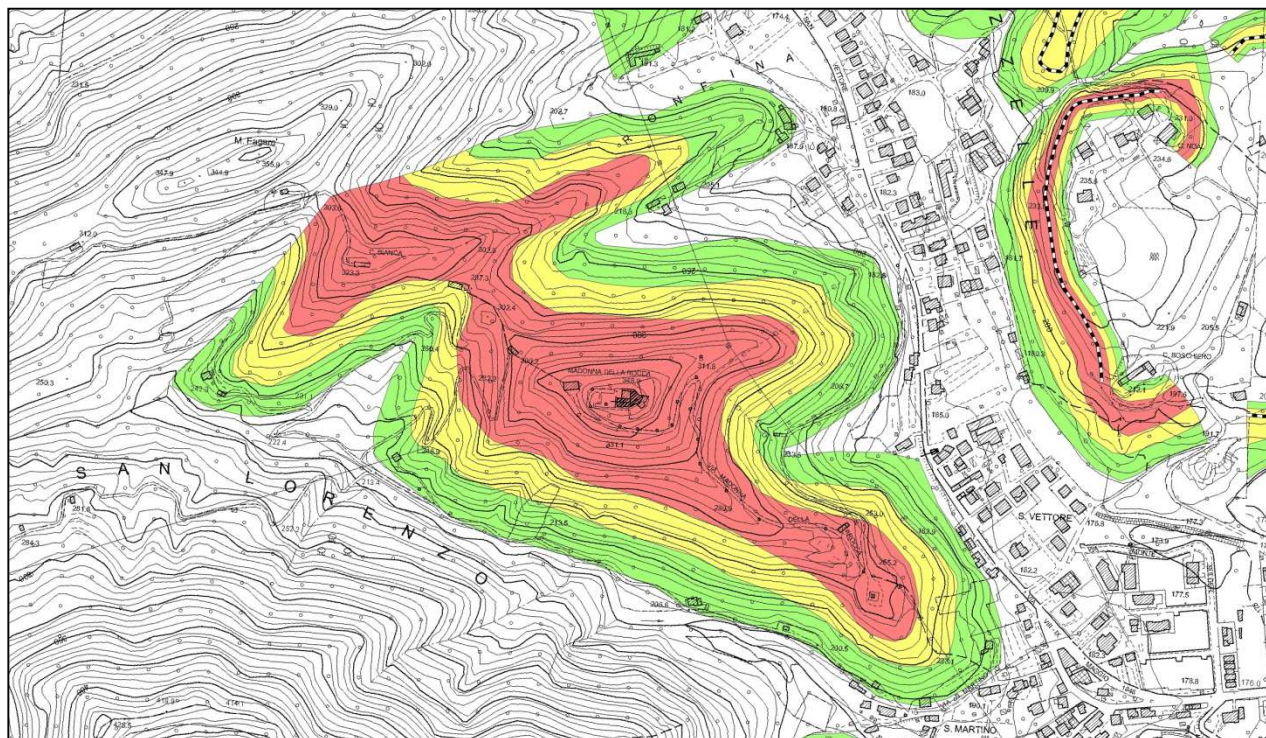


Figura 5: esempio di amplificazione legata alla presenza di creste/cocuzzoli nella zona della Madonna della Rocca.

Si ritiene utile come rimarcare come le indicazioni sulle amplificazioni morfologiche siano fornite sulla base di morfologie semplificate e utilizzo di abachi standard, per ottenere valori più precisi e definiti servono indagini morfologiche più mirate e valutazioni sismiche specifiche. Le amplificazioni stimate in questa sede si devono intendere quindi di prima approssimazione.

### ***3.3. Valutazione degli effetti litologici***

Per la valutazione degli effetti litologici, la normativa vigente, indica che per la microzonazione di 2° livello, si deve fare ricorso a metodi semplificati che prevedono l'uso di abachi. Allo stato attuale non essendo disponibili abachi specifici per la Regione Veneto, come indicato nella DGRV n. 1572 del 3 settembre 2013 – Allegato A, si sono utilizzati quelli inseriti nel Volume *“Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica”* della Protezione Civile Nazionale.

Gli abachi forniscono due valori di amplificazione sismica  $F_a$  ed  $F_v$  così definiti

- a)  **$F_a$**  : fattore di amplificazione a basso periodo (determinato intorno al periodo proprio per il quale si ha il massimo della risposta in accelerazione)
- b)  **$F_v$**  : fattore di amplificazione a periodo proprio (per il quale si ha la massima risposta in pseudovelocità).

Per la valutazione di Fa ed Fv è necessario conoscere la litologia prevalente del sottosuolo nel sito considerato, l'andamento della velocità delle onde di taglio (Vs) con la profondità e la profondità del bedrock sismico. Gli abachi sono costruiti per tre diversi profili di velocità nel sottosuolo:

Profilo 1: velocità costante ( $V_{SH}$ ) lungo tutto lo spessore del deposito

Profilo 2: velocità crescente con la profondità con il gradiente massimo

Profilo 3: profilo di velocità crescente con la profondità con gradiente intermedio tra i due precedenti

L'utente sulla base delle conoscenze geologiche e geofisiche dell'area deve scegliere quale profilo è più idoneo a rappresentare la situazione in esame. Per i territori considerati nel corso del presente studio è stato utilizzato il profilo con gradiente massimo.

Infine, gli abachi forniscono i valori di amplificazione per tre classi di ag: 0,06g, 0,18g, 0,26g. Per il Comune di Cornuda sono stati sempre utilizzati gli abachi riferiti al valore di 0,26g.

La stima dei Fattori di amplificazione litostratigrafici è stata ottenuta tramite i valori di Vs ricavati dalle prove MASW, le quali hanno portato a definire la velocità media delle onde di taglio della copertura, del substrato sismico e la profondità dalla superficie di quest'ultimo.

Per quanto riguarda la litologia, gli abachi nazionali prevedono soltanto tre tipologie di depositi sciolti: ghiaie, sabbie e argille. Nelle necessarie semplificazioni per poter utilizzare gli abachi stessi sono sempre stati scelti approcci conservativi che, nel caso di dati in ingresso non ben classificabili nell'ambito della griglia prevista dal DPC, privilegiavano il dato che determinava un Fa più elevato.

Tale scelta è stata applicata, oltre che nella classificazione litologica, anche in quella relativa alla Vs e alla profondità del substrato, senza utilizzare i metodi classici di interpolazione che, a nostro parere, trovano scarsa importanza nel caso specifico, vista la elevata variabilità litostratigrafica non ben rappresentata dalle classificazioni proposte.

La valutazione dei Fattori di amplificazione è stata fatta per tutti i profili MASW eseguiti e per un punto di misura HVSR, ricavando i valori riportati nella tabella seguente.

Tabella 4: Valori di Fa e Fv ricavati dagli abachi

<b>Codice Profilo MASW/HVSR</b>	<b>FA</b>	<b>FV</b>
026023L1	1,53	1,39
026023L2	1,53	1,39
026023L3	1,54	1,26

<b>Codice Profilo MASW/HVSR</b>	<b>FA</b>	<b>FV</b>
026023L4	1,24	1,24
026023L5	1,54	1,26
026023L6	1,72	1,58
026023L7	1,41	1,60
026023L8	1,88	1,21
026023L9	1,88	1,21
026023L10	2,65	1,13
026023L11	2,83	1,27
026023L12	1,47	1,51
026023L13	2,83	1,27
026023L14	>3,3	>3,19
026023L15	1,73	1,39
026023L16	2,73	1,54
026023L17	1,96	1,31
026023L18	1,24	1,24
026023L19	1,26	1,19
026023P85	3,3	2,63

Come si vede, i valori dei fattori di amplificazione sono molto diversi in funzione della posizione del punto di misura. L'analisi della tabella e della carta di microzonazione sismica, nella quale il territorio è stato suddiviso in classi con valori di FA crescente, consente di fare le seguenti considerazioni.

- Nei territori di pianura i valori di FA si mantengono su valori relativamente bassi, compresi tra 1,2 e 1,7.
- Avvicinandosi alla fascia pedecollinare i valori di FA tendono a crescere attestandosi a valori compresi tra 1,8 e 2,0.

- Nella zona pedecollinare ed in parte in quella collinare dove è presente il “ferretto”, i valori di FA sono maggiori di 2.
- Lungo la valle situata tra le località Brotto e Biancospino e nel fondovalle del T. Nasson FA risulta maggiore di 3.

E' da rimarcare come in alcune zone del territorio comunale i valori dell'amplificazione risultino molto elevati, risultando maggiori di 2 e, localmente, maggiori di 3; all'interno di queste zone, spesso i punti di misura HVSR forniscono picchi di risonanza con ampiezza elevata. Tali elementi, conducono a considerare i settori di territorio con queste caratteristiche particolarmente esposti al rischio sismico.

### 3.4. Zona di fondovalle

Le zone di fondovalle possono dare origine ad amplificazioni anche significative del moto sismico per tale motivo devono essere analizzate nei casi in cui la conformazione della valli stesse rientri in specifici parametri fissati dagli Indirizzi e criteri per la Microzonazione sismica.

In particolare occorre innanzitutto classificare la morfologia della valle in stretta o larga sulla base di un *Coefficiente di forma* “C” che si può calcolare sulla base della seguente formula:

$$C = h/l$$

Dove:

h = Spessore della coltre alluvionale

l = Semiampiezza della valle

Se  $C < 0,25$  allora la valle si può considerare larga e gli effetti di amplificazione si possono configurare come litostratigrafici, mentre se  $C > 0,25$  allora la valle si deve considerare stretta e si devono considerare gli approfondimenti tipici del III° livello.

Nella seguente tabella sono riportati i parametri che caratterizzano la valle principale posta a nord di Cornuda e che permettono la sua classificazione. Le sezioni utilizzate per la classificazione sono quelle poste in corrispondenza dei centri abitati e dei punti in cui i fianchi vallivi sono più vicini per considerare le condizioni di maggiore rilevanza.

Tabella 5: parametri di classificazione della valle sepolta

Località	Larghezza	Prof. substrato	Coeff. C	Tipo	Vs copertura	Vs substr.	Funzione Cv	Verifica III° livello
Madonna della Rocca	135	15,5	0,2296	Valle larga	170	700	0,368	NO
Ronfina	170	13	0,1529	Valle larga	170	700	0,368	NO
Monte Palazzo	162	18	0,2222	Valle larga	170	700	0,368	NO



Secondo l'allegato A) deve inoltre essere verificato il rapporto tra il Coefficiente di Forma C ed il coefficiente Cv che rappresenta il rapporto tra la velocità Vs del substrato e quella dei terreni di copertura.

La formula che deve essere verificata è la seguente.

$$C > \frac{0,65}{\sqrt{Cv - 1}}$$

Dove:

$$C = h/l$$

$$Cv = V_{s_{sub}}/V_{s_{cop}}$$

Nel caso in cui la formula sia verificata bisogna in ogni caso portare l'analisi al terzo livello di approfondimento.

Dall'esame della tabella si evidenzia innanzitutto che tutte le sezioni analizzate si possono riferire alla tipologia di Valle larga e che la formula precedente non è mai soddisfatta.

### **3.5. Instabilità di versante**

#### **3.5.1. Frane attive e/o quiescenti**

Sono state riportate in cartografia le frane attive e/o quiescenti definite e classificate nell'ambito del PAT con alcuni aggiornamenti per fenomeni gravitativi che sono stati riscontrati durante i sopralluoghi e di cui si è avuto notizia da parte dell'ufficio tecnico comunale.

Queste aree non possono essere soggette a previsioni urbanistiche che ne incrementino il "carico".

Nei casi in cui le aree classificate come frane attive o quiescenti interessino aree urbanizzate, in sede di modifiche, adeguamenti o ristrutturazione degli edifici esistenti si dovrà procedere con l'analisi di III° livello.

#### **3.5.2. Aree potenzialmente in frana**

##### 3.5.2.1. Frane in pendii nell'ambito delle terre

La valutazione e la classificazione delle aree potenzialmente in frana, nell'ambito della MS di II° livello, avviene tramite la stima di un parametro definito come "Massimi spostamenti attesi" in caso di sisma, che può fornire una classificazione sulla pericolosità delle varie aree interessate.

Tale valutazione possiede un mero valore relativo permettendo il confronto tra aree diverse ma può essere considerato solo come indagine territoriale e non come valutazione di sito come peraltro specificato anche nell'allegato A) alla DGR 1572/2013 che si riporta: "Si precisa che i

risultati ottenuti con tali metodi hanno solo valore comparativo e non possono essere esportati a scala del manufatto”.

Per il caso in esame, tra i vari indicati nell'allegato citato, si è utilizzato il metodo illustrato da Romeo R.W. (*Seismically induced landslide displacement: a predictive model. Engineering geology, 58, 337-351 – [2000]*) che è sembrato il più adatto all'ambito territoriale di Cornuda, sia come estensione sia per tipologia di dati disponibili.

Tra le varie espressioni previste dallo studio di Romeo per determinare lo spostamento in caso di sisma è stata scelta quella che prende in considerazione la distanza dall'epicentro del sisma (indicata peraltro anche nella pubblicazione *Indirizzi e criteri per la Microzonazione sismica*) e che in forma matematica risulta così esplicitata:

$$\log_{10}D(cm) = -1,281 + 0,648M - 0,934\log_{10}\sqrt{RE^2 + 3,5^2} - 3,699K + 0,225S \pm 0,418$$

Dove:

M = Magnitudo attesa

RE = Distanza in chilometri dall'epicentro

K = Coefficiente che dipende dall'accelerazione di picco, dall'angolo della superficie di frana e dal fattore di sicurezza

S = Coefficiente che varia tra 0 e 1 in base alle Vs dei terreni (1=terreno soffice, 0 = terreno duro)

Il coefficiente K si ricava dalla seguente espressione (indicata anche nella pubblicazione *Indirizzi e criteri per la MS II - Linee guida, a pagina 99*)

$$K = kc \frac{g}{a_{max}}$$

Dove:

kc = Coefficiente sismico critico (kc = a<sub>c</sub>/g)

g = Accelerazione di gravità

a<sub>max</sub> = Accelerazione di picco in caso di sisma

Infine l'accelerazione critica a<sub>c</sub> si ricava dalla seguente formula:

$$a_c = (FS - 1)g \text{ sen } \alpha$$

Dove:

FS = Fattore di sicurezza

g = Accelerazione di gravità

α = Angolo di inclinazione della superficie di scorrimento

Definita così la procedura di calcolo, nei paragrafi seguenti vengono descritte le modalità con cui sono stati determinati i valori inseriti nelle formule illustrate precedentemente.

### Coefficiente - S

Il coefficiente varia in base alla Vs, per la valutazione è stata utilizzata la carta geologico tecnica assegnando alle diverse litologie un valore che considerasse le condizioni e le caratteristiche dei terreni interessati.

Il coefficiente varia da 0 a 1 in base alle Vs del terreno (1=terreno soffice; 0=terreno rigido).

Nella tabella seguente sono riportate le formazioni rocciose del substrato e i terreni quaternari ed il relativo coefficiente S assegnato. Come base dati sono stati utilizzati principalmente due cartografie disponibili: la carta geologica del Piano di Assetto Territoriale del Comune di Cornuda e la cartografia alla scala 1:30.000 allegata allo studio "Rilevamento geologico dell'apparato morenico, fluvio-glaciale e fluviale da Quero al Montello, allo sbocco del Piave nella pianura (Treviso)" redatto da Venzo, Petrucci e Carraro nel 1976.

Tabella 6

<b>Nome Formazione carta VENZO</b>	<b>Nome Formazione carta PAT</b>	<b>Classificazione Standard</b>	<b>Coeff. S</b>	<b>Note</b>
Molasse, argille, marne e marne arenacee del Langhiano	Rocce tenere a prevalente coesione	<b>ALS</b> ( <i>alternanza di litotipi stratificato</i> )	0,5	Zona collinare più settentrionale
Conglomerati fluviali-deltizi a ciottoli improntati ( <i>messiniano conglomeratico</i> )	Rocce compatte prevalenti alternati a strati o interposizioni tenere	<b>GRS</b> ( <i>substrato granulare cementato stratificato</i> )	0,2	Fascia collinare meridionale
Lenti argillose di Casa Bortolon	-	<b>CO</b> ( <i>Substrato coesivo sovra consolidato</i> )	0,8	Intercalazioni argillose entro i conglomerati nella valle di Cornuda
Argille della Fornace di Cornuda ( <i>Zancleano-Piacenziano</i> )	-	<b>CO</b> ( <i>Substrato coesivo sovra consolidato</i> )	0,8	Livello argilloso posto alla base del Villafranchiano conglomeratico. Utilizzato dalla fornace di Cornuda
Villafranchiano conglomeratico ( <i>Calabriano</i> )	Rocce compatte prevalenti alternati a strati o interposizioni tenere	<b>GRS</b> ( <i>substrato granulare cementato stratificato</i> )	0,2	Livello conglomeratico che circonda le ultime colline verso la pianura
Conglomerati dell'Anaglaciace Mindel – Pleistocene antico	Rocce compatte prevalenti alternati a strati o interposizioni tenere	<b>GRS</b> ( <i>substrato granulare cementato stratificato</i> )	0,2	Livello conglomeratico che circonda le ultime colline verso la pianura
Alto sistema terrazzato con paleosuolo ad argille rosse brune "ferretto" ( <i>fluviale Mindel</i> )	Materiali poco consolidati e costituiti da frazione limo-argillosa prev. con subordinate inclusioni sabbioso-ghiaiose (Sp. 7-8 metri)	<b>GC</b> ( <i>ghiaie argillose, miscele di ghiaia, sabbia e argilla</i> )	0,4	Sommità degli ultimi contrafforti a monte della pianura. Talvolta con doline.

<b>Nome Formazione carta VENZO</b>	<b>Nome Formazione carta PAT</b>	<b>Classificazione Standard</b>	<b>Coeff. S</b>	<b>Note</b>
Placa di loess argilloso giallo (Riss eolico)	-	<b>ML</b> ( <i>limi inorganici, sabbie fini limoso argillose di bassa plasticità</i> )	0,6	Piccola placca sulla collina a N-W di Cornuda
Alto ed esteso terrazzo ghiaioso con terreno bruno (fluvioglaciale e fluviale Würm I°)	Materiali granulari fluviali e fluvioglaciali antichi a tessitura prev. ghiaiosa e sabbiosa	<b>GW</b> ( <i>Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaie e sabbie</i> )	0,3	Area del territorio comunale in pianura e posta a N-E e S ed in mezzo alla valle di Cornuda
Terrazzo ghiaioso con terreno bruno (fluvioglaciale e fluviale Würm II°)	Materiale di accumulo fluvioglaciale o morenico grossolano in matrice fine sabbiosa	<b>GW</b> ( <i>Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaie e sabbie</i> )	0,3	Piana alluvionale ad est del Comune verso Crocetta
Conoidi e scarpate (alluvium medio e recente)	Materiali a tessitura eterogenea dei depositi di conoide e deiezione	<b>CL</b> ( <i>Argille inorganiche di bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose</i> )	0,8	Conoidi alla base dei versanti collinari e all'interno della parte più meridionale della valle di Cornuda.

#### Distanza dall'epicentro del terremoto - RE

Per l'assegnazione di tale parametro è stata utilizzata la faglia sismogenetica più vicina al territorio comunale di Cornuda ed identificata come ITIS102 Bassano - Cornuda che passa al limite meridionale del comune. Il territorio è stato poi suddiviso in base alle fasce chilometriche di distanza dalla faglia. I valori variano da un minimo di 0 ad un massimo di 4,5.

#### Magnitudo attesa - M

È stata utilizzata la magnitudo attesa per la faglia sismogenetica ITIS102 e pari a 6,6.

#### Calcolo dell'angolo della superficie di scorrimento - $\alpha$

La formula utilizzata per il calcolo degli spostamenti potenziali è stata verificata dall'autore per le superfici piane di scorrimento della frana, con una modesta approssimazione si è ritenuto possibile equiparare questa inclinazione con l'inclinazione del pendio, dato più facilmente generabile in uno studio a livello territoriale.

Ipotizzando quindi una superficie di scorrimento piana e corrispondente all'inclinazione del pendio, quest'ultima è stata calcolata tramite sistemi GIS suddividendo in classi di angoli diversi l'inclinazione del pendio con assegnazione di un codice di riferimento:

Tabella 7: Tabella classi pendio

Classi pendenza	Intervallo angoli pendio
1	0°-5°

Classi pendenza	Intervallo angoli pendio
2	5°-10°
3	10°-15°
4	15°-20°
5	20°-25°
6	25°-30°
7	30°-35
8	>35°

### Valutazione del coefficiente di sicurezza statico FS

In considerazione dell'ampiezza del territorio indagato, ed in mancanza di dati specifici che permettessero di valutare il Fs per ogni singola situazione, si è stimato il suo valore in riferimento all'angolo del pendio.

Poiché il Fattore di sicurezza diminuisce con l'aumentare della pendenza è stato utilizzato un grafico di confronto tra Fs e spostamento atteso e tramite processi interattivi è stato individuato un valore di Fs per ogni classe di pendenza, in modo tale che la distanza di spostamento apparente variasse in modo lineare al solo variare di Fs e dell'angolo del pendio (mantenendo costanti cioè tutti gli altri parametri). Le classi relative all'angolo del Pendio e del Fattore di sicurezza sono in pratica coincidenti. Il valore di Fs segue la seguente regola in funzione della classe del pendio.

Tabella 8: variazione Fs con le pendenza

Classe pendenza	Fattore di Sicurezza (Fs)
1	3,0
2	1,8
3	1,5
4	1,3
5	1,2
6	1,12
7	1,05
8	1,00

Plottando i risultati dell'applicazione del metodo di Romeo, al solo variare del Fs e dell'angolo del pendio, si è ottenuto il seguente grafico in cui sono confrontati i valori risultati dal calcolo dello spostamento apparente D al variare dell'angolo del pendio.

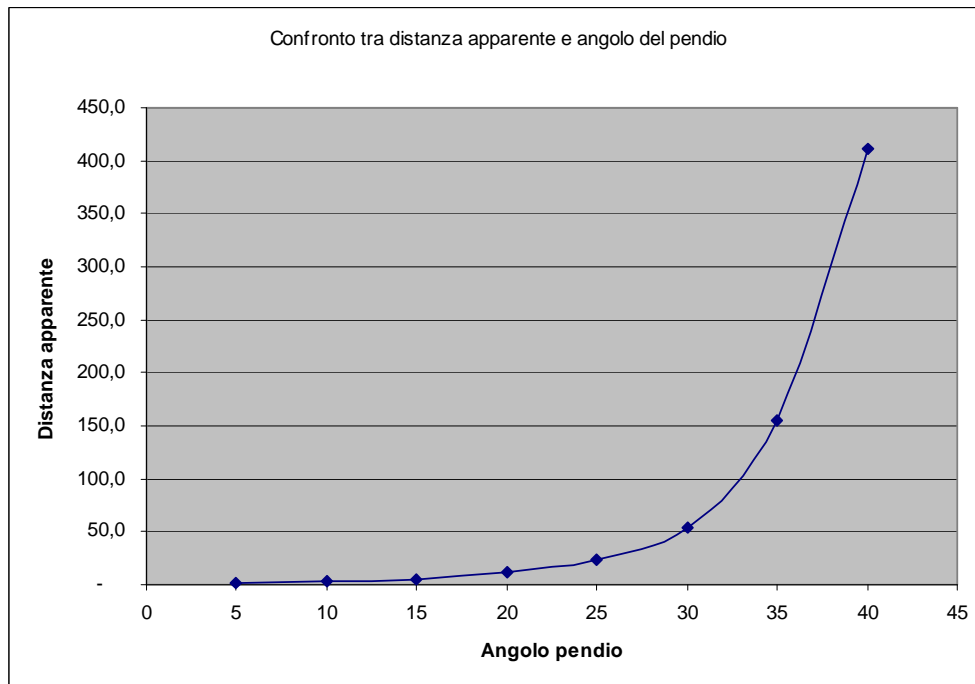


Figura 6: andamento del rapporto tra angolo del pendio (ascisse) e spostamento apparente (ordinate)

I valori così determinati del  $F_s$  sono stati poi applicati a tutti i casi reali individuati nell'area indagata per le diverse classi di superficie di scorrimento indicate in precedenza.

Assegnazione valore accelerazione di picco -  $a_{max}$

La valutazione dell' $a_{max}$  è stata portata a  $2,45 \text{ m/sec}^2$

Algoritmo di calcolo dello spostamento apparente -  $D$

Come accennato precedentemente per il calcolo dello spostamento apparente è stata utilizzata la formula semplificata di Romeo e tramite applicazioni GIS si è arrivati alla redazione della carta dello spostamento apparente  $D$  suddividendo in 10 classi i valori stimati secondo la seguente suddivisione.

Tabella 9: classi spostamento apparente

Classi spostamento apparente	Valore spostamento apparente [cm]
1	0-1
2	1-2
3	2-4
4	4-6
5	6-8
6	8-10
7	10-20

Classi spostamento apparente	Valore spostamento apparente [cm]
8	20-50
9	50-100
10	>100

Nella tabella seguente sono riportate le percentuali di frequenza delle diverse classi in cui è stato suddiviso il set completo di valore di D (spostamento apparente).

Tabella 10: frequenza delle classi di spostamento

Classi spostamento D [cm]	Classe	Percentuali frequenza
10-20	7	20%
100-500	10	17%
20-50	8	15%
2-4	3	15%
0-1	1	13%
8-10	6	10%
4-6	4	6%
1-2	2	2%
50-100	9	2%
6-8	5	1%
TOTALE		100%

Dall'esame della tabella si desume che le classi più rappresentate sono la n. 7, la n.10 e la n. 8 (che rappresentano significativi spostamenti apparenti) seguite dalle 3 e 1 che, al contrario, possono indicare un minimo rischio di movimenti gravitativi in caso di sisma.

Dall'esame della carta si evidenzia come le fasce più interessate siano rappresentate da versanti dei rilievi collinari posti nella fascia centro-settentrionale del Comune.

Pur rappresentando un valido aiuto alla comprensione del comportamento sismico del territorio comunale si ritiene però che l'analisi qui effettuata possa essere ritenuta maggiormente significativa o per ambiti più ristretti all'interno dei quali sia possibile assegnare i valori dei parametri di ingresso in modo puntuale e specifico, oppure su areali più ampi dove le analisi di tipo statistico-probabilistico appaiono maggiormente valide.

È stato poi predisposto un file shp in cui sono state ricavate delle classi numeriche semplificate. Il campo "*Classe\_D*" di tale file contiene i seguenti valori che corrispondono agli intervalli di spostamento indicati (il valore del campo indica il limite superiore dell'intervallo).

Tabella 11: valorizzazione campo "Classe\_D" file shp

Campo "Classe_D"	Valore spostamento [cm]
1	0 – 1
2	1 – 2
3	2 – 4
4	4 - 6
5	6 – 8
6	8 – 10
7	10 – 20
8	20 – 50
9	50 – 100
10	100 – 500

La classificazione è stata semplificata in cartografia (relativa soltanto alle aree urbanizzate "consolidate" e ad un congruo buffer esteso all'intorno) utilizzando soltanto le 5 classi con gli intervalli più elevati dei valori determinati dal modello: 10, 20, 50, 100, 500 (File di consegna 5\_Spostamento\_D\_solo\_6\_10\_no\_aree\_piccole.shp). Mentre sui file SHP consegnati in allegato, come accennato in precedenza, l'analisi relativa alle potenziali frane sismoindotte è completa anche degli elementi con valori di spostamento più bassi (su file a parte).

Le singole aree riportate in cartografia, derivando da modelli matematici, riflettono i risultati dei dati in ingresso che, ovviamente, risentono di molte variabili ed affidabilità che non dipendono soltanto dal presente studio. Tali aree si devono quindi intendere come segnalatrici di potenzialità di frane sismo indotte, e non devono intendersi come precisi indicatori geografici applicati al suolo. Nella carta di Microzonazione Sismica è stata utilizzata, per rappresentare le varie classi di spostamento, la grafia prevista dall'Allegato A della DGRV 1572/2013, mentre nella Carta della instabilità di versante (non prevista dalla normativa) è stata utilizzata una grafia che meglio evidenzia i fenomeni considerati.

Le indagini geologiche successive, anche relative a fase progettuali di singoli edifici, dovranno completare e verificare a scala locale le indicazioni derivanti dal presente studio.

### 3.5.2.2. Frane in roccia

Per la valutazione della pericolosità delle frane in roccia in caso di sisma è stato utilizzato il metodo, indicato nell'Allegato A) alla DGR 1572/2013, che prevede l'utilizzo di due distinte modalità di calcolo in base all'altezza relativa della base della parete rocciosa ed al ciglio della stessa: metodo del cono d'ombra e metodo dell'angolo equivalente.



I due diversi metodi sono utilizzati in base al rapporto tra le due altezze  $Z_1$  e  $Z_2$  il cui significato è intuibile dalla osservazione della Figura 7.

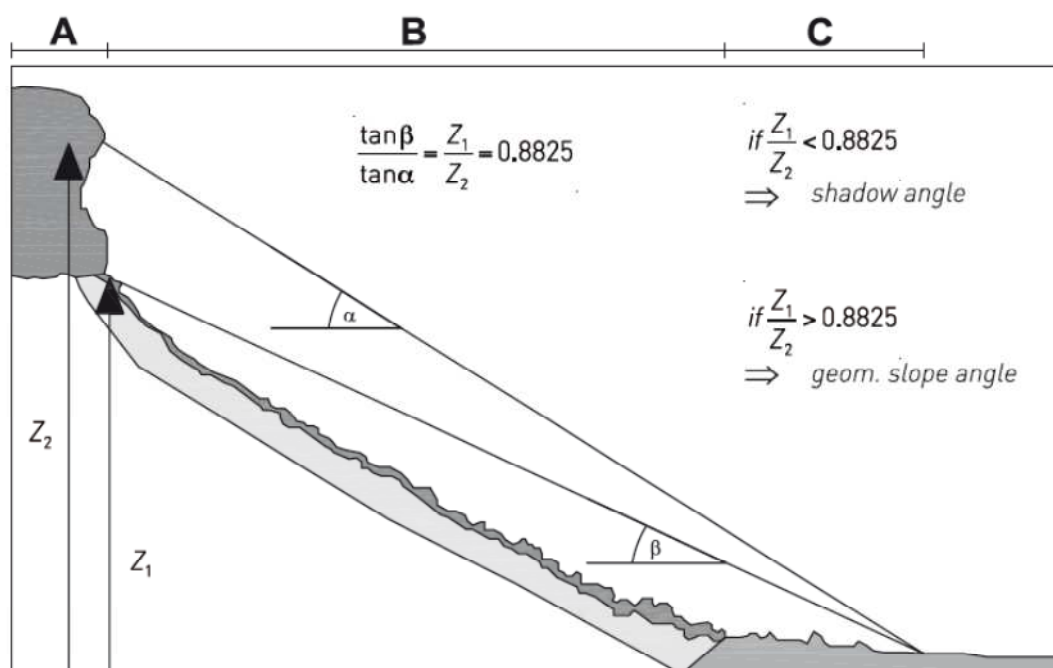


Figura 7: schema della modalità di scelta del metodo di calcolo per scarpate in roccia

- se  $Z_1/Z_2 < 0,8825$  si utilizza l'angolo d'ombra;
- se  $Z_1/Z_2 > 0,8825$  si utilizza l'angolo di attrito equivalente

Per poter completare le valutazioni, è stato quindi effettuato un sopralluogo mirato su alcune delle pareti rocciose che potrebbero coinvolgere le aree urbanizzate, volto a definire la morfologia locale e l'altezza delle pareti stesse, non altrimenti determinabili con la sola valutazione derivata dall'osservazione della Carta Tecnica Regionale.

Il sopralluogo e l'analisi sono state estese non soltanto alle aree urbanizzate ma, per maggiore completezza di analisi, anche ad alcune case sparse ritenute maggiormente significative dal punto di vista del rischio. Lo studio comunque, come previsto dalla DGR 1572/2013, non è esteso a tutto il territorio comunale.

Nella carta sono state inserite anche alcune pareti rocciose non segnalate nell'ambito degli orli di scarpata della carta Geologico – tecnica, poiché presentano altezze inferiori ai 10 metri oppure perché inserite all'interno del versante con pendenze molto acclivi e quindi non in grado di generare dei veri e propri cigli di scarpata.

In considerazione della copertura forestale e della complessa morfologia delle aree collinari che rendono difficili sia il sopralluogo che la verifica dell'esistenza delle pareti stesse, le indicazioni riportate nel presente studio assumono carattere indicativo poiché non è escludibile a priori che, lungo i versanti delle colline, possano staccarsi singoli massi in equilibrio precario o provenienti da modeste pareti rocciose non rilevabili alla scala di indagine dello studio.

Complessivamente sono state analizzate 9 pareti rocciose di diversa altezza e posizione, tutte sono impostate sulla formazione del Conglomerato che compare sulle alture collinari poste a nord del centro abitato di Cornuda.

Un altro elemento significativo rispetto ad una valutazione specifica della stabilità delle pareti, è dovuta alla natura stessa del conglomerato, che difficilmente evidenzia giunti o soluzioni di continuità dovute a giaciture o strutture geologiche, ma molto più spesso tali discontinuità sono dovute al diverso grado di cementazione la cui variazione è del tutto casuale e caratteristica di ogni singolo affioramento. La stabilità deve quindi essere valutata in sede successiva effettuando singole indagini geomeccaniche per ogni parete e/o porzione di parete.

Nella tabella seguente sono riportate le singole scarpate analizzate ed i principali parametri caratteristici per la valutazione delle distanze di rotolamento dei massi. Si sottolinea in questa sede che tutti i parametri relativi alle quote ed alle distanze sono state ricavate dalla CTR, con le evidenti approssimazioni relative a tale documentazione (si ricorda che la tolleranza delle quote in area boscata è pari a metà dell'altezza degli alberi presenti). Le valutazioni e le stime riportate devono quindi essere considerate come tali e non come verifiche geomeccaniche dell'ammasso e analisi sulle traiettorie di caduta dei massi, che necessitano di indagini, sia geologiche che topografiche, più approfondite e precise.

Tabella 12: pareti rocciose e loro principali caratteristiche

<b>N.</b>	<b>Località</b>	<b>Tipo coinvolgimento</b>	<b>Altezza scarpata</b>	<b>Z1 (min)</b>	<b>Z2 (max)</b>	<b>Coeff.</b>	<b>Metodo</b>	<b>Quota basale</b>	<b>Dist.</b>	<b>Angolo</b>	<b>Classe FRR</b>
1	Via Madonna della Rocca 1	Aree urbanizzate	10	10	20	0,50	cono d'ombra	185	40	26,6	1
2	Via San Antonio 1	Bosco ed aree agricole	10	17	27	0,63	cono d'ombra	183	55	26,1	2
3	Monte Palazzo Nord	Case sparse	10	15	25	0,60	cono d'ombra	175	50	26,6	1
4	Via San Antonio 2	Case sparse	10	10	20	0,50	cono d'ombra	190	40	26,6	1
5	Via Madonna della Rocca 2	Aree urbanizzate	5	60	65	0,92	attrito equivalente	185	128	26,9	3
6	Case Noal	Aree urbanizzate	10	30	40	0,75	cono d'ombra	185	80	26,6	2
7	Case Bolzonello	Aree urbanizzate	5	32	37	0,86	cono d'ombra	155	65	29,6	2
8	Via Ronfina	Case sparse	5	15	20	0,75	cono d'ombra	215	40	26,6	1
9	Madonna della Rocca	Case sparse	10	80	90	0,89	attrito equivalente	235	175	27,2	4

Nella Tabella 12 sono riportate la località, la tipologia di urbanizzazione interessata, l'altezza della scarpata (dove geometricamente definibile), i due valori di Z1 e Z2, il valore del rapporto tra Z1 e Z2, Il metodo conseguente di stima, la quota del piano campagna alla base del cono di detrito o della variazione significativa di pendenza, l'angolo in gradi definito nell'ambito del metodo del cono d'ombra ed infine la classe di attribuzione FRR.

Il rapporto Z1/Z2 calcolato su tutte le pareti indagate è risultato nella maggior parte dei casi inferiore a 0,8825, mentre in alcuni superiore, numeri 5 e 9, in ogni caso si è preferito adottare il caso più conservativo che ha determinato le distanze maggiori di caduta massi dalla base del versante. Le distanze indicate nella terzultima colonna sono quelle per cui l'angolo risultasse

sempre inferiore o prossimo ai 27,15° indicati in letteratura come probabilisticamente significativo.

Le classi di attribuzione delle classi FRR sono state suddivise nel seguente modo.

Tabella 13: classi di distanza di rotolamento dei massi

<i>Distanza rotolamento</i>	<i>Codice</i>
Da 0 a 50 metri	FRR1
Da 50 a 100 metri	FRR2
Da 100 a 150 metri	FRR3
Oltre 150 metri	FRR4

In cartografia è stata riportata la distanza di rotolamento dei massi identificando una fascia di occupazione secondo il valore della distanza riportata nella Tabella 13 o sino a dove la morfologia impedisce di fatto il rotolamento stesso.

### **3.6. Liquefazione**

Il fenomeno della liquefazione dei terreni si può verificare in concomitanza con eventi sismici e condizioni stratigrafiche specifiche e consiste nel quasi totale annullamento della resistenza a taglio del terreno con comportamento assimilabile ad un fluido.

In caso di sisma viene prodotta nel terreno una serie di cicli tali da far eguagliare la pressione interstiziale alla pressione di confinamento e annullando in pratica la resistenza al taglio. Poiché la pressione di confinamento si incrementa con la profondità, l'effetto di liquefazione, per la tipologia di terremoti caratteristici dell'area in esame, si ritiene non possa manifestarsi ad una profondità maggiore di quindici metri da piano campagna.

La verifica al fenomeno della liquefazione dei terreni saturi in caso di sisma può essere esclusa quando si verificano almeno uno delle seguenti circostanze (estratto da Allegato A) Dgrv 1572/13).

- Eventi sismici attesi di magnitudo  $M$  inferiore a 5;
- Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g ;
- Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)_{60} > 30$  oppure  $qc_{1N} > 180$  dove  $(N1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $qc_{1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa ;

- Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella seguente figura (Figura 8) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  e  $U_c > 3,5$ .

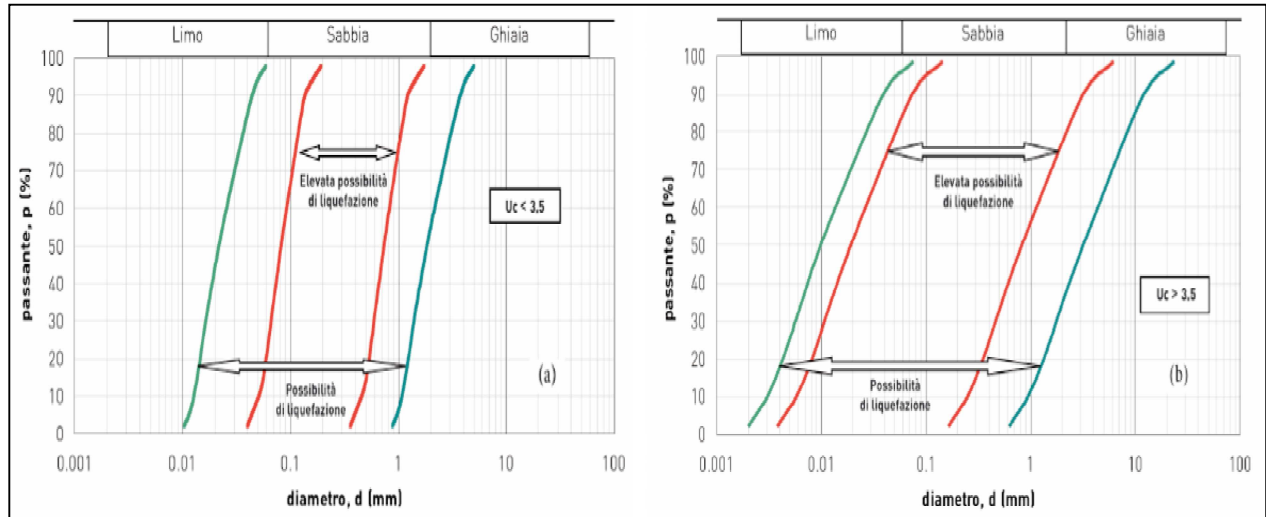


Figura 8: Fusi granulometrici dei terreni suscettibili a liquefazione.

Poiché alcune delle condizioni espresse non potevano essere escluse nella zona situata in corrispondenza del fondovalle compreso tra le località Brotto e Biancospino, si sono utilizzati i dati disponibili e quelli di nuova acquisizione, per effettuare delle verifiche alla liquefazione utilizzando software specifici di modellizzazione e calcolo, che permettessero di inserire i dati geognostici raccolti e valutare il coefficiente di sicurezza e il potenziale di liquefazione.

In questa zona, le condizioni litostratigrafiche locali, la posizione della superficie freatica e la possibile presenza di specifici termini granulometrici, rende la colonna di sedimenti potenzialmente liquefacibile anche se, in mancanza di dati geotecnici più precisi, risulta difficoltosa la valutazione soprattutto in riferimento al grado di addensamento dei depositi. Va specificato che i dati geotecnici analizzati derivano principalmente dall'esecuzione di prove penetrometriche statiche, mentre sono assenti i sondaggi geognostici di adeguata profondità. Come è noto, le prove penetrometriche, pur fornendo utili parametri per l'esecuzione di verifiche con metodi semplificati, hanno il "difetto" di arrestarsi in corrispondenza di livelli ghiaiosi, con l'evidente impossibilità di investigare a profondità maggiori.

Per l'elaborazione dei dati derivanti da prove penetrometriche statiche (CPT) è stato usato il programma **CLiq v.1.7.6.49** fornito dalla ditta Geologismiki Geotechnical Engineers – Serrai (Grecia), il quale, per la valutazione dei livelli potenzialmente liquefacibili, si basa soprattutto sul metodo proposto da Robertson e Wride (1998). Partendo dai dati desunti dalla CPT, quali la resistenza di punta  $q_c$  e la resistenza laterale  $f_s$ , si perviene alla definizione dei tipi di suoli attraversati calcolando uno specifico indice ( $I_c$ ). Quindi, a seguito di ulteriori elaborazioni, si calcola la capacità del terreno a resistere alla liquefazione ( $CRR_M$ ) a partire dalla definizione della resistenza a liquefazione per un terremoto di magnitudo 7,5 ( $CRR_{7,5}$ ) e alla valutazione del fattore di correzione della Magnitudo MSF.

Per tutti i calcoli eseguiti relativamente al territorio in esame è stata usata la Magnitudo  $M = 6,6$  corrispondente alla zona sismica 905.

Il fattore di sicurezza a liquefazione  $F_s$  è definito come rapporto tra capacità di resistenza a liquefazione e la domanda richiesta per il sito in esame:

$$F_s = CRR / CSR$$

Nella valutazione della CSR è stato utilizzato il parametro  $a_{max} = a_g \times (S_T \times S_S)$ , dove  $a_g$  è l'accelerazione di riferimento per il comune di Cornuda: per un tempo di ritorno di 475 anni (corrispondente alla accelerazione massima con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi con  $V_{s30} > 800$  m/s; cat. A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005)  $a_g$  è pari a 0,226 g.  $S_T$  è il coefficiente di amplificazione topografico ed  $S_S$  è il coefficiente di amplificazione dipendente dalla categoria di sottosuolo.

Per quanto riguarda la valutazione del rischio di fa riferimento al **potenziale di liquefazione (PL)** che esprime con un numero compreso tra 0 e 1, la pericolosità di liquefazione di uno strato nei confronti dell'evento sismico atteso ed è funzione del fattore di sicurezza e della profondità dello strato (maggiore è la profondità e minori sono gli effetti della liquefazione in superficie)

$$PL = F(z) W(z)$$

In cui:

$z$  è la profondità dal p.c.

$$W(z) = 10 - 0,5z$$

$F(z) = 1 - F_s$  se  $F_s < 1$ ;  $F(z) = 0$  se  $F_s \geq 1$  (con  $F_s$  = fattore di sicurezza a liquefazione).

Per tenere conto del fatto che in superficie si risente dell'effetto cumulativo della liquefacibilità degli strati sottostanti, viene introdotto l'**indice del potenziale di liquefazione LPI** o  $I_L$  (Iwasaki, 1978)

$$LPI(x, y) = \int_0^{20} F(x, y, z) W(x, y, z) dz$$

Dai valori risultanti di LPI si può stimare il rischio a liquefazione così come segue (paragrafo 3.2.5 Allegato A DGRV 1572/2013):

$0 < LPI < 2$  Rischio di liquefazione basso

$2 < LPI < 5$  Rischio di liquefazione moderato

$5 < LPI < 15$  Rischio di liquefazione alto

$LPI > 15$  Rischio di liquefazione molto alto

Di seguito, si riportano i risultati ottenuti in coincidenza delle cinque prove esaminate. In tutte le verifiche, è stata posta la falda ad una profondità di 1 metro dal p.c..

I dati geognostici disponibili indicano che nel territorio esaminato sono prevalenti i terreni argillosi, ai quali si intercalano livelli sabbiosi e ghiaiosi, presenti soprattutto nelle prove eseguite in località Brotto. Dalle informazioni litostratigrafiche e geofisiche si desume che il substrato dovrebbe situarsi a profondità variabili tra 13 e 15 m dal p.c..

I risultati delle elaborazioni sono riassunti nella tabella seguente.

Prova penetrometrica statica P6 – Via Monte Sulder	LPI = 4,42
Prova penetrometrica statica P7 – Via Monte Sulder	LPI = 1,15
Prova penetrometrica statica P8 – Via Monte Sulder	LPI = 5,07
Prova penetrometrica statica P88 – Vicolo degli Alpini	LPI = 2,51
Prova penetrometrica statica P89 – località Brotto	LPI = 3,64

Come si vede, i dati sono molto variabili in funzione della stratigrafia del terreno; è anche da notare che prove vicine forniscono valori di LPI abbastanza diversi. Nelle prove eseguite in Via Monte Sulder, il rischio di liquefazione è basso in corrispondenza della prova P7, mentre è moderato nella prova P6; nella prova P8 risulta leggermente maggiore di 5, per cui il rischio sarebbe elevato. La prova P88, ubicata vicino al Vicolo degli Alpini indica un valore di LPI pari a 2,51, mentre nella prova P89 si è calcolato  $LPI = 3,64$ , per cui il rischio di liquefazione è moderato.

Va rilevato che queste verifiche sono state fatte basandosi esclusivamente sui dati forniti da prove penetrometriche, mentre non si è avuta la possibilità di verificare direttamente la composizione del sottosuolo. Nello specifico contesto geologico, dove il sottosuolo è spesso composto da terreni argillosi con clasti, si ritiene che i livelli definiti come “sabbia” dalle risultanze della prova penetrometrica, possano avere anche caratteristiche granulometriche diverse.

Per quanto riguarda le altre aree del territorio comunale, i dati idrogeologici indicano che la falda si pone normalmente a profondità maggiori di 15 m dal p.c., per cui la verifica a liquefazione può essere esclusa. Solo nella fascia strettamente pedecollinare, si ritiene possano sussistere le condizioni perché si instauri una circolazione idrica nel sottosuolo anche a profondità minori di 15 m, per cui nel caso di interventi edificatori sarà necessario valutare attentamente la profondità della falda e le caratteristiche stratigrafiche e granulometriche del sottosuolo.

### **3.7. Zone con cavità sotterranee**

Il territorio collinare è costituito prevalentemente da rocce conglomeratiche a cemento calcareo, le quali hanno dato origine a locali fenomeni carsici rappresentati in superficie principalmente da doline.

La verifica della presenza di cavità carsiche in sottoterraneo è una valutazione di complessa risoluzione, che richiede indagini geognostiche e geoelettriche specifiche e costose (sondaggi e tomografia elettrica), le quali devono essere finalizzate ad aree specifiche e puntuali da affrontare, a nostro parere, in sede locale, nell'eventualità che un progetto vada ad interessare zone interessate da questi fenomeni.

Per questa tematica si demanda quindi il III° livello della MS ad una fase progettuale successiva, che preveda obbligatoriamente delle indagini mirate, innanzitutto, alla verifica dell'esistenza di cavità carsiche poste al di sotto dell'area in oggetto. Potrà essere così definita la compatibilità del singolo intervento con le condizioni litostratigrafiche locali, vincolando le singole possibilità edificatorie alle condizioni sito-specifiche.

### **3.8. Zone interessate da comportamenti differenziali**

Nella carta viene indicato un contatto tra i Conglomerati e la coltre di depositi sciolti superficiali a tessitura limoso argillosa. L'identificazione di tale contatto deriva da studi a scala non sufficiente per definirne la precisa collocazione geometrica, pertanto deve essere considerato puramente indicativo e da confermare ed ubicare in modo più preciso, nell'ambito degli elaborati collegati ai singoli interventi.

## 4. SINTESI E CONSIDERAZIONI FINALI

### 4.1. Premessa

La D.G.R.V. n. 1572 del 03.09.2013 “*Definizione di una metodologia teorica e sperimentale per l'analisi sismica locale a supporto della pianificazione. Linee Guida Regionali per la microzonazione sismica. (D.G.R. 71/2008, D.G.R. 2877/2008 e D.lgs. 163/2006 e abrogazione D.G.R. n. 3308/08)*” stabilisce che per definire la carta di microzonazione sismica, il territorio comunale sia mappato secondo la seguenti tipologie:

**aree “stabili”**, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di rilievo di alcuna natura (substrato geologico posto a profondità inferiore a 3 metri con morfologia piatta o semipianeggiante);

**aree “stabili suscettibili di amplificazioni sismiche”**, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto dell'assetto litostratigrafico e morfologico locale;

**aree “suscettibili di instabilità”**, nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni del territorio (non sono necessariamente esclusi per queste zone anche fenomeni di amplificazione del moto). Le principali cause di instabilità sono: instabilità di versante, liquefazioni, faglie attive, cedimenti differenziali.

Nell'Allegato A) alla DGRV n. 1572/2013 “*Linee guida per l'esecuzione di studi di Microzonazione Sismica*” sono specificate più in dettaglio queste tre categorie.

Le risultanze dello studio di Microzonazione Sismica di 1° livello, hanno permesso di stabilire che nell'ambito del territorio comunale non esistono aree classificate come *Aree “stabili”, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di rilievo.*

Sulla base dello studio di Microzonazione Sismica, delle indagini pregresse recuperate presso il Comune e delle nuove indagini geofisiche si è potuto suddividere il territorio comunale, in aree con Fattori di amplificazione diversificati in relazione alle condizioni morfologiche, litostratigrafiche e geofisiche.

Riguardo le aree potenzialmente instabili sono state elaborate delle valutazioni, sia in riferimento ai pendii su terreno sia su versanti in roccia, utilizzando le metodologie ed i modelli suggeriti nell'allegato A) della DGRV 1572/2013.

Relativamente alle aree di instabilità per azione sismica, sono state prese in esame le zone suscettibili di instabilità per liquefazione dei terreni che erano state identificate nel corso dello studio di livello 1. Si tratta della valle che collega l'abitato di Cornuda con la località Biancospino, dove sono presenti terreni sabbiosi, sabbioso-limosi e la superficie della falda si situa a profondità di pochi metri dal piano campagna.



## **4.2. Proposta di Prescrizioni normative**

Nel territorio oggetto del presente studio tutti gli interventi che prevedano nuove costruzioni, modifiche strutturali, ampliamenti, ristrutturazioni e opere infrastrutturali dovranno essere progettati adottando i criteri antisismici di cui al D.M. 14.01.2008 e alle eventuali ss.mm.ii. relative agli argomenti specifici.

In considerazione della situazione sismica e geologica del Comune di Cornuda, contraddistinto da condizioni litostratigrafiche predisponenti l'amplificazione e dal rischio potenziale di sismi di magnitudo medio-elevata, si è ritenuto opportuno definire il grado di approfondimento delle indagini sismiche, da effettuare in sede di progetto, sia in base alla tipologia di terreno interessato, sia anche in riferimento alla classificazione degli edifici prevista dalle N.T.C..

Tale scelta deriva dall'analisi delle condizioni locali in cui appare evidente una significativa variabilità delle condizioni litostratigrafiche che devono, di conseguenza, essere verificate e confermate in fase di progetto.

La microzonazione riportata in cartografia, basata sui Fattori di amplificazione elaborati con abachi e metodi semplificati, deve essere quindi utilizzata come approccio per inquadrare la possibile risposta sismica locale e per progettare la tipologia di indagini necessarie in sede esecutiva.

La scelta della tipologia e metodologia di indagine dovrà quindi essere commisurata all'importanza dell'opera e, in ogni caso, dovrà essere adeguatamente motivata.

Lo studio di Microzonazione Sismica ha consentito di individuare i valori dell'amplificazione in caso di sisma; in particolare le aree esaminate sono risultate stabili ma suscettibili di amplificazioni sismiche per effetti litologico-stratigrafici e topografici. Alcune parti del territorio del comune possono, potenzialmente, essere soggette a fenomeni di instabilità per liquefazione, mentre altre sono interessate da fenomeni di instabilità per possibili frane sismoindotte. Infine, il fenomeno carsico, che interessa parte della zona collinare, presenta delle problematiche specifiche. Sulla base di queste considerazioni, vista anche la classificazione sismica del Comune di Cornuda, si stabiliscono diversi gradi di approfondimento dello studio sismico e le condizioni in cui questi approfondimenti devono essere realizzati.

### **4.2.1. Gradi di approfondimento dello studio sismico**

**Condizione di tipo a):** Utilizzo dei dati e delle informazioni sismiche contenuti nel presente studio.

**Condizione di tipo b):** Verifica dei dati e delle informazioni sismiche contenuti nel presente studio e applicazione di metodi semplificati e abachi per valutare i fattori di amplificazione locale. Per l'applicazione dei metodi semplificati si riporta quanto indicato dal D.M. 14.01.2008 al paragrafo 3.2.2 *“ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, bisogna valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi, come indicato nel paragrafo 7.11.3, in*

assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (tabelle 3.2.II e 3.2.III).” Come è noto, la definizione delle categorie di sottosuolo avviene attraverso la determinazione della velocità equivalente  $V_{S30}$ ; a questo proposito la normativa poco dopo recita: “La misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio è fortemente raccomandata”. Pertanto, la determinazione della velocità delle onde di taglio  $V_s$ , dovrà essere fatta utilizzando indagini sismiche, in foro (cross-hole, down-hole, cono sismico) o in superficie (MASW, Re.Mi., ESAC, sismica a rifrazione). Per le indagini in superficie sarà preferibile abbinare l'uso di tecniche attive e passive.

Abbinare alle determinazioni di  $V_s$  si dovranno eseguire anche misure di rumore sismico ambientale a stazione singola (tecnica HVSR), al fine di stabilire la frequenza fondamentale di vibrazione dei terreni (o il periodo proprio), da confrontarsi con le frequenze proprie degli edifici. Le acquisizioni e le elaborazioni di queste misure seguiranno le linee guida del Progetto SESAME.

**Condizione di tipo c):** Analisi della Risposta Sismica Locale (RSL) come indicato al paragrafo 7.11.3 del DM 14.01.2008 **Risposta sismica e stabilità del sito:** “per categorie speciali di sottosuolo (tabella 3.2.III), per determinati sistemi geotecnici o se si intende aumentare il grado di accuratezza nella previsione dei fenomeni di amplificazione, le azioni sismiche da considerare nella progettazione possono essere determinate mediante specifiche analisi di risposta sismica locale. Queste analisi presuppongono un'adeguata conoscenza delle proprietà geotecniche dei terreni, da determinare mediante specifiche indagini e prove”. Per l'analisi di RSL dovranno essere acquisiti i parametri necessari alla ricostruzione del modello geotecnico e sismostratigrafico del sottosuolo, con particolare attenzione alla ricostruzione della profondità e della morfologia del substrato rigido o di un deposito ad esso assimilabile. L'analisi di RSL, condotta utilizzando codici di calcolo monodimensionali, bidimensionali o tridimensionali, in funzione dell'assetto strutturale del sottosuolo, dovrà articolarsi secondo quanto indicato nel paragrafo 7.11.3 del DM 14.01.2008, al quale si rimanda. In questa sede, oltre a quanto previsto dalla normativa, si vuole sottolineare la necessità di eseguire le seguenti indagini per una corretta modellazione:

- esecuzione di sondaggi geognostici a carotaggio continuo per la definizione della successione sismostratigrafica e delle diverse “unità” geotecniche.
- prove sismiche in foro (cross hole, down hole, cono sismico) finalizzate alla conoscenza della velocità delle onde di taglio fino ad una idonea profondità, in funzione dell'opera in progetto e, comunque, se possibile, fino a raggiungere il “bedrock sismico”.
- Prelievo di campioni di terreno e successive analisi di laboratorio per valutare la dipendenza della rigidità e dello smorzamento dal livello deformativo, e per la determinazione, in dipendenza del legame costitutivo adottato per i terreni, dei parametri di ingresso necessari

alle analisi. Le prove di laboratorio possono consistere in prove cicliche di taglio torsionale o di taglio semplice, prove di colonna risonante, prove triassiali cicliche ecc.

La relazione illustrativa delle indagini dovrà contenere i grafici relativi alle misure effettuate ed alla loro interpretazione.

#### 4.2.2. Casi di applicazione degli approfondimenti

Il D.M. 14.01.2008, al paragrafo 2.4.2 "Classi d'uso", in presenza di azioni sismiche e con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, suddivide le costruzioni in quattro classi d'uso definite in base alla frequentazione, alla funzione, alle attività e all'utilizzo. (Rispetto a quanto riportato nel D.M. 14.01.2008, nella classificazione illustrata di seguito la classe II è stata suddivisa in due sottoclassi distinte). Su tutto il territorio comunale dovranno essere effettuate le indagini e gli studi indicati nei paragrafi successivi.

- **Classe I:** Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli. Per queste costruzioni si prevede l'applicazione della **condizione di tipo a)**
- **Classe IIa:** Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. **Esclusi** i complessi residenziali/commerciali ed industriali strutturalmente consistenti, le opere infrastrutturali di maggiore importanza, le industrie con attività non pericolose per l'ambiente, i ponti, le opere infrastrutturali, le reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, le reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza e infine le dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti. Per queste costruzioni si prevede l'applicazione della **condizione di tipo b) ad eccezione di quelle localizzate nelle zone con FA > 2 dove dovrà essere applicata la condizione di tipo c),**
- **Classe IIb:** Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. **Compresi** i complessi residenziali/commerciali ed industriali strutturalmente consistenti, le opere infrastrutturali di maggiore importanza, le industrie con attività non pericolose per l'ambiente, i ponti, le opere infrastrutturali, le reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, le reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza e infine le dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti. Per queste costruzioni si prevede l'applicazione della **condizione di tipo c)** anche se ricadenti al di fuori delle aree zonate.
- **Classe III:** Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso. Per queste costruzioni si prevede l'applicazione della **condizione di tipo c)** anche se ricadenti al di fuori delle aree zonate.

- **Classe IV:** Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica. Per queste costruzioni si prevede l'applicazione della **condizione di tipo c**) anche se ricadenti al di fuori delle aree zonate.

Nelle zone in cui non è stato possibile determinare i valori di  $F_a$  ed  $F_v$  all'interno delle zone urbanizzate (aree non campite nella Carta di Microzonazione Sismica) valgono le medesime norme sopraesposte.

Riguardo all'analisi di Risposta Sismica Locale da utilizzare in specifiche situazioni, sono state descritte in precedenza le modalità di applicazione. Tali modalità dovranno essere valutate ed eventualmente modificate in relazione al progetto previsto ed alle conoscenze geologico-geofisiche disponibili.

#### **4.2.3. Aree con effetti morfologici di scarpata**

Per gli interventi posti all'interno delle aree di influenza delle scarpate individuate in cartografia, così come definite dall'Allegato A della DGRV n. 1572/2013, dovranno essere verificate puntualmente le condizioni topografiche locali, eventualmente ricalcolata l'amplificazione morfologica e considerata, se presente, in aggiunta alla amplificazione litostratigrafica (si ricorda che l'amplificazione complessiva è generata dal prodotto delle due singole componenti).

#### **4.2.4. Fasce interessate da fenomeni amplificazione di bordo**

Lo studio ha esaminato il caso specifico della valle che collega il centro abitato di Cornuda con la località Biancospino dove i valori del coefficiente  $C$ , calcolato in corrispondenza delle tre sezioni prese in considerazione, sono risultati prossimi al valore considerato come limite discriminante tra le due tipologie di valli e pari a 0,25.

In considerazione delle particolari condizioni di amplificazione sismica della valle medesima si ritiene opportuno che, nell'ambito degli studi sismici progettuali condotti per la riduzione del rischio sismico, vengano approfondite, eventualmente con indagini realizzate ad hoc, le analisi finalizzate alla ricostruzione della morfologia sepolta del substrato.

#### **4.2.5. Aree potenzialmente in frana**

##### Frane in pendii nell'ambito delle terre

Nelle aree individuate in cartografia e nelle fasce contermini, la cui ampiezza è determinata dalle condizioni geomorfologiche, dovranno essere verificate la stabilità complessiva del pendio e del complesso opera-terreno, sia in condizioni statiche che dinamiche prevedendo tutti quegli interventi che consentano rendere complessivamente stabile il sito anche in condizioni di sisma in atto.

##### Frane in roccia

Nelle aree indicate in cartografia ove è potenzialmente possibile il crollo di massi in caso di sisma è preclusa l'edificazione di nuovi edifici, salvo che le indicazioni di specifiche indagini topografiche, geomeccaniche e di analisi di stabilità delle pareti in roccia, definiscano un grado di rischio poco significativo e/o che siano previsti e realizzati gli eventuali interventi di messa in sicurezza del versante stesso nei confronti degli edifici in progetto.

Nel caso in cui nelle aree indicate siano già presenti edifici residenziali, si ritiene opportuno eseguire studi ed indagini volti a definire il grado di rischio ed, eventualmente, progettare adeguate opere di difesa.

#### **4.2.6. Zone suscettibili di instabilità per liquefazione**

Gli studi di Microzonazione Sismica eseguiti nel territorio comunale hanno portato a riconoscere alcune zone dove, potenzialmente, può instaurarsi il fenomeno della liquefazione dei terreni in caso di sisma. Queste aree, ubicate lungo la valle che collega Cornuda con la località Biancospino, sono segnalate nella Carta di Microzonazione Sismica.

Le valutazioni del rischio di liquefazione, è stata analizzata secondo le modalità illustrate nel paragrafo 3.6, all'interno del quale sono anche illustrati i risultati ottenuti dalle varie verifiche. Nell'Allegato sono riportati gli elaborati relativi ai vari punti di indagine, dove i dati geotecnici disponibili hanno consentito di fare le verifiche.

Come è sintetizzato nel paragrafo 3.6 la maggior parte delle verifiche hanno portato a stimare un rischio di liquefazione da basso a moderato; solo in corrispondenza di un punto di indagine è stato stimato un rischio elevato. Sono state fatte anche delle considerazioni sull'incertezza dei risultati, che derivano solo dall'esecuzione di prove penetrometriche.

Alla luce di questi risultati e soprattutto considerando l'estrema variabilità laterale e verticale dei terreni che compongono il sottosuolo delle aree investigate, si ritiene di stabilire che per tutti gli edifici e le strutture che ricadono all'interno delle "Zone suscettibili di instabilità per liquefazione", siano da valutare i fenomeni di liquefazione in condizioni sismiche e dei cedimenti indotti, come indicato nel DM 14.01.2008 che, a proposito della stabilità nei confronti della liquefazione, al paragrafo 7.11.3.4.3 recita : *"Salvo utilizzare procedure di analisi avanzate, la verifica può essere effettuata con metodologie di tipo storico-empirico in cui il coefficiente di sicurezza viene definito*

*dal rapporto tra la resistenza disponibile alla liquefazione e la sollecitazione indotta dal terremoto di progetto. La resistenza alla liquefazione può essere valutata sulla base dei risultati di prove in sito o di prove cicliche di laboratorio. La sollecitazione indotta dall'azione sismica è stimata attraverso la conoscenza dell'accelerazione massima attesa alla profondità di interesse. L'adeguatezza del margine di sicurezza nei confronti della liquefazione deve essere valutata e motivata dal progettista.”*

Nell'eventualità che le verifiche eseguite con metodi semplificati portino a determinare un rischio di liquefazione elevato, le analisi dovranno essere condotte con procedure di livello 3. In ogni caso, la relazione illustrativa delle indagini dovrà contenere i grafici relativi alle misure effettuate ed alla loro interpretazione.

#### **4.2.7. Zone interessate da fenomeni carsici**

La verifica della presenza di cavità carsiche in sotterraneo, potenzialmente presenti nell'area collinare, è una valutazione geologica e geofisica di complessa risoluzione, che richiede indagini geognostiche e geoelettriche (sondaggi e tomografia elettrica), le quali devono essere finalizzate ad aree specifiche e puntuali da affrontare, a nostro parere, in sede locale.

Per questa tematica, dovrà essere effettuato uno studio di III° livello della MS, da realizzarsi in fase progettuale. Lo studio consisterà obbligatoriamente in indagini mirate, innanzitutto, alla ricostruzione della morfologia sepolta dell'area ed alla verifica dell'esistenza di cavità carsiche poste al di sotto del sito di intervento. Sulla base delle risultanze delle indagini, sarà definito il quadro geologico-stratigrafico dell'area e, quindi, potrà essere scelta la modalità di analisi della risposta sismica locale (codici di calcolo monodimensionali, bidimensionali o tridimensionali). Al termine delle indagini e degli studi, potrà essere definita la compatibilità del singolo intervento con le condizioni litostratigrafiche locali, vincolando le singole possibilità edificatorie alle condizioni sito-specifiche.

#### **4.2.8. Zone interessate da comportamenti differenziali**

In fase progettuale per gli edifici previsti in prossimità del contatto tra formazione conglomeratica e depositi sciolti a tessitura limoso argillosa, dovranno essere effettuate indagini e valutazioni sull'esistenza di tale contatto e sugli eventuali effetti cosismici legati al diverso comportamento geotecnico e sismico dei depositi.

#### **4.2.9. Zone con necessità di approfondimento**

Nella Carta di Microzonazione Sismica di II° livello sono state indicate delle “Zone con necessità di approfondimento”, a causa della elevata variabilità laterale delle caratteristiche litostratigrafiche e idrogeologiche locali.

In queste zone, per gli interventi che interessino le costruzioni ricadenti nella **classe IIa**, dovranno essere effettuate indagini mirate a ricostruire il modello geologico-geofisico del

sottosuolo e tali da consentire il calcolo dei Fattori di amplificazione  $F_a$  e  $F_v$ , utilizzando gli abachi predisposti per le analisi di II° livello. In base ai risultati ottenuti, si potrà valutare se applicare la condizione di tipo b) o di tipo c).

Per le costruzioni appartenenti alle **classi IIb, III e IV** andrà sempre applicata la condizione di tipo c).

## 5. BIBLIOGRAFIA

Albini, Migliavacca, Moroni (2003): Studio di alcuni terremoti di intensità epicentrale moderata in Italia settentrionale. INGV, Milano

Burrato, Poli, Vannoli 2008 Sources of Mw 5+ earthquakes in northeastern Italy and western Slovenia: an updated view based on geological and seismological evidence.

Castellaro S., Mulargia F., Bianconi L. (2005): Stratigrafia sismica passiva: una nuova tecnica accurata veloce ed economica. *Geologia Tecnica & Ambientale*, n. 3, pp. 76-102.

CPTI Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani INGV, Roma

DISS 3.1.0, Database of Individual Seismogenetic Sources, INGV, Roma: <http://diss.rm.ingv.it/diss>

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

Galadini F., Poli M. E. and 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.

Guidoboni E., Ferrari G., Mariotti D., Comastri A., Tarabusi G., Valensise G.. CFTI Catalogo dei Forti terremoti in Italia 461 B.C. – 1997

Ibs Von Seht M., Wohlenberg J. (1999): Microtremor measurements used to map thickness of soft sediments. *Bull. Seism. Soc. Am.* 89, pp. 250-259.

Iliceto V., Peruzza L., Rovelli A., Slejko D. (2002): La difesa dai terremoti mediante zonazione sismica: sinergie fra Protezione Civile e Piani Regolatori. *Geologia Tecnica & Ambientale*, n. 3, pp. 15-36.

Iliceto V., Boaga J. (2005): Deterministic earthquake scenarios and site effects estimation for S. Michele al Tagliamento (VE)-Italy. *Proc. of the 5th Forum Nazionale di Scienze della Terra, Geoitalia 2005*, 20-23 sept. 2005, Spoleto.

Iliceto V., Boaga J. (2005): Influenza delle geostrutture nella valutazione degli effetti sismici di sito: il caso della Val d'Adige. *Atti del Workshop di Geofisica: "La Geofisica a servizio dell'ambiente e dei beni culturali, con attenzione alle problematiche in ambito montano"*, Rovereto (TN), 9-12-2005.

ITACA Banca Dati Accelerometrica Italiana, INGV, Milano: <http://itaca.mi.ingv.it/ItacaNet>

Kohler A., Ohrnberger M., Scherbaum F., Stange S., Kind F. (2004): Ambient vibration measurements in the southern Rhine Graben close to Basel. *Annals of Geoph.* 47, n. 6, pp. 1771-1781.

Konno K., Omachi T. (1998): Ground motion characteristics estimated from spectral ratio between horizontal and vertical components of microtremors. *Bull. Seism. Soc. Am.* 88, pp. 228-241.

Lachet C, Bard P.-Y. (1994): Numerical and Theoretical investigations on the possibilities and limitations of Nakamura's Technique. *J. Phys. Earth* 42, pp. 377-397.

Meletti C., Valensise G.: Zonazione sismogenetica ZS9 – App. 2 al Rapporto Conclusivo. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. Marzo 2004

Molin D., Stucchi M. e Valensise G.: Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani. *GNDT. ING, SSN* – 1996



Nakamura Y. (1989): A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremors on the ground surface. Quaterly Rept. RTRI, Japan 33, pp. 25-33.

Nogoshi M., Igarashi T. (1970): On the propagation characteristics of the microtremors. J. Seism. Soc. Japan 24, pp. 24-40.

NT4.1 Catalogo parametrico di terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno, INGV, Milano

OMBRA Project Group, (2011) OMBRA: Observing Montello Broad Activity-Deployment of a temporary seismic network to study the deformation process across Montello fault (Eastern Alps), RT180, <http://ombra.bo.ingv.it/>

Panizza M., Slejko D., Bartolomei G., Carton A., Castaldini D., Demartin M., Nicolich R., Sauro U., Semenza E. & Sorbini L. (1981): Modello sismotettonico dell'area fra il Lago di Garda ed il Monte Grappa; Rend. Soc. Geol. It., 3, 587-603.

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

Poli M.E., P. Burrato, F. Galadini e A. Zanferrari, 2008 Seismogenic sources responsible for destructive earthquakes in north-eastern Italy , INGV Roma

SERVA L., 1990: Il ruolo delle Scienze della Terra nelle analisi di sicurezza di un sito per alcune tipologie di impianti industriali: il terremoto di riferimento per il sito di Viadana (MN). Boll. Soc. Geol. It., 109, 375-411

SESAME Project AA.VV. [http://sesame-fp5.obs.ujf-grenoble.fr/SES\\_Reports.htm](http://sesame-fp5.obs.ujf-grenoble.fr/SES_Reports.htm)

Sugan M. e Peruzza L.: Distretti sismici del Veneto. Bollettino di Geofisica teorica ed applicata Vol. 52 supplement - OGS - 2011

Slejko D., Carulli G.B., Carraro F., Castaldini D., Cavallin A., Doglioni C., Iliceto V., Nicolich R., Rebez A., Semenza E., Zanferrari A. e Zanolta C.: Modello sismotettonico dell'Italia nord-orientale. C. N. R. – Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti. Trieste 1987.

Venzo S., Petrucci F., Carraro F.: Rilevamento geologico dell'apparato morenico, fluvioglaciale e fluviale da Quero al Montello, allo sbocco del Piave nella pianura (Treviso). Memorie degli Istituti di Geologia e Mineralogia dell'Università di Padova – Vol. XXX. Padova 1976.

Zanferrari A., Bollettinari G., Carobene L., Carton A., Carulli G.B., Castaldini D., Cavallin A., Panizza M., Pellegrini G.B., Pianett F. and Sauro U.; 1982: Evoluzione neotettonica dell'Italia nord-orientale. Mem. di Sc. Geol., 35, 355376.