



MICROZONAZIONE SISMICA SECONDO LIVELLO

Relazione illustrativa

Regione Veneto
Comune di Breganze



Regione	Soggetto realizzatore	Data
Veneto	Dott. Geol. Francesco Marinoni Consulenza Dott. Geol. Maurizio Olivotto	Gennaio 2023

1. PREMESSA	2
2. CARTA DELLE INDAGINI - AGGIORNAMENTO	4
2.1 Nuove indagini geofisiche	7
2.2 Risultati ottenuti con le misure MASW	8
3. CARTA DELLE FREQUENZE NATURALI DEI DEPOSITI	10
4. CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA DI 2° LIVELLO	12
4.1 Premessa.....	12
4.2 Valutazione degli effetti litostratigrafici.....	13
4.3 Valutazione degli effetti morfologici.....	16
4.3.1 Zona di scarpata	16
4.3.2 Zona di cresta e/o cocuzzolo	18
4.4 Liquefazione.....	20
4.5 Instabilità di versante.....	21
4.5.1 Frane attive e/o quiescenti	21
4.5.2 Aree potenzialmente in frana	21
4.6 Faglie attive e capaci	25
5. SINTESI DELLO STUDIO DI MICROZONAZIONE DI 2° LIVELLO	27
6. PROPOSTA DI PRESCRIZIONI NORMATIVE.....	29
6.1 Amplificazioni litostratigrafiche.....	29
6.1.1 Modalità di applicazione degli approfondimenti	29
6.2 Aree con effetti morfologici di scarpata e dorsale	32
6.3 Aree interessate da instabilità gravitative	32
6.4 Aree potenzialmente liquefacibili	33

1. PREMESSA

Su incarico del Comune di Breganze è stato redatto lo studio di Microzonazione Sismica di Livello 2. 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”*.

Il Comune di Breganze risulta classificato in zona sismica 2 ai sensi della DGRV n. 244 del 9 marzo 2021.

A tale proposito, il capitolo 1 dell’Allegato A) cita **“2° Livello: ha come obiettivo la redazione della MS e si applica in sede di P.I. a tutte le parti del territorio suscettibili di amplificazione sismica individuati nella precedente fase e per le quali si prevedono trasformazioni urbanistiche del territorio od incremento dei carichi urbanistici e per il territorio compreso nel perimetro del “centro abitato” così come previsti dalla normativa vigente”**.

Lo studio di 2° livello fa riferimento allo studio di Microzonazione di 1° livello del Comune di Breganze (al quale si rimanda per tutte le informazioni di carattere generale e per quelle riguardanti le indagini raccolte e realizzate in quella sede) ed è stato redatto considerando le 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 4.1 Novembre 2018 - Commissione Tecnica per il monitoraggio degli studi di Microzonazione Sismica.
- *“Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da faglie attive e capaci (FAC)”* Vers. 1.0 - 2015 - Commissione tecnica per la Microzonazione Sismica.
- DGRV n. 899 del 28 giugno 2019: *“Linee guida regionali per gli Studi di Microzonazione Sismica per gli strumenti urbanistici comunali. Chiarimenti e precisazioni sulle modalità operative. Studi di Microzonazione Sismica Direttive per l’applicazione dei livelli di approfondimento.*
- DGRV n. 1381 del 12 ottobre 2021: *“Linee guida regionali per gli studi di Microzonazione Sismica per gli strumenti urbanistici comunali. Modifiche alla D.G.R. 1572/2013 e chiarimenti sulle modalità operative.”*
- *“Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da instabilità di versante sismoindotte”* Vers. 1.0 – 2017 - Commissione tecnica per la Microzonazione Sismica.

- “Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da liquefazione (LQ)” Vers. 1.0 – 2017 - Commissione tecnica per la Microzonazione Sismica.

Lo studio di Livello 2 si è articolato nelle seguenti fasi principali:

- Riesame dello studio di 1° livello per definire le aree di maggiore interesse o dove si rendevano necessari degli approfondimenti;
- Esecuzione ed elaborazione di nuove indagini geofisiche e geognostiche;
- Ricerca ed analisi di nuove indagini geognostiche
- Sintesi di tutti i dati raccolti;
- Determinazione degli effetti litostratigrafici e morfologici;
- Analisi delle aree soggette a instabilità e valutazione della franosità potenziale sismoindotta;
- Valutazione dell'eventuale Liquefazione;
- Elaborazione della cartografia e relativi commenti.

2. CARTA DELLE INDAGINI - AGGIORNAMENTO

Nell'ambito dello studio di Microzonazione Sismica di secondo livello sono state effettuate nuove indagini geofisiche ed è stato aggiornato l'elenco delle indagini pregresse rese disponibili dopo la realizzazione dello studio di primo livello.

Le nuove indagini sono costituite da indagini geofisiche (24 prove puntuali con tecnica HVSR; 5 prove lineari con tecnica MASW) e geognostiche (2 prove penetrometriche dinamiche).

Nella carta sono state inserite le indagini geofisiche, le indagini geognostiche (sia quelle realizzate ex novo sia quelle rese disponibili dopo lo studio di primo livello) e le indagini geognostiche riportate nel primo livello. Inoltre sono state inserite le indagini geofisiche contenute nei relativi studi eseguiti all'interno del territorio comunale.

Il codice delle nuove indagini raccolte riparte comunque dalla numerazione precedente in modo tale da non creare sovrapposizioni e/o doppi codici che avrebbero creato difficoltà di interpretazione. Le valutazioni e le analisi eseguite nel presente studio hanno comunque tenuto conto anche delle indagini precedenti.

L'analisi delle indagini ha portato all'estrazione delle seguenti prove in sito; nella tabella sono riportati anche i codici identificativi e la tipologia di indagini secondo le specifiche previste dalle IMCS. *(Nelle tabelle sono riportate anche le indagini realizzate ex-novo descritte nei paragrafi successivi).*

Tabella 1: indagini di tipo puntuale

n.	Codice indagine	Tipo indagine
1	24014P1	HVSR
2	24014P2	HVSR
3	24014P3	HVSR
4	24014P4	HVSR
5	24014P5	HVSR
6	24014P6	HVSR
7	24014P7	HVSR
8	24014P8	HVSR
9	24014P9	HVSR
10	24014P10	HVSR
11	24014P11	HVSR
12	24014P12	HVSR
13	24014P13	HVSR
14	24014P14	HVSR
15	24014P15	HVSR
16	24014P16	HVSR
17	24014P17	HVSR

n.	Codice indagine	Tipo indagine
18	24014P18	HVSR
19	24014P19	HVSR
20	24014P20	HVSR
21	24014P21	HVSR
22	24014P22	HVSR
23	24014P23	HVSR
24	24014P24	HVSR
25	24014P25	HVSR
26	24014P26	HVSR
27	24014P27	HVSR
28	24014P28	HVSR
29	24014P29	HVSR
30	24014P30	HVSR
31	24014P31	HVSR
32	24014P32	HVSR
33	24014P33	HVSR
34	24014P34	HVSR
35	24014P35	HVSR

n.	Codice indagine	Tipo indagine
36	24014P36	HVSR
37	24014P37	HVSR
38	24014P38	HVSR
39	24014P39	HVSR
40	24014P40	HVSR
41	24014P41	HVSR
42	24014P42	HVSR
43	24014P43	HVSR
44	24014P44	HVSR
45	24014P45	HVSR
46	24014P46	HVSR
47	24014P47	PA
48	24014P48	PA
49	24014P49	PA
50	24014P50	PA
51	24014P51	PA
52	24014P52	PA
53	24014P53	PA
54	24014P54	PA
55	24014P55	PA
56	24014P56	PA
57	24014P57	PA
58	24014P58	PA
59	24014P59	PA
60	24014P60	PA
61	24014P61	PA
62	24014P62	PA
63	24014P63	HVSR
64	24014P64	CPT
65	24014P65	S
66	24014P66	S
67	24014P67	S
68	24014P68	PA
69	24014P69	PA
70	24014P70	PA
71	24014P71	PA
72	24014P72	DS
73	24014P73	DS

n.	Codice indagine	Tipo indagine
74	24014P74	DS
75	24014P75	DS
76	24014P76	DS
77	24014P77	CPT
78	24014P78	DS
79	24014P79	DS
80	24014P80	DN
81	24014P81	DS
82	24014P82	HVSR
83	24014P83	T
84	24014P84	DS
85	24014P85	DS
86	24014P86	DS
87	24014P87	DS
88	24014P88	HVSR
89	24014P89	DS
90	24014P90	DS
91	24014P91	CPT
92	24014P92	HVSR
93	24014P93	DS
94	24014P94	DS
95	24014P95	DS
96	24014P96	DS
97	24014P97	DS
98	24014P98	HVSR
99	24014P99	DS
100	24014P100	PA
101	24014P101	PA
102	24014P102	PA
103	24014P103	PA
104	24014P104	PA
105	24014P105	PA
106	24014P106	PA
107	24014P107	PA
108	24014P108	PA
109	24014P109	PA
110	24014P110	SMS
111	24014P111	SMS

n.	Codice indagine	Tipo indagine
112	24014P112	SMS
113	24014P113	SMS
114	24014P114	SMS
115	24014P115	SMS
116	24014P116	SMS
117	24014P117	SMS
118	24014P118	SMS
119	024014P119 (*)	HVSR
120	024014P120 (*)	HVSR
121	024014P121 (*)	HVSR
122	024014P122 (*)	HVSR
123	024014P123 (*)	HVSR
124	024014P124 (*)	HVSR
125	024014P125 (*)	HVSR
126	024014P126 (*)	HVSR
127	024014P127 (*)	HVSR
128	024014P128 (*)	HVSR
129	024014P129 (*)	HVSR
130	024014P130 (*)	HVSR
131	024014P131 (*)	HVSR
132	024014P132 (*)	HVSR
133	024014P133 (*)	HVSR
134	024014P134 (*)	HVSR

n.	Codice indagine	Tipo indagine
135	024014P135 (*)	HVSR
136	024014P136 (*)	HVSR
137	024014P137 (*)	HVSR
138	024014P138 (*)	HVSR
139	024014P139 (*)	HVSR
140	024014P140 (*)	HVSR
141	024014P141 (*)	HVSR
142	024014P142 (*)	HVSR
143	024014P143 (*)	HVSR
144	024014P144	DN
145	024014P145	DS
146	024014P146	CPT
147	024014P147	DS
148	024014P148	DN
149	024014P149	HVSR
150	024014P150	HVSR
151	024014P151	DS
152	024014P152	DN
153	024014P153	S
154	024014P154	S
155	024014P155	S
156	024014P156 (*)	DS
157	024014P157 (*)	DS

Tabella 2: indagini di tipo lineare

n.	Codice Indagine	Tipo indagine
1	24014L1	MASW
2	24014L2	MASW
3	24014L3	MASW
4	24014L4	MASW
5	24014L5	MASW
6	24014L6	MASW
7	24014L7	MASW
8	24014L8	MASW
9	24014L9	MASW
10	24014L10	MASW
11	24014L11	MASW

n.	Codice Indagine	Tipo indagine
12	24014L12	MASW
13	24014L13	MASW
14	24014L14	MASW
15	24014L15	MASW
16	24014L16	MASW
17	24014L17	MASW
18	24014L18	MASW
19	24014L19	MASW
20	24014L20	MASW
21	24014L21	MASW
22	24014L22	SR
23	24014L23	SEV

n.	Codice Indagine	Tipo indagine
24	24014L24	SEV
25	024014L25 (*)	MASW
26	024014L26 (*)	MASW
27	024014L27 (*)	MASW
28	024014L28 (*)	MASW

n.	Codice Indagine	Tipo indagine
29	024014L29 (*)	MASW
30	024014L30 (*)	MASW
31	024014L31 (*)	MASW
32	024014L32 (*)	MASW
33	024014L33	SR

(*) Indagini eseguite ex novo per il presente studio

Il codice delle indagini corrisponde alle seguenti tipologie:

- HVSR Prova microtremore a stazione singola
- DL Prova penetrometrica dinamica leggera
- DN Prova penetrometrica dinamica media
- DS Prova penetrometrica dinamica super pesante
- T Trincea
- CPT Prova penetrometrica statica
- PA Pozzo per acqua
- SDS Sondaggio a distrazione di nucleo che intercetta il substrato
- S Sondaggio a carotaggio continuo
- SS Sondaggio a carotaggio continuo che raggiunge il substrato
- SMS Indagine stratigrafica virtuale di Zona
- MASW Prova Multichannel Analysis of Surface Waves
- REMI Prova REfraction Microtremors
- SR Profilo sismico a rifrazione

Le indagini selezionate sono riportate nella Carta delle Indagini ove, oltre al simbolo identificativo della tipologia, è stato anche riportato il codice identificativo per una loro più facile collocazione nell'ambito di ogni area. Nella Carta, per rendere la lettura più chiara, è stato riportato il codice con l'esclusione dei primi sei caratteri (uguali per tutte le indagini e corrispondenti a 024014) relativi al codice ISTAT della Provincia di Vicenza e del Comune di Breganze. I risultati delle indagini geofisiche realizzate nel corso del presente studio sono riportati in uno specifico allegato.

2.1 Nuove indagini geofisiche

Al fine di migliorare le conoscenze relative al quadro sismostratigrafico del territorio comunale sono state realizzate le indagini geofisiche elencate di seguito, in aggiunta a quelle eseguite nel corso dello studio di 1° livello.

- N° 5 profili sismici con tecnica MASW
- N° 20 stazioni di misura del rumore ambientale (HVSR).

Le indagini sono state ubicate nelle aree di maggiore interesse per la stesura della carta di Microzonazione Sismica e dove i risultati del 1° livello avevano lasciato delle incertezze. Relativamente agli aspetti teorici sui metodi geofisici utilizzati, si rimanda alla relazione allegata allo studio di 1° livello.

Nella tabella seguente sono riportate le caratteristiche geometriche dei dispositivi MASW utilizzati, mentre la tabella con i codici ed i risultati delle misure HVSR sono inseriti nel capitolo 3.

Tabella 3: caratteristiche profili sismici MASW

<i>Codice Profilo MASW</i>	<i>Lunghezza (m)</i>	<i>Passo inter- geofonico (m)</i>	<i>Source offset (m)</i>
024014L25	51	3	6 ÷ 9
024014L26	51	3	6 ÷ 9
024014L27	68	4	8 ÷ 12
024014L28	51	3	6 ÷ 9
024014L29	42	2	4 ÷ 6

2.2 Risultati ottenuti con le misure MASW

Di seguito si riporta la tabella di correlazione tra la velocità delle onde sismiche di taglio e le tipologie di materiali presenti. La tabella già presentata nello studio di 1° livello, è stata confermata, salvo limitate variazioni, dalle nuove indagini geofisiche

Tabella 4: correlazioni tra Vs e tipologia terreni

Tipologia	Velocità onde S (m/s)
Depositi alluvionali da poco a mediamente addensati/consistenti	100 - 300
Depositi alluvionali da mediamente a molto addensati	300 - 550
Depositi eluvio-colluviali poco addensati/consistenti	100 - 250
Rocce vulcaniche alterate e fratturate	300 - 400
Rocce vulcaniche poco alterate	500 - 700
Substrato a composizione prevalentemente calcarea (probabile)	800 - 1100

Si vuole qui ricordare che i risultati dell'indagine geofisica derivano da prove indirette e, pertanto, non va loro attribuito il medesimo valore di quello derivante da prove dirette. Le correlazioni proposte tra le velocità sismiche e le diverse tipologie, hanno quindi un valore indicativo, derivando da considerazioni di carattere geologico e dal confronto con i dati ricavati dai sondaggi geognostici diretti e dalle stratigrafie dei pozzi (queste ultime sono però, talvolta, approssimative).

I risultati delle elaborazioni geofisiche sono riassunti graficamente nelle figure inserite in allegato, dove sono riportati gli spettri ottenuti con l'analisi delle onde di Rayleigh e di Love e le relative curve di dispersione, i diagrammi con l'andamento della V_s in funzione della profondità e la corrispondente tabella con i dati numerici.

3. CARTA DELLE FREQUENZE NATURALI DEI DEPOSITI

La carta delle frequenze naturali dei terreni è stata predisposta indicando per ogni stazione di misura il valore o i valori di frequenza di risonanza misurati. Al fine di evidenziare la distribuzione spaziale di questo fenomeno, sono stati utilizzati dei simboli puntuali con l'indicazione della frequenza, mentre la dimensione del simbolo è proporzionale alla frequenza del picco di risonanza.

La carta è stata predisposta con le HVSR disponibili, che sono risultate 71, così suddivise:

- 46 utilizzate per la redazione dello studio di livello 1
- 25 misure realizzate per lo studio di livello 2 e studio di compatibilità geomorfologica (2021)

Le stazioni di misura hanno avuto una durata di registrazione variabile tra 15 e 25 minuti; la frequenza di campionamento è stata mantenuta compresa tra 150 e 200 Hz.

I dati acquisiti sono stati trattati con il software di elaborazione di microtremori "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 20 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 delle misure HVSR eseguite per la MS di livello 2. In allegato compaiono i diagrammi delle misure eseguite per il presente studio.

Tabella 5: risultati delle misure HVSR eseguite per la MS di livello 2

Codice	Data	Località	Frequenza (Hz)	Ampiezza
024014P119	23.11.2021	Via San Ivon	8,9	2,9
024014P120	23.11.2021	Via Brogliati Contro	3,2; 9; 18	2,5; 2,5
024014P121	23.11.2021	Via Brogliati Contro	5	5,8
024014P122	23.11.2021	Via Rivellin - Via Degani Costa	9; 12	3,4; 4
024014P123	23.11.2021	Via San Gaetano	n.i.	n.i.
024014P124	03.01.2023	Contrà Riva	(2,3)	(2)
024014P125	03.01.2023	Via Zabarella	10,5	2,2
024014P126	03.01.2023	Zabarella	6,8	2,6
024014P127	03.01.2023	Via Zabarella	6	3,2
024014P128	03.01.2023	Via Monte Grappa	3,2	1,9

Codice	Data	Località	Frequenza (Hz)	Ampiezza
024014P129	03.01.2023	Via Costa-Str. della Paezza	0,98	2,4
024014P130	03.01.2023	Borgo Santa Maria	1,9	4,5
024014P131	03.01.2023	Via Costa	5 - 6	2,3
024014P132	03.01.2023	Crivellaro	1,5; 9,5	3,4; 2,6
024014P133	03.01.2023	Via Riale	3,7	4,8
024014P134	14.01.2023	Maragnole	(0,75); 6; 8,5	(4,2): 2,5; 2,2
024014P135	14.01.2023	Via S. Iberto	0,9; 9,4	2,4; 3
024014P136	14.01.2023	Via Santo Stefano	0,9; 10 Hz	3,2; 2,5
024014P137	14.01.2023	Via Santo Stefano	n.p.	n.p.
024014P138	14.01.2023	Santo Stefano	13	1,9
024014P139	14.01.2023	Turra	6,5 - 8,5	2,7
024014P140	14.01.2023	San Pietro	5,5	4
024014P141	14.01.2023	Ca' Biasi	1	2,7
024014P142	14.01.2023	Via Fratte	6,5	1,9
024014P143	14.01.2023	Strada del Molin della Valle	16	4

Nota: () Valore incerto; n.p. nessun picco; n.i. non interpretabile

A commento della tabella e della Carta delle frequenze si può dire che:

- Le stazioni di misura eseguite nel territorio collinare evidenziano di solito picchi di risonanza a frequenze comprese tra 5 e 10 Hz.
- Le stazioni ubicate nella zona di pianura hanno picchi di risonanza che si pongono, nella maggior parte dei casi, su frequenze comprese tra 1 e 5 Hz.

A queste condizioni di carattere generale, fanno eccezione alcuni punti di misura dove si sono misurate frequenze “anomale” rispetto il contesto. Nelle zone collinari picchi di risonanza posti a frequenze inferiori a 5 Hz potrebbero essere rappresentativi di contatti relativamente profondi tra litotipi diversi, oppure di contatti laterali o, comunque di situazioni complesse. Per quanto riguarda la zona pianura, nella carta delle frequenze compaiono dei punti di misura dove la frequenza è relativamente elevata (>5 Hz): si tratta di stazioni dove il picco di risonanza a frequenza elevata ha un’ampiezza molto maggiore del picco a bassa frequenza, generato dal probabile contatto tra la copertura alluvionale ed il substrato lapideo. Tale fenomeno potrebbe essere generato da basso contrasto di impedenza sismica tra la copertura ed il substrato.

4. CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA DI 2° LIVELLO

4.1 Premessa

Lo studio di Microzonazione Sismica di 2° livello del Comune di Breganze è stato redatto facendo riferimento alla normativa regionale vigente, citata nel capitolo 1.

Oltre alle indicazioni previste dall'allegato A) della DGR 1572/13, sono state analizzate le condizioni specifiche dell'area indagata, individuando gli elementi oggetto di approfondimento nella MS di 2° livello.

Nell'ambito dello studio è stata valutata la presenza degli scenari previsti dalla DGRV 1572. 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 analizzato e le procedure applicate nel presente studio.

Tabella 6: procedure di microzonazione sismica

SIGLA	Scenario di pericolosità	Presenza nel territorio	Procedura utilizzata
P1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	SI	Individuati da PAT, PAI e PTCP. Riportati in carta in riferimento alla carta della Fragilità del PAT
P1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	SI	Individuati da PAT, PAI e PTCP. Riportati in carta in riferimento alla carta della Fragilità del PAT
P1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	SI	Valutate le condizioni di stabilità tramite l'utilizzo del coefficiente Kh (vedi allegato A2.2 delle Linee Guida per le instabilità di versante sismoindotte)
P2a	Zona con terreni di fondazione particolarmente scadenti quali depositi altamente compressibili, ecc.	NO	Le indagini disponibili non hanno individuato aree significative.
P2b	Zona con depositi granulari fini saturi	SI	Eseguite nuove indagini e valutato il rischio di liquefazione
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 Fa ed Fv puntuali. Predisposta carta con andamento Fa
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	Le indagini disponibili non hanno individuato aree significative.
P4c	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	NO	Le indagini disponibili non hanno individuato aree significative.
P4d	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	NO	Le indagini disponibili non hanno individuato aree significative.

SIGLA	Scenario di pericolosità	Presenza nel territorio	Procedura utilizzata
P4e	Zona con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	NO	Le indagini disponibili non hanno individuato aree significative.
P5a	Linea di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	NO	Le indagini disponibili non hanno individuato aree significative nell'area studiata
P5b	Zona ove sono presenti o potenzialmente presenti cavità sotterranee o sinkhole	NO	Le indagini disponibili non hanno individuato aree significative.

4.2 Valutazione degli effetti litostratigrafici

Per la valutazione degli effetti litostratigrafici, la normativa vigente indica che, nell'ambito della microzonazione di II° 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 FA ed FV così definiti

- a) **FA** : fattore di amplificazione a basso periodo (determinato intorno al periodo proprio per il quale si ha il massimo della risposta in accelerazione)
- b) **FV** : 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 (V_s) 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 il territorio considerato nel corso del presente studio è stato utilizzato il profilo con gradiente massimo.

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

Per quanto riguarda la litologia, gli abachi nazionali prevedono tre tipologie di depositi sciolti: ghiaie, sabbie e argille. Nelle necessarie semplificazioni per poter utilizzare gli abachi stessi, è stato fatto riferimento agli abachi relativi ai terreni prevalenti ghiaiosi nelle aree di pianura, mentre per le zone collinari e pedecollinari si sono utilizzati gli abachi relativi alla litologia argillosa.

La stima dei Fattori di amplificazione litostratigrafici è stata ottenuta tramite i valori di Vs ricavati dalle prove MASW abbinate alle misure HVSR, le quali hanno portato a definire la velocità media delle onde di taglio della copertura ed il suo spessore. Tale operazione è stata fatta sia per i dati delle misure eseguite per Livello 2, sia reinterprestando le indagini MASW relative al Livello 1. Per incrementare i dati disponibili, soprattutto nella zona collinare, sono state utilizzate anche delle stazioni HVSR, mediante inversione dei dati.

Particolarmente difficoltosa è risultata la definizione delle proprietà del substrato sismico ove costituito da rocce vulcaniche, le quali spesso si presentano molto alterate e, di conseguenza, caratterizzate da valori di velocità delle onde sismiche estremamente bassi. Solo in alcuni casi si è registrata la “classica” velocità del bedrock pari a 800 m/s, per cui, in corrispondenza ad ogni punto di misura, si è dovuto procedere ad una valutazione delle caratteristiche del bedrock, per il quale si sono misurate velocità variabili tra 400 e 800 m/s.

Tabella 7: Valori di FA e FV ricavati dagli abachi

Punto di Misura	FA	FV
024014L1	2,28	2,42
024014L2	1,31	1,47
024014L3	1,49	1,92
024014L4	1,33	1,47
024014L5	1,33	1,73
024014L6	2,74	1,31
024014L7	3,17	3,52
024014L8	1	1
024014L9	1,85	1,05
024014L10	2,85	1,59
024014L11	2,87	3,92
024014L12	2	1,34
024014L13	1,85	1,97
024014L14	1,24	1,5
024014L15	1,61	2,23
024014L16	1,22	1,52
024014L17	1,32	1,58

Punto di Misura	FA	FV
024014L18	2,41	1,52
024014L19	1,62	1,64
024014L20	1,55	1,84
024014L25	1,64	1,1
024014L26	2,88	2,51
024014L27	1,69	2,12
024014L28	3,09	2,33
024014L29	1,63	2,58
024014L26	2,88	2,51
024014L27	1,69	2,12
024014L28	3,09	2,33
024014L29	1,63	2,58

Relativamente alla **sola amplificazione di tipo litostratigrafico**, l'analisi della tabella consente di fare le seguenti considerazioni.

- Nel settore collinare, i valori di FA risultano compresi tra 1 e 3. Questo elevato range di valori deriva dal fatto che nella zona collinare le condizioni geologiche presentano una notevole variabilità laterale, soprattutto per quanto riguarda lo strato dello spessore dello strato di alterazione delle rocce tufacee. La carta rappresenta pertanto l'andamento generale del fattore FA, mentre le amplificazioni puntuali potrebbero risultare anche sensibilmente diverse.
- Nelle zone vallive infracollinari e lungo la fascia alla base delle colline si osservano i valori maggiori di FA, che sono quasi sempre compresi tra 2,5 e 3. Tale fenomeno è da correlare con la presenza nel sottosuolo di terreni prevalentemente argillosi caratterizzati da bassi valori di Vs e spessori di alcune decine di metri.
- Per quanto riguarda la zona di pianura, risulta evidente una progressiva riduzione dei valori di FA, man mano che ci si allontana dal piede delle colline. I valori minimi risultano prossimi a 1,2 – 1,3 e sono stati misurati nei settori meridionale e sudorientale del comune.
- Anche i valori di FV sono molto variabili: nella zona collinare variano da 1,1 a 2,5 mentre nelle aree vallive e pedemontane risultano compresi tra 1,5 e 3,9 circa. Nel settore francamente di pianura si osservano valori variabili tra 1,3 e 2,6.

4.3 Valutazione degli effetti morfologici

La valutazione delle condizioni morfologiche in grado di generare amplificazione sismica 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 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 definire meglio la geometria ed i limiti delle scarpate e dei relativi cigli.

4.3.1 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.

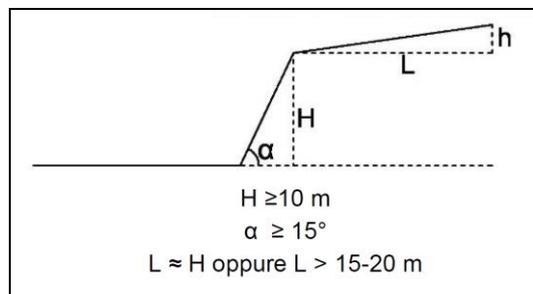


Figura 1: criteri di riconoscimento delle scarpate suscettibili di amplificazioni morfologiche

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 riassunti 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° < α < 90°	1.1	Ai = H
20 m < H < 40 m	15° < α < 90°	1.2	Ai = 3/4 H
H > 40 m	15° < α < 20°	1.1	Ai = 2/3 H
	20° < α < 40°	1.2	
	40° < α < 60°	1.3	
	60° < α < 70°	1.2	
	α > 70°	1.1	

Figura 2: criteri di assegnazione dei Fattori di amplificazione

Gli elementi riportati 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 delle scarpate 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.



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.

Le fasce di amplificazione morfologica determinate dalle scarpate, si sovrappongono alle aree con amplificazione litostratigrafica causando, di conseguenza, un incremento del valore di FA che, essendo calcolato mediante il prodotto delle due amplificazioni, può aumentare in modo significativo.

I valori di FA riportati nella Carta di Microzonazione Sismica rappresentano quindi il contributo dell'amplificazione litostratigrafica e di quella morfologica, dove questi si sovrappongono.

4.3.2 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. Queste conformazioni morfologiche sono frequenti a causa delle numerose valli secondarie che incidono in modo significativo la coltre di alterazione e il substrato, con la conseguente formazione di dorsali comprese tra valli adiacenti.

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

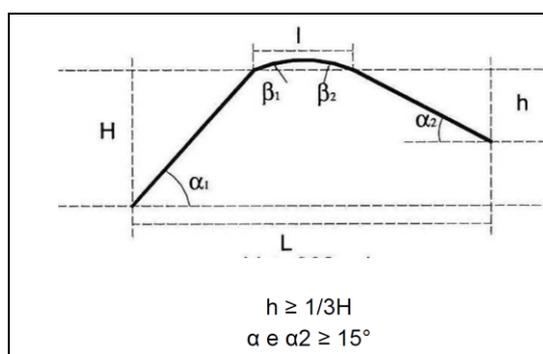


Figura 4: parametri dimensionali per creste/dorsali suscettibili di amplificazione

L'utilizzo degli abachi per la determinazione del Fa in base al rapporto H/L , porta a definire i valori amplificazione illustrati nella seguente tabella dove sono riportate sia le creste, le creste che dopo valutazione geometrica sono state declassate a semplici cigli e, infine, i cigli.

Tabella 8: Attributi delle dorsali e dei cigli e relativi valori di Fa

Id	Riferimento	Tipo	Alt. H [m]	Largh. H [m]	Alfa 1 [°]	Alt. h [m]	Largh. h [m]	Alfa 2 [°]	Largh. l [m]	Forma	L	H/L	Fa (H per cresta decl.)	Fa (h per cresta decl.)
1	Vasca	Ciglio	90	217	22,53								1,30	
2	C. Mattarollo	Cresta	30	72	22,62	30	131	12,90	39	Appuntita	242	0,12	1,20	
3	C. Mattarollo Est	Ciglio	25	75	18,43								1,20	
4	Monte Goggio	Cresta	73	181	21,96	52	298	9,90	35	Appuntita	514	0,14	1,20	
5	Villa Elettra	Cresta	70	215	18,03	40	117	18,87	69	Appuntita	401	0,17	1,22	
6	Contra Paezza	Cresta	75	258	16,21	40	160	14,04	62	Appuntita	480	0,16	1,10	1,2
7	Monte S. Lucia	Cresta	90	318	15,80	62	169	20,15	32	Appuntita	519	0,17	1,22	
8	Contra Costa	Cresta	55	182	16,81	42	261	9,14	52	Appuntita	495	0,11	1,10	
9	Villa Mascarello	Ciglio	35	77	24,44								1,20	
10	Villa Avogadro	Cresta	25	68	20,19	22	109	11,41	34	Appuntita	211	0,12	1,20	
11	Bosco Grande	Cresta	45	69	33,11	45	169	14,91	35	Appuntita	273	0,16	1,20	1,1
12	Roccolo	Ciglio	25	61	22,29								1,20	
13	Bosco Grande Nord	Cresta	55	118	24,99	55	122	24,27	33	Appuntita	273	0,20	1,20	
14	Fratte	Cresta	45	109	22,43	25	104	13,52	61	Appuntita	274	0,16	1,20	1,2
15	Villa Diego Basso	Cresta	65	250	14,57	55	163	18,65	75	Appuntita	488	0,13	1,10	1,1
16	Villa Scaroni	Ciglio	20	35	29,74								1,20	
19	Villa Avogadro Ovest	Cresta	63	162	21,25	18	65	15,48	29	Appuntita	256	0,25	1,20	1,1
20	Via Montegoggio	Ciglio	20	46	23,50								1,20	
21	San Pietro	Cresta	30	140	12,09	15	39	21,04	10	Appuntita	189	0,16		1,1
22	Rivaro	Ciglio	25	108	13,03								1,20	
23	Mattarollo Sud	Ciglio	30	93	17,88								1,20	
24	Fonte delle Ore	Ciglio	40	93	23,27								1,20	
25	Roggia Bresana	Ciglio	35	64	28,67								1,20	
27	Via San Pietro	Ciglio	50	167	16,67								1,10	
28	Cava Nord Alta	Ciglio	30	65	24,78								1,20	
29	Cava Nord Bassa	Ciglio	10	55	10,30								1,10	
30	Cava Sud	Ciglio	20	50	21,80								1,20	

I casi in cui, dopo l'analisi morfologica, una cresta non rispettava i parametri specifici di rapporto tra la larghezza di cresta e altezza complessiva, il valore di FA è stato stimato ipotizzando la presenza di due scarpate distinte.

Si ritiene utile 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.

4.4 Liquefazione

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

Lo studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 aveva messo in risalto come il settore sudorientale del territorio comunale potesse essere interessato da questo fenomeno, soprattutto in relazione alla limitata profondità della falda dal piano campagna e, secondariamente, per la possibile presenza di livelli sabbiosi nel sottosuolo.

Nell'ambito dello studio di Livello 2 sono stati censiti ed analizzati ulteriori dati geognostici al fine di ricostruire con maggiore dettaglio la stratigrafia del sottosuolo e quindi valutare l'effettiva possibilità che si verifichi questo fenomeno. Le stratigrafie, desunte da sondaggi geognostici e prove penetrometriche sono ubicate nella Carta delle Indagini e riportate nel database allegato.

In particolare, per analizzare questa problematica è stato fatto riferimento alle seguenti indagini puntuali: P54, P55, P71, P96, P97, P99, P104, P105, P106, P107, P145, P146, P147, P148, P152, P153.

Sono state inoltre eseguite due nuove prove penetrometriche dinamiche (P156 e P157) ubicate in aree dove le stratigrafie di pozzi terebrati a scopo irriguo segnalavano la presenza di sabbia.

Va segnalata l'impossibilità di eseguire prove penetrometriche statiche con piezocono (CPTU), poiché lo strato ghiaioso presente a profondità di pochi metri dal p.c. impedisce l'avanzamento della punta. Per valutare accuratamente la liquefazione sarebbe necessario eseguire dei sondaggi a carotaggio continuo, ma si ritiene che tale operazione non sia congrua con lo scopo dello studio in oggetto.

L'esame dei dati disponibili evidenzia come il sottosuolo nel settore sud-orientale del Comune sia costituito da un primo strato argilloso - limoso avente spessore di alcuni metri, alla base del quale si trovano terreni prevalentemente ghiaiosi, con una frazione sabbioso-limosa in percentuale variabile. Gli orizzonti francamente sabbiosi sono stati segnalati solo nel pozzo N° P107: trattandosi però della stratigrafia relativa ad un pozzo la sua attendibilità è relativa. Le prove penetrometriche dinamiche e statiche si arrestano, di solito, dopo essere "entrate" per alcuni metri all'interno dello strato ghiaioso ben addensato.

Per verificare l'attendibilità dei dati forniti dal pozzo P107 è stata eseguita la prova penetrometrica dinamica P156, che ha raggiunto una profondità di 16 m dal p.c..

Sulla base di tutti i dati geognostici acquisiti, si è giunti ad escludere che possa verificarsi il fenomeno della liquefazione, su circa metà dell'area dove lo studio di Livello 1 aveva segnalato che tale fenomeno potesse accadere in caso di sisma. Nella parte rimanente, situata più a Est, all'interno della quale ricade la frazione di Maragnole, le informazioni disponibili non consentono di escludere il rischio di liquefazione.

La Prova P156 fornisce dei dati, seppure quantitativi, trattandosi di una penetrometria dinamica. Le elaborazioni conducono a valutare un **indice di liquefazione IL = 3,1**, equivalente ad un rischio moderato.

Sulla base di quanto illustrato, viene stabilita una zona di suscettibilità alla liquefazione ZS_{LIQ} nel settore sudorientale del Comune, come indicato nella Carta di Microzonazione Sismica. Eventuali indagini ed analisi più approfondite potranno valutare i parametri necessari per verifiche più accurate.

Come è noto, lo studio della liquefazione deve essere comunque condotto nell'ambito degli studi geologico-tecnici da eseguire in fase di progettazione delle opere; tale disposizione rimane comunque confermata poiché vista la variabilità laterale dell'assetto stratigrafico del sottosuolo, non è possibile escludere con certezza l'esistenza di livelli sabbiosi in tutto il territorio esaminato.

4.5 Instabilità di versante

4.5.1 Frane attive e/o quiescenti

Nell'ambito dello studio di Microzonazione Sismica di livello 2, sono state raccolte e aggiornate tutte le indicazioni relative alle frane attive e quiescenti attraverso l'esame dei dati presenti nei diversi database e nelle cartografie disponibili.

Da questa prima raccolta sono state individuate le aree in frana ricadenti nella categoria di terreni "*Non idonei*" previsti dallo strumento urbanistico vigente e nelle quali è di fatto già vietata ogni nuova edificazione e trasformazione delle aree in zone edificabili.

L'attenzione è stata quindi posta sulle aree in frana che ricadevano, sempre per gli strumenti urbanistici vigenti, nelle aree definite "*Idonee a condizione*" e "*idonee*" dove possono essere realizzate nuove volumetrie e possibili trasformazioni urbanistiche.

Sono stati poi riportati in cartografia gli elementi puntuali e lineari ricavati dal PAI e dal PTCP relativi a dissesti definiti come "*non delimitati*".

Nelle aree indicate come interessate da fenomeni di instabilità, anche non attivi, è stata riportata una fascia relativa alla possibile espansione della instabilità definita come "*Area di evoluzione della frana*" ("*Linee Guida per gestione in aree interessate da instabilità di versante sismoindotte*" ver. 1.0 -2017) della larghezza complessiva di 20 metri.

Nel paragrafo 0 sono indicate delle proposte normative inerenti le aree interessate da instabilità gravitativa sismoindotta.

4.5.2 Aree potenzialmente in frana

Per la classificazione di questa tipologia di aree è stata utilizzata la metodologia proposta all'allegato A2.2 delle "*Linee Guida per gestione in aree interessate da instabilità di versante sismoindotte*" ver. 1.0 - 2017.

Per definire le aree potenzialmente franose, l'allegato citato (predisposto a cura della Regione Toscana) suggerisce la stima del fattore **Kh**, che può essere calcolato tramite una serie di parametri morfologici, sismici e stratigrafici. Se il valore di questo coefficiente è **inferiore a 0,1** il pendio si può considerare stabile dal punto di vista sismico e quindi un eventuale sisma, con le accelerazioni e le caratteristiche proprie così come previsto dagli attuali documenti statistici elaborati dall'INGV, non dovrebbe avere influenza sulle condizioni generali di stabilità del pendio, con l'ovvia esclusione delle instabilità già esistenti.

L'applicazione di questo metodo di valutazione è stata utilizzata su tutte le zone urbanizzate ed urbanizzabili del territorio comunale (consolidato, trasformabile, edificato diffuso ed eventuali aree destinate a servizi sovracomunali), per verificare se il valore di riferimento del coefficiente Kh fosse inferiore al limite indicato.

4.5.2.1 Calcolo del fattore Kh

Il valore del coefficiente Kh può essere calcolato utilizzando la seguente formula:

$$Kh = \beta_s * S * a_g / g$$

Il fattore β_s , definito come "coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito", varia in funzione della categoria di terreno secondo le definizioni delle nuove N.T.C. ed in particolare si può fare riferimento alla seguente tabella estratta dal paragrafo 7.11.3.5.2 del Decreto 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni".

Tab. 7.11.I – Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g (g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g (g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g (g) \leq 0,1$	0,20	0,20

Figura 5: tabella di attribuzione del coefficiente Kh in funzione delle categorie di sottosuolo e delle accelerazioni sismiche previste.

Il valore del coefficiente S deriva dal prodotto dei due valori di Ss e St

$$S = S_s * S_t$$

che sono legati a loro volta rispettivamente all'amplificazione stratigrafica e all'amplificazione topografica. Il loro rispettivo valore viene indicato dalle tabelle del capitolo 3.2.3 del Decreto citato, in particolare per il calcolo di Ss vale:

Tab. 3.2.IV – Espressioni di S_s e di C_c

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Figura 6: tabella per il calcolo del coefficiente S_s di amplificazione stratigrafica

Mentre per la determinazione del valore di S_t viene indicata la seguente classificazione morfologica dei versanti:

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Figura 7: categorie topografiche di amplificazione

Con la relativa quantificazione numerica

Tab. 3.2.V – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Figura 8: valori di S_t in base alle categorie morfologiche del pendio

Infine il valore di accelerazione massima di sito ag/g si può ricavare dal portale dell'INGV dedicato: <https://esse1-gis.mi.ingv.it/>.

L'elaborazione dei valori di K_h per le aree urbanizzate e le aree in frana e/o potenzialmente in frana è stata effettuata attraverso l'utilizzo di sistemi GIS partendo da una griglia di quadrati di lato pari a 5 metri derivati dal DTM reso disponibile sul geoportale della Regione Veneto, sulla quale è stata determinata la pendenza di ogni singolo elemento utilizzando l'applicazione di interpolazione.

Per ogni singolo elemento sono stati poi aggiunti i valori necessari al calcolo di K_h che è stato ottenuto grazie al prodotto dei singoli parametri. In particolare, sono stati scelti i seguenti valori utilizzando un approccio prudentiale, che ha portato a scegliere il termine di maggior gravosità quando il range dei valori disponibili era più ampio.

- Per il calcolo del fattore β_s – categoria di **sottosuolo D** per tutta l'area esaminata; accelerazione massima attesa di sito compresa tra 0,1 e 0,2 ag/g – Valore $\beta_s=0,24$
- Per il calcolo del fattore St – calcolo in automatico in base alla pendenza. Per alcune dorsali dove i versanti presentano pendenze superiori ai 30° al parametro St è stato assegnato il valore di 1,4
- Per il calcolo del fattore S_s – categoria di terreno D - valore **$S_s=1,80$**
- Per il calcolo del fattore ag/g – l'accelerazione massima del territorio comunale pari a **0,166**.

Assegnati i valori ad ogni singolo pixel della maglia di elementi con 5 metri di lato è stato effettuato il calcolo automatico del coefficiente K_h , riportato poi anche nella carta di Microzonazione sismica. Il calcolo è stato comunque effettuato per tutta l'area collinare (Figura 9) per poi essere affinato per le aree urbanizzate.

I risultati hanno evidenziato che i valori così determinati risultano compresi tra 0,072 e 0,1. In alcune aree è quindi possibile che, in caso di sisma, possano innescarsi nuove instabilità di versante.

Si segnala che la definizione del parametro K_h , vista la tipologia di studio a scala comunale, risente delle necessarie semplificazioni e omogeneizzazioni; non deve pertanto essere considerato come dato puntuale per eventuali verifiche e progettazioni.

I valori così ottenuti sono stati controllati anche con i dati puntuali che si possono ottenere al portale della Geostru, consultabile all'indirizzo <https://geoapp.eu/parametrisismici2018/>, sempre considerando come riferimento lo stato limite di salvaguardia per la vita e pari ad un Tempo di ritorno di 475 anni. Il controllo ha consentito di confermare i dati ottenuti sulle aree indagate.

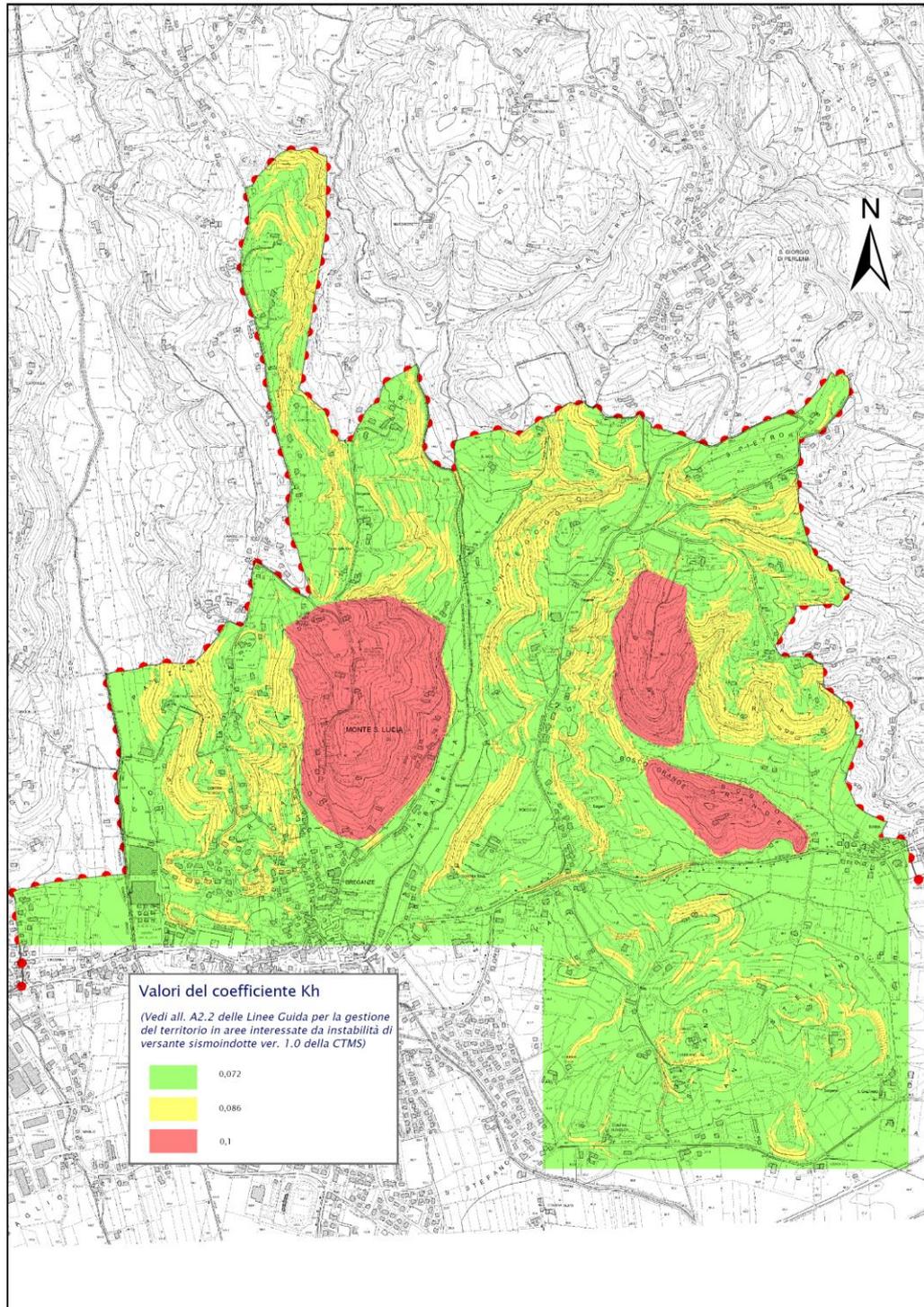


Figura 9: andamento del valore del coefficiente Kh nell'area collinare

4.6 Faglie attive e capaci

Le considerazioni espresse nello studio di Livello 1, effettuate sulla base del materiale attualmente reperibile in letteratura, compresi studi geologico-strutturali eseguiti in comuni

limitrofi, hanno condotto ad escludere la presenza di Faglie Attive e Capaci (FAC) all'interno del territorio comunale.

Vista la complessità dell'argomento e, in generale, la carenza di studi di neotettonica a carattere regionale, non è possibile escludere che se in futuro saranno realizzati nuovi specifici approfondimenti, possano essere apportate delle modifiche al modello geologico-strutturale del territorio.

5. SINTESI DELLO STUDIO DI MICROZONAZIONE DI 2° LIVELLO

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 le 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.

Utilizzando i dati esistenti e le nuove misure geofisiche, gli studi di MS di Livello 1 e 2 hanno cercato di ricostruire la struttura geologica del sottosuolo del territorio del Comune di Breganze, all'interno del quale non sono state rilevate aree definibili “stabili”.

Come esposto nei paragrafi precedenti, gli studi hanno messo in risalto che i valori del fattore di amplificazione FA sono molto variabili in funzione del settore di territorio considerato: si passa da valori maggiori di 3 in alcuni punti dell'area collinare e nelle zone pedecollinari a valori compresi tra 1,2 e 1,6 nella fascia di pianura posta nel settore meridionale del comune.

Lo studio ha evidenziato alcune aree ove possono verificarsi effetti amplificativi in prossimità delle scarpate. Come è noto l'amplificazione morfologica comporta un incremento dell'amplificazione litostratigrafica.

La tematica inerente l'instabilità di versante è stata affrontata sia considerando quanto previsto negli strumenti urbanistici vigenti, sia valutando la potenziale instabilità di versante sismoindotta.

Relativamente a quest'ultimo aspetto, le analisi effettuate hanno condotto a concludere che nel territorio comunale urbanizzato sussistono i presupposti perché si inneschino nuovi fenomeni di instabilità sismoindotta: tale situazione si verifica soprattutto nella zona circostante il Monte Santa Lucia.

Nel prossimo capitolo sono state inserite delle proposte normative che riguardano le aree interessate da instabilità di versante.

Con i nuovi dati geognostici acquisiti, si è giunti ad escludere che possa verificarsi il fenomeno della liquefazione in caso di sisma, con l'esclusione di un settore sud-orientale del territorio comunale. Per questo settore è stata stabilita una zona di suscettibilità per liquefazione ZS_{LIQ} a media pericolosità ($2 < IL < 5$).

Infine, per quanto riguarda gli aspetti legati alla tematica delle faglie attive a capaci, si sono confermate le considerazioni fatte nell'ambito dello studio di Livello 1, che portavano ad escludere la presenza di queste strutture nel territorio comunale.

6. 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. 17.01.2018 Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni” e alle eventuali ss.mm.ii. relative agli argomenti specifici.

6.1 Amplificazioni litostratigrafiche

In considerazione della situazione sismica e geologica del Comune di Breganze, 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, facendo riferimento alla classificazione degli edifici prevista dalle N.T.C. ed alla normativa regionale inerente gli edifici e opere di interesse strategico ai fini di protezione civile e rilevanti per l'uso.

La microzonazione riportata in cartografia, basata sui Fattori di amplificazione elaborati con abachi e metodi semplificati, deve essere utilizzata come approccio preliminare nello studio dell'amplificazione sismica e per programmare la tipologia di indagini da effettuare.

E' fatto assoluto divieto l'utilizzo dei dati di output degli abachi di 2° Livello in attività connesse alla determinazione dell'azione sismica a corredo della progettazione sismica.

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

Sulla base delle considerazioni esposte in precedenza, vista anche la classificazione sismica del Comune di Breganze, si stabiliscono diversi gradi di approfondimento dello studio sismico.

6.1.1 Modalità di applicazione degli approfondimenti

Il D.M. 17 gennaio 2018, 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. Di seguito sono indicate le indagini e gli studi da effettuare in relazione alla tipologia di costruzione in esame, nell'ambito dell'intero territorio comunale.

- **Classe I:** *Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.* Per queste costruzioni, in funzione dell'ubicazione e della tipologia, potranno essere utilizzati i dati e le informazioni sismiche contenuti nel presente studio, oppure eseguite indagini come illustrato per gli edifici in classe II.
- **Classe II:** *Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso*

III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Per queste costruzioni si prevede l'esame dei dati e delle informazioni sismiche contenuti nel presente studio e, quindi, l'applicazione di metodi semplificati per valutare l'amplificazione sismica locale. Per l'applicazione dei metodi semplificati si riporta quanto indicato dal D.M. 17.01.2018, al paragrafo 3.2.2 **Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche** "Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_s per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2.

I valori di V_s sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

Come è noto, la definizione delle categorie di sottosuolo avviene attraverso il calcolo della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio V_{Seq} , la cui determinazione sarà fatta preferibilmente utilizzando indagini sismiche, in foro (cross-hole, down-hole,) o in superficie (MASW, ESAC, sismica a rifrazione). Per le indagini in superficie sarà preferibile usare tecniche attive e passive in modo congiunto.

Abbinata 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.

Per gli edifici in **Classe II**, particolare attenzione dovrà essere posta nell'analizzare le situazioni ricadenti nelle zone caratterizzate da valori di **FA totale $\geq 2,5$** poiché l'assetto litostratigrafico del sottosuolo, può generare amplificazioni sismiche rilevanti. Qualora l'opera in progetto sia strutturalmente rilevante, o ricadesse in aree alla base del versante dove la morfologia del substrato lapideo può essere irregolare, si consiglia di procedere con l'analisi di Risposta Sismica Locale mediante modellazione numerica.

- **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.

- **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 le costruzioni ricadenti nelle classi III e IV si prevede l'esecuzione di un'analisi della Risposta Sismica Locale (RSL) come indicato al paragrafo 7.11.3.1 del DM 17.01.2018 **Risposta sismica locale**, del quale si richiamano alcuni punti: "...*Omissis.....Alla scala della singola opera o del singolo sistema geotecnico, l'analisi della risposta sismica locale consente quindi di definire le modifiche che il segnale sismico di ingresso subisce, a causa dei suddetti fattori locali. Le analisi di risposta sismica locale richiedono un'adeguata conoscenza delle proprietà geotecniche dei terreni, da determinare mediante specifiche indagini e prove.....omissis*".

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 14.01.2018, 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 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 rigidezza 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.

Riguardo alla Risposta Sismica Locale da utilizzare in specifiche situazioni, le modalità di applicazione descritte in precedenza, dovranno essere valutate ed eventualmente modificate in relazione al progetto previsto ed alle conoscenze geologico-geofisiche disponibili. Anche la tipologia ed il numero delle prove da eseguire saranno programmate in funzione dell'importanza dell'opera in progetto (classe d'uso) e della sua ubicazione in rapporto all'assetto geologico del sottosuolo.

Le analisi di Risposta Sismica Locale si dovranno applicare anche agli edifici e opere elencati nella DGRV n. 3645 del 28 novembre 2003, Allegati A e B e nel Decreto del capo della Protezione Civile n. 3685 del 21 ottobre 2003 (edifici e opere di interesse strategico ai fini di protezione civile e rilevanti per l'uso).

6.2 Aree con effetti morfologici di scarpata e dorsale

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).

6.3 Aree interessate da instabilità gravitative

La elaborazione relativa alla stima del parametro Kh ha evidenziato come in alcune aree urbanizzate i valori raggiungano il limite di 0,1 oltre il quale, possono innescarsi delle nuove instabilità sismoindotte in caso di terremoto. Queste aree, evidenziate anche in cartografia, dovranno essere considerate come gli elementi descritti al successivo punto 2) e quindi ad esse equiparate.

Facendo riferimento alla classificazione e alle norme del PATI, si stabilisce quanto segue.

- 1) Relativamente alle *“aree non idonee”* per frana si stabilisce di *“vietare ogni trasformazione urbanistica ed edilizia che comporti un aumento del carico insediativo”*.
- 2) Varianti urbanistiche, interventi su manufatti esistenti e/o nuove edificazioni che ricadono in aree classificate come *“Idonee a condizione”* e *“idonee”* dalla pianificazione urbanistica vigente, ma che sono comprese nelle zone definite come *“Aree potenzialmente franose”* ($Kh \geq 0,1$) o *“Aree di evoluzione della frana”* del Livello 2 della MS. In questi casi dovranno essere verificate la stabilità complessiva del pendio e del complesso opera-terreno, in condizioni statiche e dinamiche prevedendo tutti quegli interventi che consentano di rendere stabile il sito anche in condizioni di sisma in atto. Questi studi sono tipici del Livello 3 della MS.

- 3) In ogni caso, le aree “*Idonee a condizione*” e “*idonee*” interessate da frane attive o quiescenti “*non saranno soggette a previsioni urbanistiche che ne incrementino il “carico”*”. *Nell’ipotesi che si debba comunque intervenire in dette aree con infrastrutture a rete ed altra attività non diversamente localizzabile, si dovrà comunque procedere con gli approfondimenti di terzo livello.*” (DGRV 1572/2013).
- 4) Nei casi in cui le aree classificate come frane attive, non attive o quiescenti interessino aree urbanizzate, in sede di modifiche, adeguamenti o ristrutturazione degli edifici esistenti si dovrà procedere con l’analisi di 3° livello. Tale norma andrà applicata anche nel caso di interventi su edifici non ricadenti nelle aree urbanizzate.
- 5) Per le aree urbanizzate classificate “*Non idonee*” dallo strumento urbanistico vigente, poiché interessate da frane attive o quiescenti e dalle relative aree di evoluzione, si ritiene comunque opportuno programmare degli studi di carattere geotecnico e sismico, che vadano a valutare il grado di rischio ed eventualmente progettare adeguate opere di difesa. Anche questi studi rientrano nell’ambito del Livello 3 della MS.

6.4 Aree potenzialmente liquefacibili

Nel settore sudorientale del Comune, in prossimità della frazione di Maragnole, i dati acquisiti non consentono di escludere che si verifichi il fenomeno della liquefazione: è stata pertanto stabilita una zona di Suscettibilità per liquefazione ZS_{LIQ} .

Si ritiene di prescrivere che, in fase progettuale per qualsiasi tipo di intervento che ricada all’interno delle “Zone suscettibili di instabilità per liquefazione”, dovranno essere effettuate le indagini e verifiche, finalizzate a calcolare il coefficiente di sicurezza nei confronti della liquefazione in condizioni sismiche e valutati i cedimenti indotti, come indicato nel DM 17.01.2018. In questo decreto, a proposito della stabilità nei confronti della liquefazione, il 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.”

Come è noto, lo studio della liquefazione deve essere comunque condotto nell’ambito degli studi geologico-tecnici da eseguire in fase di progettazione delle opere in tutto il territorio comunale; tale disposizione rimane comunque confermata, poiché trattandosi di fenomeno puntuale non è possibile escludere con certezza l’esistenza di livelli sabbiosi nel sottosuolo.