



# Comune di Pian Camuno

Provincia di Brescia

## Varianti 2011 al Piano di Governo del Territorio Integrazione alla Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica

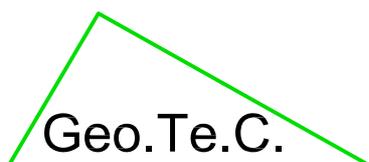
*D.g.r. 28 maggio 2008 - n.8/7374*

GENNAIO 2011 - aggiornamento AGOSTO 2011

RELAZIONE  
ILLUSTRATIVA

Gennaio 2011

Dr. geol. Fabio Alberti



Geologia Tecnica Camuna

Studio associato - tel/fax 0364 533637

Via Albera 3 - Darfo Boario Terme (BS)

e-mail: [info@geotec-studio.it](mailto:info@geotec-studio.it)

collaboratori:

Dr. geol. Elena Staffoni

Dr. geol. Francesco Bosio

Comune di Pian Camuno (BS)	Varianti 2011 al Piano di Governo del Territorio (PGT): Integrazione alla Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica	Aggiornamento AGOSTO 2011	Relazione illustrativa
-------------------------------	--	------------------------------	---------------------------

<b>1. PREMESSA</b> .....	1
<b>2. ASPETTI RELATIVI ALLA SIMICITÀ</b> .....	3
2.1. - <i>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</i> .....	3
2.2. - <i>METODOLOGIA PER L'ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA</i> .....	3
2.3. - <i>ANALISI DI PRIMO LIVELLO - CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE</i> .....	5
2.4. - <i>ANALISI DI SECONDO LIVELLO - VALUTAZIONE DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE</i> .....	5
2.4.1. Valutazione dell'amplificazione sismica per effetti litologici .....	6
2.4.2. Valutazione dell'amplificazione sismica per effetti morfologici.....	9
2.5. - <i>SOVRAPPOSIZIONE SULLA CARTA DI FATTIBILITÀ DEI RISULTATI DELL'ANALISI SISMICA DI SECONDO LIVELLO</i> .....	10
<b>3. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DA FENOMENI DI CADUTA DI BLOCCHI ROCCIOSI DI UN'AREA DI VARIANTE SITUATA NELLA FRAZIONE BEATA</b> .....	11
3.1. - Analisi geologico-strutturale delle pareti rocciose.....	11
3.2. - Individuazione delle traiettorie di caduta dei blocchi.....	12
3.3. - Modellazione delle traiettorie di caduta dei blocchi.....	13
3.4. - Risultati della modellazione .....	13
3.5. - Valutazione dell'attività relativa delle aree omogenee di origine dei crolli .....	14
3.6.- Zonazione finale della pericolosità e fattibilità geologica .....	15
<b>4. NORME DI PIANO RIGUARDANTI LA COMPONENTE SISMICA</b> .....	16
4.1. - <i>INTERVENTI RICADENTI ALL'INTERNO DELL'AREA DI APPLICAZIONE DELL'ANALISI SISMICA DI SECONDO LIVELLO</i> .....	16
4.2. - <i>INTERVENTI RICADENTI ALL'ESTERNO DELL'AREA DI APPLICAZIONE DELL'ANALISI SISMICA DI SECONDO LIVELLO</i> .....	17
<b>5. BIBLIOGRAFIA</b> .....	19

Comune di Pian Camuno (BS)	Varianti 2011 al Piano di Governo del Territorio (PGT): Integrazione alla Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica	Aggiornamento AGOSTO 2011	Relazione illustrativa
-------------------------------	--	------------------------------	---------------------------

## 1. PREMESSA

La presente relazione illustrativa riguarda l'indagine geologica condotta nell'ambito delle Varianti 2011 al Piano di Governo del Territorio del comune di Pian Camuno, approvato nel marzo 2008, ad integrazione della componente geologica, idrogeologica e sismica.

Lo studio della componente geologica idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio del comune di Pian Camuno è stato condotto dallo scrivente in data agosto 2007, con successive integrazioni e aggiornamenti nel novembre 2007 e nel febbraio 2008, ed è stato redatto in riferimento alla d.g.r. 22 dicembre 2005 n. 8/1566, rispetto alla quale è stato ritenuto conforme, sia per gli elaborati cartografici, sia per quanto riguarda l'analisi sismica.

Lo studio condotto in questa sede è stato invece redatto in riferimento alle indicazioni della più recente d.g.r. 28 maggio 2008 n. 8/7374 "Aggiornamento dei criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12, approvati con dgr 22 dicembre 2005, n. 8/1566".

La presente indagine è stata condotta per aggiornare lo studio esistente rispetto ai seguenti punti.

- Revisione dell'analisi sismica di primo livello dovuta alla variazione, secondo la nuova normativa, dello spessore minimo che devono presentare i depositi superficiali per poter determinare effetti litologici di amplificazione sismica locale (scenari Z4 della carta PSL), e in seguito ad una differente interpretazione dello scenario Z2 rispetto allo studio precedente.
- Revisione dell'analisi sismica di secondo livello tenendo conto delle novità introdotte dalla dgr n. 8/7374, considerando la stessa area di applicazione della precedente indagine geologica di supporto al PGT e a partire dai dati raccolti nell'ambito di quest'ultima; in particolare i risultati ottenuti (valori di Fa) sono stati verificati rispetto alle nuove soglie di riferimento comunale calcolate dalla Regione Lombardia in relazione al DM 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove Norme Tecniche per le costruzioni".
- Sovrapposizione dei risultati dell'analisi sismica di secondo livello sulla carta di fattibilità delle azioni di piano.
- Verifica delle condizioni di fattibilità geologica per le azioni di piano di un'area di variante situata nella frazione Beata.
- Revisione delle norme di piano relative alla componente sismica.

Le Norme Geologiche del Piano di Governo del Territorio vengono pertanto modificate dal presente Studio solo per quanto riguarda gli aspetti sismici, che dovranno essere esaminati in base alle indicazioni riportate al capitolo 4 del presente Studio, mentre mantengono la loro validità per tutti gli altri aspetti.

Comune di Pian Camuno (BS)	Varianti 2011 al Piano di Governo del Territorio (PGT): Integrazione alla Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica	Aggiornamento AGOSTO 2011	Relazione illustrativa
-------------------------------	--	------------------------------	---------------------------

Gli elaborati cartografici che costituiscono il presente studio sono i seguenti e sostituiscono i corrispondenti nell'ambito del precedente studio relativo alla componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT.

ALL 4	Carta della pericolosità sismica locale	Scala 1:10.000
ALL 7	Carta di sintesi	Scala 1:10.000
ALL 8a	Carta di sintesi ( <i>settore sud-ovest</i> )	Scala 1:2.000
ALL 9	Carta di fattibilità delle azioni di piano	Scala 1:10.000
ALL 10a,b,c	Carta di fattibilità delle azioni di piano	Scala 1:2.000

Gli allegati a fine testo sono i seguenti:

- allegato 1: Profili di velocità da indagini ReMi e confronto con schede di valutazione d.g.r. n. 8/7374
- allegato 2: Punti del rilievo topografico e traccia delle sezioni
- allegato 3: Rilievo topografico – sezioni.
- allegato 4: Ubicazione sezioni topografiche e stazioni di rilievo geomeccanico.
- allegato 5: Dati di rilievo geomeccanico e proiezioni stereografiche.
- allegato 6: Risultati della modellazione.
- allegato 7: Traiettorie di caduta dei blocchi.
- allegato 8: Zonazione della pericolosità.

Comune di Pian Camuno (BS)	Varianti 2011 al Piano di Governo del Territorio (PGT): Integrazione alla Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica	Aggiornamento AGOSTO 2011	Relazione illustrativa
-------------------------------	--	------------------------------	---------------------------

## 2. ASPETTI RELATIVI ALLA SIMICITÀ

### 2.1. - **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 Marzo 2003 "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*" (G.U. n° 105 del 8/05/2003, suppl. ord. n. 72), sono state individuate in prima applicazione le zone sismiche sul territorio nazionale e fornite le normative tecniche da adottare per le costruzioni nelle zone sismiche stesse. Tale ordinanza è entrata in vigore, per gli aspetti inerenti la classificazione sismica, contestualmente al DM 14 settembre 2005 "*Norme Tecniche per le costruzioni*" (G.U. n° 222 del 23/09/2005, suppl. ord. n. 159).

La Regione Lombardia, con la d.g.r. n° 14964 del 7 Novembre 2003, ha preso atto della classificazione fornita in prima applicazione dall'Ordinanza 3274/03.

Secondo tale classificazione il territorio del Comune di Pian Camuno ricade in zona sismica 3.

L'indagine relativa alla componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT di Pian Camuno è stata redatta secondo le indicazioni della d.g.r. n. 8/1566, che fa riferimento a tale classificazione sismica ed alla normativa.

Il DM 14/01/2008 "Approvazione delle nuove Norme Tecniche per le costruzioni", entrato in vigore il 5 marzo 2008 in sostituzione del precedente DM 14/09/2005, ha assunto, come riferimento per la nuova definizione della sismicità del territorio nazionale, la mappa dei valori di  $a_g$  calcolati su una griglia con passo di  $0,02^\circ$ , di cui all'allegato 1b all'Ordinanza PCM n° 3519 del 28 aprile 2006; questa sostituisce la precedente suddivisione in 4 zone a differente sismicità, che rimane come riferimento dal punto di vista amministrativo.

Secondo la nuova classificazione, i parametri sismici di una data area vanno definiti in base alle coordinate, interpolando i dati contenuti nelle tabelle dell'allegato B al DM 14/01/2008.

La Regione Lombardia si è adeguata al DM 14/01/2008 e alla nuova classificazione sismica con la d.g.r. n. 8/7374 del 28/05/2008 secondo le indicazioni della quale è stato redatto il presente studio.

### 2.2. - **METODOLOGIA PER L'ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA**

Nel presente paragrafo viene riassunta la metodologia definita dalla d.g.r. 28 maggio 2008 n. 8/7374 per l'analisi della risposta sismica in un dato territorio comunale, in adempimento a quanto previsto dal DM 14/01/2008, dalla dgr n. 14964 del 7/11/2003 e dal dduo n. 19904 del 21/11/2003.

Tale metodologia prevede tre livelli di approfondimento, in funzione della zona sismica di appartenenza, degli scenari di pericolosità sismica locale, dell'importanza degli edifici interessati e della fase di lavoro (pianificatoria o progettuale).

- **Analisi di primo livello:** è un approccio di tipo qualitativo che consiste nel riconoscimento delle situazioni passibili di amplificazione sismica o di effetti di instabilità sulla base di dati esistenti, cartografie di inquadramento, osservazioni geologico-geomorfologiche, topografiche e morfometriche del territorio. Tale livello, obbligatorio per tutti i comuni, prevede la redazione della "Carta della pericolosità sismica locale" (PSL)

Comune di Pian Camuno (BS)	Varianti 2011 al Piano di Governo del Territorio (PGT): Integrazione alla Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica	Aggiornamento AGOSTO 2011	Relazione illustrativa
-------------------------------	--	------------------------------	---------------------------

su tutto il territorio comunale, nella quale deve essere riportata la perimetrazione areale e lineare delle diverse situazioni tipo definite nella legenda di cui all'allegato 5 alla d.g.r. n. 8/7374, in grado di determinare gli effetti sismici locali e denominate "scenari di pericolosità sismica locale" (zone PSL da Z1 a Z5).

- **Analisi di secondo livello:** è un approccio di tipo semi-quantitativo che si applica nelle sole aree passibili di amplificazione perimetrata nella carta della pericolosità sismica locale (zone PSL Z3 e Z4); permette di determinare un valore numerico (fattore di amplificazione sismica locale -  $F_a$ ) che fornisce una stima dell'effettiva risposta sismica delle situazioni individuate tramite il primo livello. Per applicare tale procedura (per i dettagli sulla quale si rimanda all'allegato 5 alla dgr n. 8/7374) sono necessari, relativamente alle situazioni individuate, dati più approfonditi di tipo morfometrico, litologico-stratigrafico e geofisico (questi ultimi in particolare relativi alla velocità di propagazione nel terreno delle onde sismiche di taglio). L'analisi di secondo livello è obbligatoria, per i comuni ricadenti in zona sismica 2 e 3, nelle zone interferenti con l'urbanizzato e nelle aree di espansione urbanistica; nei comuni ricadenti in zona sismica 4 tale livello deve essere applicato nelle situazioni in cui si prevede la realizzazione o l'ampliamento di costruzioni strategiche e rilevanti (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03). Il valore di  $F_a$  relativo agli effetti litologici determinato con l'applicazione del secondo livello deve essere confrontato con "valori soglia" definiti dalla Regione Lombardia in riferimento al DM 14/01/08 per ogni comune, al fine di determinare se la normativa nazionale risulta sufficiente a tenere in considerazione anche gli effetti di amplificazione sismica locale ( $F_a < \text{soglia}$ ) o insufficiente ( $F_a > \text{soglia}$ ). Il valore di  $F_a$  relativo agli effetti morfologici deve essere invece confrontato con il parametro  $St$  del DM 14/01/2008.
- **Analisi di terzo livello:** è un approccio di tipo quantitativo e consiste nella determinazione degli effetti di amplificazione tramite indagini e analisi ancor più approfondite (per la descrizione delle quali si rimanda all'allegato 5 alla d.g.r. n. 8/7374). Le analisi di terzo livello si applicano in fase progettuale nelle aree passibili di effetti di instabilità individuate con il primo livello (zone PSL Z1, Z2 e Z5) e nelle aree analizzate con il secondo livello per le quali si è ottenuto un valore di  $F_a$  superiore alla soglia; in quest'ultimo caso, in fase progettuale, in alternativa all'applicazione del terzo livello, per gli effetti litologici è possibile utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore secondo il seguente schema:
  - anziché lo spettro della categoria di suolo B si utilizzerà quello della categoria di suolo C. Nel caso in cui la soglia non fosse ancora sufficiente si utilizzerà lo spettro della categoria di suolo D;
  - anziché lo spettro della categoria di suolo C si utilizzerà quello della categoria di suolo D;
  - anziché lo spettro della categoria di suolo E si utilizzerà quello della categoria di suolo D.
 Nei comuni ricadenti in zona sismica 4 tale livello deve essere applicato nei confronti di costruzioni strategiche e rilevanti (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03). Il terzo livello è obbligatorio anche nel caso in cui si stiano progettando costruzioni il cui uso prevede affollamenti significativi, industrie con attività pericolose per l'ambiente, reti ferroviarie o viarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza e costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti e socialmente essenziali.

Comune di Pian Camuno (BS)	Varianti 2011 al Piano di Governo del Territorio (PGT): Integrazione alla Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica	Aggiornamento AGOSTO 2011	Relazione illustrativa
-------------------------------	--	------------------------------	---------------------------

Nella carta della fattibilità delle azioni di piano devono essere riportate con appositi retini trasparenti le aree a pericolosità sismica locale, distinguendo quelle con Fa maggiore del valore soglia comunale da quelle con Fa minore.

### **2.3. - ANALISI DI PRIMO LIVELLO - CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE**

Come precedentemente esposto, il territorio del Comune di Pian Camuno ricade in zona sismica 3 ed è quindi prevista obbligatoriamente l'applicazione dell'analisi di primo livello per tutto il territorio comunale con la redazione della Carta di pericolosità sismica locale.

Per quanto riguarda l'analisi di primo livello, l'unica novità introdotta dalla d.g.r. n. 8/7374 rispetto alla precedente d.g.r. n. 8/1566 è la variazione di spessore dei depositi che costituiscono lo scenario Z4 relativo ai fenomeni di amplificazione sismica locale per effetti litologici; secondo il DM 14/01/2008, lo spessore massimo di copertura superficiale che una formazione a comportamento rigido - categoria di suolo di fondazione di tipo A - può presentare è pari a 3 m, mentre secondo il precedente DM 14 settembre 2005 tale spessore era pari a 5 m.

Nella carta di pericolosità sismica locale del presente studio, rispetto alla versione del precedente, sono state quindi aggiunte o ampliate alcune aree relative allo scenario Z4c, comprendendo anche i settori con spessore indicativamente superiore ai 3m.

E' stata inoltre stralciata l'area relativa allo scenario Z2 posta nel fondovalle e comprendente "Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)" secondo la definizione della Normativa, in quanto si è valutato che i terreni presenti in questo settore non sono così scadenti da essere inseriti in tale categoria.

### **2.4. - ANALISI DI SECONDO LIVELLO - VALUTAZIONE DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE**

Come precedentemente esposto, il territorio del Comune di Pian Camuno ricade in zona sismica 3, per la quale è prevista obbligatoriamente l'applicazione dell'analisi di secondo livello nelle zone passibili di amplificazione (scenari Z3 e Z4), individuate nella carta della pericolosità sismica locale ed interferenti con le zone urbanizzate e di espansione urbanistica.

Le aree in cui è stato applicato in questa sede il secondo livello di approfondimento coincidono con quelle sottoposte ad analisi di secondo livello nell'ambito della precedente indagine geologica di supporto al PGT, individuate nella cartografia di fattibilità e comprendenti l'intera area di fondovalle, settore della piana ddi fondovalle del fiume Oglio e dei conoidi alluvionali indipendentemente dal grado di urbanizzazione, e le principali zone urbanizzate poste sul versante, località Solato, Case Greche, Vissone e Montecampione. Fa eccezione l'area situata nella zona dell'abitato di Vissone che è stata leggermente ristretta rispetto alla versione precedente in quanto, come precedentemente esposto, è stata qui ampliata l'area Z4c; di conseguenza, non essendo possibile, effettuare l'analisi sismica di secondo livello relativa all'amplificazione litologica per mancanza di dati, è stata ristretta leggermente l'area di applicazione.

Come nel precedente studio, non sono state considerate nell'analisi di secondo livello le località minori di Fane, Minolfa e Tavole e tutti gli altri piccoli nuclei sparsi sul versante.

Comune di Pian Camuno (BS)	Varianti 2011 al Piano di Governo del Territorio (PGT): Integrazione alla Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica	Aggiornamento AGOSTO 2011	Relazione illustrativa
-------------------------------	--	------------------------------	---------------------------

#### **2.4.1. Valutazione dell'amplificazione sismica per effetti litologici**

In questa sede, per l'applicazione del secondo livello di approfondimento, sono stati utilizzati i dati sismici e litologico-stratigrafici della precedente indagine relativa alla componente geologica, idrogeologica e sismica, alla quale si rimanda per i relativi dettagli. In particolare sono disponibili 11 profili di velocità delle onde S, ricavati da indagini geofisiche tipo ReMi, rappresentativi di ambiti ritenuti omogenei dal punto di vista geologico-geomorfologico. Tali dati sono stati re-interpretati applicando ex-novo la metodologia di secondo livello in accordo con le indicazioni della d.g.r. n. 8/7374, che presenta alcune novità rispetto alla precedente d.g.r. n. 8/1566. In particolare, è presente una nuova scheda relativa alla litologia "sabbiosa" e i valori di Fa devono essere confrontati con le nuove soglie definite dalla Regione Lombardia in riferimento al DM 14/01/2008.

#### **Valutazione del fattore di amplificazione sismica locale (Fa)**

Il fattore di amplificazione sismica locale Fa è stato determinato per ognuno degli 11 siti citati. La quantificazione di tale parametro permette di valutare se l'applicazione della normativa sismica vigente con il DM 14/01/2008 sia da considerarsi sufficiente o meno a tenere in considerazione gli specifici effetti di amplificazione sismica legati alla situazione litologica del sito. Per questo scopo, una volta determinato, il valore di Fa deve essere confrontato con i nuovi "valori soglia" definiti dalla Regione Lombardia per ogni singolo Comune; i valori sono differenziati in funzione della categoria di suolo di fondazione (definita ai sensi del DM 14/01/2008 in base al parametro Vs30 che rappresenta la velocità equivalente delle onde di taglio fino alla profondità di 30 m) e in funzione del periodo proprio dei fabbricati suddiviso in due intervalli (da 0,1 e 0,5 secondi rappresentativo di fabbricati bassi, regolari e piuttosto rigidi, aventi altezza indicativamente inferiore a 5 piani e da 0,5 a 1,5 secondi rappresentativo di strutture più alte e flessibili). Per il Comune di Pian Camuno i nuovi valori delle soglie sono i seguenti.

categoria suolo di fondazione	periodo 0,1 -0,5 s	periodo 0,5 -1,5 s
SUOLO B	1,4	1,7
SUOLO C	1,8	2,4
SUOLO D	2,2	4,2
SUOLO E	2,0	3,1

Nel caso in esame le categorie di suolo di fondazione per i siti esaminati sono state definite in base ai profili di velocità delle onde S.

I passi di applicazione del metodo per la determinazione del fattore di amplificazione Fa sono sesposti nei punti seguenti.

- Il primo passo consiste nella scelta della scheda di valutazione che deve essere fatta in base alla litologia prevalente caratterizzante il sito, con successivo confronto fra l'andamento delle Vs con la profondità previsto nella scheda e l'andamento reale riscontrato nell'indagine; la verifica deve essere fatta partendo dalla scheda di tipo 1 e, nel caso in cui questa non fosse verificata per valori di Vs inferiori ai 600 m/s, si deve passare all'utilizzo della scheda di tipo 2. Inoltre, in presenza di una litologia non contemplata nelle schede di valutazione esistenti, nel caso di alternanze litologiche e nel caso in cui in cui esista la scheda di valutazione per la litologia esaminata,

Comune di Pian Camuno (BS)	Varianti 2011 al Piano di Governo del Territorio (PGT): Integrazione alla Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica	Aggiornamento AGOSTO 2011	Relazione illustrativa
-------------------------------	--	------------------------------	---------------------------

ma l'andamento delle Vs con la profondità non ricada nel campo di validità della scheda, può essere scelta un'altra scheda che presenti l'andamento delle Vs con la profondità più simile a quello riscontrato nell'indagine. In accordo con tali indicazioni, nell'ambito dei siti esaminati in questa sede, la scelta della scheda di valutazione è stata fatta in fase preliminare in riferimento ai dati litologico-stratigrafici esistenti, con successiva verifica sismica basata sul confronto fra il profilo di velocità delle onde S ricavato dalla prova ReMi e i profili di Vs delle schede disponibili. Tale confronto è schematizzato nei grafici dell'allegato 1 dal quale si evince quali schede sono compatibili con le diverse situazioni esaminate; le schede scelte per i diversi siti sono indicate nella tabella a fine paragrafo. In molti casi, non disponendo di stratigrafie dettagliate relative alla successione stratigrafica dei siti, l'analisi è stata svolta in riferimento a più schede, tutte compatibili sia dal punto di vista litologico che sismico con la situazione del sito analizzato, considerando poi, a favore della sicurezza, i valori di Fa maggiori fra quelli ottenuti.

- Il secondo passo consiste nell'individuazione dello spessore e della velocità Vs dello strato superficiale, in base ai quali si sceglie all'interno della scheda di valutazione la curva di correlazione T-Fa più appropriata fra le tre disponibili. Nei casi in esame lo spessore e la velocità del primo strato sono stati desunti dai profili di velocità delle onde S disponibili. In presenza di uno strato superficiale con spessore inferiore ai 4 m (valore minimo previsto nelle schede), si è assunto un primo strato con spessore pari alla somma del superficiale più il sottostante, caratterizzato da una velocità pari alla media pesata tra quella dei due strati. Le curve scelte sono indicate nella tabella a fine paragrafo.

- Il passo successivo consiste nella determinazione di T, che rappresenta il periodo proprio del sito espresso in secondi e si calcola con apposita formula identica a quella della precedente normativa; i valori di T sono quindi gli stessi dello studio precedente e sono indicati nella tabella a fine paragrafo.

- L'ultimo passo permette di determinare il valore di Fa lungo le curve di correlazione T-Fa in base al valore di T, sia per il periodo compreso fra 0,1 e 0,5 s, sia per il periodo compreso fra 0,5 e 1,5 s; in base alle indicazioni della Normativa il valore di Fa deve essere arrotondato alla prima cifra decimale. Nel confronto fra i valori di Fa ottenuti e le relative soglie, la normativa tollera una variabilità di +0,1. I risultati ottenuti sono indicati nella tabella seguente.

N° indagine ReMi e sito	Categoria sottosuolo	Scheda di valutazione	Curva T_Fa	T (s)	Fa 0,1-0,5s	Fa 0,5-1,5s	risultato	
							0,1-0,5s	0,5-1,5s
1 Solato	B	Ghiaiosa	3	0,148	1,3	1,1	< soglia	< soglia
2 Via Pantani	C	Limoso sabbiosa 2	2	0,734	1,9	1,6	> soglia ma entro tolleranza	< soglia
		Sabbiosa	2		1,1	2,0	< soglia	< soglia
3 Campo Sportivo	B	L-argillosa 1	3	0,200	1,4	1,1	=soglia	< soglia
		L-sabbiosa 1	3		1,4	1,1	=soglia	< soglia
		Sabbiosa	3		1,4	1,2	=soglia	< soglia
4 Via Crescini	B	L-sabbiosa 1	2	0,304	1,8	1,2	> soglia B	< soglia
		Sabbiosa	2		1,7	1,4	> soglia B	< soglia

Comune di Pian Camuno (BS)	Varianti 2011 al Piano di Governo del Territorio (PGT): Integrazione alla Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica	Aggiornamento AGOSTO 2011	Relazione illustrativa
-------------------------------	--	------------------------------	---------------------------

N° indagine ReMi e sito	Categoria sottosuolo	Scheda di valutazione	Curva T_Fa	T (s)	Fa 0,1-0,5s	Fa 0,5-1,5s	risultato	
							0,1-0,5s	0,5-1,5s
5 Via Saletti	B	L-sabbiosa 2	2	0,365	2,1	1,4	> soglia B e C	< soglia
		Sabbiosa	1		2,0	1,4	> soglia B e C	< soglia
6 Pista ciclabile	B	L-sabbiosa 2	3	0,452	1,8	1,4	> soglia B	< soglia
		Sabbiosa	2		1,5	1,7	> soglia entro toll.	= soglia
7 Via Pagher	B	L-sabbiosa 1	2	0,260	1,7	1,2	> soglia B	< soglia
		Sabbiosa	2		1,7	1,3	> soglia B	< soglia
8 Montecampione	B	Ghiaiosa	3	0,106	1,2	1,0	< soglia	< soglia
9 Roncaglia	C	L-sabbiosa 2	1	0,746	2,2	1,6	> soglia B e C	< soglia
		Sabbiosa	2		1,1	1,9	< soglia	< soglia
10 Stazione	C	L-sabbiosa 2	1	0,564	2,3	1,5	> soglia B e C; anche D entro toll.	< soglia
		Sabbiosa	2		1,3	1,9	< soglia	< soglia
11 Campassi	B	L-sabbiosa 2	2	0,443	2,1	1,4	> soglia B e C	< soglia
		Sabbiosa	2		1,6	1,7	> soglia B	= soglia

NB: nei casi in cui è stata utilizzata più di una scheda di analisi, si è fatto riferimento, a favore della sicurezza, ai valori di Fa maggiori fra quelli ottenuti.

Per quanto riguarda i fabbricati con periodo proprio compreso tra 0,5 e 1,5 s (strutture flessibili e con sviluppo prevalentemente verticale, indicativamente comprese tra 5 e 15 piani) i valori di Fa ottenuti sono sempre inferiori o uguali alle corrispondenti soglie; la normativa sismica nazionale è quindi sufficiente a tenere in considerazione gli specifici effetti di amplificazione sismica per cause litologiche dei siti. In fase progettuale è quindi corretto applicare lo spettro della categoria di sottosuolo individuata nei diversi casi.

Per quanto riguarda gli edifici con periodo proprio compreso tra 0,1 e 0,5 s (strutture basse regolari e piuttosto rigide) nel caso di valori di Fa inferiori, uguali o superiori di un decimo alle corrispondenti soglie (siti 1-2-3-8), la normativa sismica nazionale è sufficiente a tenere in considerazione gli specifici effetti di amplificazione sismica per cause litologiche dei siti e in fase progettuale è quindi corretto applicare lo spettro della categoria di sottosuolo individuata nei diversi casi. Nei casi in cui i valori di Fa superino per più di un decimo le corrispondenti soglie (siti 4-5-6-7-9-10-11), la normativa sismica nazionale è insufficiente a tenere in considerazione gli specifici effetti di amplificazione sismica per cause litologiche dei siti; in fase progettuale è quindi necessario ricorrere al terzo livello di approfondimento, o applicare lo spettro della categoria di sottosuolo superiore così come indicato nel paragrafo 2.2.

Gli 11 siti di indagine sono stati raggruppati in base ai risultati dell'analisi di secondo livello, esportando lateralmente i risultati rispetto ai punti di indagine entro ambiti omogenei dal punto di vista geologico-geomorfologico, e litologico-stratigrafico. In questo modo, in accordo con le indicazioni della d.g.r. n. 8/7374, le

Comune di Pian Camuno (BS)	Varianti 2011 al Piano di Governo del Territorio (PGT): Integrazione alla Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica	Aggiornamento AGOSTO 2011	Relazione illustrativa
-------------------------------	--	------------------------------	---------------------------

aree a pericolosità sismica locale per effetti litologici con valore di Fa superiore e inferiore al valore soglia comunale sono state riportate nelle carte di fattibilità geologica, differenziandole in più categorie in funzione della problematica riscontrata, come esposto nel paragrafo 2.5.

#### **2.4.2. Valutazione dell'amplificazione sismica per effetti morfologici**

Come per la precedente d.g.r. n. 8/1566, anche secondo la d.g.r. n. 8/7374 l'analisi di secondo livello per la valutazione dell'amplificazione sismica per effetti morfologici consiste nella determinazione di fattori di amplificazione (Fa), sulla base delle caratteristiche morfometriche degli elementi che originano tale effetto di sito; la nuova normativa si applica però solo all'intervallo di periodo 0,1-0,5 s, in quanto per l'intervallo superiore compreso fra 0,5 e 1,5 s (rappresentativo di costruzioni con strutture flessibili e sviluppo prevalentemente verticale, indicativamente comprese tra 5 e 15 piani) non è disponibile la procedura di secondo livello ed è quindi necessario passare direttamente all'analisi di terzo livello in fase progettuale.

A differenza della precedente normativa, secondo la metodologia proposta nell'ambito della d.g.r. n. 8/7374, i valori di Fa determinati non devono essere confrontati con valori soglia definiti per i singoli Comuni, ma con il valore del parametro St (coefficiente di amplificazione topografica) del DM 14/01/2008, che dipende dalla "categoria topografica" definita secondo lo stesso DM. Le categorie topografiche e i corrispondenti valori del parametro St sono riassunti nella tabella seguente:

caratteristiche topografiche	ubicazione intervento	categoria topografica	St
Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media inferiore o uguale a 15°	-	T1	1,0
Pendii con inclinazione media maggiore di 15°	in corrispondenza della sommità del pendio	T2	1,2
Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media compresa fra 15° e 30°	in corrispondenza della cresta del rilievo	T3	1,2
Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media maggiore di 30°	in corrispondenza della cresta del rilievo	T4	1,4

Dato che, per quanto riguarda gli effetti morfologici, la metodologia proposta dalla d.g.r. n. 8/7374 per la determinazione di Fa è identica a quella della d.g.r. n. 8/1566, in questa sede ci si è limitati ad analizzare i valori di Fa ottenuti nella precedente indagine geologica di supporto al PGT, nell'ambito della quale erano già stati individuati ed esaminati tutti gli elementi passibili di amplificazione morfologica interferenti con le aree urbanizzate e di espansione urbanistica; tali elementi sono rappresentati nella carta della pericolosità sismica locale PSL (zone Z3a scarpate, Z3b creste).

I valori di Fa ottenuti nella precedente indagine sono stati confrontati con i parametri St del DM 14/01/2008 relativi alla stessa situazione topografica in analisi; in particolare, per le scarpate (zone Z3a) si è fatto riferimento alla categoria T2 del DM 14/01/08 (in quanto secondo quest'ultimo il parametro si assegna alla sommità del pendio), mentre per le creste (zone Z3b) si è fatto riferimento alle categoria T3 e T4.

Comune di Pian Camuno (BS)	Varianti 2011 al Piano di Governo del Territorio (PGT): Integrazione alla Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica	Aggiornamento AGOSTO 2011	Relazione illustrativa
-------------------------------	--	------------------------------	---------------------------

I valori massimi di Fa ottenuti nella precedente indagine geologica di supporto al PGT sono pari a 1,2 per le scarpate e le creste poco accentuate, e ad 1,4 per le creste accentuate e quindi non superano i valori di St delle corrispondenti categorie topografiche; la normativa sismica nazionale vigente con il DM 14/01/2008 è quindi sufficiente a tenere in considerazione anche gli effetti di amplificazione sismica per cause morfologiche e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa.

Le aree a pericolosità sismica locale per effetti morfologici non sono state riportate nelle carte di fattibilità geologica in quanto il valore di Fa non supera mai il corrispondente parametro St.

## **2.5. - SOVRAPPOSIZIONE SULLA CARTA DI FATTIBILITA' DEI RISULTATI DELL'ANALISI SISMICA DI SECONDO LIVELLO**

Nelle carte di fattibilità non sono state riportate le aree caratterizzate da amplificazione sismica per effetti morfologici in quanto il valore di Fa non supera mai la corrispondente soglia; relativamente all'amplificazione litologica, le aree con valore di Fa superiore o inferiore al valore soglia comunale sono state differenziate secondo le seguenti categorie.

- Aree in categoria di sottosuolo B con Fa inferiori alle soglie della categoria B per entrambi i periodi di riferimento: settori lungo il versante presso gli abitati di Solato-Case Greche (sito 1) e Montecampione (sito 8) e settore apicale e medio del conoide alluvionale del torrente Re di Artogne (remi 3).
- Aree in categoria di sottosuolo C con Fa inferiori alle soglie della categoria C per entrambi i periodi di riferimento: settore distale del conoide alluvionale del torrente Re di Artogne (remi 2).
- Aree in categoria di sottosuolo B con Fa superiore alla soglia della categoria B solo per il periodo 0,1-0,5 s: settore apicale, medio e distale del conoide alluvionale del torrente Re di Gratacasolo (siti 4 e 7) e piana alluvionale interna del Fiume Oglio nel settore a nord di via delle Sorti (sito 6).
- Aree in categoria di sottosuolo B con Fa superiore alla soglia della categoria B e della categoria C solo per il periodo 0,1-0,5 s: piana alluvionale interna del Fiume Oglio nel settore a valle di via dell'Industria (sito 5) e nel settore ad ovest del conoide del torrente Re di Gratacasolo (sito 11).
- Aree in categoria di sottosuolo C con Fa superiore alla soglia della categoria C solo per il periodo 0,1-0,5 s: piana alluvionale esterna del Fiume Oglio cioè nel settore compreso fra via dell'Industria e la base del versante Camuno (siti 9 e 10).
- Per maggiore chiarezza e completezza, sulle carte di fattibilità geologica sono state riportate anche le aree in categoria di suolo A, quindi con amplificazione litologica assente, presenti nell'ambito del settore sottoposto ad analisi sismica di secondo livello (aree in località Beata, Case Greche-Solato, Vissone, Montecampione).

Le Norme di Piano riguardanti la componente sismica sulle aree individuate nella carta di fattibilità sono espone nel capitolo 4.

Comune di Pian Camuno (BS)	Varianti 2011 al Piano di Governo del Territorio (PGT): Integrazione alla Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica	Aggiornamento AGOSTO 2011	Relazione illustrativa
-------------------------------	--	------------------------------	---------------------------

### **3. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DA FENOMENI DI CADUTA DI BLOCCHI ROCCIOSI DI UN'AREA DI VARIANTE SITUATA NELLA FRAZIONE BEATA**

Nello studio relativo alla componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT di Pian Camuno era stata condotta una valutazione della pericolosità relativa ai fenomeni di caduta di blocchi da pareti rocciose.

La valutazione della pericolosità da caduta di blocchi era stata effettuata in riferimento alle indicazioni contenute nell'Allegato 2 alla d.g.r. 22 dicembre 2005 n. 8/1566, adottando, in forma semplificata, la procedura denominata R.H.A.P. (Rockfall Hazard Assessment Procedure) e valida per crolli di singoli blocchi rocciosi o per crolli di massi fino a una volumetria massima di 1000 m<sup>3</sup>.

La procedura prevede che la zonazione della pericolosità da caduta di blocchi derivi anche da una valutazione della distanza di arresto dei blocchi sulla base di una ricostruzione delle traiettorie di caduta modellate a partire da sezioni delle pareti rocciose e delle zone di espansione dei blocchi.

L'area in esame, per la quale è stata richiesta da parte del Comune di Pian Camuno, di verificare la possibilità di una ripermutazione delle condizioni di pericolosità sulla base di un approfondimento d'indagine rispetto a quella condotta nello studio relativo al PGT, si trova in località Beata, alla base del versante sinistro della valle.

La valutazione della pericolosità nello Studio relativo al PGT è stata fatta sulla base di un certo numero di sezioni ricavate dalla carta topografica alla scala 1:2.000 e posizionate in punti significativi rispetto all'assetto morfologico delle pareti rocciose e delle zone poste a valle di esse. Nel dettaglio l'area in esame si trova compresa tra due sezioni: una (3) posta lungo il lato nord dell'area stessa e l'altra (4) posta esternamente all'area, un poco più a sud. La sezione esterna all'area è rappresentativa di una situazione morfologica un poco diversa da quella dell'area in esame e l'aver correlato le condizioni di pericolosità relative a quelle due sezioni ha comportato in effetti una valutazione cautelativa delle condizioni di pericolosità per buona parte dell'area in esame.

In questa sede è stata pertanto condotta una valutazione delle condizioni di pericolosità per l'area in esame a partire da un'analisi di maggiore dettaglio delle condizioni morfologiche sulla base di nuove sezioni ricavate da un rilievo topografico eseguito appositamente.

In particolare sono state rilevate due sezioni topografiche, una in prossimità della sezione posta lungo il lato settentrionale dell'area, rappresentativa della fascia settentrionale dell'area, ed una, intermedia tra le due sezioni precedenti, rappresentativa delle fasce centrale e meridionale dell'area. Sulla base dei dati del rilievo topografico è stato inoltre possibile ricavare una terza sezione rappresentativa della zona di passaggio tra il settore settentrionale ed il settore centrale dell'area in esame. I dati del rilievo e le sezioni sono riportate in allegato a fine testo (allegati 2 e 3).

Per il resto la valutazione delle condizioni di pericolosità per l'area in esame è stata condotta secondo le medesime procedure seguite nello studio precedente che sono state riconfermate nell'allegato 2 alla d.g.r. 28 maggio 2008 n. 8/7374.

#### **3.1. - Analisi geologico-strutturale delle pareti rocciose**

Le pareti rocciose presenti a monte dell'area in esame, come per il resto della base del versante sinistro della Val Camonica nella zona di Beata, sono costituite dalle rocce di origine vulcanica a tessitura porfirica, tufi cristallini e

Comune di Pian Camuno (BS)	Varianti 2011 al Piano di Governo del Territorio (PGT): Integrazione alla Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica	Aggiornamento AGOSTO 2011	Relazione illustrativa
-------------------------------	--	------------------------------	---------------------------

rioliti ignimbristiche, appartenenti alla Formazione di Collio. L'unità è organizzata in banchi o in strati spessi non sempre ben definiti, con spessore variabile da 0,4 a 2 m, localmente con livelli tufacei più sottili. La giacitura delle rocce è rivolta in media con immersione verso nord-ovest ed inclinazione dell'ordine di 25-40°.

Le pareti rocciose presenti a monte della parte nord dell'area in esame hanno un'altezza compresa tra 20 e 40 m, ed un'inclinazione media di circa 50° con tratti subverticali di altezza non superiore a 10 m. In particolare nella parte nord dell'area la parete rocciosa può essere distinta in due ambiti: un settore rivolto verso ovest, disposto parallelamente alla direzione del pendio, con altezze fino a 40 m, ed un settore rivolto verso sud-ovest, quasi normale alla direzione del pendio, con altezza che diminuisce all'incirca da 40 a 20 m dalla base del versante verso monte. Nella parte centrale e meridionale dell'area la parete rocciosa è invece disposta parallelamente alla direzione del versante ed ha un'altezza compresa tra 10 e 15 m con un'inclinazione media dell'ordine di 45° e locali tratti subverticali. Le condizioni degli ammassi rocciosi sono nel complesso discrete: sono infatti mediamente poco fratturati e presentano generalmente un grado di alterazione basso, con roccia localmente decolorata.

I rilievi strutturali eseguiti mettono in evidenza una relativa uniformità nella disposizione e nelle caratteristiche delle famiglie di discontinuità, con variazioni locali. L'ubicazioni dei rilievi è riportata nell'allegato 4 a fine testo, le caratteristiche strutturali e le proiezioni ciclografiche sono riportate nell'allegato 5.

Le geometria delle pareti rocciose e la disposizione media delle famiglie di discontinuità determinano principalmente condizioni favorevoli al verificarsi di fenomeni di scorrimento planare e di fenomeni di ribaltamento. In via del tutto subordinata sono possibili anche fenomeni di crollo a partire da locali e brevi tratti di parete aggettante.

In riferimento alla spaziatura delle discontinuità, con un valore medio dell'ordine di 0,6 m, localmente maggiore in corrispondenza di alcuni banchi, i volumi unitari medi sono dell'ordine di 0,1-0,15 m<sup>3</sup> mentre i volumi unitari massimi sono dell'ordine di 0,7-1 m<sup>3</sup> e localmente sono presenti anche volumi maggiori, fino a circa 2,5 m<sup>3</sup>.

La forma dei blocchi, sempre in riferimento alla geometria delle discontinuità, è principalmente a cubo od a parallelepipedo con lati di dimensioni paragonabili o appiattita con dimensioni maggiori secondo la stratificazione per il volume modale e principalmente a parallelepipedo piatto per i volumi maggiori. Le dimensioni dei frammenti di roccia presenti nella falda detritica posta alla base dei tratti di parete in esame, sia nella fascia posta subito al piede, sia nella parte più distante dove si trovano dei muri a secco, hanno una distribuzione bimodale, con una forte abbondanza di frammenti di piccole dimensioni ed una presenza significativa di frammenti con dimensioni dell'ordine di 0,6 m di diametro; nettamente inferiore è la percentuale di massi di volume maggiore.

In riferimento alla relativa omogeneità della situazione descritta la suddivisione delle pareti rocciose in aree omogenee è stata fatta in modo del tutto semplificato, considerando come elemento omogeneo l'insieme delle caratteristiche presenti su tutta l'altezza della parete per ogni tratto di parete morfologicamente omogeneo nel suo sviluppo laterale.

### **3.2. - Individuazione delle traiettorie di caduta dei blocchi**

Sulla base della conformazione delle pareti rocciose sono state individuate tre diverse aree omogenee, distinte tra loro per la posizione relativa e l'orientazione, ma per il resto con caratteristiche strutturali analoghe. La zona

Comune di Pian Camuno (BS)	Varianti 2011 al Piano di Governo del Territorio (PGT): Integrazione alla Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica	Aggiornamento AGOSTO 2011	Relazione illustrativa
-------------------------------	--	------------------------------	---------------------------

della falda di detrito che raccorda le pareti rocciose ha un'inclinazione dell'ordine di 24° ed è terrazzata con muri di sostegno in pietra a secco con altezza dell'ordine di 1-1,5 m. L'intera falda è colonizzata da vegetazione, era probabilmente coltivata in passato ed ora presenta castagni con sottobosco erboso nella metà superiore e prato, in parte con impianto recente di castagni, nella metà inferiore. Evidenze di caduta di blocchi dalle pareti si hanno solamente nella fascia posta strettamente a ridosso della base delle pareti, per un'ampiezza non superiore a 5-6 m, dove sono presenti frammenti e blocchi derivanti da distacchi relativamente recenti.

In funzione della geometria delle pareti e della situazione morfologica della zona di raccordo tra le pareti ed il fondovalle sono state scelte tre traiettorie di discesa blocchi sulle quali effettuare le simulazioni di caduta in base ai dati del rilievo topografico. Sono state scelte le sezioni con le caratteristiche peggiori in relazione alle situazioni morfologiche locali. L'ubicazione delle sezioni è riportata negli allegati a fine testo unitamente alle tabelle delle coordinate del profilo delle sezioni.

La sezione 1 è relativa al tratto di parete presente nella parete nord dell'area e rivolta verso ovest, ed alla stretta fascia di pendio posta subito a valle della parete stessa. La sezione 2 è relativa a tutto il settore centrale e meridionale dell'area, dove la parete rocciosa è meno alta. La sezione 1,5 è stata ricavata per interpolazione tra le prime due ed è relativa al settore di raccordo tra il settore nord e centrale dell'area, dove si risente dei blocchi in caduta dal tratto rivolto verso sud-ovest della parete rocciosa.

Al limite meridionale dell'area in esame si trova una leggera incisione che separa l'area stessa dalla zona di influenza dei fenomeni di caduta di blocchi relativi ai tratti di parete rocciosa posti più a sud.

### **3.3. - Modellazione delle traiettorie di caduta dei blocchi**

Le traiettorie di caduta dei blocchi lungo il versante in esame sono state modellate utilizzando il programma *GeoRock 2D – versione 2008 6.Rev.86*. - prodotto dalla *Geostru Software House*, che permette la ricostruzione delle traiettorie di caduta di blocchi lungo un pendio utilizzando il metodo di calcolo *CRSP (Colorado Rockfall Simulation Program)*.

Le sezioni utilizzate sono rappresentative dei diversi settori omogenei nelle quali sono state suddivise le zone in esame, sia rispetto alle caratteristiche della parete, sia nei confronti delle zone poste alla base.

I valori utilizzati per i coefficienti di restituzione normale e tangenziale sono stati ricavati dai dati disponibili nella letteratura specifica in riferimento alla natura del terreno e della copertura vegetale, tarando i valori sulla base della morfologia e dei dati disponibili sui distacchi avvenuti in passato e corrispondono ai valori utilizzati nella modellazione condotta nell'ambito dello Studio relativo alla componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT. I valori dei coefficienti di restituzione e di rugosità sono riportati nelle tabelle a fine testo (allegato 6).

La ricostruzione delle traiettorie è stata condotta sia per il blocco rappresentativo del volume unitario modale, sia per il blocco rappresentativo del volume unitario massimo: sono stati quindi considerati nella modellazione blocchi aventi rispettivamente il diametro di 0,65 e di 1,65 m.

Operando a favore della sicurezza, sono stati utilizzati nella modellazione massi di forma sferica.

### **3.4. - Risultati della modellazione**

I risultati ottenuti nella ricostruzione delle traiettorie di caduta sono rappresentati in parte a fine testo dove sono riportate le ricostruzioni delle traiettorie dei blocchi di volume modale ed i relativi risultati i numerici (allegati 6 e 7).

Comune di Pian Camuno (BS)	Varianti 2011 al Piano di Governo del Territorio (PGT): Integrazione alla Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica	Aggiornamento AGOSTO 2011	Relazione illustrativa
-------------------------------	--	------------------------------	---------------------------

La ricostruzione delle traiettorie è stata fatta simulando la caduta di 1000 blocchi, mentre nelle sezioni in allegato sono state rappresentate solo 20 traiettorie per motivi di leggibilità.

In base ai risultati delle analisi si è effettuata una zonazione longitudinale preliminare delle traiettorie di caduta, suddividendole in tre zone:

- a) di transito e arresto del 70% dei blocchi di volume modale: a questa zona viene assegnata una *classe di pericolosità relativa 4*;
- b) di arresto del 95% dei blocchi: a questa zona viene assegnata una *classe di pericolosità relativa 3*;
- c) di arresto del 100% dei blocchi: a questa zona viene assegnata una classe di pericolosità relativa 2.

Queste percentuali sono valutate sulla totalità delle simulazioni effettuate - 1000 cadute per ogni traiettoria – sui blocchi di volume modale considerato.

In aggiunta si delimita un'area di bassa pericolosità (*classe di pericolosità relativa 1*), utilizzando la distanza massima raggiunta dal blocco di dimensioni maggiori.

La zona assegnata alla classe di pericolosità 4 corrisponde alla fascia superiore della falda di detrito posta alla base delle pareti, estendendosi più a valle della fascia dove si sono arrestati per la maggior parte i blocchi caduti in tempi più o meno recenti. La zona assegnata alla classe 3 corrisponde alla fascia medio-superiore della falda comprendendo il terrazzamento più alto, dove si trovano le piante di castagno più vecchie, mentre la zona assegnata alla classe 2 si estende dalla parte intermedia fino alla parte distale della falda, nell'area governata a prato, in parte di recente colonizzazione da piante di castagno. La zona assegnata alla classe 1 si estende dalla fascia distale della falda fino al settore di conoide alluvionale antistante.

Dai risultati della modellazione si rileva inoltre che le energie in gioco sono piuttosto contenute, sia per quanto riguarda i blocchi con volume modale sia per i blocchi con volume maggiore.

### **3.5. - Valutazione dell'attività relativa delle aree omogenee di origine dei crolli**

Dopo aver determinato le classi di pericolosità relativa, è stata valutata la probabilità di accadimento dei fenomeni di caduta dei blocchi in ciascuna delle aree omogenee, definendo la propensione al distacco dei blocchi in relazione alla presenza dei seguenti elementi di instabilità.

- Fratture aperte con evidenze di attività associate a cinematismi possibili
- Blocchi ruotati
- Zone intensamente fratturate
- Superfici non alterate che testimoniano recenti distacchi
- Emergenza di acqua alla base di blocchi

Per ciascuna area omogenea viene poi calcolata la somma di tutti gli elementi di instabilità presenti nelle varie maglie e si ricava la percentuale di attività in relazione al numero massimo ottenibile nell'area omogenea, dando a ciascuna maglia il valore massimo 5. In base alle percentuali così ricavate, le aree omogenee vengono suddivise in tre gruppi a differente *attività relativa: alta, media, bassa*.

In corrispondenza delle pareti rocciose in esame è stata ritrovata la presenza di settori caratterizzati da fratture aperte con disposizione favorevole al verificarsi di fenomeni di scorrimento planare o di ribaltamento; localmente, in alcuni settori si è rilevata anche la presenza di superfici rocciose relativamente fresche che corrispondono a

Comune di Pian Camuno (BS)	Varianti 2011 al Piano di Governo del Territorio (PGT): Integrazione alla Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica	Aggiornamento AGOSTO 2011	Relazione illustrativa
-------------------------------	--	------------------------------	---------------------------

nicchie di distacco recenti. Solo in alcuni tratti alla base della parete presente nella parte nord, in corrispondenza di un livello di tufi, è stata ritrovata la presenza molto localizzata di zone di roccia intensamente fratturata.

In relazione alla situazione descritta, per tutte le aree omogenee individuate in forma semplificata, corrispondenti ai tre settori delle pareti rocciose poste a monte dell'area, è stato assegnato un unico grado di attività, considerando, a favore della sicurezza, che entrambe le principali condizioni riconosciute solo per alcuni settori delle pareti siano presenti in tutti i settori delle aree omogenee, ottenendo in questo modo un grado di attività medio.

Questa valutazione conferma nell'insieme quanto risulta dalle osservazioni di terreno e dalle testimonianze raccolte dalle quali risulta una relativa frequenza per i fenomeni di distacco di piccoli frammenti, con dimensioni non superiori a pochi dm<sup>3</sup> che si arrestano in una zona posta immediatamente alla base delle pareti, e pochi episodi di distacco di volumi maggiori, in genere pari al volume modale, che tendono ad arrestarsi prevalentemente subito alla base delle pareti.

### **3.6.- Zonazione finale della pericolosità e fattibilità geologica**

La *zonazione finale della pericolosità* viene definita utilizzando i valori delle *classi di pericolosità relativa* della zona di transito e accumulo dei blocchi, che vengono aumentati di 1, mantenuti costanti o diminuiti di 1 a seconda che le pareti sovrastanti appartengano ai gruppi di attività alta, media o bassa rispettivamente. Si possono così avere in totale 5 classi di pericolosità, da H1 a H5. Nella zona in esame, poichè l'attività è risultata media, si sono mantenuti i valori relativi alle zone definite sulla base della modellazione delle traiettorie, ottenendo in questo modo tre classi da H1 ad H3. Le zone di pericolosità ottenute sono rappresentate a fine testo nell'allegato 8.

Le differenze tra la perimetrazione della pericolosità ricavata in questa sede e quella contenuta nello studio relativo alla componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT sono dovute al maggior dettaglio nella ricostruzione morfologica ottenuto sia con l'infittimento delle sezioni sia con l'esecuzione di un rilievo topografico apposito.

Sulla base di questi risultati è stata successivamente modificata la perimetrazione complessiva delle zone soggette alla pericolosità per caduta di blocchi dalle pareti rocciose poste alla base del versante nella frazione di Beata, aggiornando la Carta di Sintesi alla scala 1:2.000 e 1:10.000.

In riferimento alle indicazioni contenute nella normativa (d.g.r. n. 8/7374 del 28/05/2008) si passa dalle classi di pericolosità definite in questo studio alle le classi di fattibilità geologica per le azioni di piano secondo lo schema seguente.

<b>Classi di pericolosità</b>	<b>Classi di fattibilità geologica per le azioni di piano</b>
<i>(Procedure per la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio da frana in adempimento alla L. 267/98)</i>	<i>(criteri ed indirizzi relativi alla componente geologica nella pianificazione comunale secondo quanto disposto dall'art. 3 della L.R. 24 novembre 1997, n. 41)</i>
<b>H5</b>	<b>4</b>
<b>H4</b>	<b>4</b>
<b>H3</b>	<b>4</b>
<b>H2</b>	<b>3</b>
<b>H1</b>	<b>2</b>

Comune di Pian Camuno (BS)	Varianti 2011 al Piano di Governo del Territorio (PGT): Integrazione alla Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica	Aggiornamento AGOSTO 2011	Relazione illustrativa
-------------------------------	--	------------------------------	---------------------------

In riferimento alle variazioni introdotte rispetto alla pericolosità per caduta di blocchi dalle pareti rocciose è stata modificata la valutazione della fattibilità geologica per l'area in esame e sono state conseguentemente aggiornate la Carta di Fattibilità alla scala 1:2.000 e 1:10.000.

Sulla base di questa variazione una parte dell'area in esame passa dalla classe di fattibilità 4 alla classe di fattibilità 3, e parte dalla classe 3 alla classe 2 e dovranno essere applicate per esse le norme già definite per le relativi sottoclassi nell'ambito dello studio relativo alla componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT.

#### **4. NORME DI PIANO RIGUARDANTI LA COMPONENTE SISMICA**

In base all'indagine sismica svolta in questa sede ed a quanto esposto nei precedenti paragrafi, le Norme di Piano riguardanti la componente sismica, oltre al rispetto della normative sismiche di carattere Nazionale, sono le seguenti.

##### **4.1. - INTERVENTI RICADENTI ALL'INTERNO DELL'AREA DI APPLICAZIONE DELL'ANALISI SISMICA DI SECONDO LIVELLO**

Per tutti gli interventi edilizi posti all'interno dell'area di applicazione dell'analisi sismica di secondo livello, in riferimento alle perimetrazioni riportate nella carta di fattibilità e alle indicazioni della carta PSL, le Norme di Piano riguardanti la componente sismica sono riportate nei seguenti punti (categorie di suolo di fondazione definite ai sensi del DM 14/01/2008).

- Nelle aree in categoria di sottosuolo B con  $F_a$  inferiori alle soglie della categoria B per entrambi i periodi di riferimento, per tutti i fabbricati non è necessaria l'analisi di terzo livello ed è corretto l'utilizzo dello spettro relativo alla categoria B.
- Nelle aree in categoria di sottosuolo C con  $F_a$  inferiori alle soglie della categoria C per entrambi i periodi di riferimento, per tutti i fabbricati non è necessaria l'analisi di terzo livello ed è corretto l'utilizzo dello spettro relativo alla categoria C.
- Nelle aree in categoria di sottosuolo B con  $F_a$  superiore alla soglia della categoria B solo per il periodo 0,1-0,5 s, per i fabbricati con tale periodo proprio (strutture basse, regolari e piuttosto rigide) è necessario passare all'analisi sismica di terzo livello, oppure utilizzare lo spettro della categoria di suolo C. Per i fabbricati con periodo proprio compreso tra 0,5 e ,5 s (strutture flessibili e con sviluppo prevalentemente verticale, indicativamente comprese tra 5 e 15 piani) non è necessaria l'analisi di terzo livello ed è corretto l'utilizzo dello spettro relativo alla categoria B.
- Nelle aree in categoria di sottosuolo B con  $F_a$  superiore alla soglia della categoria B e della categoria C solo per il periodo 0,1-0,5 s, per i fabbricati con tale periodo proprio (strutture basse, regolari e piuttosto rigide) è necessario passare all'analisi sismica di terzo livello, oppure utilizzare lo spettro della categoria di suolo D. Per i fabbricati con periodo proprio compreso tra 0,5 e ,5 s (strutture flessibili e con sviluppo prevalentemente

Comune di Pian Camuno (BS)	Varianti 2011 al Piano di Governo del Territorio (PGT): Integrazione alla Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica	Aggiornamento AGOSTO 2011	Relazione illustrativa
-------------------------------	--	------------------------------	---------------------------

verticale, indicativamente comprese tra 5 e 15 piani) non è necessaria l'analisi di terzo livello ed è corretto l'utilizzo dello spettro relativo alla categoria B.

- Nelle aree in categoria di sottosuolo C con Fa superiore alla soglia della C solo per il periodo 0,1-0,5 s, per i fabbricati con tale periodo proprio (strutture basse, regolari e piuttosto rigide) è necessario passare all'analisi sismica di terzo livello, oppure utilizzare lo spettro della categoria di suolo D. Per i fabbricati con periodo proprio compreso tra 0,5 e ,5 s (strutture flessibili e con sviluppo prevalentemente verticale, indicativamente comprese tra 5 e 15 piani) non è necessaria l'analisi di terzo livello ed è corretto l'utilizzo dello spettro relativo alla categoria C.

Rispetto a tutti i casi precedentemente citati, nell'ambito dei progetti dei singoli interventi sono consentite scelte differenti solo se giustificate da apposite relazioni geologiche basate su dati litologico-stratigrafici e sismici di maggiore dettaglio rispetto a quelli utilizzati per la redazione del presente studio.

- Per quanto riguarda le aree potenzialmente soggette ad amplificazione topografica (individuabili sulla carta PSL), nel caso di tipologie edilizie con periodo proprio compreso fra 0,1 e 0,5 s, la corretta applicazione del DM 14/01/2008 è sempre sufficiente a considerare anche tali effetti in quanto i valori di Fa non superano mai i relativi valori di St. Nel caso di tipologie edilizie con periodo proprio compreso fra 0,5 e 1,5 s è invece sempre necessario ricorrere all'analisi di terzo livello in quanto per tali tipologie, nell'ambito della d.g.r. n. 8/7374, l'analisi sismica di secondo livello non è contemplata.
- A partire dalle indicazioni contenute nella carta della Pericolosità Sismica Locale (PSL) è inoltre necessario verificare nel dettaglio, in sede di relazione geologica associata al progetto di ogni singolo intervento, la presenza o meno di effetti di instabilità ovvero di fenomeni di instabilità di versante (Z1), la presenza di terreni particolarmente scadenti o passibili di liquefazione (Z2) e la presenza di contatti fra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse (Z5). Qualora venisse appurata la presenza di tali situazioni, sarà necessario valutarne l'effettiva incidenza sulle opere in progetto con analisi specifiche di terzo livello. Si ricorda che, come indicato dalla d.g.r. n. 8/7374, non è strettamente necessaria la valutazione di terzo livello relativamente allo scenario Z5, riguardante le zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse e che esclude la possibilità di costruzione a cavallo dei due litotipi, in quanto tale limitazione può essere rimossa qualora si operi in modo da ottenere un terreno di fondazione omogeneo o adottando accorgimenti costruttivi atti a garantire comunque la sicurezza dell'edificio.

#### **4.2. - INTERVENTI RICADENTI ALL'ESTERNO DELL'AREA DI APPLICAZIONE DELL'ANALISI SISMICA DI SECONDO LIVELLO**

Per tutti gli interventi edilizi posti all'esterno dell'area di applicazione dell'analisi sismica di secondo livello, in riferimento alle indicazioni riportate nella carta PSL, le Norme di Piano riguardanti la componente sismica sono le seguenti.

- Per tutti gli interventi edilizi è necessario valutare nel dettaglio, in sede di relazione geologico-tecnica associata al progetto di ogni singolo intervento, l'effettiva presenza o meno di situazioni passibili di

Comune di Pian Camuno (BS)	Varianti 2011 al Piano di Governo del Territorio (PGT): Integrazione alla Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica	Aggiornamento AGOSTO 2011	Relazione illustrativa
-------------------------------	--	------------------------------	---------------------------

amplificazione sismica, ossia la presenza di cigli di scarpate (Z3a), creste (Z3b) o di depositi superficiali con spessore superiore a 3 m (Z4). E' inoltre necessario valutare l'effettiva incidenza di tali fenomeni sulle opere in progetto mediante analisi specifiche di secondo livello o di terzo livello, ricordando che nel caso di tipologie edilizie con periodo proprio compreso fra 0,5 e 1,5 s ricadenti in aree soggette ad amplificazione per effetti morfologici è necessario ricorrere direttamente all'analisi di terzo livello.

- Per tutti gli interventi edilizi è inoltre necessario verificare nel dettaglio la presenza o meno di effetti di instabilità ovvero di fenomeni di instabilità di versante (Z1), la presenza di terreni particolarmente scadenti o passibili di liquefazione (Z2), e la presenza di contatti fra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse (Z5). Qualora venisse appurata la presenza di tali situazioni, sarà inoltre necessario valutarne l'effettiva incidenza sulle opere in progetto con analisi specifiche di terzo livello. Si ricorda che, come indicato dalla d.g.r. n. 8/7374, non è strettamente necessaria la valutazione di terzo livello relativamente allo scenario Z5, relativo alle zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse e che esclude la possibilità di costruzione a cavallo dei due litotipi, in quanto tale limitazione può essere rimossa qualora si operi in modo da ottenere un terreno di fondazione omogeneo o adottando accorgimenti costruttivi atti a garantire comunque la sicurezza dell'edificio.

Dr. geol. Fabio Alberti

Hanno collaborato:

dr. geol. Francesco Bosio

dr. geol. Elena Staffoni

Darfo Boario Terme, Gennaio 2011

Comune di Pian Camuno (BS)	Varianti 2011 al Piano di Governo del Territorio (PGT): Integrazione alla Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica	Aggiornamento AGOSTO 2011	Relazione illustrativa
-------------------------------	--	------------------------------	---------------------------

## 5. BIBLIOGRAFIA

- 1) Geo.Te.C. Studio Associato– Piano di Governo del Territorio: Componente geologica, idrogeologica e sismica – Aggiornamento febbraio 2008 –. Comune di Pian Camuno (Provincia di Brescia).
- 2) D.M. 14 settembre 2005 - Norme tecniche per le costruzioni.- Suppl. Ord. alla Gazz. Uff., serie gen. n. 222 del 23/09/2005.
- 3) D.M. 14 gennaio 2008 – Approvazione delle nuove Norme tecniche per le costruzioni.- Gazz. Uff., n. 29 del 04/02/2008.
- 4) Ordinanza PCM n. 3274 del 20 marzo 2003 - Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica - G.U. n. 105, 8 maggio 2003, Suppl. Ord. n. 72.
- 5) Ordinanza PCM n. 3519 del 28 aprile 2006 - Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone - G.U, anno 147, n. 108 del 11-05-2006
- 6) Decreto del Capo del Dipartimento della protezione civile del 21 ottobre 2003 “Disposizioni attuative dell’art. 2, commi 2, 3 e 4, dell’ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003” – G.U. n. 252 del 29 ottobre 2003
- 7) Regione Lombardia - D.g.r. n 7/14964 del 7 Novembre 2003 - Disposizioni preliminari per l’attuazione dell’OPCM n°3274/2003 “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”- Boll. Uff. della Reg. Lomb. - anno XXXIII, n. 275, 2003.
- 8) Regione Lombardia - Decreto dirigente dell’unità organizzativa n. 19904/03 21/11/2003 - Approvazione elenco tipologie degli edifici e opere infrastrutturali e programma temporale delle verifiche di cui all’art. 2, commi 3 e 4 dell’ordinanza p.c.m. n 3274 del 20 marzo 2003, in attuazione della d.g.r. n° 14964 del 7 Novembre 2003 - Boll. Uff. della Reg. Lomb. - serie ordinaria, n. 49 del 1/12/2003.
- 9) Regione Lombardia - L.r. 11 marzo 2005 n. 12 - Legge per il governo del territorio - BURL. - anno XXXV, n. 69, 16 marzo 2005, 1° Suppl. Ordinario.
- 10) Regione Lombardia - D.g.r. 22 Dicembre 2005 n. 8/1566 - Criteri ed indirizzi per la componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell’art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n.12 - BURL - anno XXXVI, n. 14, 19 gennaio 2006, 3° Suppl. Straordinario.
- 11) Regione Lombardia - L.r. 14 luglio 2006 n. 12 - Modifiche ed integrazioni alla legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 “legge per il governo del territorio”. - BURL 18 luglio 2006, n. 29, 1° suppl. ord.
- 12) Regione Lombardia - D.g.r. 28 Maggio 2008 n. 8/7374 – Aggiornamento dei “Criteri ed indirizzi per la componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell’art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n.12” approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 - BURL - anno XXXVIII, n. 120, 12 giugno 2008, 2° Suppl. Straordinario al n°24.