



REGIONE CALABRIA



COMUNE DI CARFIZZI
PROVINCIA DI CROTONE



PLANO DI EMERGENZA COMUNALE

MODULO B
RISCHIO SISMICO



SEZIONE 2
SCENARI DI EVENTO E SCENARI DI
RISCHIO

RELAZIONE: R_ S2_ B
Rischio sismico

DATA ULTIMA
COMPILAZIONE

FIRMA DEL REDATTORE

DELIBERA DI
APPROVAZIONE

Relazione R_S2.B – Scenario di evento e di rischio sismico

In accordo con la classificazione sismica del Dipartimento di Protezione Civile, il territorio comunale di Carfizzi rientra nella zona 2 a sismicità medio-alta e, dunque, risulta essere predisposto a rischio sismico, pur non avendo subito nel recente passato un evento storico documentabile che abbia causato danni a persone o cose. Secondo lo stesso Dipartimento, il rischio sismico è la misura dei danni attesi in un intervallo di tempo, in base al tipo di sismicità, di resistenza delle costruzioni e di antropizzazione (natura, qualità e quantità dei beni esposti); esso dipende dalla combinazione di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione sismica.

Pericolosità sismica - Carte dello scenario di evento sismico

La pericolosità sismica di un luogo è definita attraverso la probabilità di superamento in un fissato intervallo di tempo di un evento sismico, caratterizzato da un valore soglia del parametro che quantifica l'energia liberata al suolo durante il sisma. Nello specifico, l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) ha redatto le mappe di pericolosità sismica in Italia sulla base del modello probabilistico MPS04-S1: esse rappresentano la variazione spaziale del valore soglia dell'accelerazione massima al suolo a_g (Peak Ground Acceleration, PGA) che in 50 anni ha una probabilità di essere superato del 5, 10, 63 oppure 81%.

Inoltre, considerando che la probabilità di superamento dell'evento sismico P_{vr} è collegata al suo tempo di ritorno T_r , cioè l'intervallo in cui una data intensità è uguagliata o superata almeno una volta, e alla vita di riferimento della costruzione V_r ($V_r = 50$ anni), attraverso la seguente relazione:

$$e^{-\frac{V_r}{T_r}} = 1 - P_{vr}$$

le mappe di pericolosità sismica rappresentano la variazione spaziale del valore soglia della PGA associata ad eventi sismici che hanno un tempo di ritorno di 30, 50, 475 o 975 anni:

$$T_r = -\frac{V_r}{\ln(1 - P_{vr})}$$

Tali mappe sono state utilizzate per la redazione delle Carte dello scenario di evento sismico avente un tempo di ritorno di 475 e 712 anni:

- il T_r maggiore è utilizzato per valutare la pericolosità sismica di edifici residenziali privati e ad esso corrisponde un evento sismico avente nel territorio comunale una PGA variabile tra 0.150 e 0.200 g (con g pari all'accelerazione di gravità) che ha una probabilità di superamento del 10% in 50 anni;
- il T_r minore è utilizzato per valutare la pericolosità sismica di edifici indicati nell'elenco B contenuto nella D.G.R. n° 292/2014 della Regione Calabria (scuole, musei, biblioteche, sale convegni, edifici di culto, impianti sportivi chiusi o con tribune oltre 100 posti, strutture sanitarie, uffici, edifici commerciali o industriali, impianti di depurazione), e ad esso corrisponde un evento sismico avente nel territorio comunale una PGA variabile tra 0.200 e 0.275 g che ha una probabilità di superamento del 5% in 50 anni.

Inoltre, la massima accelerazione al suolo è funzione dell'intensità sismica della Scala Macrosismica europea EMS-98, come risulta dalla seguente relazione:

$$a_g = c_1 \cdot c_2^{(I-5)}$$

in cui:

- a_g è la massima accelerazione al suolo nota dalle mappe di pericolosità sismica;
- $c_1 = 0.3 - 0.4$ è un parametro definito in letteratura;
- $c_2 = 1.65 - 1.75$ è un parametro definito in letteratura;
- I è l'intensità sismica.

Dalla formula inversa, utilizzando la legge di Murphy-O'Brien, per la quale $c_1 = 0.3$ e $c_2 = 1.75$, si ricava la massima intensità sismica associata ai tempi di ritorno di 475 e 975 anni, rispettivamente pari a 8 e 9.

Vulnerabilità sismica – Carte della vulnerabilità sismica degli edifici

La vulnerabilità sismica esprime la tendenza di un'opera a subire danni fisici e funzionali a seguito di un evento sismico; secondo la scala macrosismica europea

EMS-98, essa dipende dai materiali utilizzati e dalla tipologia strutturale scelta e può essere suddivisa in sei classi di vulnerabilità, dalla A maggiormente vulnerabile alla F meno vulnerabile, come mostrato nella successiva tabella riportata nelle Linee guida:

Tipologie		Classi di VULNERABILITA'					
		A	B	C	D	E	F
MURATURA	Pietra grezza	●					
	Case in terra o con mattoni crudi	●					
	Pietre sbozzate o a spacco	—	●				
	Pietre squadrate			●			
	Mattoni	—	●				
	Muratura non armata con solai in c.a.			●			
	Muratura armata o confinata				●		
CEMENTO ARMATO	Telaio senza protezione sismica (ERD)			●			
	Telaio con livello di ERD moderato				●		
	Telaio con livello di ERD elevato					●	
	Pareti senza ERD			●			
	Pareti con livello di ERD moderato				●		
	Pareti con livello di ERD elevato					●	
Strutture in ACCIAIO					●		
Strutture in LEGNO					●		

Legenda:

CERCHIO ● la maggior parte degli edifici appartengono alla classe indicata
 TRATTO CONTINUO indica un intervallo probabile, ovvero una parte di edifici può appartenere a quella classe
 TRATTEGGIO indica un intervallo con probabilità molto basse, si tratta di casi eccezionali.

Il patrimonio costruito di Carfizzi è formato da edifici più antichi in muratura (pietra grezza, pietra sbozzata o mattoni), concentrati nel nucleo storico del centro abitato, e da edifici più moderni in cemento armato (telaio senza protezione sismica o con protezione sismica moderata), sviluppati nelle aree urbanizzate a partire dagli anni Settanta. Quindi, nota la loro epoca di realizzazione, sono state redatte le Carte della vulnerabilità sismica degli edifici in muratura e in c.a., individuando:

- nel primo caso pochi edifici in pietra grezza, ormai fatiscenti e disabitati, con classe di vulnerabilità A, e molti edifici in pietra sbozzata o mattoni, con classe di vulnerabilità B;
- nel secondo caso molte strutture intelaiate senza protezione sismica, con classe di vulnerabilità C, e poche strutture intelaiate con protezione sismica moderata, costruite o ristrutturate secondo le NTC 2008, con classe di vulnerabilità C o D.

Esposizione sismica – Carte dell'esposizione sismica degli edifici

L'esposizione sismica quantifica il numero di vite umane che possono essere coinvolte dai danni strutturali e non strutturali degli edifici sia pubblici che privati. Per costruire le Carte dell'esposizione sismica, è necessario considerare due scenari di evento:

- l'evento notturno in riferimento a un sisma avente $T_r = 975 \text{ anni}$, durante il quale gli edifici pubblici (scuole, uffici) sono privi di dipendenti, per cui la loro esposizione è nulla, mentre gli edifici privati sono interamente abitati, per cui la loro esposizione coincide con la popolazione residente/domiciliata che li abita (scenario A);
- l'evento diurno in riferimento a un sisma avente $T_r = 475 \text{ anni}$, durante il quale gli edifici pubblici sono in piena attività, per cui la loro esposizione coincide con il numero di dipendenti, mentre gli edifici privati sono parzialmente abitati in quanto le persone si sono recate nei luoghi di lavoro, per cui la loro esposizione è pari al 65% della popolazione residente/domiciliata che li abita (scenario B).

Quindi, noti il numero di dipendenti dei luoghi pubblici e la distribuzione demografica della popolazione negli edifici privati, è possibile definire:

- per lo scenario A quattro classi di esposizione, che vanno dall'esposizione bassa per gli edifici pubblici all'esposizione media, alta e molto alta per gli edifici privati, in funzione del grado crescente di densità abitativa definita nella Sezione 1 del Piano;
- per lo scenario B tre classi di esposizione, che vanno dall'esposizione media e alta per gli edifici privati, in funzione del grado crescente di densità abitativa definita nella Sezione 1 del Piano, all'esposizione molto alta per gli edifici pubblici.

Carta dello scenario di danno

Nella Carta dello scenario di danno si quantificano i danni subiti dagli edifici e dalle persone in seguito all'evento sismico più gravoso, attraverso sei classi di danno

ottenute incrociando la percentuale di edifici crollati e la percentuale di vittime e feriti della popolazione, come mostrato nella seguente matrice:

		<i>SOMMA di FERITI e VITTIME</i>	
		Tra 0% e 15%	Più del 75%
CROLLI	Tra 0% e 10%		
	Tra 10% e 75 %		
	Più del 75%		

In particolare, i danni subiti dal patrimonio costruito possono essere classificati con la scala a sei livelli della EMS-98:

- D0 → Nessun danno: dopo l'evento sismico il 100% degli edifici risulta agibile;
- D1 → Danno lieve: caduta o fessurazione dell'intonaco: dopo l'evento sismico il 100% degli edifici risulta agibile;
- D2 → Danno medio: lesioni nelle pareti e caduta dell'intonaco: dopo l'evento sismico il 100% degli edifici risulta agibile;
- D3 → Danno grave: lesioni grandi e profonde nelle pareti: dopo l'evento sismico il 100% degli edifici risulta agibile: dopo l'evento sismico il 40% degli edifici risulta inagibile e il 60% degli edifici risulta agibile;
- D4 → Danno distruttivo: crollo di tramezzi, tamponatura e crolli parziali: dopo l'evento sismico il 100% degli edifici risulta inagibile;
- D5 → Danno totale, collasso dell'edificio: il 100% degli edifici risulta crollato.

A ciascuna di queste classi di danno degli edifici corrispondono dei danni alla popolazione in termini di vittime, feriti, senzatetto e sfollati, come riportato nella seguente tabella delle Linee guida:

Per edifici in muratura

LIVELLO DI DANNO	DANNI ALLA POPOLAZIONE			
	vittime	feriti	senza tetto	incolumi
0 - Nessun danno	0%	0%	0%	100%
1 - Danno trascurabile	0%	0%	0%	100%
2 - Danno moderato	0%	0%	0%	100%
3 - Danno grave	0%	0%	40%	100%
4 - Crollo parziale	3%	12%	97%	85%
5 - Crollo	14%	56%	86%	30%

Per edifici in c.a.

LIVELLO DI DANNO	DANNI ALLA POPOLAZIONE			
	vittime	feriti	senza tetto	incolumi
0 - Nessun danno	0%	0%	0%	100%
1 - Danno trascurabile	0%	0%	0%	100%
2 - Danno moderato	0%	0%	0%	100%
3 - Danno grave	0%	0%	40%	100%
4 - Crollo parziale	6%	10%	94%	84%
5 - Crollo	28%	42%	72%	30%

Nel caso in cui il territorio comunale sia colpito da un evento sismico avente grado di intensità pari a IX ($T_r = 975$ anni):

- nella classe D0 rientrano **0** edifici;
- nella classe D1 rientrano **0** edifici;
- nella classe D2 rientra il **10-35%** degli edifici aventi classe di vulnerabilità D;
- nella classe D0 rientrano **10-35%** degli edifici aventi classe di vulnerabilità C e meno del **10%** degli edifici aventi classe di vulnerabilità D;
- nella classe D0 rientrano **10-35%** degli edifici aventi classe di vulnerabilità B e meno del **10%** degli edifici aventi classe di vulnerabilità C;
- nella classe D0 rientrano **10-35%** degli edifici aventi classe di vulnerabilità A e meno del **10%** degli edifici aventi classe di vulnerabilità B.

Quindi, per costruire la Carta dello scenario di danno si può fare riferimento alle singole classi di vulnerabilità presenti nel territorio comunale.

Per la classe di vulnerabilità A, il **35%** degli edifici subisce crolli; tuttavia, poiché gli edifici in muratura che rientrano in questa classe di vulnerabilità sono disabitati, il numero di vittime e feriti è nullo, per cui la classe di danno è la D1.

Per la classe di vulnerabilità B, il **45%** degli edifici subisce crolli, dei quali il **10%** subisce crolli totali e il **35%** subisce crolli parziali. Gli edifici in muratura che subiscono un crollo totale rendono il **70%** della popolazione che li abita vittima o ferito, mentre gli edifici in muratura che subiscono un crollo parziale rendono il **15%**

della popolazione che li abita vittima o ferito, per cui l'85% della popolazione coinvolta rientra nella categoria di vittima o ferito; di conseguenza, gli edifici aventi classe di vulnerabilità B subiscono un danno di classe D5.

Per la classe di vulnerabilità C, il 10% degli edifici subisce crolli parziali e 35% degli edifici subisce danni gravi. Gli edifici in c.a. che subiscono un crollo parziale rendono il 16% della popolazione che li abita vittima o ferito, mentre gli edifici in c.a. che subiscono un danno grave non causano vittime o feriti, per cui il 16% della popolazione coinvolta rientra nella categoria di vittima o ferito; di conseguenza, gli edifici aventi classe di vulnerabilità C subiscono un danno di classe D0.

Per la classe di vulnerabilità D, il 10% degli edifici subisce danni gravi e 35% degli edifici subisce danni moderati; tuttavia, gli edifici in c.a. coinvolti non causano vittime o feriti, per cui gli edifici aventi classe di vulnerabilità D subiscono un danno di classe D0.