



Classificazione tipologica e scenari di danno di chiese colpite dal terremoto del Centro Italia 2016

Giuseppe Brando^a, Giorgia Cianchino^a, Cristina Schiavi^a, Gianfranco De Matteis^b

^a Dipartimento di Ingegneria e Geologia, Università "G. D'Annunzio" Chieti – Pescara

^b Dipartimento di Architettura e Disegno Industriale, Università degli studi della Campania "Luigi Vanvitelli"

Keywords: Chiese, Patrimonio culturale, Indice di danno, Matrici di Danno, Scenari di Danno

ABSTRACT

Il tema della vulnerabilità sismica delle chiese ha assunto negli ultimi anni una notevole importanza. La ricchezza del patrimonio storico-architettonico italiano pone in evidenza, infatti, la necessità di intervenire in termini di prevenzione e tutela degli edifici di pregio in tempi rapidi e attraverso soluzioni efficaci che siano, al contempo, rispettose della intrinseca natura storica/architettonica dei beni in questione.

In tale contesto, la presente memoria, inquadrata nell'ambito di una attività di ricerca più ampia che gli autori stanno conducendo sul tema del rischio sismico degli edifici di culto, ha come obiettivo l'analisi degli scenari di danno prodotti su un campione di 87 chiese a seguito del terremoto del Centro Italia 2016.

In particolare, partendo dalla elaborazione dei dati raccolti sulle chiese oggetto di studio, attraverso l'applicazione della scheda AD-C, sono mostrati gli scenari di danno causati dal terremoto del 2016 e sono analizzate, inoltre, le frequenze con cui taluni meccanismi si sono palesati.

I risultati ottenuti saranno utilizzati in futuro per validare ulteriormente il modello predittivi che si sono affermati negli ultimi anni in Italia.

1 INTRODUZIONE

L'ultima sequenza sismica che ha duramente colpito il territorio dell'Italia centrale ha avuto inizio il 24 Agosto 2016, con un evento di magnitudo 6.0 Mw avvenuto nei pressi di Amatrice e Accumoli (RI), raggiungendo il culmine con la scossa del 30 Ottobre 2016, di magnitudo 6.5 MW ed epicentro nella città di Norcia (PG).

Tale sequenza ha interessato diverse regioni tra cui Abruzzo, Lazio, Marche e Umbria, estendendosi per un'ampia fascia dell'Appennino centrale di circa 1200 Km² (Figura 1).

L'entità devastante della sequenza sismica è stata evidente sin da subito: a valle della scossa del 24 Agosto sono state registrate 299 vittime e più di 300 feriti, con la distruzione di interi comuni come Accumoli, Amatrice e Arquata del Tronto.

Oltre al patrimonio edilizio, a subire ingenti danni è stato sicuramente il patrimonio culturale ed in particolare le chiese, che ancora una volta hanno mostrato la loro fragilità.

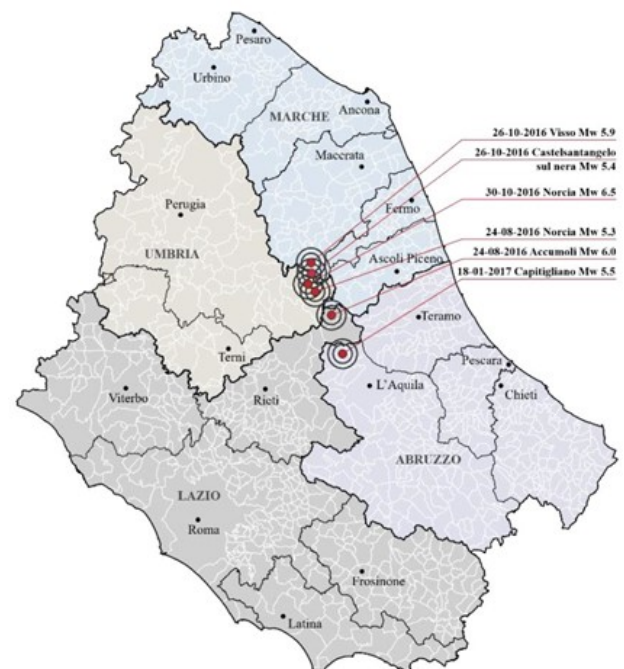


Figura 1. Gli epicentri della sequenza sismica del terremoto dell'Italia Centrale

Un esempio eclatante, da tale punto di vista, è la cattedrale di Norcia, la cui parte centrale, a

seguito della scossa del 30 Ottobre, è crollata rovinosamente lasciando intatta solo la facciata.

Il lavoro presentato in questa memoria offre la possibilità di delineare un quadro del danno subito su un campione di 87 chiese; tale danno è stato rilevato a seguito delle ispezioni post-sisma condotte, per conto della Protezione Civile, attraverso l'applicazione delle schede "Modello A-DC", utilizzate per la gestione dell'emergenza e la valutazione dell'agibilità dei Beni Culturali.

2 SISMICITÀ STORICA DELL'AREA

Gli eventi sismici trattati in questa memoria hanno colpito un'area che storicamente si è sempre contraddistinta per un'attività tellurica particolarmente intensa (Gruppo di Lavoro INGV sul terremoto in centro Italia, 2016 e 2017) che ha avuto i suoi livelli massimi nel '700, durante i terremoti del 1703 nella Valnerina e a L'Aquila (Magnitudo 6.7 Mw). Questi terremoti furono talmente devastanti da provocare, complessivamente, decine di migliaia vittime (Tashkov et al., 2010).

In particolare l'area di Amatrice, dove si sono verificati gli effetti maggiori della scossa del 24 Agosto, ha subito 4 forti terremoti storici:

- 1627, epicentro ad Accumuli, magnitudo 5.3 MW;
- 1639, epicentro ad Amatrice, magnitudo 6.2 MW;
- 1646, epicentro sui Monti della Laga, magnitudo 5.9 MW;
- 1672, epicentro ad Amatrice, magnitudo 5.3 Mw

Nell'area meridionale, interessata dall'evento sismico del 18 Gennaio, gli eventi storicamente più importanti sono quelli derivanti dall'area abruzzese:

- Terremoto dell'Aquilano del 1619, magnitudo 5.3 Mw;
- Terremoto del Teramano del 1950, magnitudo 5.7 MW.

Infine nell'area più a nord di Visso e Ussita le intensità raggiunte dalla scossa del 26 Ottobre rappresentano i massimi storici.

3 LE CHIESE DEL CENTRO ITALIA OGGETTO DI STUDIO

Le chiese oggetto di questo studio sono state rilevate nell'ambito delle attività di supporto della Protezione Civile alle squadre di rilievo del MIBACt (Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo) per la valutazione delle condizioni di agibilità dei beni culturali e

l'eventuale prescrizione di opere provvisorie. All'uopo sono state utilizzate le schede "Modello A-DC".

I dati raccolti presentati in questa memoria sono derivanti da ispezioni effettuate su un campione di 87 chiese, le quali sono spesso caratterizzate da impianti molto semplici, costituiti talvolta da un'unica aula: come mostrato in Figura 2, infatti, il 79% presenta un'unica navata, il 5% due navate e il restante 16% è costituito da un impianto a tre navate.

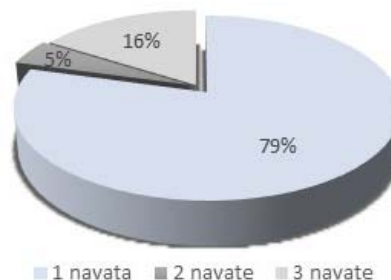


Figura 2. Distribuzione tipologica delle chiese del campione analizzato

Tali chiese sono state costruite in archi temporali molto diversi, con una minima prevalenza di edifici del XVII secolo (il 18%). Nonostante tale variabilità, il campione, complessivamente, presenta dei caratteri ricorrenti che sono tipici delle chiese della fascia appenninica.

Si tratta di chiese di dimensioni abbastanza ridotte, appartenenti spesso a piccoli comuni o frazioni, e caratterizzate da un'unica aula, con facciata a spioventi e copertura leggera. Un chiaro esempio rappresentativo della tipologia è la chiesa di Madonna delle Grazie ad Isola Del Gran Sasso (TE), riportata in Figura 3.



Figura 3. La chiesa delle Madonna delle Grazie (XVII Sec) a Isola del Gran Sasso (TE)

Le chiese analizzate sono distribuite su un territorio che coinvolge tre diverse regioni: Abruzzo (70%), Lazio (15%) e Marche (15%), con una prevalenza nelle province di Teramo e Ascoli Piceno. Il campione riguarda un totale di 28 comuni, rappresentati in Figura 4 ed elencati in Tabella 1.

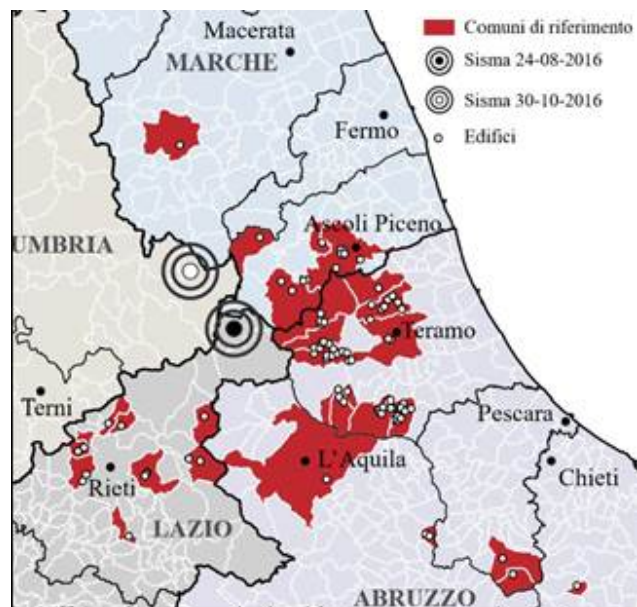


Figura 4. Localizzazione delle chiese analizzate

Tabella 1. Comuni di appartenenza delle chiese

Comune	Provincia
Pietracamela	Teramo
Campoli	Teramo
Civitella del Tronto	Teramo
Teramo	Teramo
Castelli	Teramo
Isola del Gran Sasso	Teramo
Fano Adriano	Teramo
Cortino	Teramo
Rocca Santa Maria	Teramo
Valle Castellana	Teramo
L'Aquila	L'Aquila
Collepietro	L'Aquila
Sant'Eufemia a Maiella	Pescara
Caramanico Terme	Pescara
Civitella Messer Raimondo	Chieti
Camerino	Macerata
Ascoli Piceno	Ascoli Piceno
Venarotta	Ascoli Piceno
Montemonaco	Ascoli Piceno
Acquasanta Terme	Ascoli Piceno
Antrodoto	Rieti
Torricella in Sabina	Rieti
Greccio	Rieti
Cittaducale	Rieti
Borbona	Rieti
Contigliano	Rieti
Rivodutri	Rieti
Poggio Bustone	Rieti

Dall'analisi dei dati raccolti risulta che il 51% dei manufatti oggetto di studio presenta una facciata del tipo a spioventi, il 26% piana, il 14% a vela, l'8% a salienti e soltanto l'1% una facciata a torre (Figura 5).

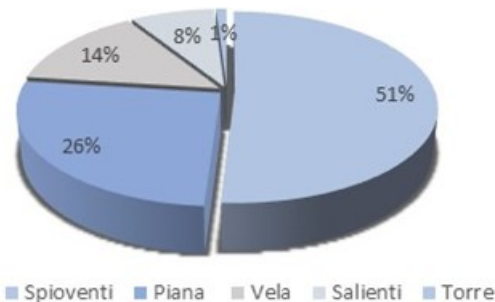


Figura 5. Tipologia di facciata

Inoltre un elemento quasi sempre presente nelle chiese analizzate è il campanile, con una prevalenza di campanili a vela (40%) (Figura 6).



Figura 6. Tipologia di campanile

La presenza degli altri elementi architettonici che generalmente caratterizzano le chiese di dimensioni e pregio maggiori, quali transetto, cupola e cappelle, sono stati riscontrati in pochissimi edifici. In particolare il transetto è presente solo nel 2% dei casi, la cupola nel 6%, le cappelle nel 21%. I dati sono sintetizzati in Figura 7.

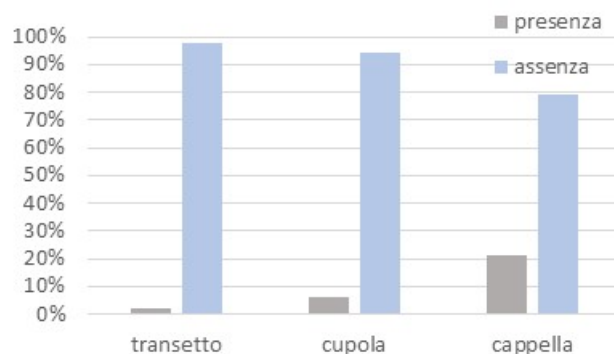


Figura 7. Presenza/assenza dei macroelementi transetto, cupola e cappelle

Oltre alla analisi tipologica descritta sopra, è stata effettuata anche una valutazione sulla tipologia delle strutture orizzontali, in funzione della presenza e del tipo di volte. Il 39% delle chiese analizzate risulta con orizzontamenti di

copertura voltati. Va tuttavia considerato che un numero consistente di chiese, precisamente il 36%, presenta delle capriate lignee. Il restante 24% presenta dei soffitti piani, solo l'1% ha una copertura in acciaio.

4 GLI SCENARI DI DANNO OSSERVATI

4.1 Definizione del danno con le Schede A-DC

La definizione del danno è stata condotta attraverso la rielaborazione dei dati raccolti mediante la compilazione delle schede Modello A-DC. Quest'ultime prevedono la definizione di 28 meccanismi di collasso, che saranno elencati in tabella 3, che, così come definito nelle Linee Guida dei Beni Culturali (2010), possono interessare i diversi macroelementi che possono essere presenti o meno in una chiesa. Per ognuno di tali meccanismi è stato espresso un giudizio sulla gravità del danno, fornendo un punteggio d_k , da 0 a 5 crescente all'aumentare della severità. Fatto ciò, è stato quindi definito un indice di danno in ragione dell'eq. (1)

$$i_d = \frac{\sum_{m=1}^n d_{k,m}}{5 \cdot n} \quad (1)$$

dove m è il generico meccanismo e n è il numero meccanismi possibili.

L'indice di danno ottenuto per ciascuna chiesa è stato quindi utilizzato per definire un indice di danno globale D_k , variabile da 0 a 5 ($D_0=0$, $D_1=1 \dots D_5=5$) in accordo con i criteri definiti in letteratura da Lagomarsino e Podestà (2004), i quali sono riportati in tabella 2:

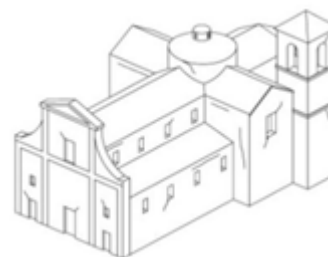
Tabella 2. Correlazione tra l'indice di danno i_d e il danno globale D_k (Lagomarsino e Podestà 2004)

D_k	i_d
D_0	$i_d \leq 0.05$
D_1	$0.05 < i_d \leq 0.25$
D_2	$0.25 < i_d \leq 0.4$
D_3	$0.4 < i_d \leq 0.6$
D_4	$0.6 < i_d \leq 0.8$
D_5	$i_d > 0.8$

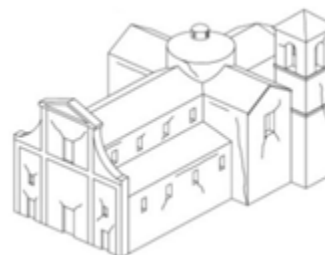
Secondo tali criteri, i livelli di danno D_k così ottenuti possono essere correlati agli stati limite elencati di seguito:

- D_0 : assenza di danno
- D_1 : danno lieve
- D_2 : danno moderato
- D_3 : danno grave
- D_4 : danno molto grave (collassi parziali)
- D_5 : crollo

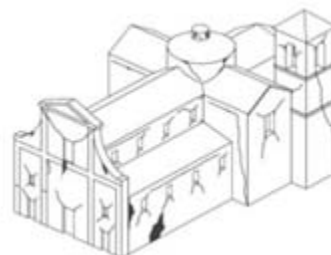
Essi sono rappresentati schematicamente in Fig. 8.



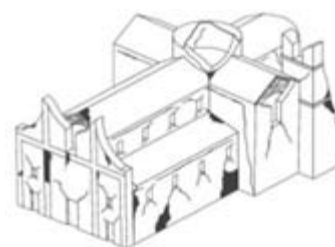
danno lieve ($D_k=1$)



danno moderato ($D_k=2$)



danno grave ($D_k=3$)



danno molto grave ($D_k=4$)



crollo ($D_k=5$)

Figura 8. Gli stati limite corrispondenti ai 5 livelli di danno D_k

4.2 Definizione del danno in accordo alle Linee Guida dei Beni Culturali

La procedura esposta al Paragrafo precedente, utilizzata immediatamente a valle dei rilievi

effettuati sulle chiese ai fini della definizione di un giudizio immediato per l'agibilità, non tiene, in realtà, in giusto conto che i diversi meccanismi di collasso possono avere una diversa importanza ai fini della stabilità globale. Al contrario, per tener conto di ciò, le Linee Guida sui beni culturali (2010) associano al generico meccanismo m dei fattori di peso ρ_m da introdurre nella formulazione dell'indice di danno i_d espresso in eq. (1). Questa assume la forma riportata in eq. (2).

$$i_d = \frac{1}{5} \cdot \frac{\sum_{m=1}^n \rho_m \cdot d_{k,m}}{\sum_{m=1}^n \rho_m} \quad (2)$$

Il peso ρ_k vale 0 per i meccanismi che non si possono attivare nella chiesa, per la mancanza del macroelemento, mentre è compreso tra 0,5 e 1 negli altri casi (Criber et al., 2015). I valori del peso associato a ogni meccanismo di collasso sono riportati in Tabella 3.

Tabella 3. ρ_k associati ad ognuno dei 28 meccanismi

m	meccanismo	ρ_k
1.	Ribaltamento facciata	1
10.	Ribaltamento transetto	0.75
16.	Ribaltamento abside	0.75
2.	Sommità facciata	1
3.	Piano della facciata	0.5
4.	Protiro-Nartece	0.25
6.	Taglio nelle pareti laterali	1
11.	Taglio nel transetto	0.5
17.	Taglio nell'abside	0.5
25.	Irregolarità plano-altimetriche	1
22.	Ribaltamento pareti cappelle	0.25
23.	Taglio pareti cappelle	0.25
26.	Aggetti, vele	0.25
7.	Risposta longitudinale	1
14.	Cupola	0.75
15.	Lanterna	0.25
19.	Copertura navate	0.5
20.	Copertura transetto	0.5
21.	Copertura abside	0.5
27.	Torre campanaria	1
28.	Cella campanaria	0.5
5.	Risposta trasversale dell'aula	1
8.	Volte navata centrale	1
9.	Volte navate laterali	0.75
18.	Volte abside	1
12.	Volte transetto	0.75
13.	Arco trionfale	0.75
24.	Volte cappelle	0,5

La correlazione tra i livelli di danno globali (D_k) e l'indice di danno i_d , effettuata secondo i criteri elencati in Tabella 2 è stata dunque riproposta in ragione di questa nuova definizione.

I risultati ottenuti effettuando le due differenti analisi vengono mostrati in figura (Figura 9). I valori dei livelli di danno D_k relativi a ciascun edificio risultano essere molto simili tra loro, il più delle volte del tutto identici. Sull'intero campione composto da 87 chiese, solo in quattro casi i risultati di danno globale differiscono. Si tratta della chiesa di San Rocco (Isola del Gran Sasso, Teramo), la chiesa Madonna del Carmine (Cortino, Teramo), la chiesa di San Martino (Rocca Santa Maria, Teramo) e la chiesa di San Pietra (Acquasanta Terme, Ascoli Piceno).

Le analisi condotte, dunque, confermano sommariamente l'affidabilità della metodologia esposta al Paragrafo 4.1, la quale favorisce il requisito di spedività che analisi condotte durante la gestione delle emergenze devono solitamente avere.

4.3 Lo scenario di danno osservato

La rielaborazione statistica dei dati raccolti dall'analisi effettuata sulle 87 chiese, ha consentito la definizione delle matrici di probabilità di danno (DPM) come strumento di rappresentazione dello scenario di danno occorso.

È bene sottolineare che le analisi svolte riguardano un territorio molto esteso, con intensità macrosismica variabile tra il IV e il VII grado della scala MCS. Si tratta quindi di una valutazione a scala regionale che può essere estesa ad altri territori di dimensioni simili, caratterizzati da chiese di caratteristiche analoghe a quelle qui analizzate.

Sono state quindi definite le frequenze dei diversi livelli di danno D_k ; esse sono state riportate nell'istogramma di Fig. 10.

Come peraltro rilevato in altri studi condotti su altre popolazioni di chiese (De Matteis et al., 2017 e 2019) I risultati ottenuti possono essere ben interpretati su base probabilistica, attraverso l'applicazione della distribuzione binomiale (PMF), la quale è plottata ancora in Fig. 10 e la cui espressione è fornita nell' eq. (3):

$$p_k = \frac{5!}{k!(5-k)!} \cdot \left(\frac{\mu_D}{5}\right)^k \cdot \left(1 - \frac{\mu_D}{5}\right)^{5-k} \quad (3)$$

dove

$$\mu_D = \frac{\sum_{i=1}^{\kappa} D_{\kappa}}{\kappa} \quad (3)$$

Essendo κ il numero di chiese analizzate (nel caso in essere $\kappa=87$).



Figura 9. I livelli di danno D_k per le chiese analizzate

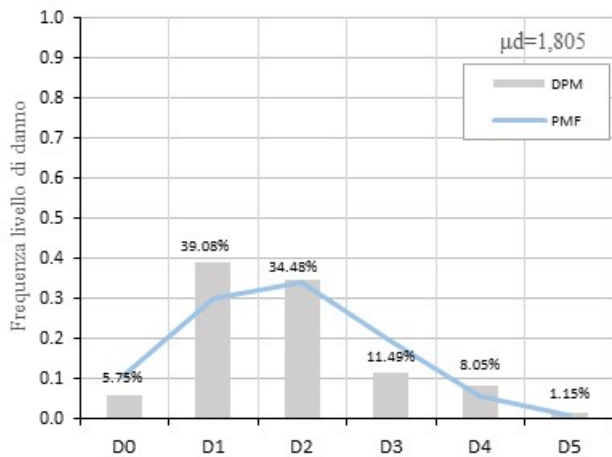


Figura 10. DPM dell'intero campione analizzato con interpretazione secondo distribuzione binomiale

4.4 Analisi dei danni per macroelementi

I danni più importanti nelle chiese analizzate, osservati in sede di sopralluogo, hanno interessato principalmente i meccanismi di facciata e di copertura della navata centrale. Livelli di danno rilevanti sono stati inoltre riscontrati sulle vele campanarie, che sono presenti nel 45% delle chiese analizzate nel campione.

Con riferimento ai meccanismi di primo e secondo modo (Brando et al., 2015) delle facciate, il 26% delle chiese ha presentato su questo macroelemento un livello di danno D_0 , il 17% D_1 , il 28% D_2 , il 14% D_3 , il 7% D_4 e il restante 3% D_5 . Un esempio è rappresentato dalla Chiesa di Santa Giusta a Cortino (TE), che presenta lesioni a taglio nel piano della facciata molto gravi a cui è stato attribuito un danno D_4 (Figura 11).



Figura 11. Chiesa di Santa Giusta, Cortino (TE)

Molti dei crolli di meccanismi da primo modo si sono verificati in presenza di murature

particolarmente povere. È il caso della chiesa di San Michele a Valle Castellana (TE), che ha riportato un crollo di una porzione di facciata. Essa non presenta un paramento murario ben apparecchiato e la mancanza di connessioni trasversali ha facilitato l'espulsione degli elementi del paramento più esterno (Figura 12).



Figura 12. Facciata di San Michele a Valle Castellana (TE)

Un aspetto interessante emerso dall'analisi è che più della metà dei campanili a vela risulta gravemente danneggiata.

Sono elementi snelli, che nella maggior parte dei casi non presentano alcun presidio antisismico. Pertanto si notano danneggiamenti significativi e in qualche caso dei crolli. Ne è un esempio il campanile della chiesa di San Paolo a Cortino (TE) in cui è stato riscontrato un parziale crollo del piedritto della vela campanaria (Figura 13).



Figura 13. Campanile a vela della Chiesa di San Paolo a Cortino (TE)

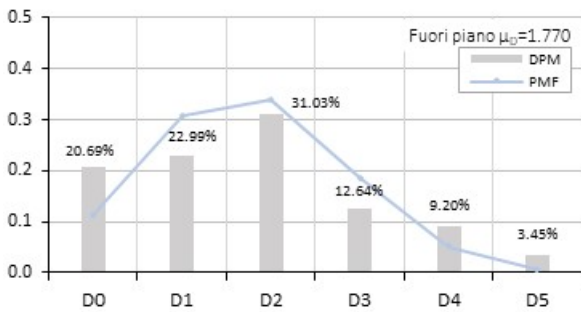
Così come illustrato sopra, l'analisi di danno è stata condotta anche per gli altri macroelementi, raggruppando i diversi meccanismi come elencato di seguito:

- Fuori piano (meccanismi 1-10-16)
- Facciata (meccanismi 2-3-4)
- Muri Laterali (meccanismi 6-11-17-25)

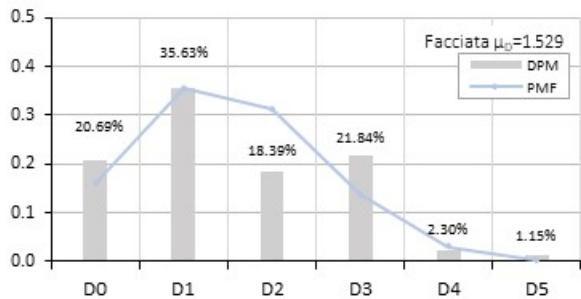
- Cappelle (meccanismi 22-23)
- Colonne (meccanismo 7)
- Cupola (meccanismi 14-15)
- Copertura (meccanismi 19-20-21)
- Campanile (meccanismi 27-28)
- Archi e volte (meccanismi 5-8-9-12-13-18-24)
- Decorazioni (meccanismo 26)

Si è quindi proceduti alla definizione delle frequenze dei punteggi di danno d_k con cui i danni a tali macroelementi si sono palesati.

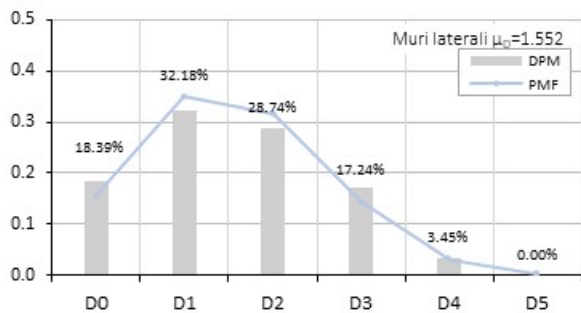
Tale frequenze sono state raccolti negli istogrammi di danno riportati in Fig. 14, dove sono state considerate anche le distribuzioni binomiali corrispondenti al loro valore medio. Come è possibile osservare, anche in questo caso tale distribuzione si dimostra perfettamente in grado di cogliere le frequenze dei livelli di danno osservati.



a)

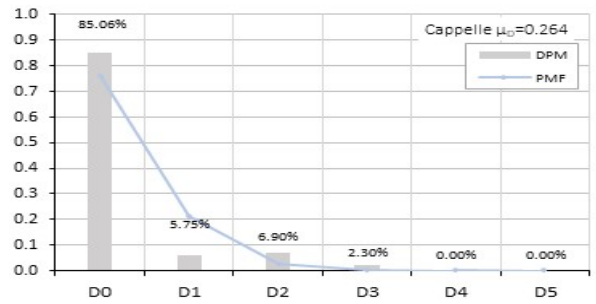


b)

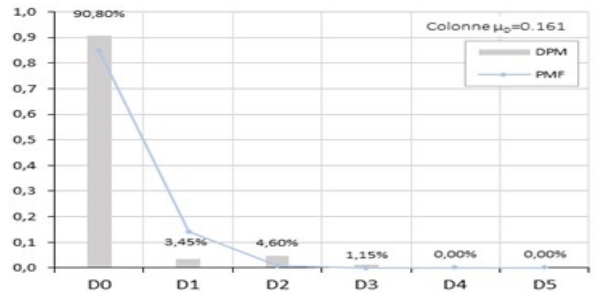


c)

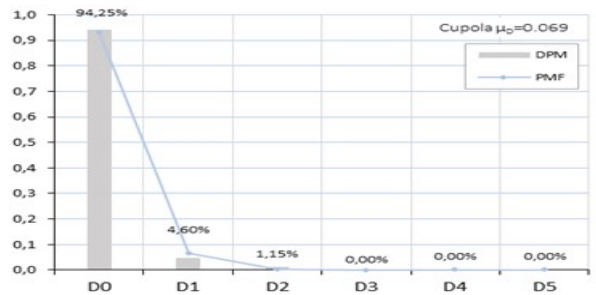
Figura 14. Analisi statistica del danno per macroelementi con interpretazione probabilistica secondo distribuzione binomiale. (a) Facciata fuori piano, (b) Facciata nel piano, (c) Muri Laterali, (d) Cappelle, (e) Colonne, (f) Cupola, (g) Copertura, (h) Campanile, (i) Archi e Volte, (l) Decorazioni (continua)



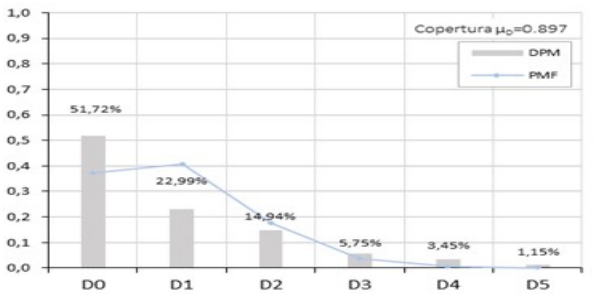
d)



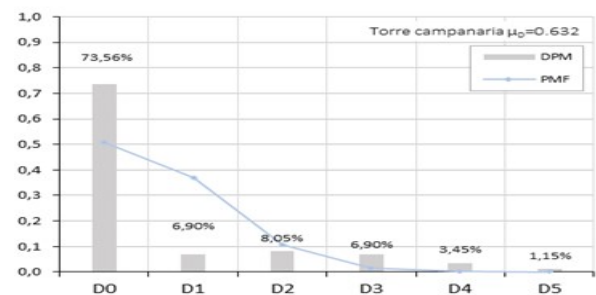
e)



f)

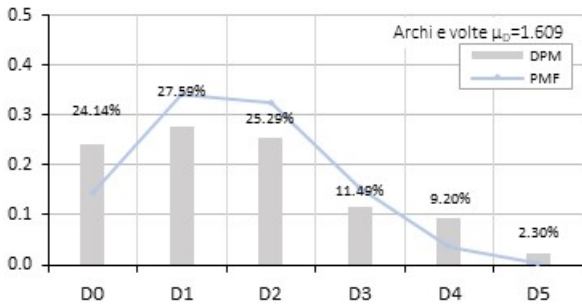


g)

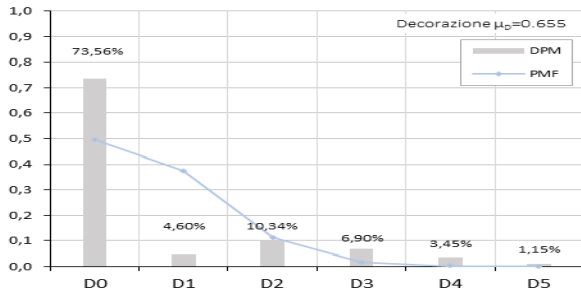


h)

Figura 14. Analisi statistica del danno per macroelementi con interpretazione probabilistica secondo distribuzione binomiale. (a) Facciata fuori piano, (b) Facciata nel piano, (c) Muri Laterali, (d) Cappelle, (e) Colonne, (f) Cupola, (g) Copertura, (h) Campanile, (i) Archi e Volte, (l) Decorazioni (continua)



i)



l)

Figura 14. Analisi statistica del danno per macroelementi con interpretazione probabilistica secondo distribuzione binomiale. (a) Facciata fuori piano, (b) Facciata nel piano, (c) Muri Laterali, (d) Cappelle, (e) Colonne, (f) Cupola, (g) Copertura, (h) Campanile, (i) Archi e Volte, (l) Decorazioni

5 CONCLUSIONI

Lo studio proposto in questa memoria ha permesso di raggruppare e discretizzare tutte le informazioni che gli autori hanno raccolto durante i rilievi effettuati nell'ambito dell'attività di supporto della Protezione Civile alle squadre di rilievo del MIBACT (Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo) per la valutazione delle condizioni di agibilità dei beni culturali e l'eventuale prescrizione di opere provvisorie. I dati raccolti hanno interessato 87 chiese presenti nel territorio del Centro Italia che hanno subito danni a seguito della sequenza sismica che ha avuto inizio il 24 Agosto del 2016.

Lo scenario rilevato è stato fornito in termini di matrici di probabilità di danno, rappresentate tramite istogrammi, sia con riferimento ai livelli di danno globale, sia con riferimento ai danni rilevati sui singoli macroelementi. In entrambi i casi, è stato osservato che i dati raccolti possono essere ben interpretati mediante distribuzioni probabilistiche binomiali, le quali, quindi, rappresentano la base per la messa a punto di modelli probabilistici da utilizzare per chiese quali quelle analizzate nel presente lavoro.

RINGRAZIAMENTI

Lo studio è stato sviluppato nell'ambito della Convenzione tra la Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica (ReLUIS), il Dipartimento di Ingegneria e Geologia dell'Università degli studi "G. D'Annunzio" di Chieti-Pescara e il Dipartimento di Architettura e Disegno Industriale dell'Università "Luigi Vanvitelli" della Campania.

REFERENCES

- Brando, G., Criber, E., De Matteis, G. 2015. The effects of L'Aquila earthquake on the St. Gemma church in Goriano Sicoli: part II—fem analysis. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 13 (12), pp. 3733-3748.
- Criber, E., Brando, G., De Matteis, G., 2015. The effects of L'Aquila earthquake on the St. Gemma church in Goriano Sicoli: part I—damage survey and kinematic analysis. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 13 (12), pp. 3713-3732.
- De Matteis, G., Criber, E., Brando, G. 2016. Damage Probability Matrices for Three-Nave Masonry Churches in Abruzzi After the 2009 L'Aquila Earthquake. *International Journal of Architectural Heritage*, 10 (2-3), pp. 120-145.
- De Matteis, G., Brando, G., Corlito, V., 2019. Predictive model for seismic vulnerability assessment of churches based on the 2009 L'Aquila earthquake. *Bulletin of Earthquake Engineering*. In press
- Grunthal, G., 1998. European Macroseismic Scale. Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie, Luxembourg; Vol. 15.
- Gruppo di Lavoro INGV sul terremoto in centro Italia, 2016. Rapporto di sintesi sul Terremoto in centro Italia Mw 6.5 del 30 ottobre 2016, [DOI: 10.5281/zenodo.166019].
- Gruppo di lavoro INGV 2017. "RELAZIONE SULLO STATO DELLE CONOSCENZE Sulla Sequenza Sismica in Centro Italia 2016-2017 (Aggiornamento Al 2 Febbraio 2017)." 2017.
- Gruppo di lavoro INGV. 2016. "Second Summary Report of the Ml 6.0 Amatrice Earthquake of August 24, 2016 (Central Italy)." 2016.
- Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale allineate alle nuove Norme tecniche per le costruzioni (d.m. 14 gennaio 2008). Normativa Italiana per la protezione dei beni culturali. Ministero per i Beni e le Attività Culturali, 2010. Circolare n.26.
- Lagomarsino, S., Podestà, S., 2004. Seismic Vulnerability of Ancient Churches: II. Statistical Analysis of Surveyed Data and Methods for Risk Analysis. *Earthquake Spectra*, Volume 20, No. 2, pages 395–412, May 2004.
- Tashkov, L., Krstevska, L., Naumovski, N., De Matteis, G., Brando, G. 2010. Ambient vibration tests on three religious buildings in Goriano Sicoli damaged during the 2009 L'Aquila earthquake *COST ACTION C26: Urban Habitat Constructions under Catastrophic Events - Proceedings of the Final Conference*, pp. 433-438.