

3.2.4 - Vulnerabilità degli edifici e scenari di danno nei centri storici

A. Martinelli

3.2.4.1 Introduzione

Nel presente paragrafo si illustra il lavoro svolto per lo studio della vulnerabilità sismica degli edifici abitativi in alcuni centri storici dei capoluoghi comunali interessati dal progetto. Lo studio ha riguardato esclusivamente gli edifici in muratura presenti nei centri, i quali sono comunque costituiti in netta prevalenza da questo tipo di costruzioni, se si escludono alcuni casi limitati d'interventi di sostituzione avvenuti nel passato recente. Nella figura 3.2.4.1 sono riportati in elenco ed in mappa i comuni interessati dal censimento, con l'indicazione, sotto forma di istogrammi, del numero di edifici rilevati in ognuno dei centri.

Per il rilievo di vulnerabilità è stata utilizzata una metodologia detta "speditiva", che rappresenta una versione semplificata derivata da quella detta di 1 e 2 livello del GNDT. Come questa, attraverso l'osservazione e l'annotazione in un'apposita scheda di alcune caratteristiche specifiche che sono correlate o correlabili al comportamento sismico, ma con un onere di lavoro assai inferiore, la metodologia consente di pervenire alla determinazione di un indice che esprime una misura della vulnerabilità della costruzione secondo una scala di valori normalizzata nell'intervallo tra 0 e 100. Poiché la resistenza sismica degli edifici in muratura dipende in primo luogo dalle caratteristiche proprie del sistema murario, in termini di qualità dei materiali e di relativa tipologia realizzativa (il *murare* inteso come preparazione, posa e connessione dei materiali necessari per la realizzazione dei muri), è stata svolta una contemporanea specifica indagine sulle tipologie di muratura più rappresentative tra quelle presenti nei centri, attraverso la loro schedatura e classificazione in un catalogo. Le informazioni di questo catalogo sono state utilizzate per precisare i parametri relativi alle caratteristiche di resistenza sismica degli edifici censiti, nel modello di valutazione della vulnerabilità che è stato associato al metodo speditivo impiegato per il rilevamento.

PR.	COMUNE	N° EDIFICI
CB	BARANELLO	253
CB	BOJANO	178
CB	CAMPOCHIARO	87
CB	CERCEMAGGIORE	329
CB	CERCEPICCOLA	274
CB	COLLE D'ANCHISE	57
CB	GUARDIAREGIA	84
CB	SAN GIULIANO DEL SANNIO	104
CB	SAN MASSIMO	102
CB	SAN POLO MATESE	155
CB	SEPINO	400
CB	SPINETE	114
CB	VINCHIATURO	243
IS	CANTALUPO NEL SANNIO	237
IS	CASTELPIZZUTO	128
IS	FROSOLONE	518
IS	PETTORANELLO DEL MOLISE	221
IS	ROCCAMANDOLFI	599
Totale		4.083

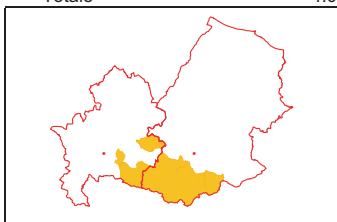


Fig. 3.2.4.1 In elenco e in mappa sono riportati i comuni nei cui centri storici sono stati effettuati i rilievi di vulnerabilità speditiva degli edifici ordinari in muratura. In totale sono 18 comuni: 13 in provincia di Campobasso (2380 edifici pari al 58.3%) e 5 in quella di Isernia (1703 edifici pari al 41.7%).

Nel seguito viene in primo luogo fornita una breve descrizione della procedura speditiva di rilievo, quindi si espone il quadro analitico delle caratteristiche degli edifici che scaturisce dall'esame delle elaborazioni effettuate sui dati raccolti, successivamente si riporta l'illustrazione delle modalità di rilievo delle tipologie di muratura e di costruzione del catalogo realizzato con i dati di oltre settanta campioni censiti. Il paragrafo successivo contiene una sintesi descrittiva del modello che è stato adottato per pervenire alla valutazione dell'indice di vulnerabilità a partire dai dati raccolti. I risultati ottenuti vengono mostrati e discussi secondo diverse modalità di lettura; viene anche mostrata una ulteriore possibilità di utilizzazione dei risultati di vulnerabilità ottenuti, che porta alla costruzione di scenari di danno relativi agli edifici ordinari dei centri storici rilevati. Un caso di studio, che riguarda uno dei 18 centri esaminati, attraverso illustrazioni di dati e rappresentazioni cartografiche, esemplifica i risultati dell'applicazione della metodologia ed offre spunto per considerazioni finali sul suo attuale livello di efficacia e sui possibili sviluppi, considerazioni che sono riportate a chiusura di questa parte del lavoro.

3.2.4.2 Il censimento speditivo della vulnerabilità

La vulnerabilità sismica può essere valutata con metodi che seguono approcci diversi a seconda dell'oggetto e dallo scopo dell'indagine. La scelta dipende dalle caratteristiche quantitative e qualitative proprie degli oggetti fisici indagati, che determinano alcuni criteri di metodo, come pure dalle finalità che si perseguono, le quali, naturalmente, condizionano altri aspetti di impostazione riguardanti le tecniche ed il livello di approfondimento.

Valutare la vulnerabilità sismica significa arrivare a stabilire una qualche misura della propensione al danneggiamento sismico di determinati oggetti. È quindi evidente l'importanza della conoscenza del loro comportamento sotto le azioni sismiche e delle caratteristiche costitutive che influenzano tale comportamento. Limitando le considerazioni agli oggetti rappresentati dai manufatti edilizi che hanno interessato principalmente il presente lavoro, è facile pensare alle sensibili differenze che presentano le risposte sotto le azioni sismiche di costruzioni come gli edifici ordinari in muratura, quelli in c.a., le chiese e i monumenti in genere, le costruzioni industriali, e altre ancora. Questi diversi tipi di manufatti richiedono infatti diversi criteri di analisi per stabilire quanto siano sensibili agli effetti distruttivi indotti dalle azioni sismiche. L'altro aspetto del problema, legato alla combinazione tra le finalità perseguite e il livello di approfondimento, nel caso dei manufatti edilizi, assume una rilevanza notevole e quindi un condizionamento nei criteri di approccio altrettanto significativo, per il fatto che le costruzioni rappresentano una componente esposta al rischio sismico quantitativamente estesa, complessa e di grande rilevanza socio-economica.

In definitiva, per definire i modi per valutare la vulnerabilità sismica delle costruzioni occorre differenziare e dimensionare gli approcci sia rispetto alle tipologie edilizie, sia rispetto alle dimensioni della popolazione di oggetti indagata.

Le precedenti considerazioni hanno portato nel corso degli ultimi decenni a sviluppare in Italia alcune metodologie per il rilievo e la stima della vulnerabilità di edifici ordinari, di chiese e altri beni monumentali, di edifici industriali e infrastrutturali, che sono state sviluppate e sperimentate in misura differente e naturalmente sono oggetto di studio ed aggiornamento continuo. Per l'edilizia ordinaria sono stati principalmente sviluppati nell'ambito del Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti il metodo detto dell'indice di vulnerabilità e quello tipologico o delle matrici di probabilità di danno (2).

PARAMETRO		CLASSE C _{vi}				PESO
		A	B	C	D	p _i
1	Tipo ed org. del sistema resistente	0	5	20	45	1.0
2	Qualità del sistema resistente	0	5	25	45	.25
3	Resistenza convenzionale	0	5	25	45	1.5
4	Posizione edificio e fondazioni	0	5	15	45	.75
5	Orizzontamenti	0	5	25	45	variabile
6	Configurazione planimetrica	0	5	25	45	.50
7	Configurazione in elevazione	0	5	25	45	variabile
8	Distanza massima fra le murature	0	5	25	45	.25
9	Coperture	0	15	25	45	variabile
10	Elementi non strutturali	0	0	25	45	.25
11	Stato di fatto	0	5	25	45	1.0

INDICE DI VULNERABILITÀ

$$I_v = \sum_{i=1}^{11} C_{vi} p_i \quad 0 \leq I_v \leq 382.5$$

$$\text{Indice normalizzato} \Rightarrow 0 \leq I_v \leq 100$$

Fig. 3.2.4.2 Calcolo dell'indice di vulnerabilità I_v per gli edifici in muratura secondo il modello GNDT di 2° livello.

Il primo ha trovato la sua formalizzazione nella cosiddetta Scheda di 1 e 2 livello per il rilevamento dell'esposizione, del danno e della vulnerabilità sismica degli edifici, che è predisposta per raccogliere i dati sulle loro caratteristiche, distinti su due livelli di approfondimento. Quelli detti di 1 livello, validi per edifici in muratura, c.a. o altro sistema costruttivo, sono generali e riguardano aspetti dimensionali di massima, tipologico-costruttivi, il periodo di costruzione ed eventuale trasformazione; quelli di secondo livello relativi agli edifici in muratura sono elementi informativi associati a 11 parametri di vulnerabilità sismica. Questi elementi definiscono il livello di appartenenza degli 11 parametri ad una delle 4 classi a vulnerabilità crescente previste A, B, C, D, le quali sono poi quantificate attraverso un punteggio ed un peso, attribuiti a ciascun parametro in ragione della sua influenza sul comportamento sismico; la somma pesata e normalizzata a 100 di tali punteggi rappresenta l'indice di vulnerabilità (fig. 3.4.2.2). L'indice così calcolato, per il tipo di dati da cui deriva, anche se di fatto associato ad un singolo edificio, ha in realtà una valenza di indicatore della sua probabile appartenenza ad un certo intervallo della scala assunta per la vulnerabilità ed è quindi in questo senso che può essere utilizzato nell'istituire confronti. Con modalità statistiche devono pertanto essere ricercati, analizzati ed utilizzati i risultati forniti da questo tipo di procedura.

La metodologia basata sul censimento speditivo degli edifici è stata sperimentata inizialmente, in ambito GNDT, per l'indagine conoscitiva e l'analisi della vulnerabilità degli edifici del centro storico di Catania (21); successivamente ha subito alcune modifiche e revisioni e nella sua ultima formulazione è stata utilizzata per censire gli edifici in muratura dei centri storici rilevati con il presente progetto nell'area del Matese. La scheda speditiva, si è anche detto, rende il rilevamento estensivo più agevole attraverso l'adozione di informazioni del 1 livello e alcuni degli undici parametri del 2 livello della scheda GNDT, escludendo il lavoro di rilievo dei dati metrici delle murature resistenti per il calcolo del parametro di secondo livello denominato *Resistenza sismica convenzionale*, lavoro che comporta un rilevante dispendio di tempo per espletare una visita interna accurata dell'edificio e per le materiali operazioni di misurazione.

La corretta utilizzazione del metodo di censimento ha comportato naturalmente la formazione del catasto degli edifici del centro esaminato, attraverso l'individuazione degli aggregati strutturali e degli edifici stessi, intesi come unità strutturali oggetto del singolo rilevamento, così come illustrato nel paragrafo 3.2.2.

Nella Tabella 3.2.4.1 sono elencati i campi d'informazione riportati nella scheda speditiva, i riferimenti ai campi della scheda GNDT dai quali derivano e i contenuti di ciascuno con le relative codifiche adottate e che servono a sintetizzare il record di tutte le informazioni relative al singolo edificio in una limitata stringa di caratteri.

	NOME DEL CAMPO	SCHEDA di 1° e 2° liv. GNDT	CONTENUTO E CODIFICHE
	N. AGGREGATO	[34-37]	Numero dell'aggregato strutturale (isolato)
	N. EDIFICIO	[38-39]	Numero assegnato all'edificio individuato nell'aggregato.
1	POSIZIONE EDIFICIO		1=Isolato, 2=Di testata, 3= Interno, 4=Arretrato rispetto ai fili, 5=D'Angolo
2	N. PIANI	[85...]	Numero di piani dell'edificio
3	H MAX	[98-100]	Altezza massima fuori terra alla gronda in metri
4	H MIN	[101-103]	Altezza minima fuori terra alla gronda
5	AREA PIANTA		Superficie della pianta dell'edificio in metri in metri
6	USO	[112] [122] [123]	Codice d'uso del tipo XYZ con: X= abitativo 1 = si 2 = no Y= produttivo 1 = si 2 = no Z= servizi 1 = si 2 = no
7	INTONACI ESTERNI	[272]	E = Efficiente, N = non efficiente, Z = non esistenti
8	ETÀ	[270]	A = prima1919, B =19-45, C =46-60, D =61-71, E =72-75, F =76-80, G = dopo1980
9	INTERVENTI SUCCESSIVI (*)	[272]	0 = nessuno, 1= Ampliamento, 2= Sopraelevazione, 3= Ristrutturazione, 4= Restauro, 5= manutenzione, 6= Rip. Antisismica, 7= Adeg. antisismico
10	NUMERO PIANI fronte principale	[273]	E = Efficiente, N = non efficiente, Z = non esistente
11	H fronte principale		Altezza del fronte principale misurata alla gronda in metri
12	TIPO STRUTTURALE	[280]	1 = specialistica, 2 = muratura o mista, 3 = c.a., 4 = acciaio, 5 = altro
13	STRUTTURE VERTICALI	[281...]	Mur. a sacco A Mur. Blocchetti calc. inerti pesanti H Mur. a sacco con spigoli, e ricorsi B Mur. Blocchetti calc. inerti leggeri I Mur. pietra sbazzata C Mur. Mattoni pieni o multifori L Mur. pietra sbazzata con ricorsi D Mur. mattoni forati M Mur. Pietre arrotondate E Miste T Mur. Pietre arrotondate con ricorsi . F U Mur. Blocchetti tufo, pietra squadrata G V
14	ORIZZONTAMENTI PREVALENTI	[283...]	Legno A Volte senza catene F Legno con catene B Volte con catene G Putrelle e voltine o tavelloni C Miste volte solai H Putrelle e voltine o tavelloni con catene D Miste volte solai con catene I laterocemento o solette in c.a. E L
15	ALTRI ORIZZONTAM.	[287...]	Codici come sopra
16	STRUTTURE COPERTURA	[281]	Legno spingente M Acciaio spingente Q Legno "poco spingente" (vedi manuale) N Acciaio non spingente R Legno a spinta eliminata o travi orizz. O Mista spingente S Laterocemento o solette in c.a. P Mista non spingente T U
17	GEOMETRIA COPERTURA		A= Piana, B= una falda, C=più falde
18	COLLEGAMENTI STRUTT. VERTICALI	Param. 1	Norme nuove costruzioni Classe A Norme riparazioni Classe A Cordoli e catene a tutti i livelli Classe B Buoni ammorsamenti tra i muri Classe C Senza cordoli e cattivi ammors. Classe D
19	COLLEGAMENTI STRUTT. ORIZZONTALI	Param. 5	1= Oriz. rigidi e ben collegati, 2= Oriz. Deformabili e ben collegati 3= Oriz. Rigidi e mal collegati, 4=Oriz. Deformabili e mal collegati
20	REGOLARITÀ	Param. 6 e Param. 7	A= Planimetrica ed altimetrica, B= Solo altimetrica, C= Solo planimetrica, D= Né planimetrica né altimetrica
21	POGGIOLI - ELEMENTI NON STRUTTURALI	Param. 10	Classi di V. (A,B,C,D) come da manuale scheda 2° livello GNDT
22	STATO DI FATTO	Param. 11	Classi di V. (A,B,C,D) come da manuale scheda 2° livello GNDT
23	ELEM. STRUTTURALI DI RINFORZO		Codice d'uso del tipo XY con: X= Contrafforti 1 = si 2 = no Y= Archi di collegamento 1 = si 2 = no
24	BUCATURE IN FACCIATA		A < 10%, C >20% e <30% B >10% e <20% D >30%
25	ALTRI ELEMENTI		Codice d'uso del tipo XYZ con: X -Portici 1 = si 2 = no Y- Scale esterne 1 = si 2 = no Z- Elementi decorativi 1 = si 2 = no
26	UTILIZZAZIONE		1= Abbandonato, 2= Non utilizzato (<10%), 3= Parzialmente utilizzato(10%-70%) 4= Utilizzato(> 70%)
27	MESI DI UTILIZZO		Numero di mesi di utilizzazione dell'edificio

Tab. 3.2.4-1 Informazioni contenute nella scheda speditiva. Nella seconda colonna sono riportati i riferimenti ai campi della scheda di 1° e 2° livello per gli edifici in muratura del GNDT.

Le caratteristiche distributive della gran parte delle informazioni contenute nella scheda speditiva, relative agli oltre 4.000 edifici in muratura rilevati nei 18 comuni del Matese, sono state analizzate e sono stati così evidenziati alcuni significativi aspetti sulla composizione dell'insieme del patrimonio edilizio abitativo dei centri storici. L'elaborazione dei dati in forma disaggregata rispetto alle due province interessate mostra alcune significative differenze territoriali alle quali sono da ricondurre le differenti caratteristiche distributive della vulnerabilità che sono state stimate nei comuni esaminati.

Nelle pagine seguenti sono riportate le rappresentazioni grafiche delle distribuzioni di frequenza relative ai parametri presi in esame, per l'insieme dei dati aggregati accompagnate da alcune osservazioni.

- Gli edifici esaminati appartenendo tutti ai centri storici dei comuni, si presentano, come è naturale aspettarsi, generalmente aggregati e distribuiti percentualmente in quantità simili nelle forme *di testata, interno e d'angolo* (fig. 3.2.4.3);
- Oltre l'80% è formato da edifici di due (36%) e tre (48%) piani (fig. 3.2.4.4).
- Il dato precedente si riflette anche nella distribuzione per valore dell'altezza massima che, per la classi costruite con un intervallo corrispondente ad un interpiano medio di 3 metri, si presenta in forma normale e con una moda in corrispondenza della classe 6-9 metri e nella quale si collocano molti degli edifici di due e tre piani (fig. 3.2.4.5).
- L'altezza minima tende naturalmente ad una maggiore concentrazione delle frequenze sulle classi più basse ed ha un massimo in corrispondenza dell'intervallo 3-6 metri (fig. 3.2.4.6).
- Riguardo all'età di costruzione, il grafico relativo mostra che oltre il 78% degli edifici risulti costruito prima del 1919 e che poco meno del 5% risulta posteriore al secondo dopoguerra (fig. 3.2.4.7).
- La superficie media di piano indica che il tessuto edilizio è quello tipico dei piccoli centri appenninici, fatto di unità costruttive prevalentemente piccole, che per quasi il 90% non superano i 150 mq. Quelle fino a 100 mq già rappresentano il 75% (fig. 3.2.4.8).
- Il grafico relativo agli interventi mostra che il 40% degli edifici non ha subito interventi recenti di alcun tipo, intendendo per interventi recenti quelli classificati nella legenda riportata a lato del grafico e che escludono naturalmente le eventuali trasformazioni più antiche dell'organismo strutturale originariamente edificato nel sito; gli interventi registrati sono quasi esclusivamente del tipo non antisismico di manutenzione (30%) o di ristrutturazione (17%); solo un 6% sono interventi con carattere antisismico (fig. 3.2.4.10).
- Strutturalmente gli edifici rilevati risultano all'incirca suddivisi al 50% tra il tipo a soli muri perimetrali e tipo con presenza di muri di spina (fig. 3.2.4.11).
- In relazione alla tipologia delle murature con le quali sono realizzate le strutture verticali, il campione risulta realizzato per oltre il 59% con pareti in pietra sbazzata (tipo C e D) e per oltre il 20% con pareti di tipo a sacco (tipo A e B); un 5% circa appartiene al tipo fatto con murature di pietre arrotondate ed il restante 15% circa a quello fatto prevalentemente di mattoni e blocchetti in cls. (fig. 3.2.4.12)

Fig. 3.2.4.3 Il grafico riporta la distribuzione degli edifici rilevati per posizione all'interno dell'aggregato strutturale:

- 1 Isolato
- 2 Di testata
- 3 Interno
- 4 Arretrato
- 5 D'angolo

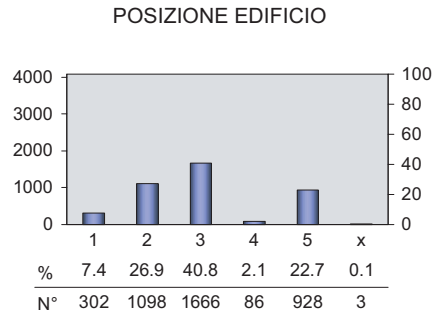


Fig. 3.2.4.4 Distribuzione degli edifici rilevati per numero di piani. Per numero di piani si intende quello conteggiato a partire dalla quota più bassa fuori terra e comprendendo il sottotetto se di altezza media non inferiore del 20% rispetto a quella media degli altri piani.

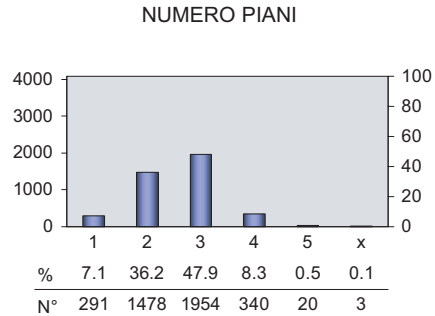


Fig. 3.2.4.5 Distribuzione degli edifici rilevati per massima fuori terra. Per altezza massima si intende quella maggiore sul perimetro dell'edificio, valutata alla gronda.

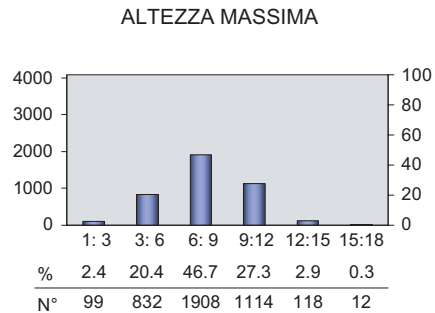


Fig. 3.2.4.6 Distribuzione degli edifici rilevati per altezza minima fuori terra. Per altezza minima si intende quella minore sul perimetro dell'edificio, valutata alla gronda.

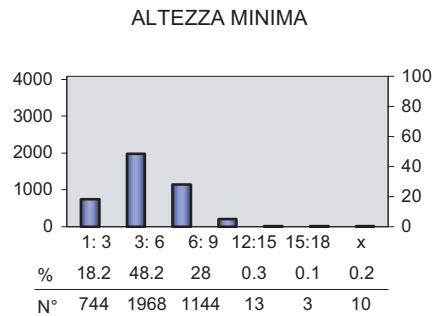


Fig. 3.2.4.7 Il grafico riporta la distribuzione degli edifici rilevati relativamente all'età di costruzione, distinta nelle seguenti classi temporali:

- A prima del '19
- B '19 '45
- C '46 '60
- D '61 '71
- E '72' 75
- F '76 '81
- G dopo l' '81
- x informazione assente

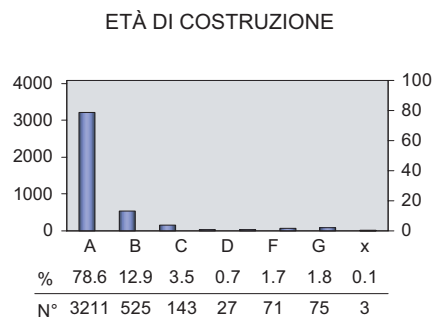


Fig. 3.2.4.8 Distribuzione degli edifici rilevati per superficie in pianta in m². La superficie è valutata con l'ausilio della cartografia utilizzata per il rilevamento e si intende mediata tra quelle dei piani.

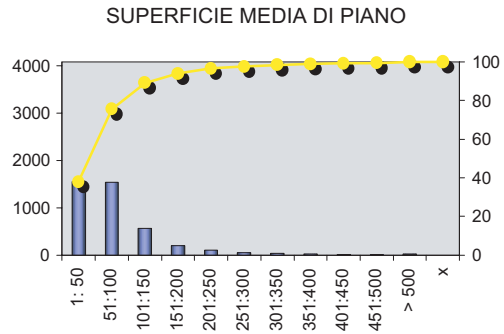


Fig. 3.2.4.9 Distribuzione degli edifici rilevati per stato degli intonaci, secondo la seguente classificazione:

- E Efficiente
- N Non efficiente
- Z Non esistenti
- x Informazione assente

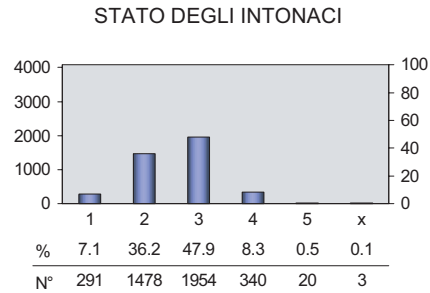


Fig. 3.2.4.10 Distribuzione degli edifici per tipo di intervento.

NORME SISMICHE PRECEDENTI		ADEG. ANTISISMICO D.M. 24.01.86		MIGLIOR. ANTISISMICO D.M. 24.01.86		INTERVENTO NON ANTISISMICO		
A	B	C	D	E	F	G	H	
								AMPLIAMENTO
								SOPRAELEVAZIONE
								RISTRUTTURAZIONE
								RESTAURO
								MANUTENZIONE
								NESSUNO (R)
								SOSTITUZIONE (S)

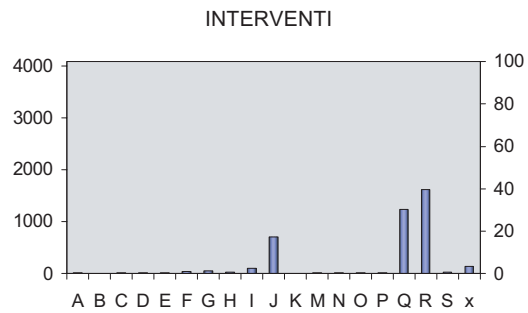


Fig. 3.2.4.11 Il grafico riporta la distribuzione degli edifici rilevati relativamente al tipo di costituzione strutturale, distinto nelle seguenti classi:

- 1 Solo pareti perimetrali
- 2 Con muri di spina
- 3 Mista con telai
- 4 Muratura intelaiata
- 5 Altro
- x Informazione assente

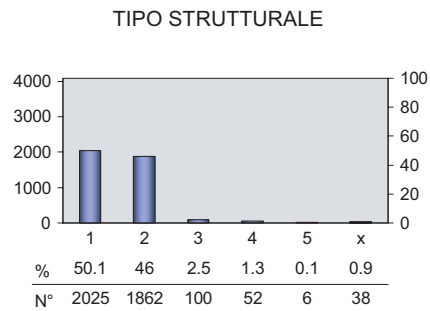


Fig. 3.2.4.12 Distribuzione degli edifici per tipologia delle murature

- A A sacco
- B A sacco + spigoli, mazzette, ricorsi
- C Pietra sbazzata
- D Pietra sbazzata con ricorsi
- E Pietre arrotondate
- F Pietre arrotondate con ricorsi
- G Blocchetti tufo, pietra squadrata
- H Blocchetti cls. con inerti pesanti
- I Blocchetti cls. con inerti leggeri
- L Mattoni pieni o multifori
- M Mattoni forati
- T Miste
- U Altro
- x Informazione assente

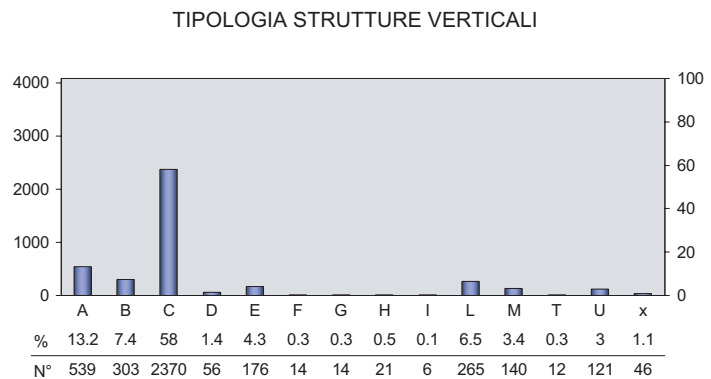


Fig. 3.2.4.13 Distribuzione degli edifici per tipologia dei solai.

- A Legno
- B Legno con catene
- C Putrelle e voltine o tavelloni
- D Putrelle e voltine o tavelloni con catene
- E Laterocemento o solette in c.a.
- F Volte senza catene
- G Volte con catene
- H Miste volte solai
- I Miste volte solai con catene
- L Altro
- x Informazione assente

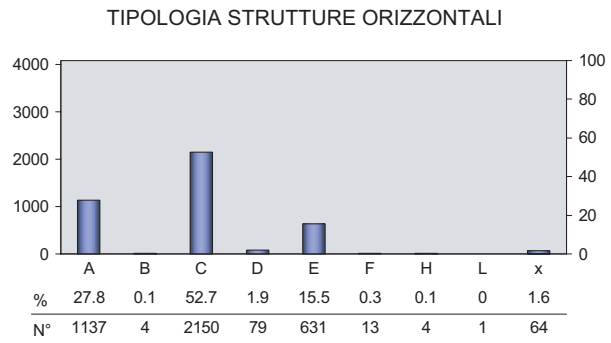


Fig. 3.2.4.14 Distribuzione degli edifici per tipologia della copertura.

- M Legno spingente
- N Legno "poco spingente"
- O Legno a spinta eliminata o travi orizzontali
- P Laterocemento o solette in c.a.
- Q Acciaio spingente
- R Acciaio non spingente
- S Mista spingente
- T Mista non spingente
- U Altro
- x Informazione assente

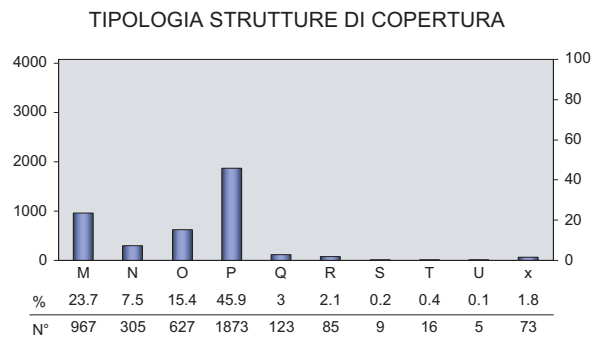


Fig. 3.2.4.15 Distribuzione degli edifici per geometria della copertura.

- A Piana
- B Una falda
- C Più falde
- x Informazione assente

GEOMETRIA DELLA COPERTURA

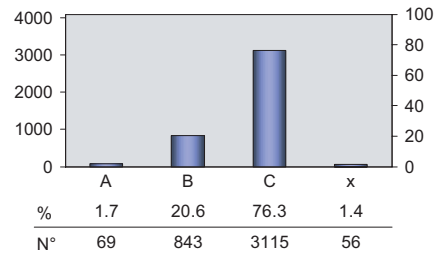


Fig. 3.2.4.16 Distribuzione degli edifici per collegamenti delle strutture verticali.

- 1 Normativa nuove costruzioni
- 2 Normativa riparazione
- 3 Cordoli e/o catene a tutti i livelli
- 4 Buon ammorsamento tra i muri
- 5 Senza cordoli cattivo ammorsamento
- x Informazione assente

COLLEGAMENTI STRUTTURE VERTICALI

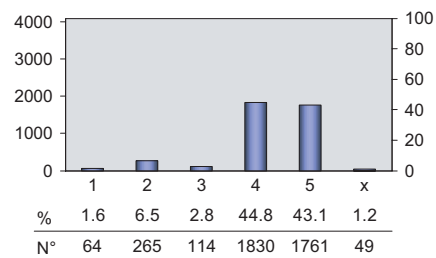


Fig. 3.2.4.17 Distribuzione degli edifici per collegamenti delle strutture orizzontali.

- 1 Oriz. rigidi e ben collegati
- 2 Oriz. Deformabili e ben collegati
- 3 Oriz. Rigidi e mal collegati
- 4 Oriz. Deformabili e mal collegati
- x Informazione assente

COLLEGAMENTI STRUTTURE ORIZZONTALI

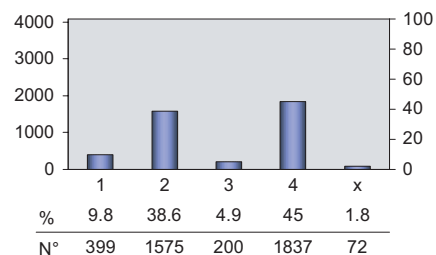


Fig. 3.2.4.18 Distribuzione degli edifici per regolarità in pianta e in elevazione.

- A Planimetrica ed altimetrica
- B Solo altimetrica
- C Solo planimetrica
- D Né planimetrica né altimetrica
- x Informazione assente

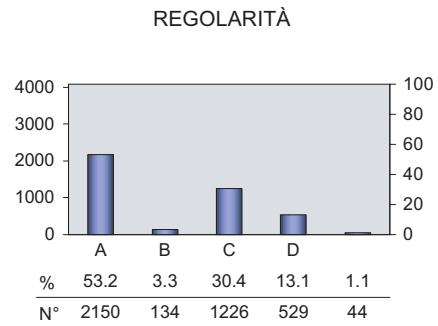


Fig. 3.2.4.19 Distribuzione degli edifici per elementi non strutturali.

- A Assenza elementi non strutturali
- B Ben ancorati
- C Elementi piccoli mal collegati
- D Elementi grandi mal collegati
- x Informazione assente

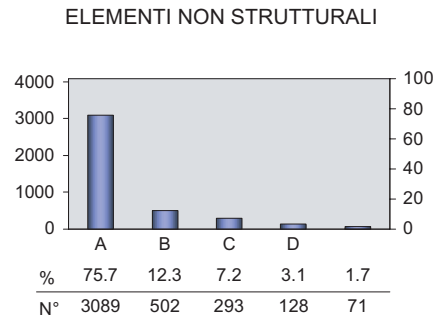


Fig. 3.2.4.20 Distribuzione degli edifici per stato conservazione.

- A Buone condizioni
- B Condizioni. medie o lesioni capillari
- C Cattive condizioni o lesioni medie
- D Pessime condizioni o lesioni gravi
- x Informazione assente

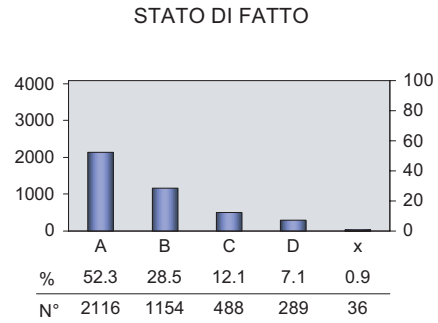


Fig. 3.2.4.21 Distribuzione degli edifici per bucatore in facciata.

- A < 10%
- B 10% - 20%
- C 20% - 30%
- D >30%
- x Informazione assente

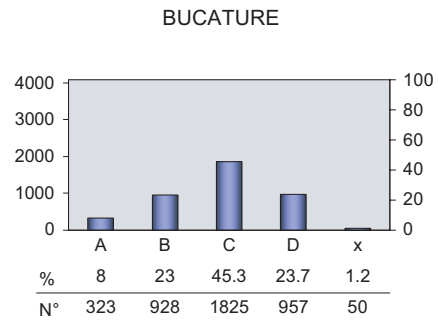
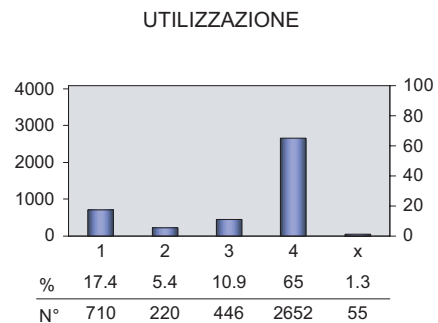


Fig. 3.2.4.22 Distribuzione degli edifici per utilizzazione.

- 1 Abbandonato
- 2 Non utilizzato (<10%)
- 3 Parzialmente utilizzato(10%-70%)
- 4 Utilizzato(> 70%)
- x Informazione assente



- Nettamente più numerosi gli edifici con prevalenza di solai in putrelle e tavelloni o voltine di mattoni che rappresentano oltre il 55%; oltre il 28% hanno solai in legno e la restante parte è quasi totalmente fatta di edifici con solai in c.a. e da pochissimi casi con volte. Probabilmente la presenza di edifici con volte almeno ai piani bassi è più numerosa, ed il dato che emerge è condizionato forse dal fatto che spesso i rilievi non hanno potuto constatare direttamente con accuratezza la costituzione degli edifici e che la valutazione, nei casi di presenza di volte e altri tipi di solai, è stata fatta utilizzando quasi esclusivamente il criterio della prevalenza, anziché utilizzare il tipo "misto" appositamente previsto nella legenda (fig. 3.2.4.13).
- Rispetto alla tipologia della copertura i dati mostrano che oltre il 46% del campione ha tetti in legno e che una percentuale simile (45.9%) ha coperture in c.a.; un 26% risulta comunque con caratteristiche spingenti (fig. 3.2.4.14); il grafico relativo alla geometria della copertura evidenzia che oltre il 76% degli edifici presenta coperture a più falde (fig. 3.2.4.15).
- Sui dati che si riferiscono ai collegamenti tra le strutture verticali si riscontra una divisione degli edifici tra le due situazioni di buon ammassamento tra i muri e di cattivo ammassamento (44.8% e 43.1%, rispettivamente; fig. 3.2.4.16); mentre per i collegamenti tra orizzontamenti e pareti una analoga ripartizione si ha tra edifici con orizzontamenti deformabili e ben collegati e deformabili e mal collegati (38.6% e 45.0%, rispettivamente; fig. 3.2.4.17).
- Per oltre il 53% gli edifici risultano regolari sia in pianta che in elevazione, gli altri invece sono irregolari e con prevalenza per aspetti altimetrici (30.4%) (fig. 3.2.4.18).
- Gli elementi non strutturali esterni, che costituiscono elementi di vulnerabilità accessoria, risultano interessare poco meno del 25% degli edifici (fig. 3.2.4.19).
- Le condizioni di conservazione generali degli edifici sono sintetizzate nel parametro *Stato di fatto* e anche in quello relativo allo *Stato degli intonaci*; l'osservazione delle due distribuzioni relative mostra che, nel complesso, gli edifici rilevati sono per oltre il 50% in buone condizioni e per un 40% suddivisi in parti, all'incirca uguali, tra condizioni medie e cattive, mentre un 7% risultano in condizioni pessime (fig. 3.2.4.20). Analogamente sono per il 57.3% con intonaci efficienti, per il 20.3% inefficienti e per il 22.0% privi di intonaci (fig. 3.2.4.9).
- Il parametro che considera la percentuale delle bucatore in facciata è finalizzato ad evidenziare la presenza di pareti esterne particolarmente indebolite da porte, finestre o anche loggiati, in particolare sui fronti degli edifici aggregati in linea; la distribuzione relativa ottenuta per il campione, fatta rispetto a quattro classi con intervallo di 10 punti percentuali, mostra una prevalenza di casi ricadenti nella classe con bucatore pari al 20%-30% della facciata (45.3%) e in quella con bucatore superiori al 30% (23.7%) (fig. 3.2.4.21).
- I centri esaminati presentano, nel loro insieme, un buon livello di utilizzazione, risultando gli edifici utilizzati, totalmente o parzialmente per oltre l'80%, anche se si registra un 17.4% di edifici abbandonati; l'esame delle mappature di questi e dei dati sullo stato di fatto, mostra che gli edifici in condizioni di maggiore fatiscenza sono generalmente abbastanza dispersi nell'abito dei centri e che, in alcuni casi, un certo addensamento denuncia la presenza di zone a maggior degrado (fig. 3.2.4.22).

Nei successivi grafici sono messe a confronto le distribuzioni per provincia di alcune delle caratteristiche degli edifici rilevati, che sono ripartiti tra le due provincie come indicato nella tabella a lato. Dall'esame si rilevano alcune differenze che evidenziano una certa significativa diversità nella qualità delle costruzioni tra le due provincie. Questa diversità non è generalmente evidente per tutti i centri e può essere messa in relazione alla presenza di tipologie murarie e costruttive meno vulnerabili nei centri della provincia di Isernia. A questo proposito è da evidenziare il fatto che il campione di Isernia comprende i comuni di Frosolone e Roccamnadolfi i quali hanno 518 e 599 edifici e rappresentano oltre il 65% degli edifici censiti nella provincia e il 27% circa del campione totale e ricadono in una zona in cui la presenza di cave di ottimo calcare ha storicamente alimentato una edilizia in muratura di buona qualità costruttiva. Quest'ultima considerazione vale anche per il comune di Pettoranello del Molise (221 edifici rilevati) che inoltre denuncia uno dei livelli di manutenzione degli edifici migliori tra quelli osservati, conseguenza anche degli interventi di riparazione effettuati dopo il sisma del 1984.

Provincia	Edifici		Centri storici	
	N°	%	N°	%
Campobasso	2380	58.3	13	72.2
Isernia	1703	41.7	5	27.8
	4083		18	

Tab. 3.2.4-2 Numero di edifici e di centri storici rilevati per provincia e.

- Rispetto alle dimensioni in pianta gli edifici sono distribuiti in maniera abbastanza simile nelle due provincie, con una leggera maggiore frequenza di quelli di dimensioni di 100/150 mq nel campione di Campobasso (fig. 3.2.4.23).
- Le distribuzioni per numero di piani sono quasi coincidenti (fig. 3.2.4.24).
- Nel campione di Isernia prevale la presenza di edifici costruiti prima del 1919, con un contenuto numero di interventi di costruzione e/o ricostruzione recenti (fig. 3.2.4.25).
- I dati rilevati mostrano che un 30% circa degli edifici di entrambe le provincie è stato interessato da semplice manutenzione; la ristrutturazione non antisismica ha interessato un 28% di quelli della sola provincia di Campobasso; non hanno avuto alcun tipo di intervento significativo recente oltre il 60% di quelli di Isernia e oltre il 23% di quelli di Campobasso; gli interventi con carattere antisismico risultano avere interessato solo un 8.5 % circa del campione di Campobasso e solo un 2.5% di quello di Isernia (fig. 3.2.4.26).

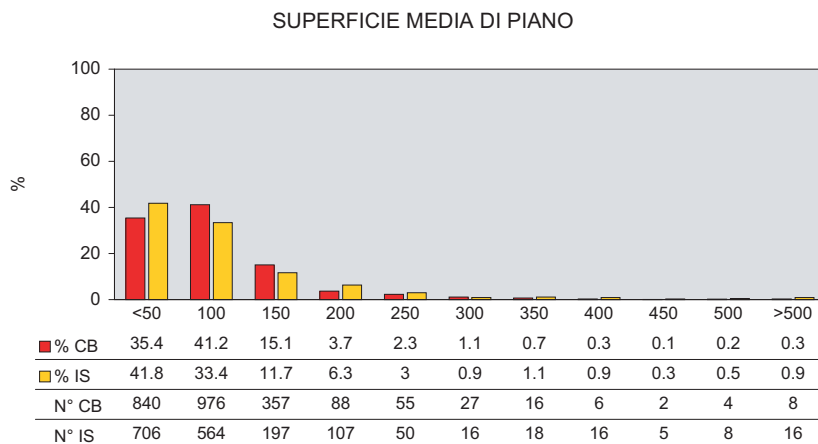


Fig. 3.2.4.23 Distribuzioni, per provincia, dei valori delle superfici medie di piano

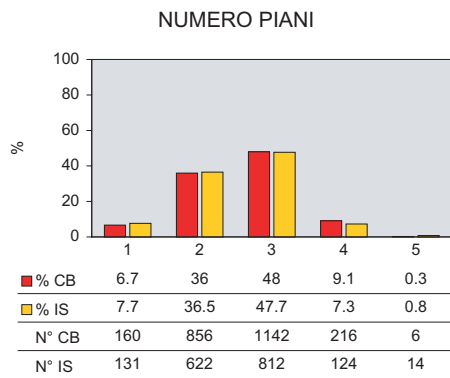


Fig. 3.2.4.24 Distribuzioni, per provincia, degli edifici per numero di piani

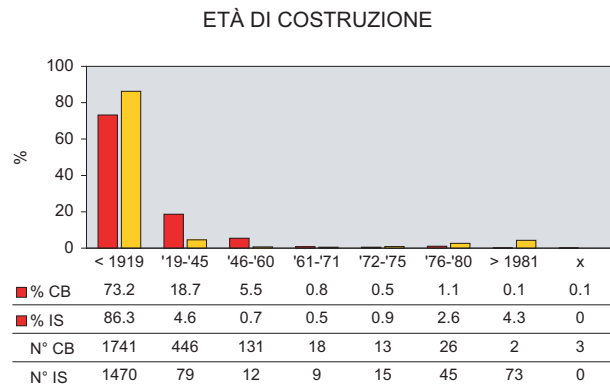


Fig. 3.2.4.2 Distribuzioni, per provincia, degli edifici per età di costruzione

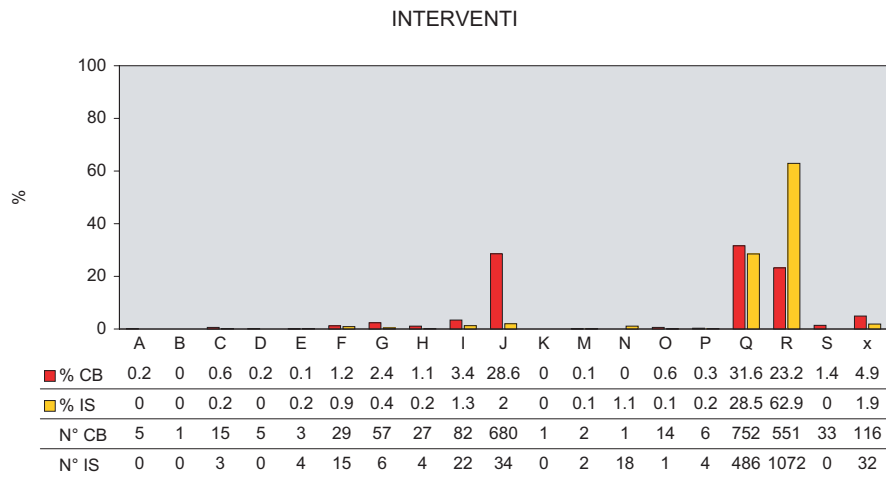


Fig. 3.2.4.26 Distribuzioni, per provincia, degli edifici per tipo di intervento

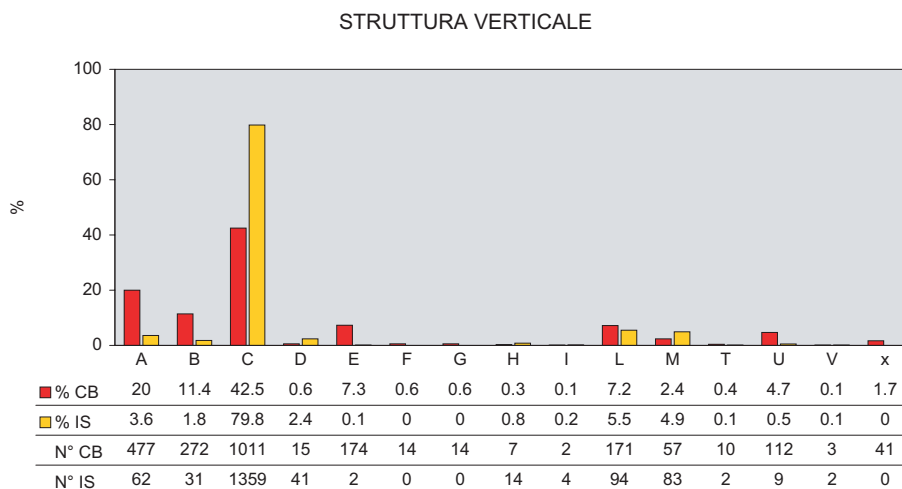


Fig. 3.2.4.27 Distribuzioni, per provincia, degli edifici per tipologia di strutture verticali

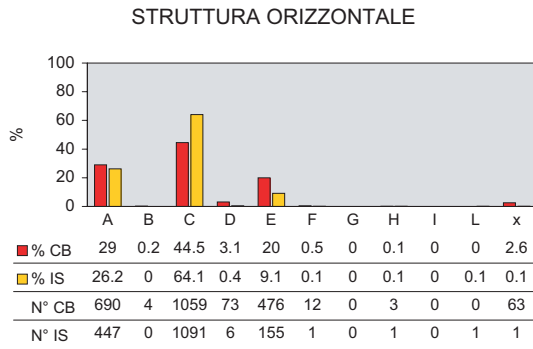


Fig. 3.2.4.28 Distribuzioni, per provincia, degli edifici per tipologia di strutture orizzontali

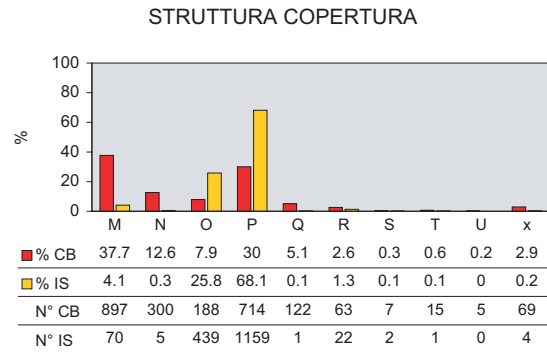


Fig. 3.2.4.29 Distribuzioni, per provincia, degli edifici per tipologia di copertura

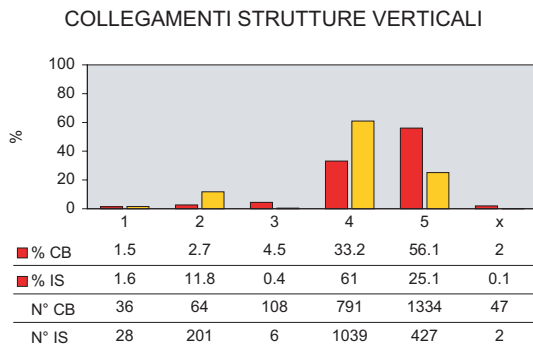


Fig. 3.2.4.30 Distribuzioni, per provincia, degli edifici per tipo di collegamenti delle strutture verticali

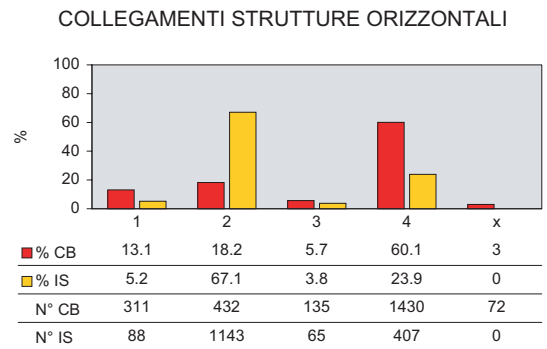


Fig. 3.2.4.31 Distribuzioni, per provincia, degli edifici per tipo di collegamenti delle strutture verticali

- La tipologia delle strutture verticali di Isernia risulta per quasi l'80% appartenente al tipo in pietra sbazzata (C), un 10% a quella di mattoni (L,M) e un 5% a quella a sacco (A,B); Campobasso presenta invece il 42.5% nel tipo C, oltre il 30% in A e B, poco meno del 10% in L e M e un 7.3% in E (muratura in pietre arrotondate).
- Abbastanza simili le distribuzioni rispetto alla tipologia delle strutture orizzontali che vede prevalere quella fatta con putrelle e voltine in entrambe le provincie e con maggiore incidenza in quella di Isernia.
- Diversa risulta la situazione per le coperture: in provincia di Campobasso prevale il legno con oltre il 58% (M-spingente 37.7%, N-poco spingente 12.6% e O-non spingente 7.9%) seguita dal c.a. (P, 30%); in provincia di Isernia prevale il c.a. con il 68.1%, seguito dal legno al 30% circa % (M-spingente 4.1%, N-poco spingente 0.3% e O-non spingente 25.8%).
- L'efficienza nei collegamenti strutturali tra pareti e orizzontamenti-pareti costituiscono due fattori di differenziazione piuttosto spiccata tra gli edifici delle due provincie. Quelli di Isernia, infatti, risultano caratterizzati in prevalenza da buon ammorsamento tra i muri (5, 61.0%) e con orizzontamenti deformabili (putrelle con voltine e tavelloni come già evidenziato) ma ben collegati (2, 67.1%); quelli della parte di Campobasso invece si presentano in prevalenza con murature senza cordoli e cattivo ammorsamento (5, 56.1%) e con orizzontamenti deformabili e mal collegati (4, 60.1%).

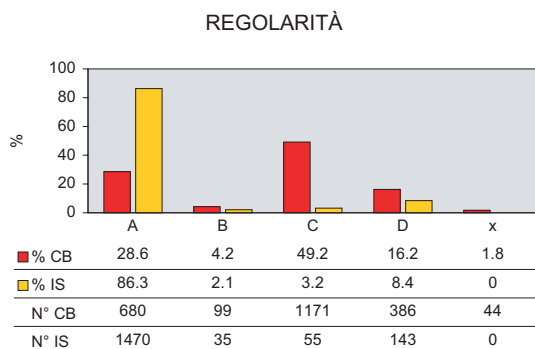


Fig. 3.2.4.32 Distribuzioni, per provincia, degli edifici per regolarità in pianta/elevazione

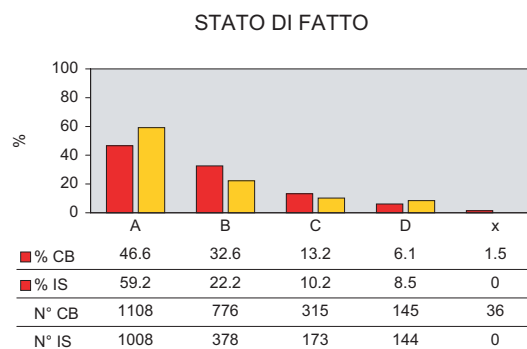


Fig. 3.2.4.33 Distribuzioni, per provincia, degli edifici per stato di conservazione

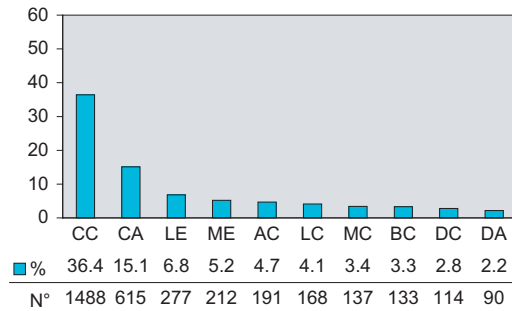
- Gli edifici di Isernia risultano appartenere per l'86.3% alla classe (A) caratterizzata da regolarità sia in pianta che in elevazione, mentre quelli di Campobasso appartengono solo per il 28.6% a tale classe, per 49.2% alla classe (C) con regolarità solo planimetrica e per 16.2% a quella (D) che presenta irregolarità di tutte e due i tipi.
- Anche il giudizio sintetico sullo stato di fatto, che è riferito in generale alle condizioni di conservazione di materiali, elementi costruttivi e finiture, ma tiene anche conto del livello e dell'estensione di un danneggiamento eventualmente presente, dà luogo ad una distribuzione che mostra, in maniera contenuta, una situazione migliore per gli edifici della provincia di Isernia.

Caratterizzazione tipologica

I campi 13, 14 e 16 della scheda speditiva (Tab. 3.2.4.1) contengono i codici identificativi che descrivono il tipo prevalente delle strutture verticali, dei solai e delle coperture presenti nell'edificio. Al fine di individuare quelle che sono le più diffuse tipologie costruttive che formano il patrimonio edilizio rilevato, sono state analizzate le distribuzioni di frequenza delle combinazioni risultanti dalla unione del codice del tipo di strutture verticali e con quello dei solai (tipologie a due parametri) e, successivamente, le distribuzioni di frequenza delle combinazioni formate con l'aggiunta del codice che indica il tipo di copertura (tipologie a tre parametri). Questo tipo di lettura, fatta in termini semplicemente combinatori, consente una rappresentazione analitica della varietà tipologica esistente, ma può dar luogo ad un'eccessiva dispersione di casi che non è funzionale per analisi di carattere più sintetico riguardanti la vulnerabilità e le condizioni di rischio sismico del costruito nel suo complesso. Per questa ragione si è ritenuto opportuno utilizzare i dati tipologici per caratterizzare gli edifici secondo una classificazione simile a quella utilizzata nella scala macrosismica MSK (Medvedev - Sponheuer - Karnik), che assume le tre classi a vulnerabilità decrescente A, B e C, per tener conto delle caratteristiche degli edifici danneggiati. Sulla scorta di quanto fatto, in ambito GNDT, relativamente agli edifici dell'edilizia privata ordinaria rilevata a campione nell'Italia Meridionale con uno dei progetti dei Lavori Socialmente Utili (8), sono state assunte classi di vulnerabilità ampliate per differenziare anche gli edifici migliorati o adeguati sismicamente. Le definizioni di queste classi tipologiche di tipo MSK e le distribuzioni degli edifici ottenute vengono illustrate di seguito a quelle relative alle combinazioni dei parametri descrittivi delle strutture.

CLASSI TIPOLOGICHE A DUE PARAMETRI V-O
(tipologia delle strutture verticali - tipologia delle strutture orizzontali)

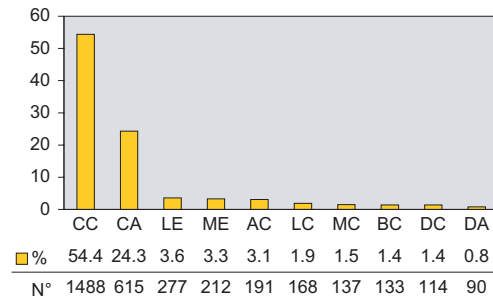
TUTTI I CENTRI (83.9% degli edifici)



Provincia di CAMPOBASSO (79.4% degli edifici)



Provincia di ISERNIA (95.6% degli edifici)



- CC Pietra sbazzata - solai in putrelle e voltine o tavelloni
- AA A sacco - solai in legno
- CA Pietra sbazzata - solai in legno
- CE Pietra sbazzata - solai in laterocemento
- BA A sacco con spigoli, mazzette, ricorsi - solai in legno
- AC A sacco - solai in putrelle e voltine o tavelloni
- EC Pietre arrotondate - solai in putrelle e voltine o tavelloni
- LC Mattoni pieni - solai in putrelle e voltine o tavelloni
- LE Mattoni pieni - solai in laterocemento
- BC A sacco con ricorsi - solai in putrelle e voltine o tavelloni

- CC Pietra sbazzata - solai in putrelle e voltine o tavelloni
- CA Pietra sbazzata - solai in legno
- LE Mattoni pieni - solai in laterocemento
- ME Mattoni forati - solai in laterocemento
- AC A sacco - solai in putrelle e voltine o tavelloni
- LC Mattoni pieni - solai in putrelle e voltine o tavelloni
- MC Mattoni forati - solai in putrelle e voltine o tavelloni
- BC A sacco con ricorsi - solai in putrelle e voltine o tavelloni
- DC Pietra sbazzata con ricorsi - solai in putrelle e v. o tavell.
- DA Pietra sbazzata con ricorsi - solai in legno

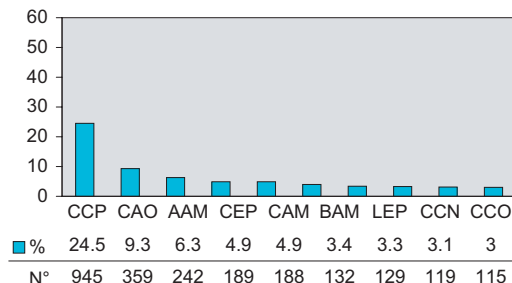
Fig. 3.2.4.34 Distribuzioni degli edifici per classi tipologiche formate dalla combinazione dei due parametri che indicano il tipo di strutture verticali e quello dei solai, fatte relativamente a tutti gli edifici rilevati e a quelli delle due provincie

I grafici delle distribuzioni tipologiche a due parametri riportati di seguito limitano la rappresentazione alle prime 15 combinazioni in ordine di consistenza decrescente, esse comprendono comunque tra circa l'80% e il 95% del totale degli edifici. Da essi risulta che la tipologia CC, costituita da murature in pietra sbazzata e solai in putrelle con voltine o tavelloni, è la più frequente in assoluto nel totale degli edifici (36.4%); questa prevale anche, e nettamente, nel campione di edifici della la provincia di Isernia (54.4%) e, con minore peso, anche in quelli di Campobasso (23.6%). Seguono poi le tipologie fatte di muratura in pietra e solai in legno: 24.3% con muratura in pietra sbazzata per Isernia, 11.3% con stesso tipo di muratura e 8.5% con muratura a sacco per Campobasso.

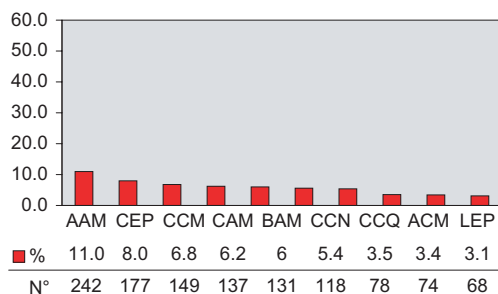
La diversità in questo tipo di classificazione tipologica tra i due ambiti provinciali è quindi data innanzi tutto dalla diversa incidenza della muratura in pietra sbazzata, 80% circa contro 42% circa, alla quale si accompagna una presenza più consistente, nel campione di edifici appartenenti alla provincia di Campobasso, delle altre tipologie, in particolare quelle con strutture verticali, sempre in pietra, ma combinata ai solai in legno, putrelle e laterocemento.

CLASSI TIPOLOGICHE A TRE PARAMETRI V-O-C
(tipologia delle strutture verticali - tipologia delle strutture orizzontali - tipologia della copertura)

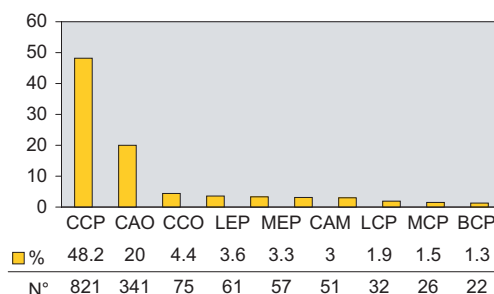
TUTTI I CENTRI (66.7% degli edifici)



Provincia di CAMPOBASSO (59%)



Provincia di ISERNIA (90%)



AAM A sacco - solai in legno - cop. in legno spingente
 CEP Pietra sbazzata - solai in laterocem. - cop. in laterocem.
 CCM Pietra sbazzata - solai in putrelle - cop. in legno spingente
 CAM Pietra sbazzata - solai in legno - cop. in legno spingente
 BAM A sacco con ricorsi - solai in legno - cop. in legno spingente
 CCN Pietra sbazzata - solai in putrelle - cop. in legno poco sping.
 CCQ Pietra sbazzata - solai in putrelle - cop. in acciaio spingente
 ACM A sacco - solai in putrelle - cop. in legno spingente
 EC Pietre arrotondate - solai in putrelle e voltine o tavelloni
 LEP Mattoni pieni - solai in laterocemento - cop. in laterocemen.

CCP Pietra sbazzata - solai in putrelle - cop. in laterocemento
 CAO Pietra sbazzata - solai in legno - cop in legno non sping.
 CCO Pietra sbazzata - solai in putrelle - cop. in legno non sping.
 LEP Mattoni pieni - solai in laterocemento - cop. in laterocemen.
 MEP Mattoni forati - solai in laterocemento - cop. in laterocemen.
 ACP A sacco - solai in putrelle - cop. in laterocemento
 CAM Pietra sbazzata - solai in legno - cop. in legno spingente
 LCP Mattoni pieni - solai in putrelle - cop. in laterocemento
 MCP Mattoni forati - solai in putrelle - cop. in laterocemento
 BCP A sacco con ricorsi - solai in putrelle - cop. in laterocemento

Fig. 3.2.4.35 Distribuzioni degli edifici per classi tipologiche formate dalla combinazione dei tre parametri che indicano il tipo di strutture verticali, il tipo di solai e quello di copertura, fatte relativamente a tutti gli edifici rilevati e a quelli delle due provincie

I grafici delle distribuzioni delle classi tipologiche a tre parametri riportati nella figura seguente hanno caratteristiche analoghe ai precedenti e mostrano che le prime due tipologie prevalenti sono la CCP, fatta di muratura in pietra sbazzata con solai in putrelle e tavelloni e copertura in laterocemento e la CAO, stessa muratura con solai e copertura in legno, le stesse che dominano nel gruppo di edifici rilevati (41.7%) nei 5 centri della provincia di Isernia. Si ripete naturalmente la maggiore dispersione degli edifici della Provincia di Campobasso in più numerose classi tipologiche, tanto che nelle prime 15 riportate nel grafico di questa provincia ricade solo il 59% del totale, mentre quello di Isernia ne comprende il 90%. Si sottolinea anche la presenza nei dati di Campobasso di molte delle classi tipologiche che hanno maggiore vulnerabilità, che risultano dalla combinazione di murature di minore qualità (murature a sacco, di pietra sbazzata e arrotondata, con solai in legno e coperture in legno spingenti).

CALASSE	DEFINIZIONE
A	Costruzioni in <i>pietrame naturale (non squadrate), mattoni crudi, argilla</i> . Comprende le abitazioni in muratura che più facilmente si danneggiano
B	Costruzioni in <i>mattoni comuni, blocchi in pietra squadrate o artificiali</i> . Comprende le abitazioni in muratura con un comportamento intermedio tra le classi A e C.
C1	Comprende le costruzioni in muratura più robuste.
C2	Comprende le costruzioni in cemento armato.

Tab. 3.2.4.3 Definizione delle classi di vulnerabilità delle costruzioni secondo la scala MSK

STRUTTURE ORIZZONTALI	STRUTTURE VERTICALI			
	Muratura di qualità scadente (Tipo: A,C,E)	Muratura di qualità media (Tipo: B,D,F,M)	Muratura di qualità buona (Tipo: B,G,L,H,I,T)	Calcestruzzo armato (Tipo: P,Q,R,O,N)
Sistemi a volte o misti (Solai tipo: F,H,G,I)	A [B]	A [B]	A [B]	
Solai in legno con o senza catene (Solai tipo: A,B; Coperture: M,N,O,S)	A [B]	A [B]	B [C1]	
Solai in putrelle con/senza catene (Solai tipo: C,D; Coperture: Q,R)	B [C1]	B [C1]	C1 [D1]	
Solai o solette in c.a. (Solai tipo: E; Coperture: P)	B [C1]	C1 [D1]	C1 [D1]	C2
Edifici adeguati	C1	D1	D1	D2
Edifici nati antisismici	D1	D1	D1	D2

Tab. 3.2.4.4 La tabella illustra la definizione di classi di vulnerabilità del tipo MSK come combinazione delle tipologie strutturali verticali ed orizzontali rilevate con la scheda speditiva. Le classi D1 e D2 sono state introdotte per differenziare gli edifici adeguati o progettati e realizzati con criteri normativi antisismici. Le classi tra parentesi quadre vengono attribuite in alternativa quando l'edificio risulta aver subito un intervento di miglioramento sismico.

CLASSI TIPOLOGICHE A MSK

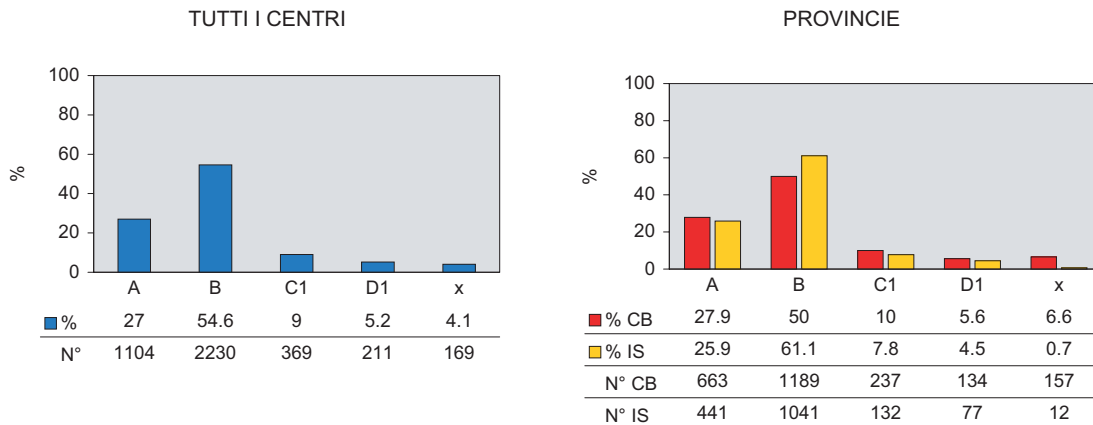


Fig. 3.2.4.36 Distribuzioni degli edifici per classi tipologiche MSK

Per classificare gli edifici in maniera corrispondente a quelle che sono le definizioni delle classi tipologiche della scala MSK, partendo dalle caratteristiche tipologiche descrittive rilevate, sono state adottate le corrispondenze delle tabelle sopra riportate, già utilizzate per le elaborazioni dei dati LSU (8).

La prima distribuzione della figura 3.2.4.36, relativa a tutti i centri, mostra che oltre il 54% degli edifici rilevati appartiene alla classe intermedia B, il 27% alla classe più vulnerabile; il 9% nella classe C1 comprende in massima parte sicuramente edifici con caratteristiche proprie della classe stessa (murature di qualità medio-buona e solai rigidi), piuttosto che edifici 'promossi' per miglioramento o adeguamento, visto che il 5,2% di edifici in classe D1 corrisponde all'incirca alla percentuale di edifici per i quali è stato effettivamente rilevata la presenza di uno di questi interventi.

Le distribuzioni per provincia sono simili: gli edifici della provincia di Isernia risultano più numerosi nella classe B e meno in quella A rispetto a quelli della provincia di Campobasso, ma sono, al contrario, leggermente meno presenti nelle classi a più bassa vulnerabilità C1 e D1.

Nella figura 3.2.4.37 la distribuzioni per classi MSK del l'insieme degli edifici rilevati nei 18 centri storici è stata confrontata con due distribuzioni elaborate dai dati degli edifici privati rilevati nel Molise con il progetto LSU. Una di queste è relativa all'intero campione di 1010 edifici rilevati in 27 comuni, l'altra si riferisce ad un sottoinsieme di 497 edifici appartenenti a 13 di questi 27 comuni appartenenti o molto prossimi all'area del Matese. Si nota un buon accordo tra le distribuzioni; le differenze trovano una coerente giustificazione nel fatto che i dati del presente progetto sono limitati ai soli edifici in muratura dei centri storici, mentre quelli del progetto LSU sono stati rilevati con criteri di campionamento statistico sull'insieme complessivo degli edifici presenti nei comuni, tenendo conto anche dell'età di costruzione e quindi comprendono anche tipologie più recenti, come quelle tipiche delle espansioni ottocentesche e costruzioni in c.a. (classi C1 e C2). Nel caso della distribuzione relativa all'intero campione rilevato nei 27 comuni del Molise, inoltre, i dati comprendono anche alcuni comuni situati nella zona collinare e costiera della regione, nei quali sono presenti in maggiore misura edifici in muratura di mattoni (classe C1).

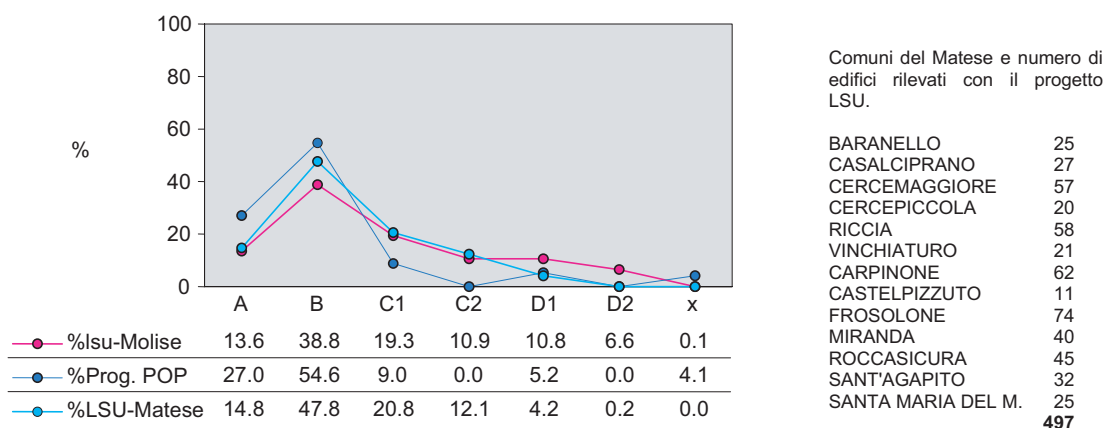


Fig. 3.2.4.37 Confronto fra la distribuzione degli edifici per classi tipologiche MSK ottenuta dal campione rilevato e quelle relative al campione complessivo rilevato nel Molise con il progetto LSU e al sottoinsieme di quest'ultimo rilevato nella zona del Matese, nei comuni elencati a lato.

3.2.4.3 - Repertorio delle murature dell'area del Matese

L'indagine sulle tipologie è stata effettuata con l'ausilio della scheda murature del GNDT (Binda-Mannoni) riportata nella figura 3.2.4.37. La scheda è una sorta di piccola carta di identità della muratura, una raccolta di informazioni e di immagini che concorrono ad individuarne e illustrarne le caratteristiche tipiche, attraverso l'osservazione e la classificazione dei seguenti aspetti, riguardanti i materiali costituenti e la loro strutturazione, nonché lo stato di conservazione:

- elementi costruttivi (tipo di materiale, lavorazione, stato e qualità);
- le caratteristiche della malta (tipo, funzione, stato e qualità);
- posa in opera (tessitura);
- sezione trasversale (spessori paramenti, tipologia);
- intonaco (presenza, stato di conservazione);
- collegamenti tra le pareti: martelli (tipologia, presenza catene), angolate (elementi costitutivi, tipologia);
- foto.

La rilevazione ed i dati raccolti hanno fornito un campione rappresentativo della varietà locale dei tessuti murari, in base al quale sono state anche stimate le caratteristiche di resistenza, con giudizio esperto, ed assegnate ad ogni tipo sotto forma di valori di riferimento della resistenza al taglio.

La tabella 3.2.4.5 riporta il numero di schede compilate per comune: in totale sono 68 schede per 17 comuni, con una media di 3-5 schede per comune. Il lavoro, fatto in via sperimentale e senza rigorosi criteri di sistematicità, ha prodotto un piccolo repertorio delle murature dell'area del Matese e documenta un approccio semplice e valido per una prima classificazione delle murature tipiche dei centri storici di una vasta area. Per rendere inoltre i risultati più facilmente utilizzabili nella metodologia adottata per la valutazione della vulnerabilità sismica agli edifici, è stata effettuata una catalogazione delle murature rilevate cercando di trovare la corrispondenza con le tipologie presenti nella scheda speditiva e GNDT di 2° livello.

I caratteri tipologici e strutturali del campione rilevato sono stati inoltre evidenziati attraverso un'analisi distributiva dei dati presenti nella scheda. Nel seguito vengono riportati e commentati i grafici relativi a questa analisi, viene mostrata la classificazione finale delle murature documentata anche attraverso schede sintetiche tipo corredate di immagini esemplificative e si riportano in tabella i valori dei pesi specifici e delle resistenze a taglio adottate per le tipologie murarie presenti nella scheda di rilevamento, ai fini della valutazione della vulnerabilità con la procedura che viene illustrata nel successivo paragrafo.

	Comune	Numero schede		Comune	Numero schede
1	Campochiaro	4	10	Pettoranello	7
2	Cantalupo	4	11	Riccia	4
3	Carpinone	2	12	Roccamandolfi	9
4	Castelpetroso	4	13	S.Giuliano del Sannio	4
5	Caastelpizzuto	6	14	S. Massmo	2
6	Cercemaggiore	2	15	S.Polo Matese	3
7	Colle D' Anchise	3	16	Sepino	5
8	Frosolone	5	17	Spinete	3
9	Macchiagodena	1			

Tabella 3.2.4.5 Elenco delle schede muratura rilevate per comune



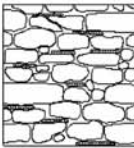
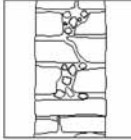


MOLISE	Comune di Sepino (CB)		
<i>Scheda n. 1</i>	Tipologia Strutturale della scheda 1° livello GNDT: G Muratura in pietra squadrata		
A - CARATTERISTICHE DELLA MURATURA			
ELEMENTI COSTITUTIVI		MALTA	
Materiale : calcare Lavorazione : a spigoli finiti		Tipo : di calce aerea Funzione : riempimento	
Dimensione (diagonale elemento) : medie (15-25 cm) Stato di conservazione e qualità : discreto		Stato di lavorazione e qualità : discreto Stato di conservazione e resistenza : tenace	
POSA IN OPERA DEGLI ELEMENTI			
Tessitura			
Apparecchiatura: corsi orizzontali 	Posa degli elementi: orizzontale 	Zeppe o scaglie: in pietra 	Ricorsi o listatura: assenti
SEZIONE TRASVERSALE			
Spessori totale: 80 cm Paramento esterno: 40 cm Paramento interno: 40 cm Presenza di vuoti significativi: no Presenza di diatoni: si		Tipologia : due paramenti ammassati 	
INTONACO			
Stato attuale: mancante		Stato di conservazione e resistenza: buono	
COLLEGAMENTI TRA LE PARETI MURARIE			
Martelli :		Angolate	
Tipologia: collegamenti efficaci Differente tipologia dei muri di spina —no Frequente presenza di catene - si		Elementi costitutivi: analoghi alla muratura Tipologia: alternanza regolare 	
B — FOTOGRAFIA O PRESENTAZIONE GRAFICA DEL PARAMENTO			
			

Fig. 3.2.4.38 Scheda di rilevamento delle caratteristiche delle strutture murarie

Analisi del campione di murature rilevato

La consistenza dell'intonaco fornisce indicazioni sul tipo di muratura e sulla sua qualità. Un intonaco degradato o mancante in alcune parti, oltre a mettere a nudo la muratura sottostante, non preserva l'edificio dalle infiltrazioni di acqua e dall'azione complessiva degli agenti atmosferici. In presenza di una muratura in cui i materiali usati per qualità, lavorazione e apparecchiatura si prestano ad essere lasciati "a faccia vista", non è richiesto l'uso di intonaco esterno.

Dall'analisi del campione risulta una prevalenza di "muratura intonacata" per la quale, però, l'intonaco è in parte (49%) o del tutto mancante (34%). Essendo per lo più degradato, l'intonaco non assolve pienamente alla sua funzione strutturale e, spesso, mette a nudo una muratura che non è stata realizzata per essere lasciata a vista. L'intonaco risulta degradato per il 42% dei casi circa, nel 25% circa è mancante, solo nel 20% è buono e nel 9% è fessurato.

L'apparecchiatura indica la maniera in cui è stata organizzata la posa degli elementi, secondo fasce orizzontali (corsi) più o meno precise (36,76 %), fasce irregolari (48,53 %) o in modo del tutto casuale (14,71%) . L'apparecchiatura, oltre a conferire un aspetto ordinato alla muratura, le garantisce una resistenza maggiore quanto più precisa è stata la posa in opera. Nel campione si evidenzia la prevalenza di posa a corsi irregolari con una buona consistenza di quella a corsi orizzontali, nettamente superiore, a sua volta, alla posa disordinata.

INTONACO

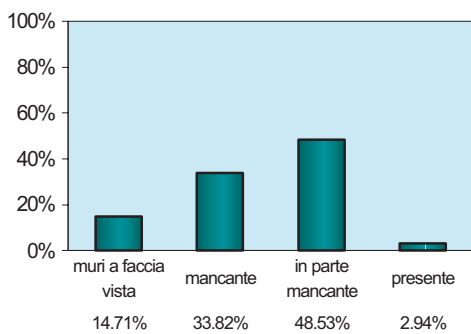


Fig. 3.2.4.39a Stato attuale

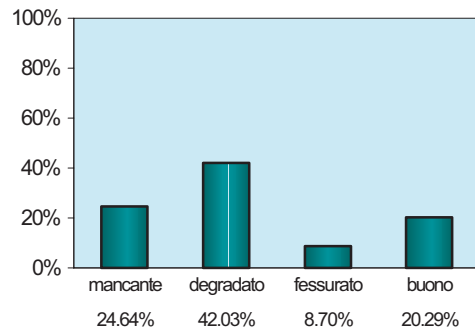


Fig. 3.2.4.39b Stato di conservazione

TESSITURA

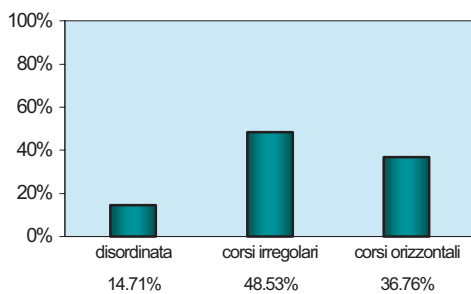


Fig. 3.2.4.40a Apparecchiatura

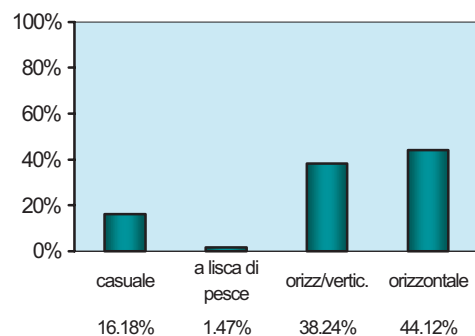


Fig. 3.2.4.40b Posa degli elementi.

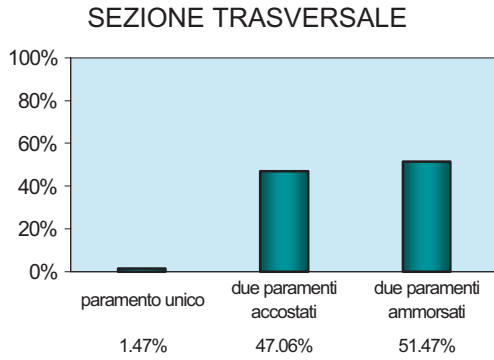


Fig. 3.2.4.41 Tipologia

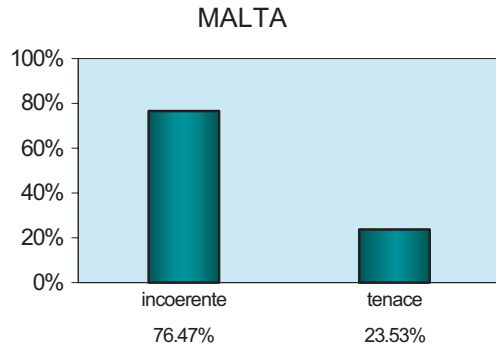


Fig. 3.2.4.42 Stato di conservazione-resistenza

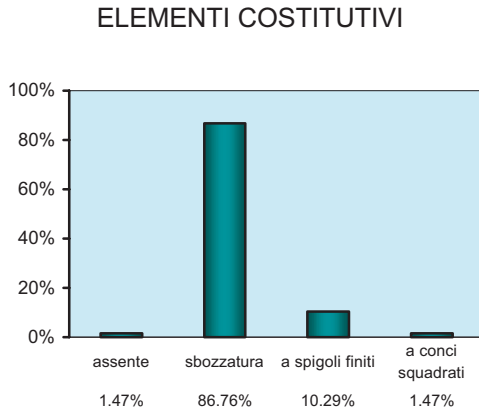


Fig. 3.2.4.43 Lavorazione

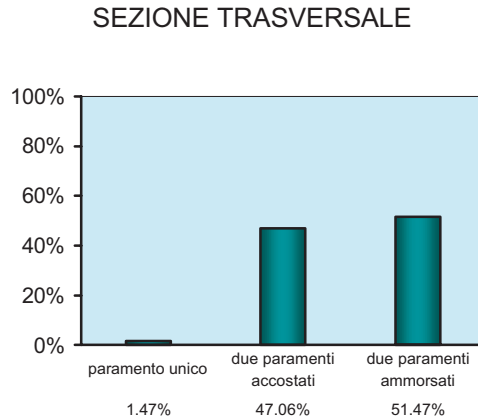


Fig. 3.2.4.44 Tipologia sezione trasversale

COLLEGAMENTI TRA LE PARETI MURARIE

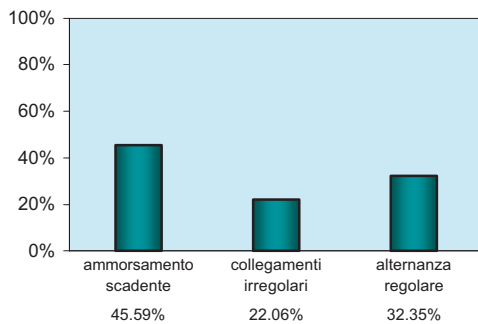


Fig. 3.2.4.45a Angolate

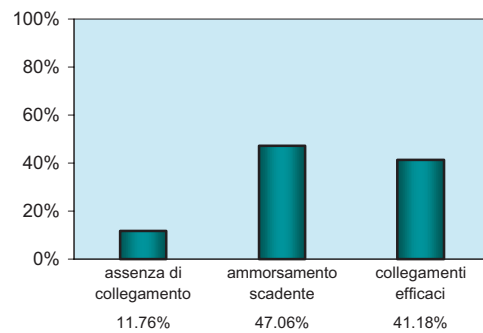


Fig. 3.2.4.45b Martelli

La posa degli elementi è strettamente connessa all'apparecchiatura: anche in questo caso la distribuzione degli elementi può essere più o meno ordinata, e può prevedere l'inserimento di materiali diversi (ad es. mattoni in una muratura in pietra), disposti secondo ricorsi orizzontali o inseriti come zeppe o scaglie. Anche gli elementi sono disposti prevalentemente in maniera ordinata, seguendo un andamento per lo più orizzontale/verticale (38,24 %) oppure orizzontale (44,12%).

L'apparecchio murario, infatti, si presenta nella maggior parte dei casi organizzato. Dall'analisi del campione risulta che la malta è per lo più incoerente (80%) e, solo in un numero inferiore di casi (25%), è ancora tenace. La qualità del materiale, la pezzatura e la lavorazione, tra l'altro, non sono identificativi di una muratura di pregio.

Ciò nonostante la lavorazione della pietra può essere considerata il "fiore all'occhiello" dell'arte del costruire molisano: il sistema costruttivo attinge alla forte tradizione locale e utilizza materiali provenienti esclusivamente dalle cave locali di pietra calcarea ma, per una serie di motivi legati alla storia travagliata del Molise e alla stentata economia dei molti secoli precedenti l'800, lascia agli abili scalpellini locali il solo compito della lavorazione dei portali, dei conci di chiave, delle fontane, utilizzando materiali più scadenti e meno lavorati per la realizzazione delle murature.

Va considerato, inoltre, che le molte distruzioni succedutesi in questi secoli, sia a causa delle guerre che dei terremoti, hanno spesso reso necessario il reimpiego del materiale di risulta dei crolli per la costruzione dei nuovi fabbricati.

Questa usanza ha caratterizzato a lungo l'edilizia della regione e in particolare della città di Isernia.

La malta può avere funzione di allettamento o di riempimento a seconda che sia stata usata per la realizzazione di una muratura a ricorsi (nel primo caso) o di una muratura a sacco. Considerando che la muratura a sacco è molto meno diffusa di quella a ricorsi, è possibile dedurre che la malta ha per lo più funzione di allettamento (63,24 %).

Lo stato di conservazione della malta (incoerente, friabile, tenace), è indicativo dello stato di resistenza della muratura. In prevalenza incoerente (76,47 %), solo per il 25% del campione analizzato risulta tenace.

Ritornando al campione analizzato, si può dire che il materiale impiegato è la pietra calcarea appena sbazzata, di dimensioni medie dai 25 ai 35 cm, montato in maniera tale da avere, in sezione, due paramenti ammorsati tra loro e, solo in alcuni casi, accostati.

Un'ultima considerazione va fatta sull'uso delle angolate (o cantonali) che caratterizzano gli edifici intonacati. Oltre a dare maggiore consistenza all'edificio, essendo costituite da elementi molto più grandi, più spessi, squadrati e di dimensioni regolari rispetto ai conci di cui è costituita la muratura, gli conferiscono un aspetto estetico gradevole, in quanto la pietra a vista degli angoli emerge dalle facciate intonacate lasciando supporre, tra l'altro, che tutta la muratura sia realizzata allo stesso modo. In realtà anche per la realizzazione di questo "accorgimento", utilizzato tra l'altro nella costruzione di palazzi d'epoca di città con architetture di prestigio, non si fa ricorso ad una tecnica particolarmente raffinata e l'efficacia dell'ammorsamento tra le parti risulta variabile e l'alternanza dei ricorsi più o meno regolare.

La lavorazione è riferita ai materiali e agli strumenti usati per la lavorazione (ad es. pietra sbazzata o bocciardata). Dall'analisi del campione si evidenzia una netta prevalenza di pietra sbazzata (86,76 %), seguita da quella a spigoli finiti (10,29 %). Nettamente inferiore la presenza di muratura a conci squadrati (1,47 %). Nello stesso numero di casi (pari al 1,47 %) si registra la completa assenza di lavorazione.

La tipologia della sezione varia a seconda della grandezza degli elementi adoperati nella muratura. Nel caso di elementi grandi si può far ricorso ad un paramento unico, mentre si dovranno accostare o ammorsare due paramenti quando le dimensioni sono ridotte. La muratura a sacco prevede il riempimento dello spazio lasciato tra due paramenti con materiale di vario tipo e dimensione. La tipologia prevalente rilevata dal campione è quella a due paramenti ammorsati (51,47 %) seguita, con piccolo scarto, da quella a due paramenti accostati (47,06 %).

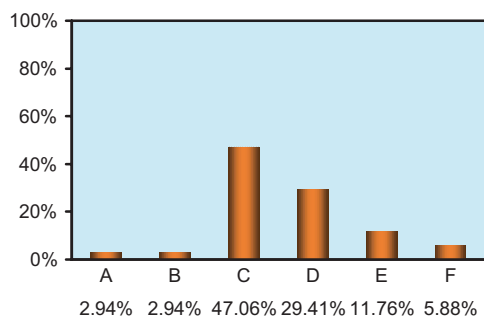
Le angolate sono relative alla tipologia della muratura. Quando il collegamento tra gli elementi dell'angolata (cantonale) è regolare, la muratura ha una maggiore consistenza.

L'analisi del campione rilevato evidenzia la prevalenza dell'ammorsamento scadente (45,59 %), seguito dall'alternanza regolare (32,35 %) e dai collegamenti irregolari (22,06 %).

Con i martelli viene indicata l'efficacia del collegamento. Dall'analisi del campione risulta prevalente l'ammorsamento scadente (47,06 %) ma una buona percentuale è rappresentata anche da un tipo di collegamento efficace (41,18 %). Solo nel 11,76 % dei casi si registra l'assenza di collegamento.

Classificazione delle tipologie murarie

Le murature schedate sono state poi classificate secondo le tipologie della scheda GNDT. Le tipologie ottenute evidenziano una netta prevalenza della muratura in pietra calcarea sbozzata organizzata in modo differente, con o senza mazzette negli spigoli. Le tipologie GNDT a grandi linee sono rappresentative dei paramenti murari ma nello specifico è stato necessario, per le tipologie C e D, individuare delle sottotipologie che, a prescindere dalla lavorazione della pietra calcarea, tengono conto degli altri elementi caratterizzanti la muratura.



- A = muratura a sacco con pietre di pezzatura varia
- B = muratura a sacco con pietre di pezzatura regolare
- C = muratura di pietra sbozzata di cattiva qualità
- D = pietra sbozzata con spigoli, mazzette e ricorsi in pietra o mattoni pieni
- E = pietra arrotondata in ciottoli di fiume
- F = pietra arrotondata o ciottoli di fiume con spigoli, mazzette o ricorsi
- G = muratura in pietra squadrata

Nel campione si evidenzia una prevalenza (45%) di muratura in pietra sbozzata (C) e in pietra sbozzata con spigoli e mazzette (D) (25%) e l'assenza di muratura a sacco (A-B) (<5%).

Fig. 3.2.4.46 Distribuzione percentuale delle murature del campione rilevato secondo le tipologie della classificazione della scheda GNDT

I dati raccolti sono stati analizzati al fine di individuare le tipologie strutturali più ricorrenti e per trovare, come già detto, una corrispondenza con la classificazione delle murature contenuta nella scheda di I e II livello del GNDT e alle quali associare anche indicativamente dei valori relativi alle caratteristiche meccaniche quali la resistenza a taglio τ_k e il peso unitario. Per ogni tipologia sono state anche individuate delle sottotipologie caratterizzate per la variabilità di alcuni fattori specifici quali la tessitura, la posa in opera., la presenza dell'intonaco e lo stato di conservazione ed è stato attribuito un valore della resistenza tangenziale all'interno dell'intervallo ammissibile per la tipologia strutturale madre, in relazione anche ai valori associati alle altre tipologie.

Ad esempio, nel caso della muratura in pietra sbazzata, tipologia C, il valore di riferimento per la τ_k è 7 kg/cmq che viene fatto variare all'interno di un intervallo compreso tra 4 e 7 kg/cmq in base alle caratteristiche rilevate con la scheda per le quattro classi C1, C2, C3 e C4. Nella tabella 3.2.4.6 sono indicate, per ogni tipologia muraria, le caratteristiche rilevate con la scheda e i valori della resistenza tangenziale attribuiti; nella tabella 3.2.4.7 sono invece elencati i valori dei pesi specifici e delle resistenze caratteristiche a taglio adottate, per il calcolo della resistenza sismica convenzionale, nella procedura di elaborazione per la valutazione della vulnerabilità che viene illustrata in dettaglio nel successivo paragrafo.


DESCRIZIONE TIPOLOGICA	TESSITURA			POSA			SEZIONE			INTONACO			STATO			TK	
	DISORDINATA	CORSI IRREGOLARI	CORSI ORIZZ.	CASUALE	A LISCA DI PESCE	ORIZZ. VERT.	ORIZZONTALE	UNICA	DUE PARAMENTI ACCOSTATI	DUE PARAMENTI AMMORSATI	MANCANTE	IN PARTE	PRESENTE	SDC-PESSIMO	SDC-DISCRETO	SDC-BUONO	TAUK STIMATA
A Muratura a sacco formata da pietre di pezzature molto varie, male intessuta e priva di collegamento tra i due fogli.	A1																4
B Muratura a sacco in pietre di pezzatura più regolare, bene intessuta e priva di collegamento tra i due fogli; come sopra con spigoli, mazzette e/o ricorsi in pietra squadrata o mattoni pieni.	B1																4
C Muratura di pietra sbazzata di cattiva qualità in presenza di irregolarità.	C1																5
	C2																6
	C3																6
	C4																7
D Muratura di pietra sbazzata con spigoli, mazzette e/o ricorsi in mattoni pieni e/o pietra	D1																6.5
	D2																7.5
	D3																8.5
E muratura di pietra arrotondata con spigoli, mazzette e/o ricorsi in pietra squadrata																	4
G Muratura in pietra squadrata.																	13-15

Tab. 3.2.4.6

Codice	Tipologia	Peso unitario [t/mc]	Resistenza a taglio τ_k [t/mq]
A	A sacco	1,7	4,0
B	A sacco + spigoli, mazzette, ricorsi	1,8	4,0
C	Pietra sbazzata	1,9	6,5
D	Pietra sbazzata con ricorsi	1,9	7,5
E	Pietre arrotondate	1,7	4,0
F	Pietre arrotondate con ricorsi	1,8	4,0
G	Blocchetti tufo, pietra squadrata	2,0	12,0
H	Blocchetti calc. con inerti pesanti	2,1	15,0
I	Blocchetti calc. con inerti leggeri	1,7	15,0
L	Mattoni pieni o multifori	1,8	15,0
M	Mattoni forati	1,6	13,0

Tab. 3.2.4.7

REPERTORIO SINTETICO DELLE MURATURE RILEVATE E CLASSIFICATE SECONDO LE DESCRIZIONI TIPOLOGICHE DELLA SCHEDA GNDT

<p>Tipologia A – Pettoranello 7</p> <p>muratura a sacco formata da pietre di pezzature molto varie Elementi costitutivi: pietre calcaree di pezzature molto varie leggermente sbazzate di dimensioni medie Malta: calce aerea con funzione di allettamento in cattive condizioni Posa in opera degli elementi: casuale con apparecchiatura disordinata con zeppe in pietra e assenza di ricorsi e listatura Sezione trasversale: due paramenti ammorsati con sezione di 100 cm Intonaco: assente Collegamenti: efficaci nei martelli con angolate con blocchi di dimensioni maggiori Interventi alle murature : nessuno</p>	
<p>Tipologia B – Roccamandolfi 9</p> <p>Muratura a sacco formata da pietre di pezzatura più regolare, bene intessuta con spigoli, mazzette in pietra squadrata Elementi costitutivi: pietre calcaree di pezzature regolari leggermente sbazzate di dimensioni medie Malta: calce aerea con funzione di allettamento in cattive condizioni Posa in opera degli elementi : orizzontale con apparecchiatura a corsi orizzontali con zeppe in pietra e assenza di ricorsi e listatura Sezione trasversale: due paramenti ammorsati con sezione di 100 cm Intonaco: in parte assente e degradato Collegamenti: efficaci nei martelli con angolate con blocchi di dimensioni maggiori con ammorsamento scadente Interventi alle murature : nessuno</p>	
<p>Tipologia C1 – Roccamandolfi 2</p> <p>muratura di pietra sbazzata di cattiva qualità in presenza di irregolarità Elementi costitutivi: pietre calcaree di pezzature regolari leggermente sbazzate di dimensioni medie Malta: calce aerea con funzione di allettamento in cattive condizioni Posa in opera degli elementi: casuale con apparecchiatura disordinata con zeppe in pietra e assenza di ricorsi e listatura Sezione trasversale: due paramenti accostati con sezione di 80 cm Intonaco: assente Collegamenti: ammorsamento scadente nei martelli con angolate di dimensioni maggiori alla muratura Interventi alle murature: nessuno</p>	
<p>Tipologia C2 – S.Polo 3</p> <p>muratura di pietra sbazzata di cattiva qualità in presenza di irregolarità Elementi costitutivi :pietre calcaree sbazzate di medie dimensioni Malta: calce aerea con funzione di allettamento in cattive condizioni Posa in opera degli elementi : casuale con apparecchiatura con corsi irregolari , zeppe in pietra e assenza di ricorsi e listatura Sezione trasversale: due paramenti accostati con sezione di 90 cm Intonaco : assente Collegamenti: ammorsamento scadente nei martelli con angolate di dimensioni maggiori alla muratura Interventi alle murature: nessuno</p>	

<p>Tipologia C3 – Colle D’Anchise 1</p> <p>muratura di pietra sbazzata di cattiva qualità in presenza di irregolarità</p> <p>Elementi costitutivi :pietre calcaree di pezzature regolari leggermente sbazzate di dimensioni medie</p> <p>Malta: calce aerea con funzione di allettamento in pessime condizioni</p> <p>Posa in opera degli elementi: orizzontale con apparecchiatura a corsi irregolari con zeppe in pietra e assenza di ricorsi e listatura</p> <p>Sezione trasversale : due paramenti accostati con sezione di 80 cm</p> <p>Intonaco: assente</p> <p>Collegamenti: ammorsamento scadente nei martelli con angolate di dimensioni maggiori alla muratura</p> <p>Interventi alle murature: nessuno</p>	
<p>Tipologia D1 - Roccamandolfi 6</p> <p>muratura di pietra sbazzata con spigoli , mazzette e/o ricorsi in pietra squadrata</p> <p>Elementi costitutivi: Calcaree con lavorazione a spigoli finiti di dimensioni medie</p> <p>Malta:cementizia con funzione di allettamento in cattive condizioni</p> <p>Posa in opera degli elementi : casuale con apparecchiatura disordinata con zeppe in pietra e assenza di ricorsi e listatura</p> <p>Sezione trasversale: due paramenti accostati con sezione di 80 cm</p> <p>Intonaco: assente</p> <p>Collegamenti: con ammorsamento scadente e angolate con blocchi di dimensioni analoghe alla muratura</p> <p>Interventi alle murature: nessuno</p>	
<p>Tipologia D2 - Campochiaro 4</p> <p>muratura di pietra sbazzata con spigoli , mazzette e/o ricorsi in pietra squadrata</p> <p>Elementi costitutivi: Calcaree sbazzate di di dimensioni medie</p> <p>Malta: di calce aerea con funzione di allettamento con buono stato di lavorazione e tenace</p> <p>Posa in opera degli elementi :a corsi orizzontali con corsi irregolari, zeppe in pietra e assenza di ricorsi e listatura</p> <p>Sezione trasversale: due paramenti accostati con sezione di 80 cm</p> <p>Intonaco: assente</p> <p>Collegamenti: efficaci nei martelli con angolate con blocchi di dimensioni maggiori</p> <p>Interventi alle murature: nessuno</p>	
<p>Tipologia D3 - Frosolone 3</p> <p>Muratura di pietra sbazzata con spigoli , mazzette e/o ricorsi in pietra squadrata</p> <p>Elementi costitutivi: Calcaree con lavorazione a spigoli finiti di dimensioni medie</p> <p>Malta: cementizia con funzione di allettamento in buone condizioni</p> <p>Posa in opera degli elementi :a corsi orizzontali con zeppe in pietra e assenza di ricorsi e listatura</p> <p>Sezione trasversale: due paramenti ammorsati con sezione di 120 cm</p> <p>Intonaco : assente</p> <p>Collegamenti: efficaci nei martelli con angolate con blocchi di dimensioni maggiori</p> <p>Interventi alle murature: nessuno</p>	

Tipologia E - Frosolone 4**muratura di pietra arrotondata con spigoli, mazzette e/o ricorsi in mattoni e/o pietra squadrata**

Elementi costitutivi: Calcareae sbozzato con lavorazione a spigoli arrotondati di dimensioni medie

Stato di conservazione: pessimo

Malta :di calce aerea con funzione di allettamento in pessime condizioni , lavorazione discreta e incoerente

Posa in opera degli elementi: casuale con apparecchiatura disordinata con zeppe in pietra e mattoni e assenza di ricorsi e listatura

Sezione trasversale: due paramenti ammorsati con sezione di 80 cm

Intonaco: in parte assente

Collegamenti: efficaci nei martelli con angolate con blocchi di dimensioni analoghe alla muratura

Interventi alle murature: nessuno

**Tipologia G - Frosolone 5****muratura in pietra squadrata**

Elementi costitutivi: Calcareae squadrato di dimensioni medie

Malta: di calce aerea incoerente con funzione di riempimento in discrete condizioni e lavorazione discreta

Posa in opera degli elementi: orizzontale , apparecchiatura a corsi orizzontali con zeppe in pietra e assenza di ricorsi e listatura

Sezione trasversale: due paramenti ammorsati con sezione di 80 cm

Intonaco: assente

Collegamenti: efficaci nei martelli con angolate con blocchi di dimensioni analoghe alla muratura

Interventi alle murature: nessuno



3.2.4.4 - Illustrazione del metodo di valutazione della vulnerabilità dai dati speditivi

Il modello di valutazione della vulnerabilità degli edifici rilevati con la procedura speditiva è stato sviluppato, per naturale conseguenza, sul calcolo di un indice in analogia a quello GNDT riportato nella figura 3.2.4.2. Esso considera, infatti, gli stessi 11 parametri del 2 livello GNDT articolati nelle 4 classi A,B,C e D a vulnerabilità crescente e fa quindi ricorso a regole che riproducono al meglio gli stessi criteri di attribuzione. In alcuni casi tuttavia, a causa del minor numero di informazioni raccolte per via speditiva, i criteri si differenziano per le modalità adottate. Per i parametri 1 (tipo ed organizzazione del sistema resistente), 10 (elementi non strutturali) e 11 (stato di fatto) l'attribuzione di una delle 4 classi di vulnerabilità è fatta direttamente sulla scheda dal rilevatore e sulla base degli stessi identici criteri previsti nella procedura GNDT originaria. Per assegnare la classe ai restanti parametri, si utilizzano invece elementi di valutazione parzialmente coincidenti con quelli del modello GNDT di 2 livello, in alcuni casi sono state seguite strategie di valutazione basate sull'incrocio di informazioni relative a più parametri. Per il parametro 4 (posizione edificio e fondazioni), che non ha sulla scheda speditiva informazioni collegate, la classe viene assegnata in base alle conoscenze e alle informazioni assunte sulle caratteristiche geologiche e geotecniche dei siti di ubicazione dei centri abitati; la metodologia prevede anche la possibilità di utilizzare i dati risultanti da un eventuale rilievo di microzonazione sismica, come elementi di definizione della classe del parametro 4 citato, eventualmente anche gestiti direttamente in ambiente GIS.

I criteri seguiti nell'attribuzione delle classi di vulnerabilità agli 11 parametri vengono di seguito descritti per evidenziare la significatività di ognuno nel computo finale dell'indicatore di vulnerabilità, e per fornire anche gli elementi conoscitivi per giudicare la qualità e i limiti del metodo, anche in confronto con quello da cui è stato derivato.

Parametro 1 : Tipo e organizzazione del sistema resistente

Il parametro valuta il livello di rispondenza del sistema strutturale della costruzione a quello di tipo scatolare, caratterizzato da presenza di pareti ben distribuite nelle due direzioni ben collegate tra loro e di orizzontamenti rigidi efficacemente collegati alle pareti. Il parametro viene rilevato con modalità identiche a quelle previste nella scheda di 2 livello e pertanto la classe di vulnerabilità è assegnata secondo i criteri in essa specificati.

Parametro 2 : Qualità del sistema resistente

Il parametro 2 descrive la qualità della muratura: qualità dei materiali (elementi e malta) e della realizzazione (tessitura e omogeneità). Essa è correlata alla descrizione della tipologia della muratura, contenuta nella colonna 13 della scheda, che corrisponde esattamente a quella della Sez.7 della scheda di 2 livello. Dipende anche dalla qualità di realizzazione e, di conseguenza, per meglio approssimarne la valutazione, e l'attribuzione della Classe di V, si considerano anche le informazioni nelle colonne 8, 9 e 22 (età, interventi e stato di fatto), come specificato in tabella 3.2.4.8. Le quattro informazioni precedenti vengono utilizzate per l'assegnazione della classe di vulnerabilità nel modo di seguito descritto e illustrato nella tabella seguente. Le murature associate alla prima informazione (tipo di murature verticali) sono in primo luogo distinte in due gruppi, uno di qualità inferiore rispetto all'altro: il primo mediamente ascrivibile ad una classe di vulnerabilità C e con possibilità di appartenenza alla B e alla D, il secondo mediamente appartenente alla classe B e con variabilità verso la A e la C.

TIPOLOGIA STRUTTURE VERTICALI		CLASSE DI VULNERAB. ■ = VALORE INIZIALE				ETA'							INTERVENTI			STATO DI FATTO				
						< del '19	'19 - '45	'46 - '80	'61 - '71	'72 - '75	'76 - '80	> l' '80	Norme sism. precedenti	Adeguamento	Miglioramento	Buone	Medie	Cattive	Pessime	
	STRUTTURE VERTICALI	A	B	C	D	A	B	C	D	E	F	G	D,G,K	B, E, H, L	I, M, P	A	B	C	D	
A	Muratura a sacco			■												+1		-1	-2	1
B	Muratura a sacco con spigoli, mazzette, ricorsi			■												+1		-1	-2	2
C	Muratura pietra sbazzata			■														-1	-2	3
D	Muratura pietra sbazzata con rinforzi c.s.			■														-1	-2	4
E	Muratura pietre arrotondate			■														-1	-2	
F	Muratura pietre arrotondate con rinforzi c. s.			■														-1	-2	
G	Muratura blocchetti tufo, pietra ben squadrata		■															-1	-2	
H	Muratura blocchetti calcestruzzo inerti pesanti		■															-1	-2	
I	Muratura blocchetti calcestruzzo inerti leggeri		■															-1	-2	
L	Muratura mattoni pieni o multifori		■															-1	-2	
M	Muratura mattoni forati		■															-1	-2	

Tabella 3.2.4.8 Modalità di attribuzione della classe di vulnerabilità del parametro 2

In base alla tipologia di muratura delle strutture verticali si assegna un indice di V iniziale rappresentato dal valore centrale (medio) del gruppo di appartenenza e, successivamente, a seconda dell'età, degli interventi e dello stato di fatto, il valore viene modificato così come indicato nella tabella 3.2.4.3; naturalmente nei limiti estremi 1 e 4 che corrispondono alle classi A e D.

Parametro 3 : Resistenza convenzionale

Questo parametro rappresenta una valutazione delle capacità strutturali dell'edificio di fronteggiare le azioni sismiche, basata sul calcolo di resistenza a tali azioni condotto secondo un procedimento approssimato che assume l'ipotesi di comportamento scatolare del sistema muri-orizzontamenti. Il procedimento opera una sorta di verifica sismica, secondo le prescrizioni indicate dalla normativa nelle zone di prima categoria, considerando la situazione di resistenza minima della costruzione a quella che si determina in corrispondenza del piano e della direzione dove è minima l'area resistente dei setti di muratura presenti. La verifica è analoga a quella tipica per un pannello di muratura soggetto a forza orizzontale e carico verticale: in questo caso l'azione di verifica è data dalla forza sismica di piano della normativa e la resistenza dal taglio ultimo fornito dalla sezione resistente data dalla somma delle sezioni resistenti dei maschi murari. Il procedimento calcola in effetti il rapporto C tra azione sismica di verifica e resistenza ultima; dal confronto tra questo e quello di riferimento desunto dalla normativa in zone di prima categoria, che vale 0.4, viene stabilita l'attribuzione della classe di vulnerabilità del parametro (Fig. 23.2.4.47).

La procedura speditiva, escludendo, come si è detto, le misurazioni per la determinazione dell'area di minima resistenza a taglio dell'edificio, prevede comunque una stima del valore di C che si basa sulla conoscenza del numero di piani fuori terra e sull'assunzione fatta con giudizio esperto e riferito alle caratteristiche tipologiche rilevate dell'edificio, degli altri parametri necessari. In particolare i valori della resistenza a taglio τ_k , i pesi specifici medi della muratura e degli orizzontamenti p_m e p_s possono essere attribuiti in relazione al tipo descritto nella scheda di rilevamento in combinazione attraverso un lavoro di analisi specifica dei materiali e delle tecnologie costruttive tipiche dell'area indagata.

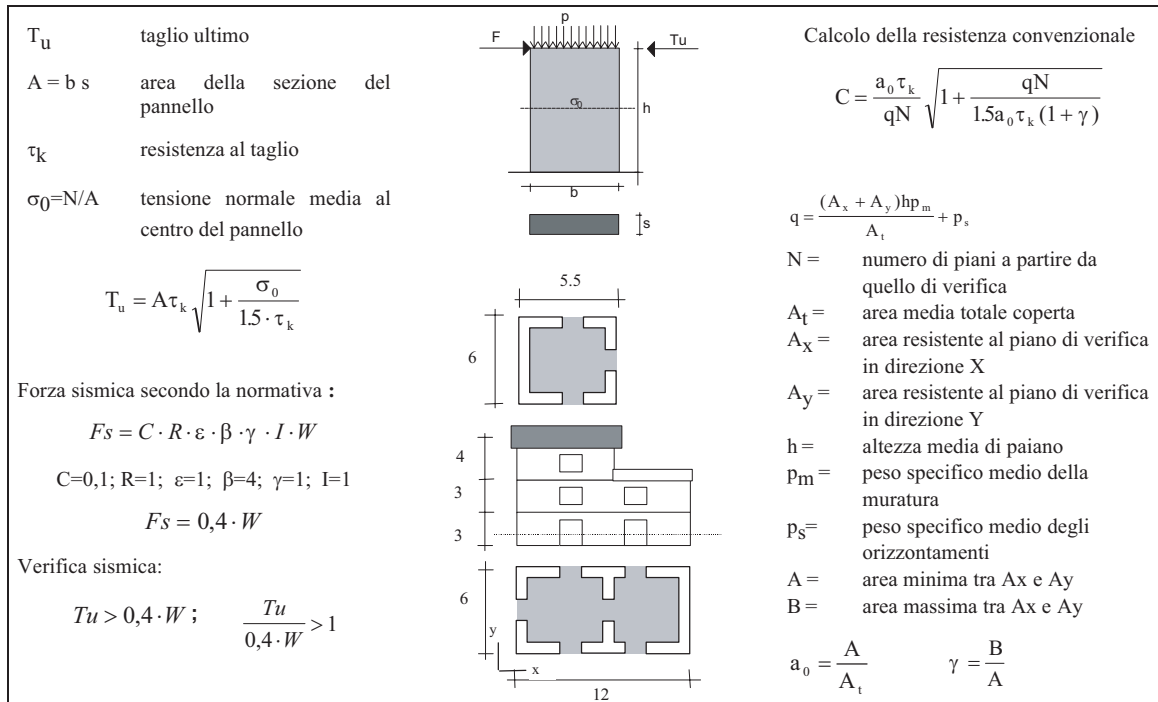
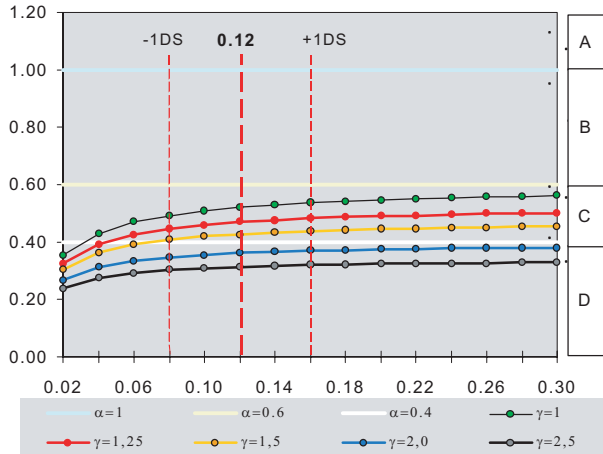


Fig. 3.2.4.47 Calcolo della Resistenza convenzionale (Parametro 3) della scheda GNDT di 2° livello



Tab. a

Provincia	a_0		γ	
	media	DS	media	DS
Campobasso	0.13	0.05	1.69	0.75
Isernia	0.11	0.04	1.46	0.48
media	0.12	0.04	1.58	0.61

Tab. b

Piani	valori di τ_k										
	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18
2	D	C	C	B	B	B	B	A	A	A	A
3	D	D	C	C	C	B	B	B	B	B	A
4	D	D	D	C	C	C	C	B	B	B	B
5	D	D	D	D	D	C	C	C	B	B	B

Fig. 3.2.4.48 Il diagramma illustra la variabilità del coefficiente C (in ordinata), e quindi della classe di vulnerabilità della Resistenza convenzionale (Parametro 3), in funzione del parametro $a_0 = A/A_t$ (in ascissa) e $\gamma=B/A$, fissati i valori del numero di piani, della resistenza a taglio τ_k e degli altri parametri. La TAB. a riporta i valori medi stimati per a_0 e γ da dati del rilievo LSU-Molise. La TAB. b mostra come varia la a classe di vulnerabilità del Parametro 3 per un tipo di edificio tra i più frequenti tra quelli rilevati (in muratura di pietrame sbozzato (C), soli in putrelle), con i parametri medi della TAB a e al variare del numero di piani e della τ_k .

La procedura informatizzata che elabora i dati per calcolare la vulnerabilità prevede al riguardo la possibilità di preconstituire un archivio che, per ogni comune, raccoglie i valori di tali caratteristiche e di utilizzarle per la valutazione della classe di vulnerabilità del parametro di resistenza convenzionale. Per quanto riguarda i parametri a_0 e γ , che dipendono da caratteristiche geometriche che non sono rilevate, l'assunzione è sempre fatta ricorrendo a valori medi stimati. La validità di tale assunzione trova ragione nel fatto che il parametro α presenta una variazione limitata nel campo di variabilità che a_0 e γ generalmente presentano e che trova conferma nelle analisi fatte su dati relativi a campioni rilevati in maniera completa con la scheda di 2 livello GNDT.

La Fig. 3.2.4.48 illustra il caratteristico andamento della funzione α al variare dei rapporti a_0 e γ , e i valori statistici di tali parametri ottenuti da un campione di edifici rilevati in comuni dell'area in esame e i valori che in base a questi sono stati adottati per il presente lavoro.

Parametro 4 : Posizione edificio e fondazioni

Non è previsto il rilievo di quegli elementi conoscitivi, relativi all'edificio, tipo di terreno coesivo o sciolto, pendenza e differenza di quota delle fondazioni, attraverso i quali viene assegnata la classe di vulnerabilità a questo parametro nel modello della scheda GNDT. Nella procedura semplificata, per la particolarità e la non facile leggibilità di questi elementi che rappresentano fattori di vulnerabilità non secondari legati al rapporto edificio-terreno, si è preferito tenere separato questo problema per adottare sistemi di valutazione più o meno approfonditi compatibili con le necessità e le possibilità operative dettate dal contesto operativo.

Alcune soluzioni che comunque si possono adottare sono le seguenti:

- assegnare all'intero centro, in base ad una valutazione esperta, una classe unica di vulnerabilità per tutti gli edifici;
- in caso di maggiori incertezze, lasciare la possibilità al parametro di variare su due o anche tre livelli e considerare le diverse soluzioni che si ottengono;
- fare studi più o meno approfonditi riguardanti sia le caratteristiche tipologico-costruttive delle fondazioni sia quelle geologico-geotecniche dei siti (microzonazione) e quindi, in relazione alle zonazioni che ne derivano, assegnare alle costruzioni la classe di vulnerabilità del parametro in questione.

Nel lavoro sono state utilizzate tutte e tre le soluzioni: la prima, più semplice per la stima della vulnerabilità dell'insieme di tutti i centri rilevati e le altre due come sperimentazione metodologica nei casi di studio esaminati.

Parametro 5 : Orizzontamenti

Secondo la scheda GNDT la classe di V. ha come elementi di valutazione la rigidità nel piano e l'efficacia dei collegamenti alle pareti; inoltre il parametro è affetto da un peso che è funzione della percentuale di orizzontamenti rigidi e ben collegati alle pareti presenti nell'edificio.

Nel modello di valutazione della scheda speditiva sono utilizzate le informazioni contenute nella colonna 19 (collegamenti strutture orizzontali) e anche nella 14 (tipo strutture orizzontali), mentre il peso è assunto unitario.

Parametro 6 : Configurazione planimetrica

L'attribuzione della classe è fatta considerando il giudizio sulla regolarità strutturale presente nella colonna 20, riferita all'edificio considerato come unità strutturale isolata dal contesto ed utilizzando anche la descrizione della posizione nell'ambito dell'aggregato strutturale della colonna 1, che consente di tenere conto, per edifici non isolati, anche degli effetti di anomalia di comportamento nella risposta sismica dovute all'interazione con il resto dell'aggregato. Diversamente dal modello della scheda GNDT, che per questo parametro utilizza dei rapporti percentuali di irregolarità nella forma in pianta, il criterio di valutazione è dipendente dal un giudizio diretto del rilevatore sugli aspetti di regolarità e viene migliorato dalla considerazione introdotta sull'aggregazione.

Parametro 7 : Configurazione in elevazione

Come nel caso del parametro precedente, la classe di V. discende dal giudizio sulla regolarità (colonna 20), utilizzando però anche l'indicazione della presenza di porticati riportata in colonna 25 (altri elementi), che è uno degli elementi di valutazione della scheda GNDT.

Parametro 8 : Distanza massima fra le murature

Il rapporto lunghezza libera delle pareti e spessore non è rilevato ed il criterio viene stabilito sull'informazione di colonna 12 (tipo strutturale), collocando in classe a bassa vulnerabilità gli edifici con muri di spina e quelli con muratura intelaiata e in classe a più alta vulnerabilità quelli con solo muri perimetrali.

Parametro 9 : Copertura

Il criterio si basa sulla sola informazione relativo al tipo contenuta nella colonna 16. In generale, i tipi di copertura spingenti determinano un'appartenenza alla classe più vulnerabile, quelle non spingenti alla classe poco vulnerabile B. Per una attribuzione più appropriata e corrispondente a quella originaria, occorrerebbe anche l'informazione sulla presenza di cordoli e/o catene a livello della copertura. L'osservazione del danneggiamento sismico degli edifici in muratura fatto soprattutto nel recente terremoto umbro-marchigiano, ha evidenziato l'effetto a volte disastroso del rifacimento delle coperture in c.a. su murature di caratteristiche meccaniche scadenti per qualità dei materiali e modalità di costruzione. Si è ritenuto quindi opportuno adottare il seguente criterio: gli edifici con copertura in c.a. si considerano in classe A se in combinazione con un sistema resistente (parametro 2) non scadente (classe D), altrimenti vengono penalizzati in classe C.

Parametro 10 : Elementi non strutturali

La classe di V. è espressamente indicata dal rilevatore nella colonna 21, seguendo gli stessi criteri suggeriti nella scheda di 2 livello GNDT.

Parametro 11 : Stato di fatto

É come per il parametro precedente: la classe di V. è espressamente indicata dal rilevatore nella colonna 22.

3.2.4.5 - Illustrazione dei risultati delle elaborazioni

I dati del rilievo speditivo ampiamente illustrati sono stati elaborati con la procedura descritta ed i risultati ottenuti sono stati sottoposti a varie analisi ed anche a confronti con altri risultati disponibili. Sono qui di seguito riportate le elaborazioni relative ai valori dell'indice di vulnerabilità ed un significativo confronto fatto con quanto ottenuto dai dati rilevati nella stessa zona con il progetto dei Lavori Socialmente Utili, finalizzato al rilevamento della vulnerabilità sismica a campione degli edifici ordinari nelle regioni dell'Italia meridionale (LSU-bis) (8).

La figura 3.2.4.49a riporta il diagramma a blocchi della distribuzione di frequenza in valori assoluti ed in percentuale dell'indice di vulnerabilità per classi di 10 punti nella scala normalizzata 0-100. Si nota come gli edifici presentino vulnerabilità distribuite in massima parte (oltre il 90%) al di sotto del valore centrale della scala e quindi possono essere definiti come a vulnerabilità medio-bassa/media. Solo il 7% risulta al di sopra del valore 50. Il raffronto con l'analogo diagramma della figura 3.2.4.49b, relativo agli edifici ordinari in muratura rilevati a campione in 27 comuni del Molise e ottenuto da dati di 2 livello, mette in evidenza come la procedura di rilevamento speditivo ed il relativo modello di valutazione dell'indice di vulnerabilità forniscano risultati coerenti e in buon accordo tra di loro.

INDICE DI VULNERABILITÀ

TUTTI I CENTRI (4083 edifici)

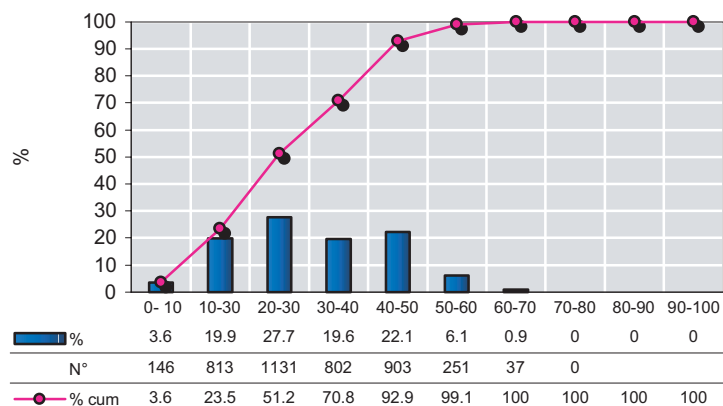


Fig. 3.2.4.49a Distribuzione degli edifici per classi dell'indice di vulnerabilità relativa a tutti i centri rilevati. La linea gialla indica la percentuale cumulativa

CAMPIONE COMPLESSIVO DI 1010 EDIFICI IN MURATURA del progetto LSU

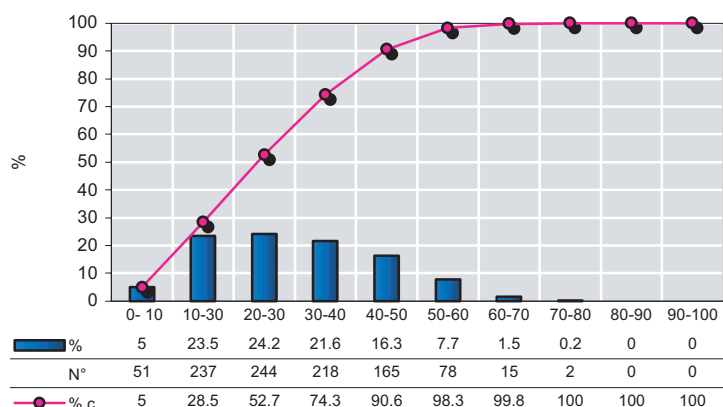


Fig. 3.2.4.49b Distribuzione degli edifici per classi dell'indice di vulnerabilità relativa a tutti gli edifici in muratura rilevati a campione nel Molise col progetto LSU di censimento dell'edilizia ordinaria.

VULNERABILITÀ PER PROVINCIA

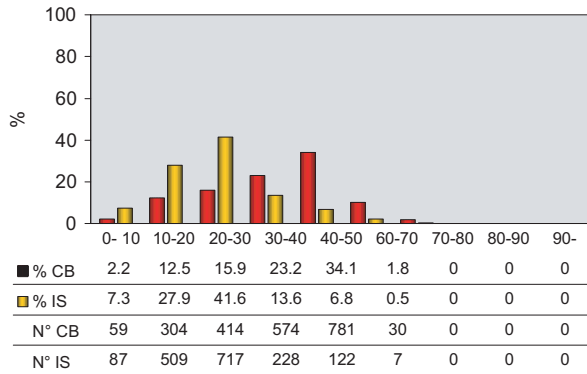


Fig. 3.2.4.50 Distribuzione degli edifici per classi dell'indice di vulnerabilità relative a tutti i centri rilevati distinti per provincia

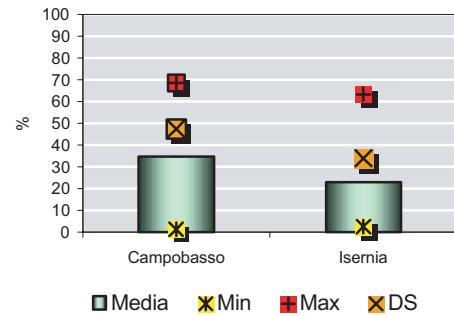


Fig. 3.2.4.51 Valori medi, minimi, massimi e deviazioni standard dell'indice di vulnerabilità nelle provincie

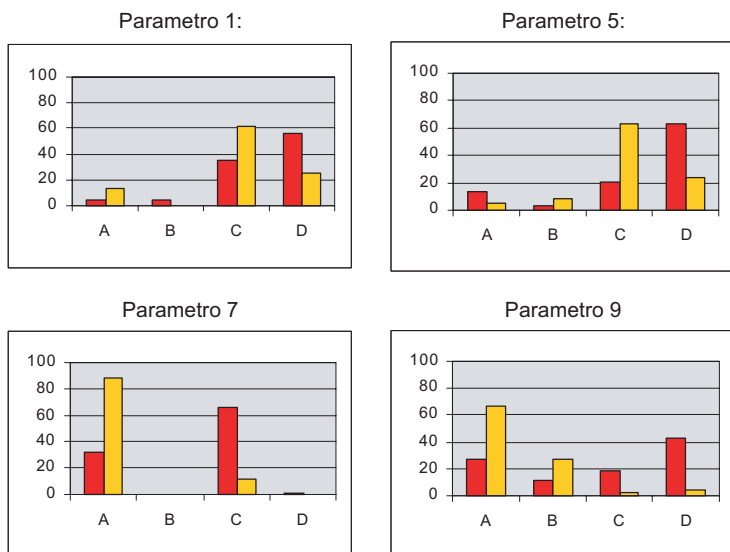
Le distribuzioni relative ai dati distinti per le due provincie della figura 3.2.4.50 rivelano una marcata differenza, con una distribuzione su valori più bassi per la provincia di Isernia, di forma più prossima alla normale e con una moda sulla terza classe 20-30, mentre i dati della provincia di Campobasso hanno una dissimmetria con andamento crescente verso i valori più elevati e con una moda nella classe 40-50.

L'analisi delle caratteristiche distributive dei dati rilevati disaggregati per provincia, illustrata in precedenza, che denunciava per alcuni aspetti una migliore qualità degli edifici in muratura dei centri della provincia di Isernia, si riflette naturalmente su questa diversità nella vulnerabilità ottenuta con le elaborazioni. Per meglio evidenziare i fattori che influenzano maggiormente sono state esaminate le distribuzioni di frequenza nelle quattro classi A,B,C,e D, relative agli undici parametri che determinano l'indice di vulnerabilità.

Nella figura sono riportati i grafici dei parametri 1, 5, 7 e 9 che manifestano differenze significative per le due provincie, e anche nel caso dei parametri 2 (Qualità del sistema resistente) e 3 (Resistenza convenzionale), in modo meno marcato.

Fig. 3.2.4.52 Distribuzioni degli edifici, per provincia, nelle classi di vulnerabilità A,B,C e D, relative ai parametri:

- 1: Tipo ed organizzazione del sistema resistente
- 5: Orizzontamenti (rigidezza e collegamenti)
- 7: Regolarità in elevazione
- 8: Copertura



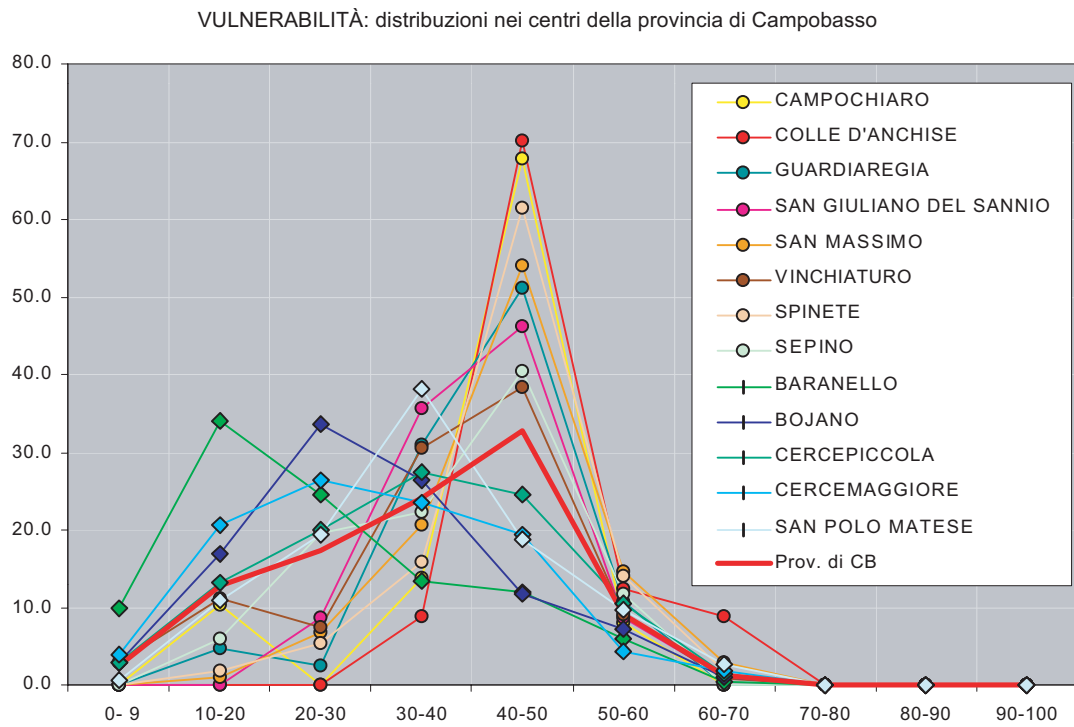


Fig. 3.2.4.53a Distribuzioni dell'indice di vulnerabilità nei centri della provincia di Campobasso

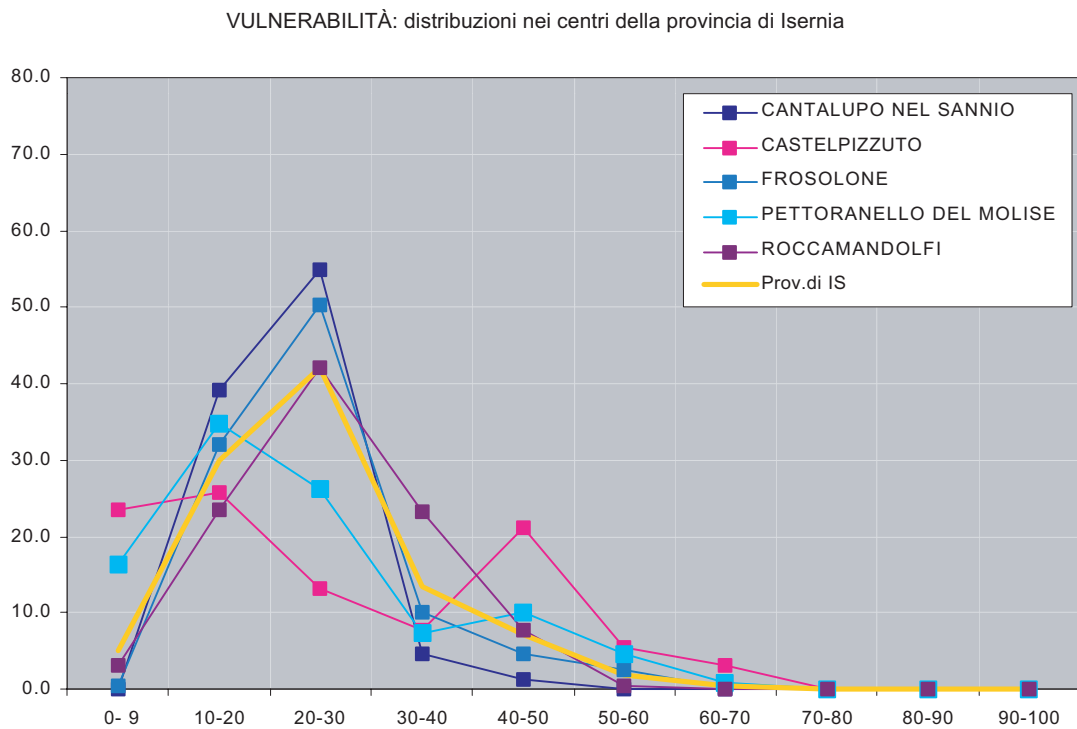


Fig. 3.2.4.53b Distribuzioni dell'indice di vulnerabilità nei centri della provincia di Isernia

Nelle due figure 3.2.4.53a e 53b sono riportati, rispettivamente, le distribuzioni dei valori dell'indice di vulnerabilità nei singoli centri delle due provincie.

I dati della provincia di Campobasso mostrano la presenza di due gruppi di centri: uno è costituito da quelli contrassegnati dai simboli circolari e va da Campochiaro a Sepino, l'altro da quelli con i rombi comprendente i centri da Baranello a San Polo Matese; i centri del primo gruppo presentano in generale una moda in corrispondenza della classe di vulnerabilità 40-50, mentre quelli del secondo hanno distribuzioni più regolari, con vulnerabilità medie spostate verso valori inferiori. Questa evidenza costituisce un'altra peculiarità dei dati rilevati nella provincia di Campobasso, che ne determina la distribuzione complessiva discussa in precedenza, caratterizzata da una vulnerabilità marcatamente più elevata rispetto a quella che mediamente risulta per l'insieme dei dati degli edifici dei centri di Isernia.

Questa osservazione induce a guardare meglio nella composizione dei dati rilevati e aiuta a chiarire l'origine della differenza nelle distribuzioni. È stato a questo proposito determinante l'esame delle mappe dei rilievi effettuati che mostrano come, nel caso del primo gruppo, essi abbiano interessato quasi esclusivamente i nuclei storici veri e propri, di numerosi centri capoluoghi, o anche parte di essi, generalmente di piccole dimensioni e privi di consistenti zone di espansione; mentre nel caso del secondo gruppo sono presenti rilevamenti di centri con un edificato più articolato e che sono stati estesi anche alle zone di espansione a contatto o parzialmente sovrapposte al tessuto dei nuclei originari.

Anche per quel che riguarda i centri della Provincia di Isernia, a questo riguardo, è da evidenziare il fatto che i dati sono stati rilevati per oltre il 65% (1117 edifici) in due soli centri, Roccamandolfi e Frosolone, che sono tra quelli di dimensioni maggiori, ed i rilievi sono stati estesi anche oltre i nuclei più antichi.

In definitiva è da ritenere che una certa minore qualità, e quindi una maggiore vulnerabilità, degli edifici esaminati nella provincia di Campobasso sia realisticamente in parte correlata alle loro caratteristiche tipologico-costruttive e alla storia e alle condizioni dei centri di appartenenza, ma che la differenza nelle distribuzioni è molto condizionata dall'origine e dalla composizione dei dati rilevati.

Nella figura successiva si ripropone il confronto tra le distribuzioni dei dati per provincia presenti anche nei grafici delle figure 53a e 53b, insieme a quelle, già esaminate nelle figure 3.2.4.49a e 49b, relative alla totalità degli edifici del presente progetto e di quello LSU: i picchi e la forte separazione tra le distribuzioni provinciali sono da considerare i limiti di rappresentatività appena illustrati.

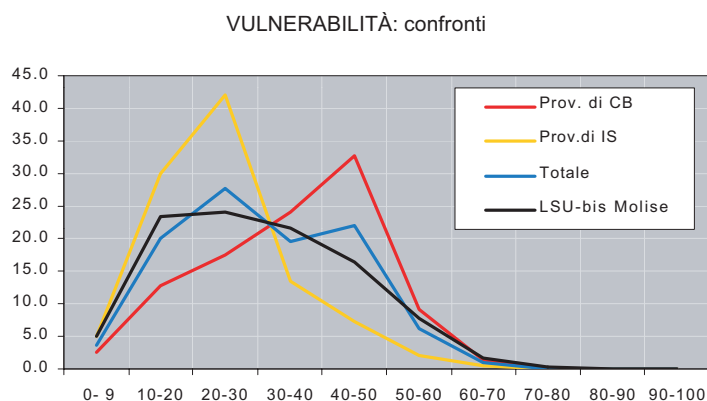


Fig. 3.2.4.54 Distribuzioni di vulnerabilità relative al totale degli edifici rilevati, a quelli distinti per le due provincie e a quelli complessivamente rilevati nel Molise con il progetto LSU

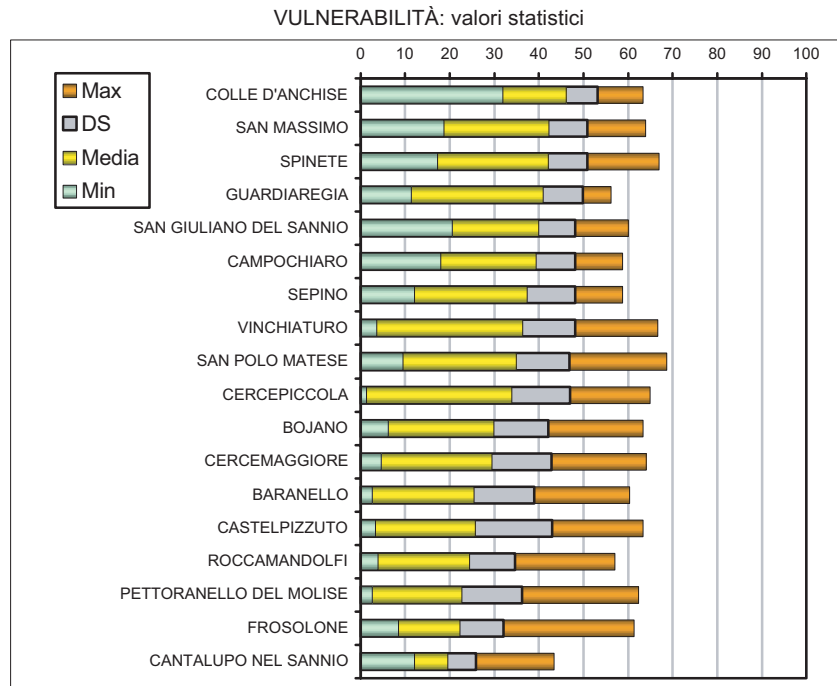


Fig. 3.2.4.55 Valori minimo, medio, massimo e deviazioni standard (DS) dell'indice di vulnerabilità nei comuni rilevati. I dati sono ordinati per valori decrescenti del valor medio e raggruppati per le due provincie

Nella figura 3.2.4.55 sono diagrammati i valori medi, con le relative DS, i minimi e i massimi ottenuti per ognuno dei centri rilevati. I dati sono stati ordinati in senso decrescente del valore medio della vulnerabilità e raggruppati per provincia. I centri storici rilevati nella provincia di Isernia hanno anche singolarmente valori medi inferiori ai centri rilevati in quella di Campobasso. Nel grafico della figura successiva viene data una rappresentazione della vulnerabilità relativa alle principali classi tipologiche a due parametri, ottenute dalla combinazione del tipo di strutture verticali con il tipo di quelle orizzontali, che sono state trattate nella parte precedente relativa all'esame dei dati.

VULNERABILITÀ: valori medi per le classi tipologiche a due parametri (strutture verticali - strutture orizzontali)

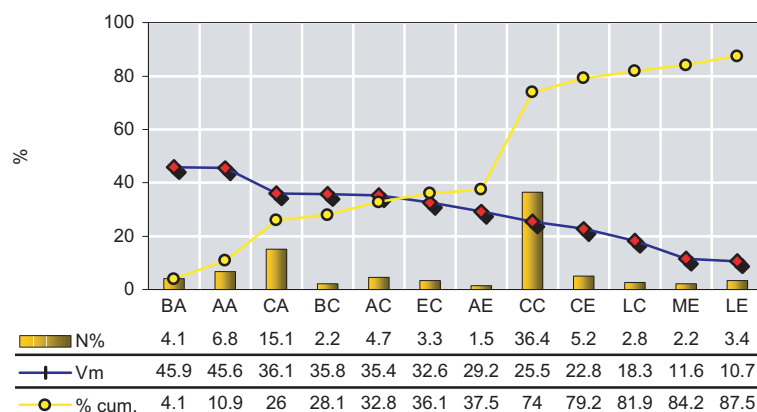


Fig. 3.2.4.56 Il grafico illustra i valori medi di vulnerabilità ottenuti per le prime 12 tipologie costruttive a due parametri (V-O), per le quali sono indicate le frequenze percentuali.

VULNERABILITÀ: valori medi, minimi e massimi per le classi tipologiche MSK

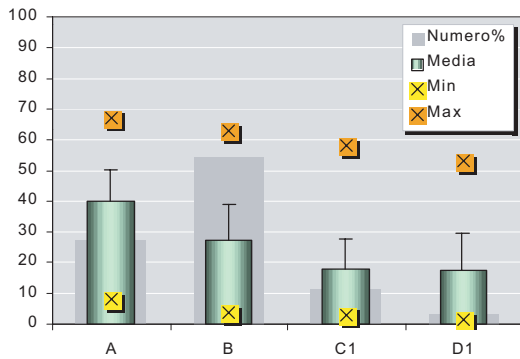


Fig. 3.2.4.57a Il grafico illustra i valori medi, minimi, e le DS dell'indice di vulnerabilità ottenuti per le tipologie MSK A, B, C1 e D1

VULNERABILITÀ: valori medi delle classi tipologiche MSK per gli edifici rilevati nelle due provincie

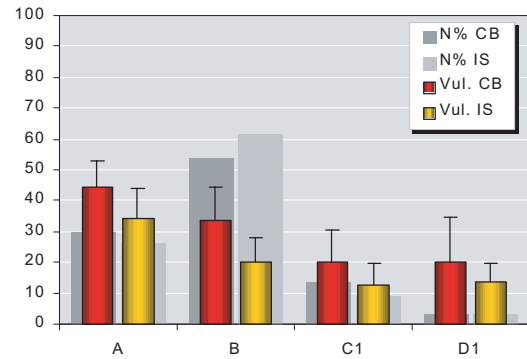


Fig. 3.2.4.57b Il grafico illustra i valori medi e le DS dell'indice di vulnerabilità ottenuti per le tipologie MSK per le due provincie

Le classi tipologiche del tipo di quelle della scala MSK, attribuite con i criteri di corrispondenza descritti in precedenza nella parte dedicata alla caratterizzazione tipologica, presentano i valori caratteristici di vulnerabilità sintetizzati dai dati statistici nei grafici sopra riportati. La classe A, più vulnerabile, presenta un valore medio dell'indice pari a 40.1, la classe B pari a 27,4 e le classi C1 e C2 hanno valori medi prossimi di 17,6 e 17,2 rispettivamente. Riguardo a questi ultimi si evidenzia il fatto che il modello di valutazione, costruito per la scheda speditiva intenzionalmente con la massima corrispondenza con quello della scheda di 2 livello GNDT, non valuta adeguatamente la probabile riduzione della vulnerabilità per gli edifici migliorati sismicamente e per questo promossi nella classe D1. Questo difetto si evidenzia anche nel grafico a destra, che mostra valori medi e DS per le classi di vulnerabilità distinte per le due provincie, nel quale la classe D1 della provincia di Isernia ha un valore medio leggermente maggiore della D1.

VULNERABILITÀ: distribuzioni dei valori dell'indice di vulnerabilità per le classi tipologiche MSK

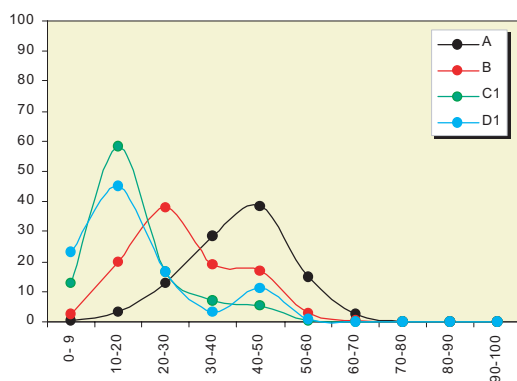


Fig. 3.2.4.58 Il grafico illustra le distribuzioni di frequenza dei valori dell'indice di vulnerabilità ottenuti per le quattro classi tipologiche MSK A, B, C1, D1,

VULNERABILITÀ: distribuzioni dei valori dell'indice di vulnerabilità per le classi tipologiche MSK

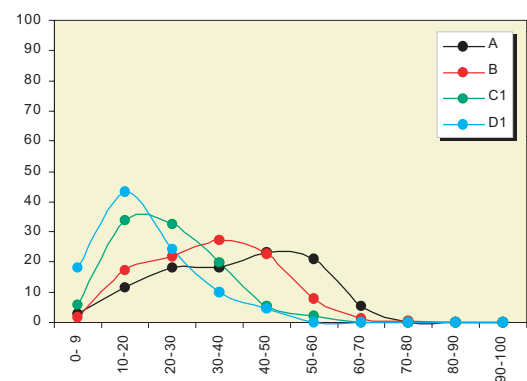


Fig. 3.2.4.59 Distribuzioni di frequenza dei valori dell'indice di vulnerabilità ottenuti per le quattro classi tipologiche MSK per gli edifici in muratura rilevati a campione nel Molise con il progetto LSU

Nel grafico della figura 3.2.4.58 sono mostrate, per le quattro classi tipologiche, le distribuzioni percentuali degli edifici per intervalli di 10 punti dell'indice di vulnerabilità. Il grafico a destra mostra le curve analoghe risultanti dall'elaborazione dei dati del rilevamento a campione LSU. La particolarità del campione degli edifici del Matese, rilevati quasi esclusivamente nei centri storici, rispetto a quello LSU più rappresentativo a livello regionale, e le già evidenziate approssimazioni del modello di valutazione derivato, aiutano a spiegare le frequenze più concentrate ed i valori leggermente più elevati nelle mode presenti nel grafico a sinistra.

I risultati illustrati naturalmente risentono di alcuni fattori condizionanti la cui azione deve essere valutata e contenuta entro limiti compatibili con il carattere speditivo della metodologia e tuttavia hanno mostrato la sostanziale validità di questa come strumento appropriato per la stima della vulnerabilità sismica degli edifici a scala urbana e territoriale. Per avere una corretta valutazione dei suoi limiti e per individuare tutti i miglioramenti possibili, sarà comunque necessaria una ricerca accurata su tali fattori, ben sapendo che essi interessano la migliore definizione delle informazioni più appropriate da rilevare, la gestione organizzativa e la corretta applicazione della rilevazione, compresa l'adeguata preparazione dei tecnici e, naturalmente, l'affinamento dei criteri di valutazione contenuti nel modello di valutazione della vulnerabilità. Il lavoro svolto sui comuni del Matese con il presente progetto e che ha comportato: l'organizzazione del rilevamento, la valutazione della vulnerabilità e la costruzione, come si vedrà nel successivo paragrafo, di scenari di danno con i risultati ottenuti, costituisce, va sottolineato, la seconda completa applicazione sperimentale dopo quella del citato Progetto Catania, pubblicato in forma completa nel dicembre 1999 e, rispetto a questa, rappresenta già una prima evoluzione.

3.2.4.6 - Pericolosità

La sismicità del territorio molisano è caratterizzata, nella parte interna, dall'attività legata alla catena appenninica e nella zona collinare e adriatica orientale, dal risentimento di quella legata alla sismicità dell'area garganica, come è evidente dalla carta delle intensità massime storicamente risentite.

La storia sismica con gli eventi che hanno interessato il Molise è illustrata nel §1.2.4.

L'area del Matese ha risentito di terremoti di intensità più elevata, tuttavia tutta la fascia interna della regione presenta una pericolosità sismica di entità medio-alta, con risentimenti che si estendono anche alla zona collinare.

Infatti le carte di pericolosità pubblicate di recente dal Servizio Sismico Nazionale (SSN) [20] mostrano che le intensità macrosismiche MCS massime attese nella regione Molise, per periodi di ritorno di 95 e 475 anni, sono comprese tra 6 e 8, nel primo caso, e tra 7.5 e 8.5 circa, nel secondo e che interessano tutta la zona interna della regione stessa (figure 3.2.62 e 63). Di conseguenza i valori di riferimento di pericolosità sono appunto questi, per le elaborazioni di rischio in generale e per la definizione degli scenari di danno, in particolare. Le valutazioni effettuate relativamente a questi ultimi e che vengono di seguito illustrate, sono state estese a $I=0$ per una verificare sperimentale ed esemplificativa dei risultati forniti dal modello di valutazione.

Dalla tabella 3.2.4.8, che elenca le intensità MCS attese nei 18 comuni rilevati desunte dai dati di pericolosità del SSN, si vede bene che per i due periodi di ritorno di 95 e 465 anni si possono ragionevolmente considerare come probabili per essi eventi con $I=7$ e $I=9$, rispettivamente.

È importante tenere presente che la costruzione di scenari a scala urbana dovrebbe comprendere anche la pericolosità locale definita attraverso indagini di microzonazione sismica, con vari livelli possibili di definizione; lo studio di dettaglio realizzato per il comune di Pettoranello del Molise (§4.2) rappresenta una esemplificazione in tal senso.

Comune	MCS_95	MCS_475
COLLE D'ANCHISE	7	8.8
SAN MASSIMO	7	8.9
SPINETE	6.9	8.7
GUARDIAREGIA	7.1	8.9
SAN GIULIANO DEL SANNIO	7.1	8.9
CAMPOCHIARO	7.1	9
SEPINO	7.1	8.9
VINCHIATURO	7	8.8
SAN POLO MATESE	7	8.9
CERCEPICCOLA	7	8.7
BOJANO	7	8.9
CERCEMAGGIORE	7	8.7
BARANELLO	6.9	8.7
CASTELPIZZUTO	7	8.8
ROCCAMANDOLFI	7	8.9
PETTORANELLO DEL MOLISE	7	8.7
FROSOLONE	6.8	8.5
CANTALUPO NEL SANNIO	7	8.8

Tabella 3.2.4.8 Intensità massime MCS attese nei comuni rilevati con una probabilità di superamento del 10% in 10 anni (periodo di ritorno di 95 anni) e in 50 anni (periodo di ritorno di 475 anni)

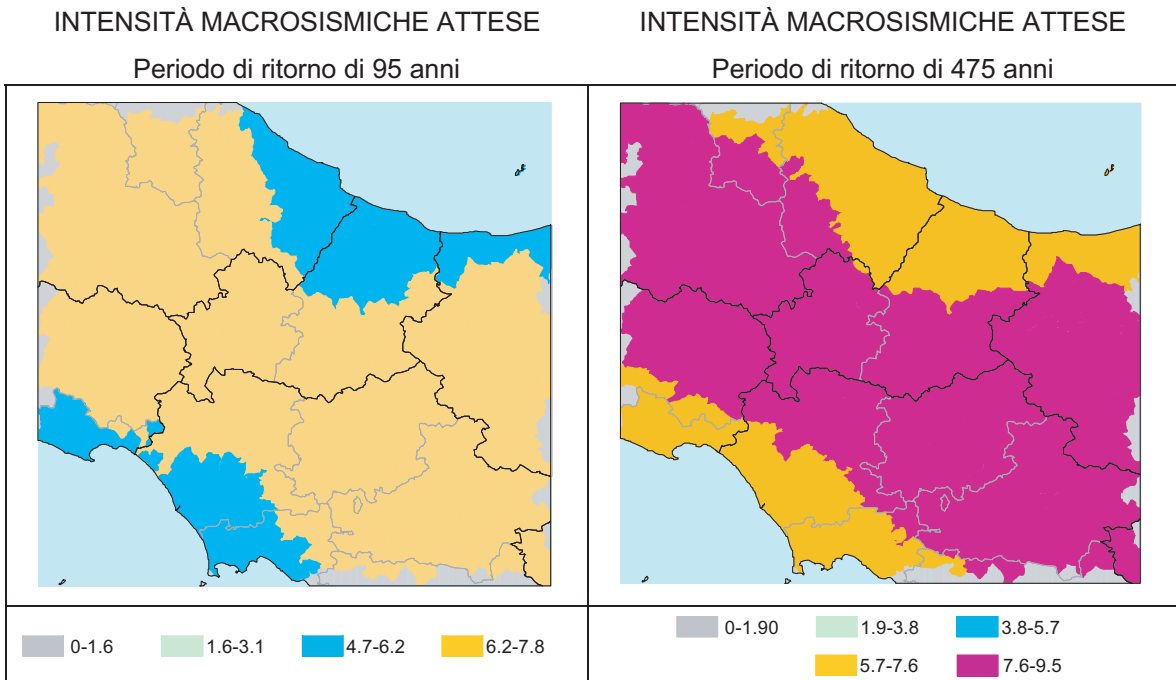


Fig. 3.2.4.60 Intensità macrosismiche (scala MCS) con una probabilità di superamento del 10% in 10 anni con periodo di ritorno di 95 anni.

Fig. 3.2.4.61 Intensità macrosismiche (scala MCS) con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni con periodo di ritorno di 475 anni.

3.2.4.7 - Scenari di danno

Una volta prodotti i dati di vulnerabilità sono stati realizzati alcuni scenari di danno relativamente all'insieme degli edifici rilevati e per ciascuno dei centri, utilizzando le curve di fragilità riportate nella figura 3.2.4.62 (Petrini 1995). Queste consentono di valutare, in corrispondenza di ogni terremoto di assegnata intensità (o accelerazione di picco), l'indice di danno I_d per ogni edificio con un dato indice di vulnerabilità.

I dati di vulnerabilità di tutti gli edifici rilevati sono pertanto stati elaborati nel modo sopra descritto e sono stati considerati eventi sismici di intensità $I=7.0$, $I=8.0$, $I=9.0$, $I=9.5$ e $I=10.0$; i risultati prodotti costituiscono quelli che vengono definiti comunemente come *scenari di danno*. Nel presente lavoro alcuni scenari sono riportati sotto forma di distribuzioni di frequenza di valori statistici dell'indice di danno e altri sotto forma di rappresentazioni esemplificative in mappa del danneggiamento per alcuni comuni. Queste ultime sono rappresentazioni GIS, fatte con ArcView relativamente ai comuni di Pettoranello del Molise e Sepino, del livello di danneggiamento agli edifici, espresso mediante 5 classi del valore dell'indice di danno.

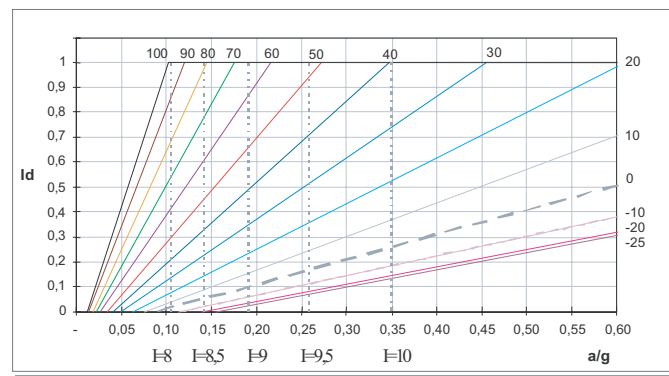


Fig. 3.2.4.62 Le curve di fragilità forniscono la correlazione tra severità del terremoto, espressa dall'accelerazione di picco (a/g) o dall'intensità macrosismica I (in ascissa) e danno espresso attraverso l'indice I_d variabile da 0 a 1 (Petrini 1995)

SCENARI DI DANNO: distribuzioni del valore dell'indice di danno

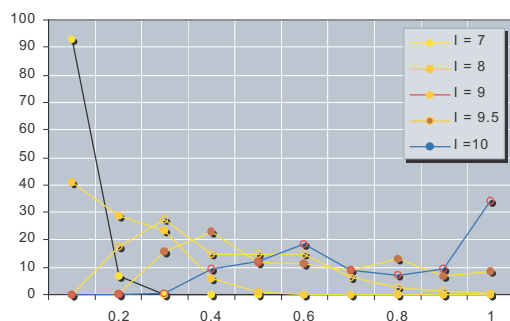


Fig. 3.2.4.63 Distribuzioni di frequenza percentuale dell'insieme degli edifici rilevati per classi del valore dell'indice di danno, relativamente alle intensità macrosismiche $I=7$, $I=8$, $I=9$, $I=9.5$ e $I=10$

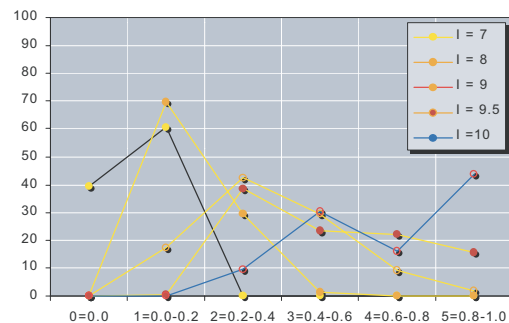


Fig. 3.2.4.64 Il grafico mostra gli stessi dati della figura a lato distribuiti rispetto a 6 livelli di danno: 0=0.0 (danno nullo), 1=0.0-0.2, 2=0.2-0.4, 3=0.4-0.6, 4=0.6-0.8 e 5=0.8-1.0

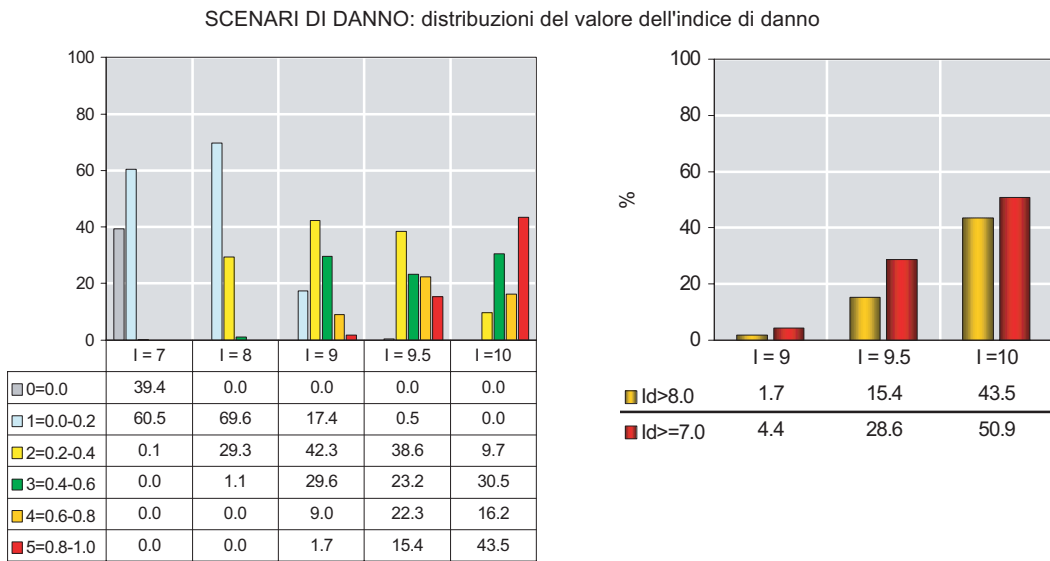


Fig. 3.2.4.65 Per ogni intensità (I=7, I=8, I=9, I=9.5 e I=10) sono illustrate le distribuzioni di frequenza percentuale dell'insieme degli edifici rilevati per le 6 classi del valore dell'indice di danno da 0 a 5

Fig. 3.2.4.66 Percentuale di edifici con indice di danno $Id \geq 0.7$ e $Id \geq 0.8$. possono essere considerati affetti da danno gravissimo o collassati

Altre analoghe rappresentazioni sono riportate nel caso studio svolto per il comune di Roccamandolfi insieme alle mappe di tutte le altre informazioni presenti sulla scheda di rilevamento. Lo svolgimento completo di un analogo lavoro su tutti i diciotto comuni ha portato alla realizzazione di una raccolta completa delle stesse mappe del caso studio, della quale si tratta nel successivo paragrafo.

Le distribuzioni del danno relative all'insieme complessivo del campione sono riportate nelle figure 3.2.4.63 e 64, dalle quali si nota come, per $I=7.0$, oltre il 90% degli edifici risulta con un indice di danno ≤ 0.1 e quindi praticamente o non danneggiati o con un danno molto leggero. Per i valori superiori dell'intensità considerati il danno si presenta distribuito su valori via via crescenti e dal secondo grafico si vede come il modello adottato, per come sono fatte le curve di fragilità, esclude la presenza di edifici non danneggiati per $I \geq 7$. La figura 3.2.4.65, che illustra in maniera diversa il contenuto della figura 64, mostra in forma di matrice le probabilità, per l'insieme degli edifici, delle occorrenze dei vari livelli di danno corrispondenti al verificarsi delle intensità sismiche considerate. Anche se l'indice di danno Id considerato nelle curve di fragilità non ha una definizione di carattere strettamente strutturale, può comunque essere assunto come indicatore per una stima di perdita degli edifici, vale a dire di quanti collassano o subiscono un danno, per gravità o estensione, tale da comprometterne le capacità di ulteriore resistenza. Si possono considerare in tali condizioni, pertanto, gli edifici con un valore dell'indice superiore ad una certa soglia. Nella figura 66 sono rappresentate, per intensità $I=9$, $I=9.5$ e $I=10$, le percentuali di edifici con indice di danno $Id \geq 0.7$ (in rosso) e $Id \geq 0.8$ (in giallo) e si nota che per intensità 9 la percentuale di edifici compromessi è inferiore al 5%, mentre in corrispondenza di $I=9.5$, con un aumento di mezzo grado, la perdita sale significativamente a valori tra il 15% e il 30%; per $I=10$ si arriva a circa il 50%. Anche questo dato mette in evidenza la dipendenza delle previsioni di danno dal modello complessivo di vulnerabilità adottato e quindi come sia importante renderlo il più aderente possibile alle caratteristiche costruttive locali attraverso la migliore conoscenza delle tipologie e cercando di specializzare rispetto a queste le curve di fragilità.

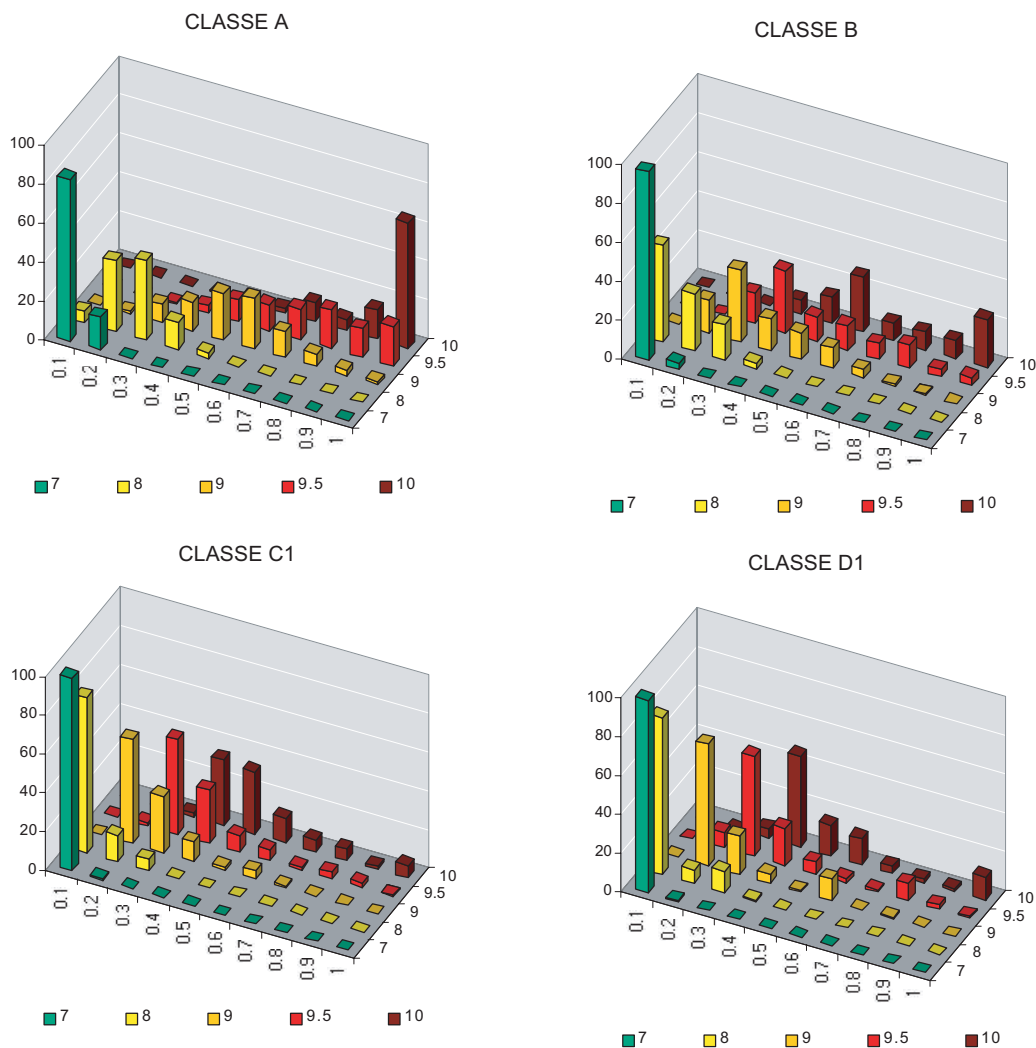


Fig. 3.2.4.67 Distribuzioni di frequenza percentuale degli edifici rilevati distinti per classi di vulnerabilità MSK, per classi del valore dell'indice di danno e relative alle intensità macrosismiche I=7, I=8, I=9, I=9.5 e I=10

Nei diagrammi tridimensionali in alto sono illustrate le matrici di danno ottenute dal modello di valutazione per ciascuna delle 4 classi di vulnerabilità MSK.

Considerando i valori di intensità attesi I=7 e I=9 sono stati valutati valori statistici degli indici di danno degli edifici rilevati nei 18 centri, rappresentati nei grafici a barre orizzontali delle figure 3.2.4.68 e 69. Nel primo caso il danneggiamento medio maggiorato di una DS supera il valore 0.2 ed i massimi superano in alcuni casi 0.3; nel secondo caso, con I=9, il danno medio è compreso tra 0.25 e 0.6 e tra 0.31 e 0.73 con l'incremento di una DS; i massimi sono praticamente tutti al di sopra di 0.8, con l'eccezione di Cantalupo nel Sannio con 0.55.

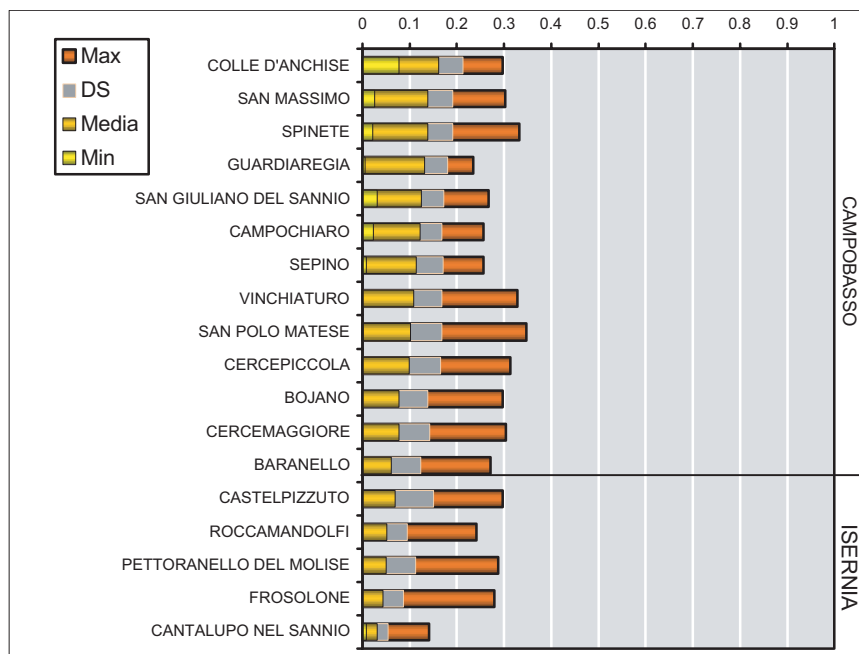


Fig. 3.2.4.68 Valori minimo, medio, massimo e deviazioni standard (DS) dell'indice di danno nei comuni rilevati per eventi di intensità I=7 MCS. I dati sono ordinati per valori decrescenti del valor medio e raggruppati per le due provincie

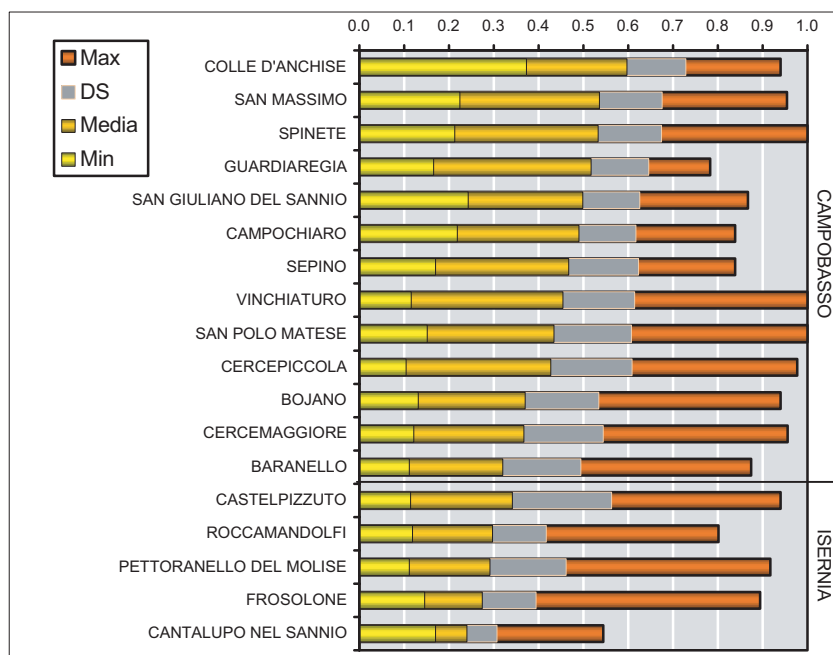


Fig. 3.2.4.69 Valori minimo, medio, massimo e deviazioni standard (DS) dell'indice di danno nei comuni rilevati per eventi di intensità I=9 MCS. I dati sono ordinati per valori decrescenti del valor medio e raggruppati per le due provincie

3.2.4.8 - La banca dati informatizzata e georeferenziata

Tutte le elaborazioni sin qui esaminate sono state naturalmente precedute da un accurato lavoro di informatizzazione di tutti i dati rilevati con il censimento speditivo.

L'informatizzazione e le successive elaborazioni hanno dato luogo alla formazione di una banca dati che comprende le informazioni presenti nella scheda di rilievo e quelle relative alla caratterizzazione tipologica, alla vulnerabilità e alle valutazioni di danno. Il data-base che ne è derivato, in formato MDB di Access, contiene i dati delle schede dei 4083 edifici analizzati in precedenza e delle tabelle con i risultati delle elaborazioni.

Il lavoro di rilevamento, come già detto, è stato accompagnato dalla creazione del catasto degli edifici sotto forma di mappe georeferenziate contenenti i poligoni dei loro contorni, che sono state informatizzate in un sistema GIS. Una parte significativa del lavoro è stata quindi dedicata al collegamento alle mappe di tutte le informazioni della banca dati e alla produzione di mappe tematiche relative, per ogni comune, comprese naturalmente quelle riguardanti i risultati ottenuti sulla vulnerabilità e gli scenari di danno. Nella tabella che segue sono elencate tutte le mappe tematiche disponibili nel sistema GIS per i 18 comuni trattati.

I dati sono raccolti nel CD allegato che contiene: la presente pubblicazione in formato PDF, il data-base nel formato MDB delle schede del rilevamento e le oltre 400 mappe tematiche in formato PDF. Nelle pagine seguenti sono riportate alcuni esempi di mappe della vulnerabilità e del danno disponibili nel sistema GIS, relative ai comuni di Sepino e Pettroranello del Molise; per quest'ultimo, la mappatura dei risultati dell'analisi di vulnerabilità include anche la rappresentazione dei risultati dello studio geomorfologico finalizzata alla definizione degli effetti locali (microzonazione) illustrata nel § 4.2. Un repertorio completo delle mappe è riportato nel caso studio del comune di Roccamandolfi, riportato nel § 4.1.

Pr. Comune	Schede	Mappe	ELENCO DELLE MAPPE TEMATICHE	
CB BARANELLO	253	25	1 DATI GENERALI	4 STATO
CB BOJANO	178	25	A Aggregati	16 Intonaci esterni
CB CAMPOCHIARO	87	25	B Edifici	17 Stato conservativo
CB CERCEMAGGIORE	329	25	1 Posizione edificio	18 Utilizzazione
CB CERCEPICCOLA	274	25	2 Numero di piani	
CB COLLE D'ANCHISE	57	25	3 Altezza massima	5 RISULTATI
CB GUARDIAREGIA	84	25	4 Età	19 Indice di vulnerabilità
CB SAN GIULIANO DEL SANNIO	104	25	5 Interventi	20 Scenario di danno per I=7
CB SAN MASSIMO	102	25	2 DATI TIPOLOGICI	21 Scenario di danno per I=8
CB SAN POLO MATESE	155	25	6 Tipologia strutturale	22 Scenario di danno per I=9
CB SEPINO	400	25	7 Tipo strutture verticali	23 Scenario di danno per I=10
CB SPINETE	114	25	8 Tipo strutture orizzontali	
CB VINCHIATURO	243	25	9 Strutture copertura	
Totale	2380	325	3 DATI COSTRUTTIVI	
IS CANTALUPO NEL SANNIO	237	25	10 Geometria copertura	
IS CASTELPIZZUTO	128	25	11 Collegamenti strutture verticali	
IS FROSOLONE	518	25	12 Collegamenti strutture orizzontali	
IS PETTORANELLO DEL MOLISE	221	25	13 Regolarità	
IS ROCCAMANDOLFI	599	25	14 Elementi di rinforzo	
Totale	1703	125	15 Bucature in facciata	

Tabella 3.2.4.9 Contenuto della banca dati: 4083 schede speditive, tabelle dei risultati riguardanti tipologia, vulnerabilità e scenari di danno e mappe tematiche realizzate per ognuno dei 18 comuni rilevati

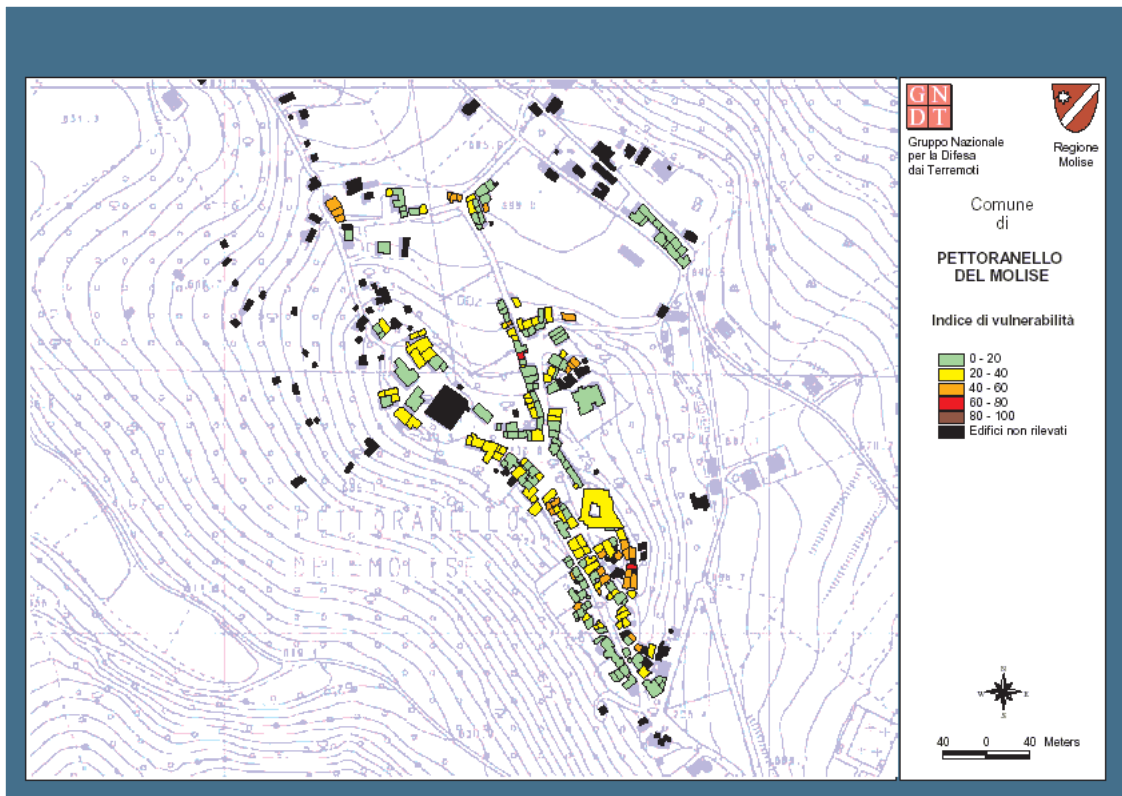


Fig. 3.2.4.70 Pettoranello Del Molise (IS) - Edifici per classi di vulnerabilità

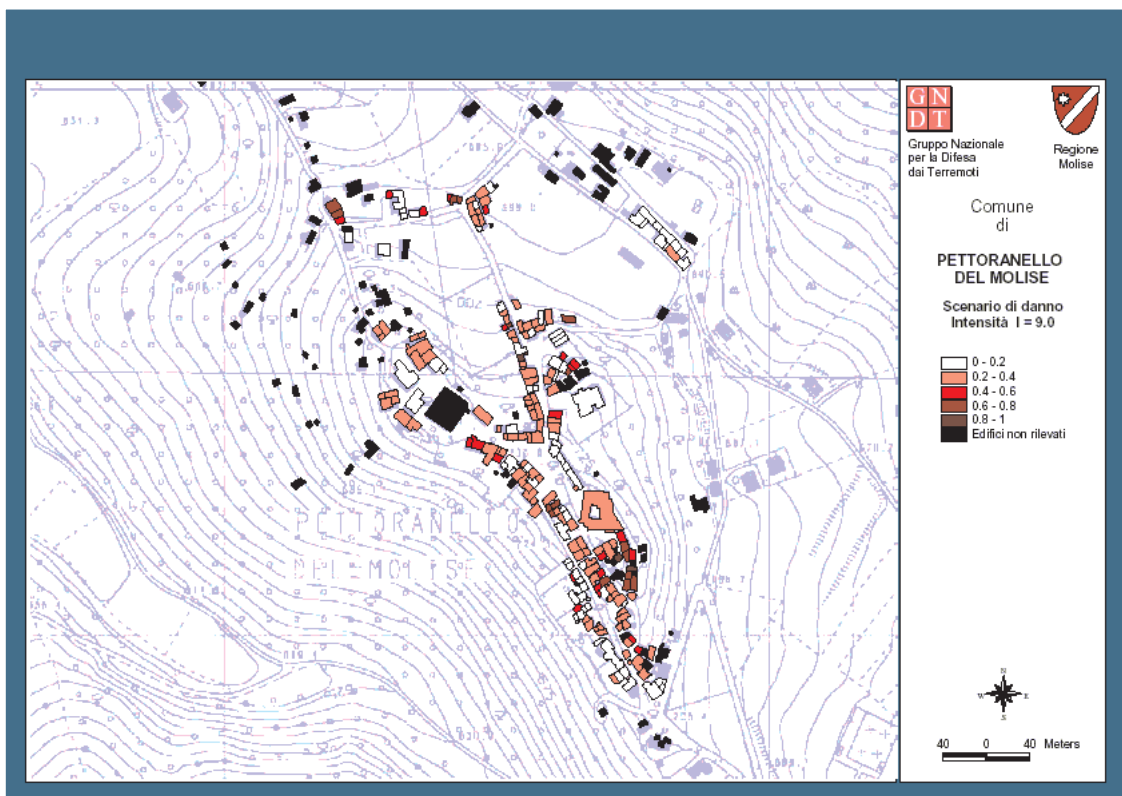


Fig. 3.2.4.71 Pettoranello del Molise (IS) - Scenario di danno per Intensità sismica I=9

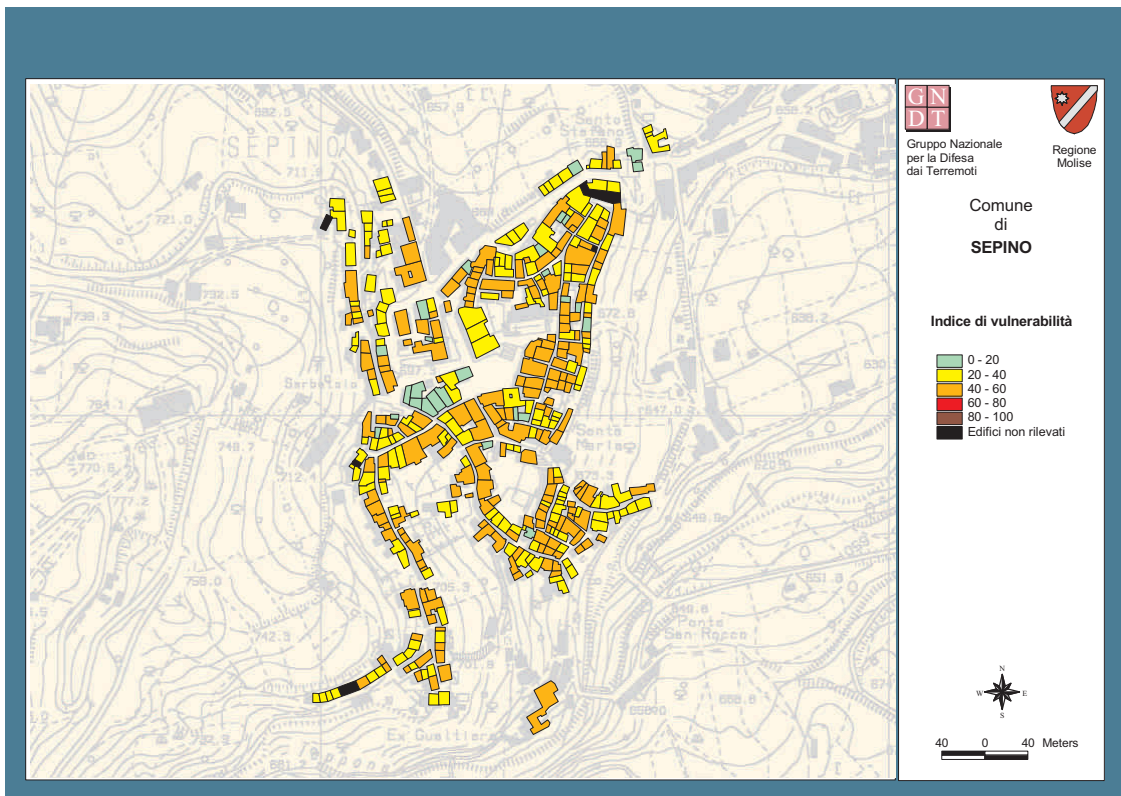


Fig. 3.2.4.72 Sepino (CB) - Edifici per classi di vulnerabilità

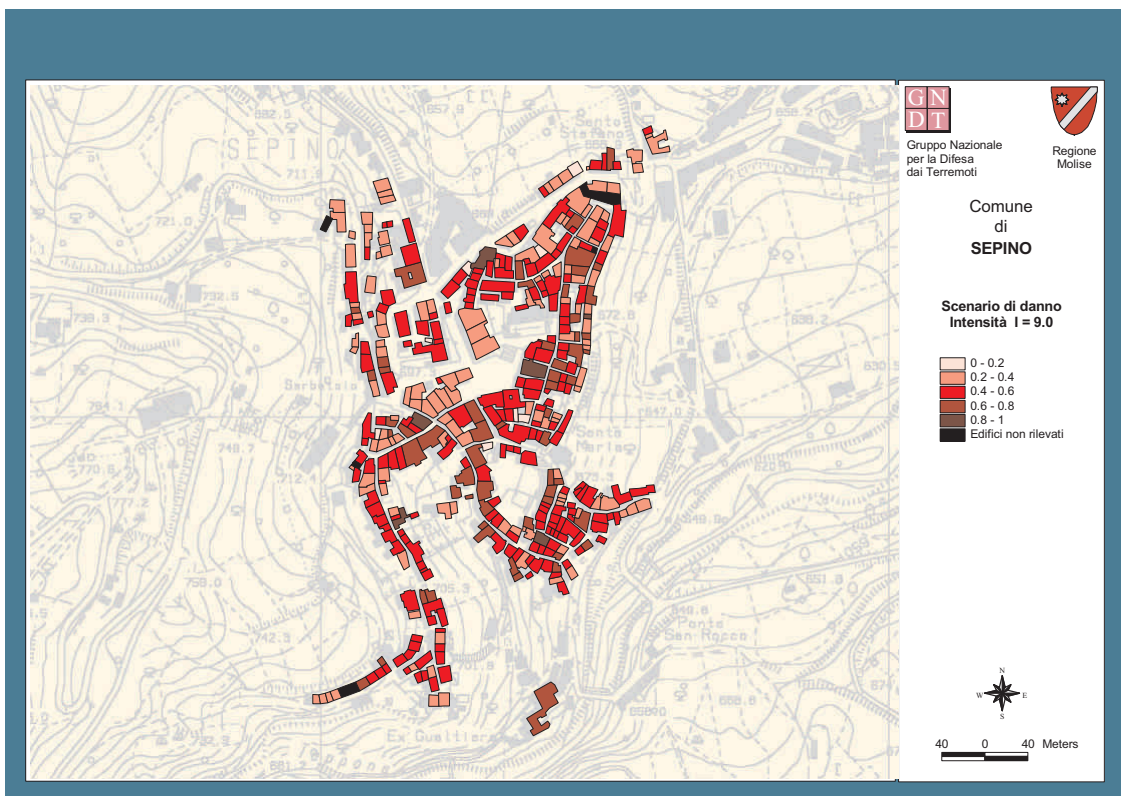


Fig. 3.2.4.73 Sepino (CB) - Scenario di danno per Intensità sismica I=9

3.2.4.9 - Considerazioni conclusive e possibili sviluppi

Come detto in precedenza, la metodologia speditiva per la valutazione di vulnerabilità degli edifici ordinari di centri abitati sin qui illustrata è stata aggiornata e utilizzata per il presente progetto dopo la sua prima formulazione ed applicazione nel Progetto di valutazione del rischio sismico nella città di Catania. I risultati ottenuti per i diciotto comuni del Matese, qui in parte illustrati, hanno fornito un riscontro positivo sulla sua validità come strumento semplice e sufficientemente efficace riguardo alla qualità delle valutazioni ottenute, versatile al tempo stesso soprattutto per le possibilità di concreto utilizzo della procedura di rilevamento con contenuto impegno di risorse e di tempo. Essa è suscettibile di ulteriori miglioramenti in quanto a scelta e contenuto dei dati rilevati e, naturalmente, riguardo al modello di calcolo della vulnerabilità. Così come è necessario che le correlazioni tra indici di vulnerabilità e indicatori di danno siano sottoposte ad un continuo lavoro di approfondimento e calibrazione per rappresentare al meglio le realtà costruttive con le loro caratterizzazioni territoriali e regionali. Per esprimere in sintesi delle considerazioni conclusive sulle varie problematiche emerse, gli aspetti positivi e i punti critici della metodologia, si possono elencare le seguenti osservazioni.

- Le valutazioni di vulnerabilità ottenute per l'intero campione rilevato si sono dimostrate di una buona validità, confermata anche dai raffronti fatti con altri risultati disponibili. La differenza nelle distribuzioni dei dati per provincia evidenzia la capacità di risoluzione della procedura, ma evidenzia anche la necessità di una maggiore attenzione alla corretta rilevazione delle informazioni e particolarmente importante risulta una accurata, preventiva caratterizzazione degli aspetti tipologici, nonché il controllo e la validazione dei dati.
- Un aspetto significativo riguarda il comportamento sismico degli edifici in aggregato. Il semplice dato di posizione, attualmente presente sulla scheda, dovrebbe essere migliorato identificando più approfonditamente i fattori di vulnerabilità da rilevare.
- Per una efficace applicazione della metodologia è necessaria una accurata organizzazione del rilevamento attraverso la formazione dei tecnici rilevatori, il coinvolgimento di tecnici locali, controlli in fase esecutiva, validazioni finali dei dati rilevati ed elaborazioni conclusive affidati ad un gruppo esperto di coordinamento.
- È evidente l'utilità della procedura nella gestione delle condizioni di rischio e per la conservazione del patrimonio edilizio dei centri storici. In particolare è utile per la formazione dei piani di protezione civile e quindi per favorire la mitigazione del rischio sismico e la gestione dell'emergenza. Le mappe (catasto edifici con informazioni rilevate e scenari di danno) costituiscono una base per la rappresentazione e la gestione anche delle altre componenti esposte, come le reti.
- La metodologia ha sufficienti caratteristiche di semplicità per essere trasferita alle istituzioni locali, con l'importantissima positiva funzione di diffusione di conoscenze, di sensibilità e di strumenti idonei a incentivare l'attenzione alle problematiche della riduzione del rischio sismico nella pratica tecnica e amministrativa. In questo senso la regione, o un altro ente sovra-comunale, potrebbe promuovere, attraverso strumenti di regolamentazione e di incentivo, in primo luogo, la formazione da parte dei comuni dei catasti degli edifici e successivamente la rilevazione speditiva dell'edificato, attivando così un processo di costruzione di un vero e proprio sistema informativo (georeferenziato) del patrimonio edilizio esposto e della sua vulnerabilità sismica; ma nello stesso tempo anche di formazione di uno strumento conoscitivo ed operativo di importanza basilare per la gestione delle problematiche di protezione civile e della loro integrazione con il più generale problema urbanistico di governo del territorio.

Bibliografia al paragrafo 3.2.4

- (1) Benedetti, D. e Petrini V. *Sulla vulnerabilità sismica di edifici in muratura, proposta di un metodo*, L'Industria delle Costruzioni, n. 18, 66-78, 1984
- (2) Braga, F., Dolce, M. e Liberatore D. *Rassegna critica dei metodi per la stima della vulnerabilità* Terzo Convegno nazionale di Ingegneria Sismica, Roma, 1987.
- (3) Braga, F., Dolce, M. and Liberatore D. *A statistical Study on Damaged Buildings and Ensuing Review of the MSK-76 Scale*. 8th ECEE, Atene, Settembre 1982.
- (4) Cherubini A., Di Pasquale G., Dolce M. e Martinelli A. *Vulnerability Assessment from quick survey data in the historic centre of Catania*. In E. Faccioli e V. Pessina (eds.), *The Catania Project*. 213-225 GNDT: Roma, 1999
- (5) Cherubini A., Corazza L., Di Pasquale G., Dolce M., Martinelli A., Petrini V. *Risultati del Progetto*, in Cherubini e La Ponzina (coord) *Censimento di Vulnerabilità degli Edifici Pubblici, Strategici e Speciali nelle Regioni Abruzzo, Basilicata, Calabria, Campania, Molise, Puglia e Sicilia - Progetto Lavori Socialmente Utili (D.L. n.232 del 14.06.95), Relazione Generale*, 113-154, Dipartimento della Protezione Civile –GraphicPress s.r.l. : L'Aquila, 1999
- (6) Corsanego A. *Valutazione della vulnerabilità in Rischio sismico di edifici pubblici. Parte I. Aspetti metodologici*. Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti Roma 41-50 Tipografia Moderna: Bologna, 1993.
- (7) Di Pasquale G. & Orsini G., *Proposta per la Valutazione di Scenari di Danno Conseguenti ad un Evento Sismico a Partire dai Dati ISTAT*, VIII Convegno Nazionale in L'Ingegneria Sismica in Italia, Taormina, 1997, pp. 477-486.
- (8) Di Pasquale G., Dolce M., Martinelli A. *Analisi della vulnerabilità* in Cherubini e La Ponzina (eds.) *Censimento di vulnerabilità dell'edilizia corrente dei centri abitati a campione nelle regioni Abruzzo, Basilicata, Calabria, Campania, Molise, Puglia e Sicilia, Progetto per la rilevazione della vulnerabilità del patrimonio edilizio a rischio sismico e di formazione di tecnici per l'attività di prevenzione sismica connessa alle politiche di mitigazione del rischio nelle regioni dell'Italia meridionale*, 76-105, Dipartimento della Protezione Civile –CUP s.r.l. : Roma, 2000
- (9) Dolce, M. *Seismic vulnerability evaluation and damage scenarios US-Italian Workshop on Seismic Evaluation and Retrofit* December 12-13, 1996 Columbia University, New York City, 1996
- (10) Dolce M., Masi A. e Goretti A. *Damages to buildings due to 1997 Umbria-Marche Earthquake*, in A. Bernardini (ed.), *Seismic damage to masonry buildings, Proceedings of the International Workshop on Measures of Seismic Damage to Masonry buildings*, Monselice, Padova, 25-26 June, 1997, 71-80, Balkema: Rotterdam –Brookfield, 1999
- (11) GNDT-CNR. *Scheda di esposizione e vulnerabilità e di rilevamento danni di primo livello e secondo livello (muratura e cemento armato)*. Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti Roma. Tipografia Moderna: Bologna, 1994.
- (12) *Vulnerabilità economica e funzionale degli edifici residenziali colpiti dai recenti eventi sismici italiani*, XConv. Naz. L'Ingegneria Sismica in Italia, Potenza 9-12 Settembre, 2001.
- (13) Guagenti E. e Petrini V. *Il caso delle vecchie costruzioni: verso una nuova legge danni intensità*. Quarto Convegno Nazionale L'Ingegneria Sismica in Italia, Milano, 1989.
- (14) Medvedev, S.V. *Seismic Intensity Scale M.S.K.-76*. Publ. Inst. Geophys. Pol. Ac. Sc. Warsaw 1977
- (15) Petrini V. (ed) *Pericolosità sismica e prime valutazioni di rischio in Toscana* Rapporto CNR-IRRS e Regione Toscana, Landini: Novoli (FI), 1995
- (16) Spence, R. *Intensity, damage and loss in earthquakes*, in A. Bernardini (ed.), *Seismic damage to masonry buildings, Proceedings of the International Workshop on Measures of Seismic Damage to Masonry buildings*, Monselice, Padova, 25-26 June, 1997, 105-112, Balkema: Rotterdam –Brookfield, 1999
- (17) Whitman R. V. *Damage Probability Matrices for Prototype Buildings*. Massachusetts Institute of Technology, Department of Civil Engineering Research, Report R73-57, Cambridge, Massachusetts, 1973.
- (18) Zonno G. (coordinatore), Cella, F., Luzi L., Menoni S., Meroni F., Ober G., Pergalani F., Petrini V., Tomasoni R., *Seismic risk evaluation through integrated use of Geographical Information Systems and Artificial Intelligence* Rap. CNR-IRRS alla CE, contratto ENV4-CT96-0279, pp.95-102, Milano, 1998
- (19) Zuccaro G., Papa F. e Baratta A.. *Aggiornamento delle mappe a scala nazionale di vulnerabilità sismica delle strutture edilizie* in A. Bernardini (ed.) *La vulnerabilità degli edifici –Valutazione a scala nazionale della vulnerabilità sismica degli edifici ordinari*, 133-175, GNDT, Esagrafica Srl: Roma, 2000
- (20) Lucantoni A., Bosi V. Brammerini F., De Marco R., Lo Presti T., Naso G, Sabetta F., *Il Rischio sismico in Italia*, in Ingegneria Sismica n. 1, 2001.
- (21) Faccioli E., Pessina V., *The Catania project*, GNDT, Roma, 1999