

# Pericolosità sismica e variazione dei costi di miglioramento o di costruzione degli edifici (AGGIUNGEREI EVENTUALMENTE, nella provincia di Campobasso)

Giandomenico Cifani<sup>1</sup>, Giuseppe Di Capua<sup>2</sup>, Alberto Lemme<sup>3</sup>, Carmenzo Miozzi<sup>3</sup>, Silvia Peppoloni<sup>2</sup>, Stefano Podestà<sup>4</sup>

<sup>1</sup>ITC-CNR - Istituto per le Tecnologie della Costruzione, P.le Collemaggio, 1 - 67100 L'Aquila

<sup>2</sup>INGV – Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Via Nizza 128 - 00198 Roma

<sup>3</sup>Regione Molise -Struttura del Commissario Delegato per la Ricostruzione in Molise, via XXIV Maggio, 130 - 86100 Campobasso

<sup>4</sup>DICAT - Dipartimento di Ingegneria delle Costruzioni, dell'Ambiente e del Territorio, Università di Genova, Via Montallegro, 1-16145 Genova

*Keywords: analisi dei costi, pericolosità sismica, vulnerabilità sismica, normativa sismica*

## ABSTRACT:

Con questa ricerca ci siamo posti l'obiettivo di valutare l'impatto economico degli studi di pericolosità sismica sulla ricostruzione che è seguita al terremoto del Molise del 2002. Lo studio è stato condotto su un campione di edifici della provincia di Campobasso che sono stati oggetto dei censimenti del danno e della vulnerabilità sismica. Utilizzando i modelli dei costi sviluppati per la fase di emergenza e per la fase di ricostruzione, unitamente ad un'attenta analisi dei costi effettivi della ricostruzione in corso, sono state evidenziate le variazioni che intervengono adottando differenti valori di pericolosità sismica, espressa in termini di PGA. Abbiamo considerato non solo i valori di accelerazione di picco, riferiti quindi al substrato rigido (bedrock), ma anche gli incrementi determinati dalle caratteristiche morfo-litologiche di sito, utilizzando i risultati di un progetto INGV-GNDT e i recenti studi di microzonazione sismica effettuati nell'area epicentrale del terremoto. Il processo di ricostruzione prevede interventi di riparazione del danno e di miglioramento sismico di cui si valutano l'efficacia in termini di riduzione della vulnerabilità e i relativi costi associati. Inoltre, il livello di sicurezza richiesto dalla normativa viene modulato in funzione della pericolosità sismica di riferimento. Per quanto riguarda le nuove costruzioni, viene valutato il costo di intervento in relazione al livello di sicurezza richiesto. La ricerca ha analizzato diverse tecniche di intervento per differenti tipologie edilizie. Per ciascuna di esse è stato calcolato un costo unitario e valutata sia l'efficacia dell'intervento che il rapporto costi/benefici sulla base dell'azione sismica di progetto, così come definita dall'OPCM 3274/03. Per gli edifici pubblici, in particolare, è stato evidenziato che l'incremento della pericolosità sismica può comportare, per una stessa tipologia di manufatto, la necessità di modificare l'intervento previsto dall'adeguamento-miglioramento alla demolizione-ricostruzione (ovvero di provvedere al trasferimento della funzione) per ottenere il livello di sicurezza definito. Ne consegue che per una stessa tipologia di edifici può essere previsto un intervento di demolizione-ricostruzione se il manufatto è ubicato in una zona ad elevata pericolosità ed un intervento di adeguamento-miglioramento se collocato in zone a pericolosità minore. I risultati ottenuti mostrano che i livelli di sicurezza fissati dalla normativa vigente per gli edifici ubicati nelle zone sismiche 1 e 2 dell'OPCM 3274/03 non comportano sostanziali differenze nei costi di intervento. Sensibili aumenti si verificano invece quando l'azione sismica di progetto deve essere incrementata per considerare la possibilità che nel sito di ubicazione dell'edificio si generino fenomeni di amplificazione sismica locale. Queste considerazioni mettono in evidenza ancora una volta la necessità di investire importanti risorse economiche nazionali nella conoscenza del patrimonio edilizio, nelle tecniche di intervento e nella microzonazione sismica delle aree urbane, azione questa propedeutica ad una efficace politica di riduzione del danno economico per cause sismiche.

## 1 INTRODUZIONE

Il 31 ottobre ed il 1 novembre 2002 due scosse di moderata magnitudo ( $M_w = 5.7$ ) colpiscono alcuni comuni delle province di Campobasso e Foggia (Galli et al., 2004; Maffei et al., 2004; Valensise et

al., 2004). Il quadro di danneggiamento prodotto dalla prima scossa viene ulteriormente aggravato dalla seconda, che investe inoltre comuni che il 31 ottobre erano stati solo marginalmente interessati dall'evento sismico. Questo terremoto sorprende l'opinione pubblica. La società civile viene profondamente scossa dal decesso di 27 bambini a seguito del crollo totale della scuola "F. Iovine" di

San Giuliano di Puglia (CB), anche in relazione al fatto che tale zona non fosse classificata sismica, nonostante la comunità scientifica avesse da tempo segnalato la pericolosità di questo territorio (Romeo et al., 1997; Slejko et al., 1998; Albarello et al., 2000), proponendone il suo inserimento nella 2a categoria (GdL, 1999). La reazione delle Istituzioni produce l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (OPCM) n. 3274/03 (G.U. n. 105 del 08/05/2003), che colma lacune storiche nella classificazione del territorio nazionale, definisce le modalità di redazione ed aggiornamento periodico delle mappe di pericolosità sismica di base, introduce, seppur in maniera non esplicita, la microzonazione sismica nel quadro normativo di riferimento per la difesa dai terremoti. La successiva fase di ricostruzione e di adeguamento sismico e le verifiche tecniche che sono scaturite da questo provvedimento d'urgenza hanno trovato una nuova cornice legislativa (Allegato 2): purtroppo la non entrata in vigore definitiva di questo provvedimento ha fatto sì che esso non sia stato quasi mai adottato come riferimento normativo e pertanto nella maggior parte dei casi si è continuato ad utilizzare il D.M. del 16 gennaio 1996. I dati di pericolosità, di base e locale, di vulnerabilità e di danno disponibili per la provincia di Campobasso (Figura 1) ci hanno fornito l'occasione di ragionare sull'impatto economico che le modifiche dei valori di PGA attesi determinano sui costi della ricostruzione post-evento e sulla realizzazione di nuovi edifici.

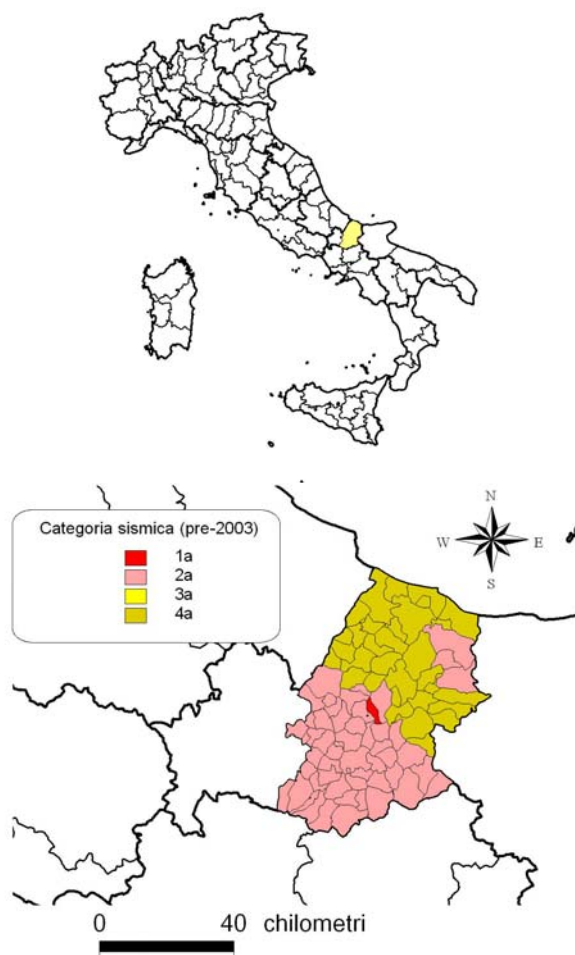


Figura 1. Ubicazione della provincia di Campobasso e classificazione del territorio analizzato prima dell'entrata in vigore dell'OPCM 3274/03.

## 2 LA CLASSIFICAZIONE SISMICA DELLA PROVINCIA DI CAMPOBASSO

I comuni della regione Molise sono stati oggetto di una progressiva classificazione sismica a partire dal terremoto di Avezzano del 1915 (Regio Decreto Legge n. 573 del 29 aprile 1915). Con i provvedimenti contenuti nel Regio Decreto Legge n. 640 del 25 marzo 1935, nel Regio Decreto Legge n. 682 del 3 aprile 1930, nel Decreto del Presidente della Repubblica del 19 ottobre 1962) e nei Decreti Ministeriali del 7 marzo, del 3 giugno e del 9 ottobre 1981 (De Marco et al., 2002; Decanini et al., 2004) tutti i comuni della provincia di Isernia ed un gran numero di quelli della provincia di Campobasso vengono inseriti in zone a cui viene attribuita una pericolosità sismica che decresce spostandosi dalle porzioni di territorio appenniniche a quelle prossime alla costa adriatica. Resta comunque un significativo *gap* normativo proprio nell'area che verrà interessata dal terremoto del 2002 (Figura 1), nonostante le informazioni di sismicità storica (GNDT et al., 1996; Monachesi et al., 1997; Boschi et al., 2000), gli studi di pericolosità sismica a scala nazionale (Romeo et al., 1997; Slejko et al., 1998) ed una proposta di ri-classificazione del territorio italiano del 1998 (GdL, 1999) ne avessero consigliato l'inserimento in una zona sismica a pericolosità intermedia (Figura 2). Dopo il terremoto, il Governo emana l'OPCM 3274/03 che stabilisce la classificazione sismica di tutto il territorio nazionale in quattro zone a pericolosità differente, sulla base di uno studio prodotto nel 1999 da un gruppo di lavoro costituito da esperti del Servizio Sismico Nazionale (SSN) e del Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti (GNDT) (Lucantoni et al., 2001). L'OPCM 3274/03 introduce anche una nuova normativa in materia di progettazione che recepisce nella legislazione italiana le indicazioni provenienti dall'Eurocodice 8 (EC8, 2003) e che si propone, dopo un periodo transitorio - più volte prorogato - di sostituire completamente i vecchi riferimenti normativi costituiti dalla Legge n. 64 del 2 febbraio 1974 (G.U. n. 76 del 21 marzo 1974) e dal D.M. del Ministero dei Lavori Pubblici del 16 gennaio 1996 (G.U. n. 29 del 5 febbraio 1996). Nel 2004 l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia elabora una nuova mappa di pericolosità sismica a scala nazionale (GdL MPS, 2004) che modifica ed incrementa i valori di accelerazione di picco (PGA) su suolo rigido riferiti ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (tempo di ritorno pari a 475 anni) per molti comuni del territorio molisano. L'OPCM n. 3519/06 (G.U. n. 108 del 11/05/2006) sancisce questa nuova mappa quale riferimento sci-

entifico per le Regioni al fine di un aggiornamento della classificazione sismica dei territori di competenza. La Regione Molise, con la Deliberazione del Consiglio Regionale (DCR) n. 194 del 20 settembre 2006 (B.U.R.M. n. 31 del 31.10.2006, Supplemento Ordinario n. 1), procede ad una riclassificazione del territorio regionale, adottando i valori di PGA più alti previsti per ogni fascia della mappa allegata all'OPCM citata e declassificando il comune di Castellino del Biferno dalla zona 1 alla zona 2 (Figura 2). La DCR 194/06 dispone che la progettazione degli edifici, a partire dal 31 ottobre 2006, dovrà essere conforme ai valori di PGA della nuova classificazione sismica adottata.

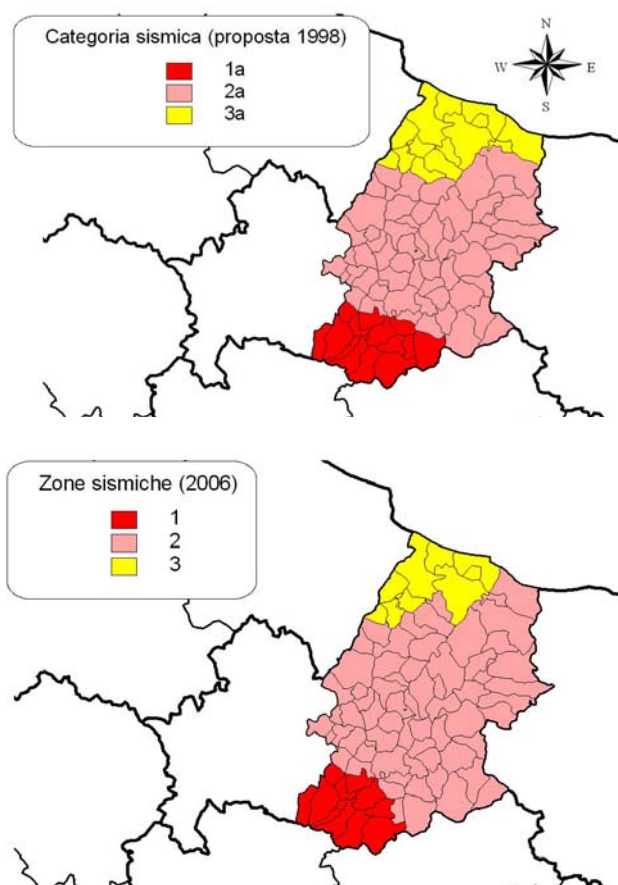


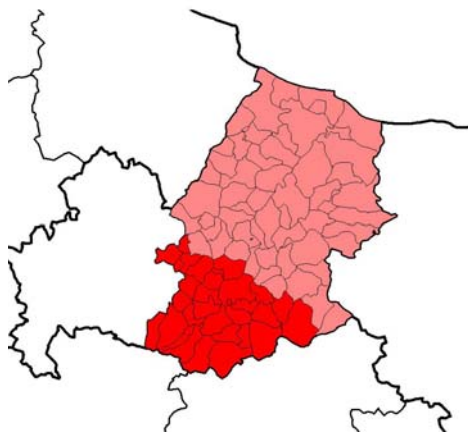
Figura 2. Classificazione sismica della provincia di Campobasso: in alto la proposta del 1998, in basso le zone sismiche definite nel 2006 (BURM n. 31/06).

### 3 LA PERICOLOSITÀ SISMICA DELLA PROVINCIA DI CAMPOBASSO

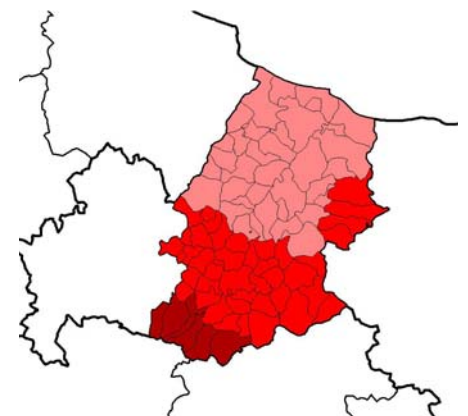
Nei paragrafi precedenti si è fatto riferimento agli studi scientifici che hanno quantificato su base probabilistica la pericolosità sismica in Italia. Le mappe vengono elaborate in termini di PGA (espressa come frazione di g) dal momento che tale parametro è utilizzato nella progettazione ingegneristica. Per le finalità di questo studio sono stati utilizzati i valori di PGA e delle ordinate spettrali in accelerazione (Lucantoni et al. 2001; Romeo, 2004; Gruppo di Lavoro MPS, 2004),

relativi sostanzialmente a tre studi di pericolosità sismica condotti su scala nazionale (Slejko et al., 1998; Albarello et al., 2000; Romeo e Pugliese, 1997 e 2000; Lucantoni et al., 2001; Gruppo di Lavoro MPS, 2004), utilizzando l'approccio "Cornell" (Cornell, 1968), che a livello mondiale viene considerato un metodo standard per elaborazioni finalizzate alla normativa sismica. Lo studio di pericolosità più recente è quello condotto dall'INGV (GdL MPS, 2004) che ha utilizzato i risultati delle ricerche degli anni precedenti e dei risultati dei progetti GNDT 2000-2002 (<http://gndt.ingv.it>). Tale studio si è avvalso anche di nuove elaborazioni "ad hoc" tra cui la zonazione sismogenetica ZS9 (Gruppo di Lavoro MPS, 2004) in sostituzione della ZS4 (Scandone et al., 1992) e della ZS4.1 (Romeo e Pugliese, 1997) utilizzate negli studi precedenti, e la revisione del catalogo dei terremoti (Gruppo di Lavoro CPTI, 2004). L'impiego di un albero logico ha permesso, infine, l'analisi delle incertezze di tipo prevalentemente epistemico. Per quanto riguarda il Molise c'è un elemento che ha condizionato in maniera sostanziale i risultati ottenuti dall'INGV rispetto al passato: la delimitazione nella ZS9 di un'area ad allungamento E-W che è stata prevista sulla base della localizzazione e dei meccanismi focali dei terremoti del 31 ottobre e del 1 novembre 2002. Riconoscendo una continuità sismotettonica tra l'area garganica e l'area interessata dal terremoto del Molise (Valensise et al., 2004), è stato introdotto un importante elemento di incremento della pericolosità sismica per quest'area, con il conseguente aumento dei valori di PGA attesi. Questo risultato è comunque in linea con la proposta di classificazione del 1998 (GdL, 1999) che prevedeva per i comuni non ancora classificati, ubicati al confine tra il Molise e la Puglia, l'inserimento in una zona a pericolosità intermedia (categoria sismica 2), oggi equivalente alla zona sismica 2 dell'OPCM 3274/03 (Figura 2). I tre studi che sono stati utilizzati in questo lavoro verranno denominati nelle pagine seguenti con le sigle SSN97 (Romeo e Pugliese, 1997 e 2000), GNDT/SSN01 (Albarello et al., 2000; Lucantoni et al., 2001) e INGV04 (Gruppo di Lavoro MPS, 2004). I valori di PGA in GNDT/SSN01 sono stati calcolati considerando la deviazione standard della legge di attenuazione. I valori di PGA di INGV04 rappresentano la mediana di tutte le PGA calcolate con l'albero logico.

SSN97  
(1997)



GNDT/SSN01  
(2001)



INGV04  
(2004)

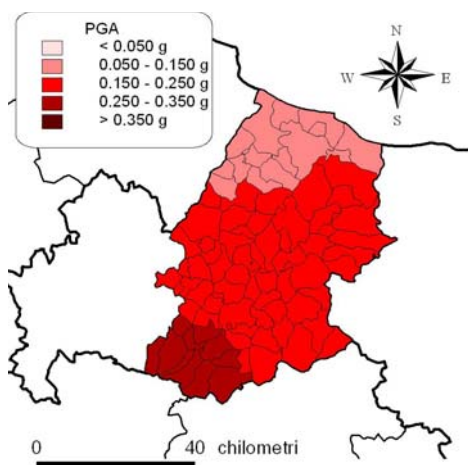


Figura 3. Evoluzione dei risultati degli studi di pericolosità sismica per la provincia di Campobasso. La sigla, a lato delle immagini, identifica lo studio di pericolosità utilizzato.

La figura 3, in cui i valori di PGA calcolati nei tre diversi studi vengono rappresentati utilizzando 5 classi di distribuzione delle accelerazioni di picco, mostra il progressivo aumento della pericolosità nella provincia di Campobasso passando dallo studio più vecchio (1997) a quello più recente (2004). Con lo studio GNDT/SSN01 si produce un incremento della PGA per tutti gli 84 comuni del territorio, con un aumento medio di 0.021g. Gli incrementi sono compresi tra il 3 ed il 39% secondo una distribuzione in classi percentuali mostrata in figura 4 (grafico in alto). 17 comuni (pari al 20% del campione) mostrano aumenti compresi tra il 20% ed il 40%. Con lo studio INGV04 si produce un

ulteriore incremento di pericolosità per ben 77 comuni (pari al 92% del campione), con aumento medio di 0,041g. Gli incrementi percentuali sono compresi tra l'1% fino ad arrivare al 66%. In 5 comuni si evidenzia una leggera diminuzione della PGA, contenuta tra l'1% ed il 4%. In 2 comuni non si registrano variazioni. La distribuzione percentuale in figura 4 (grafico in basso) mostra complessivamente un aumento della PGA per 49 comuni (pari al 58% del campione) con incrementi superiori al 40% in 23 centri abitati (pari al 27% del campione).

Tutti i valori di PGA utilizzati per questo studio sono riportati nella tabella 1.

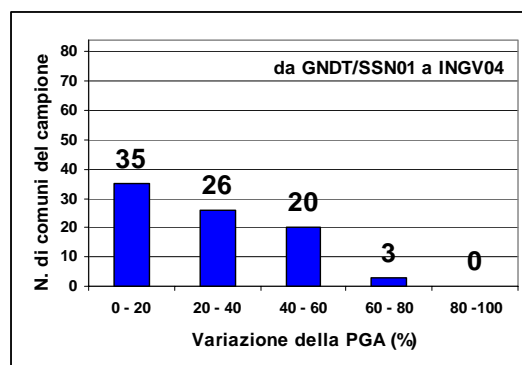
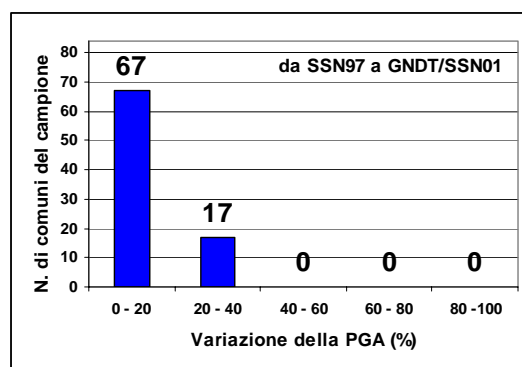


Figura 4. Classi percentuali dell'incremento dei valori di PGA nei comuni della provincia di Campobasso rispettivamente passando dallo studio SSN97 allo studio GNDT/SSN01 e da quest'ultimo allo studio INGV04.

#### 4 LA MICROZONAZIONE SISMICA DELLA PROVINCIA DI CAMPOBASSO

L'OPCM 3274/03 definisce l'azione sismica di progetto come il prodotto tra l'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico ( $a_g$ ), individuata dal valore di accelerazione di picco orizzontale del suolo (PGA) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni ed espressa come frazione dell'accelerazione di gravità (g), ed il valore di S, stabilito sulla base della categoria di suolo di fondazione del sito che viene esaminato. Un valore di S pari ad 1, indica che l'accelerazione orizzontale non deve essere modificata in quanto, localmente, si è in presenza di un terreno roccioso che non incrementa il livello di scuotimento atteso al



sito. Viceversa valori maggiori di 1 sono previsti laddove siano presenti, localmente, terreni che generalmente producono amplificazione dell'input sismico. La normativa non prevede mai situazioni litologiche che possano produrre una de-amplificazione e conseguentemente una diminuzione del valore di scuotimento. Per considerare gli incrementi di accelerazione orizzontale dovuti alle caratteristiche litologiche dei terreni presenti nella provincia di Campobasso sono state utilizzate due famiglie di dati esistenti. La prima, relativa a tutto il territorio nazionale, contiene una classificazione dei terreni sulla base dell'EC8 (EC8, 2003). Da questo database, prodotto nell'ambito del progetto INGV-GNDT "Terremoti probabili in Italia tra l'anno 2000 e il 2030: elementi per la definizione di priorità degli interventi di riduzione del rischio sismico" (<http://gndt.ingv.it>) sono stati estratti i dati relativi a tutti i comuni della provincia di Campobasso. Alle tre categorie di suolo previste è stato associato un valore di incremento dello scuotimento al bedrock, denominato  $S_{EC8}$ , i cui valori sono pari a 1.0 ("Rock"), 1.2 ("Stiff soil") e 1.15 ("Soft soil"). Ad ogni comune è stato pertanto associato un solo valore di  $S_{EC8}$ ; per 76 comuni (pari al 90,5% del campione) l'S è risultato uguale ad 1.0, mentre per 8 comuni (pari al 9,5% del campione) l'S è risultato pari ad 1.2 (Tabella 1). Non sono stati riscontrati comuni su "Soft soil". La seconda famiglia di dati è costituita dai risultati degli studi di microzonazione sismica che sono stati condotti su 12 dei 14 comuni ubicati nell'area epicentrale colpita dal terremoto del 2002. Non sono stati considerati i risultati delle microzonazioni effettuate per i centri abitati di San Giuliano di Puglia e di Ripabottoni in quanto eseguite con una metodologia diversa da quella adottata per gli altri 12 centri abitati dell'epicentro. Le carte di microzonazione sismica, redatte dalla Commissione di Esperti della Regione Molise, prevedono la delimitazione del territorio urbano in aree a cui è associato il fattore S (OPCM 3274/03) di incremento dello scuotimento al bedrock. Rispetto a quanto prescritto dall'OPCM 3274/03, la Commissione ha ulteriormente suddiviso la categoria di suolo B ( $S=1,25$ ) nelle due categorie  $B_1$  ( $S=1,15$ ) e  $B_2$  ( $S=1,25$ ). La categoria  $B_1$  è stata adottata quando i valori di  $V_{s30}$  delle prove down-hole sono risultati compresi nell'intervallo 600-800 m/s; la categoria  $B_2$  è stata utilizzata quando i valori di  $V_{s30}$  sono risultati compresi nell'intervallo 360-600 m/s. In alcuni casi è stato adottato un ulteriore fattore di incremento dello scuotimento ( $S_T$ ) per tener conto di possibili effetti di amplificazione sismica per cause topografiche. In Al fine di attribuire a ciascun comune un solo valore di S, nei nostri studio abbiamo calcolato un valore  $S_{MICR}$ . ESSO è stato ottenuto attraverso una media pesata considerando l'area di distribuzione di ciascuno dei valori di S adottati per la zonazione del centro abitato, con riferimento alla sola area ur-

banizzata. Non è stato considerato il contributo di  $S_T$  nell'incremento dello scuotimento. I valori calcolati di  $S_{MICR}$  variano tra 1.16 e 1.26 (Tabella 2).



Figura 5. Classificazione dei terreni della Regione Molise, utilizzando l'EC8, prodotta nell'ambito di un progetto INGV-GNDT (<http://gndt.ingv.it>).

Tabella 1. Dati di input sismico (PGA) utilizzati nell'analisi.

Comune	PGA 1997	PGA 2001	PGA 2004	$S_{EC8}$
Acquaviva Collecroce	0,094	0,11335	0,149754	1,0
Baranello	0,225	0,24897	0,251603	1,0
Bojano	0,239	0,26233	0,268176	1,2
Bonefro	0,131	0,14493	0,210550	1,0
Busso	0,212	0,21902	0,247956	1,0
Campobasso	0,178	0,19108	0,232415	1,0
Campochiaro	0,241	0,26314	0,269374	1,0
Campodipietra	0,156	0,18501	0,220419	1,0
Campolieto	0,129	0,15950	0,217745	1,0
Campomarino	0,093	0,12914	0,127047	1,2
Casacalenda	0,114	0,12590	0,208918	1,0
Casalciprano	0,208	0,21821	0,247717	1,0
Castelbottaccio	0,110	0,13197	0,206941	1,0
Castellino del Biferno	0,118	0,14007	0,214425	1,0
Castelmauro	0,099	0,12145	0,173362	1,0
Castropignano	0,175	0,21092	0,238531	1,0
Cercemaggiore	0,216	0,22671	0,220031	1,0
Cercepiccola	0,227	0,23966	0,242482	1,0
Civita campomarano	0,106	0,12509	0,198864	1,0
Colle d'Anchise	0,234	0,25626	0,262108	1,0
Colletorto	0,137	0,16031	0,210450	1,0
Duronia	0,181	0,19877	0,240830	1,0
Ferrazzano	0,194	0,22064	0,233193	1,0
Fossalto	0,149	0,16477	0,229532	1,0

Gambatesa	0,143	0,17044	0,179134	1,0
Gildone	0,183	0,20890	0,214659	1,0
Guardialfiera	0,103	0,12104	0,195368	1,0
Guardiaregia	0,242	0,26881	0,268226	1,0
Guglionesi	0,093	0,10809	0,139512	1,2
Jelsi	0,163	0,19230	0,204939	1,2
Larino	0,113	0,12955	0,200484	1,0
Limosano	0,135	0,16072	0,222451	1,0
Lucito	0,114	0,14250	0,211297	1,0
Lupara	0,108	0,12509	0,205045	1,0
Macchia Valfortore	0,131	0,15384	0,208226	1,0
Mafalda	0,088	0,10606	0,117691	1,0
Matrice	0,142	0,16963	0,222633	1,0
Mirabello Sannitico	0,203	0,24250	0,233505	1,0
Molise	0,189	0,22226	0,243882	1,0
Monacilioni	0,132	0,15708	0,215442	1,0
Montagano	0,137	0,15829	0,222822	1,0
Montecilfone	0,092	0,10930	0,137123	1,0
Montefalcone nel Sannio	0,097	0,11740	0,142890	1,0
Montelongo	0,133	0,14574	0,209086	1,0
Montemitro	0,094	0,11133	0,133376	1,0
Montenero di Bisaccia	0,086	0,10202	0,115110	1,0
Montorio nei Frentani	0,125	0,13764	0,207292	1,0
Morrone del Sannio	0,115	0,13683	0,212350	1,0
Oratino	0,188	0,20647	0,241655	1,0
Palata	0,092	0,11052	0,139746	1,0
Petacciato	0,081	0,09878	0,104531	1,2
Petrella Tifernina	0,121	0,14372	0,216718	1,0
Pietracatella	0,133	0,15950	0,209273	1,0
Pietracupa	0,151	0,18703	0,229871	1,0
Portocannone	0,099	0,12104	0,147979	1,2
Provvidenti	0,115	0,13724	0,211105	1,0
Riccia	0,167	0,18460	0,183483	1,0
Ripabottoni	0,118	0,13805	0,213398	1,0
Ripalimosani	0,151	0,18015	0,227301	1,0
Rocavivara	0,102	0,12590	0,157335	1,0
Rotello	0,147	0,15829	0,208369	1,0
Salcito	0,128	0,15748	0,211299	1,0
San Biase	0,127	0,15343	0,217680	1,0
San Felice del Molise	0,093	0,11133	0,134332	1,0

San Giacomo degli Schiavoni	0,087	0,10323	0,118867	1,2
San Giovanni in Galdo	0,144	0,16031	0,220618	1,0
San Giuliano del Sannio	0,232	0,24695	0,252795	1,0
San Giuliano di Puglia	0,137	0,16517	0,210658	1,0
San Martino in Pensilis	0,111	0,12631	0,180787	1,0
San Massimo	0,239	0,26031	0,268419	1,0
San Polo Matese	0,241	0,26153	0,269112	1,0
Santa Croce di Magliano	0,146	0,16234	0,209843	1,0
Sant'Angelo Limosano	0,132	0,15343	0,220926	1,0
Sant'Elia a Pianisi	0,128	0,14857	0,212232	1,0
Sepino	0,241	0,26476	0,263777	1,0
Spinete	0,229	0,24169	0,259987	1,0
Tavenna	0,090	0,10849	0,130015	1,0
Termoli	0,084	0,10445	0,110161	1,2
Torella del Sannio	0,174	0,20363	0,238906	1,0
Toro	0,148	0,17246	0,218477	1,0
Trivento	0,115	0,13238	0,192960	1,0
Tufara	0,145	0,16679	0,163732	1,0
Ururi	0,130	0,13967	0,200695	1,0
Vinchiaturò	0,231	0,24493	0,256268	1,0

Tabella 2. Valori di  $S_{MICR}$  calcolati per i 12 comuni dell'area epicentrale del terremoto del Molise (2002).

Comune	$S_{MICR}$
Bonefro	1,25
Casacalenda	1,22
Castellino del Biferno	1,23
Colletorto	1,17
Larino	1,25
Montelongo	1,16
Montorio nei Frentani	1,25
Morrone del Sannio	1,18
Provvidenti	1,26
Rotello	1,22
Santa Croce di Magliano	1,21
Ururi	1,17

## 5 STIMA DEI COSTI DI ADEGUAMENTO: INTRODUZIONE

In seguito agli eventi tellurici che hanno colpito il Molise a partire dal 31 ottobre 2002 c'è stata, anche a livello politico, una sensibilizzazione al problema terremoto che, per anni, è stato tenuto colpevolmente nel "cassetto". Ci sono state quindi numerose iniziative sia a livello nazionale che a livello locale che hanno avviato una serie di studi che hanno prodotto una consistente mole di dati su cui è possibile, ad oggi, ricavare interessanti indicazioni.

In particolare La Regione Molise, per il crollo della scuola "Jovine" di San Giuliano di Puglia, ha emanato LR 38/2002 che con delibera di G.R. n.183/2003 ha approvato le linee guida per la valutazione della vulnerabilità, predisposte dal CNR. L'obiettivo fondamentale delle indagini e delle analisi svolte con la L.R.38/2002 è stato quello della "determinazione della vulnerabilità sismica, intesa come determinazione dell'intensità del terremoto che può verosimilmente produrre il collasso della struttura.

Durante la fase dell'emergenza inoltre, a seguito dei sopralluoghi effettuati dai tecnici per la verifica dell'agibilità dell'edilizia ordinaria, si è prodotto una grossa base dati che contiene tutte le informazioni relative alla scheda AeDES come tipologie costruttive, qualità murarie, ubicazione determinando così una base dati povera ma comunque piuttosto estesa.

Con l'O.C. n.13/03 la Regione Molise ha avviato la fase di ricostruzione ed l'intero panorama edilizio (pubblico e privato) prima tramite i progetti preliminari - perizie di stima che hanno portato all'individuazione delle unità minime strutturali di intervento con una stima sommaria delle esigenze economiche in base al livello di danno presente sulle unità strutturali, poi con l'avvio della progettazione esecutiva che, oltre la normale produzione progettuale, ha meglio precisato le esigenze economiche in relazione al livello di danneggiamento riscontrato.

### AGGIUNGERE CHIESE

A partire da tali dati è quindi possibile eseguire delle valutazioni finalizzate alla valutazione dei costi di adeguamento in funzione della pericolosità tenuta come riferimento.

## 6 PATRIMONIO EDILIZIO ORDINARIO ESISTENTE

Per la valutazione del costo di adeguamento sismico dell'edilizia ordinaria esistente in muratura sono stati utilizzati i dati presenti sulla scheda AeDES, utilizzata per la valutazione dell'agibilità. L'iter si articola nel seguente modo:

Passo 1: valutazione dell'indice di vulnerabilità per edificio secondo la formulazione della scheda di II livello del GNDT a partire dalle informazioni della scheda Aedes,

Passo 2: calcolo, relativamente al singolo edificio, dell'accelerazione che produce lo stato limite di danno severo su suolo rigido a partire dalle curve di fragilità (secondo la formulazione del GNDT): si è stimato il

danno severo in corrispondenza di un livello di danneggiamento pari a 0.8. Il valore scelto è stato valutato in funzione della definizione di danno severo presente nell'O.P.C.M. n.3274/03 e s.m.i

L'accelerazione limite è quindi valutata in funzione:

- del coefficiente di amplificazione spettrale calcolabile in base al periodo proprio del fabbricato ( $T = 0.050 h^{0.75}$ ),
- del coefficiente di amplificazione stratigrafico valutato secondo diverse formulazioni di pericolosità di sito,
- della duttilità delle strutture murarie esistenti, tipicamente pari a 1.5.

Passo 3: si ipotizza un set di interventi considerati "buoni". Si fa una valutazione di ciascun intervento sia da un punto di vista economico, come costo al metro quadro, sia strutturale, come variazione dell'accelerazione allo stato limite di DS dell'edificio

passo 4: su ogni edificio si valuta in numero di interventi necessari perchè abbia una resistenza almeno pari a quella di riferimento (derivante dalle mappe di pericolosità o dalla normativa) quindi una valutazione del costo unitario relativo a tali interventi.

### 6.1 Calcolo dell'indice di vulnerabilità

Il calcolo della vulnerabilità prevede prima la valutazione dei coefficienti della scheda di II livello del GNDT quindi il calcolo dell'indice di vulnerabilità con la nota procedura.

A tal fine, per discretizzare al meglio il problema, alle classi previste dalla scheda di II livello GNDT (A, B, C, D) si aggiungono altre tre classi intermedie (AB, BC, CD): tale scelta è stata dettata in parte per meglio raccordare le informazioni dedotte dalla scheda AeDES in parte per valutare in maniera più precisa l'incidenza degli interventi sull'indice di vulnerabilità. In taluni casi, soprattutto per mancanza di informazioni, si è utilizzata una classe M che indica una valutazione media della vulnerabilità sul parametro considerato.

#### 6.1.1 Parametro 1: Tipo ed organizzazione del sistema resistente

Il parametro dipende essenzialmente da cordoli e catene: è dedotto dalla sezione 3 come indicato nella Figura 1.

scheda AeDES		classe (II liv. GNDT)
colonne	sez.	
C e E	3	B
B e D	3	CD
A	3	M

tab. 1: Attribuzione delle classi della scheda di II livello GNDT relative al parametro 1

Strutture verticali Strutture orizzontali		Strutture in muratura:				
		Non identificate	A tessitura irregolare e di cattiva qualità (Pietrame non squadrato, ciottoli,...)		A tessitura regolare e di buona qualità (Blocchi; mattoni; pietra squadrata,...)	
			Senza catene o cordoli	Con catene o cordoli	Senza catene o cordoli	Con catene o cordoli
		A	B	C	D	E
1	Non identificate	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Volte senza catene	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Volte con catene	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Travi con soletta deformabile (travi in legno con semplice tavolato, travi e volte,...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Travi con soletta semirigida (travi in legno con doppio tavolato, travi e tavelloni,...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Travi con soletta rigida (soletti di c.a., travi ben collegate a solette di c.a.,...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Discontinuità nei maschi murari	1	Canali	M	canali	CD	B	impiastrici	CD	incolli	B	gas
---------------------------------	---	--------	---	--------	----	---	-------------	----	---------	---	-----

Figura 1: Schema di valutazione del sistema resistente

### 6.1.2 Parametro 2: Qualità del sistema resistente

Anche il parametro 2 viene dedotto dalla sezione 3 della scheda Aedes a seconda della qualità della muratura. L'attribuzione delle classi viene effettuata incrociando le definizioni di qualità muraria (buona o cattiva) con le tipologie murarie indicate nel manuale di compilazione della scheda di II livello.

Scheda AeDES		classe (II liv. GNDT)
colonne	sez.	
D e E	3	AB
B e C	3	BC
A	3	M

tab. 2: Attribuzione delle classi della scheda di II livello GNDT relative al parametro 2

### 6.1.3 Parametro 3: Resistenza convenzionale

La valutazione del parametro 3 è legata al calcolo della resistenza convenzionale. Per il calcolo del C è stato ipotizzato un edificio con una superficie di piano pari a 100 mq. Tale scelta non è limitativa in quanto i parametri necessari per il calcolo vengono sempre calcolati in media e non riferiti a quel particolare edificio.

I parametri per la resistenza convenzionale sono:

- numero dei piani di verifica: vengono calcolati i piani fuori terra deducibili dalla sezione 2 della scheda AeDES,
- area di copertura: 100 mq,
- peso della muratura: 2000 kg/mc
- peso solai: 500 kg/mq se i solai sono rigidi (righe 5 e 6 della sez.3); 300 kg/mq altrimenti,
- le altezze medie di piano vengono dedotte dalla sezione 2,
- resistenza a taglio: la valutazione della resistenza a taglio è stata valutata a seconda della qualità muraria indicata nella sezione 3. Per l'individuazione della muratura di tipo scadente si è cercato nella tabella 11.D.1 dell'O.P.C.M. n.3274/03 quali murature potevano essere individuate come scadenti secondo la scheda AeDES. Tali murature sono:
  - o muratura in pietrame disordinata (n.1 nella tabella 11.D.1),
  - o muratura a conci sbozzati .... (n.2 nella tabella 11.D.1),
  - o muratura a conci di pietra tenera... (n.4 nella tabella 11.D.1)

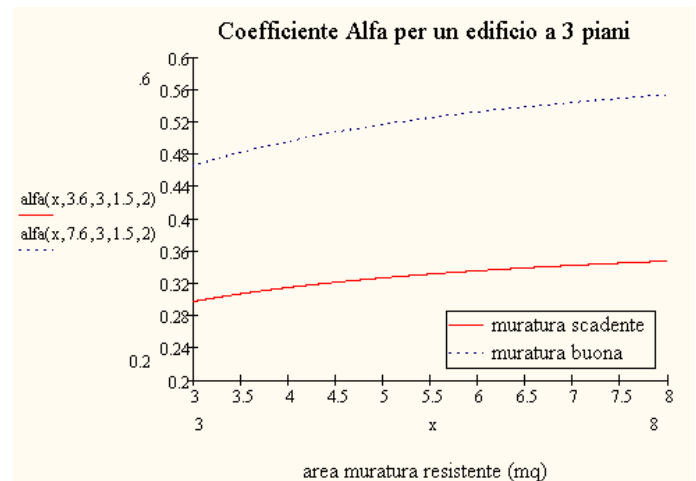
- La muratura buona è stata individuata nelle seguenti tipologie:

- o muratura con pietre a spacco con buona tessitura (n.3 nella tabella 11.D.1)
- o muratura a blocchi lapidei squadrati (n.5 nella tabella 11.D.1)
- o muratura in mattoni pieni e malta di calce (n.6 nella tabella 11.D.1)

- A questo punto la resistenza a taglio viene valutata come la media delle  $\tau_k$  nelle due classi di muratura, quella buona e quella scadente.

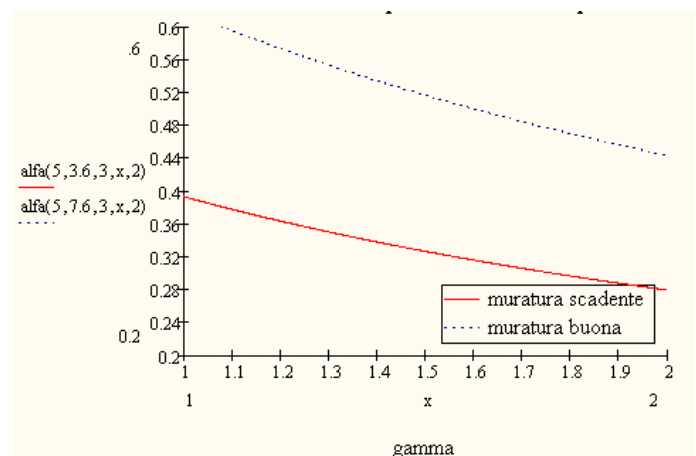
- o  $\tau_k = 3.5$  t/mq per la muratura scadente
- o  $\tau_k = 7.6$  t/mq per la muratura buona

- A, B (aree di muratura resistente, minima e massima): a tal proposito si è rilevato che la resistenza convenzionale è poco sensibile alla variazione delle aree resistenti (vedere grafico a seguito). Si è ipotizzato un valore  $A = 5$  mq e  $B = 1.5 \cdot 5 = 7.5$  mq in quanto per variazioni del 20% sulla superficie di muratura resistente si hanno variazioni sul parametro alfa ( $=C/0.4$ ) pari al 3.7% per muratura scadente e pari a 4.1% per la muratura buona



tab. 3: Verifica della sensibilità di alfa rispetto all'area di muratura resistente.

Per quanto riguarda il coefficiente gamma si è assunto un valore pari a 1.5. Dallo studio della funzione alfa si nota inoltre che il parametro non è particolarmente sensibile al coefficiente gamma  $=B/A$  come si evidenzia dal grafico seguente.



tab. 4: Verifica della sensibilità di alfa rispetto a gamma.



Edificio a tre piani		
muratura resistente (mq)	muratura	alfa
6	scadente	0.335
5	scadente	0.327
4	scadente	0.315
6	buona	0.532
5	buona	0.517
4	buona	0.496

tab. 5: Valori di alfa al variare dell'area di muratura resistente

Per variazioni del 20% su gamma si ha una variazione del 11% su alfa (su un edificio di 3 piani).

Edificio a tre piani		
gamma	muratura	alfa
1.2	scadente	0.363
1.5	scadente	0.327
1.8	scadente	0.297
1.2	buona	0.574
1.5	buona	0.517
1.8	buona	0.470

tab. 6: Valori di alfa al variare del parametro gamma.

alfa	classe (II liv. GNDT)
$\geq 1$	A
$\geq 0.9$ e $< 1$	AB
$\geq 0.7$ e $< 0.9$	B
$\geq 0.55$ e $< 0.7$	BC
$\geq 0.45$ e $< 0.55$	C
$\geq 0.45$ e $< 0.4$	CD
$< 0.4$	D

tab. 7: Attribuzione delle classi della scheda di II livello GNDT relative al parametro 3

#### 6.1.4 Parametro 4: Posizione dell'edificio e fondazione

Il parametro dipende, più che dalla natura del terreno, dalla pendenza. Tale informazione è presente nella scheda Aedes alla sezione 7

scheda AeDES		classe (II liv. GNDT)
morfologia	sez.	
pianura	7	A
pendio leggero	7	B
pendio forte	7	C
pianura	7	D

tab. 8: Attribuzione delle classi della scheda di II livello GNDT relative al parametro 4

#### 6.1.5 parametro 5: Orizzontamenti

Le informazioni sugli orizzontamenti sono contenute nella sezione 3 della scheda AeDES.

**SEZIONE 3 Tipologia** (multiscelta; per gli edifici in muratura indicare al massimo 2 tipi di combinazioni stru

Strutture verticali	Strutture orizzontali	Strutture in muratura									
		A tessitura irregolare e di cattiva qualità (Pietrame non squadrato, ciottoli,...)		A tessitura regolare e di buona qualità (Blocchi; mattoni; pietra squadrata,...)		Piastrini isolati	Mista	Rinforzata			
		Senza catene o cordoli	Con catene o cordoli	Senza catene o cordoli	Con catene o cordoli						
Non identificate	A	B	C	D	E	F	G	H			
1 Non identificate	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2 Volte senza catene	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3 Volte con catene	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4 Travi con soletta deformabile (travi in legno con semplice tavolato, travi e voltine,...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5 Travi con soletta semirigida (travi in legno con doppio tavolato, travi e tavelloni,...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6 Travi con soletta rigida (solai di c.a., travi ben collegate a solette di c.a.,...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Discontinuità nei maschi murari:  1 Cani  M  nari  D  AB  pia  D  nold  AB  gas, acqua, etc.)

Figura 2: Le tipologie delle strutture orizzontali sono indicate nella Sezione 3 della scheda AeDES.

scheda AeDES			classe (II liv. GNDT)
riga	colonna	sez.	
5,6	C e E	3	AB
1, 2, 3, 4	C e E	3	C
1, 2, 3, 4, 5, 6	B e D	3	D
1, 2, 3, 4, 5, 6	A	3	M

tab. 9: Attribuzione delle classi della scheda di II livello GNDT relative al parametro 5

#### 6.1.6 Parametro 6: Configurazione planimetrica

Nella scheda Aedes non ci sono informazioni specifiche che possano aiutare alla definizione della classe di vulnerabilità.

Si ipotizza quindi la classe M (media dei valori di vulnerabilità).

cella (scheda AeDES)	classe (II liv. GNDT)
1 A	M
1 B	M
2 A	M
2 B	M

tab. 10: Attribuzione delle classi della scheda di II livello GNDT relative al parametro 6.

#### 6.1.7 Parametro 7: Configurazione in elevazione

Stesso problema del parametro 6 con la precisazione che potendo, in questo caso, variare il peso del parametro nella valutazione globale si mette il peso più basso non perché è poco importante il parametro ma perché poco affidabile l'informazione.

cella (scheda AeDES)	classe (II liv. GNDT)
1 A	M
1 B	M
2 A	M
2 B	M

tab. 11: Attribuzione delle classi della scheda di II livello GNDT relative al parametro 7.

### 6.1.8 Parametro 8: Distanza massima fra le murature

Non c'è alcuna informazione in merito. Valore medio della vulnerabilità

### 6.1.9 Parametro 9: Copertura

Il parametro relativo alle coperture viene dedotto dalla sezione 3

cella	dicitura	classe (II liv. GNDT)
1	spingente pesante	D
2	non spingente pesante	A
3	spingente leggera	C
4	non spingente leggera	A

tab. 12: Attribuzione delle classi della scheda di II livello GNDT relative al parametro 9.

### 6.1.10 Parametro 10: Elementi non strutturali.

La sezione nella quale sono menzionati gli elementi non strutturali è la 5. Da tale sezione è possibile dedurre la possibilità che ci siano elementi strutturali potenzialmente "pericolosi".

La classe di vulnerabilità viene considerata alto o bassa a seconda se sono stati registrati i meno danni agli elementi elencati in sezione 5

SEZIONE 5 Danni ad ELEMENTI NON STRUTTURALI	
Tipo di danno	PRESENZA DANNO
	A
1 Distacco intonaci, rivestimenti, controsoffitti...	<input type="radio"/>
2 Caduta tegole, cornignoli...	<input type="radio"/>
3 Caduta cornicioni, parapetti...	<input type="radio"/>
4 Caduta altri oggetti interni o esterni	<input type="radio"/>
5 Danno alla rete idrica, fognaria o termoidraulica	<input type="radio"/>
6 Danno alla rete elettrica o del gas	<input type="radio"/>

Figura 3: La sezione 5 da informazioni sugli elementi non strutturali.

dicitura	classe (II liv. GNDT)
non c'è indicazione di danno agli elementi evidenziati	AB
c'è indicazione di danno agli elementi evidenziati	CD

tab. 13: Attribuzione delle classi della scheda di II livello GNDT relative al parametro 9.

### 6.1.11 Parametro 11: Stato di fatto.

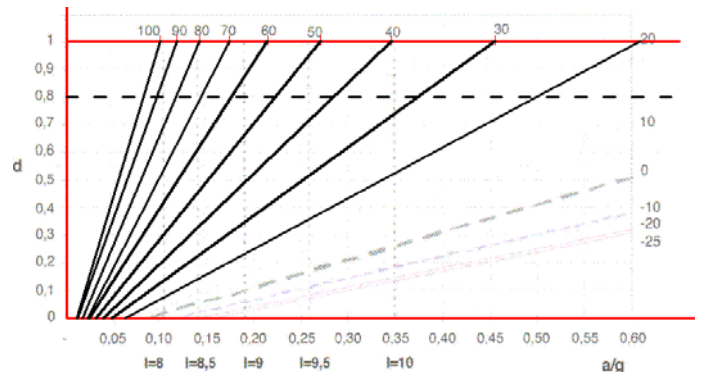
Il parametro sullo stato di fatto è stato valutato come AB se è presente una ristrutturazione effettuata dal 1992 in poi. Informazione contenuta nella sezione 2

rigo (scheda AeDES)	classe (II liv. GNDT)
7, 8	AB
1, 2, 3, 4, 5, 6	CD

tab. 14: Attribuzione delle classi della scheda di II livello GNDT relative al parametro 11.

## 6.2 Calcolo delle accelerazioni allo stato limite di danno severo (DS)

Dopo aver valutato l'indice di vulnerabilità si calcola la PGA al DS attraverso le curve di fragilità in corrispondenza del danno 0.8. Tale scelta è dettata dalla definizione del danno severo che, secondo l'O.P.C.M. n.3274/03, corrisponde alla struttura fortemente danneggiata con significative riduzioni di resistenza e rigidità laterali residue: non è quindi accettabile l'accelerazione di collasso in corrispondenza di danno unitario (crollo totale).



tab. 15: Curve di fragilità utilizzate.

A seconda della vulnerabilità, calcolata al passo precedente, si valuta il valore di  $a_g$  (accelerazione massima su bedrock) con la seguente legge

$$a_g = \frac{a}{S \cdot A_s \cdot P_m \cdot D_u}$$

dove:

$S$  è il coefficiente di amplificazione stratigrafica medio;

$A_s$  è l'amplificazione spettrale per il periodo dell'edificio;

$P_m$  è il coefficiente di partecipazione modale (dipende dal numero dei piani)

$D_u$  è la duttilità della struttura pari a 1.5.

## 6.3 Interventi di miglioramento ipotizzati

Calcolata l'accelerazione massima sopportabile dall'edificio è a questo punto necessario ipotizzare un set di interventi standard e valutarne statisticamente la validità in termini di vulnerabilità. In sintesi bisogna valutare di quanto diminuisce l'indice di vulnerabilità dopo ogni intervento quindi ricalcolare l'accelerazione del fabbricato in oggetto fin quando non si raggiungerà l' $a_g$  di riferimento. Se dopo aver applicato l'intero set di interventi previsti ancora non sarà raggiunta l'accelerazione di riferimento sarà previsto la ricostruzione del fabbricato che avrà un costo pari a 1000.

Gli interventi ipotizzati hanno il seguente ordine di priorità:

- realizzazione dei collegamenti di piano,
- consolidamento/sostituzione delle strutture orizzontali,
- consolidamento della muratura esistente,
- inserimento di nuovi setti murari.

Per la definizione degli interventi si è seguito il D.C. n.35/2005 "Direttive tecniche per la progettazione e real-

izzazione degli interventi sugli edifici privati” correntemente utilizzato per le opere di riparazione e miglioramento sismico dopo il sisma del Molise del 31 ottobre 2002.

### 6.3.1 Realizzazione dei collegamenti di piano

La realizzazione dei collegamenti di piano si ipotizza effettuata con catene. Tale intervento influisce essenzialmente sul:

- “Tipo ed organizzazione del sistema resistente” nel caso la classe di tale paramentro non sia A o B (presenza di collegamenti di piano. In caso il parametro di partenza sia CD ci sarà una variazione  $\Delta I_v = -27.5$ .
- “Orizzontamenti” sono nel caso di orizzontamenti non collegati. Se la classe è C,  $\Delta I_v = -20$  mentre se è D,  $\Delta I_v = -30$  in quanto gli orizzontamento, dopo l'intervento eseguito, risulteranno ben collegati alle strutture verticali

Le variazioni ipotizzate devono essere moltiplicate per il peso che viene dato al parametro quindi normalizzate al valore 100.

Il costo dell'intervento è pari a 52.50.

parametro	classe iniziale	punteggio iniziale	variazione $\Delta I_v$
1	B	5.0	0
1	CD	32.5	-27.5
1	M	17.5	-12.5
5	A	0.0	0
5	B	5.0	0
5	C	25.0	-20
5	D	45.0	-30
5	M	18.75	-12.75

tab. 16: Tabella riassuntiva delle variazioni della vulnerabilità.

### 6.3.2 Consolidamento/sostituzione delle strutture orizzontali

L'intervento è possibile solo nel caso di solaio deformabile (parametro 5) nel qual caso avrà un abbattimento della vulnerabilità come indicato in tab. 17.

Il costo dell'intervento è pari a 260.00

parametro	classe iniziale	punteggio iniziale	variazione $\Delta I_v$
5	B	5	-0.0
5	C	25	-20.0
5	D	45	-10.0
5	M	18.75	-10.0

tab. 17: Tabella riassuntiva delle variazioni della vulnerabilità.

### 6.3.3 Consolidamento della muratura esistente

Il calcolo del miglioramento si sintetizza nell'aumento delle caratteristiche meccaniche della muratura esistente. In particolare per la muratura di cattiva qualità si prende a riferimento le indicazione della tabella 11.D.2 dell'O.P.C.M. n.3274 relative alle murature

- o muratura in pietrame disordinata (n.1 nella tabella 11.D.1),
- o muratura a conci sbozzati .... (n.2 nella tabella 11.D.1),
- o muratura a conci di pietra tenera... (n.4 nella tabella 11.D.1)

e mediamente si stima un fattore 2 per l'aumento della  $\tau_k$ .

Nel caso di muratura di buona qualità le tipologie individuate sulla tabella 11.D.2 dell'O.P.C.M. n.3274 sono:

- o muratura con pietre a spacco con buona tessitura (n.3 nella tabella 11.D.1)
- o muratura a blocchi lapidei squadrate (n.5 nella tabella 11.D.1),
- o muratura in mattoni pieni e malta di calce (n.6 nella tabella 11.D.1)

e si ipotizza un miglioramento dell  $\tau_k$  pari a 1.3.

.....

7 EDILIZIA SCOLASTICA

8 EDILIZIA PUBBLICA

9 EDIFICI DI NUOVA COSTRUZIONE



## BIBLIOGRAFIA

- Albarello, D., Bosi, V., Brammerini, F., Lucantoni, A., Naso, G., Peruzza, L., Rebez, A., Sabetta, F., Slejko, D., 2000, Carte di pericolosità sismica del territorio nazionale, *Quaderni di Geofisica*, 12, Roma, 7 pp., CD-ROM, 4 allegati.
- Boschi, E., Guidoboni, E., Ferrari, G., Mariotti, D., Valensise, G., Gasperini P. (Editors), 2000, Catalogue of Strong Italian Earthquakes from 461 B.C. to 1980, *Ann. Geof.*, 43, 609-868.
- Cornell, C.A., 1968, Engineering seismic risk analysis, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 58, 1583-1606.
- Decanini, L., Di Pasquale, G., Galli, P., Mollaioli, F., Sandò, T., 2004, Seismic hazard and seismic zonation of the region affected by the 2002 Molise, Italy, earthquake, *Earthquake Spectra*, 20, S1, S131-S165.
- De Marco, R., Martini, M.G., 2002, La classificazione e la normativa sismica italiana dal 1909 al 1984, 2213106, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato - P.V., Roma.
- EC8, 2003, Eurocode8: Design of Structures for Earthquake Resistance, Part1: General Rules, Seismic Actions and Rules for Buildings, December 2003, CEN Central Secretariat, Brussels, ENV 1998-1-1.
- Galli, P., Molin, D., 2004, Macro seismic Survey of the 2002 Molise, Italy, Earthquake and Historical Seismicity of San Giuliano di Puglia, *Earthquake Spectra*, 20, 39-52, doi:10.1193/1.1756136.
- GdL, 1999, Proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale, *Ingegneria Sismica*, XVI, 1, 5-14.
- GdL CPTI, 2004, Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2004 (CPTI04), INGV, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/index.html>
- GdL MPS, 2004, Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003, Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici, <http://zonesismiche.mi.ingv.it/>.
- GNDT, ING, SSN, 1996, Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani valutate a partire dalla banca dati macrosismici del GNDT e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti dell'ING, elaborato per il Dipartimento della Protezione Civile a cura di D. Molin, M. Stucchi e G. Valensise, con la collaborazione di C. Meletti, S. Mirena, G. Monachesi, G. Morelli, L. Peruzza, A. Zerga., [http://emidius.mi.ingv.it/GNDT/IMAX/max\\_int\\_oss.html](http://emidius.mi.ingv.it/GNDT/IMAX/max_int_oss.html).
- Lucantoni, A., Bosi, V., Brammerini, F., De Marco, R., Lo Presti, T., Naso, G., Sabetta, F., 2001, Il rischio sismico in Italia, *Ingegneria Sismica*, XVIII, 1, 5-36.
- Maffei, J., Bazzurro, P. (eds.), 2004, Special Issue on the 2002 Molise, Italy earthquake, *Earthquake Spectra* 20 (S1), 358 pp., including 19 research papers plus an introductory paper.
- Monachesi, G., Stucchi, M., 1997, DOM4.1, un database di osservazioni macrosismiche di terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno, GNDT, Internal report, Milano-Macerata, <http://emidius.mi.ingv.it/DOM/home.html>.
- OPCM 3274/03 (Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 Marzo 2003), 2003, Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica, Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, n. 105 dell'8 Maggio 2003, Serie Generale - Parte prima, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma.
- Romeo, R., Pugliese, A., 1997, Analisi probabilistica della scuotibilità del territorio italiano, *Ingegneria Sismica*, 2/97, 68-77.
- Romeo, R., Pugliese, A., 2000, Seismicity, seismotectonics and seismic hazard of Italy, *Eng. Geol.*, 55, 241-266.
- Romeo, R.W., 2004, Seismic hazard of Italy, [http://www.uniurb.it/geoappl/gislab/progetti/seismic\\_hazard/pericolosita.htm](http://www.uniurb.it/geoappl/gislab/progetti/seismic_hazard/pericolosita.htm)
- Slejko, D., Peruzza, L., Rebez, A., 1998, Seismic hazard maps of Italy, *Ann. Geof.*, 41 (2), 183-214.
- Valensise, G., Pantosti, D. (eds), 2001, Database of Potential Sources for Earthquakes Larger than M 5.5 in Italy (DISS version 2.0), *Ann. Geof.*, 44, Suppl. 1, with CD-ROM,
- Valensise, G., Pantosti, D., Basili, R., 2004, Seismology and Tectonic Setting of the 2002 Molise, Italy, Earthquake, *Earthquake Spectra*, 20, 23-37, doi:10.1193/1.1756136.
- Scandone, P., Patacca, E., Meletti, C., Bellatalla, M., Perilli, N., Santini, U., 1992, Struttura geologica, evoluzione cinematica e schema sismotettonico della penisola italiana, Atti del Convegno Annuale del Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti (Pisa, 25-27 giugno 1990), 1, Ed. Ambiente - Bologna 1992, 119-135.