

RISCHIO SISMICO: UNA PROCEDURA AUTOMATIZZATA PER LA COSTRUZIONE DEGLI SCENARI DI DANNO

Alessandro ATTOLICO(*), Attilio BIXIO(**)

(*) Dirigente Provincia di Potenza, UD Patrimonio, Risorse Materiali e Approvvigionamento - UO Protezione Civile, Piazza delle Regioni, 85100 POTENZA, ITALIA, tel. +39 0971 417290, fax +39 0971 51677,

alessandro.attolico@provinciapotenza.it; alex.attolico@iol.it

(**) Collaboratore Provincia di Potenza, Piazza delle Regioni, 85100 POTENZA, ITALIA, tel. +39 0971 57253-59034, fax +39 0971 51677, protezione.civile@provinciapotenza.it; at.bixio@tiscali.it

Sommario

Preso in considerazione una determinata tipologia di evento calamitoso, gli *scenari di evento* forniscono la descrizione delle sue dinamiche, ottenuta mediante l'analisi sia di tipo storico che fisico delle fenomenologie che lo generano. La sovrapposizione dello scenario di evento sugli elementi del territorio esposti al rischio conduce alla definizione dello *scenario di danno*.

Gli scenari di danno hanno una duplice utilità: nell'immediato post-evento costituiscono un agile e veloce strumento per la quantificazione di massima delle perdite in termini di vite umane e di danni all'edificato, alle infrastrutture ed ai servizi; in tempo di pace, invece, essi consentono un'efficace pianificazione dell'emergenza. Sulla base della simulazione degli effetti sul territorio di un dato evento, previsto nello scenario, possono essere dimensionate le risorse di cui disporre in caso di reale emergenza ed essere messe a punto le procedure d'intervento da attivare.

L'attendibilità delle previsioni contenute negli scenari dipende molto dall'accuratezza con cui è stato "modellato" il territorio nelle sue varie componenti (popolazione, edificato, infrastrutture, servizi, etc.); tuttavia, data la grande complessità ed aleatorietà delle variabili in gioco, un'efficace pianificazione di protezione civile deve essere in grado di gestire l'incertezza, ossia deve essere caratterizzata da procedure semplici e flessibili, in cui sia costante il flusso di informazioni tra gli operatori in prima linea e la cabina di regia.

Sulla base delle indagini di vulnerabilità relative all'intero territorio provinciale, è stata messa a punto una procedura software che consente, in pochi minuti dal verificarsi dell'evento sismico, di avere una prima stima dei danni a persone e cose. Il tutto è stato implementato nel *SIT provinciale degli Elementi Esposti al Rischio (SITEr)*, costituendo così uno strumento efficace e semplice da utilizzare, per la gestione delle prime fasi dell'emergenza sismica.

Abstract

Considering a specific type of disaster, *event scenarios* describe the event dynamics, obtained through both historical and physical analysis of the occurrence phenomenology generating it. By overlapping an event scenario with risk-exposed territorial elements, a *damage scenario* is obtained.

Damage scenarios have a dual function: in the immediate post-event, they represent a quick and agile instrument for a first estimate of loss, in terms of human-lives and damage to buildings, facilities, services, etc.; in peacetime they allow an effective emergency planning, so representing an useful knowledge instrument for prevention activities. Starting from simulations of events effects on a territory, it's possible to quantify the needed resources in case of emergency, such as to fit the action procedures to start-up.

Reliability of the damage estimations given by scenarios is strictly related to an accurate modelling of all the different aspects of a territory: occurrence phenomenology, dynamics and propagation of

the events (hazard), population, buildings and facilities vulnerability, relationship among the single components, etc. However, since the great complexity of the involved variables, an effective civil protection planning must be able to manage uncertainty by using simple and flexible procedures, characterised by a continuous stream of information between the headquarter (Operation Room) and the single operators.

Based on vulnerability studies made on the whole provincial territory, a software procedure has been realized, which makes possible to obtain a first estimate of damage to people and things few minutes after a seismic event. The procedure has been implemented in the *Provincial GIS of Risk Exposed Elements (SITEr)*, as an effective and simple instrument for the management of the first moments of a seismic emergency.

Vulnerabilità ed esposizione

Per la redazione dell'edizione n.1/2004 del Piano Provinciale di Protezione Civile è stata effettuata una ricognizione dei dati già disponibili ed utilizzabili, riguardanti la vulnerabilità del costruito sul territorio provinciale, che sono risultati i seguenti:

- Vulnerabilità del costruito in 28 comuni della Provincia di Potenza, 11 basati sul rilievo post sisma 1990 e 17 rilevati mediante protocollo d'intervista (Dolce, Papa, Zuccaro, 1999), nell'ambito di una convenzione tra Provincia di Potenza e Università della Basilicata - DiSGG (Masi et al., 2004);
- Studio della vulnerabilità in nove comuni dell'alta Val d'Agri (Convenzione Regione Basilicata - SMA);
- Regione Basilicata – DiSGG dell'Università della Basilicata: Microzonazione del Territorio della Basilicata colpito dal terremoto del 9.9.98, con studi di pericolosità e vulnerabilità sismica in 27 comuni del Pollino-Lagonegrese (Dolce et al., 2001);
- CNR - GNDT: La vulnerabilità degli edifici: valutazione a scala nazionale della vulnerabilità sismica degli edifici ordinari (a cura di A. Bernardini, 2000), comprendente tre comuni della Provincia di Potenza;
- dati ISTAT elaborati dal Servizio Sismico Nazionale (A. Lucantoni et al., 2001)

Ad integrazione dei dati disponibili, nell'ambito dell'elaborazione dell'edizione n.2/2005 del Piano, è stato svolto un rilievo della vulnerabilità mediante protocollo d'intervista in 31 comuni della provincia di Potenza.

Per i restanti comuni, dove non è stato possibile utilizzare il protocollo d'intervista, si è continuato ad utilizzare il dato del Servizio Sismico Nazionale su base ISTAT, aggiornandolo, però, alla popolazione residente al 2001.

Sulla base dei dati acquisiti, è stata dunque prodotta una mappa della provincia con la distribuzione della vulnerabilità, in termini di classi A, B, C, D e di indice di vulnerabilità, insieme ad un'analogha mappa dell'esposizione, intesa come distribuzione della popolazione residente nelle quattro classi di vulnerabilità (Attolico, Bixio, Pacifico, 2005).

Gli scenari di danno simulato

Nella stima dei danni causati da eventi sismici, alle tradizionali analisi di rischio si è andato man mano affiancando lo studio di scenari, attraverso i quali vengono simulate le conseguenze di un evento sismico di caratteristiche prefissate, che si verifichi su un dato territorio. Sulla base dei risultati degli studi di scenari, possono essere quindi predisposti adeguati programmi di previsione e prevenzione.

Per poter giungere alla costruzione dello *scenario di danno* è necessario procedere prima alla costruzione dello *scenario di evento*. Per la stima dell'intensità risentita sul territorio colpito dal sisma è stato utilizzato il "*modello provinciale di attenuazione*" (Attolico, Harabaglia et al., 2005),

ottenuto a partire dall'analisi dei dati macrosismici di eventi storici, verificatisi sul territorio provinciale e nella aree limitrofe.

A partire dalle mappe di intensità dei diversi eventi sismici considerati, mediante le matrici di probabilità di danno (DPM), è possibile definire su basi probabilistiche, per ogni classe di vulnerabilità (A,B,C,D) e per diverse intensità sismiche, le percentuali dei livelli di danneggiamento subite dagli edifici presenti sul territorio (Figura 1), dove i livelli di danno, come definiti dalle scale MSK ed EMS sono i seguenti:

- 0: danno nullo
- 1: danno trascurabile - leggero
- 2: danno moderato
- 3: danno grave
- 4: danno molto grave
- 5: crollo

Mediante l'utilizzo delle DPM è possibile ottenere una stima del numero degli edifici crollati, inagibili o danneggiati, per i comuni dove l'intensità sismica risentita è maggiore della soglia di danno ($I_s \geq VI$ MSK). L'assunzione fatta nella creazione degli scenari di danno è che $I_{MSK} = I_{MCS}$.

In particolare, vengono considerati crollati tutti gli edifici con livello di danno D5, inagibili quelli con livello di danno D4 più una frazione (40%) di quelli con livello di danno D3 e danneggiati quelli con livello di danno D2 più la restante parte (60%) di quelli con livello di danno D3.

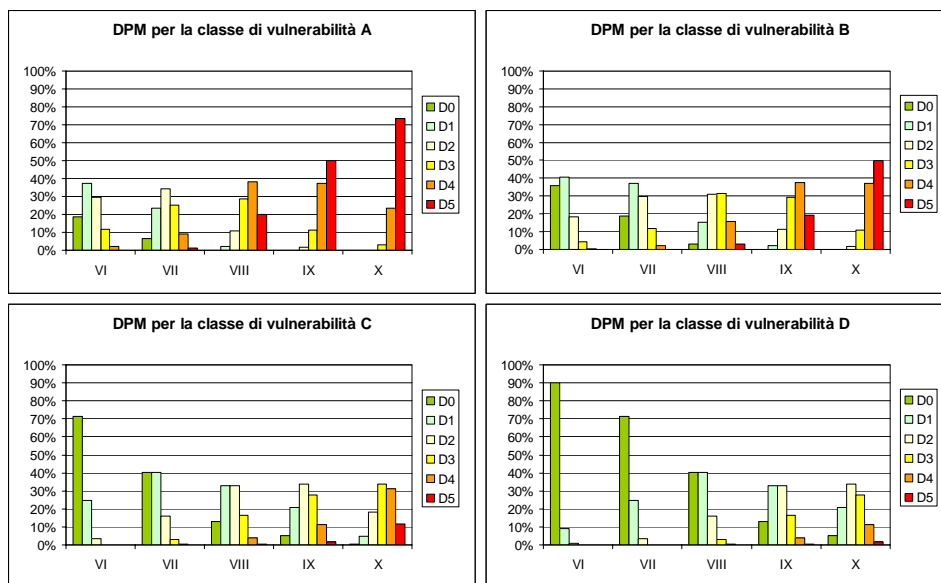


Figura 1 - Matrici di Probabilità di Danno (DPM) in forma grafica

Per quanto riguarda gli effetti sulla popolazione, conoscendo il numero di residenti negli edifici appartenenti alle varie classi di vulnerabilità e le percentuali dei vari livelli di danno da esse subiti, si può facilmente risalire ad una stima della *popolazione coinvolta in crolli* (nel caso specifico, popolazione residente in edifici soggetti a crollo) e del numero dei *senza tetto*.

Poiché gli effetti sulla popolazione dipendono fortemente da una serie di fattori, quali ad esempio l'ora in cui avviene l'evento, l'attività prevalente degli abitanti, la rapidità dei soccorsi, le percentuali di sopravvivenza, ecc., quando si costruisce uno scenario di evento è molto difficile ipotizzare un numero attendibile, a meno che non si facciano studi di una certa affidabilità sulle dinamiche della popolazione nell'arco della giornata. Pertanto gli effetti sulla popolazione sono stati calcolati solo in termini di *senza tetto* e di *popolazione coinvolta in crolli*, come su definita.

Oltre al numero di crolli, inagibilità ed edifici danneggiati, al fine di ottenere una rappresentazione sintetica del livello di danneggiamento, è stato calcolato un *Indice di Danno Id*, così definito:

$$Id = \sum_1^n \frac{D_i f_i}{n} \quad \text{con } 0 \leq Id \leq 1 \quad [1]$$

dove D_i rappresenta il livello di danno i , variabile da 1 a 5, e f_i rappresenta la frequenza relativa di ciascuno dei livelli di danno.

La sommatoria è estesa agli $n = 5$ livelli di danno > 0 . Pertanto, $Id = 0$ indica l'assenza di qualunque tipo di danno, mentre $Id = 1$ indica il crollo (Livello di danno D5) di tutti gli edifici dell'area considerata.

In maniera analoga è stato calcolato, per ogni comune dello scenario, un *Indice di Danno alla Popolazione Idp*, così definito:

$$Idp = \sum_1^n \frac{D_i f_{p_i}}{n} \quad \text{con } 0 \leq Idp \leq 1 \quad [2]$$

dove D_i rappresenta il livello di danno i , variabile da 1 a 5, e f_{p_i} rappresenta la frequenza relativa della popolazione residente in edifici che abbiano subito ciascuno dei livelli di danno.

$Idp = 0$ indica che tutta la popolazione presente risiede in edifici il cui livello di danno subito è nullo, mentre $Idp = 1$ indica che tutta la popolazione presente risiedeva in edifici crollati (Livello di danno D5).

La procedura “scenari”.

Uno degli obiettivi dell'edizione n.2/2005 del Piano Provinciale di Protezione Civile era quello di creare una procedura semplice per la creazione degli scenari di evento e di danno, da utilizzare in sala operativa, che consentisse una veloce stima dei danni attesi in conseguenza di un evento sismico rilevante, cioè con $I_0 \geq VI$ MSK.

A tal fine è stata messa a punto una procedura in ambiente Excel[®] mediante la quale, in base ai citati dati di vulnerabilità dell'edificato ed utilizzando una legge di attenuazione sismica (nel caso in esame è stato utilizzato il *modello provinciale di attenuazione*), al verificarsi di un evento sismico oltre la soglia di danno vengono creati gli scenari di evento e di danno sia in forma di report tabellare, sia in forma grafica (mappa) visualizzabile in ArcMap[®].

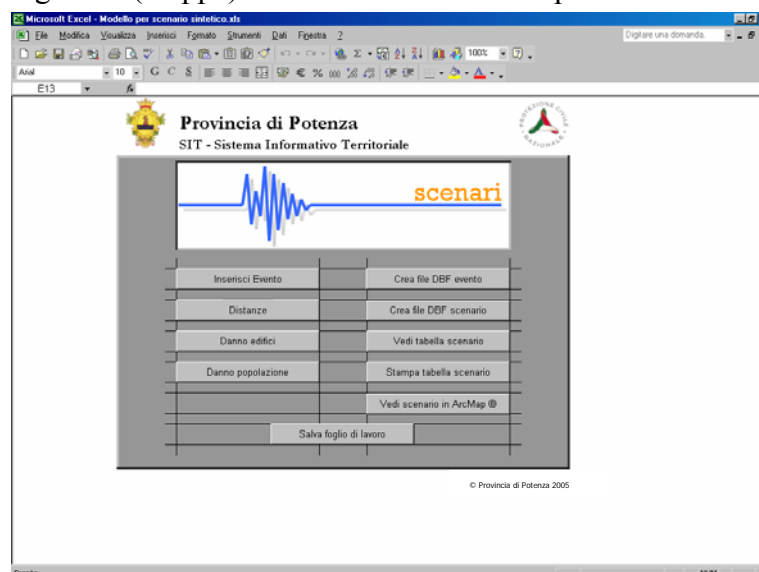


Figura 2 – Schermata iniziale del foglio di calcolo “scenari”

Il foglio di calcolo è facilmente gestibile da una pagina iniziale (Figura 2), con una serie di pulsanti attraverso i quali si accede a tutte le funzionalità implementate. In particolare, la prima azione da fare da parte dell'operatore è l'inserimento delle coordinate e della magnitudo dell'evento sismico

rispetto al quale si vuole creare lo scenario. A questo punto vengono calcolate le distanze chilometriche dall'epicentro di tutti i comuni della Provincia e le relative intensità macrosismiche risentite, secondo il modello di attenuazione sismica utilizzato.

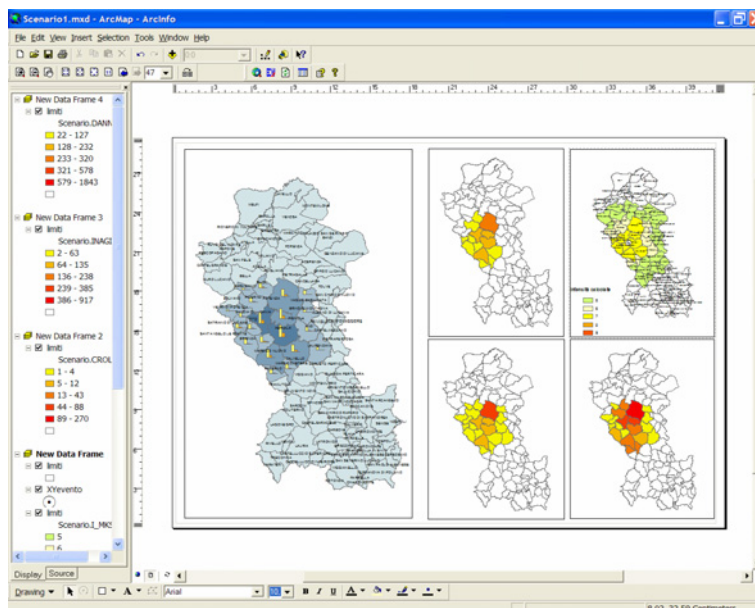



Figura 3 – Schermata di ArcMap® con la visualizzazione dello scenario

 **Provincia di Potenza**

Scenario di evento sismico e di danno

Evento: Melandro 1826 Magnitudo: 5.4 Intensità epicentra: VIII MKS

Cod_AMM Comune	I MKS	Edifici	Popolazione	Id	Idp	Crolli	Edifici inagibili	Edifici danneggiati	Popolazione coinvolta in crolli	Senzatetto
17076001 ABRIOIA	7	841	1804	0.296	0.273	7	99	283	13	201
17076004 ANZI	6	980	1930	0.098	0.087	0	17	106	1	28
17076010 BARAGIANO	6	758	2752	0.080	0.052	0	2	30	0	5
17076013 BRIENZA	7	1411	4055	0.159	0.105	2	44	232	1	39
17076014 BRINDISI MONTAGNA	6	413	899	0.083	0.081	0	3	26	0	5
17076015 CALVELLO	7	1025	2231	0.186	0.176	2	41	208	4	80
17076041 LAURENZANA	6	869	2246	0.097	0.091	0	8	76	0	19
17076045 MARSICO NUOVO	7	1249	5134	0.208	0.208	5	83	283	22	365
17076046 MARSICOVETERE	6	1950	4721	0.123	0.123	1	44	270	3	109
17076059 PICERNO	6	1853	6176	0.124	0.108	1	36	233	3	111
17076082 PIGNOLA	7	1775	5482	0.239	0.204	8	135	483	19	335
17076083 POTENZA	7	9083	69295	0.184	0.128	19	385	1843	38	1184
17076071 RUOTI	6	1944	3569	0.128	0.100	1	45	284	1	56
17076079 SANT'ANGELO LE FRATTE	7	593	1472	0.143	0.158	1	21	82	4	65
17076082 SASSO DI CASTALDA	7	429	871	0.158	0.156	1	14	69	1	27
17076083 SATRIANO DI LUCANIA	7	869	2354	0.142	0.138	1	24	122	3	58
17076084 SAVOIA DI LUCANIA	6	443	1236	0.112	0.113	0	7	52	0	21
17076089 TITO	7	1351	6378	0.280	0.229	7	110	407	25	451
17076094 VAGLIO BASILICATA	6	620	2210	0.122	0.108	0	10	76	1	29
17076096 VIETRI DI POTENZA	6	1039	3096	0.047	0.045	0	4	37	0	11
17076100 PATERNO	6	2082	3967	0.108	0.108	1	38	243	2	71
TOTALE: 21 comuni		31377	131908			57	1168	4357	105	2537

Figura 4 – Rapporto sintetico relativo allo scenario di danno

Vengono inoltre calcolate, comune per comune, le percentuali di edifici e di popolazione interessate dai diversi livelli di danno e vengono creati due files DBF con, rispettivamente, le coordinate epicentrali e lo scenario di danno, già pronti per essere visualizzati, in forma di mappa, in ArcMap® (Figura 3), a cui si accede mediante un tasto posto nella schermata iniziale della procedura.

La procedura permette infine di visualizzare e stampare un rapporto sintetico relativo allo scenario di danno calcolato (Figura 4). In particolare, nel rapporto sintetico vengono riportati la denominazione, la magnitudo, l'intensità epicentrale dell'evento ed il numero di comuni con $I_r \geq VI_{MKS}$. Inoltre, sia per ogni comune, sia come dato complessivo, vengono riportate le seguenti informazioni: intensità risentita; edifici presenti nel comune; popolazione residente; indice di danno Id ; indice di danno alla popolazione Idp ; numero di crolli; numero di edifici inagibili; numero di edifici danneggiati; popolazione coinvolta in crolli (nel caso specifico, popolazione residente in edifici soggetti a crollo); numero di senzatetto.

Conclusioni

La procedura software “scenari” costituisce uno strumento semplice ed immediato per la creazione degli *scenari di evento* e di *danno* al verificarsi di un evento sismico con intensità superiore alla soglia di danno ($I_0 \geq VI MSK$).

Inoltre, il fatto di averla sviluppata in ambiente Excel[®], rende maggiormente agevole il suo utilizzo da parte di operatori con conoscenze informatiche di base, per cui il tempo di apprendimento all'utilizzo della procedura è estremamente limitato.

La Provincia di Potenza è pertanto in grado, nell'ambito del proprio ruolo di pianificazione e di supporto tecnico-scientifico al coordinamento dei soccorsi a seguito di un evento sismico rilevante, di avere entro pochi minuti dall'evento un quadro abbastanza dettagliato dei danni attesi che, pur costituendo solo una prima stima, consente di non operare “al buio” o con informazioni frammentare o indirette.

La procedura è adattabile anche ad altre realtà territoriali, semplicemente intervenendo sui dati geografici (coordinate dei comuni), di vulnerabilità e di esposizione, ed è inoltre possibile implementare al suo interno diverse leggi di attenuazione, sia generiche sia specifiche per il territorio in esame.

Bibliografia

U.O. Protezione Civile Provincia di Potenza (2004), “Piano Provinciale di Protezione Civile” composto da: il *Programma Provinciale di Previsione e Prevenzione dei Rischi (PPPR)*, ed il *Piano Provinciale d'Emergenza (PPE)*, Edizione n.1, Potenza.

Attolico A. (Coord.) (2005), “*Il Sistema di Protezione Civile della Provincia di Potenza: integrazione tra gli strumenti operativi*”, Atti IX Conferenza Nazionale ASITA, Catania, 15-18 novembre 2005.

Attolico A., Ciorciari C., Harabaglia P., Rosa A.B. (2005) “*Rischio sismico: un modello di costruzione degli scenari di evento appositamente studiato per il territorio della Provincia di Potenza*”, Atti IX Conferenza Nazionale ASITA, Catania, 15-18 novembre 2005.

Attolico A., Bixio A., Pacifico S. (2005), “*Il Piano di Protezione Civile della Provincia di Potenza: il database e la mappa della vulnerabilità sismica degli edifici per la costruzione degli scenari di danno sismico*”, Atti IX Conferenza Nazionale ASITA, Catania, 15-18 novembre 2005.

Medvedev, S.V. (1977), “*Seismic Intensity Scale M.S.K.-76*”, *Publ. Inst. Geophys. Pol. Ac. Sc. Warsaw*

ESC Working Group “*Macroseismic Scales*” (1998), *European Macroseismic Scale 1998*, GeoForschungs - Zentrum Potsdam, Germany.

Dolce, M., Papa, F., Zuccaro, G. (1999), *Protocollo d'intervista*.

A. Bernardini (a cura di), (2000), “*La vulnerabilità degli edifici: valutazione a scala nazionale della vulnerabilità sismica degli edifici ordinari*”, CNR-Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti - Roma.

Dolce, M., Marino, M., Masi, A., Vona, M. (2001), “*Uno scenario di danno sismico per la città di Potenza*”, *Atti del X Convegno Anidis*, Potenza - Matera.

A. Lucantoni, V. Bosi, F. Brammerini, R. De Marco, T. Lo Presti, G. Naso e F. Sabetta. (2001), “*Il rischio sismico in Italia*”, Servizio Sismico Nazionale – Roma.

Dolce, M. (coord.) (2001), “*Rapporto finale della Convenzione "Microzonazione del territorio della Basilicata colpito dal terremoto del 9.9.98"* maggio 2001, Potenza.

Masi, A. (Coordinatore), (2004), “*Rapporto finale della Convenzione Provincia di Potenza – DiSGG "Raccolta ed elaborazione dati relativi alla vulnerabilità del costruito"*”, Potenza.