



Atti della XV Conferenza Nazionale SIU
Società Italiana degli Urbanisti
L'Urbanistica che cambia. Rischi e valori
Pescara, 10-11 maggio 2012

Planum. The Journal of Urbanism, n.25, vol.2/2012
www.planum.net | ISSN 1723-0993
Proceedings published in October 2012

Vulnerabilità sismica metodi a confronto: Il caso di Bisaccia (Av)

Salvatore Losco

Seconda Università di Napoli
Dipartimento di Ingegneria Civile
Email: salvatore.losco@unina2.it
Tel. 347.2427963

Luigi Macchia

Email: ing.luigi.macchia@gmail.com
Tel. 392.2661042

Pietro Marino

Email: ing.pietro.marino@gmail.com
Tel. 329.6972120

Abstract

I criteri utilizzati per la riduzione della vulnerabilità sismica di un insediamento risultano ancora oggi troppo legati alla scala edilizia (metodo DPC-GNDT) e non interpretano la città come un sistema complesso di spazi adattati. Gli studi condotti sulla Struttura Urbana Minima (SUM), aprono nuove e interessanti prospettive interpretative. Il paper attraverso la comparazione di due metodi (DPC-GNDT e SUM), finalizzati alla valutazione della vulnerabilità sismica, applicati ad un caso di studio emblematico, il comune di Bisaccia (Av), cercherà di evidenziarne potenzialità e limiti nonché il ruolo che può essere attribuito alla pianificazione fisica sia nell'analisi della vulnerabilità degli insediamenti che nella mitigazione del rischio sismico.

Territorio, vulnerabilità e rischio sismico

L'Appennino centro-meridionale è senza dubbio una regione a forte pericolosità sismica ma, meno elevata, di altre aree del Mediterraneo. Il territorio italiano è però molto più vulnerabile per l'alta densità di popolazione, per la presenza di centri storici particolarmente estesi, per l'età e le tecnologie costruttive del patrimonio urbanistico/edilizio, queste condizioni innalzano il rischio sismico a valori non più ragionevolmente accettabili. Nella seconda metà del secolo appena trascorso e, nei primi anni del nuovo, eventi sismici di magnitudo Richter non particolarmente elevata, hanno cancellato interi paesi nella Valle del Belice (1968, magnitudo 5,9), nella Valle del Tagliamento (1976, magnitudo 6,5), in Irpinia (1980, magnitudo 6,9), in Umbria (1997, magnitudo 6,1/6,9) e in Abruzzo (2009, magnitudo 6,3/5,8).

La valutazione del rischio sismico

Il processo di valutazione del rischio sismico di un'area si avvia con lo studio della pericolosità locale, mediante il quale sarà possibile conoscere l'entità e le caratteristiche degli eventi sismici prevedibili e tutti gli effetti, diretti e indotti. Sulla base di queste conoscenze viene definito uno scenario sismico scelto tra i numerosi possibili eventi che potrebbero colpire l'area di indagine. Le metodologie di elaborazione e correlazione dei fattori che concorrono alla definizione del rischio sismico possono essere molteplici e conducono a risultati differenti. Si parla di rischio sismico assoluto quando la valutazione è effettuata attraverso una stima assoluta dei danni determinati mediante precisi valori numerici come, ad esempio, il numero di morti o feriti previsti, il

numero totale di edifici distrutti o danneggiati. La valutazione assoluta del rischio presenta tuttavia alcuni inconvenienti: la maggior parte dei dati cui si fa riferimento, non sono valori certi, ma sono frutto di calcoli probabilistici o statistici, spesso ottenuti con elevati livelli di approssimazione.

Per risolvere questo inconveniente è stata introdotta la metodologia di valutazione del rischio relativo. In questo caso il rischio è valutato per confronto tra le varie aree in cui è stato suddiviso il territorio studiato. Vengono definiti dei livelli di rischio indicativi (alto, medio, basso) che vengono successivamente attribuiti alle varie aree in funzione della loro pericolosità, esposizione e vulnerabilità. Molto importante per un'efficace pianificazione territoriale è il concetto di rischio accettabile (As Low As Reasonable Acceptable - ALARA). Appare evidente che un annullamento del rischio sismico su una determinata area sia da ritenersi assolutamente inattuabile tanto per ragioni tecniche e pratiche che economiche.

Negli ultimi decenni si sta tentando di transitare da una cultura dell'emergenza ad una della prevenzione che inevitabilmente punta ad una stretta integrazione tra le problematiche connesse al rischio sismico e gli strumenti di pianificazione alle diverse scale. Risultano, peraltro, limitate le esperienze di piano a scala comunale specificatamente orientate alla messa in campo di strategie di prevenzione/mitigazione degli impatti del sisma, soprattutto riferite a grandi aree urbane: situazione di particolare gravità in Italia, atteso che sono numerosi i centri urbani a rischio sismico depositari, tra l'altro, di un rilevante patrimonio di valori storici e culturali.

Studi recenti sono orientati alla messa a punto di strumenti conoscitivi e di linee guida per la mitigazione del rischio sismico si devono, alla regione Emilia Romagna, all'ufficio rischio sismico del Dipartimento della Protezione Civile, i primi implementano azioni di prevenzione/mitigazione del rischio sismico all'interno dei Piani di Recupero sulla base di approfondimenti dei concetti di esposizione e vulnerabilità dei sistemi urbani, i secondi mirano all'individuazione della Struttura Urbana Minima (SUM), ovvero l'insieme delle attrezzature in grado di consentire un'efficace tenuta del centro urbano in caso di evento sismico e una condizione di funzionalità residua in caso di emergenza favorendo, nel contempo, un più rapido ritorno alla normalità dell'organismo urbano. La metodologia deve consentire la valutazione del *danno temuto* per individuare le criticità presenti nel territorio, per definire azioni di programmazione, pianificazione e gestione del territorio nel tempo ordinario e per l'emergenza in modo da favorire l'intervento diretto da parte della protezione civile.

Le indagini urbanistiche possono consentire la preventiva identificazione di *aree critiche* in cui, a parità di condizioni di pericolosità, si riscontra una più elevata concentrazione di patrimonio esposto, in termini, di vite umane, di manufatti, di attività necessarie al funzionamento della città o a fronteggiare una condizione di emergenza, di attività economiche o di risorse identitarie, oppure, di aree in cui si rileva una mancata rispondenza tra la domanda di attività che può generarsi in caso di evento e le caratteristiche di organizzazione spaziale e funzionale del contesto.

La metodologia per l'individuazione delle fragilità di un sistema urbano di fronte all'evento sismico, presuppone la messa a punto di un quadro conoscitivo delle possibili interazioni tra i diversi sottosistemi insediativi, infrastrutturali e funzionali, tenendo conto della mobilità per la dinamica degli spostamenti da cui dipendono possibili ricadute in termini di danni sistemici e/o gestionali.

A tal fine l'approccio metodologico preso a riferimento è articolato intorno a due obiettivi prioritari:

- *delineare* un metodo speditivo per la misura delle caratteristiche di esposizione e vulnerabilità funzionale del sistema urbano all'evento sismico;
- *definire* una procedura per l'individuazione e l'ottimizzazione della prevenzione e gestione dell'emergenza.

A partire dall'integrazione di tali conoscenze sarà possibile disegnare un possibile processo di governo delle trasformazioni urbane in ragione della mitigazione del rischio sismico.

Il metodo di lavoro preso in esame consente di:

- *graduare* le priorità di intervento in ambito urbano;
- *effettuare* scelte in materia di destinazioni, intensità e forma d'uso del territorio comunale atte a *ridurre* gli impatti di un evento sismico;
- *valutare* l'efficacia delle azioni urbanistiche implementate ai fini della riduzione delle caratteristiche di esposizione e di vulnerabilità del sistema urbano;
- *implementare*, in condizioni di emergenza, azioni preventivamente definite nell'ambito di una strategia unitaria di evoluzione del sistema urbano.

La città, in quanto organismo unitario, può essere analizzata considerandola organizzata in partizioni urbane viste come sottosistemi di funzioni che consentono, durante la crisi susseguente all'evento sismico, lo svolgimento, anche se a ritmo ridotto, di tutte le attività necessarie alla vita urbana

Pertanto la graduazione dei livelli di esposizione del sistema urbano sarà effettuata in relazione:

- alle caratteristiche di efficienza delle diverse partizioni urbane, intesa come capacità di ciascuna di garantire l'erogazione dei servizi e lo svolgimento delle attività che sono alla base della vita urbana;
- alla funzionalità delle diverse partizioni urbane, riconducibile alla presenza di insediamenti ed attività, che consentono al sistema di far fronte alla fase di emergenza;
- alla presenza di risorse identitarie.

Questo paper focalizza l'attenzione sulla vulnerabilità funzionale dei tessuti edilizi, intesa come rispondenza dell'organizzazione spaziale del tessuto urbano all'incremento della domanda di attività che si può generare a seguito di un evento sismico nettamente percepito dalla popolazione, anche in presenza di danni lievi o nulli ai

manufatti edilizi. Tale caratteristica risulta quindi dipendente dall'organizzazione spaziale del tessuto edilizio: la struttura delle relazioni esistenti tra gli elementi fisici della città, che costituisce la regola di formazione dell'edificato, determina la minore o maggiore propensione alla crisi funzionale, intesa come perdita di accessibilità, riduzione delle possibilità di esodo dall'area interessata o di accesso a luoghi sicuri.

La procedura delineata, finalizzata alla misura della vulnerabilità funzionale, ottenuta mediante parametri di tipo urbanistico, presenta caratteristiche tali da renderla applicabile a sistemi urbani di grandi dimensioni, permettendo l'individuazione di partizioni urbane il cui sistema, in ragione delle sue modalità di organizzazione spaziale, potrebbe presentare cadute o perdita di funzionalità, non riuscendo a soddisfare la domanda di attività determinata dall'evento sismico.

La misura è effettuata su ambiti territoriali omogenei per epoca di formazione del tessuto edilizio, tipologie edilizie prevalenti, morfologia del territorio e destinazione d'uso prevalente, attraverso due indici parziali il cui prodotto fornisce l'indice sintetico di vulnerabilità (IVF). Il primo indice (IVM) (Tabella 1), in riferimento alle caratteristiche morfologiche del tessuto urbano, misura la regolarità delle diverse tipologie di tessuto.

Classe tipologica	Criteri di classificazione IVM	Geometria dei lotti	Tortuosità viaria
T1 – T2 – T3	Maglia viaria con intersezioni perpendicolari	Lotti a geometria regolare	Tortuosità viaria nulla: 1
T1 – T2 – T3 – T4	Maglia viaria con intersezioni non perpendicolari	Lotti a geometria quasi regolare	Tortuosità viaria bassa: 1.35
T4 – T5	Maglia viaria con intersezioni non perpendicolari	Lotti a geometria irregolare	Tortuosità viaria media: 1.65
T4 – T5	Maglia viaria con intersezioni non perpendicolari	Lotti a geometria irregolare	Tortuosità viaria alta: 2

Tabella 1. *Attribuzione dell'indicatore IVM per classe tipologica del tessuto edificato*

Il secondo indice (IVA) fa riferimento alle modalità di aggregazione degli elementi costitutivi di ciascuna tipologia di tessuto utilizzando parametri urbanistici, che ne misurano l'intensità d'uso (densità territoriale, rapporti tra spazi edificati, spazi aperti pubblici e privati, sedi viarie e superficie territoriale dell'ambito di riferimento), e parametri che ne esprimono la forma d'uso (altezze degli edifici, distanze tra cortine edilizie).

Una volta individuate le tipologie di tessuto prevalenti, esse sono classificate in quattro classi di regolarità (regolare, quasi regolare, irregolare e molto irregolare) in riferimento al tipo di intersezioni della maglia viaria, alla forma del lotto e al livello di tortuosità della rete viaria. L'indicatore assume valori variabili tra 1, valore attribuito alle UTO classificate come regolari, e 2, attribuito alle UTO costituite da tessuti classificati come molto irregolari.

La procedura assegna uguale importanza agli indicatori IVM e IVA nella determinazione della misura della vulnerabilità funzionale.

Il secondo indicatore, IVA, è ottenuto come sommatoria di sei indicatori di base, ciascuno di valore variabile tra 0 e 1. Un primo gruppo di indicatori di base da I1 a I4, discretizza l'area oggetto di analisi nelle sue componenti planimetriche fondamentali (spazi costruiti, spazi aperti privati, spazi aperti pubblici, canali della mobilità) e ne misura le modalità di aggregazione attraverso il rapporto di tali elementi con la superficie totale della UTO oppure, a seconda dei casi, con la superficie in essa costruita, mentre l'indicatore I5 è riferito alla densità edilizia territoriale. L'ultimo indicatore di base, I6, è riferito alla forma d'uso della UTO e misura le distanze esistenti tra le cortine edilizie che insistono sui canali della viabilità sia locale sia di livello superiore. I valori ricavati dall'applicazione degli indicatori di base risultano, quindi, eterogenei (Tabella 2).

ID	Descrizione	Formula di misura
I1	Rapporto tra la superficie coperta degli edifici (Sc) e la superficie territoriale UTO (St)	$\sqrt{(Sc / St)}$
I2	Rapporto tra la superficie coperta degli edifici (Sa) (corti interne, giardini privati, ecc..) e la superficie territoriale (Sc) della UTO	$[1 - (Sa/Sc)]^2$
I3	Rapporto tra la superficie di spazi aperti pubblici (Sp) e la superficie territoriale (St) della UTO	$[1 - (Sp/St)]^2$
I4	Rapporto tra la superficie occupata dai canali di mobilità (Sm) e la superficie territoriale (St) della UTO	$[1 - (Sm/St)]^2$

I5	Densità territoriale (Dt) espressa in m³ di edificato su m² di superficie territoriale della UTO	$\sqrt{(Dt/10)}$
I6	Distanza media espressa in metri (Lm) tra le cortine che insistono sui canali di mobilità	-

Tabella 2. Definizione dei sei indicatori di base e relative formule di misura dell'indice IVA

Come in tutte le valutazioni quantitative multicriterio, si rende dunque necessaria un'omogeneizzazione dei valori ottenuti, in questo caso variabile tra 0 e 1.

Definiti gli indicatori IVM e IVA, è possibile definire attraverso il loro prodotto, per ciascuna Unità Territoriale Omogenea (UTO), la misura della vulnerabilità funzionale del tessuto urbano, IVF, che assume un valore variabile tra 0 e 12.

Il caso di Bisaccia (Av)

Il territorio del Comune di Bisaccia appartiene alla Provincia di Avellino ed è situato in prossimità del margine orientale del territorio provinciale, ai confini con la Puglia e la Basilicata.

Dopo il terremoto del 1930, venne edificata Bisaccia nuova a sud delle colline Serroni. Il terremoto provocò gravissimi danni al centro abitato, tanto che si decise la sua delocalizzazione nella zona cosiddetta *Piano Regolatore*, ma tale iniziativa ebbe scarso successo tra la popolazione che continuò a costruire sia in prossimità del centro storico, lungo la strada di accesso da sud, sia all'interno di esso nelle poche aree libere.

Analisi della vulnerabilità sismica con metodologia DPC - GNDT

Tale analisi, utilizzando la cartografia esistente del territorio, simula il livello di vulnerabilità del ricostruito centro storico in funzione della concentrazione di edifici vulnerabili e dei parametri tipologico-strutturali che li caratterizzano.

La metodologia DPC - GNDT (Dipartimento della Protezione Civile - Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti) prevede la redazione di quattro analisi cartografiche tematiche connesse:

- Cartografia delle coperture e/o degli orizzontamenti
- Cartografia dell'altezza degli edifici
- Cartografia della distribuzione tipologico-strutturale dell'edificato
- Cartografia della vulnerabilità sismica

Per la conoscenza della composizione tipologico-strutturale dell'edificato di territori estesi e ad elevato affollamento, dove la raccolta dei dati puntuali risulta onerosa sia sotto l'aspetto economico che temporale, il problema viene affrontato attraverso il riconoscimento aerofotogrammetrico delle tipologie strutturali più frequenti nell'area, secondo una classificazione riconducibile ai comportamenti di risposta sismica degli edifici ed eventualmente assimilabili alle classi tipologiche individuate dalle scale macrosismiche.

Il diagramma di flusso (Fig. 1), sintetizza la metodologia DPC - GNDT utilizzata per la simulazione della vulnerabilità sismica del centro storico di Bisaccia.

La cartografia tematica risultante (Figura 2) sintetizza la simulazione della vulnerabilità sismica del centro storico del Comune di Bisaccia, con l'utilizzo della metodologia speditiva messa a punto dal Dipartimento della Protezione Civile in collaborazione con il Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti - C.N.R.

L'analisi di base della metodologia è incentrata prevalentemente sulla caratterizzazione tipologica del patrimonio edilizio, considerando, implicitamente e in modo poco significativo, tutti gli altri fattori ed elementi che contribuiscono alla valutazione della vulnerabilità sismica di un centro urbano. D'altra parte il metodo, propriamente riferito alla *scala edilizia*, ha lo scopo, nell'immediato, di riferire di zone dove maggiore è la concentrazione di elementi a rischio, in modo da pianificare la priorità degli interventi cui destinare le maggiori risorse per la mitigazione del rischio sismico nelle aree più vulnerabili. Le cartografie prodotte, oltre a fornire gli strumenti di supporto per la redazione dei Piani di Protezione Civile, possono rivelarsi un importante ausilio per intraprendere analisi di sicurezza strutturale di dettaglio delle tipologie edilizie esposte a maggior rischio, allo scopo di definire interventi preventivi di mitigazione sul centro urbano.

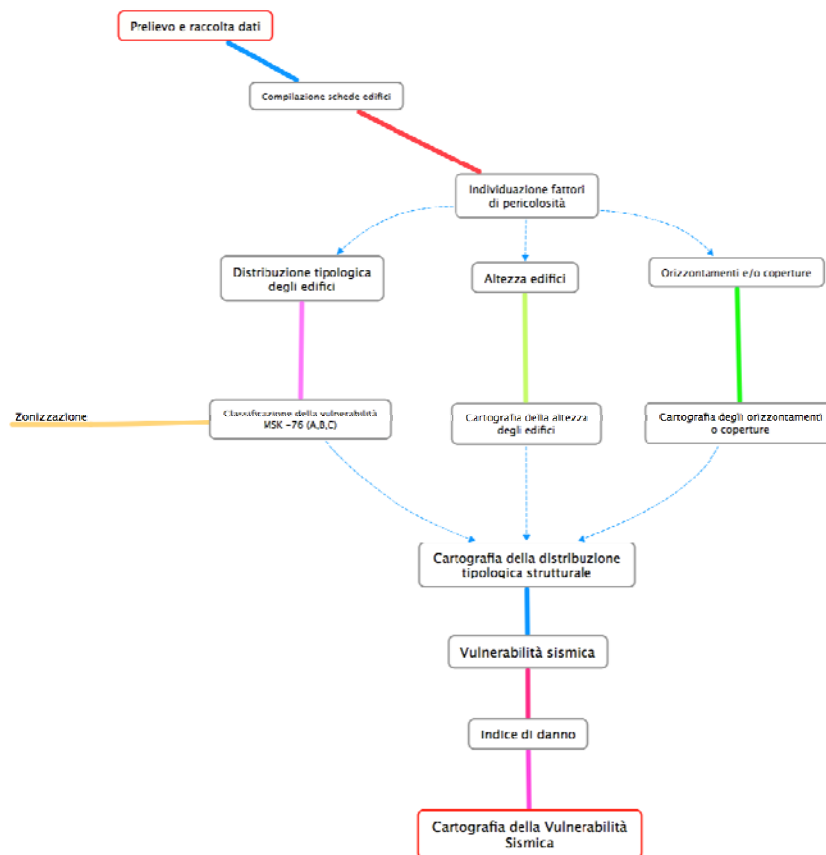


Figura 1. Valutazione della vulnerabilità sismica del centro storico di Bisaccia (Av), con il metodo DPC - GNDT, diagramma di flusso

La pianificazione urbanistica, in ragione della complessità del sistema territoriale, può intervenire in diverse forme all'interno delle politiche complessive di mitigazione del rischio sismico, soprattutto in termini della dinamica di interazione funzionale delle diverse attività antropiche presenti, assumendo la centralità del recupero e della conservazione dell'integrità fisica del territorio, con l'obiettivo prevalente di salvaguardare la sicurezza della popolazione e degli insediamenti ai rischi.

Il metodo denominato *urbanistico* applicato alla stessa realtà ed esposto nel successivo paragrafo, perviene ad una diversa valutazione della vulnerabilità sismica, considerando tutte le variabili ed i fattori che influenzano il mantenimento delle funzioni dell'organismo urbanizzato nell'evento post-sisma.

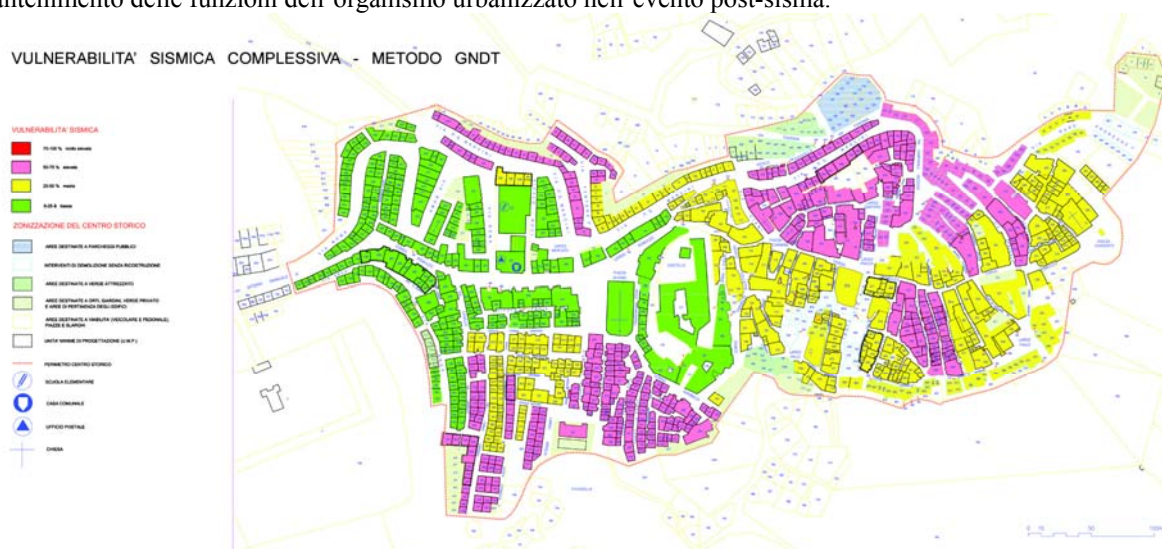


Figura 2. Centro Storico di Bisaccia (Av), cartografia tematica della Vulnerabilità sismica complessiva risultante dall'applicazione del metodo GNDT

Analisi dei fattori di rischio e valutazione della vulnerabilità sismica alla scala urbana

L'analisi dei principali fattori di rischio per l'insediamento urbano in caso di sisma, costituisce il passo successivo alla fase conoscitiva delle informazioni raccolte con le operazioni di rilievo a tappeto, la consultazione e la rielaborazione delle fonti disponibili. In base a questi risultati si caratterizza la Struttura Urbana Minima (SUM), individuando i principali parametri rappresentativi dei fattori di vulnerabilità urbana, ossia di potenziale perdita di funzionalità e di organizzazione complessiva di Bisaccia e dei suoi sistemi componenti in caso di terremoto.

Gli obiettivi principali dell'analisi dei fattori di rischio consistono nell'identificazione degli elementi e degli ambiti contraddistinti da maggiore vulnerabilità urbana e la valutazione della loro influenza sui sistemi che costituiscono la SUM.

La valutazione della vulnerabilità urbana impostata su questi obiettivi è stata svolta in base ai seguenti criteri:

- la raccolta e l'elaborazione dei parametri di valutazione dei diversi fattori di rischio, sono state effettuate basandosi sulle conoscenze acquisite nelle analisi e sono state impostate secondo una procedura di valutazione speditiva, a partire da informazioni di facile rilevazione e su elaborazioni semplici;
- l'analisi dei fattori di rischio riguarda l'intero insediamento urbano del centro storico di Bisaccia, suddiviso in quattro ambiti (o zone), per facilitare l'analisi del tessuto urbano e la valutazione degli elementi critici dei percorsi delle strade interne all'edificato urbano;
- i parametri utilizzati per descrivere i diversi fattori di rischio sono costituiti da valori numerici, ognuno dei quali associato a situazioni determinate, crescenti al crescere del grado di rischio che rappresentano. L'attribuzione dei valori permette di determinare gli ambiti caratterizzati da livelli più alti dei singoli fattori di rischio e, successivamente, di integrare i singoli fattori per la valutazione della vulnerabilità urbana complessiva del centro storico.

La sequenza delle operazioni compiute, suddivise in blocchi, può essere sintetizzata secondo una progressione lineare, anche se in realtà i risultati delle singole fasi sono connessi e i tempi sono in parte sovrapposti:

- *selezione*, raggruppamento ed eventuale integrazione dei dati raccolti durante le analisi e loro ordinamento in apposite schede sintetiche di tessuto e di isolato;
- *definizione* dei fattori di rischio e dei valori dei rispettivi indicatori;
- *compilazione* di tabelle distinte per fattori di rischio, temi, sistemi, ambito urbano di riferimento;
- *accorpamento* e integrazione dei risultati delle diverse tabelle relative ai singoli fattori di rischio nelle tabelle di valutazione della vulnerabilità urbana complessiva;
- *compilazione* delle tabelle e determinazione dei diversi livelli di vulnerabilità urbana;
- *redazione* di cartografia tematica illustrativa dei risultati della valutazione.

Mentre la tabella di valutazione della vulnerabilità urbana complessiva costituisce il punto di arrivo del processo di analisi dei fattori di rischio, le prime tabelle, riferite ai singoli fattori di rischio, sono *di servizio*. In quanto tale, sono considerabili in modo unitario e aggregato, o come riferimento generale da cui estrarre valutazioni di ambiti o temi particolari, ad esempio limitate alla valutazione della vulnerabilità sismica delle strutture edificate (tessuti, edifici strategici e critici, emergenze architettoniche), o alla criticità dei percorsi.

Le modalità di valutazione dei singoli fattori di rischio, per la valutazione della vulnerabilità urbana complessiva, è riferita a gradi di approfondimento e ambiti di indagine impostati sulla conoscenza acquisita sul sito, di buona parte degli edifici, strade e spazi aperti, sulla base dell'individuazione delle caratteristiche dei tessuti delle quattro zone e del loro ruolo all'interno dell'insediamento complessivo.

Il metodo si basa sulla definizione dei livelli relativi dei diversi fattori di rischio, ossia vulnerabilità sismica, pericolosità sismica locale, esposizione urbana, questa definita da una serie rappresentativa ma abbastanza limitata di parametri. La vulnerabilità urbana complessiva di ogni tessuto si ottiene come semplice sommatoria dei livelli dei tre fattori di rischio. La procedura consente di individuare sinteticamente ambiti a maggior rischio secondo un ragionevole grado di approfondimento; si tratta di un metodo che può essere impiegato per la valutazione di vulnerabilità urbana in contesti di complessità non rilevante, o come valutazione preliminare in ambiti più complessi.

La sequenza delle operazioni da compiere può essere sintetizzata come segue, distinguendo tra elaborazioni *di servizio* e momenti di *sintesi*:

- Raccolta e organizzazione dati delle analisi registrate
- Determinazione dei singoli fattori di rischio tramite le tabelle di servizio:
 - compilazione della tabella di valutazione della pericolosità sismica locale dei tessuti (riferiti alle quattro zone di studio);
 - compilazione della tabella di valutazione della vulnerabilità sismica dei tessuti;
 - compilazione della tabella di valutazione dell'esposizione urbana dei tessuti;
 - compilazione della tabella di valutazione degli elementi critici dei percorsi e degli spazi aperti;
- Valutazione della vulnerabilità urbana complessiva:
 - sommatoria dei valori di pericolosità sismica locale, vulnerabilità sismica ed esposizione urbana (comprensiva delle criticità dei percorsi e degli spazi aperti) per ogni tessuto e determinazione dei valori relativi di vulnerabilità urbana complessiva;

- normalizzazione rispetto al valore massimo relativo e distinzione dei tessuti in classi relative di vulnerabilità complessiva.

Lo schema che segue rappresenta il metodo per la determinazione dei livelli relativi di vulnerabilità urbana complessiva delle diverse parti costituenti l'insediamento urbano.

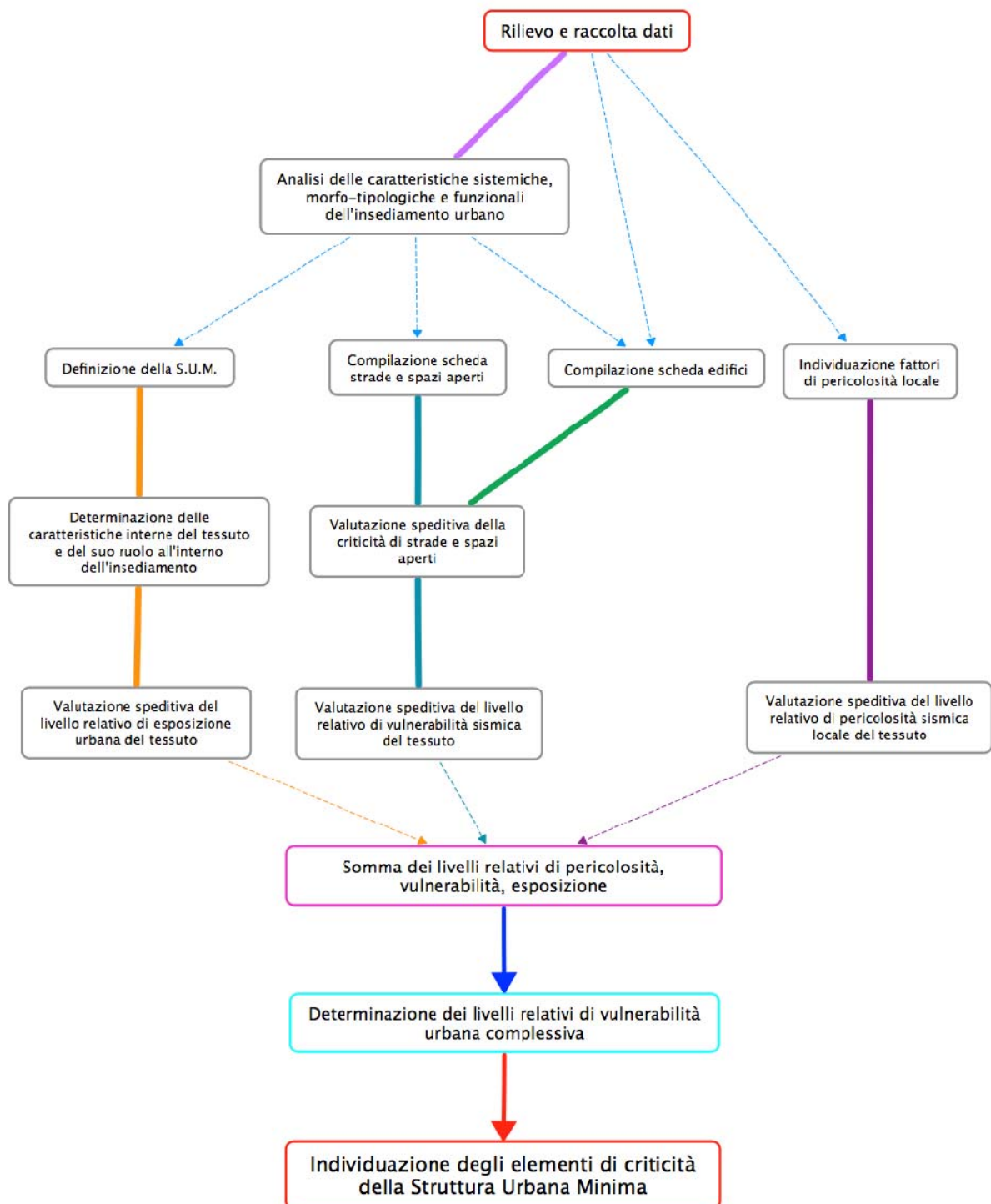


Figura 3. Valutazione speditiva dei livelli relativi di vulnerabilità sismica urbana complessiva dei tessuti, con il metodo urbanistico diagramma di flusso

La cartografia tematica risultante sintetizza la simulazione della vulnerabilità sismica del centro storico, applicando il *metodo urbanistico* o della scala urbana:

- Cartografia della suddivisione in zone del centro storico;
- Cartografia dell'esposizione urbana del tessuto, con percorsi e spazi aperti;

- Cartografia della vulnerabilità sismica del centro storico (Figura 4);
- Cartografia della vulnerabilità urbana complessiva (Figura 5)

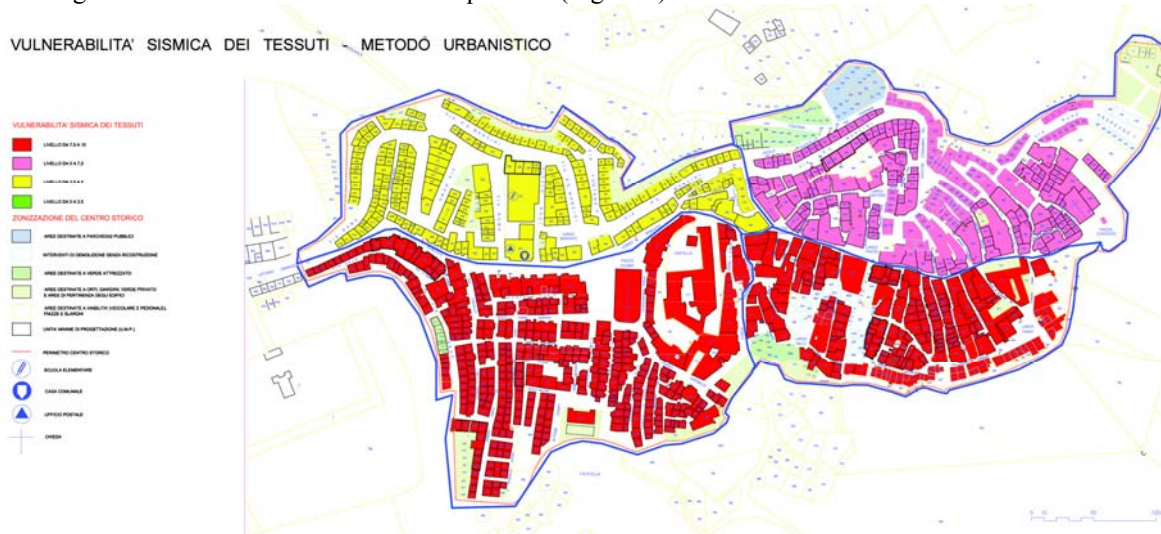


Figura 4. Centro storico di Bisaccia (Av), vulnerabilità sismica dei tessuti risultante dall'applicazione del metodo urbanistico

Anche se le prime tre carte consentono una lettura autonoma del contesto urbano esse sono *di servizio* per l'ultima cartografia in cui viene sintetizzata, graficamente, la classe alta dell'indice di vulnerabilità urbana complessiva, parimenti a quanto verificato con la metodologia GNDT.

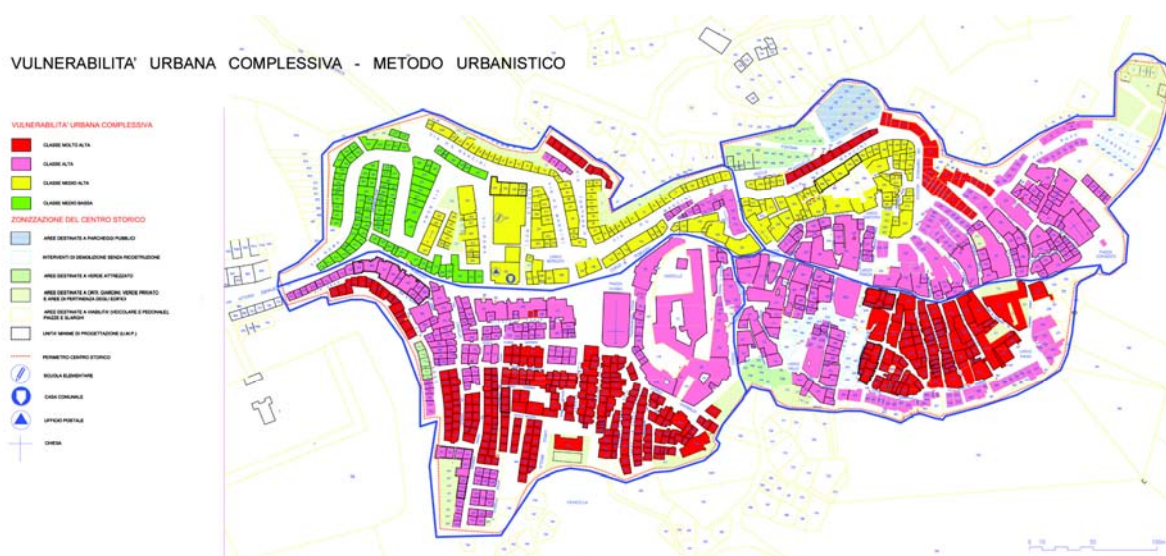


Figura 5. Centro storico di Bisaccia (Av), vulnerabilità urbana complessiva risultante dall'applicazione del metodo urbanistico.

Confronto tra i due metodi

Il metodo GNDT può essere utilizzato come uno studio preliminare per la pianificazione fisica dell'insediamento urbano, dove emerge la necessità di mettere in atto, accanto alle cosiddette opere di difesa attiva, tutte le possibili misure di difesa passiva che attengono alla gestione e alla manutenzione degli insediamenti e che investono la pianificazione territoriale, urbanistica e la protezione civile. In quest'ottica, la conoscenza e la difesa dai rischi, le criticità tipologiche del tessuto edificato, dei percorsi e spazi aperti, della densità abitativa, presuppongono un approccio multilaterale ed interdisciplinare dello studio non solo dell'evento sismico ma anche del contesto urbano sul quale tale evento agisce.

La metodologia alla scala urbana (metodo urbanistico), una volta individuata la SUM, è finalizzata all'analisi della vulnerabilità dei sistemi funzionali, insediativi, infrastrutturali e di tipo viario, al verificarsi di un evento sismico, in una prospettiva temporale estesa che tenga conto, oltre del danno immediato, degli effetti differiti e di lungo periodo. La metodologia urbanistica, parimenti a quella GNDT, consente la valutazione del danno temuto

per individuare le criticità presenti nel territorio, per definire azioni di programmazione, pianificazione e gestione nel tempo ordinario (prevenzione/mitigazione) e per l'emergenza in modo da favorire l'intervento diretto da parte della protezione civile. In più, *la metodica urbanistica*, approfondisce le tecniche e le procedure per misurare la criticità del sistema urbano di fronte all'evento sismico; criticità che possono derivare tanto dalle caratteristiche tipologiche del tessuto edilizio (*vulnerabilità fisica o edilizia*), tanto dalle relazioni che interagiscono tra gli elementi costitutivi del sistema (spazi, densità abitativa) (*vulnerabilità funzionale*), vulnerabilità di edifici strategici (edifici pubblici, monumentali, ospedali). Proprio per la lettura ed interpretazione di tali vulnerabilità, le analisi urbanistiche possono consentire la preventiva identificazione di *aree critiche* in cui, a parità di condizioni di pericolosità, si riscontra una più elevata concentrazione di patrimonio esposto, in termini, non solo di vite umane, ma di manufatti, di attività necessarie al funzionamento della città (o a fronteggiare una condizione di emergenza), di attività economiche e di risorse identitarie, oppure, di aree in cui si rileva una mancata rispondenza tra la domanda di attività che può generarsi in caso di evento e le caratteristiche di organizzazione spaziale e funzionale del contesto. Un evento sismico può ingenerare (anche in presenza di danni fisici di modesta entità) una domanda di attività (esodo verso luoghi sicuri, accesso ad attrezzature ospedaliere, accesso dei mezzi di soccorso) cui il sistema, per sue caratteristiche intrinseche, compattezza edificato, mobilità, distribuzione delle attrezzature strategiche, non riesce a far fronte entrando in una condizione di crisi funzionale.

L'individuazione delle aree critiche può consentire, altresì, la messa a punto di scelte urbanistiche di mitigazione del rischio improntate ad una considerazione integrata del danno diretto, misurabile in termini di perdite di vite umane o di manufatti, e del danno differito, specie di carattere funzionale ed economico, che il sisma può indurre compromettendo la stessa capacità di ripresa del sistema urbano.

La *metodologia urbanistica*, per l'individuazione delle fragilità di un sistema urbano di fronte all'evento sismico, ovvero delle caratteristiche di organizzazione spaziale e funzionale del sistema in grado di incidere sulla sua capacità di risposta, immediata o differita, presuppone la messa a punto di un quadro conoscitivo delle possibili interazioni tra i diversi sottosistemi insediativi, infrastrutturali e funzionali, tenendo conto della mobilità per la dinamica degli spostamenti da cui dipendono possibili ricadute in termini di danni sistemici e/o gestionali, aspetti non rilevati dall'applicazione della metodologia GNDT.

Una nota conclusiva va dedicata alle NTC 2008 che innovano le prescrizioni relative alle costruzioni civili in zona sismica rispetto a quanto imposto dal precedente D.M. 1996, in linea con lo spirito prestazionale della nuova norma, alcune prescrizioni della previgente normativa scompaiono o vengono sostituite da limitazioni provenienti dalla calcolazione effettiva della specifica struttura resistente, un quadro sintetico di quanto si riferisce è riportato nella Tabella 3. La stessa normativa al punto 8.7.1. - Costruzioni in muratura, introduce il concetto degli **edifici in aggregato**, *contigui, a contatto od interconnessi con edifici adiacenti*, avvertendo che *i metodi di verifica di uso generale per gli edifici di nuova costruzione possono non essere adeguati e che nell'analisi di un edificio facente parte di un aggregato edilizio occorre tenere conto delle possibili interazioni derivanti dalla contiguità strutturale con gli edifici adiacenti. A tal fine dovrà essere individuata l'unità strutturale (US) oggetto di studio, evidenziando le azioni che su di essa possono derivare dalle unità strutturali contigue. L'US dovrà avere continuità da cielo a terra per quanto riguarda il flusso dei carichi verticali e, di norma, sarà delimitata o da spazi aperti, o da giunti strutturali, o da edifici contigui strutturalmente ma, almeno tipologicamente, diversi. Oltre a quanto normalmente previsto per gli edifici non disposti in aggregato, dovranno essere valutati gli effetti di: spinte non contrastate causate da orizzontamenti sfalsati di quota sulle pareti in comune con le US adiacenti, meccanismi locali derivanti da prospetti non allineati, US adiacenti di differente altezza.* L'introduzione degli edifici in aggregato sposta per la prima volta il confine della verifica dall'unità edilizia o, peggio, dall'unità immobiliare, ad unità significativa dal punto di vista urbano, riconoscendo nei fatti una relazione forte tra edifici e spazio urbano che li accoglie. Affiora un'idea di città non più somma di edifici ma sistema complesso di spazi adattati con le conseguenti difficoltà insite nella perimetrazione di tale aggregato. Non è un caso che siano state pubblicate più versioni delle *Linee guida per il rilievo, l'analisi ed il progetto di riparazione e consolidamento di edifici in muratura in aggregato* a cura del Dipartimento di Protezione Civile e di ReLUIS (Rete di Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica).

Studi impostati sull'identificazione della SUM in condizione di funzionamento ordinario, di emergenza e post-sisma e sulla valutazione della vulnerabilità urbana complessiva dell'insediamento, possono costituire una sperimentazione di un metodo speditivo di valutazione e riduzione del rischio applicabile all'interno dei processi ordinari di pianificazione.

La disciplina urbanistica, attraverso la sua visione sistemica e gli strumenti della pianificazione ordinaria, può contribuire in modo determinante tanto all'individuazione dell'aggregato edilizio che della SUM per la mitigazione del rischio sismico, attraverso la redazione di piani urbanistici che indirizzino e/o prescrivano, in funzione della scala, trasformazioni del territorio volte alla riduzione della vulnerabilità sismica nel breve (contenuti operativi dei piani) e nel lungo periodo (contenuti strutturali dei piani).

		D.M. 16 gennaio 1996		D.M. 14 gennaio 2008	
Limitazione dell'altezza in funzione della larghezza stradale	$L \leq 3$ m	$H = 3$ m		“Per ciascun fronte dell’edificio verso strada, i regolamenti e le norme definiranno la distanza minima tra la proiezione in pianta del fronte stesso ed il ciglio opposto della strada.”	
	$3 \text{ m} \leq L \leq 11$ m	$H = L$			
	$L > 3$ m	$H = 11 + 3 \cdot (L - 11)$			
Distanza tra gli edifici contigui	Giunto tecnico	$d(h) = h/100$	Giunto tecnico	$d > \sum \text{spostamenti SLV}$	
				$H/100 \cdot a_g \cdot S/0.5 g$	
Forma del complesso architettonico	“..Gli edifici non devono essere né troppo snelli, né sbilanciati nel rapporto L1/L2, ma piuttosto compatti.” Rapporto planimetrico consigliato:	$1 \leq L1/L2 \leq 2,5$		“Le costruzioni devono avere, quanto più possibile, struttura iperstatica caratterizzata da regolarità in pianta e in altezza. Se necessario ciò può essere conseguito suddividendo la struttura, mediante giunti, in unità tra loro dinamicamente indipendenti.” *	
Altezza massima dei nuovi edifici	Tipologia strutturale	Classificazione Sismica / Altezza Massima (m)			“I regolamenti e le norme di attuazione degli strumenti urbanistici possono introdurre limitazioni all’altezza degli edifici in funzione della larghezza stradale”
		S3	S6	S9	
	Legno	10	7	7	Numero di piani massimo fuori terra = 2
	Muratura ordinaria	16	11	7.5	Numero di piani massimo entro e fuori terra = 3**
	Muratura armata	25	19	13	Numero di piani massimo entro e fuori terra = 4**
	Pannelli portanti	32	25	16	“..l’altezza massima degli edifici deve essere opportunamente limitata, in funzione delle loro capacità deformative e dissipative e della classificazione sismica del territorio”
Struttura intelaiata	Nessuna limitazione				

* Per i criteri di regolarità strutturale si rimanda al cap. 7.2.2 “Caratteristiche generali delle costruzioni” del D.M. 14 gennaio 2008.

** Cap. 4.5.6.4 del D.M. 14 gennaio 2008

Tabella 3. D.M. 1996 e D.M. 2008 a confronto, prescrizioni e limitazioni per le costruzioni civili in zona sismica

Bibliografia

Monografia

Fera G., (1991), *La città antisismica. Storia, strumenti e prospettive per la riduzione del rischio sismico*, Gangemi Edizioni, Roma.

Galderisi A., (2004), *Città e terremoti - Metodi e tecniche per la mitigazione del rischio sismico*, Gangemi Edizioni, Roma.

Monaco A., Monaco R., (2005), *Urbanistica e rischio sismico*, S. E. Gruppo Editoriale Esselibri S.p.a., Napoli.

Olivieri M (coordinatore), Fazio F., Parotto R., Pizzo B. (2010), *Linee guida per la definizione della Struttura urbana minima (Sum) nei PRG, per la riduzione della vulnerabilità sismica urbana*, Regione Umbria - Dipartimento di Pianificazione Territoriale e Urbanistica - Università di Roma *La Sapienza*.

Petrini L., Pinho R., Calvi G.M., (2006), *Criteri di progettazione antisismica degli edifici vol.1*, IUSS, Pavia.

Sicignano E., Nigro E., (2001). *Progettazione edile antisismica*, Maggioli Editore, Repubblica di San Marino.

Ugolini P., (2004), *Rischio sismico. Tutela e valorizzazione del territorio e del centro storico*, Franco Angeli, Milano.

Curatela

- Angeletti P., (a cura di, 2007), *Dieci anni dal sisma. Oltre la calamità: sviluppo e innovazione Terremoto 1997-98. Normativa, ricerche, sviluppi, volume n. 6*, Quattroemme, Perugia.
- Cherubini A., Petrazzuoli S.M., Zuccaro G., (a cura di, 2001), *Vulnerabilità sismica dell'Area Vesuviana*, DPC-GNDT, Roma.
- Corsi E., Franco C. (a cura di, 1991), *Dal terremoto al futuro: la ricostruzione a Napoli. Il titolo VIII della legge 219/81*, voll. 1-2, Electa, Milano.
- Cremonini I., (a cura di, 1999), *Analisi preliminare e valutazione dell'esposizione e vulnerabilità sismica dei sistemi urbani*, Regione Emilia Romagna, Bologna.
- Di Leo L. G., Locurzio M (a cura di, 1985), *Messina una città ricostruita*, Edizioni Dedalo, Bari.
- Fabietti V., (a cura di, 2001), *Linee guida per la riduzione del rischio sismico. Il recupero dei centri storici di Rosarno e Melicucco*, INU Edizioni, Roma.
- Fabietti V., (a cura di, 2007), *Vulnerabilità sismica e trasformazione dello spazio urbano*, Alinea, Firenze.
- Mazzoleni D., Sepe M., (a cura di, 2005), *Rischio sismico, paesaggio, architettura: l'Irpinia, contributi per un progetto*, Centro Regionale di Competenza Analisi e Monitoraggio del Rischio Ambientale, Napoli.
- Menoni S., (a cura di, 2006), *La salvaguardia dei valori storici, culturali e paesistici nelle zone sismiche italiane*, Gangemi Edizioni, Roma.
- Ministero Beni e Attività Culturali (a cura di, 2006-2010), *Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale*, Gangemi Edizioni, Roma.
- Nigro G., Fazio F., (a cura di, 2007), *Il territorio rinnovato. Uno sguardo urbanistico sulla ricostruzione postsismica in Umbria 1997-2007*, Quattroemme, Perugia.
- Nigro G., Sartorio F.S., (a cura di, 2002), *Ricostruire nella complessità. I PIR e la ricostruzione in Umbria*, Alinea, Firenze.
- Olivieri M. (a cura di), *Regione Umbria. Vulnerabilità e prevenzione urbanistica degli effetti del sisma: il caso di Nocera Umbra*, Urbanistica Quaderni n. 44, Inu-Edizioni, Roma.

Saggio su volume

- Sarlo A., (2002), "Criteri e linee guida per le politiche urbane e di mitigazione del rischio sismico a Melicucco e Rosarno", in: Caldaretti S. (a cura di), *Politiche insediative e mitigazione del rischio sismico. Un'esperienza su Rosarno e Melicucco*, Rubettino, Soveria Mannelli.

Articolo su rivista:

- AA.VV., (2004), "Analisi del comportamento del sistema urbano di Nocera Umbra sotto il sisma del 1997", Università degli Studi di Roma - Dipartimento di Pianificazione Territoriale e Urbanistica (DPTU), in: *Urbanistica Informazioni Quaderni n. 44*, Roma.
- Ceudech A., Forte G., (2001), "Una procedura per la misura della vulnerabilità del sistema urbano ai rischi naturali: il caso Napoli.", in *Atti della XXII Conferenza Italiana di Scienze Regionali*.
- Cremonini I., (1998), "Emilia Romagna: un approccio urbanistico alla riduzione del rischio sismico", in *Urbanistica Informazioni n. 158*.
- Cremonini I., Galderisi A., (2007), "Rischio sismico e processi di piano: verso l'integrazione", in *Urbanistica*.
- Landrini C., (1997), "Il rischio e i programmi di previsione e prevenzione.", in *DPC informa: periodico informativo del Dipartimento della Protezione Civile*, pp. 4-9.
- Olivieri M., (2004), "Vulnerabilità urbana e prevenzione urbanistica degli effetti del sisma: il caso di Nocera Umbra", in *Urbanistica*.
- Valente A., Fornaro M., Borra C., Stobbia C., Ferrarotti A., (2005), "Rischio sismico e problematiche urbanistiche relative ai centri storici: il caso di Bussana Vecchia (Comune di Sanremo)", in *Giornale di Geologia Applicata*, pp. 289-294.