

Sistemi insediativi e impianti industriali in aree esposte a rischi naturali: un approccio urbanistico alla mitigazione dei rischi na-tech.

1. Inquadramento scientifico

Molte delle città in cui viviamo si sono sviluppate in luoghi interessati da fenomeni naturali potenzialmente devastanti. Inoltre, alcune attività antropiche presenti in tali aree (come certe industrie) costituiscono potenziali fonti di pericolo per la popolazione. In conseguenza di ciò, assistiamo al verificarsi di disastri composti, i cosiddetti *na-tech disasters*, “incidenti tecnologici innescati da disastri naturali” (Menoni, 1997; Cruz A.M. et al., 2004).

La frequenza di tali eventi è in aumento e la loro complessità li rende estremamente pericolosi sia per la popolazione sia per i soccorritori che, se non adeguatamente preparati, devono fronteggiare simultaneamente eventi e dinamiche eterogenee.

Pochi sono gli studi esistenti sul tema dei rischi *na-tech*; uno dei più completi e recenti è “Lo stato dell’arte sulla gestione dei rischi *na-tech*” svolto dall’UN/ISDR e dal centro di ricerche della Comunità Europea, JRC (Cruz et al., 2004). Risultato della ricerca è una quasi totale mancanza di normative atte a promuovere, favorire e mitigare tali rischi. Rischi naturali e tecnologici sono, infatti, analizzati prevalentemente in maniera disgiunta.

La comunità scientifica è chiamata a fornire metodi e tecniche per una trattazione unitaria, integrata e non settorializzata di tutte le tipologie di rischio volta all’individuazione di azioni di mitigazione e di una forma più sostenibile degli insediamenti.

Poiché il rischio *na-tech* è comunque un rischio di incidente rilevante seppure innescato da calamità naturali, è stato utile approfondire la normativa inerente al rischio di incidente rilevante e gli approcci metodologici in uso per la sua valutazione.

In Italia, il metodo utilizzato (ex D.M. 09/05/2001) per la valutazione della compatibilità tra industrie a rischio e usi del suolo integra i due approcci più diffusi in Europa, il *risk based* e il *consequence based*.

Esso, pur rappresentando un primo passo per la definizione di requisiti minimi per la pianificazione in aree esposte a rischio di incidente rilevante, non fornisce strumenti idonei a descrivere la continuità e la complessità del mondo reale.

È, infatti, basato su un rigido sistema di soglie quantitative, sia nel definire le aree di danno che nel classificare gli elementi per livelli di vulnerabilità e prende in considerazione solo gli incidenti prevedibili e più probabili.

Inoltre, nel Decreto c'è solo un accenno alla necessità di considerare i rischi naturali se questi possono influenzare negativamente gli scenari di incidente rilevante.

2. Finalità e obiettivi della ricerca

Partendo dalla considerazione di tali problematiche, il lavoro di ricerca è stato orientato alla messa a punto di un metodo di valutazione dei rischi *na-tech* di supporto alla definizione di strategie urbanistiche per la loro mitigazione.

Tale finalità è perseguita attraverso due obiettivi principali:

- l'individuazione di tecniche e procedure in grado di trattare e tenere in conto le "complesse" interazioni, prevedibili a priori o nascoste, tra gli elementi esposti a rischi di tipo *na-tech* e capaci di trattare contemporaneamente dati eterogenei, quantitativi e qualitativi, relativi a diversi fattori di rischio;
- la definizione di criteri per la produzione di mappe di rischio *na-tech* a supporto della definizione di strategie urbanistiche per la mitigazione di tale rischio.

3. Metodologia

Il lavoro di ricerca è svolto attraverso tre fasi principali:

- I. una fase conoscitiva, costituita dallo studio delle fonti bibliografiche e della normativa di settore, nonché dall'approfondimento di singoli casi studio (Turchia, 1999; Baia Mare, 2000) e di strumenti urbanistici all'avanguardia, almeno in Italia, per quanto riguarda i rischi di incidente rilevante ed i rischi multipli (i PTCP di Bologna e Modena e il PRG di Rho, per citarne alcuni);
- II. una fase di metodo, nella quale, anche sulla scorta dei risultati della prima fase, viene delineato un metodo per l'analisi e valutazione delle caratteristiche di rischio degli insediamenti potenzialmente esposti a eventi *na-tech* e per la definizione di strategie urbanistiche per la mitigazione e la gestione di tali rischi;
- III. una fase di applicazione sperimentale, in cui il metodo elaborato viene testato su un'area campione della Campania.

In particolare, è stato elaborato un metodo di analisi multi-attributo integrato con tecniche basate sulla logica fuzzy per la valutazione del rischio *na-tech*.

Si è scelto l'utilizzo delle tecniche di analisi multi attributo (MADM) per la loro capacità di trattare in maniera compensativa dati eterogenei e contrastanti e di tenere così in conto le complesse (e spesso imprevedibili) relazioni tra essi.

La struttura di un problema MADM (Chen et al., 1992) sembra essere particolarmente adatta per valutare i livelli di rischio di un'area: le unità territoriali rappresentano le alternative del problema, mentre gli indicatori di pericolosità, esposizione e vulnerabilità sono gli attributi.

Un approccio di tipo fuzzy consente, invece, di processare dati qualitativi, linguistici e non certi (non solo numerici, quindi) e di superare il metodo deterministico delle soglie comunemente usato per valutare la compatibilità degli insediamenti urbani con le industrie a rischio di incidente rilevante.

La logica fuzzy, infatti, rappresenta un utile strumento per tradurre sia l'imprecisione insita nella valutazione di alcune grandezze che la non completa conoscenza dei fenomeni di cui ci si occupa.

Secondo tale logica, un elemento non appartiene necessariamente ad un solo insieme, ma può appartenere a più insiemi con differenti "gradi di appartenenza".

In definitiva, risulta possibile, attraverso l'uso combinato di logica fuzzy e tecniche di analisi multi attributo, gestire dati di tipo eterogeneo ed in maniera compensativa per effettuare la classificazione dei livelli di rischio *na-tech* di una data area.

In dettaglio, la procedura proposta per la valutazione dei rischi *na-tech* è strutturata in quattro fasi principali:

- Definizione dell'area di studio;
- Suddivisione dell'area in Unità Territoriali di Riferimento (UTR);
- Valutazione di Pericolosità, Esposizione e Vulnerabilità delle UTR;
- Valutazione del livello di Rischio per ciascuna UTR.

Sebbene tra i target degli incidenti rilevanti e delle calamità naturali siano da annoverare sia le persone che le infrastrutture ed i beni di pregio storico-archeologico e naturale, in questa fase di sviluppo del lavoro di ricerca l'attenzione è stata posta solo sui primi.

L'area di studio (a_f) è delimitata attraverso una fuzzificazione di un quarto dell'area massima di danno (a) tra quelle relative agli scenari incidentali possibili descritti nel

Rapporto di Sicurezza ($a_f = a + a/4$) in modo da definire un passaggio graduale tra l'area di impatto e quella sicura.

La suddivisione del territorio in UTR è fatta tenendo conto di alcune principali caratteristiche fisiche e funzionali dell'area (destinazioni, d'uso, caratteristiche edilizie, soglie fisiche, infrastrutture, sezioni censuarie, ecc.).

Gli n attributi per ognuno dei fattori di rischio (Esposizione, Vulnerabilità e Pericolosità) e relativi a tutti i possibili scenari di impatto per l'area di studio vengono convertiti in valori numerici attraverso tecniche fuzzy, normalizzati e uniti al fine di ottenere un indicatore I_x per ogni fattore di rischio.

Tali indicatori costituiscono gli attributi per ciascuna UTR sulla base dei quali viene effettuato il rating del rischio *na-tech*.

Le operazioni di normalizzazione sono eseguite utilizzando la formula:

$$y = \frac{x - \min(x)}{\max(x) - \min(x)},$$

mentre per le operazioni di unione degli attributi relativi allo stesso fattore di rischio è stata scelta la formula:

$$y = \left(\sum_{i=1}^n w_i x_i \right) / n,$$

dove w_i sono i pesi che è possibile attribuire a ciascun attributo, ma che in questo lavoro sono assunti pari a 1.

Attraverso i valori di rischio calcolati, tutti normalizzati tra 0 e 1, è possibile produrre una mappa del rischio *na-tech* estremamente differente da una rigida mappa delle compatibilità di tipo Booleano.

4. Applicazione

Parallelamente allo svolgimento della seconda fase della ricerca, il metodo per la valutazione del rischio *na-tech* è stato testato sul Comune di Casalnuovo classificato zona sismica 2 e sede di tre impianti a rischio di incidente rilevante.

L'impianto preso in considerazione è uno stabilimento di stoccaggio di GPL localizzato all'interno della zona residenziale del Comune.

Un incidente rilevante causato da un sisma è l'evento *na-tech* che ci si può attendere in quest'area.

Dall'analisi delle aree di danno del Rapporto di Sicurezza fornito alle autorità competenti da parte del gestore dell'impianto, l'area di studio è racchiusa in una circonferenza di raggio 687.5 m ($= 550 + 550/4$), essendo la massima area di impatto sulla popolazione stimata in 550 m.

Il territorio è stato suddiviso in 64 UTR residenziali, 12 sedi di attività pubbliche, 7 sedi di scuole, 2 di stazioni ferroviarie e 6 di attività industriali.

Gli attributi scelti per la valutazioni delle condizioni di rischio sono quelli illustrati nella (tab. 1).

Attraverso l'applicazione del modello illustrato nel paragrafo precedente è stato quindi possibile produrre un mappa del rischio *na-tech* per l'area (fig. 1) che mette in evidenza, grazie agli attributi scelti, le condizioni di rischio relative ad un ipotetico incidente rilevante in caso di sisma.

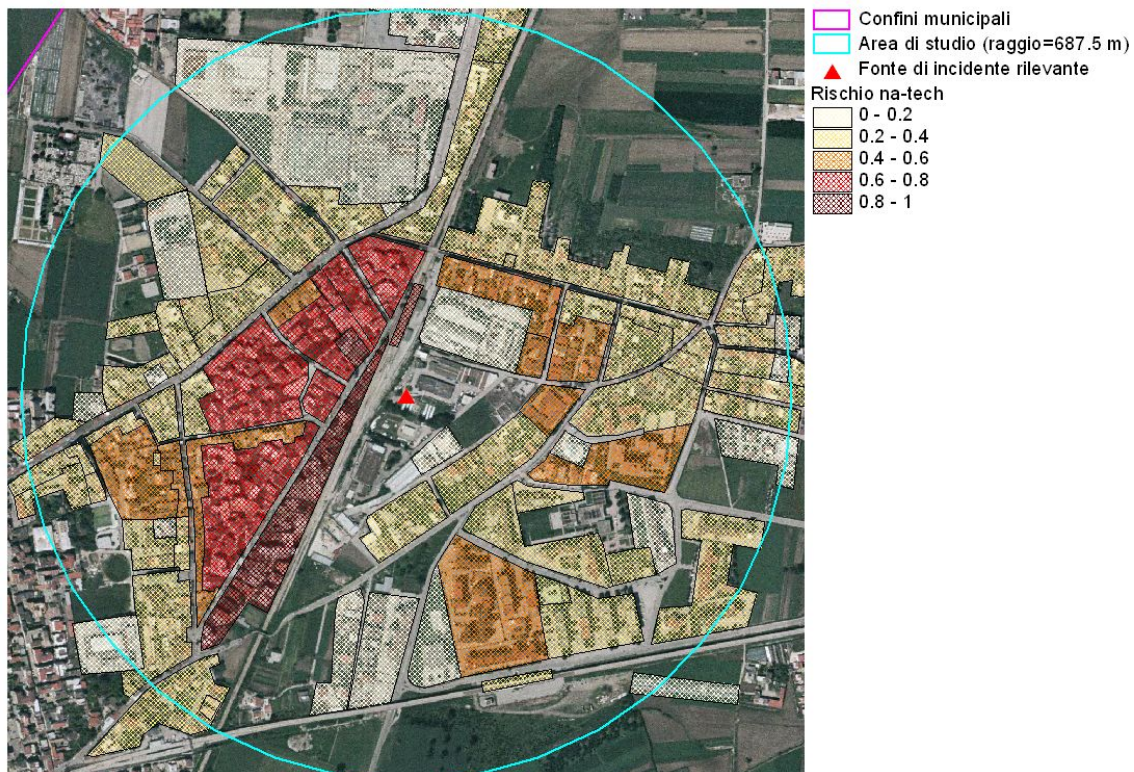
5. Primi risultati e sviluppi futuri

Allo stato attuale di sviluppo, il lavoro di ricerca proposto rappresenta una prima sistematizzazione metodologica dei concetti maturati nel campo del rischio di incidente rilevante e dei rischi *na-tech*.

Alcuni importanti risultati ottenuti sono:

- la messa a punto di un metodo capace di trattare unitariamente sia i rischi naturali che tecnologici e tenere in conto delle complesse (e spesso imprevedibili) relazioni tra di essi;
- un primo passo verso il superamento dell'uso del sistema delle soglie;
- la possibilità di trattare differenti tipologie di dati di input;
- la possibilità di produrre mappe comparabili (poiché tutte strutturate sulle stesse unità territoriali di riferimento) per differenti tipologie di rischio e per tutti i fattori di rischio;
- la possibilità di produrre mappe di rischio *na-tech*.

fig. 1 Mappa del rischio na-tech



tab. 1 Categorie di UTR e relativi insiemi di attributi

Categorie di RTU	Pericolosità da incidente rilevante		Pericolosità sismica		Esposizione			Vulnerabilità da incidente rilevante		Vulnerabilità sismica							
	Scenario 1	Scenario n	Magnitudo	Amplificatori sismici locali	Popolazione	Attività		Protezione attiva	Protezione passiva	Caratteristiche fisiche			Accessibilità				
	Minima distanza dalla fonte di pericolo	Minima distanza dalla fonte di pericolo	Classe di sismicità	--	Presenze	Frequenza	Livello gerarchico	% utenti deboli	All'aperto /al chiuso	Vulnerabilità fisica degli edifici	Pendenza	Irregolarità della maglia stradale	Compattezza del tessuto	Distanza dall'area sicura	Distanza dalle attrezzature di soccorso		
Aree residenziali	mt.	mt.	Alto, medio, basso, nullo	--	n° di residenti	Molto alto, alto, medio, basso, molto basso			% utenti deboli	All'aperto, semi aperto, al chiuso	Età di costruzione media dei fabbricati	Alta, media bassa	Alta, media bassa	Alta, media bassa	mt.	mt.	
Attività pubbliche per utenti deboli	mt.	mt.	Alto, medio, basso, nullo	--	massima capacità	Molto alto, alto, medio, basso, molto basso	Regionale, Comunale, Locale		% utenti deboli	All'aperto, semi aperto, al chiuso	Età di costruzione media dei fabbricati	Alta, media bassa	Alta, media bassa	Alta, media bassa	mt.	mt.	
Attività pubbliche	mt.	mt.	Alto, medio, basso, nullo	--		Molto alto, alto, medio, basso, molto basso	Regionale, Comunale, Locale			All'aperto, semi aperto, al chiuso	Età di costruzione media dei fabbricati	Alta, media bassa	Alta, media bassa	Alta, media bassa	mt.	mt.	
Stazioni della rete su ferro	mt.	mt.	Alto, medio, basso, nullo	--		Molto alto, alto, medio, basso, molto basso	Regionale, Comunale, Locale			All'aperto, semi aperto, al chiuso	Età di costruzione media dei fabbricati	Alta, media bassa	Alta, media bassa	Alta, media bassa	mt.	mt.	
Attività industriali	mt.	mt.	Alto, medio, basso, nullo	--	massimo n° di lavoratori	Molto alto, alto, medio, basso, molto basso				All'aperto, semi aperto, al chiuso	Età di costruzione media dei fabbricati	Alta, media bassa	Alta, media bassa	Alta, media bassa	mt.	mt.	
Tipologia	Fuzzy	Fuzzy	Linguistico	--	Numerico	Linguistico	Linguistico	Numerico	Linguistico	Numerico	Linguistico	Linguistico	Linguistico	Numerico	Numerico		

6. Bibliografia

- Chen S., Hwang C. (1992), Fuzzy Multi Attribute Decision Making. Methods and applications, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg;
- Christou M., Amendola A., Smeder M. (1999), The control of major accident hazards: The land-use planning issue, Journal of Hazardous Materials n°65, pp.151–178, Elsevier Science;
- Colletta P., Manzo R., Spaziante A. (2002), Pianificazione del territorio e rischio tecnologico. Il D.M. 9 maggio 2001, Celid, Torino;
- Cruz A.M. et al. (2004), State of the Art in Natech Risk Management, European Communities Publications Office, [Internet] <<http://nedies.jrc.it>>;
- Menoni S. (1997), Pianificazione e incertezza. Elementi per la valutazione e la gestione dei rischi territoriali, Franco Angeli, Milano.

Autore: ing. Massimiliano Pistucci

Dipartimento: Dipartimento di Pianificazione e Scienza del Territorio – Facoltà di Ingegneria – Università degli studi “Federico II” di Napoli

e-mail: pistucci@libero.it

Nome del Dottorato: Ingegneria delle Reti Civili e dei Sistemi Territoriali Indirizzo Governo dei Sistemi Territoriali - XIX ciclo

Tavolo tematico: Urbanistica di frontiera