

APPLICAZIONE DI UN SISTEMA DI SUPPORTO ALLE DECISIONI IN MATERIA DI PIANIFICAZIONE TERRITORIALE PER LA VERIFICA E LA MITIGAZIONE DEI RISCHI PRESENTI SUL TERRITORIO PROVINCIALE VENEZIANO

A.Bortoli, M.Pizzato, R.Gentile

Settore Pianificazione Territoriale e Urbanistica , Provincia di Venezia, via Forte Marghera 191, Mestre (VE), 30173, Italia

S. Giove, S. Silvoni

Dipartimento di Matematica Applicata, Università Ca Foscari di Venezia, Dorsoduro 3825/E Venezia, 30123, Italia

SOMMARIO

Nel presente articolo si propone un approccio basato sulla logica fuzzy per l'analisi della compatibilità territoriale per l'interazione tra rischio e vulnerabilità. Nella prima parte verranno indicati brevemente alcuni concetti chiave generali inerenti il Rischio in ambito territoriale; nella seconda verrà invece spiegato il principio della logica fuzzy e la sua applicazione nella pianificazione territoriale. Il modello verrà sviluppato mostrandone l'applicabilità su un'area campione del territorio della Provincia di Venezia per definire la compatibilità territoriale per quello specifico contesto. Quest'ultimo punto rappresenta l'obiettivo centrale dell'articolo, sviluppa le modalità di definizione del sistema dei valori e dei rischi e propone le relative formulazioni matematiche, sia per il processo di "fuzzyficazione", sia per quello di aggregazione.

INTRODUZIONE

La Pianificazione Territoriale tradizionale raramente affronta il problema di identificare globalmente i rischi presenti sul territorio, sia per la popolazione che per le infrastrutture, i servizi, l'ambiente. In particolare, nella maggior parte delle esperienze di pianificazione d'area vasta, la variabile rischio non è ancora trattata in modo organico, come uno dei riferimenti necessari per orientare le scelte di sviluppo, per la localizzazione di nuovi insediamenti, per valutare la compatibilità delle decisioni con le esigenze di tutela delle risorse (infrastrutture, servizi, beni culturali e ambientali, ...) presenti. Nel territorio Veneto e segnatamente nella Provincia di Venezia, anche per la complessità territoriale (presenza di numerosi corsi d'acqua, lagune e litorali marini già interessati – in modo diretto o indiretto - dalla presenza di impianti a rischio di incidente rilevante) e del sistema insediativo (alta diffusione di insediamenti e consistente presenza di infrastrutture anche di rango nazionale), il tema del Rischio di Incidente Rilevante (RIR) rende necessario "ragionare", per la tutela delle persone, dell'ambiente naturale e delle cose, con un approccio integrato. I "valori territoriali" possono rappresentare gli elementi cardine, i riferimenti, per la valutazione a scala territoriale della compatibilità delle scelte di pianificazione con i fattori di rischio presenti e per definire un sistema di criteri e indirizzi per regolare l'eventuale insediamento di impianti a rischio di incidente rilevante o, comunque, per orientare lo sviluppo e la riqualificazione sostenibile del territorio tenendo conto, in modo integrato, delle esigenze di tutela e salvaguardia.

La Provincia di Venezia ha affrontato il tema del rischio di incidente rilevante proponendo al Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – Dipartimento per il Coordinamento dello Sviluppo del Territorio di aderire al programma di accompagnamento all'attuazione delle norme regolamentari contenute nel D.M. 9 maggio 2001.

A seguito di ciò è stato sottoscritto in data 13/11/2003 un Accordo per il cofinanziamento di uno Studio di fattibilità per l'adeguamento dello strumento di pianificazione territoriale provinciale e degli strumenti di pianificazione di livello comunale alle norme relative all'attuazione dell'art.14 del D.Lgs. 334/99 e del D.M. LL.PP. 9 maggio 2001, in materia di "controllo dell'urbanizzazione" nelle aree a rischio di incidente rilevante e per l'individuazione di "progetti pilota" operativi, finalizzati alla ricomposizione del rischio tecnologico, attraverso interventi di riqualificazione urbana integrata.

Successivamente è stato sottoscritto in data 17/12/2003 un Accordo per il cofinanziamento a favore dei Comuni della Provincia di Venezia interessati ad aderire al programma di attività di cui al precedente Accordo del 13/11/2003.

I Comuni di Mira e Venezia hanno aderito al programma di attività sottoscrivendo un Protocollo di Intesa con la Provincia di Venezia.

Detti Accordi e Protocolli hanno portato alla definizione di specifici Progetti operativi finalizzati, per la Provincia, all'applicazione delle norme inerenti i requisiti minimi di sicurezza in materia di pianificazione per le zone interessate dalla presenza di stabilimenti a rischio di incidente rilevante e per i Comuni alla ricomposizione del rischio tecnologico nell'ambito di due stabilimenti nel Comune di Mira e di un stabilimento nel Comune di Venezia.

I Progetti operativi, in avanzato stato di redazione, si sono sviluppati in continua e fattiva collaborazione con la Commissione istituita per l'attuazione, il monitoraggio e la valutazione dello studio di fattibilità per l'adeguamento del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale.

All'interno del percorso, sinteticamente sopra descritto, per l'attuazione del D.M. 9 maggio 2001 si inserisce l'applicazione del modello sviluppato su logica fuzzy.

Pur trattandosi di un modello ancora sperimentale, che necessita di ulteriori definizioni, nonché di una applicazione territoriale più ampia, in questa sede si vuole sottolineare le potenzialità di un approccio di questo tipo, ritenendo che le scelte territoriali future dovranno sempre più cimentarsi con la verifica integrale della sostenibilità e ritenendo altresì che la sicurezza di persone e cose non può essere risolta attraverso una semplice linea tracciata su cartografia.

1.0 IL CONCETTO DI RISCHIO

1.1 Le componenti del Rischio

Il territorio Veneto ed in particolare il contesto Veneziano, sono caratterizzati da una forte dinamica territoriale. In particolare l'antropizzazione, in modo più evidente a partire dagli anni '60, ha portato ad un'urbanizzazione del suolo sempre diffusa, con conseguenze importanti in termini di criticità per l'organizzazione del territorio in tutte le sue componenti e per gli assetti geomorfologici ed idraulici. Scelte locali che hanno portato all'attuale assetto urbano privo di coordinamento sovracomunale, e hanno costituito un'aggravante anche per la "gestione" dei rischi presenti sul territorio. Se infatti il rischio, si misura come prodotto della pericolosità per il danno potenziale, risulta abbastanza evidente come, aumentando sul territorio la presenza di beni e di persone, vi sia un incremento significativo del danno potenziale.

In generale il Rischio per una porzione di territorio si esprime attraverso la seguente formula:

$$R = P \times D, \quad (1)$$

dove R – Rischio; P – Pericolosità; D – Danno potenziale.

Per pericolosità si intende la probabilità che in una zona si verifichi un determinato evento calamitoso; per danno potenziale invece si intende il prodotto tra il valore del bene e la sua vulnerabilità; ciò significa che a parità di valore con vulnerabilità diverse il danno può variare in maniera significativa.

$$D = Vu \times Va \quad (2)$$

dove D – Danno potenziale; Vu – Vulnerabilità; Va – Valore.

Per vulnerabilità si intende la capacità che un elemento ha di resistere all'azione dannosa di un evento calamitoso e rappresenta in genere l'entità delle perdite subite a seguito dell'evento; per valore invece si fa riferimento ad un concetto prettamente economico e quindi valutabile attraverso stime. Dalla (1) e dalla (2) ne segue che il Rischio può definirsi come:

$$R = P \times Vu \times Va \quad (3)$$

dove R – Rischio; P – Pericolosità; Vu – Vulnerabilità; Va – Valore.

L'idea quindi, applicata ad una scala idonea, quale può essere quella provinciale, è quella di agire in maniera opportuna sulla componente pericolosità dei rischi (attraverso la conoscenza scientifica e la tecnica per ridurre in loco il rischio potenziale), ma soprattutto sulla componente vulnerabilità (l'entità cioè delle potenziali perdite subite a seguito di un particolare evento calamitoso) pianificando compatibilmente con la struttura morfologica e con l'eventuale localizzazione degli impianti (se si tratta, come nella fattispecie, di Rischio di Incidente Rilevante).

1.2 La variante al Piano Territoriale Provinciale (PTP) del 1999

Con l'adozione del Piano Territoriale Provinciale (PTP), nel febbraio del 1999, la Provincia di Venezia si dotò di uno strumento di gestione del territorio, di indirizzo per l'assetto insediativo e infrastrutturale, di coordinamento della Pianificazione comunale e per la promozione delle politiche territoriali. Tale strumento mai giunto ad approvazione definitiva da parte della Regione Veneto, presentava un quadro altamente complesso dello stato del territorio, sia per i caratteri strutturali degli insediamenti e delle infrastrutture, che per gli aspetti geomorfologici. In questa logica è stata considerata come manifesta intenzione della variante garantire un'effettiva compatibilità territoriale assicurando dei requisiti minimi di sicurezza per la popolazione e le infrastrutture e per l'ambiente. A seguito dunque della pubblicazione del Dm 9 Maggio 2001 - Requisiti minimi di sicurezza in materia di pianificazione urbanistica e territoriale per le zone interessate da stabilimenti a rischio di incidente rilevante – la Provincia di Venezia, coerentemente con quanto già stabilito dal Dlgs 337/99 ha iniziato il suo percorso di adozione di "politiche in materia di controllo dell'urbanizzazione, destinazione e utilizzazione dei suoli e/o altre politiche compatibili" con la prevenzione e la limitazione degli impatti potenziali degli incidenti rilevanti.

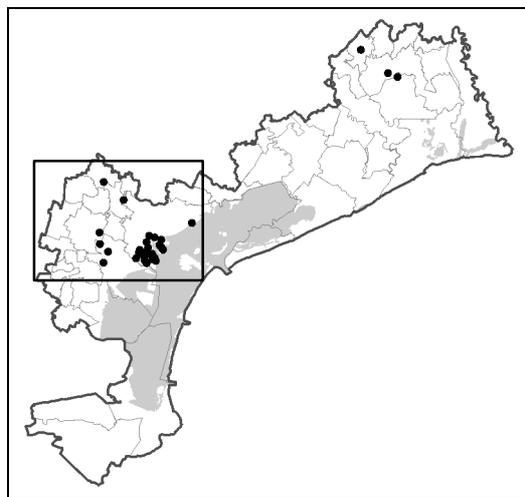


Figura 1. Inviduazione degli stabilimenti Seveso nella Provincia di Venezia in applicazione del decreto 9 Maggio 2001

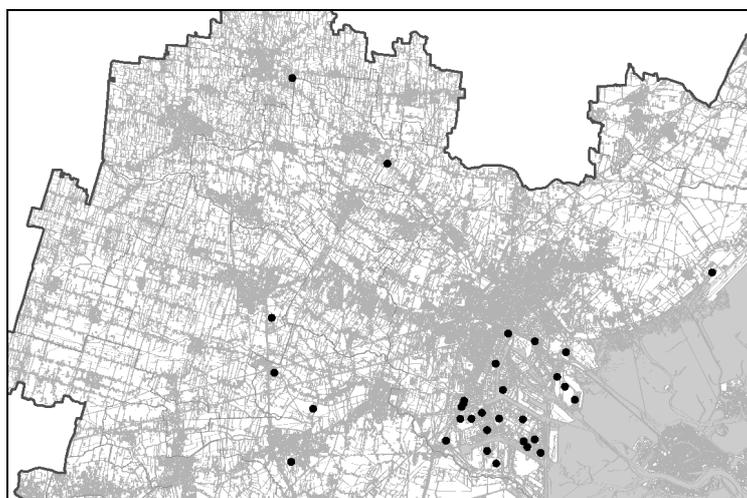


Figura 2. Inviduazione degli stabilimenti Seveso nell'area centrale della Provincia di Venezia

1.3 Le diverse accezioni del rischio e il nuovo Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP)

L'approccio pianificatorio di area vasta non può non considerare la componente rischio ed il livello provinciale rappresenta il livello probabilmente ottimale per mitigare situazioni con accentuata pericolosità e soprattutto prevenire i potenziali rischi connessi a eventuali futuri insediamenti che possano portare ad un aumento della pericolosità. Pur avendo iniziato il percorso di ricerca sul rischio di incidente rilevante, è stata intrapresa una modalità di pianificare che prevede di considerare anche altri rischi quali l'idraulico, l'idrogeologico, l'elettromagnetico, etc. La definizione del nuovo Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale prevede infatti secondo la normativa regionale (L.R. n° 11/2004) specifiche competenze tra le quali "la definizione degli aspetti relativi alla difesa del suolo e alla sicurezza degli insediamenti" e "l'individuazione delle aree a rischio di incidente rilevante". La Provincia di Venezia ha fatto proprie queste direttive proponendo un approccio specifico per la mitigazione e prevenzione dei rischi, già nel Documento Preliminare al Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale attraverso "politiche per un territorio sicuro" ed indicando come temi cardine la Difesa del Suolo, il Rischio Industriale di incidente rilevante ed il Rischio elettromagnetico, sui quali approfondire specifiche linee guida per riportare a coerenza situazioni di incompatibilità.

2.0 IL MODELLO DI SUPPORTO ALLE DECISIONI

2.1 Strumenti per decidere

Il tema della formazione delle decisioni in materia di Pianificazione Territoriale è largamente discusso e di fondamentale importanza; se gli strumenti di pianificazione territoriale si definiscono come "decisioni politiche tecnicamente assistite" è chiaro che è importante che il decisore sia consapevole della portata e delle ricadute territoriali delle scelte.

Lo scopo della ricerca è quello di costituire un vero e proprio supporto alle decisioni, ovvero mettere il decisore nelle condizioni di poter valutare al meglio le conseguenze delle scelte di pianificazione delineando degli scenari determinati da specifici modelli di simulazione sulla base di parametri specifici.

2.2 La logica Fuzzy

Nella maggior parte dei casi, anche in tema di rischio, gli enti locali e la comunità scientifica definiscono o identificano i diversi ambiti territoriali mediante poligoni che classificano le zone all'esterno delle quali viene considerato assente, o non influente, rispetto ai valori territoriali presi in esame. Da un punto di vista matematico, queste soglie ben definite vengono dette *crisp*, ovvero definiscono nettamente il confine di un'area a rischio o di un'area considerata come valore territoriale. Nella natura, così come in certi tipi di approccio matematico, accade spesso che questi confini non siano ben definiti, basti pensare alla presenza stabile di persone (per esempio residenza) ad una distanza di un metro oltre la fascia massima di propagazione del rischio di un impianto GPL. È possibile quindi pensare che queste soglie, questi confini, non siano rappresentate in modo ben definito, ma in parte sfocato o sfumato. Questo tipo di approccio consente di interpretare in modo più realistico l'estensione delle aree geografiche oggetto di studio, siano esse definite come rischiose o come valore territoriale [9][10][11]. La logica *fuzzy*, introdotta da L.Zadeh (1965), traccia i fondamenti teorici di tale approccio, che, contrapponendosi alla logica *booleana* del vero/falso consente di manipolare dati con un certo grado di incertezza, e di considerare l'appartenenza di un elemento a più insiemi con diversi gradi di verità [5]. Queste prerogative consentono di descrivere la situazione sopra riportata tramite una terminologia strettamente legata al linguaggio naturale dell'uomo come "la persona è molto vicina alla fascia massima di propagazione del rischio dell'impianto GPL" (ovvero, non è dentro al confine, ma vi è molto vicino). Questo strumento matematico viene utilizzato nell'analisi dell'estensione territoriale, relativa alle zone rischiose o considerate come valore, del presente progetto di ricerca. Nell'esempio in fig.2 si può vedere come nella logica tradizionale un valore soglia determini in maniera rigida gli intervalli tra diverse categorie, mentre nella logica fuzzy le soglie sono sostituite da un intervallo che sfuma da un valore ad un successivo a partire dal valore soglia X_0 .

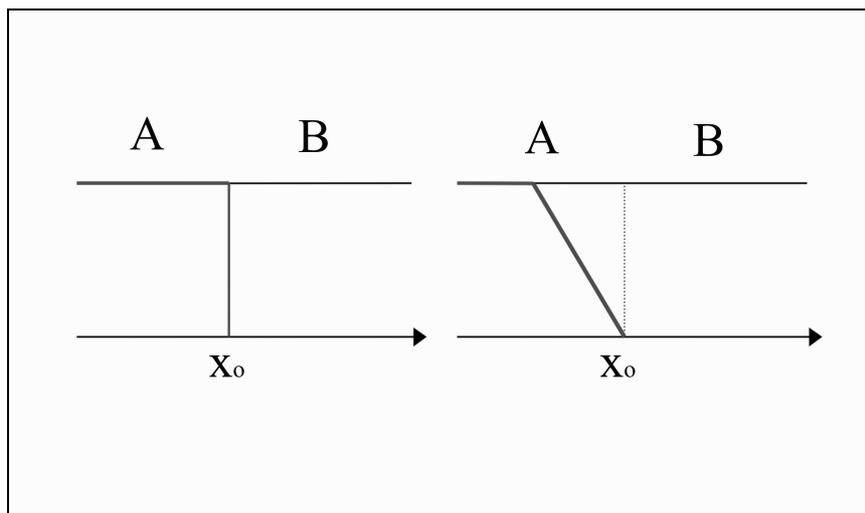


Figura 3. Rappresentazione dei valori di soglia nella logica ordinaria e nella logica Fuzzy.

Rispetto alle soglie individuate attraverso intervalli crisp, le soglie rappresentate da numeri fuzzy hanno la caratteristica di graduare il passaggio da una categoria (in questo caso, da A a B) in modo progressivo. In tal modo è possibile rappresentare le aree territoriali oggetto di studio tramite un'estensione che risulta sfocata.

2.3 La scelta dell'area Studio

La situazione del rischio nella Provincia di Venezia è fortemente caratterizzata dalla presenza di Porto Marghera; questa macro realtà industriale però mal si configurava come elemento campione, proprio per le caratteristiche peculiari dell'area, non riproponibili alle altre realtà provinciali. Si è quindi scelto una situazione tipo, caratterizzata da presenza di stabilimenti isolati e soprattutto da una vasta gamma di "valori territoriali" con i quali rapportare la già citata compatibilità territoriale.

Come sopra specificato, l'analisi utile alla pianificazione verrà estesa all'intero territorio della provincia di Venezia. Dovendo però verificare la correttezza delle procedure, l'efficacia del metodo e l'attendibilità dei risultati, si è scelto di studiare un'area di dimensioni ridotte, relativa ad un Comune campione. Tale scelta, da un lato, permette di considerare una zona significativa ai fini dell'analisi, e dall'altro di portare a termine alcune prime elaborazioni che non richiedano eccessivi tempi di calcolo. Ai fini dell'analisi, l'area di studio (3x3 km) viene rappresentata in modalità raster, ovvero tramite un insieme di pixel definiti attraverso la sovrapposizione di una griglia a passo costante alla zona considerata; la risoluzione spaziale di questa griglia è pari a 25m (in seguito denominata r_{min}), valore che si pone come compromesso tra una rappresentazione realistica delle diverse realtà territoriali ed il numero complessivo di pixel da analizzare.



Figura 4. Fotografia aerea dell'area studio (Ortofoto Territaly™ it2000NR – CGR Spa Parma)

2.4 L'individuazione dei valori e dei rischi

Per costruire un modello significativo di valutazione della compatibilità territoriale si è reso necessario elaborare un processo che permettesse di valutare le componenti in gioco. Tale processo prevede la costruzione di una mappa dei valori, costruita sulla base delle effettive componenti territoriali e dei rischi presenti; la sovrapposizione delle due componenti finali ha portato alla mappatura della cosiddetta compatibilità territoriale. L'identificazione dei valori territoriali (vd. Tabella 1) è data dalla localizzazione dei valori stessi e da una loro proiezione sul territorio circostante determinata a seconda della tipologia del rischio e dell'importanza che si vuole dare ad una particolare categoria piuttosto che ad un'altra. Questa proiezione del valore costituisce una sorta di margine di sicurezza per il bene e può essere la canonica fascia di rispetto prevista da normativa, o una variabile stabilita dal decisore per dare maggior importanza ad alcune categorie rispetto ad altre, anche in funzione della tipologia di rischio che si va a studiare.

Tabella 1. Valori territoriali ipotizzati per il modello (unità espresse in metri)

CATEGORIA	Soglia T1	Soglia T2
Paesaggistico	100	200
Storico Culturale	100	200
Ambientale	100	200
Residenziale	200	400
Produttivo	100	200
Centro Storico	100	200
Viabilità principale	75	150
Corsi d'acqua	150	250
Strutture Sanitarie	250	500
Stazione FS	200	400
Centro Commerciale	200	400
Strutture scolastiche	200	400
Impianti sportivi	200	400
Ferrovie	200	400
Autostrade	150	250

Il primo passo per rendere il processo "leggibile" attraverso strumenti matematici è stato quello di semplificare la struttura territoriale sulla base di una griglia regolare avente un significativo grado di accuratezza permettendo allo stesso tempo elaborazioni non troppo onerose in termini di tempo e strumenti informatici. Tale processo non rappresenta altro che una riduzione in pictures elements (pixel) della rappresentazione territoriale in Carta Tecnica Regionale per poterne interpretare le caratteristiche sulla base di un sistema di coordinate specifico. (Fig.4).

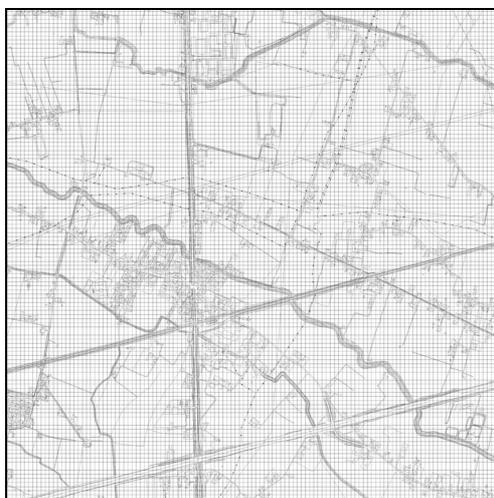


Figura 5. Sovrapposizione della griglia alla CTR per la semplificazione del modello di studio.

Sulla base delle categorie territoriali considerate come beni vulnerabili (vd. Tabella 1) si è quindi proceduto ad una mappatura dei valori del territorio oggetto di studio; da questa si sono derivati elementi puntuali, lineari ed areali riconducibili a categorie di beni potenzialmente soggetti ai rischi, sia per la presenza di persone (scuole, residenza,...) che per il valore intrinseco della categoria individuata (beni ambientali, paesaggistici,...).



Figura 6. Individuazione del bene “Stazione ferroviaria” all’interno dell’area studio

La definizione delle zone d’influenza del valore nelle aree limitrofe viene condotta mediante una coppia di soglie (T1, T2) definite come distanza o soglia minima entro la quale il valore del bene non decresce (T1); distanza o soglia massima che delimita in modo completo la zona d’influenza del pixel con valore (T2). Si è voluto attraverso tale formulazione individuare un ambito minimo di sicurezza per i beni, decrescente con la distanza dal bene stesso e modificabile in funzione delle esigenze del decisore di salvaguardia di determinate categorie di beni.

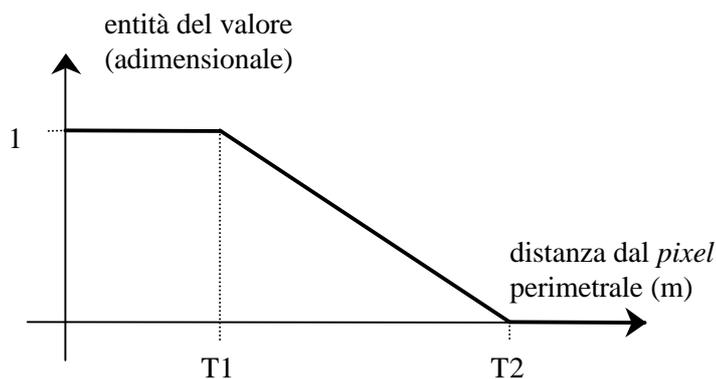


Figura 7. Funzione T_v che descrive la variazione dell’entità di un valore nelle sue immediate vicinanze (esternamente al confine); T1: soglia entro la quale il valore non decresce; T2: soglia che delimita in modo completo la zona d’influenza del valore; a distanze intermedie il valore decresce linearmente.

Sulla base dell’esempio in figura 5, nel quale si individuano i pixel corrispondenti alla categoria stazione ferroviaria, l’applicazione della funzione di proiezione del valore definisce la seguente rappresentazione:

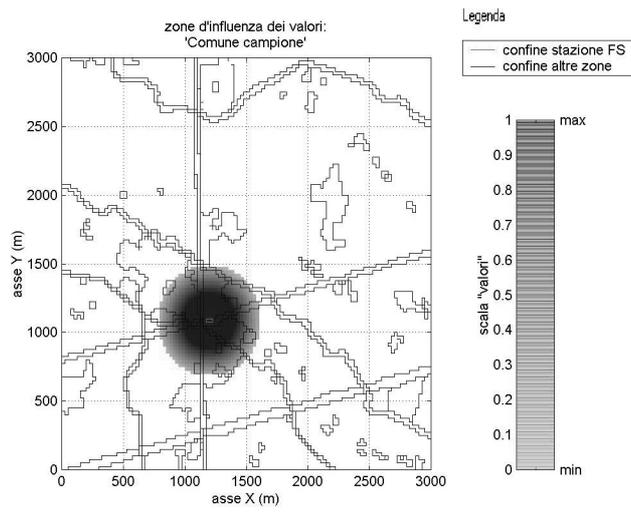


Figura 8. Nuova rappresentazione del bene “Stazione Ferroviaria” sui pixel contigui secondo la funzione di proiezione.

Lo stesso principio viene utilizzato per l’analisi del rischio, per il quale però si procede alla definizione e successiva fuzzyficazione di tre soglie anziché due, ovvero le soglie definite (nel caso specifico di analisi del rischio di incidente Rilevante – RIR) dal “metodo speditivo” per l’individuazione delle Zone a elevata letalità, zona a lesioni irreversibili e zona di attenzione, suggerita dal decreto 9 Maggio 2001 per la costruzione del rapporto di sicurezza per eventi a rischio di incidente rilevante (BLEVE).

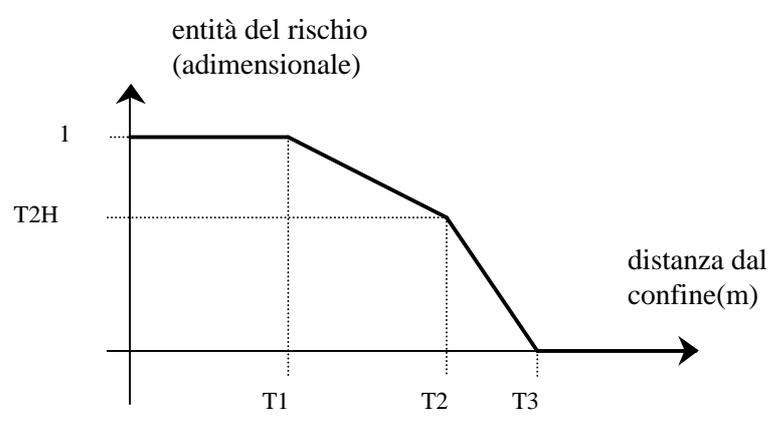


Figura 9. Funzione T_R che descrive la variazione dell’entità di un rischio nelle sue immediate vicinanze (esternamente al confine); T1: soglia entro la quale il rischio non decresce; T3: soglia che delimita in modo completo la zona d’influenza del rischio; T2, T2H: parametri che definiscono la diminuzione del rischio a distanze intermedie.

La rappresentazione del Rischio non segue in questo modo la canonica definizione di fasce di potenziale isodanno, ma individua un insieme di valori sfumati mano a mano che ci si allontana dalla fonte del rischio; in questo modo non avremo più un passaggio tradizionale a “gradino” tra una soglia e la successiva. Ciò oltre ad essere più realistico è anche più significativo in fase di valutazione della compatibilità territoriale.

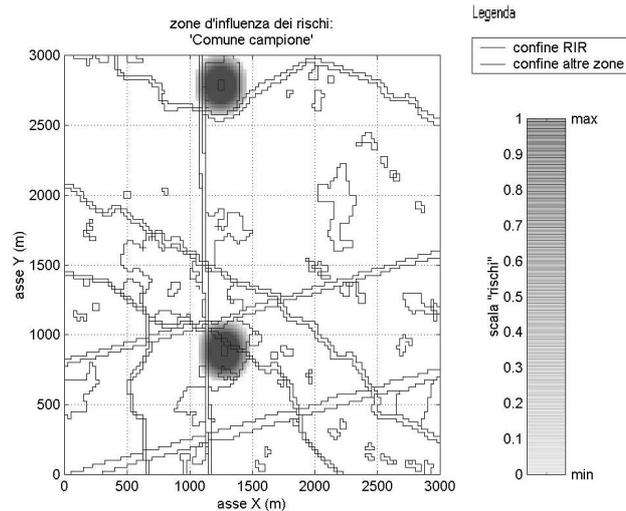


Figura 10. Rappresentazione delle zone a rischio di incidente rilevante

2.5 Informazioni necessarie

La valutazione dei valori e dei rischi territoriali nell'area studio necessita, quindi, di un'insieme di informazioni caratterizzanti le diverse zone vulnerabili ed a rischio, sia dal punto di vista qualitativo che geometrico. Queste informazioni, di seguito elencate, permetteranno di effettuare alcune semplici operazioni, quali la "proiezione" e l'aggregazione di valori o rischi per zone caratterizzate dalla stessa tipologia:

- elenco delle categorie di valore considerate nell'analisi, con i parametri descrittivi le funzioni di "proiezione";
- elenco delle categorie di rischio considerate nell'analisi, con i parametri descrittivi le funzioni di "proiezione";
- sistema di riferimento della mappa relativa all'area di studio (descrizione, origine, estensione, risoluzione spaziale della griglia);
- elenco di tutti i pixel considerati come valore o rischio nell'area di studio (coordinate geografiche, identificatori di tipologia, area e categoria).

2.6 Fuzzyficazione dei dati (o "proiezione")

Quest'operazione consente di valutare in modo sfocato l'influenza di una tipologia di valore, od una sorgente di rischio, nelle zone ad essa limitrofe; a tal fine vengono utilizzate le funzioni parametriche e lineari a tratti descritte in Fig. 6 e Fig. 8. In particolare, per ciascun *pixel* di coordinate X,Y limitrofo ad una o più sorgenti di valore e/o di rischio (*pixel* XY), si ottiene un insieme di indici dipendenti sia dalle tipologie di valore e/o di rischio esaminate, che dalla distanza (D) dalle relative sorgenti.

Quindi, per ogni tipologia di valore, al *pixel* XY, verrà associato l'indice:

$$I_v(h) = T_v(D(XY, V(h)), T1, T2) \quad (4)$$

essendo $V(h)$ la h -esima sorgente di valore (con $h=1,2,3 \dots N_v$, dove N_v è il numero delle categorie di valore considerate nell'analisi); mentre, per ogni tipologia di rischio, al *pixel* XY, verrà associato l'indice:

$$I_r(k) = T_r(D(XY, R(k)), T1, T2, T3, T2H) \quad (5)$$

essendo $R(k)$ la k -esima sorgente di rischio (con $k=1,2,3 \dots N_r$, dove N_r è il numero delle categorie di rischio considerate nell'analisi).

Tale “proiezione” viene calcolata per ogni tipologia di valore e/o rischio la cui zona d’influenza ricade nel *pixel* XY. Al termine di quest’operazione, ad ogni *pixel* XY della mappa considerata, vengono associati due vettori di dimensione N_V ed N_R contenenti rispettivamente gli indici descritti in (4) e (5). Questa procedura prevede, quindi, un’iterazione che consideri tutte le aree con valore o rischio e valuti la “proiezione” (secondo $T_V(h)$ e $T_R(k)$) su di una circonferenza di raggio opportuno, partendo dai *pixel* posti sul confine; ai *pixel* interni a tali aree, viene assegnato il valore massimo (pari a 1).

2.7 Applicazione all’analisi della compatibilità

La precedente operazione consente di valutare l’estensione, in termini geografici, delle zone vulnerabili oppure soggette a rischio. Risulta interessante, a questo punto, studiare l’eventuale sovrapposizione delle diverse aree considerate, ovvero effettuare una stima della compatibilità rischio/valore. Questo tipo di analisi può essere suddivisa in due fasi:

- a) aggregazione delle misure $I_V(h)$ e $I_R(k)$ per le stesse tipologie di rischio/valore;
- b) calcolo della compatibilità rischio/valore.

Mantenendo separate le informazioni (misure $I_V(h)$ e $I_R(k)$) per le diverse tipologie di rischio/valore, risulta possibile effettuare un’analisi della compatibilità di un *certo* tipo di valore con un *certo* tipo di rischio, e, successivamente, l’analisi della compatibilità aggregata. La compatibilità verrà analizzata singolarmente *pixel* per *pixel*.

2.8 Aggregazione delle misure $I_V(h)$ e $I_R(k)$ per le stesse tipologie di valore/ rischio

Al fine di valutare singolarmente la compatibilità tra coppie di valori e rischi è necessario innanzitutto effettuare l’aggregazione, sullo stesso *pixel*, per le stesse tipologie di valore/rischio. È infatti possibile che uno stesso *pixel* sia influenzato in modo diverso da multiple “proiezioni” di aree aventi la stessa tipologia di valore/rischio. L’operatore di aggregazione da utilizzare deve essere monotono crescente [4][5][6], e deve soddisfare le seguenti condizioni:

$$\begin{aligned}
 g(1,1) &= 1 && \text{(entrambe le vulnerabilità/rischi sono pari al massimo)} \\
 g(0,0) &= 0 && \text{(entrambe le vulnerabilità/rischi sono nulle/i)} \\
 g(x,0) &= x && \text{(vulnerabilità/rischio dipendente solo dalla sorgente x)} \\
 g(0,y) &= y && \text{(vulnerabilità/rischio dipendente solo dalla sorgente y)}
 \end{aligned}$$

Se l’operatore soddisfa anche alla proprietà associativa, risulta possibile ottimizzare ulteriormente la procedura che effettua la “proiezione” [6] (par. 2.6). Di seguito vengono sinteticamente descritte alcune possibili proposte per questo tipo di aggregazione [5]:

$$g(x, y) = \max(x, y) \tag{6}$$

$$g(x, y) = x + y - x \cdot y \tag{7}$$

$$g(x, y) = x + y - \min(x, y) \tag{8}$$

Con l’ipotesi che $x \in [0,1]$ e $y \in [0,1]$, gli operatori (6), (7), (8) restituiscono valori compresi nell’intervallo $[0,1]$. Nelle prove di simulazione riportate nel testo è stato utilizzato l’operatore (6). Dopo aver effettuato l’aggregazione per tutti i *pixel* sui quali ricadono “proiezioni” multiple di aree aventi la stessa tipologia di valore/rischio, per ogni *pixel* XY sono disponibili i due vettori contenenti gli indici descritti in (4) e (5), utili al calcolo della compatibilità.

2.9 Analisi della compatibilità valore/rischio

La compatibilità tra un rischio ed un bene vulnerabile è un indice della modalità con cui si sovrappongono aree definite soggette a rischio ed allo stesso tempo vulnerabili. Dato un generico *pixel* XY, esso è funzione dell’impatto del rischio e della vulnerabilità, entrambe compresi nell’intervallo $[0,1]$ sulla base delle funzioni

di “proiezione” e dell’operatore utilizzato per l’aggregazione delle misure $I_v(h)$ e $I_R(k)$ [7][8][10](per stesse tipologie di valore/rischio). Si ipotizza che questa funzione debba soddisfare alle seguenti condizioni (si consideri, ad esempio, come primo parametro il rischio e come secondo la vulnerabilità):

$$\begin{aligned}
 f(0,y) &= 1 && \text{per ogni } y \text{ in } [0,1] && \text{(rischio nullo e vulnerabilità diversa da zero)} \\
 f(x,0) &= 1 && \text{per ogni } x \text{ in } [0,1] && \text{(rischio diverso da zero e vulnerabilità nulla)} \\
 f(1,1) &= 0 && && \text{(rischio e vulnerabilità massimi)} \\
 f'_x(x,y) &= 0 && && \text{(al diminuire del rischio la compatibilità aumenta)} \\
 f'_y(x,y) &= 0 && && \text{(al diminuire della vulnerabilità la compatibilità aumenta)}
 \end{aligned}$$

La scelta di $f(x,y)$ effettuata nel presente modello è la seguente:

$$f(x, y) = 1 - x \cdot y \tag{9}$$

Dalla (9), si può osservare come l’eventuale soggettività, ovvero la possibilità di introdurre delle parametrizzazioni nell’analisi della compatibilità, si ha solo nella scelta delle funzioni di “proiezione” descritte in Fig. 6 e Fig. 8 (e relativi parametri), che implica un atteggiamento più o meno conservativo nel “proiettare” valori e/o rischi nelle zone limitrofe alle relative sorgenti. Applicando la (9) ad ogni possibile coppia valore/ rischio si ottiene, per il generico *pixel* XY una matrice di compatibilità di dimensione $N_v \cdot N_R$. Attraverso questa matrice è possibile, quindi, definire $N_v \cdot N_R$ mappe di compatibilità, una per ogni coppia valore/rischio. È inoltre possibile definire una mappa di compatibilità globale (Fig.12) ottenuta aggregando opportunamente tutti gli indici di compatibilità per ogni singolo *pixel* XY. Nel presente modello è stato utilizzato l’operatore descritto nella (10), caratterizzando così l’atteggiamento conservativo nella rappresentazione della compatibilità.

$$c(x, y) = \min(x, y) \tag{10}$$

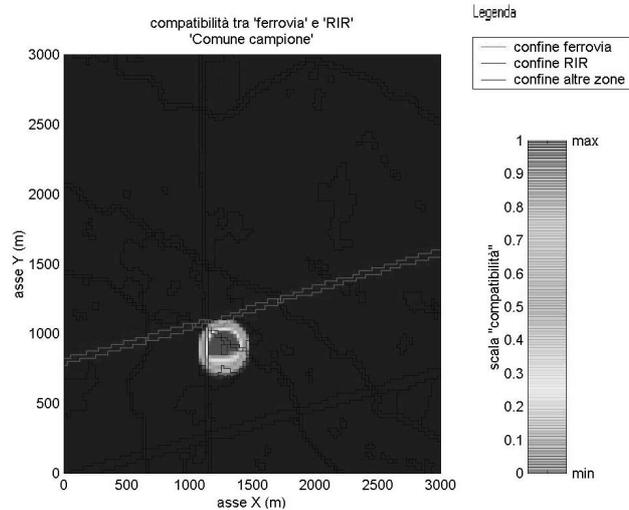


Figura 11. Rappresentazione della compatibilità per il bene “stazione ferroviaria”

Aggregando la mappa dei valori e confrontandola con lo stato dei rischi individuati si ottiene una rappresentazione del tipo in Fig. 11, dove sono complessivamente individuate le aree dove risulta un valore di compatibilità massima (pari a 1) e dove invece sono presenti valori di compatibilità inferiori a 1, presumibilmente dove vengono proiettati i pixel sorgenti di rischio.

Il metodo definisce in questo modo degli scenari sulla base di un metodo di aggregazione di valori territoriali; spetta al decisore, sulla base di un supporto tecnico definire a questo punto delle classificazioni o delle modalità di valutazione di livelli di compatibilità idonei ad una determinata tipologia di destinazione d’uso del suolo.

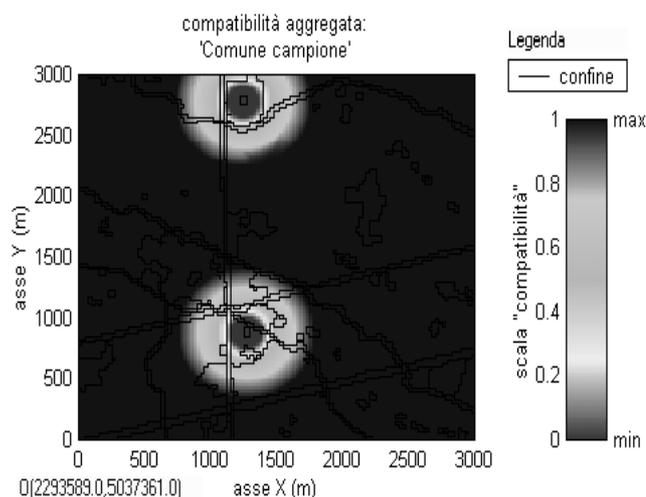


Figura 12. Rappresentazione della compatibilità globale per l'area studio

In particolare il decisore può intervenire in due differenti modi: il primo definendo le cosiddette soglie dei valori inizialmente stabilite (T1 e T2) determinando in questo modo una sorta di classificazione dei valori proporzionata alla ripercussione degli stessi sui territori limitrofi ed in secondo luogo stabilendo range (non più soglie) di compatibilità definite "accettabili".

Il modello creato diventa in questo modo supporto per identificare degli scenari e per costruire un processo pianificatorio che abbia come principale prerogativa la sicurezza delle persone e delle cose. Possiamo così immaginare l'apparato normativo di un piano urbanistico basato su un modello di questo tipo che vada ad incidere su scelte di scala inferiore o ad esempio un sistema di integrazione ai piani di sicurezza della Protezione civile.

3 CONCLUSIONI

La gestione della complessità è il problema più rilevante per gli operatori nell'ambito della valutazione applicata ai temi della pianificazione territoriale ed in particolar modo dei rischi territoriali. Operare nella città e nel territorio significa infatti affrontare sistematicamente problemi a più dimensioni ed il tema della sicurezza rappresenta elemento fondamentale, sul quale appoggiarsi per costruire politiche sostenibili per l'uomo e per l'ambiente. Per affrontare questa complessità gli strumenti tradizionali non bastano, serve una valutazione dinamica delle componenti in gioco, in grado di supportare i decisori nelle scelte che vanno ad affrontare. Il valutatore pone in relazione dati di diversa natura (economica, sociale, storica, urbanistica) per produrre le informazioni utili per rendere le scelte specifiche più coerenti con gli obiettivi di governo del territorio. Variabili e condizioni che possono costituire potenziali pericoli per la comunità a causa del loro numero e della loro variabilità nel tempo richiedono una gestione contestuale.

Il modello proposto diventa un utile supporto alle scelte del decisore, proponendo scenari territoriali coerenti con l'assetto del territorio; l'obiettivo è quello di mettere il decisore nelle condizioni di valutare le possibili conseguenze delle proprie scelte per mitigare le situazioni di rischio e prevenire possibili rischi futuri. All'oggi, il livello di ricerca sui rischi territoriali è già elevato, ma manca la visione integrata e la contestualizzazione necessarie per ridurre al minimo il rischio presente e le possibili interazioni tra sorgenti di rischio di diversa natura.

Pur essendo ancora in una fase embrionale, il modello proposto pone in evidenza le potenzialità di un approccio metodologico di questo tipo; sviluppando gli scenari di Rischio di incidente Rilevante in un ambito ristretto, si è giunti alla conclusione che opportuni applicativi possono accompagnare gli strumenti tradizionali di pianificazione aumentando la coerenza delle decisioni. Le implicazioni di uno strumento di questo tipo possono essere applicate alla Valutazione Ambientale Strategica, alla costruzione di un supporto all'apparato normativo di un Piano Urbanistico, alla costruzione di un modello di valutazione di strumenti urbanistici, alla specifica costruzione di un Piano di protezione civile.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

1. Urbanistica Dossier, Provincia di Venezia “La sicurezza del territorio: valutazione e pianificazione concertata del rischio, INU – supplemento al n.192 di Urbanistica Informazioni, Roma, 2003;
2. Provincia di Venezia, Documento Preliminare al PTCP, Mestre (VE) 2005;
3. Claudia Basta, Pianificazione Territoriale e Rischio tecnologico: un’approccio Fuzzy alla Valutazione di Compatibilità Ambientale, Tesi di Laurea IUAV, Venezia 2003;
4. Chen S.-C., Hwang C.-L., Fuzzy multiple attribute decision making, Springer-Verlag, Berlin, 1992;
5. Grabish M., Fuzzy integral in multicriteria decision making, Fuzzy Sets and Systems, 69, 279-298, 1995;
6. Klement E.P., Mesiar R., Pap E., Triangular Norm, Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, 2000;
7. Mock R. Gheorghe A., Risk engineering: bridging risk analysis with stakeholders values, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1999;
8. Mock R., Krause J.P, Gheorghe A., Assessment of risk from technical systems: integrating fuzzy logic into the Zurich hazard analysis method, International Journal of Environment and Pollution, vol. V, n. 2/3, 1995;
9. Von Altrock C., Fuzzy logic and neurofuzzy applications explained, Prentice Hall, New York, 1995;
10. Yager R. R., editor, Fuzzy set and possibility theory recent developments, Pergamon Press, Elmsford, 1982;
11. Yager R. R., Zadeh L. A., eds., An introduction to fuzzy logic applications in intelligent systems, Kluwer Academic Publisher, Boston, 1992;
12. Zimmermann H.-J., Fuzzy sets, decision making and expert systems, Kluwer Academic Publisher, Boston, 1987.