

Database topografici e calamità naturali

Luciano Surace

Facoltà di Architettura, CdL Pianificazione della città, del territorio e del paesaggio,
Via Paladini 40, 50053 Empoli (FI), e-mail: luciano.surace@libero.it

Sommario

Le dolorose esperienze delle ripetute e “periodiche” catastrofi, che fanno del nostro paese un’area ad elevato rischio permanente, propongono in termini drammatici l’esigenza di poter contare, specialmente nei momenti di emergenza, su un adeguato sistema di informazioni territoriali. Il primo ed efficace passo dell’opera di prevenzione è infatti la conoscenza aggiornata di ciò che deve essere preventivamente difeso: il territorio. Affrontare in “tempo di pace” il problema dei dati territoriali consente di non dover assumere, in “tempo di guerra”, il sistematico atteggiamento di impotenza, di fronte ad un sistema informativo anche efficiente nelle componenti umane e tecnologiche, ma inefficace per le carenze della componente informativa, con il conseguente ricorso a soluzioni estemporanee cariche di rischi di sovrapposizione di competenze e di sperpero di risorse. La relazione analizza le molteplici ed efficaci funzioni che i database georeferenziati possono svolgere ai fini della difesa dalle calamità naturali, sia in ambito di prevenzione che nel soccorso immediato e nella successiva fase di ricostruzione. Per quanto attiene alla prevenzione, vengono individuati tre differenti livelli di analisi del territorio, ai quali corrispondono diversi requisiti del sistema informativo. Con riferimento alle operazioni di soccorso e ricostruzione, vengono successivamente esaminate le diverse esigenze alle quali i database topografici devono far fronte nelle varie fasi temporali successive a un evento calamitoso. Si delinea infine l’opportunità di istituire un indicatore sintetico di efficacia (ISE) utile a classificare e quantificare l’effettiva fruibilità di un database topografico per la gestione del territorio anche in situazioni di emergenza.

Introduzione

Le dolorose esperienze delle ripetute e “periodiche” catastrofi, che fanno del nostro paese un’area ad elevato rischio permanente, propongono in termini drammatici l’esigenza di poter contare, specialmente nei momenti di emergenza, sulla conoscenza del territorio e sulla disponibilità di un’adeguata ed efficace documentazione ed obbligano a riflettere sull’importanza che il fattore tempo riveste nei confronti di tali esigenze. Le calamità, talvolta annunciate, hanno determinato nell’opinione pubblica una maggiore sensibilità verso la problematica della prevenzione dei rischi sul territorio; esse, nel contempo, hanno accresciuto la consapevolezza che sono causa di disastri non solo i fenomeni naturali - o quasi - come i cicloni e i nubifragi, le alluvioni, le frane, le eruzioni vulcaniche, i terremoti, i maremoti, i bradisismi, ma anche l’uso distorto ed incontrollato delle risorse, l’abbandono dell’agricoltura di collina, l’irrazionale e prolungato disboscamento, gli inquinamenti del suolo, delle acque e dell’atmosfera, i rilasci radioattivi, l’espansione urbana su aree di riconosciuta instabilità geologica e di pertinenza fluviale, con insediamenti che hanno occupato l’area pedemontana e le pianure dei primitivi nuclei storici, l’incontrollata cementificazione degli alvei e del suolo e la conseguente impermeabilizzazione, il progressivo abbandono delle zone di montagna, il tutto non sufficientemente compensato da azioni correttive e di controllo del territorio. Le ricorrenti catastrofi idrogeologiche sono certamente favorite dalla fragilità geomorfologica del territorio nazionale, caratterizzato da una configurazione fortemente corrugata, complessa e talora caotica, nonché dalla frequente presenza di formazioni e coperture detritiche con parametri geotecnici scadenti e con accentuate pendenze dei corsi fluviali. In queste

condizioni, all'arrivo di eventi meteorologici avversi, alluvioni e frane diventano un rischio generalizzato. Se per alcuni di questi fenomeni non possiamo che essere testimoni impotenti, per altri l'uomo, e il tecnico in particolare, ha dato un rilevante contributo al loro verificarsi. Questa prassi in molti casi ha alterato il già precario equilibrio delle reti idrologiche di superficie, opere che furono realizzate nel corso di molti secoli e che i nostri avi ci hanno consegnato ancora efficienti. Si è trattato di scelte dettate non solo da imprevidenza, ma soprattutto da speculazione e malaffare. Troppo spesso ci si è dedicati a interventi dissennati di diversa matrice: privati che hanno perseguito interessi miopi e dettati dall'interesse immediato, pubblici amministratori e politici che non hanno saputo o voluto prevedere la "capacità di carico" dei sistemi naturali, che non hanno pianificato il corretto uso del territorio e che, quando c'erano le leggi idonee, le hanno disattese. Se a questo preoccupante scenario si aggiungono gli effetti indotti dal surriscaldamento complessivo della Terra che, accelerando il ciclo dell'acqua, rende più frequenti e intensi gli eccessi meteorologici, il quadro, purtroppo, è almeno allarmante e per i prossimi anni c'è da aspettarsi un'emergenza pressoché continua.

Le aree metropolitane di Napoli e Genova sono un tipico esempio di questa situazione di rischio. Nell'hinterland di Napoli l'esplosione urbanistica non ha risparmiato neppure le pendici del Vesuvio che pur incombe minaccioso su quasi un milione di abitanti. L'immagine (fig. 1) della brulicante diffusione di centri urbani e case sparse che assediano il vulcano da ogni lato, sgomenta.



Figura 1. Vista prospettica dell'area del Vesuvio¹

¹ Per gentile concessione di Blom CGR SpA

Il Vesuvio, infatti, sta attraversando solo un periodo di quiete della sua millenaria attività, ma sembra persa la memoria storica delle ultime eruzioni. In proposito è sufficiente ricordare l'eruzione del 79 dopo Cristo che, distruggendo ricche e importanti città come Pompei, Ercolano e Stabia, raggiunse il mare in brevissimo tempo senza lasciare alcuna possibilità di fuga a quanti popolavano quell'area. Con un recente modello fisico-matematico i vulcanologi hanno simulato le possibili caratteristiche di un'eventuale eruzione del Vesuvio. Secondo questo modello si prevede che in soli cinque minuti i flussi piroclastici incandescenti generati dal collasso dei materiali eruttati ad alta velocità, possano raggiungere località distanti sette chilometri dall'asse del cratere e che il peso delle ceneri possa far crollare i tetti delle case nel raggio di molte decine di chilometri.

Nel campo delle calamità idrogeologiche una ricorrenza che dobbiamo ricordare è certamente il 4 novembre. Per quelli della mia generazione, è una data che rappresentava un giorno di festa. Era la festa della Vittoria e delle Forze Armate, in memoria ed in rispetto dei lutti che portarono a quel novembre 1918, giorno della vittoria, anche italiana, della prima guerra mondiale. Era dunque un giorno di festa, quella mattina del 4 novembre 1966, in cui si scatenò l'alluvione di Firenze. Si contarono, purtroppo, 34 morti, in fondo un numero contenuto in rapporto alle dimensioni della catastrofe (Fig. 2).

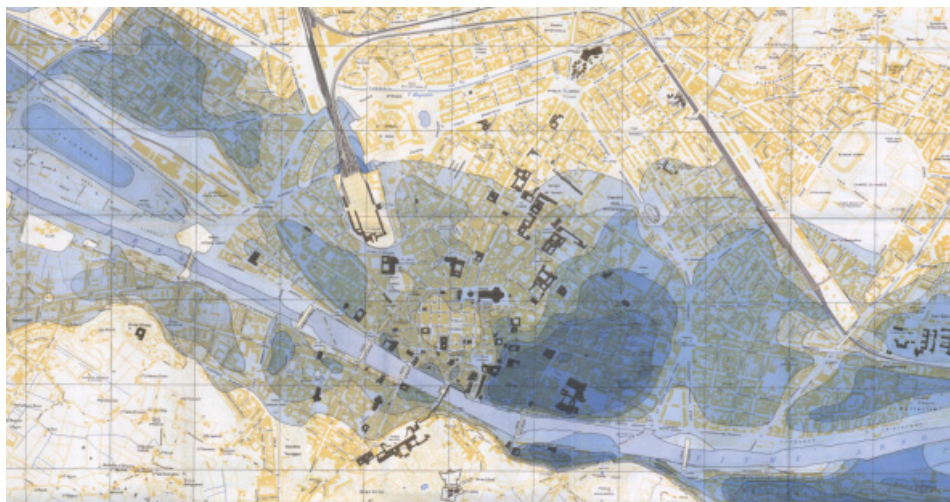


Figura 2. Stralcio della pianta di Firenze con la perimetrazione delle aree alluvionate²

Non era un giorno di festa il 4 novembre 2011, a Genova. E si è vista la differenza, purtroppo. Un evento alluvionale molto più contenuto di quello del 1966 ha registrato 6 vittime, che si vanno ad aggiungere a quelle che la settimana prima i territori della Lunigiana e di La Spezia avevano subito. Eccezionalità dell'evento, così si sono espressi i mezzi di comunicazione, dimentichi che in idraulica un evento è da considerare eccezionale se il tempo statistico di ritorno è superiore a 500 anni. Nel 1970, solo 41 anni prima, lì, a Genova, nello stesso posto del 4 novembre 2011, si era verificato lo stesso tipo di evento. Altro che eccezionalità: un evento che si verifica con frequenza inferiore a 50 anni deve essere considerato ordinario. Genova è interessata quasi ogni anno da alluvioni più o meno gravi, i cui effetti sono una diretta conseguenza dell'intervento umano su un territorio particolarmente accidentato e difficile: la città detiene il primato europeo per piovosità concentrata nelle ventiquattro ore, sia nell'arco del diciannovesimo che del ventesimo secolo. Si consideri che a Genova circa quaranta corsi d'acqua sono "intubati" sin dal Medio Evo; tra questi anche importanti torrenti, come il Bisagno, il cui tratto finale è stato completamente coperto. Ora le

² Dai tipi dell'Istituto Geografico Militare - www.igmi.org - Autorizzazione n. 6692 del 12.09.2012

sue acque passano sotto gli ampi viali dei quartieri Marassi, Foce, San Martino e Brignole, densamente popolati. L'urbanizzazione e la conseguente impermeabilizzazione determinano una drastica riduzione dei tempi di corrivazione delle reti di deflusso; scrivevo 10 anni fa che i pericoli di alluvione non possono essere considerati soltanto un'inevitabile fatalità: gli eventi dello scorso anno mi hanno dato purtroppo rattristante ragione (Fig. 3).



Figura 3. Alluvione di Genova – novembre 2011.

Si impone perciò un'attenta politica di prevenzione per non perseverare in scelte che con il tempo potrebbero rilevarsi causa scatenante di eventi sempre più nefasti e per studiare le possibili soluzioni alternative che consentano di non mortificare progresso e sviluppo. E' a tutti evidente che un'efficace difesa dalle catastrofi, sia naturali sia indotte da attività antropica, implica sempre, a monte delle decisioni in merito agli interventi di protezione, un'esauriente, corretta e aggiornata conoscenza del territorio. Necessariamente le informazioni devono essere organizzate in banche dati efficienti, progettate in modo da consentire sia un organico e facile accesso, sia la possibilità di evidenziare ed estrarre gli aspetti tematici di volta in volta più significativi. Fondamentale è la necessità che tutte le informazioni siano il più possibile certe, aggiornate e omogenee, che interessino l'intero territorio nazionale senza soluzioni di continuità e in un unico sistema di riferimento condiviso da tutte le pubbliche amministrazioni, come oggi è d'altra parte prescritto dalla legislazione vigente (DPM 10 novembre 2011 – Adozione del Sistema di riferimento geodetico nazionale). Nella fase di acquisizione e conservazione di conoscenze, è ben evidente il ruolo essenziale dei database georeferenziati come base informativa. Altrettanto fondamentale è la loro funzione ai fini dello studio degli interventi preventivi. Un approccio non emotivo ai problemi creati dalle emergenze impone dunque la definizione di modelli organizzativi degli interventi che evitino il ricorso a soluzioni estemporanee cariche di rischi di inefficacia, di sovrapposizione di competenze e di sperpero di risorse; è dunque indispensabile un'efficace opera di prevenzione applicata al territorio in grado di annullare o minimizzare i rischi e rendere di conseguenza non più necessari o minimi gli interventi di emergenza; il primo e fondamentale passo è la conoscenza aggiornata di ciò che deve essere preventivamente difeso: il territorio. Sotto l'aspetto della tempestività ed efficacia degli interventi, la cognizione immediata e precisa dei dati e delle situazioni sulle quali occorre operare è di importanza decisiva, poiché l'efficacia

dell'organizzazione dipende in modo determinante dalla preventiva individuazione delle necessità e dei problemi che possono nascere e dalla possibilità di fornire aiuti specifici al momento opportuno e nei luoghi in cui vi sia più effettivo bisogno. La difesa e la conservazione del territorio e dell'ambiente divengono pura utopia se non si dispone di un adeguato strumento conoscitivo, preventivo e successivo all'evento. Senza di esso continueremo ad assistere a tutte quelle situazioni di anomalità in più occasioni denunciate dagli organi di informazione anche a seguito di gravi eventi (insediamenti industriali che violano l'equilibrio degli ecosistemi, insediamenti residenziali sorti e sviluppati sulle falde di vulcani, alle pendici di costoni rocciosi, in zone franose, all'interno dei boschi o a quote inferiori al letto dei fiumi ecc.).

Quali modelli di intervento?

Gli interventi di protezione vengono normalmente distinti tra strutturali e non strutturali. Sono interventi strutturali quelli che permettono di ottenere un controllo dei fattori di rischio mediante un'attività di modificazione del territorio. Possono agire, a seconda dei casi, in due direzioni diverse, ma entrambe efficaci:

- diminuzione del rischio (tendenza a ridurre la probabilità che un evento calamitoso si verifichi);
- protezione dal rischio (riduzione della probabilità di danneggiamento per un dato evento calamitoso).

Gli interventi strutturali possibili sono ovviamente proporzionali alle risorse disponibili, per cui è necessario pianificarli adeguatamente: non è possibile proteggere tutto contro qualunque livello di rischio. In sede di progettazione di interventi strutturali, a qualunque livello, la funzione dei database topografici è evidentemente essenziale. In Italia, all'indomani di una catastrofe idrogeologica, di norma viene montata una "macchina" costosissima destinata a produrre "interventi strutturali", ossia opere in gran parte di natura idraulica (argini, pennelli, canalizzazioni in genere) e di sostegno (muri; palificate, ecc.); tali opere non hanno vita lunga, o almeno commisurata al loro costo e, di solito, non ottengono risultati atti a modificare le cause dei dissesti, in quanto sono mirate a controllare solo alcune manifestazioni (Fig. 4).



Figura 4. Intervento strutturale a seguito di una frana che nel 2010 ha interrotto per alcuni giorni la SS 632 – loc. Pracchia (PT)

Invece è opportuno realizzare e potenziare gli "interventi non strutturali", atti a prevenire i dissesti, con un costo minore rispetto ai primi. Essi possono articolarsi nelle seguenti categorie:

1. favorire comportamenti delle pubbliche amministrazioni e dei privati atti a prevenire i dissesti e/o a evitarne le cause: ad esempio, la pianificazione territoriale vigente va fatta osservare e in particolare bisogna esercitare un severo controllo delle nuove costruzioni; spesso vengono realizzati fabbricati e infrastrutture in aree caratterizzate da elevata probabilità di inondazione o su pendici predisposte ai franamenti; i frequenti condoni edilizi sono andati in senso opposto a quanto qui auspicato. Merita accennare in particolare alla necessità che negli strumenti urbanistici comunali o provinciali vengano adeguatamente valutati i rischi geologici, cosa che non sempre avviene perché non tutte le normative regionali richiedono tali valutazioni, oppure perché tali rischi vengono sottovalutati; eppure i mezzi per una corretta valutazione ci sono, se consideriamo che oltre alle norme a livello locale si deve fare riferimento anche alla pianificazione di bacino;
2. redigere piani di emergenza per la protezione civile che coprano l'intero territorio soggetto a rischio: attualmente questi piani sono predisposti "a macchia di leopardo". Occorre perfezionare e completare quelli esistenti, verificando, ad esempio, l'indicazione dei luoghi in cui raccogliere le popolazioni evacuate e svolgendo le necessarie esercitazioni preventive. La base per la redazione di tali piani non può che essere un adeguato database topografico;
3. sviluppare gli aspetti relativi all'informazione, formazione, educazione in modo capillare e in tutti gli strati sociali, poiché si è visto, in ogni occasione, che la cultura del rischio, sia a livello di base che a livello tecnico, manca o è carente.

Gli interventi non strutturali non comportano modificazioni del territorio. Essi non mirano a diminuire la probabilità di un evento o dei danneggiamenti di cose o luoghi, ma consistono in attività volte all'incremento delle conoscenze sui fenomeni che possono dar luogo a calamità, alla creazione di affidabili sistemi di previsione e al miglioramento delle relazioni con le popolazioni residenti nei luoghi a rischio: realizzano, in sostanza, una protezione di tipo indiretto. In tale contesto il database topografico è classificabile come la madre di tutti gli interventi non strutturali e di fondamentale importanza, ad esempio, nella formazione di inventari aggiornati delle aree vulnerabili, ovvero nella cosiddetta "zonazione dei rischi", essenziale nella pianificazione di opere quali nuovi insediamenti o vie di comunicazione; se accuratamente eseguita essa riduce il rischio nel modo più efficace. Indipendentemente dal tipo di rischio o di calamità, si può suddividere il ruolo dei database topografici in livelli corrispondenti a diverse esigenze di conoscenza e di indagine. In generale il tempo entra nella problematica dei database topografici in quanto gran parte dei dati e dei parametri che descrivono il territorio, siano essi geometrici o geofisici, biologici o antropici, si modificano con esso. Si tratta per lo più di variazioni lente che si traducono in un graduale invecchiamento dei dati e dei documenti che in vario modo li rappresentano, e richiedono perciò una costante opera di aggiornamento. Ma oltre che nel produrre variazioni lente, il tempo entra nella tematica in questione anche producendo modificazioni od a volte alterazioni improvvise, come nel caso di calamità. In questo caso la problematica della conoscenza del territorio si presenta in maniera atipica e va affrontata con la massima concretezza possibile; essa può essere scissa e analizzata secondo quattro esigenze fondamentali, differenziabili cronologicamente:

- conoscenza della situazione preesistente alla calamità;
- conoscenza in tempo "reale" della situazione territoriale immediatamente successiva alla calamità, per la pianificazione dei soccorsi e delle urgenze;
- conoscenza del territorio in tempo "quasi reale" per la pianificazione dei primi interventi di ricostruzione e di eventuale dislocazione provvisoria degli insediamenti;
- conoscenza del territorio in tempo "differito" per la pianificazione definitiva degli interventi di ricostruzione o di normalizzazione.

Nel seguito si analizzeranno con maggior dettaglio le esigenze cui il database topografico deve far fronte nelle quattro fasi temporali sopra individuate.

I database topografici nella prevenzione

Come già anticipato nell'introduzione, un corretto ed aggiornato sistema informativo territoriale è un sussidio fondamentale nell'opera di prevenzione delle calamità, in quanto base indispensabile per prevenire, nei limiti del possibile, i rischi del territorio. Va rilevata, innanzitutto, l'importanza di poter disporre di un database topografico omogeneo ed aggiornato, come punto di partenza per qualunque analisi sul territorio o per la progettazione degli interventi di protezione. Entrando nel dettaglio dello studio dei fenomeni naturali che possono dar luogo a dissesti idrogeologici, è evidente come il ruolo maggiore venga giocato dalla capacità di mettere in risalto, caso per caso, gli aspetti più significativi per la descrizione dei fenomeni stessi ai fini della prevenzione. Non un database topografico ad hoc per le calamità, ma un accesso ad hoc sempre disponibile in tempo reale. Ai fini pratici, è necessario definire la quantità e la qualità degli strumenti informativi di supporto alla redazione di piani operativi ed in generale degli strumenti conoscitivi necessari. Per quanto riguarda la conoscenza della situazione preesistente, si ripropone una problematica che è ormai nota a chiunque si occupi di informazioni territoriali, o ne faccia, anche marginalmente, uso: quella dello stato di aggiornamento delle informazioni stesse. Si tratta di un problema generale, che risulta però particolarmente sentito nelle zone "a rischio" nelle quali il possesso di dati aggiornati sullo stato di edificazione, sulla viabilità e sulle infrastrutture in genere, può risultare fondamentale per la pianificazione degli interventi, sia nella fase di prevenzione che in quella di soccorso (ad esempio, per la realizzazione di efficaci piani di evacuazione). Per queste finalità risulta senz'altro preferibile un database topografico aggiornato con criteri di economia e celerità (anche se in certa misura a scapito della precisione metrica) a uno di ottima qualità ma non aggiornato da decenni.

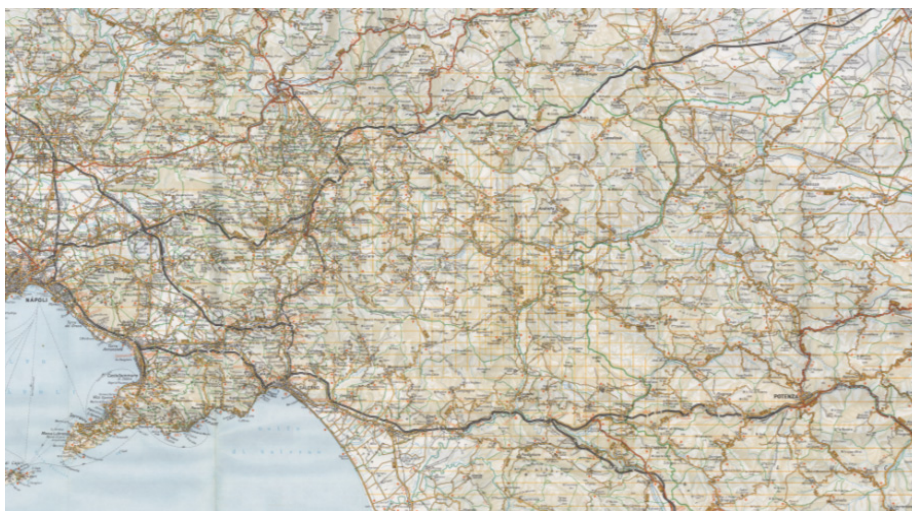


Figura 5. Stralcio della “Carta della viabilità per i primi interventi” –scala 1:250000 realizzata dal TCI in occasione del sisma del 1980 nell’Italia Meridionale.

Per valutare le capacità di risposta di un sistema informativo alle esigenze di conoscenza efficace del territorio è opportuno istituire un Indice Sintetico di Efficacia (ISE) utile a classificare il livello di aggiornamento e completezza delle informazioni disponibili. Pur nella disomogeneità quasi intollerabile presente nel panorama nazionale, che va da coperture solo cartografiche digitalizzate in formato raster (in pratica fotocopie digitali delle carte di carta senza alcuna organizzazione dei dati) alla cartografia numerica e ai database topografici a varie scale nominali, anche solo per avere una quantificazione di massima della qualità dei dati, si possono assumere le seguenti ipotesi, derivate da analoghe classificazioni e linee guida esistenti in ambito internazionale:

- un'informazione georeferenziata presenta il massimo di efficacia al momento del suo inserimento nel sistema informativo, dopo il tempo tecnico di acquisizione, elaborazione e verifica;
- l'efficacia decresce con il passare del tempo e necessita di cicli di aggiornamento, in attesa di un processo, ancora da istituire, di aggiornamento continuo;
- la cadenza dei cicli di aggiornamento dipende ovviamente, oltre che da realistiche considerazioni economiche, dalla risoluzione (la scala di un tempo) del sistema informativo; la frequenza necessaria è certamente tanto più elevata quanto più grande è la risoluzione (o la scala o la scala nominale);
- un valore accettabile e ampiamente condiviso di cadenza limite di aggiornamento per un territorio industrializzato e fortemente popolato, come il nostro, può essere posto pari a 10 anni per scale nominali 1:5000 o minori e pari a 5 anni per scale maggiori;
- in presenza di evoluzioni normali del territorio, si può adottare un modello lineare di obsolescenza tale per cui ogni anno l'informazione perde mediamente dal 10% al 20% della sua efficacia;
- dopo 10 (5 per grandi e grandissime scale) anni l'informazione è da considerare inefficace e talvolta capace di produrre un incremento dei rischi da errori nella pianificazione degli interventi;
- il parametro ISE assume valori da 0 (inefficacia) a 1 (efficacia totale).

In termini numerici si avrà:

$$ISE = \frac{1}{L} \left(L - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} \Delta a_i \right) \quad \text{per} \quad \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} \Delta a_i \leq L$$

$$ISE = 0 \quad \text{per} \quad \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} \Delta a_i > L$$

dove

Δa_i [anni] = anno di impiego – anno di produzione dell'*i*-mo elemento del database

n = numero degli elementi esaminati

L [anni] = cadenza limite di aggiornamento (10 per piccole e medie scale, 5 per grandi e grandissime scale)

Se si calcolasse il valore dell'indicatore per i vari sistemi di informazioni territoriali esistenti a livello nazionale e locale, si ricaverebbero indicazioni quanto meno preoccupanti e, in alcuni casi non marginali, da allarme rosso.

Esaminando a fondo le attività di prevenzione, risultano individuabili tre differenti livelli di analisi territoriale su cui basare l'indagine conoscitiva e la redazione dei piani operativi. A ciascun livello corrisponde un adeguato sistema informativo e definiti metodi di rilevamento. La classificazione ipotizzata è la seguente:

a) Sistema informativo di primo livello o di riconoscimento

Il database topografico che meglio si presterebbe allo scopo è quello alla scala nominale 1:50.000, sia dal punto di vista del campo abbracciato dai sottoprodotti cartografici (un foglio 1:50000 copre circa 600 Km²), sia da quello delle precisioni altimetriche (punti quotati e curve di livello). Gli strumenti per questo livello di indagine devono consentire l'inquadramento geografico complessivo del fenomeno da analizzare e l'individuazione morfologica generale delle zone presumibilmente soggette a rischio. Deve essere inoltre possibile una individuazione di massima delle strutture e delle infrastrutture principali (aree industriali, centri abitati, etc.) interne all'area di previsto rischio.

b) Sistema informativo di secondo livello o di lavoro

Il database topografico che meglio si presterebbe allo scopo varia, in funzione delle più o meno accentuate variazioni altimetriche presenti nelle zone di interesse, da quello a scala nominale 1:25.000 a quello 1:5.000, purché aggiornati dal punto di vista informativo ed eventualmente integrati da quello metrico. Gli strumenti per questo livello devono consentire la delimitazione delle aree vulnerabili e la ripartizione in classi di pericolosità; nell'ambito di tali classi deve poi essere

possibile individuare e differenziare le qualità del rischio, localizzare le strutture di interesse specifico (es. gli argini nel rischio di inondazioni). In ogni caso è auspicabile che le informazioni altimetriche contribuiscano alla generazione di un omogeneo modello digitale del terreno che, completato con le necessarie integrazioni a terra, è l'unico strumento efficace per un'analisi corretta di estesi fenomeni e per realizzare una modellistica che consenta la simulazione degli eventi.

c) Sistema informativo di terzo livello o di dettaglio

Mentre la documentazione relativa al primo livello deve comunque essere allestita per tutto il territorio nazionale e quella del secondo livello per le aree definite come vulnerabili, quella relativa al terzo livello potrebbe essere predisposta solo nelle aree dove le caratteristiche morfologiche e/o le qualità del rischio lo richiedano. Nelle zone ove la particolare morfologia necessita, per una corretta modellistica, di una risoluzione altimetrica e/o planimetrica spinta, così come nelle zone a elevata qualità del rischio per il tipo di strutture e infrastrutture presenti, si deve realizzare un apposito strumento, individuabile nel database topografico alla scala nominale 1:2000. Il modello preso in considerazione come esempio è quello del database topografico a grande scala (1:2.400) redatta in simili situazioni dall' Army Corps of Engineers degli Stati Uniti (fig. 6). Si tratta di una carta di previsione del livello di esondazione lungo un tratto del fiume Cohocion, soggetto a frequenti esondazioni, distribuita agli abitanti della zona. L'utente, informato da una corposa legenda di istruzioni, è invitato a:

- prendere nota di dettagliate procedure da mettere in atto prima dell'esondazione, all'annuncio della fase di emergenza, durante e dopo l'evacuazione e nel caso di isolamento forzoso nella propria abitazione;
- individuare la propria abitazione sulla carta;
- stimare il livello delle acque che potrebbe interessare la proprietà e le procedure di evacuazione;
- ascoltare gli annunci diffusi dai media e iniziare le procedure di emergenza o attendere l'evoluzione delle previsioni.

Gli obiettivi di uno strumento di questo tipo sono quelli della definizione di modelli di dettaglio per l'analisi spazio – temporale del fenomeno e per la valutazione puntuale del rischio e della sua evoluzione. Dopo aver predisposto lo strumento di base alla scala nominale opportuna, debitamente aggiornato, e il modello digitale del terreno, è necessario procedere alla localizzazione dei fenomeni in studio e alla definizione delle aree vulnerabili, con opportuna graduazione per livello di rischio. A tale scopo risulta spesso di grande utilità l'operazione di fotointerpretazione, eseguita ovviamente da specialisti dello specifico settore in cui rientra il fenomeno da descrivere. Il modello digitale permette poi di affinare la definizione dei meccanismi con cui gli eventi studiati si verificano. Sia per l'integrazione degli strumenti disponibili che per l'allestimento di quelli di nuovo impianto, è necessaria una dettagliata analisi preliminare, che, escludendo strumentazioni e metodologie di modesta affidabilità, preveda il ricorso a tecniche digitali e ortofotografiche integrative dei tradizionali metodi di rilievo. Molto spesso è anche utile approfondire la conoscenza storica dei fenomeni attraverso l'analisi diacronica delle documentazioni esistenti per ciascuna area di interesse. Uno dei primi obiettivi individuati nei riguardi della prevenzione idrogeologica è stato ed è quello di costituire un "archivio delle aree vulnerabili": è evidente che uno dei metodi più efficaci per una tale archiviazione è senza dubbio l'elaborazione tematica del database topografico. Nei riguardi dei fenomeni di esondazione va comunque considerato che già la morfologia del terreno costituisce un parametro essenziale ai fini della vulnerabilità. Dal punto di vista della fotointerpretazione delle frane le riprese aerofotogrammetriche più antiche risultano maggiormente significative rispetto a quelle più recenti, in quanto all'epoca delle prime il territorio risentiva assai meno di oggi delle trasformazioni operate dagli interventi umani (come ad esempio la coltivazione intensiva meccanizzata, o la realizzazione di ingenti movimenti di terra). Aspetti morfologici quali nicchie di distacco, topografia tormentata e accumuli di detriti sono maggiormente visibili sulle "vecchie" foto che su quelle più recenti.



Figura 6. Esempio di carta di previsione delle inondazioni.

Una carta "inventario" è la più semplice forma di carta tematica sulle frane: il suo scopo è quello di registrare la dislocazione sul territorio delle frane che hanno avuto effetti riconoscibili. Delle frane viene riportata la perimetrazione (con accuratezza compatibile con la risoluzione di acquisizione) e la classificazione in base ai criteri di pericolosità, rischio e danno prevedibili. L'inventario delle frane si presta a svariate utilizzazioni: dagli studi sull'evoluzione dei versanti, alla valutazione di massima del grado di rischio nella pianificazione territoriale e nella progettazione di infrastrutture, allo studio delle relazioni tra franosità e caratteristiche litologiche e geomorfologiche. Una migliore conoscenza della geomorfologia, dell'idrografia, della viabilità veicolare e pedonale, della dislocazione di edifici ed infrastrutture umane, della copertura vegetazionale, è fondamentale per valutare l'entità dei fattori di rischio, per attuare interventi volti a ridurre la "vocazione" dei siti alla franosità e alle esondazioni, per dislocare le risorse disponibili, per conferire efficienza ed efficacia agli interventi, infine per pianificare le operazioni di ripristino ambientale nelle aree colpite.

I database topografici nel soccorso

L'emergenza che immediatamente segue un evento calamitoso necessita di adeguati strumenti conoscitivi del territorio per uno sfruttamento ottimale delle risorse disponibili rispetto al tempo di impiego delle stesse. La conoscenza in tempo "reale" della situazione nell'immediato post-calamità pone problemi di efficienza, di tempestività e di potenzialità delle strutture impegnate, cioè problemi soprattutto organizzativi e gestionali. Dal punto di vista tecnico si può facilmente affermare che l'unica risposta valida alle esigenze di conoscenza immediata è rappresentata dalle riprese da piattaforma aerea e/o satellitare nelle varie bande dello spettro. Nei casi di emergenza vengono spesso necessariamente a cadere molti dei criteri di ottimizzazione normalmente adottati nella realizzazione delle riprese aeree, quali la scelta della stagione e delle condizioni atmosferiche più opportune per inclinazione della luce solare e per copertura di vegetazione. Certo la documentazione fotogrammetrica, indubbiamente la più veloce da acquisire, trova i suoi limiti di efficacia in due aspetti ben noti: la mancanza di una metrica costante e la difficoltà di lettura da parte di chi non possieda almeno gli elementi di base della fotointerpretazione. Alla luce di queste considerazioni si può prendere in esame la possibilità di realizzare un aggiornamento dinamico del database topografico, che pur caratterizzato da una accuratezza metrica inferiore a quella normalmente accettata, può comunque generare un documento cartografico di leggibilità ben superiore a quella dei fotogrammi e può costituire un supporto comunque efficace nella fase del primo intervento. Un prodotto fotogrammetrico è una documentazione che si può ottenere in brevi tempi, ma ha lo svantaggio di necessitare della fotointerpretazione; è quindi opportuno che, nell'équipe di chi è preposto alla gestione dell'emergenza, sia sistematicamente prevista la presenza di specialisti di fotointerpretazione, dato che l'esperienza ha mostrato che nelle emergenze il ricorso

alla fotogrammetria aerea è sistematico. Una possibile alternativa alla fotogrammetria è rappresentata dal telerilevamento da satellite con sensori ad elevatissima risoluzione. Questa possibilità appare particolarmente interessante per le zone raggiungibili con maggiori difficoltà o situate in nazioni dotate di modeste attrezzature di protezione civile. In relazione al possibile impiego del telerilevamento satellitare, va comunque osservato che, in presenza di copertura nuvolosa o nei casi di eruzioni o altre calamità con grande produzione di fumo, la tecnica stessa non è in grado di fornirci alcuna informazione. Un altro limite del telerilevamento nei confronti della ricognizione o della fotogrammetria aerea è costituito dal fatto che il satellite è in grado di fornirci le immagini quando passa sulla zona e non sempre nel momento di maggior interesse; ciò rende il metodo più adatto a documentare eventi calamitosi a decorso relativamente lento, come ad esempio i fenomeni di inquinamento marino su zone di grande estensione. In ogni caso risultano fondamentali le attività di monitoraggio e di documentazione dell'evoluzione dei fenomeni. Per il primo tipo di intervento è evidente l'importanza ai fini della decisione degli interventi di protezione civile più immediati (evacuazione di popolazione, sgombero di edifici, ecc.), mentre altrettanto importante è l'operazione di aggiornamento delle informazioni: il possesso di dati aggiornati a grande risoluzione e immediatamente riproducibili e distribuibili, anche se realizzate in modo speditivo e quindi necessariamente con qualità metriche inferiori a quelle ordinarie, è essenziale sia per gli spostamenti "sul campo" delle forze di protezione civile, sia per la progettazione degli interventi con cui si cerca, ad esempio, di contrastare le esondazioni o domare i flussi lavici (realizzazione di argini, barriere, canali artificiali, ecc., con impiego di grossi macchinari da cantiere, elicotteri ed esplosivi).

I database topografici per la pianificazione dei primi interventi

L'aspetto delle conoscenze in tempo "quasi reale" rappresenta il nodo centrale delle risposte di un sistema informativo: all'esigenza di conoscere in tempi brevi ed in maniera organica la situazione territoriale, la prima efficace reazione è costituita, come si è detto, dalle riprese aerofotogrammetriche della zona coinvolta nel disastro. Nel corso degli anni le tecniche di ripresa si sono evolute: alle riprese eseguite con apparati convenzionali, oggi comunque digitali, se ne affiancano altre effettuate con teste multispettrali, in grado di darci informazioni più ricche e suscettibili di approfondimenti ed interpretazioni. A questo proposito va peraltro osservato che quanto più sofisticato è il documento prodotto, tanto più competente dovrà essere l'utente: la documentazione ricavabile con immediatezza da sensori fotogrammetrici e/o multispettrali e iperspettrali, indubbiamente la più veloce da acquisire, trova i suoi limiti di efficacia in due aspetti ben noti: la mancanza di una metrica costante e la difficoltà di lettura da parte di chi non possiede almeno gli elementi base della interpretazione dei dati. È necessario quindi fornire in breve tempo agli operatori presenti in loco, un documento metrico di più facile leggibilità e riproducibilità rispetto alle "immagini". Quest'ultimo aspetto, la riproducibilità, non è da sottovalutare, giacché la documentazione per "immagini", velocemente acquisita, segna il passo allorché si affronta il problema della riproduzione analogica necessaria in emergenza. L'esperienza nel settore del rilevamento territoriale e ambientale ed in particolar modo nella tempestiva documentazione aerofotogrammetrica dei principali eventi calamitosi verificatisi in Italia nell'ultimo cinquantennio, consente di individuare un possibile modello di organizzazione degli interventi tecnici conoscitivi, fotogrammetrici, topografici e cartografici. Esso fa ricorso all'uso della fotogrammetria diretta, delle ortofoto digitali, di rilievi LIDAR e di tecniche di posizionamento satellitare per l'inquadratura e la localizzazione dei fenomeni calamitosi. Con tali tecniche, correttamente impiegate, è possibile una previsione affidabile dei rischi, una stima corretta dei danni, una pianificazione razionale, tempestiva ed efficace delle operazioni. Mentre il GPS ha semplificato e migliorato il posizionamento diretto, la fotogrammetria digitale associata a GPS e sistemi inerziali ha semplificato e migliorato il posizionamento indiretto, consentendo la determinazione diretta dei parametri di orientamento esterno dei fotogrammi. I sistemi di Laser-scanning aerotrasportati consentono infine una veloce e accurata costruzione del modello digitale del terreno e la

conseguente produzione standardizzata di ortofoto digitali. Queste ultime rappresentano indubbiamente lo stadio più recente dell'evoluzione delle metodologie di rappresentazione del territorio; si impongono, per efficacia, rapidità ed economicità, come strumento utile per la costituzione, l'integrazione e l'aggiornamento di un database topografico. Le ortofoto digitali sono in sintesi porzioni o mosaici di fotogrammi aerei oggi digitali, un tempo digitalizzati, geometricamente corretti per le distorsioni causate dalla variabile morfologia del terreno e dalla prospettiva centrale tipica della fotografia. In termini particolarmente semplificativi si può dire che nella proiezione centrale, costituita da un fotogramma, ciascun particolare si presenta in una posizione planimetricamente scorretta rispetto alla proiezione ortogonale costituita dalla carta; tale spostamento planimetrico deriva fondamentalmente da due cause: la prima è l'inclinazione del fotogramma rispetto al piano orizzontale (o dell'asse ottico rispetto alla verticale); la seconda e più grande causa di spostamento dell'immagine è costituita dal rilievo orografico: questo comporta sul fotogramma una variazione di scala continua al variare della distanza del particolare fotografato. E' necessario perciò introdurre ed utilizzare informazioni altimetriche tali da correggere gli errori in questione. E' proprio ciò che viene fatto nel processo ortofotografico, attraverso l'uso del modello digitale del terreno. Una volta che le immagini digitali sono geometricamente corrette e georeferenziate (cioè inquadrare in un sistema di riferimento, oggi unico per legge), esse possono essere usate a supporto dei database topografici per effettuare, nel caso di calamità, veloci aggiornamenti, correzioni, calcoli di distanze e di superfici, stima dei danni, analisi di rischi residui ed altro ancora. L'ortofotocarta si può definire dunque come una carta a base fotografica che rispetta le tolleranze planimetriche delle carte tradizionali di pari scala, alla quale è associato o associabile un contenuto altimetrico di analoga accuratezza. L'ortofoto digitale è preferibile alla carta convenzionale per il suo maggior livello d'aggiornamento ed il superiore contenuto informativo ed è particolarmente efficace nel rispondere alle esigenze di monitoraggio delle emergenze, è meno costosa e di più veloce producibilità rispetto alla carta convenzionale e integra in modo efficace le principali caratteristiche delle riprese aerofotogrammetriche (contenuto informativo) e della carta tradizionale (contenuto metrico). L'analisi dei danni ambientali rappresenta un esempio tangibile e di immediata comprensione della superiorità dell'ortofoto digitale, rispetto sia al database topografico classico sia rispetto alle semplici riprese aerofotogrammetriche. E' il caso in cui l'aggiornamento delle informazioni e la velocità di produzione sono ritenuti essenziali: l'integrazione in un contesto informatico del contenuto informativo delle foto aeree e del contenuto metrico della carta e del DTM, consente contemporaneamente e senza incertezze di esaminare in tempi strettissimi la tipologia dei danni conseguenti ad un evento imprevisto, di quantificare con accuratezza le dimensioni del danno in termini di estensione spaziale, di eseguirne una stima affidabile e di pianificare correttamente l'impiego delle risorse umane, finanziarie e materiali per il risanamento ambientale. Un'analisi integrata, qualitativa e quantitativa, non sarebbe possibile con le sole foto aeree, affette da continue variazioni di scala, né sul database topografico preesistente, sul quale il danno non è ovviamente presente, né sull'ortofoto in sé per la carenza del dato altimetrico. Con l'ortofoto digitale, geometricamente corretta e georeferenzata, associata al modello altimetrico del terreno, l'utente può "navigare" tridimensionalmente all'interno delle immagini, conoscere le coordinate delle diverse tipologie di oggetti nel sistema di riferimento satellitare omogeneo con i rilievi topografici del danno sul terreno, "zoomare", anche al di là della scala di utilizzabilità metrica dell'ortofoto, per esaminare qualitativamente i dettagli di interesse, sovrapporre informazioni vettoriali provenienti da altre sorgenti di dati (carte, raster, fotointerpretazione, e così via) e associare informazioni alfanumeriche provenienti da database differenti.

La fase di normalizzazione

L'ultimo aspetto della conoscenza dei territori in caso di calamità, quello della conoscenza in tempo differito, si riferisce all'allestimento di database topografici mediante procedure rigorose ed esula dai fini di questa relazione, investendo più ampi problemi di pianificazione e di progettazione e rientrando nella produzione di database topografici di tipo generale. La realizzazione in tempi

"ragionevoli" (alcuni mesi) di uno strumento per la pianificazione degli interventi di ricostruzione a carattere definitivo è tanto più necessaria quanto più carente era la situazione del database topografico precedentemente al disastro. Certo i tempi medi correnti di produzione mal si prestano a situazioni di emergenza, anche se, è doveroso dirlo, per le popolazioni colpite da grandi calamità naturali qualsiasi intervento è, sempre e comunque, tardivo e insufficiente. La realizzazione degli interventi di ricostruzione negli anni successivi alla calamità renderà comunque anche il nuovo sistema informativo rapidamente obsoleto e ne imporrà il tempestivo aggiornamento, magari continuo con le sue conseguenze e le sue esigenze, utile almeno per la successiva calamità!

Conclusioni

L'emergenza che immediatamente segue un evento calamitoso necessita di adeguati strumenti conoscitivi del territorio per uno sfruttamento ottimale delle risorse disponibili rispetto al tempo di impiego delle stesse. Si tratta di un problema dei database topografici in genere, che risulta però particolarmente sentito nelle zone "a rischio" nelle quali il possesso di dati aggiornati sullo stato di edificazione, sulla viabilità e sulle infrastrutture in genere può risultare fondamentale per la pianificazione degli interventi di protezione civile, sia nella fase di prevenzione che in quella di soccorso (ad esempio, per la realizzazione di efficaci piani di evacuazione). Per queste finalità risulta senz'altro preferibile una documentazione aggiornata con criteri di economia e celerità (anche se in certa misura a scapito della precisione metrica) a un database topografico di ottima qualità ma non aggiornato da decenni. Va in ogni caso rilevato che, mentre è facile constatare che i database topografici italiani non sono, nel loro complesso, sufficientemente aggiornati alla situazione attuale, è anche vero che è difficile rendersi conto della complessità del problema e che poche persone, purché siano specialisti, possono valutare quanti e quali fattori, per lo più contrastanti, intervengono a determinare la soluzione pratica e le sue motivazioni. Il database topografico post-calamità è una risposta di lunga portata, non realizzabile in tempi compatibili con le esigenze di soccorso. Nei casi di emergenza vengono spesso necessariamente a cadere molti dei criteri di ottimizzazione normalmente adottati nella realizzazione delle riprese aeree, quali la scelta della stagione e delle condizioni atmosferiche più opportune per inclinazione della luce solare e per copertura di vegetazione. Alla luce di queste considerazioni è opportuno prendere in esame la possibilità di realizzare un'ortofoto digitale, che pur caratterizzata da una precisione metrica complessivamente inferiore a quella normalmente accettata nei database topografici di analoga scala nominale, può costituire un supporto comunque efficace nella fase del pronto intervento. La realizzazione in tempi "ragionevoli" (alcuni mesi) di un sistema informativo per la pianificazione degli interventi di ricostruzione a carattere definitivo è tanto più necessaria quanto più carente era la situazione del sistema informativo di base precedentemente al disastro. Certo i tempi medi correnti di produzione mal si prestano a situazioni di emergenza, anche se, è doveroso dirlo, per le popolazioni colpite da grandi calamità naturali qualsiasi intervento è, sempre e comunque, tardivo e insufficiente. La realizzazione degli interventi di ricostruzione renderà comunque anche questo sistema rapidamente obsoleto. E' quindi indispensabile ricorrere alle modalità e alle tecniche più avanzate di produzione che consentono un più agevole aggiornamento, in attesa di un processo standardizzato di aggiornamento continuo, con le sue conseguenze e le sue esigenze. Come è stato più volte sottolineato, è opportuno infine evitare che spregiudicati trionfalismi indotti dalle potenzialità tecnologiche facciano abbassare la guardia sui problemi di efficacia di un Sistema Informativo orientato alla protezione civile. Infatti, assumendo la consolidata definizione di Sistema Informativo Territoriale come complesso di risorse tecnologiche, risorse umane ed informazioni georeferenziate, occorre porre particolare enfasi sul fatto che qualsiasi livello di efficienza delle prime due componenti viene vanificato se i dati non sono adeguati a garantire un corretto processo decisionale. In sintesi da essi dipende fondamentalmente l'efficacia del Sistema, che va razionalmente definita e quantificata attraverso un indicatore sintetico quale quello proposto precedentemente. E' in ultima analisi necessario affrontare in "tempo di pace" il problema dei dati territoriali georiferiti, della loro organizzazione, consistenza, completezza, accuratezza e stato di

aggiornamento, per non ridursi, in "tempo di guerra", al sistematico atteggiamento di impotenza, di fronte ad un sistema informativo efficiente nelle componenti umane e tecnologiche, ma inefficace per le carenze della componente informativa. Si impone perciò un'attenta politica di prevenzione per non perseverare in scelte che con il tempo potrebbero rilevarsi causa scatenante di eventi nefasti e per studiare tutte le possibili soluzioni alternative che consentano di non mortificare il progresso nel quadro di uno sviluppo sostenibile. Il telerilevamento da satellite appare particolarmente interessante per l'evoluzione qualitativa e quantitativa dei sensori, ma va comunque osservato che la tecnologia satellitare non è sempre in grado di fornirci informazioni esaustive, specialmente per gli eventi a decorso veloce. Nell'ambito della valutazione della completezza dei dati, un problema non secondario e tutto italiano, è inoltre quello della disponibilità selettiva delle informazioni in aree strategicamente sensibili. E' un problema che certo esula dagli obiettivi della presente nota, non precisamente quantificabile nella sua dimensione nazionale, ma che qui si vuole solo porre all'attenzione del lettore e degli addetti ai lavori. Esistono, in aree ad elevato rischio ambientale, differenze significative tra il contenuto informativo di documentazioni in dotazione al Ministero dell'Ambiente, quello di database topografici regionali e quello desumibile dalle riprese satellitari ad alta e altissima risoluzione, disponibili a livello internazionale e non sottoposte ad emendamenti. Tali differenze evidenzerebbero carenze anche per quanto riguarda le infrastrutture viarie di accesso e di collegamento. Con quali dati sono predisposti i piani di intervento, quelli di evacuazione e quelli di protezione? Ad altri la risposta, al cittadino il dubbio e la sete di conoscenza...

Un'opera di prevenzione, in grado di minimizzare i rischi e di conseguenza gli interventi di emergenza, ha come fondamentale passo la conoscenza aggiornata di ciò che deve essere difeso: il territorio. I buoni esiti spesso ottenuti in condizioni di emergenza, in gran parte grazie all'abnegazione e all'inventiva sviluppate dalle particolari circostanze, non possono compensare carenze "croniche" quali la mancanza di aggiornamento e, in generale, sarebbe auspicabile un maggior peso dell'attività di prevenzione nei confronti di quella di "cura" eseguita in situazioni di urgenza.