

La collana cui appartiene il presente testo riporta, in termini sintetici, risultanze emerse dal progetto GERIA (Gestione dei Rischi Ambientali – programma INTERREG II ) in merito ad uno dei vari aspetti in esso trattati.

Pare opportuna, a riguardo, una premessa di generale “inquadramento” di detto progetto, anche in relazione al più ampio quadro di iniziative che la Regione Liguria sta assumendo sul tema della difesa del suolo e della prevenzione e mitigazione dei rischi naturali. Iniziative volte a favorire i processi di integrazione delle capacità e potenzialità degli enti che operano nel territorio, alle diverse scale di competenza. E’ in tale ottica che si colloca l’esperienza “GERIA”, di cui una prima fondamentale caratterizzazione è stata proprio l’ aver posto “allo stesso tavolo” i ruoli omologhi delle diverse amministrazioni, rendendole partecipi delle scelte e degli sviluppi delle diverse fasi di attività. Ciò in stretto contatto con le realtà locali dei territori esaminati. Detta compartecipazione ha riguardato sia la parte italiana che quella francese ed è stata impostata in modo organico, attraverso la preventiva istituzione di appositi comitati e gruppi di lavoro.

Del tutto originale è stato il tipo di approccio alle tematiche prese in esame. Esso infatti si è valso di competenze scientifiche altamente qualificate nei diversi settori di pertinenza, promovendone un’integrazione, proficua di risultanze innovative, anche sinergiche rispetto alle originali visioni settoriali.

Il progetto ha avviato un rinnovato e più organico rapporto tra Amministrazioni Pubbliche ed Università, attraverso una impostazione metodologica ed una prassi operativa che ha chiamato in causa entrambe le realtà per gli aspetti di più logica pertinenza e capacità. Ne sono derivate risultanze trasferibili nella prassi della gestione del territorio, sia direttamente che attraverso successivi approfondimenti e precisazioni.

Il tema dei rischi naturali costituisce in oggi uno dei principali “nodi problematici” che le pubbliche amministrazioni devono affrontare, con ripercussioni economiche spesso rilevanti ed incerte ed a fronte di uno “ stato della conoscenza” poco capace di risposte utilizzabili nei processi decisionali, che abbisognano di dati sintetici, comparabili anche sul piano sociale ed economico. Con la promozione del progetto GERIA la Regione Liguria arricchisce il processo avviato con le attività di pianificazione di bacino e di protezione civile per affrontare tali problemi, predisponendo le diverse strutture non solo a determinare ma anche a porre in pratica le soluzioni trovate. Ciò sia sul piano tecnico che su quello normativo e gestionale.

Il Direttore del Dipartimento  
Tutela dell’Ambiente ed Edilizia  
Ing. Mario Fracchia



## **IL PROGETTO**

Ha avuto ad oggetto il tema dei rischi naturali, considerati sia in relazione alle singole tipologie di possibili eventi (sismi, esondazioni, incendi, frane) che in termini di effetti integrati degli stessi.

Le attività hanno avuto come riferimento un ambito territoriale interfrontaliero, delimitato dall'area costiera tra Nizza e Imperia, che abbraccia l'entroterra per una fascia dell'ordine di 15 – 20 Km.

Sono stati realizzati approfonditi studi ed elaborazioni, che hanno preso in considerazione sia la "pericolosità", che la "vulnerabilità" e il "danno temuto" delle categorie di "esposto vulnerabile" di maggiore significatività alle diverse scale di riferimento. Questo per ogni tipologia di possibile evento calamitoso. Attraverso la determinazione e simulazione di appositi scenari è stato possibile produrre valutazioni sulla vulnerabilità non solo di tipo "fisico o strutturale" ma anche di tipo "sistemico", legata cioè all'incidenza sui più generali livelli di funzionalità dei tessuti urbani e dei sistemi territoriali. Sono state altresì affrontate problematiche di specifico interesse per le amministrazioni pubbliche, riferibili ad azioni volte alla prevenzione e/o mitigazione del rischio, che hanno tenuto conto delle differenti situazioni vigenti tra le due realtà nazionali, anche sul piano normativo e procedurale.

Sotto il profilo scientifico il progetto è risultato particolarmente innovativo, sia nei singoli campi disciplinari che per gli effetti sinergici che sono derivati dalla messa in comune delle competenze e capacità delle diverse equipe. A riguardo, per parte italiana, hanno operato, in modo organico e strettamente integrato, competenze di cinque diverse strutture dell'università di Genova, appartenenti a due diverse Facoltà. L'impostazione data al progetto e la conseguente costituzione di appositi comitati (vedi schemi successivi) ha consentito la fattiva partecipazione, ai diversi livelli di riferimento, di tutte le amministrazioni pubbliche interessate alle tematiche in esame. Attraverso l'attività di specifici "gruppi di lavoro" sono stati coinvolti anche altri organismi, sia pubblici che privati, che operano nel territorio considerato. Attraverso il collegamento tra competenze omologhe (liaison) sia italiane che francesi, è stato possibile favorire confronti ed interscambi diretti tra le diverse situazioni ed esperienze.

## **I DOSSIERS TEMATICI**

Sono stati realizzati al fine di consentire una maggiore divulgazione, sia pur sintetica, dell'attività e delle risultanze acquisite nel progetto, su aspetti di diffuso interesse. Le tematiche trattate sono state pertanto esposte cogliendone aspetti essenziali ed evitando, per quanto possibile, terminologie o precisazioni troppo settoriali. Obiettivo è stato l'inquadramento delle questioni trattate e non le specifiche tecniche delle risultanze conseguite. Queste ultime sono state indicate in termini generali citando, con apposite note, le fonti e/o modalità di possibile approfondimento.

## **IL PRESENTE DOSSIER "ASPETTI METODOLOGICI MESSI A PUNTO PER IL PROGETTO GERIA"**

Ha lo scopo di esporre, sia pure in termini sintetici, l'impostazione ed il successivo sviluppo metodologico utilizzato nel Progetto; ciò in termini eminentemente concettuali, in modo da renderne accessibile la comprensione anche a non esperti in materia. L'esposizione pertanto non ha riportato applicazioni e/o specifiche connesse a competenze settoriali. Si è limitata invece a tracciare il percorso logico-deduttivo che, sotto l'aspetto metodologico, ha determinato il progressivo svolgimento di attività scientifiche. Alcune esperienze sono state omesse o solamente accennate in quanto più diffusamente e/o specificamente trattate in altri più pertinenti dossiers della collana. Nel merito si ricordano, in particolare le trattazioni sulla vulnerabilità sistemica e quelle sui singoli rischi (sismico – idrogeologico- da incendi- da frane). A tali altri testi si fa pertanto riferimento per una più completa conoscenza del quadro metodologico complessivamente impiegato.

*Indice*

<i>Introduzione</i> .....	<i>I</i>
di Pietro Ugolini .....	<b>I</b>
<i>Parte prima:</i> .....	<i>1</i>
<b>L'approccio metodologico di riferimento e d'impostazione per il Progetto Ge.Ri.A.</b> .....	<b>1</b>
1. I presupposti di base per il metodo GERIA .....	1
Pietro Ugolini .....	1
1.1 Un metodo di approccio "partecipato" per lo sviluppo del progetto.....	1
1.2. Determinazione di criteri preliminari per un approccio comune alla gestione delle problematiche connesse ai rischi naturali .....	2
2. L'approccio teorico-metodologico di riferimento.....	4
Pietro Ugolini, Enza Lissandrello .....	4
2.1 Metodologie per la pianificazione dei rischi naturali in Italia.....	4
2.1.1. L'esperienza dei piani di recupero della Regione Emilia Romagna .....	5
2.1.2 La variante al prg di Asti: il tentativo di integrazione del rischio idrogeologico all'interno di uno strumento urbanistico comunale.....	7
2.2 Metodologia di riferimento per il Progetto GERIA: il quadro di valutazione degli enjeux per l'integrazione degli approcci disciplinari ed il quadro di pilotaggio per la programmazione delle amministrazioni locali.....	8
3. Un approccio comune per la gestione delle informazioni.....	9
di Riccardo Minciardi, Paolo Fiorucci, Francesco Gaetani, Eva Trasforini .....	9
<i>Parte seconda:</i> .....	<i>11</i>
<b>Metodologie per lo studio della pericolosità' e della vulnerabilità' sismica, idrologica, da frane, da incendi boschivi del Progetto Ge.Ri.A.</b> .....	<b>11</b>
4. Metodo utilizzato per lo studio della pericolosità' sismica del territorio transfrontaliero .....	11
di Claudio Eva e Stefano Solarino.....	11
4.1 Calcolo della pericolosità sismica della Liguria per il Progetto GERIA.....	13
5 Metodo utilizzato per lo studio della vulnerabilità' sismica del territorio transfrontaliero .....	13
di Sergio Lagomarsino e Sonia Giovinazzi .....	13
6 Metodo utilizzato per lo studio della pericolosità' idrologica del territorio transfrontaliero.....	14
di Giorgio Roth, Andrea Crosta, Simone Laverneda .....	14
7. Metodo utilizzato per lo studio del rischio da incendi boschivi del territorio transfrontaliero.....	16
di Riccardo Minciardi, Paolo Fiorucci, Francesco Gaetani .....	16
<i>Parte terza:</i> .....	<i>19</i>
<b>Metodo di analisi di vulnerabilità' sistemica</b> .....	<b>19</b>
8 Metodo utilizzato per lo studio della vulnerabilità' sistemica per il Progetto GERIA.....	19
di Antonio Chirico, Enza Lissandrello, Riccardo Minciardi, Eva Trasforini, Pietro Ugolini .....	19
9. Metodo di lettura dell'esposizione ed analisi del sistema territoriale di riferimento.....	19
di Antonio Chirico, Enza Lissandrello.....	19
9.1. Definizione delle tipologie di entità .....	19
9.2. Le valutazioni di funzionalità ordinaria delle entità .....	20
9.3. Le relazioni funzionali tra tipologie di entità .....	21
10. Metodo di Analisi di vulnerabilità sistemica .....	22
di Riccardo Minciardi, Eva Trasforini .....	22
<i>Parte quarta:</i> .....	<i>27</i>
<b>Approfondimenti metodologici specifici nell'area di progetto</b> .....	<b>27</b>
11. Cenni ad Approfondimenti specifici sulle metodologie applicate a particolari aree territoriali ..	27
di Pietro Ugolini .....	27
11.1 Rischio sismico e territorio: una metodologia per l'analisi di vulnerabilità sismica dell'edificato diffuso in Sanremo .....	28
di Gianluca Curri .....	28

11.2 Proposta metodologica per il rilievo del rischio sismico a scala urbana e territoriale: il caso di Cervo	29
di Luca Lazzoni .....	29
11.3 Indagini di supporto e metodologie per la determinazione di un D.S.S. (Decision Support System) con l'applicazione al caso studio del bacino del Roja. ....	31
di Serena Santiago .....	31
12 Conclusioni.....	33
di Pietro Ugolini, Enza Lissandrello.....	33
<i>Bibliografia essenziale</i> .....	35



## Introduzione

di Pietro Ugolini

La necessità di determinare un'impostazione metodologica di riferimento, per lo sviluppo del Progetto Ge.Ri.A., è dovuta al suo carattere fortemente innovativo, che non trova altri riscontri applicativi consolidati. Il progetto considera infatti, in modo integrato, diverse tipologie di rischi naturali (sismico, idrologico, da frane, da incendi). Ne deriva una *intersectorialità* di competenze che, partendo da differenti approcci ed esperienze scientifiche, trova una composizione sinergica nella concretezza dell'applicazione al territorio in esame.

La metodologia di approccio svolta per il progetto è tesa ad una valutazione dei rischi indirizzata alla pianificazione e gestione del territorio. Tale posizione ha portato a recepire le valenze scientifiche delle differenti componenti disciplinari impegnate nello studio del rischio, orientandone le determinazioni su obiettivi conformi alle esigenze e priorità della realtà locale. Tali indicazioni dovrebbero quindi avere quale obiettivo il trasferimento di aspetti conoscitivi e scientifici sia nelle procedure e negli strumenti, che nelle modalità e nelle forme proprie della disciplina urbanistica. Le valutazioni di danno temuto sono state orientate al fine di determinare possibili modalità e priorità d'intervento in relazione alle risorse disponibili.

Questa sfera di interesse costituisce un campo di ricerca solo parzialmente esplorato, dove rimangono ancora ampi spazi di approfondimento circa le analisi conoscitive ed il loro utilizzo ad una scala urbana e territoriale. Tale passaggio costituisce, peraltro, un nodo determinante, perché gli studi condotti siano effettivamente utilizzabili da parte della pubblica amministrazione.

Un più organico inserimento, degli aspetti scientifici inerenti i rischi naturali, nella prassi urbanistica ordinaria, è possibile solo nella misura in cui le conseguenti determinazioni disciplinari sono in grado di fornire indicazioni di sintesi, immediatamente trasferibili nelle scelte di uso del suolo e/o di intervento nel territorio. In Italia, a fronte di normative nazionali appositamente predisposte, sono stati sviluppati differenti approcci, sia metodologici che attuativi, secondo modalità del tutto differenti da regione a regione e secondo diverse caratteristiche a seconda delle tipologie di rischio presenti sul territorio di pertinenza. Più compatto e consolidato appare invece la trattazione dello stesso tema sul fronte francese, in cui i *Plans de Prevention des Risques Prévisibles* (PPR) sono parte integrante, di fatto, della pianificazione ordinaria. A questo riguardo la Legge Urbanistica della Regione Liguria prevede, a tutti i livelli di strumentazione, uno spazio per la trattazione dell'aspetto dei rischi naturali. È inoltre da segnalare quanto la R.L. abbia strutturato la gestione dei bacini idrografici di livello regionale, indirizzando gli approfondimenti sui problemi legati al tema idrologico e stabilendo per essi una prospettiva di integrazione con altri rischi presenti sul territorio.

Il Progetto Ge.Ri.A ha costituito un terreno di sperimentazione circa la comprensione complessiva dei possibili eventi calamitosi, volta ad indirizzare le scelte e le priorità di utilizzo delle risorse disponibili. In tale progetto è stata posta attenzione non solo alla pericolosità del territorio (in relazione ai diversi rischi in esame) ma anche ad un concetto 'allargato' di vulnerabilità che considera, oltre alle componenti fisico-strutturali, anche le più generali ricadute sull'assetto funzionale e sul sistema normativo-gestionale vigenti, alla scala sia urbana che territoriale.

La complessità delle argomentazioni trattate ed il vasto coinvolgimento delle competenze scientifiche ed istituzionali interessate, ha richiesto la strutturazione di un'architettura dei ruoli, atta ad accogliere i diversi ed essenziali contributi, sia istituzionali che scientifici.

Il presente dossier intende presentare, sia pure in modo sintetico, gli approcci metodologici messi a punto durante lo svolgimento del progetto. La sua finalità è quella di consentire al lettore una visione complessiva delle metodologie fornite dalle diverse competenze coinvolte, in termini di continuità di approccio scientifico utilizzato e di obiettivi perseguiti.

Per una più agevole lettura dei contenuti sviluppati, il presente fascicolo è stato suddiviso in quattro sezioni. Nella prima è stato esposto l'approccio metodologico assunto quale riferimento per l'impostazione del progetto. In essa sono esposte, in particolare, le azioni intraprese per consentire uno sviluppo realmente "partecipativo"; indirizzato cioè ad un organico coinvolgimento di tutti gli organismi interessati.

Nella seconda sezione sono state esaminate le metodologie messe a punto dai diversi gruppi di lavoro, sulla base degli studi condotti sia su questioni afferenti i singoli campi disciplinari, sia su tematiche la cui soluzione ha richiesto una spinta integrazione delle diverse competenze. La terza sezione riguarda invece la metodologia impiegata per l'analisi della vulnerabilità sistemica, volta alla determinazione della perdita di funzionalità derivante dall'accadimento di eventi calamitosi. La quarta ed ultima parte ha preso in esame alcuni contributi scientifici, applicati a situazioni di particolare interesse per la realtà locale ed al tempo stesso diffuse nel territorio.

*Figura 1: Area transfrontaliera italo-francese del progetto GERIA*

Parte prima:

# L'approccio metodologico di riferimento e d'impostazione per il Progetto Ge.Ri.A.

## 1. *I presupposti di base per il metodo GERIA*

*Pietro Ugolini*

### 1.1 Un metodo di approccio “partecipato” per lo sviluppo del progetto

Il progetto GE.RI.A. (Gestione dei Rischi Naturali) rientra nell' ambito del Programma di iniziativa Comunitaria Interreg II/a per la cooperazione Italia – Francia, ed ha avuto come oggetto la definizione di metodologie di approccio ai rischi naturali, comuni ai due Paesi.

GERIA è stato caratterizzato da una forte integrazione, in relazione sia ai contenuti, sia ai soggetti coinvolti. Esso, infatti, ha considerato tutte le tipologie di rischi naturali (sismico, idrogeologico, da incendi e da frane) in termini sia settoriali, sia di reciproche possibili interrelazioni. I soggetti referenti sono stati chiamati in causa in modo organico e coerente ai rispettivi ruoli istituzionali, l'Università, le Amministrazioni Pubbliche ed altri Enti ed Organismi operanti nel settore. La molteplicità dei temi trattati e l' ampio numero di soggetti partecipanti al Progetto ha richiesto la creazione di apposite strutture, allo scopo di garantire una gestione ordinata ed organica del progetto.

#### *Figura 1.1: Assetto organizzativo Italia-Francia*

Proponenti del progetto e titolari della regia pubblica sono state la Regione Liguria e la Region Provence Alpes Cote d' Azur.

GERIA e' stato caratterizzato da un forte apporto scientifico. Ne fa fede il forte coinvolgimento della componente universitaria, cui è stato affidato, per parte italiana, lo sviluppo del progetto.

La determinazione di metodologie, atte a consentire efficaci ricadute nelle pratiche ordinarie di pianificazione e gestione del territorio, e' stata una delle principali finalità del lavoro svolto. Ciò ha orientato lo studio a costituire un supporto conoscitivo mirato alla definizione, da parte degli organismi preposti, di più opportune priorità di intervento. Nel merito, essenziale risulta il ruolo dei due **Comitati di Pilotaggio** (vedi figura n.1.2) che hanno chiamato in causa il momento locale, quello cioè dell' ambito territoriale ove il progetto si svolge. In tale contesto, per la parte italiana si evidenzia, in particolare, il contributo della Provincia di Imperia, chiamata a presiedere e coordinare tale Comitato. La presenza dei cinque comuni sedi delle città principali dell'arco costiero interessato e delle due comunità montane della zona ha assicurato una partecipazione rappresentativa delle diverse realtà locali.

#### *Figura 1.2: Composizione dei Comitati di Pilotaggio*

In coerenza al significato della denominazione adottata, i Comitati citati sono stati chiamati a favorire sia la conoscenza delle reali situazioni locali che la determinazione di soluzioni o proposte atte a migliorare la funzionalità dei servizi e, nel contempo, a contribuire allo sviluppo di quei processi di integrazione che stanno alla base della cooperazione transfrontaliera.

Per rendere più incisivo tale obiettivo, è stata prevista una *Segreteria Tecnico - Gestionale*, collegata con il Coordinamento Scientifico delle due equipe (italiana e francese) e finalizzata a favorire il rapporto ed il trasferimento di materiale conoscitivo tra le stesse nonché più efficaci collegamenti con le realtà locali.

Il processo di integrazione è stato favorito anche da specifiche *liaisons*, riferite a competenze omologhe di organismi italiani e francesi impegnati nell' attività di progetto. Più specifici *gruppi di lavoro* sono stati costituiti, di volta in volta, su aspetti specifici, in base alle esigenze

emerse nelle diverse fasi di attività. L'insieme del *Comitato Referente* e del *Comitato di Gestione* ha costituito il *Comitato Tecnico Integrato*, che è stato la sede del confronto e monitoraggio delle attività e di concertazione sullo sviluppo e sui contenuti delle stesse. (figure n.1.3 e n.1.4). Capofila dell'equipe francese è stato il **B.R.G.M.** (Service Geologique Regional Provence– Alpes – Cote d'Azur).

Di particolare rilievo è risultato l'impegno della Regione Liguria. Essa, infatti, attraverso il *Comitato Referente*, ha coinvolto dirigenti e funzionari dei Settori e Servizi, i cui ruoli istituzionali hanno attinenza con le attività del progetto.

Lo sviluppo scientifico ed operativo delle attività è stato affidato al *Comitato di Gestione*. Di esso hanno fatto parte il CIMA (Centro di ricerca in Monitoraggio Ambientale) capofila del progetto per la parte italiana, il DIP.TE.RIS (Dipartimento del Territorio e delle sue Risorse) ed il DISEG (Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica). Il CIMA a sua volta si è avvalso di competenze del D.E.U.I.M. (Dipartimento di Edilizia, Urbanistica e Ingegneria dei materiali) e del D.I.S.T. (Dipartimento di Ingegneria Informatica e Sistemistica).

*Figura 1.3: Strutturazione del Comitato Tecnico Integrato*

*Figura 1.4: Strutture universitarie coinvolte nel progetto*

*Figura 1.5: Esempio di alcuni gruppi di lavoro costituiti durante lo svolgimento del Progetto GERIA, nell'ambito del Comitato di Pilotaggio*

Lo sviluppo del progetto ha previsto la definizione di due diversi livelli di riferimento, per la conduzione delle analisi, l'indagine sullo stato di fatto, la definizione degli scenari di rischio e le proposte di intervento. Essi sono stati rispettivamente l'Area Complessiva e quella specifica. La prima ha compreso una fascia costiera, della profondità di circa 15 – 20 Km per un'estensione di circa 120 Km sui due versanti (italiano e francese). In essa sono stati compresi 47 Comuni e due Comunità Montane della Provincia di Imperia.

Il bacino idrografico del fiume Roja, con i comuni di Airole, Olivetta S. Michele e Ventimiglia, ha costituito l'area specifica di progetto, dove sono stati condotti studi di maggior dettaglio, riferiti ad eventi di interesse transfrontaliero.

Nell'ambito del *Comitato di Pilotaggio* di parte italiana, per rendere più organica la partecipazione delle realtà locali, sono stati istituiti gruppi di lavoro diversificati in relazione alle tematiche trattate. Ai lavori di detti comitati hanno partecipato amministrazioni ed organismi competenti su temi infrastrutturali ed ambientali (figura n.1.5)

*Figura 1.6: Area Complessiva e specifica per la parte italiana*

## **1.2. Determinazione di criteri preliminari per un approccio comune alla gestione delle problematiche connesse ai rischi naturali**

Realizzare una metodologia di approccio alla valutazione dei rischi naturali significa cogliere quegli aspetti che maggiormente incidono sui possibili 'danni temuti' individuandone gli elementi caratterizzanti e le mutue interazioni. Significa altresì determinare le conseguenti ripercussioni nella pianificazione e gestione del territorio. E' quindi necessario riferirsi alle metodologie consolidate, attinenti le analisi per le differenti tipologie di rischio (sismico, idrologico, frane, incendi boschivi) per trovare un comune denominatore atto a consentire il trasferimento nella pianificazione intesa come strumento di prevenzione e mitigazione del rischio.

Considerando la necessità di una gestione attiva del territorio, appare irrinunciabile un più stretto collegamento tra pianificazione territoriale ed istanze della protezione civile. Intese queste sia considerando l'emergenza, che in relazione alla possibile prevenzione e mitigazione del danno temuto. Anche in questo settore si sta verificando un rapido processo evolutivo, che trova riscontro sia in una più diffusa consapevolezza dell'importante ruolo della Protezione Civile, che nei più recenti disposti normativi e riorganizzativi del settore. Il perseguimento degli

indirizzi e degli obiettivi esposti rende indispensabile porre in essere una metodologia di approccio, che sappia correttamente indirizzare le conoscenze e le potenziali capacità del mondo scientifico verso obiettivi mirati e criteri prioritari.

*Figura 1.7: Concetti di vulnerabilità diretta ed indotta*

Questi devono essere conformi alle esigenze decisionali, ruoli istituzionali e possibilità di intervento delle amministrazioni pubbliche oltre che, più in generale, degli enti e degli organismi chiamati ad intervenire attivamente sul territorio. Ne consegue la necessità di individuare una metodologia organica di approccio che sappia essere abbastanza generale, per consentire applicazione in differenti contesti territoriali, ma nel contempo sufficientemente elastica, per poter recepire le specifiche caratterizzazioni del contesto in esame, fornendo precise indicazioni sulle più opportune modalità di intervento.

Nel concatenamento in progress pericolosità – vulnerabilità - rischio, è sul secondo termine che appare più opportuno fissare l'attenzione. Ciò che più conta, considerando lo stato dell'arte delle attuali conoscenze, è una corretta individuazione e valutazione dell'enjeux (esposto vulnerabile) secondo differenti livelli di priorità, in relazione alla diversa possibile incidenza sui danni temuti. Questi possono essere diretti, indotti o differiti, in base alla funzione che hanno, le fattispecie in esame, nel più ampio contesto urbano e territoriale. Ne deriva la necessità di individuare "categorie" di enjeux di riferimento, le loro principali "componenti" e, al loro interno, "elementi" che possano avere una significativa incidenza sul danno. Il processo sopra descritto va differenziato in rapporto ai differenti livelli programmatici e gestionali di riferimento. La significatività degli elementi di valutazione è differente passando ad esempio dalla scala regionale a quella comunale. Per le infrastrutture di trasporto ed a rete gli ambiti di riferimento prescindono spesso dai riparti amministrativi ed assumono maggiore importanza quelli funzionali.

L'introduzione all'approccio metodologico assunto nel progetto GERIA si riferisce quindi, in particolare, a quella componente di rischio sulla quale variano le dinamiche di valutazione in rapporto alla scala – edilizia o territoriale – cui riferirsi: la vulnerabilità. Dalle considerazioni esposte emerge l'importanza di una migliore precisazione del termine "vulnerabilità", che come qui esposto, è distinta in vulnerabilità fisica, sistemica e gestionale.

*Figura 1.8: Ripartizione concettuale della vulnerabilità*

Per vulnerabilità fisica si intende quella (naturale od antropica) connessa ad elementi oggettivi e chiaramente quantificabili, riferiti ad aspetti statici, costruttivi, tecnologici o a situazioni fisico-ambientali ad essi collegati. Tale aspetto trova, nelle discipline scientifiche, esperienze significative soprattutto per quanto concerne gli aspetti strutturali. Decisamente meno definito è lo stato di avanzamento scientifico in merito alla determinazione della vulnerabilità sistemica. Essa riguarda non tanto l'elemento considerato in se stesso (danno diretto), quanto piuttosto le conseguenze che potrebbero derivare, da un suo disservizio, alle diverse funzioni urbane o territoriali, prime tra tutte quella di appartenenza. Il crollo di un viadotto, ad esempio, oltre ad un danno intrinseco, produrrebbe l'interruzione di una intera arteria di traffico. Il disservizio di un edificio ospedaliero si ripercuoterebbe su tutto il sistema sanitario oltre che, per aspetti indotti o differiti, sulla mobilità, sulle comunicazioni, sull'efficacia delle azioni di protezione civile, ecc.

L'organizzazione delle capacità e delle risorse disponibili, quale risposta all'emergenza, oltre che alla prevenzione e/o mitigazione del rischio, costituisce invece la "vulnerabilità gestionale". Appare evidente come molti disservizi, sovrapposizioni di competenza e sprechi di risorse possano essere evitati con un più razionale sistema organizzativo, che sappia integrare e valorizzare i ruoli e le possibilità dei diversi soggetti istituzionali e non, competenti nella gestione del territorio.

È solo da una lettura incrociata tra i diversi aspetti trattati che è possibile pervenire alla realizzazione di scenari di rischio capaci di simulare la realtà in esame, cogliendone le specifiche caratterizzazioni e valenze.

**Figura 1.9:** *Schema di valutazione della vulnerabilità territoriale*

Tali determinazioni hanno costituito, fin dall'inizio del progetto, una base di riferimento per lo sviluppo delle metodologie messe a punto dai diversi gruppi di lavoro coinvolti ed alla loro integrazione.

**Figura 1.10:** *Relazione tra i concetti di vulnerabilità e di esposizione*

## 2. *L'approccio teorico-metodologico di riferimento*

*Pietro Ugolini, Enza Lissandrello*

### 2.1 **Metodologie per la pianificazione dei rischi naturali in Italia**

Come ricordato precedentemente, nel Progetto GERIA, l'esigenza di conciliare un approccio scientifico efficace ed innovativo con l'applicabilità dello stesso alle situazioni territoriali in esame ha dovuto tener conto delle forti differenziazioni esistenti, in ambito transfrontaliero, tra le diverse realtà. Diversità che si individuano sia sul piano istituzionale, sia su quello normativo, procedurale e culturale. Per questo motivo, l'impostazione del progetto è stata volta, innanzitutto, ad individuare una struttura metodologica di tipo generale e strategica, atta a costituire un complessivo riferimento per più specifiche e mirate elaborazioni. Ciò tenuto conto del differente livello di sviluppo della conoscenza scientifica per le diverse tipologie di rischio esaminate, propria dei diversi ambiti disciplinari.

L'indagine svolta ha preso l'avvio dall'esame di alcune esperienze messe a punto sulla pianificazione del rischio in Italia, per arrivare a determinare possibili linee di futuro sviluppo. È da tener conto che, nel panorama italiano, nonostante l'esistenza di una serie di specifiche normative, ad oggi sono presenti molte differenziazioni nelle applicazioni di livello regionale.

Il punto di partenza di questa ricerca è stato riferito alle esperienze in atto, in parte concretamente applicate ed in parte rimaste a livello di studio, in merito allo specifico aspetto della pianificazione territoriale nelle aree sensibili a fenomeni di origine naturale. L'assunto che ha orientato l'esperienza condotta nel Progetto è stato quello di affrontare il tema del rischio promuovendo iniziative ed interventi volti alla mitigazione dei fenomeni, secondo una lettura funzionale del territorio, delle potenzialità e delle caratterizzazioni dello stesso.

In questa sede è sembrato opportuno far riferimento solo ad alcuni casi esemplari, tra le molteplici esperienze condotte in Italia negli ultimi anni<sup>1</sup>. I due casi presentati (Emilia Romagna e PRG di Asti) sono esempi quasi storici di casi applicativi, legati alla predisposizione di strumenti di carattere normativo, finanziario ed attuativo, che hanno agito con efficacia in termini territoriali. Tali vicende rappresentano ancora oggi un importante punto di riferimento. In primo luogo è da segnalare quanto essi siano stati legati all'utilizzo della pianificazione come strumento di prevenzione nei confronti del rischio, la cui quantificazione si è fondata su analisi di esposizione e di vulnerabilità urbana. Inoltre queste due esperienze hanno previsto non solo una serie di studi a supporto di strumenti di pianificazione, ma una vera e propria articolazione di iniziative, che si sono mosse attraverso ricerche sul campo, piani, finanziamenti e atti normativi al fine di svolgere efficaci azioni di mitigazione.

Esse quindi sono state di impulso alla messa a punto di una metodologia di studio atta a consentire di assumere approcci disciplinari che tenessero conto non solo di un indice di

---

<sup>1</sup> Sono state esaminate nella fase preliminare di progetto altre esperienze rispetto a quelle qui riportate, in particolare condotte nell'ambito della Regione Lombardia (Determinazione del rischio sismico a fini urbanistici nei casi di Toscolano Maderno e Rudiano, gli studi condotti per la Valle Sabbia – M. Tira- e quelli dell'IRRS per la vulnerabilità delle reti), dalla Regione Toscana (Progetto Terremoto Garfagnana Lunigiana), Regione Marche (La variante al PRG del 1988 di Ancona), Regione Calabria ed Abruzzo (Valle Peligna), Regione Sicilia (studi per Catania), Regione Umbria (Piani Integrati di Ricostruzione).

pericolosità o di vulnerabilità fisica (del costruito) ma anche degli elementi territoriali rilevanti da un punto di vista funzionale, sui quali orientare le priorità di intervento.

### *2.1.1. L'esperienza dei piani di recupero della Regione Emilia Romagna*

L'esperienza condotta in Emilia Romagna, sul tema della pianificazione nelle aree a rischio sismico, rappresenta un caso di particolare interesse nel panorama italiano. In essa appare infatti evidente quanto la pianificazione sia assunta, in primo luogo, come strumento di prevenzione; cioè non solo attraverso la predisposizione di una normativa regionale di diretto collegamento con la legge nazionale (L 741/'81), ma anche attraverso la creazione di un sistema di operazioni connesse alla programmazione di progetti mirati e finanziati, l'organizzazione di adeguamenti agli strumenti urbanistici per la mitigazione del rischio sismico. Tali azioni, conseguenti all'emanazione della Legge Regionale 35/'84, si basano su due principali indirizzi. Il primo riguarda il livello comunale: i comuni devono adottare una variante di salvaguardia al fine di eliminare o ridurre eventuali situazioni di rischio insite nelle previsioni dello strumento urbanistico vigente, adeguandone le norme tecniche attuative in funzione della normativa sismica. Il secondo punto riguarda le innovazioni introdotte circa i nuovi strumenti urbanistici, per i quali devono essere predisposte analisi di vulnerabilità e pericolosità del territorio, anche in congruenza alle esigenze della Protezione Civile. Altro aspetto di interesse si riferisce al recupero del patrimonio edilizio esistente. Dal 1991 i piani di recupero in zona sismica possono essere finanziati dalla Regione Emilia Romagna. In questo caso essi sono preceduti da studi di fattibilità. Questi consistono in una preliminare analisi sui livelli di esposizione e di vulnerabilità dei sistemi urbani, che comprende un confronto tra lo stato di fatto e quello di progetto. Tale approccio consente di orientare più correttamente le scelte strategiche di piano, al fine di costruire programmi di successivo approfondimento mirato ai fattori di rischio più significativi per l'area studiata.

L'analisi di esposizione si basa sulla definizione di unità territoriali elementari, delimitate in base alla morfologia urbana (e per unità censuarie). Per ogni unità è compilata una scheda, che seleziona le componenti del sistema urbano influenti sulla vulnerabilità, ponendo attenzione al decadimento della funzionalità urbana istantanea provocato dal sisma. Le schede sono quindi mirate all'esame dei sistemi funzionali, raggruppati in tredici categorie, presenti nelle unità individuate.

**Figura 2.1:** *I tredici sistemi di funzionalità urbana*

**Figura 2.2:** *Scheda descrittiva dello stato attuale del sistema comunale*

**Figura 2.3:** *Scheda per la rilevazione delle caratteristiche di vulnerabilità urbana. Esposizione fisica e di sistema*

La metodologia è stata applicata al 'Progetto recupero' nel quale tali schede sono state utilizzate al fine di individuare indicatori di vulnerabilità urbana per ciascuno dei tredici sistemi funzionali. Tale procedura permette di stimare, attraverso degli "scenari di danno", il decadimento degli attuali standard di funzionamento del sistema territoriale-urbano e, quindi, di valutarne la vulnerabilità allo scopo di poterla tenere nella giusta considerazione in sede di previsioni urbanistiche. Per ognuno dei tredici sistemi sono conseguentemente disposti i seguenti indicatori di vulnerabilità'.

**Figura 2.4:** *Indicatori parziali di funzionalità urbana*

Ad ogni indicatore parziale di vulnerabilità urbana è associato un valore da 1 a 6 per diversificare il livello di danno delle situazioni in esame.

**Figura 2.5:** *Scala dei valori di vulnerabilità urbana*

I livelli di vulnerabilità, relativi ad ogni sistema funzionale individuato, sono quindi inseriti in una tabella riassuntiva, che riporta nelle righe i tredici sistemi considerati e nelle colonne i sei fattori di vulnerabilità urbana, ai quali si aggiunge una voce relativa a possibili fenomeni legati alla pericolosità sismica del territorio in esame.

*Figura 2.6: Esempio dei livelli di vulnerabilità relativi ai sistemi funzionali individuati per il piano di recupero di Brisighella*

Per la redazione dei piani urbanistici attuativi e' inoltre richiesto un rilievo geometrico e strutturale degli edifici comunque limitato all'essenziale. Le informazioni in esso contenute sono rilevate tramite un' apposita simbologia (suggerita dal regolamento) che permette di distinguere i dati accertati direttamente da quelli ricavati per induzione. Le analisi previste sono mirate ad indicazioni urbanistiche, tali da poter essere inserite in un quadro complessivo di interventi di miglioramento e di adeguamento. La stima della vulnerabilità fisica degli aggregati edilizi e' accompagnata da studi speditivi per la valutazione della pericolosità locale, basata sull'individuazione di una casistica di situazioni (individuata in tre gruppi) geologiche e geomorfologiche, alle quali corrisponde una possibilità di amplificazione degli effetti sismici attesi.

Questa metodologia e' stata applicata a diversi centri storici in Emilia Romagna. Uno dei casi più conosciuti e' quello del Comune di Brisighella, situato a sud di Faenza, nel territorio di confine tra l'Emilia e la Toscana. Il centro dell'abitato e' stato oggetto di un piano di recupero, adottato nel 1994. Nel passato diversi sismi hanno interessato questo borgo, primo tra tutti quello del 1916 in seguito al quale, per ragioni di sicurezza, vennero abbattute numerose abitazioni. Come predisposto dalla normativa regionale, lo sviluppo del piano e' stato condotto secondo quattro fasi di attività.

La prima ha riguardato l'individuazione sul territorio comunale di possibili scenari di pericolosità geomorfologica locale. L'area soggetta al piano di recupero e' stata quindi suddivisa in zone morfologiche omogenee, per ognuna delle quali e' stata compilata una scheda di rilievo. La rappresentazione dei risultati e' stata sintetizzata a mezzo di una tabella che riporta, per ogni sistema urbano individuato, i diversi livelli di vulnerabilità e di esposizione.

Come riportato nella figura seguente, le due unità territoriali individuate presentano differenti livelli di esposizione e vulnerabilità urbana.

*Figura 2.7: Unità territoriali e livelli di vulnerabilità per il piano di recupero di Brisighella*

Il motivo di tale differenza non e' da ricercarsi solamente nella struttura insediativa delle due aree, benché l'unità 2 sia di impianto più recente. L'Unità 1 presenta infatti maggiori criticità dal punto di vista geomorfologico (e' una zona di contatto tra litotipi con caratteristiche meccaniche diverse), da quello dello sviluppo insediativo (presenza di campanili e torri), e da quello della funzionalità urbana (sono presenti in quest' area quasi tutti i sistemi funzionali urbani: beni culturali, attività commerciali, servizi pubblici, municipi e teatri).

Il rilievo geometrico degli isolati inoltre e' stato integrato con l'interpretazione del processo di formazione e trasformazione morfologica degli aggregati edilizi (rilievo critico).

Dalle osservazioni sono derivate una serie di proposte di interventi edilizi, mirati non solo al miglioramento del comportamento sismico del singolo edificio, ma anche dell'isolato di appartenenza, con il quale l'edificio e' strutturalmente interdipendente. Tali interventi sono stati suggeriti attraverso indicazioni grafiche, che rimandano ad un'impostazione normativa non vincolante in sede esecutiva.

La metodologia propone, una volta stimata la vulnerabilità sismica dello stato di fatto, di prendere in considerazione le ipotesi progettuali presenti nel piano di recupero. Nel caso di Brisighella, tali interventi hanno evidenziato la necessità di apportare miglioramenti strutturali agli aggregati edilizi, di favorire una migliore percorribilità della rete viaria e di migliorare la qualità dei sistemi a rete (acquedotti, reti di distribuzione gas, fognature). I risultati ottenuti, analizzando la vulnerabilità urbana a fronte degli interventi previsti, mostrano una diminuzione dei livelli di alcuni indicatori parziali. Cio' e' dovuto alla riduzione della vulnerabilità indotta

per contiguità tra gli edifici, alla predisposizione di nuove vie di fuga e alla migliore accessibilità di questi percorsi.

### *2.1.2 La variante al prg di Asti: il tentativo di integrazione del rischio idrogeologico all'interno di uno strumento urbanistico comunale*

Nel Novembre del 1994 le acque del fiume Tanaro e dei suoi affluenti invasero quasi un terzo della città di Asti. L'evento portò ad una serie di misure di salvaguardia temporanee adottate sia dalle autorità comunali che da quelle regionali e di bacino e alla decisione di avviare una variante al piano regolatore in itinere.

Tale variante si basa su un principio fondamentale, espresso anche da una delibera di intenti del consiglio comunale. Il provvedimento prevede la revisione delle previsioni di sviluppo della città, soprattutto nelle aree limitrofe al fiume, per la disposizione di un progetto di sviluppo compatibile con la fragilità di queste zone. Tale revisione è legata alla necessità di difendere e di mettere in sicurezza il sistema urbano esistente attraverso un nuovo progetto di norme, cautele costruttive e opere di urbanizzazione.

Anche in questo caso, come in quello precedentemente esaminato, appare chiaro il ruolo chiave giocato dalla pianificazione nella riduzione dei rischi naturali. Nella variante al PRG di Asti, infatti, non solo sono espresse necessità relative alle opere idrauliche a difesa degli argini e della città, ma appare chiaro come il rischio sia una nuova variabile complessa, della quale si deve tener conto nelle previsioni di sviluppo del tessuto urbano e nel modo di intendere il suo rapporto col territorio. L'alluvione ha cioè fornito ai pianificatori e ai tecnici competenti l'input per un nuovo modello di sviluppo integrato della città. Modello che prevede due direttrici di azione parallele e complementari: la ridefinizione della destinazione d'uso delle zone allagate, e la difesa delle zone di tessuto urbano consolidato. L'alluvione del 1994 mostrò come la scarsa conoscenza del territorio fosse stata una delle concause principali del disastro che si era verificato. Una delle iniziative che le autorità comunali hanno intrapreso, immediatamente dopo l'evento, è stata quella di darne una stima di tipo scientifico, che fornisse dati certi e confrontabili (ad esempio le quote raggiunte dall'acqua nelle varie zone del territorio comunale) e, più in generale, relativi alla dinamica evolutiva dell'esondazione. Furono inoltre calcolate le portate del Tanaro e degli affluenti nelle condizioni di piena catastrofica, andando a confrontare i risultati ottenuti con quelli in possesso dell'autorità di Bacino del Po, che all'epoca stava elaborando un piano stralcio per le fasce di rispetto fluviale (per l'intero bacino). A questi studi venne sovrapposta la cartografia del PRG appena adottato, rendendo possibile effettuare delle scelte di indirizzo per la redazione della variante al piano.

Le scelte successivamente adottate sono determinate in funzione della destinazione d'uso delle zone interessate dall'evento alluvionale.

La variante al piano prevede di integrare le opere di arginatura per contribuire alla sicurezza anche a fronte di eventi legati alla portata di massima piena del fiume così come prevista dal piano stralcio di bacino del Po.

*Figura 2.8: L'abitato di Asti attraversato dal fiume Tanaro*

*Figura 2.9: Relazione tra l'evento alluvionale e le prescrizioni di PRG*

Nel dettaglio gli interventi e le azioni previste sono:

- L'adozione di metodi di edificazione caratterizzati dall'innalzamento del piano di campagna, costruzione su pilotis, il divieto di realizzare impianti tecnologici e ambienti stabilmente insediati a residenza ai piani interrati e terreni.
- L'adozione e l'utilizzo di sistemi di urbanizzazione primaria integrati con le opere di difesa idrauliche tramite la realizzazione, a quote determinate e con tecnologie specifiche dei nuovi impianti viari, di terrazzamenti di chiusura per aree di servizi, di alzaie di bordo lungo le opere di urbanizzazione o lungo i dislivelli naturali.

- La creazione di un collegamento tra piano regolatore e piano di protezione civile, indicando, in quest'ultimo, le aree, la viabilità e le tipologie di servizi funzionali prioritari.

Relativamente al problema costituito dalla riduzione della capacità edificatoria in molte zone della città, la variante offre una sorta di compensazione, attuata mediante la possibilità di dotare le aree urbane sicure di maggiori interventi di trasformazione, nell'ambito di strumenti urbanistici esecutivi di iniziativa pubblica.

## **2.2 Metodologia di riferimento per il Progetto GERIA: il quadro di valutazione degli enjeux per l'integrazione degli approcci disciplinari ed il quadro di pilotaggio per la programmazione delle amministrazioni locali**

Nel corso delle esperienze di pianificazione del rischio in Italia, GERIA rappresenta un caso del tutto innovativo.

Innanzitutto per la considerazione, su uno stesso ambito territoriale, di diverse tipologie di rischio e per un approccio di partenza orientato alla pianificazione del territorio, come strumento di prevenzione a favore delle scelte di programmazione degli interventi mirati alla mitigazione degli effetti di fenomeni calamitosi di origine naturale.

Allo scopo di recepire le determinazioni relative alle valutazioni di vulnerabilità esposte precedentemente e indispensabili per valutare il rischio ad un livello territoriale, è stato predisposto un quadro metodologico-concettuale costituito da uno schema di riferimento. Esso è volto ad individuare le componenti territoriali (strutturali, sistemiche e gestionali) per le diverse tipologie di rischio in base alla loro vulnerabilità. Le componenti territoriali sono poste in relazione tra loro e valutate secondo le diverse tipologie di danno che possono subire (in termini di vite umane, valore economico, risorse ambientali, efficacia delle funzioni di protezione civile). Tale schema è stato pensato in relazione a diverse tipologie di evento calamitoso e per un livello di gestione del territorio d'area vasta. Lo scopo è l'individuazione di aree od elementi significativi, appartenenti a componenti ed a categorie per le quali il "danno temuto" assumerà diversa consistenza a seconda del tipo di fenomeno naturale considerato. Tale consistenza, ad esempio, è esprimibile attraverso l'appartenenza ad un determinato livello in relazione a "valori di soglia" opportunamente predeterminati ed in relazione all'ambito territoriale considerato. Tale lettura del 'rischio' parte quindi innanzitutto dall'analisi del territorio e dalle pericolosità esistenti per l'area di studio. Questa schematizzazione è, quindi, da considerare come propedeutica a determinazioni più puntuali, su cui orientare e concentrare opportunamente studi di dettaglio sulla vulnerabilità degli elementi territoriali. L'approccio consente inoltre di rappresentare le categorie di esposto, per ciascuna area omogenea, attraverso forme grafiche sintetiche e facilmente leggibili, adatte ad integrarsi alle modalità espressive tipiche della pianificazione urbanistica.

Si tratta di uno strumento conoscitivo, elaborato in considerazione delle esigenze di possibili valutazioni in merito ai rischi naturali ad una scala territoriale di tipo provinciale. Viene infatti attribuito particolare valore a quelle tipologie di danno che si ripercuotono secondo aspetti settoriali quali quello edilizio, quello territoriale e quello di Protezione Civile.

La determinazione dei diversi parametri, la loro valutazione, sia singola che comparativa, richiede approfondite analisi, simulazione di scenari, realizzazione di modelli, confronti con eventi reali noti, nonché successivi monitoraggi. Tale schema sintetico appare come l'inderogabile presupposto per un approccio organico e sistematico, che possa costituire il riferimento e il conseguente bacino di confluenza dei risultati scientifici di volta in volta ottenuti e trasferibili sul territorio.

In GE.R.I.A. si è dato inizio a tale attività, con l'obiettivo di individuare primi percorsi atti a consentire determinazioni coerenti all'impostazione sopra indicata e riguardante innanzitutto un approccio che tenesse conto delle dinamiche territoriali. Sono stati mossi quindi i primi passi per la costruzione di una base di dati sui livelli di vulnerabilità di aree territoriali o di elementi esposti da predisporre attraverso un sistema informativo geografico (GIS).

A mezzo di un approfondito dibattito scientifico, che ha tenuto conto dei dati effettivamente disponibili ed utili per le elaborazioni e di quanto nel frattempo concordato negli incontri con

l'equipe francese, è stato possibile approntare un più specifico e mirato percorso metodologico, atto a consentire il raggiungimento degli obiettivi prefissati.

*Figura 2.10: Esempio di abaco di riferimento*

Un altro caposaldo del Progetto e' stata la predisposizione teorica di un secondo schema-abaco riferito alle indicazioni, elaborate sulla base delle risultanze ottenute a scala provinciale, rivolte alle Amministrazioni locali di livello comunale.

Per queste ultime e' infatti necessaria la trasferibilità, delle risultanze ottenute in un'analisi d'area vasta per arrivare a definire scelte strategiche e ordinarie di programmazione, pianificazione e gestione del territorio. Per rispondere a tali esigenze sono stati individuati abachi specifici, di cui si riportano in seguito le schede esemplificative. Essi sono ottenibili attraverso la simulazione di scenari, con differenti livelli di complessità ed articolazione.

Di fatto, l'ipotesi complessiva e' quella di configurare un processo diagnostico, nel quale il primo abaco è volto ad indirizzare e sistematizzare le valutazioni, mentre il secondo ad estrinsecarne le 'terapie'.

*Figura 2.11: Esempio di possibile rappresentazione dell'abaco di riferimento*

*Figura 2.12: Esempio degli elementi di valutazione dell'esposto vulnerabile da riferire alle categorie*

Dovendo analizzare la situazione locale, ai fini della determinazione dell'esposto vulnerabile, quantomeno sul piano metodologico, è emersa una considerazione di indubbio rilievo. A quale "esposto" si fa riferimento? Indubbiamente a quello attuale. Vanno peraltro registrate una serie di trasformazioni previste nelle programmazioni locali, che trovano conferma negli strumenti urbanistici alle differenti tipologie e scale di riferimento.

In conformità a quanto previsto nel PTC della Costa e ripreso nei PRUSST presentati a livello locale, si prevedono realizzazioni che hanno una sensibile incidenza sull'assetto territoriale locale. Le considerazioni sopra esposte hanno indotto l'equipe di progetto a considerare, anche se parzialmente e a livello esclusivamente metodologico, tali informazioni. Cio' attraverso la simulazione di appositi scenari e l'avvio di indagini di base per la determinazione di modelli sistemici di supporto alle decisioni.

*Figura 2.13: Esempio di abaco di pilotaggio da riferire alle Amministrazioni*

### *3. Un approccio comune per la gestione delle informazioni*

*di Riccardo Minciardi, Paolo Fiorucci, Francesco Gaetani, Eva Trasforini*

Tra le principali finalità del progetto Ge.Ri.A. c'è quella di fornire una valida metodologia per lo studio e la valutazione dei rischi naturali. I rischi considerati all'interno del progetto, ossia quello sismico, idrologico, da frane e da incendi boschivi, sono tra loro molto differenti, sia per quanto riguarda le loro caratteristiche fenomenologiche, sia per quanto riguarda le tradizioni di approccio metodologico. Pur tenendo conto di queste differenze, la componente italiana del progetto Ge.Ri.A. ha intrapreso un lavoro di coordinazione dei vari contributi, cercando di proporre una struttura comune per l'architettura dei flussi informativi volti alla valutazione dei rischi naturali sul territorio.

In figura 3.1 viene riportato uno schema esemplificativo del trattamento dei dati all'interno del progetto Ge.Ri.A.: tale schema, inizialmente redatto per sintetizzare esclusivamente le attività relative al rischio da incendi boschivi, è stato ritenuto sufficientemente rappresentativo per ogni tipologia di rischio ed è stato quindi adottato (pur con alcune piccole differenze) come linea guida anche dagli altri gruppi di lavoro.

All'interno di tale schema sono evidenziate le elaborazioni di dati effettuate nell'ambito delle differenti fasi del progetto Ge.Ri.A.; per ciascuna di esse vengono indicati i principali flussi informativi in ingresso e i prodotti forniti in uscita. Naturalmente, soprattutto per quanto

riguarda la prima elaborazione, i flussi informativi sono differenziati per i singoli rischi naturali considerati, in quanto le informazioni che concorrono alla definizione della pericolosità sono, ovviamente, differenti caso per caso. Resta comune, comunque, l'approccio che è stato seguito, provvedendo ad una valutazione dei rischi a cui sono sottoposti gli elementi territoriali, per poi procedere alla valutazione del rischio sistemico, di cui più avanti si parlerà in maniera più approfondita.

Analizzando i singoli passaggi riportati in figura 3.1, la "elaborazione pericolosità" ha lo scopo di determinare la pericolosità del territorio preso in considerazione alla scala ritenuta più conveniente per il particolare rischio naturale preso in considerazione.

All'interno di tale elaborazione, in termini generali, vengono prese in considerazione informazioni relative alle caratteristiche fisiche del territorio in esame, alla storia di eventi calamitosi avvenuti in loco e, eventualmente, al livello di antropizzazione (in alcuni casi, infatti, tale livello può essere un elemento aggravante per la pericolosità).

Il risultato di tale elaborazione, ossia le mappe di pericolosità, si differenzia a seconda del particolare rischio naturale considerato.

La "elaborazione rischio esposti autonomi", invece, si concentra su quegli esposti vulnerabili la cui disfunzione non provoca ripercussioni sul funzionamento del territorio nel suo complesso; lo scopo che ci si prefigge è quello di valutare il rischio economico diretto e il rischio a cui è sottoposta la popolazione in termini di perdita di vite umane per ogni elemento di tale insieme di esposti vulnerabili.

La "elaborazione rischio esposti sistemici" è, per molti versi, analoga a quella osservata in precedenza, ma si riferisce a quegli esposti il cui mancato funzionamento, totale o parziale, può avere ripercussioni sul resto del sistema territoriale. L'individuazione di questi esposti è ancora più delicata che per quelli autonomi e sarà quindi dedicato a questo argomento una trattazione più ampia in seguito.

La "elaborazione vulnerabilità sistemica", infine, si propone di analizzare i sistemi di esposti vulnerabili; poiché il loro funzionamento è legato alla "cooperazione" di diversi elementi, anche la disfunzione di uno di essi può provocare problemi a tutto il sistema. Lo scopo che ci si prefigge è quello di valutare il rischio indotto da ogni infrastruttura sull'intero sistema a cui fa riferimento.

Per questa elaborazione è necessario avere a disposizione le informazioni ottenute dalla valutazione del rischio atteso per gli esposti vulnerabili sistemici in termini funzionali.

Per una più approfondita analisi di tale elaborazione si rimanda alla sezione specifica di questo dossier, in cui viene esposto in maniera più dettagliata l'approccio che è stato seguito per la valutazione della vulnerabilità sistemica.

**Figura 3.1:** Schema dei principali flussi informativi considerati per la valutazione dei rischi diretti ed indiretti a cui sono esposti gli elementi del territorio

Parte seconda:

## **Metodologie per lo studio della pericolosità e della vulnerabilità sismica, idrologica, da frane, da incendi boschivi del Progetto Ge.Ri.A.**

### *4. Metodo utilizzato per lo studio della pericolosità sismica del territorio transfrontaliero*

*di Claudio Eva e Stefano Solarino*

Esistono fondamentalmente due approcci al calcolo della pericolosità sismica: quello *deterministico* e quello *probabilistico*. La principale differenza tra i due consiste nel dato di ingresso, ovvero nel terremoto utilizzato come dato di input. Il resto del processo è invece del tutto simile, e consiste nell'applicare delle particolari leggi per descrivere la attenuazione dell'evento sismico (più probabile o scelto a priori) a distanze crescenti dal punto origine.

Nell'approccio deterministico il terremoto viene scelto in base a criteri parzialmente soggettivi fondati sulla conoscenza della sismicità della zona esaminata. Per esempio si considera il terremoto più forte o quello più vicino. Non viene quindi preso in considerazione in alcun modo il fattore tempo: il terremoto scelto potrebbe non verificarsi mai o comunque in un intervallo di tempo incognito.

Nell'approccio probabilistico invece la determinazione della pericolosità è strettamente legata al fattore tempo in quanto il dato di partenza per il calcolo è quello relativo al terremoto più probabile per un dato tempo di ritorno: in questo caso le carte di pericolosità prodotte sono dunque accompagnate dalla informazione relativa al tempo di ritorno a cui si riferiscono. L'opportuna scelta di quest'ultimo (secondo per esempio le specifiche di un particolare codice sismico europeo, noto come EC8) permette di procedere a confronti immediati tra la pericolosità di diverse nazioni.

Per onore di cronaca, esiste anche un metodo detto *misto*, proposto da Grandori nel 1984, nel quale non si assume a priori alcuna distribuzione né per le dimensioni dei terremoti (magnitudo o intensità) né per gli intertempi di occorrenza ma si calcola questa distribuzione sito per sito a partire dai dati disponibili.

Le carte di pericolosità sismica del territorio italiano, prodotte nel 1996, documenti ufficiali sulle conoscenze della pericolosità in Italia e base per il calcolo del rischio sismico, sono state ottenute applicando un metodo probabilistico molto noto e consolidato a livello internazionale (metodo Cornell, 1968). La scelta di questo metodo è stata giustificata da molti fattori, tra cui la sua affidabilità, la sua rispondenza ai requisiti contemplati nel codice EC8 ed il suo utilizzo a livello mondiale in un progetto noto come GSHAP (Global Seismic Hazard Assessment Program), che ha permesso un confronto omogeneo tra i livelli di pericolosità di diverse aree della superficie terrestre.

Per l'importanza che riveste e per la sua estesa utilizzazione, il metodo Cornell viene descritto in dettaglio nelle pagine seguenti.

Sinteticamente, il metodo Cornell si basa su una serie di assunzioni che sono:

Il numero di eventi per classe di magnitudo segue una distribuzione esponenziale (legge di Gutenberg-Richter)

Il numero dei terremoti in un intervallo di tempo forma un processo di Poisson (processo stazionario formato da eventi indipendenti e non contemporanei).

Ogni sorgente è indipendente da quelle adiacenti

Per semplicità di calcolo vengono definite delle zone sismogenetiche (spesso abbreviate in seguito con ZS) e si considera che i terremoti siano uniformemente distribuiti al loro interno. Queste suddivisione in zone risulta in realtà utile anche negli approcci deterministico e misto. Le zone sono poligoni, di dimensioni anche molto diverse, omogenei dal punto di vista della presenza di strutture sismogenetiche e della distribuzione dei terremoti. Esse si ottengono

dall'unione di informazioni di natura diversa, relative alla geodinamica, alla evoluzione tettonica, alla presenza di strutture sismogenetiche, alla geologia ed ovviamente alla sismicità'.

Le leggi di attenuazione sono delle relazioni empiriche che, nell'ipotesi di terreno ideale duro e pianeggiante, permettono di ricavare il valore di un dato parametro rappresentativo del moto sismico (accelerazione massima, velocità, spostamento etc. o anche intensità' macrosismica, periodo fondamentale, durata) in un dato sito, noto l'analogo valore del parametro in corrispondenza dell'epicentro (o dell'ipocentro). Tali relazioni hanno in genere una forma del tipo:

$$\log y = a + b \times M - c \log (R+C)$$

dove

$y$  e' il parametro rappresentativo del moto

$M$  la magnitudo

$R$  la distanza dalla sorgente o dall'epicentro

$C$  un fattore di correzione per introdurre una maggiore o minore attenuazione

$a, b, c$  sono coefficienti empirici

Definita dunque la zonazione, la sismicità' da attribuire ad ogni zona (utilizzando la relazione Gutenberg-Richter appropriata sulla base dei cataloghi compilati e relativa ad un periodo di ritorno definito) sotto forma di "rates" di sismicità' (numero di eventi normalizzati a cento anni), la legge di attenuazione da utilizzare, ogni zona viene suddivisa in celle (di dimensioni pari a  $0.11 \times 0.11$  gradi) e viene effettuato il calcolo utilizzando programmi che effettuano una somma discreta dei contributi di ognuna di queste celle elementari "attenuati" dalla relazione scelta.

I risultati ottenuti vengono graficati in mappe per semplicità' di lettura. Ogni mappa deve recare la dizione del tempo di ritorno a cui si riferisce.

Negli ultimi anni, si e' cominciato a tenere conto nel calcolo di pericolosità' dei cosiddetti effetti di sito. Come noto, il terremoto e' associato all'accumulo di tensioni in particolari punti della litosfera e al conseguente rilascio di energia quando le tensioni superano la resistenza al taglio. L'energia si libera sotto forma di onde sismiche che si irradiano con velocità' diverse in tutte le direzioni. Si ha una progressiva attenuazione dell'energia (detta di tipo geometrico) dovuta alla propagazione. Nel loro cammino le onde subiscono altre modificazioni, legate a fenomeni di rifrazione e riflessione in corrispondenza dell'interfaccia tra strati (scattering) e allo smorzamento interno dei terreni (material damping). Se in superficie si avesse un terreno duro e pianeggiante (terreno ideale), gli effetti in superficie sarebbero essenzialmente legati alla sorgente, cioè' alla natura del meccanismo che ha generato il terremoto, e al cammino di propagazione.

Ma il terreno ha un comportamento reale, ed e' spesso ben diverso dal poter essere considerato duro e pianeggiante, inducendo degli effetti locali e difficilmente rappresentabili tramite una legge di attenuazione, seppur complessa. Il modo più' efficace per rilevare le differenti risposte dei siti e dei terreni e la loro variabilità' areale e' quello di "misurarle".

Esistono numerose tecniche per fare ciò' e quasi tutte tentano di trovare una qualche relazione tra tipo di terreno e topografia ed effetti causati, in maniera da poter poi caratterizzare i comportamenti non più' con misure ma con relazioni caratteristiche-effetti. Alcune sono molto complesse, necessitano di studi approfonditi e addirittura in qualche caso di "test sites"; altre sono più' semplici e speditive, ma i risultati a cui conducono hanno carattere prevalentemente locale.

Una tecnica molto utilizzata e' quella sperimentale semplificata basata su registrazioni di rumore. Tale metodologia, nota come "Nogoshi-Nakamura method", permette di individuare le "frequenze fondamentali" proprie di ogni sito e fornisce, seppure in modo qualitativo, informazioni utili per una stima dell'amplificazione superficiale di onde sismiche.

Il metodo è basato sull'analisi dei rapporti spettrali tra le componenti orizzontali e verticale (H/V) di un segnale sismico registrati in ogni singola stazione e permette di elaborare

cartografie tematiche (carta delle frequenze di risonanza, carta dei livelli di amplificazione in funzione di determinati intervalli di frequenza) utilizzabili ai fini di una microzonazione sismica.

#### **4.1 Calcolo della pericolosità sismica della Liguria per il Progetto GERIA**

Le carte di pericolosità utilizzate come dato di input per il rischio sismico nel progetto GERIA sono state ottenute applicando la metodologia sopra descritta. In particolare :

E' stato compilato un catalogo della sismicità recente (periodo 1980-2001) e i dati in esso contenuto sono stati rivisti ed integrati con quelli forniti dai colleghi francesi.

E' stato rivisto il catalogo dei terremoti storici per il periodo 1000-1980, correggendolo alla luce degli studi più recenti in materia.

E' stata applicato il doppio approccio probabilistico – deterministico. I terremoti per questo ultimo sono stati scelti in collaborazione con i colleghi francesi.

Sono state applicate diverse leggi di attenuazione, al fine di un confronto anche quantitativo

Si e' tentato di tenere conto degli effetti di sito sia a grande scala, introducendo un fattore geologico caratterizzante a scala di area vasta, sia a scala locale. Nell'ambito di questo ultimo aspetto sono state effettuate numerose misure di microtremore sismico allo scopo di applicare la tecnica Nakamura alla bassa Val Roja.

I risultati ottenuti sono stati cartografati con l'intento di visualizzare i probabili scenari di pericolosità'.

### *5 Metodo utilizzato per lo studio della vulnerabilità sismica del territorio transfrontaliero*

*di Sergio Lagomarsino e Sonia Giovinazzi*

Per condurre l'analisi di vulnerabilità alla scala territoriale prevista dal progetto GERIA (praticamente coincidente con il territorio della Liguria Occidentale), la consistenza del patrimonio abitativo è stata desunta dai dati rilevati nell'ambito del censimento della popolazione (ISTAT 1991), in una versione opportunamente rielaborata e finalizzata alle analisi di vulnerabilità.

A partire dai dati ISTAT rielaborati, la vulnerabilità degli edifici è stata valutata applicando una metodologia innovativa, che trae origine dalle esperienze italiane degli ultimi vent'anni e dalle indicazioni contenute nella scala macrosismica europea EMS 98. In ciascuna sezione censuaria, gli edifici sono stati suddivisi per categorie in base ai dati ISTAT *tipologia* e *epoca di costruzione*; sono state riconosciute nel territorio della Liguria Occidentale sette categorie: quattro per gli edifici in muratura (epoca di costruzione antecedente al 1919, dal 1919 al 1945, dal 1946 al 1971, successiva al 1971), due per il cemento armato (anteriori alla classificazione sismica, posteriori alla classificazione sismica) e gli edifici su *pilotis*, considerati come categoria specifica per la loro elevata vulnerabilità intrinseca. A tali categorie è stato attribuito un punteggio di vulnerabilità sulla base delle conseguenze osservate, su classi tipologiche analoghe, a seguito dei maggiori eventi sismici italiani (Figura. 5.1 e 5.2).

**Figura 5.1-** *Edifici in muratura: individuazione delle categorie in base all'epoca di costruzione*

**Figura. 5.2 -** *Edifici in c.a.: individuazione delle categorie in base all'età ed alla tipologia costruttiva*

Con gli ulteriori dati ISTAT è stato possibile modificare l'indice di vulnerabilità iniziale di ciascuna categoria, attribuito in figura. 5.1 e 5.2, considerandoli modificatori di comportamento (Figura 5.2 e 5.3). Il punteggio indicato comporta un incremento o una riduzione dell'indice della categoria, conteggiato in misura proporzionale alla quantità di edifici contraddistinti da quel modificatore.

**Figura 5.3** - *Attribuzione di punteggi ai modificatori di comportamento per gli edifici in muratura*

**Figura 5.4** - *Attribuzione di punteggi ai modificatori di comportamento per gli edifici in cemento armato.*

La caratterizzazione della vulnerabilità del costruito ordinario nel territorio GERIA è stata ottenuta in termini di “Indice di vulnerabilità Iv”, poiché è tale parametro che consente di sintetizzare tutte le informazioni disponibili sul costruito, considerandole in relazione alla loro influenza sulla risposta sismica. Il valore assunto da Iv è funzione, infatti, non solo della tipologia del costruito, ma anche di altri fattori quali l’altezza, l’interazione con gli edifici adiacenti e lo stato di manutenzione. Il risultato, ottenuto per ciascuna sezione censuaria, consente immediate considerazioni sulla diversa vulnerabilità riscontrabile nelle aree del territorio ligure e la conseguente individuazione delle situazioni “a maggior rischio”.

Eseguita l’analisi di vulnerabilità e noto l’input sismico dallo studio di pericolosità, a ciascuna categoria tipologica di edifici riscontrata in ciascuna sezione censuaria, è stato associato il danno medio atteso attraverso le curve di vulnerabilità; dal danno medio, utilizzando una funzione binomiale, è stata quindi ricavata la percentuale di edifici danneggiati per ciascun livello di danno (vengono considerati 5 livelli di danno secondo la definizione data dalla EMS 98). Dalla distribuzione probabilistica dei danni osservati sugli edifici, è stato possibile valutare le perdite fisiche dirette in termini di conseguenze sulla popolazione, danni agli edifici e relative perdite economiche; sono state utilizzate per questo scopo alcune correlazioni statistiche messe a punto attraverso l’osservazione delle conseguenze indotte dai terremoti del passato nel territorio italiano.

**Figura 5.5:** *conseguenze di un sisma di tipo imperia 1887 sulla popolazione residente nei Comuni dell’area di progetto*

## **6 Metodo utilizzato per lo studio della pericolosità idrologica del territorio transfrontaliero**

*di Giorgio Roth, Andrea Crosta, Simone Laverneda*

Nel presente documento si descrivono gli aspetti metodologici seguiti nel progetto Ge.Ri.A., per la stima del rischio idrologico, idraulico e di inondazione alle scale d’area vasta e specifica. Oggetto dello studio d’area vasta per parte italiana è la Provincia di Imperia nel suo complesso mentre, per parte francese, è una porzione del Dipartimento Alpi Marittime – Costa Azzurra. Lo studio d’area specifica è stato condotto per quanto riguarda l’asta terminale del principale corso d’acqua internazionale appartenente all’area oggetto del progetto, il torrente Roja in Ventimiglia.

Per l’area vasta l’obiettivo che è stato perseguito è stato quello di unificare e uniformare i dati francesi con quelli italiani, al fine di giungere ad una completa integrazione degli stessi per proporre un approccio comune per lo studio e la gestione del rischio alla scala in esame. L’impostazione francese al problema del rischio idrologico presenta però alcune differenze rispetto all’approccio italiano; tali differenze, che hanno evidentemente origine da un diverso impianto legislativo in materia, non pregiudicano la possibilità di pervenire ad un risultato sufficientemente omogeneo.

Attraverso una raccolta dati e dopo avere sottoposto gli stessi ad un’attenta analisi si sono elaborate le seguenti carte comuni italo-francesi:

- Carta delle aree storicamente inondate
- Carta delle inondazioni storiche

Dopo aver messo in evidenza le problematiche del rischio idrologico – idraulico su larga scala, è stato svolto uno studio specifico sul torrente Roja, ed in particolare sulla sua asta terminale in

corrispondenza dell'attraversamento della città di Ventimiglia. Obiettivo di questo studio è stato quello di individuare e valutare una procedura metodologica di validità generale al fine di determinare le criticità, cioè i tratti in cui le sezioni del corso d'acqua non sono più sufficienti al deflusso delle portate considerate, e di affrontare il problema del connesso rischio d'inondazione in ambiente urbano. Per realizzare detto studio sono state proposte ed utilizzate alcune innovazioni metodologiche, soprattutto per quello che concerne le tecniche finalizzate all'individuazione delle aree inondabili, della pericolosità e del rischio. La metodologia seguita per il raggiungimento degli obiettivi dello studio sull'area specifica, che garantisce una sufficiente affidabilità e flessibilità dei risultati conseguiti, è schematizzabile come segue:

1. determinazione della sollecitazione pluviometrica;
2. determinazione delle portate al colmo di piena per tempi di ritorno significativi (50, 200 e 500 anni);
3. determinazione dei profili di rigurgito associati a tali portate;
4. studio dell'esonazione della portata senza più recapito certo in alveo;
5. definizione del modello di propagazione dell'onda di piena in ambiente urbano;
6. determinazione delle aree inondabili e quindi della carta di pericolosità.

A valle della definizione delle carte di inondabilità, è stata proposta una nuova metodologia per determinare una carta di pericolosità che tenga conto, oltre alla probabilità di evenienza dell'evento, anche di altre grandezze idrauliche significative come il tirante e la velocità di scorrimento. Queste grandezze sono state determinate con l'utilizzo del modello di propagazione dell'onda di piena in ambiente urbano precedentemente citato. In Figura6.1 si riporta, a titolo di esempio, la carta di pericolosità relativa a  $T=200$  anni.

**Figura6.1:** Carta di pericolosità ( $T=200$  anni)

Dopo aver determinato le carte di pericolosità precedentemente introdotte, la metodologia proposta ha cercato di approfondire lo studio sulla vulnerabilità, al fine di pervenire ad una più completa ed esaustiva descrizione dell'impatto portato da un evento calamitoso su un territorio antropizzato. A questo fine è risultato necessario passare da una descrizione a 'fasce' del territorio (vedi Figura6.1) ad una puntuale per ogni singolo elemento vulnerabile, denominato 'entità'. Questo perché il livello di dettaglio, richiesto da uno studio approfondito del fenomeno, è molto maggiore e non può limitarsi a classificare aree antropizzate assunte omogenee con indicatori qualitativi, ma necessita di una più precisa descrizione del singolo elemento presente. Dopo un'analisi di molteplici strategie possibili, la metodologia che è parso più opportuno applicare al fine di determinare la funzionalità residua di un'entità a seguito di un evento calamitoso deve necessariamente essere specifica per l'entità considerata, ovvero non è possibile costruire una funzione di vulnerabilità che abbia validità generale per tutte le entità in questione. Ad avvalorare questa scelta si rileva che le entità strategiche prescelte sul territorio di Ventimiglia costituiscono un insieme disomogeneo sia per funzioni prevalenti che per tipologia costruttiva e attributi fisici in genere: pertanto, in tale contesto, la definizione di una funzione empirica di carattere generale pare realmente poco significativa. In conclusione la determinazione della funzionalità residua avviene tenendo conto delle grandezze fisiche fornite dal modello (tiranti e velocità) e della vulnerabilità della struttura (individuata dalle sue caratteristiche significative), rifacendosi ad una scala di riferimento comune. Quest'ultima, presentata in forma di tabella, serve proprio per fornire criteri per determinare la funzionalità residua in modo oggettivo. Seguendo la metodologia proposta sono stati quindi definiti i valori di funzionalità residua, per ognuna delle entità individuate, al verificarsi di tre differenti scenari di inondazione ritenuti interessanti per lo scopo e cioè quelli con tempo di ritorno associato pari a 50, 100 e 200 anni.

Ultima fase della metodologia presentata consiste nell'analisi delle possibili conseguenze che la perdita di funzionalità di una entità induce sulle entità che da essa sono, in qualche modo,

influenzate. Questa analisi, condotta con il gruppo CIMA modellistica, è essenziale in quanto una qualsiasi realtà territoriale costituisce un sistema complesso, fra i cui elementi si possono identificare connessioni funzionali talvolta molto forti.

### *7. Metodo utilizzato per lo studio del rischio da incendi boschivi del territorio transfrontaliero*

*di Riccardo Minciardi, Paolo Fiorucci, Francesco Gaetani*

Fra i rischi naturali considerati nell'ambito del progetto Ge.Ri.A., quello da incendi boschivi è uno dei più rilevanti, se considerato in termini di frequenza di evento, e sicuramente è quello che richiede una maggiore integrazione degli attori preposti alla gestione dell'emergenza e alla prevenzione del rischio in ambito transfrontaliero. Si noti, infatti, che sebbene l'accensione di un incendio boschivo sia nella quasi totalità dei casi da imputarsi all'uomo, e quindi non sia considerabile come evento naturale, la sua propagazione è dettata dalle caratteristiche territoriali e meteorologiche e può coinvolgere indifferentemente tutto il territorio boschivo, incapace di distinguere i confini amministrativi di due nazioni confinanti. Tali considerazioni rendono pressoché impossibile introdurre il concetto di previsione, molto utilizzato nella definizione degli strumenti di pianificazione. Risulta, tuttavia, possibile analizzare i fattori predisponenti e fornire delle indicazioni sulle conseguenze che un incendio potrebbe conferire al territorio nel qual caso l'innescò volontario o involontario di un fuoco, in una qualunque zona del territorio in esame, degeneri in un incendio boschivo.

In termini generali, seguendo le indicazioni metodologiche contenute nella normativa prodotta sull'argomento nel caso idraulico o idrogeologico (c.f.r. il D.L. 180/98), l'espressione formale del rischio prevede il coinvolgimento di tre grandezze principali: la pericolosità, il valore o costo degli elementi esposti, la vulnerabilità.

La rappresentazione della pericolosità da incendio boschivo si basa sulla valutazione dei valori medi stagionali della potenziale velocità di propagazione [ $m\ h^{-1}$ ] e della potenziale intensità lineare [ $kWm^{-1}$ ] del fronte di fiamma. Questi dati sono ottenuti dalla modellazione semi-fisica della propagazione di un incendio su una griglia composta da  $k$  celle regolari, per l'intero territorio in esame, su scala temporale stagionale.

La modellazione semi-fisica della propagazione degli incendi boschivi utilizzata, deriva la propria struttura algoritmica dagli studi pubblicati dal professor J. C. Drouet (1974). Il modello, modificato secondo le esigenze del progetto, è in grado di calcolare la velocità potenziale del fuoco. Essa è data dal prodotto di diversi termini che rappresentano in modo indipendente i contributi delle diverse variabili considerate, su ogni cella in cui è discretizzato il territorio, per ogni diversa tipologia di combustibile che caratterizza la cella. Le variabili considerate sono:

- la velocità massima di propagazione del fuoco in assenza di vento e su suolo piatto per un assegnato combustibile di riferimento;
- il contributo dovuto alla temperatura media stagionale dell'aria;
- il deficit idrico stagionale del terreno, definito dall'altezza dello strato secco del suolo in relazione allo spessore dello strato di terreno interessato dallo scambio idrico con il vegetale;
- l'influenza della velocità del vento a due metri dal suolo, sulla velocità di propagazione del fuoco.

La conoscenza del valore di queste variabili, per ogni cella in cui è discretizzato il territorio, permette il calcolo della velocità potenziale del fuoco su suolo piatto.

L'acclività e l'esposizione dei versanti interessati da un incendio sono in grado di modificare il comportamento del fuoco, (Rothermel, 1972), sia per le dinamiche dei moti convettivi prodotti dal fuoco, sia per l'influenza della direzione del vento sulla propagazione del fronte di fiamma. Per questo motivo il passo successivo dell'algoritmo consiste nel calcolo della velocità potenziale di propagazione su di un terreno inclinato, che è effettuato introducendo nell'algoritmo dei parametri che dipendono sia dalla pendenza dei versanti, sia dall'angolo fra la direzione del vento e l'esposizione del terreno considerato.

La vegetazione incontrata dal fuoco nell'avanzamento del fronte è descritta, per ogni cella  $k$ , dai valori di potere calorico inferiore  $LHV_k$  [ $\text{kJ kg}^{-1}$ ] e dal carico superficiale  $d_k$ . A questo fine è introdotto un coefficiente di calore che moltiplicato per la velocità su suolo acclive permette di definire il valore stagionale della velocità media di propagazione per ogni cella. La conoscenza delle variabili descrittive lo stato vegetativo delle specie prevalenti costituenti le formazioni erbacee, arbustive e boschive del territorio considerato, richiede necessariamente la determinazione dei valori medi stagionali di alcuni parametri morfologici e fisiologici da identificare.

La pericolosità assunta come grandezza deterministica stagionale è definita dalla variabile intensità lineare  $I_k$  [ $\text{kWm}^{-1}$ ] per assegnata direzione e intensità del vento. Il valore dell'intensità lineare  $I_k$  [ $\text{kWm}^{-1}$ ] (Byram, 1959), per ogni cella  $k$ , è ottenuto dal prodotto della velocità di propagazione per il valore di  $LHV_k$  per il carico di combustibile  $d_k$ . Essa è in grado di misurare la magnitudo che un incendio può raggiungere su ogni cella della regione studiata in funzione delle caratteristiche climatiche, vegetazionali e orografiche locali. Essa rappresenta un indicatore di sintesi in grado di definire con precisione la potenzialità energetica del fronte e, inoltre, di quantificare il dispositivo d'attacco che può essere mobilitato per estinguere le fiamme. L'intensità lineare è, infatti, legata funzionalmente all'altezza del fronte di fiamma e alla velocità con cui esso si propaga sul terreno.

Si noti che nelle zone antropizzate il carico di combustibile è generalmente trascurabile, per cui la pericolosità risulta pari a zero. Questo non significa che il rischio percepito dagli elementi antropici, definiti con il termine generale di esposto vulnerabile, sia nullo. Al fine di valutare il rischio degli esposti vulnerabili, essi sono stati perimetrati da una zona di confine (*buffer*), la cui profondità è funzione della tipologia o classe dell'esposto, in grado di definire per ognuno di essi un'area di rispetto o di sicurezza (*safety zone*), in cui si assume che la presenza del fuoco possa determinare una potenziale perdita di funzionalità dell'esposto, o nei casi peggiori un vero e proprio danneggiamento fisico o strutturale dello stesso. In questa zona il rischio percepito è pesato dal prodotto della pericolosità per il costo e la vulnerabilità degli esposti presenti, estesi a tutta la superficie identificata dai relativi *buffer*. Alla base di questa metodologia vi è l'idea di misurare sul territorio l'incompatibilità che la presenza di un incendio può avere con le attività e le destinazioni d'uso cui esso è soggetto. In particolare, laddove le zone urbane periferiche si diradano per trasformarsi in superfici agricole produttive o dismesse, poste a diretto contatto con il bosco, si propone una situazione di grave pericolosità e rischio indotto, legato alle pratiche agricole che prevedono l'accensione di fuochi in vicinanza di boschi generalmente ricchi di biomassa e prossimi alle zone abitate.

Il valore, o costo, degli elementi esposti è ottenuto in funzione del valore dell'oggetto esposto alla pericolosità  $I_k$ , e/o del valore del servizio che tale oggetto assicura alla comunità.

La vulnerabilità fisica nel caso degli incendi boschivi, a differenza del caso sismico e, in parte, del caso idrogeologico e idraulico, non può essere descritta da una relazione meccanicistica causa/effetto tra la sollecitazione data dalla presenza di un incendio e i danni che l'esposto vulnerabile può presentare. Gli incendi boschivi, infatti, sono controllabili dall'uomo in fase di evento, ossia, qualora vi sia un incendio in atto, le forze antincendio boschivo sono chiamate ad intervenire, prioritariamente per salvaguardare l'ambiente antropizzato dalle fiamme, bloccando il fronte di avanzamento dell'incendio.

Le caratteristiche di avanzamento lineare del fronte di un incendio e la dinamica della propagazione nello spazio e nel tempo fanno sì che la vulnerabilità fisica degli esposti sia funzione dell'azione di spegnimento. Si assume quindi che la vulnerabilità del territorio, funzione della sola posizione geografica della cella, sia misurata come la capacità d'intervento, in termini di uomini e di mezzi disponibili, nella cella stessa o nelle celle vicine, delle forze antincendio che possono agire in caso di emergenza o in fase pre-operativa.

La vulnerabilità  $v_k$  della cella  $k$ , è definita dalla risposta fisica, funzionale o sistemica che essa è in grado di offrire in relazione ad una sollecitazione esterna  $I_k$ .

Dalla definizione delle variabili introdotte appare chiaro come la fase di pianificazione territoriale, ad esempio alla scala di bacino, non possa essere finalizzata all'eliminazione totale del rischio, ma deve essere indirizzata alla sua mitigazione.

La mitigazione del rischio insistente su di un sistema territoriale è perseguibile secondo due differenti approcci:

1 riduzione della pericolosità  $I_k$ : consiste nell'intervenire direttamente sulle caratteristiche fisiche del combustibile disponibile nella cella  $k$ , ad esempio con azioni di assestamento forestale utili alla diminuzione del potere calorico disponibile sulla cella considerata, o mantenendo valori di umidità minimi del combustibile elevati per mezzo di atomizzatori a bassa pressione.

2 riduzione della vulnerabilità  $v_k$ : si basa su interventi diretti da effettuarsi sull'esposto vulnerabile, siano essi strutturali o funzionali, in grado di diminuire la vulnerabilità del territorio, ad esempio mediante la costruzione di nuove infrastrutture di approvvigionamento idrico, o tramite l'acquisto di nuovi mezzi antincendio.

Entrambe le metodologie richiedono l'impiego di risorse economiche per effettuare interventi diretti sul territorio. La metodologia sviluppata permette di definire un sistema di ausilio alle decisioni capace di suggerire i migliori interventi sul territorio al fine di mitigare il rischio da incendi boschivi, sulla base delle risorse economiche disponibili.

Nella figura seguente è riportato il rischio da incendi boschivi calcolato con la metodologia proposta sulla base delle informazioni a nostra disposizione.

***Figura 7.1:** Rappresentazione del rischio da incendio boschivo percepito dal sistema territoriale completo della Provincia di Imperia*

**Parte terza:**

## **Metodo di analisi di vulnerabilità sistemica**

### *8 Metodo utilizzato per lo studio della vulnerabilità sistemica per il Progetto GERIA*

*di Antonio Chirico, Enza Lissandrello, Riccardo Minciardi, Eva Trasforini, Pietro Ugolini*

Il principio attraverso il quale si sviluppa la lettura di un sistema territoriale è la dinamicità con la quale si stabiliscono le relazioni tra le diverse componenti. Partendo da tale presupposto, nel Progetto GERIA la metodologia per l'analisi di vulnerabilità sistemica, si sviluppa ammettendo di definire, in termini essenziali, un sistema territoriale come l'insieme di risorse antropiche, di ambiente naturale, di ambiente costruito e di reti infrastrutturali. Assumendo tale scomposizione, e' possibile riconoscere come sottosistemi (di seguito denominate entità) i *gruppi funzionali* univocamente individuati e mutuamente connessi funzionalmente.

Tale riconoscimento permette di risalire ad un duplice e conseguente risultato: il primo si riferisce all'individuazione delle relazioni funzionali desunte dalla considerazione di attributi delle diverse entità atte ad individuare le incidenze di natura funzionale, prestazionale e di mutua influenza che pongono in rapporto ciascun sottosistema od entità con tutti gli altri; il secondo è teso alla valutazione della vulnerabilità fisica e funzionale di ciascuna entità in rapporto alle diverse condizioni di rischio. In relazione a diverse tipologie di eventi di origine naturale gli attributi (o caratteristiche) degli elementi territoriali saranno individuati sulla base di differenti fattori.

*Figura 8.1: Finalità della lettura ed analisi del sistema territoriale*

Le entità sono state individuate sulla base delle loro caratteristiche funzionali (attributi). In questa fase, è stata posta particolare attenzione anche alla loro consistenza fisica, riconducibile essenzialmente a tre tipologie: aree (entità areali), edifici (entità puntuali) e strade (entità lineari). Tale semplificazione e' tesa ad individuare e tener conto che la valutazione dovrà porre in relazione e sintetizzare dati di diversa natura per produrre informazioni utili a rendere le scelte più coerenti con gli obiettivi perseguibili dalla realtà locale. Il metodo proposto e' stato applicato al bacino transfrontaliero del Roja, operando un'analisi sistemica sulla base di sollecitazioni idrauliche (esondazioni) e sismiche.

### *9. Metodo di lettura dell'esposizione ed analisi del sistema territoriale di riferimento*

*di Antonio Chirico, Enza Lissandrello*

#### **9.1. Definizione delle tipologie di entità**

Le entità areali del sistema insediativo (EAI) costituiscono sostanzialmente porzioni omogenee di insediamenti di carattere prevalentemente residenziale integrate da funzioni di connettivo urbano cioè da quell'insieme di attività sussidiarie e caratterizzanti in senso urbano la residenza. Le EAI organizzano le risorse diffuse antropiche e dell'ambiente costruito quali nuclei e tessuti. Gli attributi esaminati per l'individuazione di tale tipologia di elementi territoriali si riferiscono sia alla popolazione presente (peso insediativo, flussi turistici, seconde case), sia alla presenza di attività economiche e produttive diffuse, di servizi pubblici e privati oltre alle caratteristiche del patrimonio immobiliare. In tal senso l'individuazione di tale tipologia di entità risulta, ai fini del presente lavoro, assai rilevante. Essa, infatti, e' costituita dalle principali *aree bersaglio* riferibili ai danneggiamenti che si verificano in seguito a fenomeni di origine naturale in quanto, non solo

svolgono una funzione prevalentemente abitativa, ma organizzano il sistema territoriale nel suo insieme, influenzando il sistema viabilistico per quanto riguarda lo spostamento della popolazione ed il sistema delle polarità specialistiche in quanto ne costituiscono i principali bacini di utenza.

**Figura 9.2:** *Individuazione delle tipologie di entità considerate*

La definizione delle EAI avviene sulla base di parametri quantitativi diversificati. Questi sono successivamente elaborati, per giungere a valutazioni qualitative, volte a definire un livello di *funzionalità ordinaria* dell'entità considerata rispetto al sistema territoriale di riferimento.

Entità puntuali (EP) del sistema funzionale sono considerate le polarità specialistiche di livello territoriale, gli edifici strategici e gli elementi che svolgono un proprio ruolo *esclusivo* all'interno del sistema. Tale gruppo funzionale è quindi identificabile all'interno di categorie che raggruppano: attività civili e per la sicurezza, servizi di livello territoriale, emergenze storico-ambientali, turistico-ricettive, o grandi sistemi di collegamento con sistemi territoriali di scala superiore (nodi di connessione infrastrutturale come ferrovie ed autostrade). Attributi di base per l'identificazione delle polarità funzionali e la successiva valutazione all'interno del sistema sono desunti dalla rilevanza dei bacini di utenza serviti e dal loro grado di utilizzo all'interno dell'ambito territoriale considerato.

Costituiscono entità lineari (EL) del sistema infrastrutturale viabilistico i tratti di collegamento tra gruppi funzionali di tipologia areale e puntuale. Attributi per l'individuazione di tali sottosistemi possono essere desunti da analisi di carattere qualitativo (categoria stradale, interdipendenze gerarchiche tra entità aggregative e puntuali di interesse territoriale, presenza di percorsi ridondanti od alternativi). Oltre a tali indicazioni di base è opportuno il riferimento a termini quantitativi come i flussi di traffico presenti ed i fenomeni di pendolarismo di persone e merci. Procedendo ad una valutazione qualitativa di tali parametri (attributi) è possibile definire, per ogni entità considerata, un livello di funzionalità ordinaria, della stessa, rispetto al sistema territoriale di riferimento (relativa).

## 9.2. Le valutazioni di funzionalità ordinaria delle entità

I criteri per la valutazione di livelli di funzionalità ordinaria, relativi ad ogni elemento territoriale individuato, non possono essere ugualmente definiti per qualsiasi sistema territoriale; al contrario essi assumono differenti connotazioni a seconda delle specifiche caratterizzazioni degli ambiti in esame. Il metodo seguito per la valutazione è stato realizzato, dapprima, definendo puntualmente, per ognuna delle entità individuate, gli attributi di carattere quantitativo e qualitativo di ciascun gruppo funzionale. Vista la natura notevolmente diversificata di tali caratteristiche, si sono poi stabiliti criteri differenti di valutazione in riferimento alla componente territoriale osservata, aggregando i parametri esaminati secondo due aspetti: quello insediativo e quello funzionale. Una *pesatura* dell'indice insediativo (quantitativo) e dell'indice di funzionalità (qualitativo), ha permesso di definire sei livelli qualitativi di funzionalità ordinaria di ogni entità.

**Figura 9.3:** *Definizione dei principali attributi delle entità*

I criteri per la definizione di tali livelli presentano caratteristiche differenti in ragione della diversa natura delle funzioni svolte da ciascun gruppo funzionale individuato. Quindi ad ogni tipologia di entità (EAI, EL, EP) sono definiti specifici principi di valutazione.

Si riporta, in figura 9.4, a titolo di esempio, i sei livelli definiti per le EAI.

**Figura 9.4:** *Definizione dei livelli di funzionalità ordinaria per le entità EAI*

I livelli di funzionalità ordinaria costituiscono le basi di riferimento per l'individuazione delle entità significative, rappresentabili secondo le differenti categorie, tramite un grafo equivalente e rappresentativo di un sistema territoriale.

*Figura 9.5: I sei livelli di funzionalità ordinarie riferite alle diverse tipologie di entità e rappresentate tramite un grafo*

### **9.3. Le relazioni funzionali tra tipologie di entità**

In due diverse fasi di lavoro sono state considerate le influenze che intercorrono, in termini di reciproca incisività, tra le entità considerate; più precisamente:

- tra entità omologhe, appartenenti alla stessa tipologia (aggregati insediativi, elementi lineari e puntuali)
- tra entità di differente tipologia

Da tali valutazioni derivano gli elementi territoriali che caratterizzano in modo rilevante il sistema dal punto di vista funzionale. Le entità 'significative' considerate, in tale accezione, avranno tanta più importanza per il sistema territoriale esaminato quanto più intense sono le relazioni funzionali che generano o sviluppano.

Si tratta quindi del presupposto sul quale la successiva analisi di vulnerabilità sistemica si fonda per definire quanto la perdita di funzionalità di un elemento territoriale, in seguito ad un fenomeno calamitoso, può rivelarsi determinante per la perdita complessiva di efficienza del sistema in oggetto. Come trattato nel seguente paragrafo, per giungere a quest'ultima determinazione è indispensabile, conseguentemente alla lettura dell'esposizione, riferirsi ad uno specifico studio dell'integrità fisica degli elementi (per ogni tipologia di rischio presa in esame). Essa costituisce un punto essenziale ai fini dell'orientamento verso azioni di programmazione d'intervento dirette alla salvaguardia delle entità che influenzano in modo primario il funzionamento del sistema territoriale nel suo insieme. Ai fini del presente studio, che come ricordato precedentemente, parte dall'analisi del funzionamento degli elementi territoriali presenti in una determinata area, sono state specificatamente analizzate solo le influenze che si sviluppano tra entità che hanno 'legami funzionali' e non fisici.

*Figura 9.6: Definizione delle mutue influenze considerate oggetto di analisi nel presente studio*

Tale scelta è stata individuata fondamentalmente in conseguenza a due essenziali motivazioni: la necessità di operare l'analisi su una scala d'indagine d'area vasta (se così possiamo intendere la scala di bacino idrografico) e l'esigenza di separare danni fisici indotti dai danni propriamente funzionali. Questi ultimi hanno una attinenza specifica con una conseguente valutazione sistemica di vulnerabilità.

Per tale motivo, sono state determinate solo alcune, tra le mutue influenze che si sviluppano tra elementi territoriali appartenenti ad una medesima categoria e tra entità di differente tipologia.

Le mutue influenze tra entità di omologa tipologia sono state valutate secondo cinque livelli; un esempio per inquadrare il ragionamento logico seguito per l'individuazione dei criteri, può essere rappresentato dal caso di un tessuto urbano denso di attività di connettivo nei cui pressi si trovano nuclei isolati quasi prevalentemente caratterizzati da una funzione residenziale. È evidente che il tessuto urbano costituirà un'entità EAI che genera delle dipendenze in quanto ha un livello di funzionalità alto rispetto al sistema territoriale di riferimento.

È quindi possibile, ad una prima lettura, individuare le influenze tra entità omologhe tenendo conto della funzionalità ordinaria e dell'esistenza di rami di collegamento stradali tra esse. Dalla schematizzazione riportata è possibile stabilire l'esistenza di una mutua influenza ma è necessario porre ulteriormente la questione sul *come* si sviluppa la relazione tra le diverse entità. La definizione di livelli di mutua influenza deriva da una valutazione del rapporto tra l'indice insediativo e l'indice di funzionalità relativamente ad ognuna delle entità considerate. Si è quindi ritenuto che non sia il livello di funzionalità ordinaria a definire le mutue influenze tra diverse entità omologhe, ma il rapporto tra i differenti indici considerati e la presenza di una contiguità o di un collegamento stradale tra di esse

*Figura 9.7: Prima lettura delle mutue influenze considerate oggetto di analisi nel presente studio*

Tale procedura ha permesso di individuare anche le mutue influenze che si sviluppano tra entità che presentano lo stesso livello di funzionalità ordinaria e per le quali risulta necessario analizzare dettagliatamente quale di essa sia condizionata rispetto a quella condizionante.

**Figura 9.8** Esempio dei criteri relativi alla definizione dei cinque livelli di mutua influenza tra entità di omologa tipologia: entità EAI

Le mutue influenze tra elementi territoriali sono quindi rappresentabili attraverso una matrice, nella quale sia le righe che le colonne identificano tutte le entità 'omologhe' considerate; sulla diagonale sono indicati i livelli di funzionalità ordinaria riferita ad ogni entità. I risultati riportati in ogni spazio esprimono quanto dette entità (alternativamente condizionate e condizionanti) siano mutuamente connesse. L'esempio rappresenta il criterio utilizzato anche per la valutazione degli altri elementi territoriali omologhi (tratti stradali ed entità puntuali).

**Figura 9.9** Esempio della matrice per la valutazione delle mutue influenze tra entità omologhe (in questo caso EAI)

Per quanto riguarda le relazioni tra entità tipologicamente differenti e' necessario ricordare che la metodologia sviluppata si e' riferita prioritariamente all' analisi delle caratteristiche funzionali del sistema territoriale. Si e' trattato quindi di individuare principalmente le relazioni che si sviluppano in ragione di quest'ultimo aspetto. Essenzialmente è possibile stabilire l'esistenza di una reciproca influenza tra entità lineari ed aggregati insediativi (ciò significa che la perdita di funzionalità di una strada incide sul *working* di un aggregato insediativo), tra elementi territoriali lineari e puntuali e tra entità puntuali e lineari. Nel presente studio sono state acquisite prevalentemente questo tipo di influenze. Per quanto riguarda altre incidenze tra differenti tipologie è necessario scendere ad un'analisi di maggiore dettaglio rispetto all'area vasta di riferimento; propriamente tali relazioni hanno maggior attinenza con valutazioni di vulnerabilità fisica indotta. Un esempio a questo riguardo può essere il caso dell'influenza di un aggregato urbano su una strada; questo tipo di relazione dipende sostanzialmente dalla conformazione morfologica dell'abitato e dalla vulnerabilità fisica dell'insediamento stesso e non dalla natura strettamente funzionale della relazione. Infatti quest'ultimo aspetto discende da un esame di relazione fisica tra la strada e l'aggregato, i livelli di influenza, infatti, variano in riferimento alle caratteristiche dell' attraversamento, ovvero se esso costituisca un asse centrale od un passaggio al di fuori del centro. Ai fini del presente studio le valutazioni delle influenze tra differenti tipologie di gruppi funzionali, analogamente a quanto elaborato per le entità omologhe, si svolge attraverso la predisposizione di due 'strumenti': la definizione di cinque livelli di influenza ed una matrice, nella quale, le righe costituiscono le entità (di differente tipologia) condizionanti mentre le colonne quelle condizionate.

**Figura 9.10** La Valle Roja, individuazione delle aree aggregati insediativi distinti in sei livelli e la rete viabilistica

## 10. Metodo di Analisi di vulnerabilità sistemica

di Riccardo Minciardi, Eva Trasforini

La vulnerabilità di un sistema territoriale sottoposto a rischi di origine naturale viene valutata definendo un modello per il territorio che si basa sulla teoria dei diagrammi di influenza. Tale teoria viene normalmente utilizzata per l'analisi di sistemi complessi (quali, ad esempio, gli ecosistemi) e si basa sull'identificazione sul territorio delle principali entità (elementi che svolgono una funzione territoriale) e delle relazioni tra loro intercorrenti.

La previsione dei rischi naturali e la gestione delle emergenze su un sistema territoriale è particolarmente difficile e spesso affetta da pesanti incertezze, a causa dell'impossibilità di prevedere eventi quali un terremoto. In questo contesto, i pianificatori del territorio dovrebbero essere in grado di definire delle strategie per la mitigazione degli effetti di una catastrofe

naturale sulle vite umane e sulle loro attività sociali ed economiche. Sebbene questa sia una necessità molto sentita da parte delle autorità locali, solo alcuni recenti studi scientifici presentano una formalizzazione matematica di questo tipo di problema.

Un esempio recente è il lavoro di Tamura, che nel suo articolo “Modeling and analysis of decision making problem for mitigating natural disaster risks”, pubblicato nel 2000, ha proposto un approccio basato sulla definizione di un “valore di funzionalità nel caso di rischio”, per mitigare gli effetti di un disastro naturale.

Nella gestione di sistemi ambientali, invece, il cui comportamento è caratterizzato da una grande incertezza molti studi hanno seguito un approccio di modellazione basato sulla teoria dei diagrammi di influenza. Tale incertezza nella descrizione del sistema può essere ritrovata anche nella formulazione dei problemi di pianificazione territoriale e, per questo motivo, si è deciso di seguire tale approccio anche all'interno del progetto Ge.Ri.A. Lo scopo era quello di definire la struttura di un Decision Support System (DSS) che fosse in grado di aiutare i pianificatori nella redazione di piani urbani per territori sottoposti a rischi naturali. E' da notare il fatto che un Decision Support System (che in italiano viene comunemente chiamato “sistema di supporto alle decisioni”) è uno strumento il cui fine è quello di trovare non un'unica soluzione ad un problema, bensì un metodo per definire la soluzione ottimale di un problema al variare di determinati parametri decisionali. In questo caso specifico, è stata formalizzata una struttura concettuale in grado di descrivere le complesse interrelazioni che si presentano tra i diversi elementi del sistema territoriale, in modo da individuare le ripercussioni di un evento calamitoso naturale (inondazioni, sismi, etc.) non solo sugli elementi che vengono direttamente investiti, ma anche su quelli che sono, in qualche modo, ad essi collegati.

Come si diceva in precedenza, nell'ambito del progetto Ge.Ri.A. si è scelto di modellare il territorio tramite un diagramma di influenza, che è una semplice e pratica rappresentazione grafica di “situazioni decisionali”: differenti elementi di decisione vengono descritti in un diagramma di influenza tramite forme differenti, dopo di che questi oggetti vengono collegati tramite frecce, in accordo con le relazioni intercorrenti tra gli elementi decisionali. Questi oggetti possono essere visti come nodi in un grafo, connessi tramite archi.

Nella metodologia che è stata proposta per il progetto Ge.Ri.A. viene considerato un grafo orientato in cui i nodi rappresentano entità fisiche e/o funzionali caratterizzate da una significativa importanza per motivi intrinseci o funzionali, mentre gli archi rappresentano le relazioni fra le funzionalità delle diverse entità.

I nodi del grafo di influenza sono costituiti dalle entità particolarmente rilevanti sul territorio, sia perché le loro funzionalità sono essenziali in relazione ad altre entità, sia perché sono caratterizzate da un notevole valore intrinseco (è il caso delle emergenze architettoniche, come può essere, ad esempio, una chiesa del periodo medioevale). L'identificazione di queste entità è il primo passo che deve essere affrontato per arrivare a determinare una corretta rappresentazione del territorio considerato; l'approccio proposto per effettuare tale analisi è stato dettagliatamente descritto nella precedente sezione di questo dossier

Gli archi di tale grafo indicano la presenza di una interazione tra due differenti entità. Poiché, come si è già detto, il grafo è orientato, i singoli archi forniscono indicazioni non solo relative alla presenza di tale correlazione, ma anche relative ai ruoli assunti da ciascuno dei nodi in tale relazione. In figura 10.1 è mostrata la rappresentazione tramite grafo di influenza di un semplice sistema territoriale. La correlazione tra le funzionalità di due diverse entità può essere modellata secondo due diversi livelli di precisione:

semplice constatazione dell'esistenza della correlazione funzionale tra due nodi (entità del sistema territoriale); relazione indicante il grado di perdita di funzionalità subita da un nodo come conseguenza della perdita di funzionalità di un nodo ad esso collegato

*Figura 10.1: Rappresentazione di un semplice sistema territoriale*

L' esempio riportato si riferisce ad un centro urbano è collegato ad un ospedale tramite una strada, e la sua rappresentazione mediante un grafo di influenza (il nodo 1 rappresenta il centro urbano, il nodo 2 rappresenta l'ospedale ed il nodo 3 rappresenta la strada; i due archi sono rappresentati diversamente per evidenziare il fatto che la strada può influenzare le altre due

entità in maniera differente). La prima soluzione può apparire un po' semplicistica, in quanto non fornisce informazioni quantitative relative al legame esistente fra le funzionalità di due diversi nodi, ma si ferma a considerazioni puramente qualitative. Si noti tuttavia che, data la complessità di un qualsiasi sistema territoriale, risulta evidente che la mole di informazioni necessarie a strutturare gli archi in modo da poter quantificare le interazioni funzionali tra i diversi nodi è in generale enorme. Tale quantificazione, inoltre, necessita di competenze e conoscenze del territorio puntuali e specifiche. Si tratta quindi di individuare un ragionevole compromesso tra la necessità di trovare una rappresentazione adeguata del sistema territoriale e quella di dimensionare in modo adeguato l'onere di acquisizione delle informazioni necessarie. Per ogni tipologia di rischio naturale considerato e per ogni nodo individuato sul territorio, si definisce la sollecitazione a cui tale nodo può essere soggetto. Ad esempio, nel caso del rischio da inondazione, la quantificazione delle sollecitazioni ha una componente legata all'altezza del tirante idraulico e una legata alla velocità dell'onda di piena, mentre nel caso degli incendi boschivi la sollecitazione esterna può essere caratterizzata considerando l'intensità lineare del fronte di fiamma che potrebbe investire l'entità considerata. Per ogni entità considerata (cioè per ogni nodo del grafo) si possono definire un livello di integrità fisica ed un livello di integrità funzionale, entrambi esprimibili in una scala di valori compresi tra 0 (funzionalità/integrità fisica minima) e 1 (funzionalità/integrità fisica massima). Il livello di integrità fisica descrive, come si può facilmente intuire dal nome, lo stato di integrità fisica dell'entità a cui fa riferimento (ad esempio, la percentuale di costruito agibile), associando il valore 1 all'integrità fisica corrispondente allo stato attuale dell'entità e il valore 0 ad una situazione in cui l'entità sia completamente distrutturata dal punto di vista fisico. Tale parametro risulta essere dipendente dalla sollecitazione esterna (cioè l'intensità del fenomeno naturale sul nodo considerato) secondo una funzione caratteristica dell'entità considerata, chiamata funzione di vulnerabilità. Naturalmente tale tipo di funzione cambierà in base al particolare rischio naturale e alla tipologia di entità considerati, ma è ragionevole che l'andamento sia sempre analogo a quello delle curve riportate in figura 10.2. È da notare che l'andamento di tale funzione, però, deve prescindere dal livello di sollecitazione a cui l'entità è soggetta, in quanto è una caratteristica intrinseca dell'oggetto considerato.

*Figura 10.2: Due possibili andamenti per la funzione di vulnerabilità : entrambe presentano andamento asintotico (una valore di sollecitazione dopo il quale non decrescono più)*

Dall'andamento delle curve riportate in figura 10.2 si può notare che tali curve presentano una saturazione asintotica, cioè un valore oltre al quale tendono a non decrescere più; questo fatto è associato alla considerazione che, in genere, esiste un valore di sollecitazione oltre al quale non si possono più provocare danni, ad esempio perché tutto è già stato distrutto.

Come si diceva prima, lo stato di una entità fisica non può però essere semplicemente descritto dal livello di integrità fisica. Ad esempio, un ospedale può non essere in grado di funzionare, pur essendo fisicamente integro, a causa dell'assenza di approvvigionamento idrico. È necessario quindi definire, per ogni nodo del grafo considerato, anche il livello di integrità funzionale. Si noti che la definizione di tale parametro prescinde dalle varie tipologie di rischio considerate, in quanto riassume considerazioni di tipo funzionale e territoriale relative all'entità considerata.

Si può supporre che il livello di funzionalità di ogni entità del grafo sia dipendente, oltre che dai livelli intrinseci di integrità fisica, anche dai livelli di funzionalità delle entità che condizionano tale entità. Si definirà allora, dato il grafo di influenza precedentemente descritto, come conditioning set l'insieme delle entità la cui funzionalità condiziona la funzionalità dell'entità considerata. Se, per ragioni economiche o per mancanza di dati, non è possibile effettuare un'analisi adeguatamente accurata delle relazioni esistenti tra le diverse entità, si può fare ricorso ad una schematizzazione che, almeno in prima approssimazione, può risultare soddisfacente. Tale approssimazione è basata sull'assunzione che i legami di condizionamento fra le entità siano caratterizzati da un aspetto predominante di necessità. In altre parole, un'entità è pienamente funzionale solo se tutte le entità condizionanti sono pienamente funzionali e se l'entità in gioco ha una piena integrità fisica. Partendo quindi dall'assunzione che i vari

condizionamenti siano associati da un legame di tipo “AND” logico, si può pensare di tradurre questo tipo di legame attraverso la funzione di minimo (il livello di funzionalità dell’entità considerata è, cioè, corrispondente al minimo livello di funzionalità delle entità che la condizionano).

Una obiezione che può essere mossa a questa struttura è quella che le entità condizionanti (cioè quelle appartenenti al conditioning set) possono non essere tutte allo stesso livello di rilevanza, in quanto alcune possono essere coinvolte solo in condizionamenti secondari, mentre altri condizionamenti sono di tipo più essenziale. Per superare questa obiezione si possono considerare non i livelli di integrità delle entità condizionanti, bensì delle funzioni di tali parametri, il cui andamento varia al variare dell’intensità dell’influenza che si sta considerando.

Si considerino, per fissare le idee, due entità territoriali A e B e si ipotizzi che la funzionalità di A influenzi la funzionalità di B (cioè A fa parte del conditioning set di B). Se l’influenza di A su B è forte, l’andamento della funzione di influenza può essere analogo a quello della curva continua in figura: già per piccoli decrementi della funzionalità di A si possono osservare notevoli decrementi della funzionalità di B. Se, invece, l’influenza di A su B è debole, l’andamento della funzione potrebbe essere analogo a quello della curva tratteggiata in figura 10.3: anche per decrementi della funzionalità di A abbastanza forti non si osservano notevoli diminuzioni nella funzionalità di B.

*Figura 10.3: Andamenti delle curve di influenza nel caso di alta influenza (linea continua) e di bassa influenza (linea tratteggiata) tra due entità*

Tra queste due situazioni limite, si possono considerare anche dei livelli intermedi di dipendenza. La scelta delle funzioni di dipendenza è, naturalmente, un passaggio di fondamentale importanza nel processo di analisi della vulnerabilità sistemica.

Per ogni entità territoriale considerata possono essere inoltre considerate differenti tipologie di danno localizzato (ovvero relative a quella particolare entità e non all’intero sistema territoriale considerato). Ad esempio, per un’entità costituita da un’area relativamente diffusa, si può parlare di danno relativo a perdita di vite umane, di danno legato a disagi della popolazione, di danno legato alle perdite economiche dovute all’interruzione delle attività commerciali presenti sul territorio, di danno economico dovuto ai danni fisici agli immobili, di danno conseguente alla perdita di ore/giorni di scolarità, ecc. Per ogni tipologia di danno identificabile e per ogni entità considerata è quindi necessario definire e conoscere una funzione di danno.

Si noti che la dipendenza del danno può in generale essere riferita sia al livello di integrità fisica conseguente all’evento calamitoso (come può essere, ad esempio, per il danno relativo alla perdita di vite umane che è evidentemente connesso al livello di integrità fisica), sia al livello di funzionalità (come può essere, ad esempio, per il danno relativo all’interruzione delle attività commerciali), sia ad entrambi. Il danno può essere (in generale) anche funzione di un vettore di variabili aleatorie  $^{-iq}$  che, per esempio, può essere relativo all’ora e alla stagione in cui un determinato evento si verifica. La conoscenza delle funzioni di danno e delle caratterizzazioni probabilistiche dei vettori  $^{-iq}$  è anch’essa essenziale per una corretta analisi del rischio territoriale. Si noti che la determinazione di tali funzioni richiede, in generale, uno sforzo più interdisciplinare di quello richiesto per la determinazione delle funzioni di vulnerabilità.

La struttura concettuale e funzionale precedentemente descritta può essere utilizzata per molteplici applicazioni riguardanti l’analisi dei rischi naturali nell’ambito territoriale considerato. Per semplicità, supporremo di effettuare analisi separate per i singoli rischi.

La prima applicazione, riferendoci ad una particolare tipologia di rischio, riguarda la valutazione del danno complessivo sul territorio conseguente ad una realizzazione dell’insieme dei vettori che descrivono le sollecitazioni esterne. Il danno complessivo sul territorio può essere valutato semplicemente sommando i danni che si realizzano sulle singole entità.

Il secondo tipo di applicazione, invece, riguarda il caso in cui si vogliono tenere in considerazione le distribuzioni probabilistiche dei vettori di sollecitazione e di  $^{-iq}$ ; in tale caso sarà necessario considerare anche il danno come una variabile aleatoria. La determinazione delle densità di probabilità di tali variabili aleatorie potrà avvenire, allora, attraverso l’analisi ripetuta di singoli scenari corrispondenti a realizzazioni degli insiemi di vettori di sollecitazione

e di  $\frac{P}{i^q}$  (supponendo di generare tali realizzazioni in accordo con la densità di probabilità di tali vettori), o attraverso metodi analitici di tipo probabilistico.

**Parte quarta:**

## **Approfondimenti metodologici specifici nell'area di progetto**

### *11. Cenni ad Approfondimenti specifici sulle metodologie applicate a particolari aree territoriali*

*di Pietro Ugolini*

In questa fase sono segnalate sinteticamente alcune esperienze svolte su casi specifici (spesso di livello comunale) nel corso del progetto con caratteristiche innovative sia in merito all'integrazione disciplinare derivata, sia ai possibili ritorni in termini di pianificazione e gestione dei rischi naturali. Tali studi hanno consentito, in questo senso, ulteriori passi avanti nella ricerca di metodologie di approccio concretamente applicabili alla realtà sia in merito all'esame dello stato di fatto, sia alle linee di ricerca da seguire per consentire valutazioni preventive di trasformazioni ed interventi sul territorio previste da strumenti di pianificazione e programmazione.

Gli approfondimenti che sono stati svolti e di seguito sintetizzati, saranno trattati conseguentemente nel dettaglio.

#### **APPROFONDIMENTO DI RICERCA SULLA VULNERABILITA' SISMICA DEL SISTEMA STRADALE DI SUPPORTO A STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE E GESTIONE DEL TERRITORIO**

Tale approfondimento di ricerca ha avuto, quale base applicativa l'ambito urbano di Imperia nelle sue relazioni con l'area vasta, centrandosi in particolare sulla valutazione di esposizione della rete infrastrutturale viabilistica. Per la messa a punto di una metodologia sistemica si è tenuto conto degli studi in corso ed innovativi a questo proposito messi a punto soprattutto in Italia. Tale scelta è stata voluta soprattutto per evidenziare e tenere presente gli strumenti di pianificazione esistenti ed utilizzabili ad accogliere indicazioni su valutazioni di vulnerabilità in Italia. Tale approfondimento è inoltre stato condotto proprio sulle reti infrastrutturali stradali in considerazione della grande importanza di queste all'interno di strumenti di gestione del territorio ed in quanto costituiscono, altresì, grande interesse per amministrazioni di diverso livello territoriale.

#### **APPROFONDIMENTO DI RICERCA: PROPOSTA METODOLOGICA PER IL RILIEVO DEL RISCHIO SISMICO A SCALA URBANA E TERRITORIALE**

La ricerca presentata si riferisce in modo particolare al rischio sismico proprio per il fatto che, tra tutte le tipologie di rischio prese in esame dal progetto, è quello che investe in modo indiscriminato grandi porzioni di territorio. Tale approfondimento si basa sullo sviluppo di studi e metodologie per un approccio urbanistico territoriale della esposizione e vulnerabilità del contesto urbano, ed in particolare su possibili indagini di rilievo della vulnerabilità su aggregati insediativi.

#### **APPROFONDIMENTO DI RICERCA PER LA COSTRUZIONE DI UNO SCENARIO BASATO SULLA VALUTAZIONE DI VULNERABILITA' E RISCHIO SISMICO A SCALA TERRITORIALE**

Tale approfondimento di ricerca è partito dallo svolgimento di una tesi di laurea poi ulteriormente sviluppata anche attraverso uno stage presso il BRGM di Marsiglia che ha visto la partecipazione attiva delle equipe coinvolte nel progetto DEUIM e DISEG. Lo studio ha avuto, quale ambito d'interesse, la valutazione della vulnerabilità degli edifici secondo metodologie correntemente utilizzate in Francia ed in Italia messe a confronto ed applicate al contesto urbano di Sanremo.

## 11.1 Rischio sismico e territorio: una metodologia per l'analisi di vulnerabilità sismica dell'edificato diffuso in Sanremo

di Gianluca Curri

Eseguire un'analisi di vulnerabilità significa valutare la consistenza del costruito diffuso in una data area, sia in termini quantitativi che qualitativi, ed in particolare stimare la sua propensione ad essere danneggiato dal sisma.

Una metodologia per l'analisi di vulnerabilità deve quindi precisare come eseguire il censimento, più o meno dettagliato, del costruito e delle sue caratteristiche e definire opportuni modelli che correlino la severità del moto sismico con gli effetti in termini di danneggiamento fisico e di perdite, economiche o intangibili. Dopo aver esaminato le diverse metodologie utilizzate in Italia per l'analisi di vulnerabilità del costruito diffuso (DPM, curve di fragilità), e dopo aver discusso la loro attendibilità in relazione alla variabilità regionale del costruito e la qualità dei risultati ottenibili rispetto all'onere connesso al censimento dei dati (ISTAT, schede di I e II livello), viene proposto un nuovo approccio che conserva la compatibilità con i precedenti metodi e consente di utilizzare, nell'ambito di una stessa analisi di vulnerabilità, dati con diverso livello di approfondimento.

Tale metodologia fa riferimento alla classificazione tipologica EMS-98; a ciascuna tipologia viene associato un indice di vulnerabilità medio, che può essere affinato sulla base di modificatori di comportamento, legati alle caratteristiche costruttive, alla regolarità strutturale ed allo stato di manutenzione.

Tale indice consente di individuare una relazione analitica tra input sismico (in intensità o in PGA) e danno, sintetizzato dal parametro della distribuzione binomiale; attraverso questo possono essere valutati tutti i possibili scenari (crolli, edifici inagibili, morti e feriti, senza tetto) e, con un'opportuna relazione, si stima il danno economico.

Questa scelta è stata giudicata come la più praticabile dopo aver valutato, confrontando le metodologie in uso nei due paesi, il grado di completezza e la fattibilità di un rilievo a campione sistematico, effettuato ripartendo il tessuto urbano in settori omogenei (quartieri) per unità di costruito, in uso presso il BRGM.

Il dato originale dell'ISTAT si riferisce alla singola unità abitativa (alloggio individuale) e contiene informazioni sulle persone residenti, sulla superficie e su alcune caratteristiche dell'edificio cui appartiene. Rielaborando tali schede, a livello di sezione censuaria, gruppi di edifici omogenei per tipologia costruttiva (muratura, cemento armato, pilotis, altro o ignoto) e numero di piani (uno o due piani; da tre a cinque piani; oltre cinque piani), indicando il numero di edifici, il loro volume e la popolazione residente. I dati relativi a ciascun gruppo nella sezione censuaria sono quindi suddivisi percentualmente per classe di età (7 classi: prima del 1919; dal 1919 al 1945; dal 1946 al 1960; dal 1961 al 1971; dal 1972 al 1981; dopo il 1981; dopo la data di classificazione), livello di manutenzione (buona e scarsa) e contesto edilizio urbano (edificio isolato o in aggregato).

*Figura 11.1 Edifici in muratura: individuazione delle categorie in base all'epoca di costruzione*

*Figura 11.2 Edifici in c.a.: individuazione delle categorie in base all'età ed alla tipologia costruttiva*

*Figura 11.3 Attribuzione di punteggi ai modificatori di comportamento per gli edifici in muratura*

*Figura 11.4 Attribuzione di punteggi ai modificatori di comportamento per gli edifici in cemento armato*

Volendo utilizzare i dati ISTAT nell'ambito della metodologia proposta, possono essere inizialmente identificate sette distinte categorie di edifici, quattro in muratura (Figura 11.1) e tre in c.a. (Figura 11.2). Sulla base degli altri dati ISTAT è possibile modificare l'indice di vulnerabilità iniziale di ciascuna categoria, dedotto dalle figure precedenti, attraverso i modificatori di comportamento elencati nelle figure 11.3 e 11.4.

Nel caso in cui si potessero affinare le conoscenze sul patrimonio edilizio tramite un'acquisizione speditiva sul territorio, condotta su base statistica in ciascuna sezione censuaria,

si potrebbero proporre ulteriori modificatori quali regolarità in elevazione e in pianta ,dettagli costruttivi (catene, barbacani, archetti di controspinta, architravi) per gli edifici in muratura; condizione del suolo ,qualità delle tamponature , regolarità in elevazione e in pianta ,elementi architettonici (bow windows, finestre a nastro) per gli edifici in cemento armato.

Lo scenario degli edifici crollati (in percentuale sull'intera popolazione degli edifici della sezione censuaria) ,rappresentato tramite strumenti GIS, fornisce una prima verifica di quanto detto. Il dato sulla pericolosità è tratto dai database di osservazioni macrosismiche (DOM, NT4.1) che hanno aggiornato i dati di sismicità storica. Il rilievo dell'edificato è stato costruito attraverso il censimento ISTAT delle abitazioni e secondo la metodologia proposta di ripartizione statistica in classi tipologiche. Si può notare come i centri storici e i borghi antichi presenti nel territorio comunale subirebbero i danni maggiori , a parziale conferma di quanto generalmente si ipotizza ; tuttavia non si può trascurare la percentuale di danneggiamento grave , che altre sezioni censuarie, dove prevale un edificato più recente ,avrebbero.

Infine ,un cenno a quanti danni la simulazione provocherebbe sul comune di Sanremo: una stima di 113 abitazioni crollate, 1253 abitazioni inagibili, 7657 senza tetto (su una popolazione di circa 56000 abitanti) e 177 persone potenzialmente coinvolte da crolli (cioè morti e feriti gravi

*Figura 11.5: scenario di danno (esempio): edifici crollati nel comune di Sanremo a partire da un terremoto di intensità risentita 7/8 MSK*

## **11.2 Proposta metodologica per il rilievo del rischio sismico a scala urbana e territoriale: il caso di Cervo**

*di Luca Lazzoni*

Cervo è un piccolo comune costiero posto al confine con la Provincia di Savona.

Su di esso è stata condotta un'analisi sul rischio sismico del sistema urbano a scala comunale sia in rapporto al contesto della Provincia di Imperia che ai singoli elementi costituenti il sistema spaziale (edifici) e quello a rete (lifelines).

L'esperienza di rilievo del rischio sismico ha caratterizzazioni particolarmente innovative sotto il profilo scientifico. La sua realizzazione ha comportato infatti la necessità di una nuova metodologia di approccio al tema della valutazione del rischio sismico.

Tale metodologia si basa in parte su analoghe esperienze che si sono svolte in Italia a partire dagli anni ottanta. In particolare sono state fonte di ispirazione le esperienze che si sono avute in Emilia Romagna (Progetto recupero in zona sismica), il Progetto terremoto in Lunigiana e Garfagnana e lo studio sul rischio sismico svoltosi ad Ancona in occasione della redazione della variante al PRG del 1988. È da sottolineare come in questa esperienza siano stati direttamente coinvolti sia l'Amministrazione comunale sia tecnici e professionisti che operano sul territorio e che hanno collaborato attivamente allo svolgimento del rilievo.

La struttura della metodologia utilizzata si articola in tre momenti fondamentali:

- Analisi di esposizione;
- Analisi di dettaglio;
- Relazione di sintesi e indicazioni all'amministrazione locale.

Le analisi di esposizione si articolano in due momenti: l'analisi territoriale e quella urbana.

Entrambe seguono un processo logico simile ma operano a scale differenti.

La prima mira a definire il ruolo funzionale che il Comune preso in esame svolge all'interno dell'area vasta di appartenenza, individuandone i rapporti di dipendenza funzionale con altri Comuni. Lo scopo è di creare una gerarchizzazione dei sottosistemi comunali (livello di esposizione) all'interno dell'area vasta (nel caso del Comune di Cervo l'area vasta ha coinciso con la Provincia di Imperia).

Questa operazione di gerarchizzazione è stata compiuta individuando e determinando (attraverso analisi preliminari di base) sia a livello territoriale che comunale degli indicatori per ogni sistema funzionale considerato.

Attraverso una operazione di confronto fra gli indicatori a scala comunale e quelli a scala territoriale si è giunti quindi ad un giudizio di esposizione.

La seconda analisi è stata condotta a livello urbano, e su di esso è stata effettuata una gerarchizzazione del tutto analoga a quella dell'analisi territoriale. Anche in questo caso lo scopo è stato quello di individuare le zone del tessuto urbano maggiormente esposte (cioè più importanti in funzione del ruolo che svolgono) e maggiormente vulnerabili, su cui indirizzare, con maggiore attenzione, le successive indagini di dettaglio.

A tal fine il Comune è stato ripartito in "unità territoriali" (ognuna caratterizzata da una destinazione d'uso prevalente) alle quali è stato attribuito un livello di esposizione (determinato in base al ruolo che la zona in esame svolge all'interno del Comune) e di vulnerabilità intesa come la propensione a subire danni fisici di ciascuna zona.

Le analisi di dettaglio sono consistite in quattro fasi: analisi di pericolosità, analisi del costruito, analisi dei sistemi a rete e analisi degli spazi aperti.

La prima ha focalizza la sua attenzione su quelle che la letteratura in materia definisce pericolosità locale e pericolosità indiretta. Ossia mira a produrre carte tematiche che individuino sul territorio comunale le zone di amplificazione sismica (pericolosità locale), e le zone dove le accelerazioni impresse al terreno da un sisma potrebbero innescare fenomeni di instabilità dei versanti (pericolosità indiretta).

L'analisi del costruito è stata invece principalmente orientata alla quantificazione della vulnerabilità fisica dei manufatti presenti sul territorio in esame (ossia il legame esistente tra intensità sismica e livello di danneggiamento).

Essa ha concentrato la sua attenzione anche sull'esposizione dei singoli manufatti; tenendo cioè conto della loro funzione (esposizione funzionale) e del loro grado di affollamento (creando così una mappa della distribuzione della popolazione sul territorio). Questa analisi è scaturita, naturalmente, dalle risultanze delle pregresse analisi territoriale e urbana concentrandosi, nel caso di aree particolarmente vaste o di risorse e tempo limitati, sulle zone caratterizzate da un maggior livello di esposizione.

Nella fattispecie sono stati associati ad ogni edificio degli indici-punteggi parziali di vulnerabilità e di esposizione la cui somma ha consentito di calcolare degli indici-punteggi complessivi.

**Figura 11.6:** *Carta di esposizione complessiva del costruito*

L'analisi dei sistemi a rete si concentra sulla vulnerabilità della rete viaria in quanto di fondamentale importanza per la funzionalità del sistema urbano nel suo complesso. Si procede, quindi, a un'analisi della vulnerabilità diretta e indotta delle strade analizzandone le caratteristiche fisiche quali la larghezza (importante per determinare l'accessibilità da parte dei mezzi di soccorso), la pendenza, la pavimentazione, e la loro tipologia (strada extraurbana principale, secondaria, strada urbana, strada locale, strada collinare, strada pedonale).

**Figura 11.7:** *Carta di vulnerabilità complessiva del costruito*

**Figura 11.8:** *Funzionalità degli indici punteggi parziali al fine di determinare quelli complessivi*

Da questa prima analisi è scaturita sia una gerarchizzazione della strada a seconda della sua importanza (a questo scopo si considerano anche eventuali collegamenti con edifici strategici: municipi, ospedali, caserme, ecc.) sia un giudizio sulla sua vulnerabilità fisica.

Di primaria importanza, allo scopo di ottenere una valutazione della vulnerabilità indotta, è stata l'analisi degli affacci su ogni tratto viario (strada delimitata da edifici, strada parzialmente delimitata da edifici, ecc.).

Le analisi riguardanti gli altri sistemi a rete, rete di distribuzione del gas e rete dell'acquedotto e fognaria, sono stati diretti alla loro caratterizzazione dal punto di vista della vulnerabilità fisica (data dal materiale costruttivo delle tubature, dal loro diametro e dal tipo di terreno attraversato) e della loro interazione con il sistema stradale.

Analogamente a quanto è stato fatto per gli edifici sono stati assegnati ad ogni tratto della rete stradale degli indici-punteggi parziali di vulnerabilità e di esposizione.

Il risultato delle analisi di dettaglio è stato la produzione di carte tematiche di vulnerabilità e di esposizione.

Esse, nel caso dell'analisi del costruito, contengono una suddivisione del territorio comunale in zone caratterizzate dalla presenza di manufatti che presentino valori il più possibile omogenei di vulnerabilità ed esposizione.

Dall'incrocio di queste ultime con le carte di pericolosità locale è stato possibile produrre una carta del rischio.

Una volta conclusa la fase dello studio vero e proprio è stato possibile redigere una relazione di sintesi che illustra in modo chiaro e diretto le risultanze cui si è pervenuti.

Fanno inoltre parte di questa relazione anche quegli interventi mirati alla riduzione del rischio sismico, che sono stati individuati tramite l'analisi della mappatura degli elementi dei sottosistemi urbani (sistemi a rete e sistemi spaziali) caratterizzati da alti valori di esposizione e/o vulnerabilità e interessati da possibili fenomeni di pericolosità locale e indiretta.

### **11.3 Indagini di supporto e metodologie per la determinazione di un D.S.S. (Decision Support System) con l'applicazione al caso studio del bacino del Roja.**

*di Serena Santiago*

Prendendo spunto dalle risultanze del Progetto GE.RI.A., la ricerca svolta sulla scorta di più ampie analisi ed indagini dell'ambito in esame, pone le basi per un approccio volto a consentire una diagnostica, che rispondendo alle esigenze proprie delle Amministrazioni, fornisca elementi utili rispetto a differenti ipotesi d'uso e gestione del territorio.

Il supporto di metodologie e tecniche flessibili, laddove la complessità degli interventi lo richieda, superando la semplice attenzione attuativa, permette la valutazione di differenti ipotesi di scelte possibili e compatibili fornendo previsioni e valutazioni a medio e lungo termine di criticità, impatti, sviluppo.

Nella messa a punto di funzionali destinazioni del suolo tali metodologie si propongono non come cause ostative allo sviluppo, ma come strumenti atti a fornire fattibilità in termini di sicurezza degli interventi, di prevenzione e mitigazione dei rischi, di priorità di attuazioni.

Poiché ogni realtà territoriale dipende dal contesto temporale e spaziale in cui è calata, la conoscenza integrata dei rischi dovuta ai diversi eventi calamitosi, la capacità di lettura dei caratteri urbani e territoriali, l'elaborazione di strumenti informatici, cartografici e statistici, l'analisi delle normative sono gli elementi necessari alla realizzazione di un D.S.S. (Sistema di Supporto alle Decisioni).

Dall'eshaustività di tali elaborazioni e dallo screening degli impatti di primo, secondo e terzo ordine, dipende univocamente la completezza dell'individuazione di tutte le *componenti*, cioè dei *criteri* di valutazione.

*Figura 11.9: Screening degli impatti di primo, secondo e terzo ordine degli interventi mirati al recupero funzionale ed alla riqualificazione del centro storico ventimigliese. Individuazione finalizzata alla valutazione ed alla stima dei criteri della matrice di decisione.*

*Figura 11.10: Stralcio della matrice di decisione: "Componenti ambientali e socio-economiche / Interventi progettuali previsti nel PRUSST".*

La metodologia applicata è stata quindi pensata come una griglia al cui interno trovano posto tecniche di indagine specifiche delle realtà e delle dinamiche in esame, e differenti procedure di valutazione.

Tale metodologia ha trovato riscontro nell'applicazione al caso studio PRUSST (Programma di Riqualificazione e Sviluppo Sostenibile del Territorio, DM. 8-10-1998) presentato

dall'Amministrazione di Ventimiglia, che prevede la realizzazione di 32 interventi di ampia portata infrastrutturale.

Per le molte variabili ed interazioni dovute al contesto territoriale, alle scelte significative sulle quali incide una pluralità di fattori eterogenei e sovente contrastanti, ed ai differenti soggetti ed interessi coinvolti, si è ritenuto opportuno l'utilizzo di metodologie basate su analisi multicriterio al fine di evidenziare nella valutazione delle scelte le dipendenze le consequenzialità delle azioni e verificare la fattibilità e l'esistenza di situazioni di priorità e preferibilità.

Il metodo "Elimination et Choice Traslating Reality" (Electre), basandosi sulle analisi di concordanza e discordanza raggiunge la definizione di preferibilità (definita in termini matematici "dominanza") assoluta o relativa.

Utilizzando il concetto dell' "outranking relationship", l'Electre consiste nell'attenta comparazione di ogni coppia di alternative in base all'indice di "concordanza" (*concordance index*,  $c_{ij}$ ) ed a quello di "discordanza" (*discordance index*,  $d_{ij}$ ).

Questi indici misurano rispettivamente quanto la valutazione delle alternative ed il peso attribuito ad ogni indicatore conferma o contraddice l'interrelazione di "dominanza" tra le alternative.

Il metodo Electre applicato ai 32 interventi previsti è quindi il momento conclusivo di una successione di fasi complesse e delicate, che hanno inizio con l'attribuzione ad ogni intervento di punteggi in relazione a ciascuna delle 16 componenti ambientali e socioeconomiche, "criteri di valutazione".

Ai fini di stimare tali "prestazioni" sono state studiate procedure standardizzate che facessero riferimento, laddove necessario, a giudizi tecnici di esperti.

Le scale di assegnazione di tali punteggi, studiate specificamente per ogni singolo criterio, risultano necessariamente differenti tra loro, ma omogenee al loro interno. Il carattere di disuniformità delle scale è influente, poiché il punteggio esprime esclusivamente un giudizio comparativo.

La "matrice di decisione" X costituita da 32 righe e 16 colonne che ne è derivata è stata normalizzata per procedere nelle successive elaborazioni con una scala di valori omogenei e comparabili, cioè con vettori di uguale unità di misura.

Gli elementi della matrice di decisione normalizzata vengono calcolati come segue:

$$r_{ij} = x_{ij} / (\sum_{i=1}^n x_{ij}^2)^{1/2}$$

Un altro aspetto centrale della griglia metodologica proposta è l'assegnazione di pesi alle differenti componenti ambientali e socioeconomiche.

In questa fase sono stati studiati schemi di ponderazione coerenti con i potenziali scenari di sicurezza e fattibilità, supportati da pareri di tecnici, in base ad ipotesi di preferenza dei soggetti preposti al processo decisionale, si è inoltre previsto la realizzazione di test a gruppi di esperti, ed indagini di sensibilità al rischio.

Calcolate le matrici booleane "*concordance dominance matrix*" F e "*discordance dominance matrix*" G, i cui elementi sono funzione rispettivamente del *concordance index* e del *discordance index* si è costruisce la matrice E, anch'essa booleana, (*aggregate dominance matrix*) come intersezione di F e G.

In questa procedura una alternativa  $A_i$  risulta prioritaria rispetto ad  $A_j$  se il corrispondente elemento della matrice di dominanza aggregata,  $e_{ij}$ , risulta pari all'unità.

Lo schema riportato rappresenta un esempio delle conclusioni alle quali si è pervenuti.

Gli interventi 13, 14 e 15 volti allo sviluppo socio-culturale ed al rilancio turistico risultano parimenti prioritari in quanto non consequenziali, non interferenti tra di loro, non interdipendenti ed in quasi parità di costi e di ritorni.

L'intervento n°14 "Oasi naturalistica Torrente Nervia" localizzato in area a rischio esondazione prevede opere di messa in sicurezza dell'argine e si propone come opera di salvaguardia per il Parco Archeologico e la Passeggiata a Mare.

*Figura 11.11: Schematizzazione dell'ampia e generalizzata analisi di priorità degli interventi.*

L'intervento n.° 5 "Rifacimento Passeggiata a mare" risulta parimenti prioritario all'intervento n.° 13 "Parco Archeologico" in quanto connesso e consequenziale per il determinarsi di un aumento di domanda turistica e bisogno di mobilità e di domanda turistica.

Anche l'intervento n.° 16 risulta parimenti prioritario all'intervento n.° 13 per l'importanza del progetto, che col duplice scopo di centro didattico e sanitario si pone a servizio del comprensorio intemelio e del Dipartimento delle Alpi Marittime, ed in quanto non interferisce con gli altri interventi, non è consequenziale e non è localizzato in zona a rischio.

Parimenti prioritario all'intervento n.°13 risulta infine l'intervento n.° 31 che riorganizzando i flussi di traffico in ingresso e in uscita al casello autostradale apporta un notevole miglioramento alla connessione tra viabilità autostradale e la rete del comprensorio, non presenta inoltre interdipendenze, non interferisce, e non è localizzato in zona a rischio. I costi elevati seppur non gravando sul bilancio pubblico, in quanto è previsto l'impiego di capitali privati, non penalizzano la priorità dell'intervento.

Questa metodologia, assumendo e mettendo a sistema le soluzioni dei piani e ricercando le interconnessioni, individua le priorità e le vulnerabilità che potrebbero interessare le progettazioni.

Le linee guida utilizzate strettamente dipendenti dalle elaborazioni contenute nei piani esistenti, e particolarmente sensibili alle dinamiche proprie dello sviluppo urbano, permettono di fissare a priori gli obiettivi dei sistemi di controllo necessari, di prevedere opere di mitigazione degli impatti e dei danni, di individuare priorità tra le azioni e le opere da realizzare, di dare sistematicità alle previsioni, di stilare strumenti urbanistici capaci di recepire in maniera più immediata le modificazioni dell'ambiente e a sistematizzare gli effetti e le risposte prodotte dai singoli interventi con caratteri di organicità e globalità.

## *12 Conclusioni*

*di Pietro Ugolini, Enza Lissandrello*

Il progetto GeRiA ha introdotto elementi essenziali di riferimento per la gestione dei rischi naturali sul territorio. Le difficoltà incontrate hanno consentito la focalizzazione di problematiche emergenti e sono state stimolo per determinazioni propositive, atte a favorire il superamento di varie criticità. Particolarmente significativo è stato l'aspetto metodologico, riferito sia alle risultanze del progetto che all'impostazione organizzativo-gestionale, volta a consentire l'integrazione dei diversi soggetti coinvolti.

Elemento caratterizzante è stato innanzitutto l'essere un progetto a regia pubblica. In questo senso il criterio di approccio dell'Università ed in particolare del coordinamento scientifico, è stato quello di riconoscere il progetto come "un processo non definito a priori" ma essenzialmente "partecipato", nel quale il coinvolgimento delle amministrazioni locali ha giocato un ruolo essenziale negli orientamenti e negli obiettivi. Il processo di determinazione delle attività specifiche, con cui realizzare il programma previsto e il monitoraggio delle stesse, è stato infatti realizzato in corso d'opera, attraverso un organico coinvolgimento dei diversi soggetti nell'ambito dei Comitati appositamente costituiti. L'impostazione assunta è derivata dalla constatazione delle caratteristiche intrinseche dei temi trattati. Gestire i rischi naturali non è una questione di semplice soluzione; non sono pochi gli attori coinvolti e gli strumenti necessari, non sono *usable* strumenti razionali che possano tener conto di tutte le variabili. I

settori coinvolti sono molteplici, in riferimento ai diversi livelli territoriali di pertinenza, con aspettative e necessità di risposte diverse anche rispetto a problemi comuni. Affrontare il tema dei rischi naturali necessita di indirizzi precisi, di attività concrete, di interventi, ma anche di quadri strategici di approccio, atti a cogliere sinergie tra campi disciplinari ed istituzioni di differente entità. Significa valutare la situazione esistente, mettere in comune un patrimonio conoscitivo di base sulle dinamiche territoriali e sulla pericolosità (secondo le diverse tipologie di rischio) dell'ambito considerato, ma significa anche considerare le prospettive di sviluppo futuro e determinare interventi "sostenibili" e scelte prioritarie. L'esperienza di GERIA ha messo in luce un problema che non può essere trattato in termini settoriali. Prendere decisioni significa confrontarsi con limiti sia ambientali che amministrativi. La visione trasfrontaliera, tipica di INTERREG, ha amplificato tali difficoltà e nel contempo ha reso più stimolante e significativo il campo di indagine. Individuare percorsi comuni possibili, confrontare ruoli istituzionali, strumenti consolidati ed innovativi, prospettive di sviluppo introdotte a livello comunitario, nazionale, regionale e locale, ha comportato la conoscenza del sistema delle metodologie affrontate in Italia e in Francia ed ha consentito di trovare percorsi comuni, da realizzare sia a livello pianificatorio che operativo. In tale contesto si sono confrontate le modalità sia di prevenzione che di gestione della crisi, dell'emergenza e del post-evento. Quale presupposto di base si è considerato il tema dei rischi come trasversale a diversi settori di intervento, costitutivo ed intrinseco alle caratteristiche proprie di un territorio, alla sua identità. Ciò significa guardare alle "aree sensibili" secondo una logica non di vincolo ma di sviluppo. Un ambito in cui concentrare risorse e porre in essere azioni atte a "rafforzare", sia a livello fisico che gestionale, il sistema territoriale e le sue potenzialità funzionali ed economiche rispetto a possibili accadimenti. Alla base delle azioni politiche e gestionali è necessario porre a sistema il patrimonio conoscitivo dell'area in esame in modo da poter orientare piani e programmi verso efficaci azioni di mitigazione.

Il problema si sposta nel più generale quadro del "governo del territorio" ed investe il tema degli strumenti urbanistici. Non è questa la sede per affrontare un argomento di indubbia attualità ed interesse ma la cui trattazione richiederebbe una ben più specifica ed ampia disamina. Bastino due essenziali considerazioni.

Inequivocabile è la necessità di uno stretto collegamento tra piani di protezione civile e piani urbanistici. Questi ultimi, infatti, devono adeguatamente recepire le istanze di "messa in sicurezza" del territorio, disciplinandone coerentemente le modalità d'uso.

La limitatezza delle risorse peraltro pone l'obbligo di scelte prioritarie in merito alle possibilità di intervento. Il "decisore" (amministrazione pubblica) in ciò deve essere supportato da metodologie capaci di simulare gli effetti diretti ed indotti di tali scelte sul sistema territoriale in questione, in riferimento agli aspetti sia ambientali che insediativi e socio-economici. E' in tale direttrice che potrebbe essere orientato lo sviluppo della ricerca scientifica nel settore dei rischi naturali. Si tratta di utilizzare anche DSS ( Decision Support Sistem) che sappiano correlare i diversi elementi costitutivi del sistema in esame, determinandone le interdipendenze funzionali ed economiche. Sistemi che devono essere sufficientemente esaustivi quanto a "categorie", "parametri" ed "indicatori" considerati e nel contempo flessibili nelle modalità di utilizzo ed adattabili ai possibili mutamenti di situazioni locali. Ne deriva un quadro complesso, che chiama in causa tecniche e metodologie non ancora testate, quantomeno in termini integrati ed alle necessarie scale di riferimento, nei processi decisionali afferenti la messa in sicurezza del territorio. E' in conformità a tali considerazioni che è stata sviluppata l'impostazione metodologica del progetto GERIA. Impostazione che intende trovare un suo ulteriore affinamento nel proseguo dell'attività di ricerca da parte delle equipe del progetto.

## Bibliografia essenziale

- B. J. McLoughlin, *La pianificazione urbana regionale. Un approccio sistemico*, Marsilio Editori, 1991
- E. Scandurra, *Teniche urbanistiche per la pianificazione del territorio*, CLUP 1987
- A. Chirico, E. Lissandrello, R. Minciardi, R. Sacile, E. Trasforini. *Network representation of territorial systems for management of natural hazards under uncertainty conditions. Proceedings of IFAC workshop on modeling and control in environmental issues*, pp 285-290. Yokohama, Japan, August 22-23 2001.
- B. De Marchi, Luigi Pellizzoni, Daniele Ungano, *Il rischio ambientale*, Il Mulino, 2001
- L. Fusco Girard, P. Nijkamp, *Le valutazioni per lo sviluppo sostenibile della città e del territorio*, Franco Angeli, 1997
- L. Fusco, B. Forte, *Città sostenibile e sviluppo umano*, Franco Angeli, 2000
- R. J. Johnston *Environmental problems: nature, economy and State*, Belhaven Press, 1992
- A. Chirico, A. Corsanego, G. Giorgini, G. Roggeri, P. Ugolini *Recupero, vulnerabilità e rischio sismico nei centri storici della Liguria*, Regione Liguria, FILSE, Comune di Sanremo, 1992
- E. D. Sanfilippo, *La Greca Piano e progetto nelle aree a rischio sismico*, Gangemi, 1995
- W. Fabietti *Progetti mirati e pianificazione strategica*, Gangemi, 1993
- W. Fabietti *Vulnerabilità e trasformazione dello spazio urbano*
- D. A. Schon *Il professionista riflessivo*, Edizioni Dedalo, 1993
- G. Fera, A. Riggio *Pianificazione territoriale e mitigazione del rischio sismico negli Stati Uniti*, Edizioni DEI, 1990
- G. Campos Venuti *Eventi sismici e piano territoriale provinciale*, *Urbanistica* 110, 1998
- P. Ugolini *Il rischio sismico nei processi di pianificazione e gestione del territorio*, Progetto URBAN SUD, Programma UE Leonardo Da Vinci, 1998
- Pietro Ugolini *Il Progetto GE.R.I.A. come risposta scientifica e metodologica alle esigenze di organico inserimento della protezione civile nella prassi della gestione del territorio* Relazione al Convegno "La Protezione Civile nel Duemila" Cooperazione Interfrontaliera Cuneo - Imperia - Nizza, Imperia, 28/29 Gennaio 2000
- Pietro Ugolini *Il rischio sismico come parte integrante della pianificazione del territorio: educazione di base alla protezione civile e formazione specialistica degli operatori*. Seminario su: "Beni Culturali e volontariato: come collaborare alla protezione civile del patrimonio nazionale", promosso dalla Fondazione Piaggio. Firenze, 28 Febbraio 2000
- Pietro Ugolini. "La gestione dei rischi ambientali nel territorio" n. 1 gennaio / febbraio 2000 (da pag. 20 a pag. 27) rivista "La Protezione Civile Italiana", Milano
- Pietro Ugolini. "La valutazione dei rischi naturali nei processi di riqualificazione nel territorio e della città esistente" n. 6 luglio / agosto 2000 (da pag. 48 a pag. 51) rivista "La Protezione Civile Italiana", Milano