

La collana cui appartiene il presente testo riporta, in termini sintetici, risultanze emerse nel corso del 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, promuovendone 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

GE.RI.A.

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 (vedere 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

Con più specifico riferimento al "momento dell'emergenza" nel presente dossier sono evidenziati taluni aspetti salienti dell'assetto organizzativo-gestionale della Protezione Civile. Sono altresì poste in evidenza criticità diffuse, riferibili principalmente alla situazione italiana. Nel merito, sulla base delle esperienze maturate nel progetto GERIA, sono fornite indicazioni propositive nei differenti campi di azione, al fine di perseguire negli stessi maggiori livelli di efficacia. Dette indicazioni sono riferibili sia alla gestione della possibile emergenza che, più in generale, alle azioni di prevenzione e mitigazione dei rischi.

Pietro Ugolini

GE.RI.A.

Comitato di Gestione (Università di Genova)

Coordinamento scientifico: Prof. Pietro Ugolini

Giorgio Roth	CIMA	Rischio idrogeologico; ingegneria ecologica
Riccardo Minciardi	CIMA Modellistica	Modellistica matematica, strumenti informatici e tecniche decisionali; metodiche di mappatura dei rischi ambientali; determinazione di scenari di rischio
Pietro Ugolini	CIMA/D.E.U.I. M	Aspetti pianificatori, gestionali e normativi a livello urbano e territoriale. Vulnerabilità sistemica.
Antonio Chirico	D.E.U.I.M	
Claudio Eva	DIP.TE.RIS	Valutazione della pericolosità sismica; analisi ai fini della determinazione di scenari di rischio; sperimentazione di tecniche speditive di microzonazione
Sergio Lagomarsino	D.I.S.E.G.	Vulnerabilità sismica degli insediamenti e delle infrastrutture, del costruito e del patrimonio storico e monumentale; vulnerabilità fisica
Roberto Passalacqua	D.I.S.E.G.	Aspetti di geotecnica, per la difesa del suolo

Comitato Referente – Regione Liguria

Responsabili: Ing. Mario Fracchia

Ing. Stefano Massone

Referente regionale: Dott.ssa Giovanna Gorziglia

Mario Fracchia	Assetto del Territorio e controllo tecnico
Stefano Massone	Assetto del Territorio e controllo tecnico
Giovanna Gorziglia	Assetto del Territorio e controllo tecnico
Daniela Minetti	Politiche e Programmi Ambientali
Sergio TorreLaura Levi	Edilizia Abitativa e Scolastica
Gianni Gaggero	Pianificazione Territoriale
Antonino Rossi	Urbanistica
Giuseppe Stoppelli	Ispettorato Funzioni Agricole
Anna Cerrato	Sistemi Informatici
Anna Doris Genesin	Protezione Civile
Gianfilippo Micillo	Corpo Forestale dello Stato Coordinamento Provinciale Imperia

COMITATO DI PILOTAGGIO	
Funzioni: Sede di promozione ed organico coinvolgimento della realtà locale. Ambito di competenza e riferimento di scelte pianificatorie e gestionali dei territori considerati	
ITALIA	FRANCIA
COMPOSIZIONE	COMPOSIZIONE
Presidenza	Prefecture (Direction de la Protection Civile)
Provincia di Imperia	Conseil General des Alpes Maritimes
Componenti	Conseil Regional Provence Alpes Cote d'Azur
Regione Liguria	Communes concernees par le projet
Comune di Cervo	DATAR
Comune di Imperia	DIREN- Direction de l'Environnement
Comune di Sanremo	DRIRE - Direction Régionale Régionale de L'Industrie de la recherche et de l'Environnement
Comune di Taggia	DRAF - Direction Régionale de l'Agriculture et des Foretes
Comune di Ventimiglia	DDAF – Direction Departementale Régionale de l'Agriculture et des Foretes
Aderenti	DRE - - Direction Régionale Régionale de l'Environnement
Comunità Montane (n. 2) C. M. Intemelia C. M. Argentina-Armea	DDE - Direction Départementale de l'Equipement
Comuni (n. 46) Airole, Apricale, Badalucco, Baiardo, Bordighera, Borgomaro, Camporosso, Carpasio, Castellaro, Ceriana, Chiusanico, Chiusavecchia, Cipressa, Civezza, Costarainera, Diano Arentino, Diano Castello, Diano Marina, Diano San Pietro, Dolceacqua, Dolcedo, Isolabona, Lucinasco, Montaldo Ligure, Olivetta San Michele, Ospedaletti, Perinaldo, Pietrabruna, Pontedassio, Prela', Riva Ligure, Rocchetta Nervina, San Bartolomeo Al Mare, San Lorenzo Al Mare, Santo Stefano Al Mare, Seborga, Soldano, Terzorio, Vallebona, Vasia, Villa Faraldi.	DD SIS – Direction Départementale des Services d'Incendies et de Secours
	DDASS – Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales
	CIRCOSC de Vallabre
	ONF – Office National des Forets
	METEO FRANCE

Comitati costituiti nell'ambito del Progetto GERIA

Indice

<i>INDICE</i>	5
<i>INTRODUZIONE</i>	6
<i>PARTE PRIMA:</i>	8
ASPETTI METODOLOGICI PER L'ANALISI DI VULNERABILITÀ SISTEMICA	8
1. CENNI AL METODO ED ANALISI DI VULNERABILITÀ SISTEMICA.....	8
1.1 RICHIAMI RELATIVI AL METODO DI LETTURA ED ANALISI DEL SISTEMA TERRITORIALE DI RIFERIMENTO.....	8
1.2 RICHIAMI AL METODO DI ANALISI DELLA VULNERABILITÀ SISTEMICA.....	12
<i>PARTE SECONDA:</i>	15
APPLICAZIONE DELL'ANALISI DI VULNERABILITÀ SISTEMICA	15
2. IL CASO APPLICATIVO NELL'AREA SPECIFICA DEL PROGETTO GE.RI.A.: LA REGIONE TRANSFRONTALIERA DEL BACINO IDROGRAFICO DEL ROJA.....	15
2.1 IDENTIFICAZIONE DELLE ENTITÀ TERRITORIALI IN VALLE ROJA	15
2.2 SCELTA DELLE CURVE DI INFLUENZA	21
<i>PARTE TERZA:</i>	23
VALUTAZIONI DI VULNERABILITÀ SISTEMICA NEL CASO DI SOLLECITAZIONE IDRAULICA IN VALLE ROJA	23
3. VALUTAZIONE DELL'INTEGRITÀ FUNZIONALE DELLE ENTITÀ E DELLA PERDITA DI FUNZIONALITÀ INDOTTA IN CASO DI SOLLECITAZIONE IDRAULICA	23
3.1 INQUADRAMENTO DELLE FASI DI LAVORO.....	23
3.2 ANALISI DELLE ENTITÀ PUNTUALI E LINEARI INTERESSATE DALLA SOLLECITAZIONE IDRAULICA: VALORI DI FUNZIONALITÀ ORDINARIA E RESIDUA	26
<i>PARTE QUARTA:</i>	34
VALUTAZIONI DI VULNERABILITÀ SISTEMICA NEL CASO DI SOLLECITAZIONE SISMICA IN VALLE ROJA	34
4. VALUTAZIONE DELL'INTEGRITÀ FUNZIONALE DELLE ENTITÀ E DELLA PERDITA DI FUNZIONALITÀ INDOTTA IN CASO DI SOLLECITAZIONE SISMICA.....	34
4.1 INQUADRAMENTO DELLE FASI DI LAVORO.....	34
4.2 INQUADRAMENTO DEI RISULTATI OTTENUTI NELLA PROCEDURA DI VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITÀ SISTEMICA NEL CASO DI SOLLECITAZIONE SISMICA	36
4.3 RISULTATI DELL'ANALISI APPLICATI ALL'ANALISI TERRITORIALE	37
<i>BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE</i>	41

Introduzione

di Pietro Ugolini

Lo sviluppo di uno specifico studio relativo alla vulnerabilità sistemica ha costituito, fin dai presupposti metodologici assunti dal Progetto Ge.Ri.A., una delle principali linee innovative, mirate ad integrare le diverse tipologie di rischi naturali (sismico, idrologico, da frane, da incendi) applicandole ad una lettura del territorio che sappia coglierne le dinamiche funzionali ed interrelazionali. Si tratta di un'esperienza sperimentale realizzata nell'area transfrontaliera del bacino idrografico del Roja (fig.1). Il presente dossier intende illustrare, sia pure sinteticamente, gli aspetti più caratterizzanti di tale esperienza.

Figura 1: Area specifica di riferimento del Progetto GERIA

Lo studio è partito da una lettura del territorio (indagine di esposizione riferita ai sistemi funzionali esistenti) e ha sviluppato uno studio di vulnerabilità idrologica e sismica relativamente ai principali elementi territoriali che possono essere "bersagli" di possibili danneggiamenti a seguito della sopravvenienza di un evento calamitoso ipotizzato. Previa determinazione e simulazione di appositi scenari la procedura di modellazione ha portato anche alla definizione di possibili rischi indotti. Il processo ha portato quindi ad individuare le entità territoriali sulle quali, da una parte, orientare indagini specifiche e di dettaglio atte ad individuare interventi di mitigazione, dall'altra programmare priorità di intervento da parte dei settori di competenza.

Il presente dossier riporta le fasi essenziali di tale processo.

L'impostazione metodologica adottata è partita da una lettura territoriale semplificata, nella quale sono stati recepiti elementi conoscitivi di pari livello di significatività e congruenza.

Tra gli aspetti innovativi dell'attività svolta va evidenziato il passaggio di scala del concetto di vulnerabilità (dal manufatto al sistema territoriale) e della conseguente visione "dinamica" dei differenti fattori ambientali ed antropici tra loro interrelati in termini di funzionalità sia generale che specifica.

Una modellazione matematica, volta a simulare un processo reale fondato su correlazioni numerose e complesse tra entità differenti, in termini sia fisici che funzionali, implica l'esigenza di un certo grado di "astrazione" dalla realtà in esame. Si tratta cioè di saper individuare i diversi gradi di incisività degli aspetti trattati, rispetto alla dinamica dello scenario in osservazione, individuando funzioni matematiche che ne simulino, sia pure approssimativamente, gli effetti.

Nella gestione dei sistemi ambientali, il cui comportamento è caratterizzato da un alto grado di incertezza, molti studi hanno seguito un approccio di modellazione dei sistemi basato sulla "teoria dei diagrammi di influenza" (Varis, 1997). Poiché la funzionalità di un sistema territoriale complesso può essere assimilata a quella di un sistema ambientale, si è scelto di proporre una metodologia basata sulla schematizzazione delle funzioni territoriali attraverso l'utilizzo di un diagramma di influenza. Tale diagramma è esprimibile tramite un grafo, in cui i nodi rappresentano diverse tipologie di entità caratterizzate da una significativa importanza funzionale per l'ambito territoriale, mentre gli archi riproducono le relazioni funzionali tra le diverse entità. L'individuazione degli elementi territoriali sul territorio rappresenta quindi una fase particolarmente delicata del processo proposto, in quanto deve permettere una lettura semplice ma nel contempo esaustiva, quindi sinteticamente rappresentativa, della realtà territoriale esaminata.

Tali necessità hanno portato ad una concreta integrazione-interpretazione di competenze disciplinari diverse, permettendo lo sviluppo della metodologia di valutazione illustrata di seguito ed applicata al caso studio dell'area transfrontaliera del bacino del Roja.

Per permettere un'agevole lettura del lavoro svolto il presente dossier è stato suddiviso in quattro parti. Nella prima parte sono stati analizzati i concetti che stanno alla base della

procedura di valutazione della vulnerabilità sistemica. Come si potrà facilmente notare, è stato necessario un notevole impegno per elaborare una struttura concettuale atta a descrivere, in maniera il più possibile aderente alla realtà, il sistema territoriale preso in esame, ma che potesse allo stesso tempo ben adattarsi alle caratterizzazioni ed alle esigenze di tutte le diverse discipline coinvolte.

Nelle successive sezioni del dossier, invece, sono stati riportati i risultati ottenuti applicando la procedura precedentemente descritta ai casi di sollecitazione idraulica e sismica. Si evidenzia, in particolare, l'impegno profuso per uniformare il più possibile le informazioni elaborate, in modo da poter giungere a conclusioni che fossero, per quanto possibile, tra loro congruenti.

Parte prima:

Aspetti metodologici per l'analisi di vulnerabilità sistemica

1. Cenni al metodo ed analisi di vulnerabilità sistemica

Equipe: CIMA-DEUIM e CIMA-Modellistica

1.1 Richiami relativi al metodo di lettura ed analisi del sistema territoriale di riferimento

Equipe: CIMA-DEUIM

L'approccio sistemico¹ rappresenta uno dei metodi maggiormente utilizzati nella descrizione delle caratteristiche, dei probabili livelli e dei meccanismi di relazione fra gli elementi di un sistema territoriale o urbano.

Per quanto riguarda la valutazione della vulnerabilità di un sistema territoriale il passaggio di scala dall'analisi del singolo manufatto all'insediamento ed al territorio, costituisce una questione assai problematica. In questo caso infatti si manifestano una serie di difficoltà, di tipo concettuale ed operativo, che dipendono dalla complessità della realtà nella quale numerosi sono gli elementi che tendono ad accrescere la vulnerabilità dei singoli oggetti e molteplici le relazioni tra gli oggetti medesimi. La differenza sostanziale tra i due tipi di approccio, l'uno diretto alla vulnerabilità dell'edificio e l'altro a quella urbana o territoriale, risiede principalmente nel fatto che, nel secondo caso, l'analisi non può prescindere dal considerare l'oggetto di studio come un sistema, o meglio, l'insieme di più sistemi.

La lettura del sistema territoriale in questo caso consiste nell'identificare, da una parte, le sue componenti e dall'altra le sue connessioni od interazioni. Tale analisi si basa sull'individuazione delle funzionalità esistenti 'quelle che tendono ad avvenire ed a ripetersi in specifiche localizzazioni od all'interno di particolari zone od aree'.

L'approccio d'area vasta, consente di individuare zone territoriali critiche in relazione ai rischi e questo fatto può assumere particolare significatività a livello regionale permettendo azioni di programmazione di interventi che attengono a diversi settori, avendo effetti di tipo gestionale e normativo volti alla tutela del territorio. Per tale motivo, quanto più le metodologie di valutazione della vulnerabilità sistemica riescono ad individuare i nodi critici di tali sistemi di relazione, tanto più l'analisi che ne discende può costituire un supporto per la formulazione di scenari e per la definizione dei relativi interventi di protezione.

L'analisi dell'impatto di un fenomeno naturale su un territorio non è infatti circoscrivibile ad un danno puramente fisico ma anche alle ripercussioni di questo sul funzionamento dell'intero sistema territoriale. Tale concetto costituisce il nodo essenziale di unione tra la vulnerabilità del costruito e le azioni decisionali di pianificazione mirate alla creazione, al potenziamento, al trasferimento di funzioni sul territorio. Partendo da tale assunto, è necessario effettuare una prima individuazione delle componenti funzionali di tale sistema operando una semplificazione in merito agli elementi/categorie che lo compongono: gli aggregati insediativi (offerta di residenza), i poli specialistici (offerta di servizi), i sistemi a rete (offerta di mobilità) all'interno di un ambito territoriale di riferimento. In tal senso la metodologia messa a punto si riferisce agli ambiti di bacino idrografico di livello regionale individuati istituzionalmente con LR 9/'93,

¹ "Viene definito in primo luogo un insieme come una collezione di oggetti, ed elemento dell'insieme, ognuno dei singoli oggetti che lo compongono. Un insieme in grado di perseguire un obiettivo e di svolgere una funzione, mediante la interrelazione fra i suoi elementi, viene definito sistema".

al fine di determinare un criterio di lettura del territorio applicabile alla realtà ligure, permettendo la configurazione di un metodo 'riproducibile' e riferibile ad una scala di indagine definita.

Nello studio applicativo messo a punto per il bacino idrografico del Roja, data la rilevanza transfrontaliera, il sistema territoriale individuato e' stato costruito sulla base di gruppi funzionali omogenei (nel seguito definiti entità o elementi territoriali) e sulla base delle reciproche influenze che tra di essi si sviluppano.

1.1.1 L'interpretazione del concetto di vulnerabilità sistemica

Il principio attraverso il quale si sviluppa la lettura di un sistema territoriale è la dinamicità con la quale si stabiliscono i collegamenti tra le diverse componenti.

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 e ponendo di assumere tale scomposizione, è possibile riconoscere come sottosistemi (di seguito denominati entità) i 'gruppi funzionali' univocamente individuati e mutuamente connessi funzionalmente.

Tale riconoscimento permette di risalire ad un duplice e conseguente risultato: l'individuazione delle relazioni funzionali, desunte dalla considerazione di attributi relativi alle diverse entità (allo scopo di individuarne le incidenze di natura funzionale, prestazionale e di definirne le relazioni di mutua influenza); la valutazione della vulnerabilità fisica e funzionale di ciascun gruppo omogeneo 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 1.1: Finalità della lettura ed analisi del sistema territoriale

Sulla base della funzione assunta dalle differenti entità individuate, sono definiti gli attributi di base per la determinazione dei sottosistemi significativi a livello territoriale. In questa fase, è stata posta particolare attenzione anche alla consistenza fisica delle entità in esame, riconducibile essenzialmente a tre tipologie: aree (entità areali), edifici (entità puntuali) e strade (entità lineari). Tale semplificazione è tesa a individuare e tener conto del fatto che la valutazione dovrà porre in relazione e sintetizzare dati disomogenei per produrre informazioni utili a rendere le scelte più coerenti con gli obiettivi perseguibili dalla realtà locale.

1.1.2 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 antropiche e dell'ambiente costruito quali i nuclei e i tessuti. Gli attributi esaminati per l'individuazione di tale tipologia di elementi territoriali si riferiscono alla popolazione (peso insediativo, flussi turistici, seconde case), alla presenza di attività economiche e produttive diffuse e di servizi pubblici e privati e, infine, alle caratteristiche del patrimonio immobiliare. In tal senso l'individuazione di questo tipo di entità risulta, ai fini del presente lavoro, assai rilevante. Esse infatti sono le aree maggiormente "sensibili" in caso di eventi calamitosi di origine naturale in quanto, oltre a svolgere una funzione prevalentemente abitativa, organizzano il sistema territoriale nel suo insieme, influenzando sia la viabilità che l'attività delle polarità specialistiche di cui costituiscono i principali bacini di utenza.

Figura 1.2: 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.

Sono considerate entità puntuali (EP) del sistema funzionale 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 stradale 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 fare riferimento a grandezze quantitative come i flussi di traffico presenti ed i fenomeni di pendolarismo di persone e merci.

Procedendo ad una elaborazione 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).

Figura 1.3: Esempio di definizione degli attributi considerati per la valutazione del livello di funzionalità ordinaria

1.1.3 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 propri di ciascun gruppo funzionale. Vista la natura notevolmente diversificata di tali caratteristiche, si sono poi stabiliti criteri differenti per la loro valutazione. In riferimento alla componente territoriale esaminata, i parametri esaminati sono stati aggregati 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 per ogni entità, in base alla rilevanza che questa assume nel sistema considerato.

Figura 1.4: 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 ciascuna categoria individuata. Quindi per ogni tipologia di entità (EAI, EL, EP) sono definiti specifici principi di valutazione e sei livelli di funzionalità ordinaria elaborati secondo metodi differenti e comunque sempre connessi alla realtà in esame.

Si riportano, in figura 1.5, a titolo di esempio, i sei livelli definiti per le EAI, rimandando i criteri stabiliti per le EL e EP al caso applicativo della Valle Roja, in modo da sottolineare la necessità di elaborare metodi di valutazione specifici in relazione alla realtà territoriale esaminata.

Figura 1.5: 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 1.6: *I sei livelli di funzionalità ordinarie riferite alle diverse tipologie di entità e rappresentate tramite un grafo*

1.1.4 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. Per giungere a quest'ultima determinazione è indispensabile, conseguentemente alla lettura dell'esposizione, riferirsi ad uno specifico studio dell'integrità fisica delle entità (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 di quegli elementi che influenzano in modo primario il funzionamento del sistema territoriale nel suo insieme. Ai fini del presente studio, che, come precedentemente ricordato, parte dall'analisi del funzionamento degli elementi territoriali presenti in una determinata area, sono state specificatamente analizzate solo le influenze che si sviluppano tra quelli che hanno 'legami funzionali' e non fisici.

Figura 1.7: *Definizione delle mutue influenze considerate oggetto di analisi nel presente studio*

Tale scelta deriva da 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 i danni fisici 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 possono sviluppare tra elementi territoriali appartenenti sia alla medesima che a categorie differenti.

Nel primo caso (entità appartenenti allo stesso gruppo funzionale) la mutua influenza è stata valutata secondo cinque livelli.

Un tessuto urbano denso di attività di connettivo nei cui pressi si trovano nuclei isolati, quasi prevalentemente caratterizzati da una funzione residenziale (di scarsa rilevanza, quindi, da un punto di vista funzionale), eserciterà su questi ultimi una forte influenza in ragione del suo alto livello di funzionalità (Lfo) rispetto al sistema territoriale di riferimento.

È quindi possibile, ad una prima lettura, individuare i tipi di rapporto tra elementi omologhi tenendo conto della funzionalità ordinaria e dell'esistenza di rami di collegamento stradali tra esse. 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 il solo livello di funzionalità ordinaria dei singoli gruppi funzionali non sia sufficiente a definirne le mutue influenze, ma che vi sia la necessità di ricorrere al rapporto tra i

differenti indici considerati e la presenza di una contiguità o di un collegamento stradale tra di essi.

Figura 1.8: *Prima lettura delle mutue influenze considerate oggetto di analisi nel presente studio*

Tale metodo ha permesso di individuare le relazioni di interdipendenza che si sviluppano tra entità che presentano lo stesso livello di funzionalità ordinaria (*Ifo*) individuando quali di esse risultano essere condizionate e quali condizionanti.

Figura 1.9 *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 individuabili 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 numeri riportati in ogni spazio esprimono quanto dette entità (alternativamente condizionate e condizionanti) siano mutuamente connesse. L'esempio riportato, relativo alle EAI, risulta valido anche nel caso delle EL e EP.

Figura 1.10 *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 è necessario ricordare che la metodologia sviluppata si è riferita prioritariamente all'analisi delle caratteristiche funzionali del sistema territoriale. Si è 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 EL ed EAI (ciò significa che la perdita di funzionalità di una strada incide sul *working* di un aggregato insediativo), tra EL ed EP e tra queste ultime e le EL. Nel presente studio è stato studiato prevalentemente questo tipo di influenze. Per quanto riguarda altre incidenze tra differenti tipologie di elementi è necessario scendere ad un'analisi di maggiore dettaglio rispetto all'area vasta di riferimento giungendo a valutazioni di vulnerabilità fisica indotta. Un esempio a questo riguardo può essere rappresentato dal caso dell'influenza di un aggregato urbano su di una strada; questa dipende sostanzialmente dalla conformazione morfologica dell'abitato e dalla vulnerabilità fisica dell'insediamento stesso e non dalla natura strettamente funzionale della relazione. Quest'ultimo aspetto dipende dal ruolo ricoperto dal tratto viario in questione che può alternativamente assumere il ruolo di asse centrale o di passaggio al di fuori del centro urbano.

Ai fini del presente studio, la valutazione 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. Per un maggior dettaglio su tale aspetto, si rimanda all'analisi elaborata per il caso applicativo alla Valle Roja.

1.2 Richiami al metodo di analisi della vulnerabilità sistemica

Equipe: CIMA-Modellistica

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 naturali) e si basa sull'identificazione sul territorio delle principali entità (elementi che svolgono una funzione territoriale) e delle relazioni tra loro intercorrenti.

Un diagramma di influenza (Howard e Matheson, 1984; Schachter, 1986, 1988; Shenoy, 1992) è una semplice rappresentazione grafica di problemi 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 (Clemen, 1996). Questi oggetti possono essere visti come nodi in un grafo, connessi tramite archi.

Nella definizione della metodologia proposta per il progetto Ge.Ri.A. si è scelto di utilizzare un modello ispirato alla teoria dei diagrammi di influenza, ma semplificato nella formulazione generale. In tale ambito, infatti, si è scelto di utilizzare una sola tipologia di oggetti, ovvero di nodi del grafo. Tali nodi rappresentano entità fisiche e/o funzionali caratterizzate da una significativa importanza per motivi intrinseci o funzionali, mentre gli archi (orientati) tra essi intercorrenti 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. L'identificazione di queste entità è il primo passo che deve essere affrontato per arrivare a determinare una corretta rappresentazione del territorio considerato. Sebbene i nodi individuabili sul territorio possono essere tra loro molto eterogenei, le caratteristiche che si vogliono indagare in questo studio sono sempre analoghe e riguardano la capacità di reagire alle sollecitazioni (dirette e indirette) e la propensione ad influenzare e ad essere influenzati dal resto del sistema territoriale; per tale motivo è sembrato superfluo adottare la schematizzazione propria dei diagrammi di influenza, in cui ogni tipologia di elemento decisionale è rappresentato in maniera particolare, e si è scelto di utilizzare un unico oggetto grafico per ogni tipologia di elemento territoriale individuabile.

Gli archi di tale grafo indicano la presenza di una interazione tra due differenti entità. In figura 1.11 è mostrata la rappresentazione tramite grafo di influenza di un semplice sistema territoriale. Per ogni tipologia di rischio naturale considerato e per ogni nodo individuato sul territorio, deve essere quantificata la sollecitazione 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 dall'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). 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 ipotizzare che l'andamento sia sempre analogo, presentando sempre una saturazione asintotica, cioè un valore oltre al quale tende 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.

Figura 1.11 *Rappresentazione di un semplice sistema territoriale, in cui 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).*

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. E' 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 la condizionano.

In questo contesto si è deciso di descrivere in maniera semplificata le relazioni intercorrenti tra le entità territoriali, ipotizzando che un'entità sia pienamente funzionante solo se tutte le entità che la condizionano sono pienamente funzionali e se l'entità in gioco ha una piena integrità fisica; tale tipo di legame può essere tradotto 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 formalizzazione è quella che alcune entità possono essere coinvolte solo in condizionamenti secondari, mentre altri condizionamenti sono di tipo più essenziale. Per superare questa obiezione si possono considerare non tanto i livelli di integrità delle entità condizionanti, quanto funzioni, opportunamente definite, di tali parametri, il cui andamento dipende dall'intensità dell'influenza che si sta considerando. 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. 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.

Parte seconda:

Applicazione dell'analisi di vulnerabilità sistemica

2. Il caso applicativo nell'area specifica del Progetto Ge.Ri.A.: la regione transfrontaliera del bacino idrografico del Roja

Equipe: CIMA-DEUIM e CIMA-Modellistica

Il punto di partenza per successive valutazioni di vulnerabilità sistemica è stata l'individuazione di entità (aggregati insediativi EAI, polarità specialistiche EP ed entità lineari EL) significative nell'area specifica del Progetto GERIA (Valle Roja) sulla base delle indicazioni recepite e fornite durante la fase di ricognizione dell'esistente (Fase A del Progetto GERIA). A tali indicazioni sono seguite gerarchizzazioni fondate sui livelli di funzionalità dei singoli gruppi funzionali individuati. Successive valutazioni hanno portato all'individuazione di un indice insediativo ed un indice di funzionalità relativa che sono stati considerati i parametri con cui 'pesare' le relazioni di dipendenza tra le diverse entità territoriali.

2.1 Identificazione delle entità territoriali in Valle Roja

Equipe: CIMA-DEUIM

L'analisi svolta sul caso di studio della Valle Roja è partita dall'individuazione delle entità di tipo aggregati insediativi (EAI) che costituiscono le principali "aree bersaglio" di danneggiamenti al verificarsi di eventi di origine naturale. Come sottolineato nella parte metodologica precedentemente illustrata, esse consistono in porzioni omogenee di insediamenti aggregati a funzione prevalentemente residenziale ed integrati da funzioni di "connettivo urbano", cioè da quell'insieme di funzioni sussidiarie e caratterizzanti in senso urbano la residenza (ad esempio, commercio al minuto, uffici, esercizi pubblici, ecc). Tali tipologie di entità, sebbene svolgano una funzione prevalentemente abitativa, organizzano anche il sistema territoriale nel suo insieme, influenzando gli spostamenti della popolazione. Le EAI sono quindi le aree che generano ed influenzano le relazioni con altre tipologie di entità (di tipo lineare e puntuale) per il ruolo che esse svolgono all'interno del bacino del Roja. Per le entità costituite da polarità specialistiche, i tessuti insediativi rappresentano i bacini di utenza di riferimento influenzandone quindi il grado di funzionalità.

Una prima analisi del sistema abitativo è stata condotta esaminando alcuni documenti di pianificazione d'area vasta, in particolare il Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico (nuclei isolati, tessuto urbano, insediamenti diffusi) e la mosaicatura degli strumenti urbanistici. Sono quindi emerse da tale studio le zone che, ad una prima lettura, costituivano le aree insediative del sistema.

Nell'ambito del bacino idrografico del Roja, scelto come area specifica di indagine, le zone NI (nuclei isolati) ed ID (insediamenti diffusi) nonché le aree TU dell'assetto insediativo del PTCP relazionate alla rete viabilistica esistente sono state la base di riferimento per l'individuazione delle EAI. Queste sono state poi distinte in due differenti categorie, sulla base del loro ruolo in relazione alle reti di collegamento locali, in nodi-aggregati-urbani ed aggregati-urbani.

I nodi-aggregati-urbani (NAU) indicano non soltanto la presenza di un nucleo o tessuto individuato e riconosciuto come area a vocazione insediativa autonoma ma costituiscono anche nodi viabilistici singolari o complessi nella struttura dei collegamenti territoriali. Gli aggregati urbani (AU) costituiscono, invece, le zone rappresentative di un nucleo o tessuto individuato e

riconosciuto come area insediativa autonoma e quindi nodi terminali nella struttura dei collegamenti territoriali. Alle NAU ed AU sono state attribuite caratteristiche di base relative alle loro funzioni prevalenti che, soprattutto per gli aggregati insediativi dell'entroterra, sono quasi esclusivamente limitate alla residenza con funzioni di connettivo urbano di ridotta rilevanza. Tali determinazioni sono state desunte in relazione all'esame della consistenza e dell'uso del patrimonio immobiliare (% abitazioni e stanze occupate sul totale, indice di affollamento, peso insediativo), dei servizi presenti (pubblica istruzione, di interesse comune, spazi pubblici attrezzati), della ricettività turistica, delle unità locali di tipo produttivo e commerciale. Tre località nel territorio francese (Piene Basse e Sospel per la parte a monte e Garavan per la zona costiera) costituiscono, nel modello territoriale assunto, le polarità di connessione con il sistema transfrontaliero di influenza.

Figura 2.1 La Valle Roja, individuazione delle aree aggregati insediativi e della rete viabilistica

Un'analisi particolarmente approfondita ha riguardato, inoltre, il territorio comunale di Ventimiglia in quanto qui si concentrano, in una struttura insediativa complessa, funzioni di scala territoriale con una ricca articolazione di attività sia con carattere di aggregato che di polarità funzionali specialistiche. L'area costiera, fortemente urbanizzata, costituisce infatti, nel modello territoriale d'area vasta, il centro gravitazionale del sub-sistema del bacino della Valle Roja. I criteri applicati per la definizione delle aree NAU sono stati integrati da metodi di indagine tipo-morfologica dell'ambiente costruito in cui le discontinuità spaziali e di evoluzione insediativa riscontrate corrispondono a sensibili ripartizioni funzionali urbane.

Figura 2.2 Individuazione delle aree NAU ed AU nell'ambito dell'area urbana di Ventimiglia, per differente tipologia di tessuto e di funzione prevalente

Così come riportato nel grafo sintetico di riferimento, si evidenzia, nel contesto urbano di Ventimiglia, la presenza di una pluralità di nodi urbani NAU in modo particolarmente concentrato. In tale assetto assumono particolarmente rilevanza anche gli assi portanti del sistema stradale transfrontaliero (basato sulle aste della SS1 per la zona costiera e sulla SS20 per l'entroterra). L'individuazione dei nodi NAU all'interno del tessuto urbano di Ventimiglia si appoggia sulla definizione di dodici aree urbane (TU) connotate da una funzione prevalente (residenziale, servizi, polifunzionale, misto residenziale-agricolo).

Il passaggio determinante per la definizione di aree a prevalente carattere insediativo come entità (EAI) è stato rappresentato dalla precisazione di attributi per la valutazione delle stesse. Le conseguenti caratterizzazioni hanno reso possibile operare una sorta di 'discriminazione' che rendesse significativa una gerarchizzazione di tali aree relativamente al sistema territoriale considerato. Sono state quindi analizzate puntualmente le informazioni sulla popolazione residente e presente, sulle caratteristiche del patrimonio abitativo (secondo case) e sui flussi turistici; a partire da queste si è arrivati a desumere il peso insediativo di ciascuna area individuata (appositamente elaborato ricorrendo anche ai dati ISTAT, utilizzando le stesse modalità di calcolo impiegate nel PUC di Ventimiglia) e la presenza, quantitativa e qualitativa, delle attività diffuse di tipo produttivo, commerciale e di dotazione di servizi (dalla quale può essere desunta una funzionalità aggiuntiva rispetto alla sola residenza).

Fra le caratteristiche prese in considerazione allo scopo di caratterizzare le singole EAI figura inoltre la loro estensione (superficie territoriale). Da quest'ultima è stato desunto un indice di densità insediativa (ricavato dal peso insediativo pesato per ogni superficie considerata e riferito a livelli che lo rapportassero alla realtà locale della Valle Roja). In riferimento alla superficie territoriale è stata anche condotta un'indagine su parametri fisici (presenza di emergenze storico-architettoniche e paesistico-ambientali) e di parametri di funzionalità urbana (presenza e rilevanza di connettivo urbano, di attività di pubblica istruzione, di presidi di ordine pubblico e

di attività di interesse comune, di spazi pubblici attrezzati e di attrezzature ricettive) relativa alla singola area individuata.

Figura 2.3 *Attributi per la definizione delle EAI per la Valle Roja*

Per l'ambito territoriale in esame sono stati quindi considerati attributi specifici relativi alla definizione delle entità lineari (EL): parametri relativi ai flussi, alle caratteristiche geometriche, ed alla rilevanza territoriale. I parametri sui flussi sono stati desunti a partire dalla ripartizione dei pesi insediativi riguardanti le entità aggregati insediativi collegati. Tale determinazione è stata operata a fronte della mancanza di indicazioni specifiche riguardanti questo aspetto per i tratti comunali minori presenti nell'ambito considerato.

In seguito si sono desunti i criteri per arrivare a definire, anche per le EL, i criteri per la definizione di livelli di funzionalità ordinaria relativi all'ambito della Valle Roja.

Figura 2.4 *Attributi considerati per la definizione delle EL in Valle Roja*

2.1.1 *Il livello di funzionalità ordinario*

Per la valutazione dei livelli di funzionalità ordinaria, sono stati determinati due indici, rappresentativi sia delle caratteristiche insediative (indice insediativo), sia delle caratteristiche funzionali (indice di funzionalità), desunti dall'elaborazione di parametri qualitativi e quantitativi. Tale elaborazione è stata condotta utilizzando la maggior quantità possibile di attributi di carattere quantitativo resi disponibili, predisponendoli per definire livelli di soglia di tipo qualitativo.

DEFINIZIONE DEI CRITERI PER LA DEFINIZIONE DEI LIVELLI DI FUNZIONALITÀ ORDINARIA PER LE EAI IN VALLE ROJA	
LIVELLI DI FUNZIONALITÀ ORDINARIA	CRITERI DI VALUTAZIONE
Livello 1	Rappresentativo di tessuti aggregativi costituiti dai nuclei isolati localizzati in posizione strategica per la rete viabilistica esistente che presentano indici insediativi o indici di funzionalità poco rilevanti per la realtà in esame. Sono quindi aree generalmente poco estese, con indice insediativo ed indice di funzionalità entrambi bassi. LOCALITÀ DI TORRE OLIVETTA, BAUDETTE, SEALZA, CALVO E S. PANCRAZIO, TORRI, MORTOLA INFERIORE E MORTOLA SUPERIORE.
Livello 2	Rappresentativo di aree insediative costituite sia da nuclei isolati, sia da tessuti insediativi diffusi talvolta localizzati nelle aste terminali di percorrenze locali. Generalmente tali entità hanno livelli di indice insediativo maggiore rispetto al loro indice di funzionalità. AIROLE, TRUCCO, L'INSEDIAMENTO DI VENTIMIGLIA (A DESTRA DEL ROJA IN LOCALITÀ S. BERNARDO), L'INSEDIAMENTO DI VENTIMIGLIA (LOCALIZZATO A MONTE DELLA LINEA FERROVIARIA), BAUDETTE, BEVERA, VARESE E LATTE.
Livello 3	Rappresenta un livello medio agli aggregati insediativi dell'area del Roja, in genere è rappresentativo di entità che possiedono un indice insediativo minore rispetto all'indice di funzionalità. Generalmente tali aree sono costituite da insediamenti diffusi con presenza di connettivo urbano e di attività diffuse di rilevanza locale. LOCALITÀ DI ROVERINO, IL TESSUTO URBANO DI VENTIMIGLIA (LOCALIZZATO IN PROSSIMITÀ DELL'ARRIVO DELLA BRETTELLA AUTOSTRADALE) E LA LOCALITÀ DI S. LORENZO.
Livello 4	Rappresenta un livello medio rispetto agli aggregati insediativi dell'area del Roja, in genere è rappresentativo di entità che possiedono un indice insediativo minore rispetto all'indice di funzionalità. Generalmente tali aree includono aree costituite da nuclei isolati rilevanti e tessuti a carattere urbano. PER LE ENTITÀ CONSIDERATE IN VALLE ROJA SOLO L'ENTITÀ COSTITUITA DAL TESSUTO URBANO DI VENTIMIGLIA BASSA (LOCALIZZATA A LEVANTE DEL BACINO, VERSO BORDIGHERA) PRESENTA TALI CARATTERISTICHE.
Livello 5	Rappresentativo di entità che possiedono un indice insediativo alto per l'area in esame e un indice di funzionalità di livello medio-alto. Generalmente tali aree includono nuclei isolati rilevanti e tessuti a carattere urbano. PER LE ENTITÀ CONSIDERATE IN VALLE ROJA SOLO L'ENTITÀ COSTITUITA DAL CENTRO STORICO DI VENTIMIGLIA PRESENTA TALI CARATTERISTICHE.

Livello 6	Rappresentativo di entità che possiedono un indice insediativo alto per l'area in esame ed un indice di funzionalità di livello alto. Generalmente tali aree costituiscono esse stesse polarità funzionali con caratteristiche di tessuto urbano, denso di presenza di attività diffuse rilevanti a livello territoriale. PER LE ENTITA' CONSIDERATE IN VALLE ROJA SOLO L'ENTITA' COSTITUITA DAL TESSUTO CENTRALE DI VENTIMIGLIA PRESENTA TALI CARATTERISTICHE.
------------------	--

Figura 2.5 Definizione dei livelli di funzionalità ordinaria per le EAI in Valle Roja

La determinazione di questi due indici (“insediativo” e di “funzionalità”) è stato il passaggio fondamentale per arrivare a definire una gerarchizzazione in termini funzionali delle diverse entità per l’ambito considerato. L’analisi comparativa effettuata relativamente al peso di tali indici per le singole entità AI ha quindi portato alla definizione di un loro livello di funzionalità ordinaria all’interno dell’area esaminata. Tutti i parametri considerati sono stati intesi in rapporto alla oggettività della Valle Roja. Si tratta infatti di un territorio in cui sia i pesi insediativi delle agglomerazioni locali che le funzioni presenti risultano significativi soltanto se rapportati ad una realtà costituita da piccoli insediamenti sparsi con ‘salti di scala’ molto significativi. L’incidenza dell’indice insediativo e di quello di funzionalità, e la loro rilevanza per il sistema territoriale individuato, hanno portato alla definizione di un grado di funzionalità ordinaria, distinto in sei livelli, per ogni elemento considerato.

Figura 2.6 Definizione dei livelli di funzionalità ordinaria per le EAI in Valle Roja

La definizione della funzionalità ordinaria riferita alle entità lineari è stata conseguentemente elaborata sui tratti viabilistici di collegamento tra le EAI. Ai fini della presente ricerca, condotta su un sistema territoriale d’area vasta, i tratti riferiti alle aree interne alle aree abitative sono stati considerati come attributi delle EAI stesse. Dalle analisi delle entità lineari emergono le principali arterie di traffico sulle quali si articola il movimento di persone e merci nell’area territoriale considerata, comunque fitta di tratti minori comunali.

Le entità lineari della Valle Roja si articolano su due importanti percorrenze costituite, sulla linea di costa, dalla SS20 (Via Aurelia) che percorre l’intero aggregato insediativo di Ventimiglia e, verso l’entroterra, dall’asse della SS20 che collega le località minori a monte della Valle Roja. Su questa si innestano due tratti provinciali minori e numerose strade comunali.

Figura 2.7 Entità EL ed EP in Valle Roja

Figura 2.8 I sei livelli di funzionalità riferiti alle entità EAI, EL, EP in Valle Roja

2.1.2 Quantificazione delle influenze reciproche

I livelli di funzionalità ordinaria sono stati definiti in base all’incidenza dei parametri precedentemente esaminati e ‘pesati’ sulla realtà territoriale della Valle Roja. Tali livelli derivano da una valutazione del rapporto tra l’indice insediativo e l’indice di funzionalità relativamente ad ognuna delle entità considerate. Sulla base di questi è stato anche possibile valutare le influenze che si sviluppano tra le entità. Si è inoltre supposto che non sia il livello di funzionalità ordinaria a definire le mutue influenze tra le diverse entità omologhe, bensì il rapporto tra i due differenti indici considerati e la presenza di un collegamento stradale che le colleghi.

Figura 2.9 Indice insediativi

Figura 2.10 *Indice funzionalità*

Figura 2.11 *I sei livelli di funzionalità ordinaria delle EAI*

Un esempio che precisi questo concetto è dato da due entità ‘aggregati insediativi’ aventi lo stesso livello di funzionalità ordinaria ma indici (“insediativi” e di “funzionalità”) differenti; ciò significa che una di esse costituisce una EAI condizionante rispetto all’altra. A questo riguardo un caso esemplare può essere fornito dall’esame dell’influenza esistente tra le località di Roverino ed il tessuto urbano di Ventimiglia, localizzato in prossimità dell’arrivo della bretella autostradale. Questi due centri urbani presentano lo stesso livello di funzionalità ordinaria associato, però, a differenti valori dei due indici (“insediativo” e di “funzionalità”). Il risultato è che l’EAI di Ventimiglia, tenuto conto della contiguità dei due gruppi funzionali, “condiziona” la funzionalità di Roverino. Il caso esemplificativo sopra esposto esplicita il ragionamento logico che si è seguito per la valutazione delle mutue influenze tra entità aggregati insediativi. Si sono, in questo caso, considerati cinque livelli di seguito brevemente esposti.

DEFINIZIONE DEI CRITERI PER LA DEFINIZIONE DEI LIVELLI DI MUTUA INFLUENZA TRA ENTITA' AGGREGATI INSEDIATIVI	
LIVELLI DI FUNZIONALITA' ORDINARIA	CRITERI DI VALUTAZIONE
Livello 1	Rappresentativo di mutue influenze poco significative; si tratta di entità aggregative localizzate in territori non contigui e che, generalmente, non hanno un indice di funzionalità elevato. E' IL CASO CHE SI RISCONTRA FREQUENTEMENTE TRA LE ENTITÀ LOCALIZZATE A MONTE DELLA VALLE ROJA (COME TORRE OLIVETTA, AIROLE E VENTIMIGLIA) E QUELLE COSTIERE LOCALIZZATE VERSO IL CONFINE CON LA FRANCIA (GRIMALDI, MORTOLA SUPERIORE E INFERIORE).
Livello 2	Rappresentativo di mutue influenze tra entità aggregati insediativi che hanno basse influenze reciproche. Generalmente tali entità hanno tra loro livelli molto differenti di funzionalità. In questo caso, la mutua influenza tra le entità è data dalla considerazione che un'entità con bassa presenza di funzioni diffuse influenzi come bacino d'utenza l'alto indice di funzionalità dell'altra. UN ESEMPIO A QUESTO RIGUARDO E' L'INFLUENZA CHE SI STABILISCE TRA ROVERINO E BEVERA.
Livello 3	Rappresentativo di mutue influenze tra entità aggregati insediativi che hanno medie influenze reciproche. Ciò significa che esiste una mutua influenza per indice insediativo o per indice di funzionalità. E' IL CASO DELLA MUTUA INFLUENZA TRA ROVERINO E L'AREA DI VENTIMIGLIA (PRESSO L'ACCESSO ALLA BRETTELLA AUTOSTRADALE).
Livello 4	Rappresentativo di mutue influenze tra entità aggregati insediativi che hanno alta influenza reciproca. Significa che l'entità condizionante (per l'indice insediativo e di funzionalità) esercita una forte influenza sull'entità condizionata. UN ESEMPIO PUO' ESSERE DATO DALL'INFLUENZA TRA L'AREA DI VENTIMIGLIA (PRESSO L'ACCESSO ALLA BRETTELLA AUTOSTRADALE) E LA LOCALITA' CONTIGUA (A MONTE DI QUESTA) DI CASE PORRA (CHE HA UN PESO INSEDIATIVO ED UNA PRESENZA DI ATTIVITA' MOLTO INFERIORI).
Livello 5	Rappresentativo di mutue influenze tra entità aggregati insediativi che hanno un'elevata influenza reciproca. Tale livello si traduce nel fatto che l'entità condizionante (per indice insediativo e di funzionalità) esercita un'essenziale influenza sulla funzionalità dell'entità condizionata. E' IL CASO GENERATO DALLE ENTITA' CHE HANNO UNA GRANDE RILEVANZA PER IL SISTEMA TERRIRIALE; UN ESEMPIO E' DATO DALL'INFLUENZA DELL'ENTITA' COSTITUITA DAL TESSUTO URBANO CENTRALE DI VENTIMIGLIA SU TUTTE LE ALTRE ENTITA' AGGREGATI INSEDIATIVI CONSIDERATI.

Figura 2.12 *I cinque livelli di mutua influenza definiti per le EAI (tra entità di omologa tipologia)*

Le mutue influenze tra entità aggregati insediativi sono state valutate attraverso una matrice nella quale, sia nelle righe che nelle colonne, sono state identificate tutte le EAI considerate, mentre sulla diagonale sono stati individuati i livelli di funzionalità ordinaria. Sulle righe sono riportate le entità condizionanti, mentre sulle colonne le entità condizionate. I risultati riportati

in ogni spazio, sono riferiti a quanto le EAI (alternativamente condizionate e condizionanti) siano mutuamente influenzate.

Figura 2.13 Stralcio della matrice di influenza tra entità aggregati insediativi nell'ambito del bacino del Roja

La lettura dell'incidenza dell'indice insediativo riferito ai singoli tratti stradali, i parametri di funzionalità considerati e, soprattutto, la precedente analisi sulle mutue influenze tra entità aggregati insediativi hanno portato alla definizione di livelli di funzionalità ordinaria per le entità lineari individuate. Essa è stata definita secondo sei livelli determinati attraverso criteri analoghi a quelli utilizzati per le EAI. La quantificazione delle influenze tra entità di differente tipologia (tra EL ed EAI), è stata operata attraverso un'analisi delle influenze che i diversi tratti stradali hanno sulle EAI. Tale studio ha avuto lo scopo di definire, quanto più coerentemente possibile, i diversi aspetti che contribuiscono in modo determinante al funzionamento del sistema infrastrutturale della Valle Roja. Per giungere a questo risultato è quindi stata utilizzata una nuova matrice nella quale le righe (entità condizionanti) rappresentano i tratti stradali e le colonne (entità condizionate) le entità aggregati insediativi. I tratti che hanno ottenuto un maggior numero di EAI condizionate, quindi indici più alti, sono anche quelle che hanno maggiore rilevanza per il sistema territoriale della Valle Roja.

Si riporta di seguito lo schema di riferimento per la definizione dei livelli di funzionalità ordinaria per le EL e la matrice delle mutue influenze tra entità lineari ed aggregati insediativi.

DEFINIZIONE DEI CRITERI PER LA DEFINIZIONE DEI LIVELLI DI FUNZIONALITA' ORDINARIA PER LE EL IN VALLE ROJA	
LIVELLI DI FUNZIONALITA' ORDINARIA	CRITERI DI VALUTAZIONE
Livello 1 Livello 2	Rappresentativo di tratti stradali che non sono influenzati da spostamenti rilevanti lungo il loro percorso. NON SONO PRESENTI NEL CONTESTO TERRITORIALE DELLA VALLE ROJA.
Livello 3	Rappresentativo di entità costituite prevalentemente da tratti comunali o di rilevanza locale, che possiedono almeno dall'1 al 2% di incidenza dei flussi territoriali complessivi del sistema. NE SONO UN ESEMPIO IL SOTTOPASSO CHE COLLEGA IL TRATTO URBANO DELLA SS1 CON L'AGGREGATO INSEDIATIVO A MONTE DELLA LINEA FERROVIARIA, E LA GALLERIA CHE COLLEGA IL NODO VIABILISTICO DELLA SS1 A SINISTRA DELL'ASTA TERMINALE DEL ROJA CON LA ZONA PORTUALE.
Livello 4	Rappresentativo di entità costituite prevalentemente da tratti comunali o provinciali; generalmente sono presenti percorsi ad essi alternativi. NE SONO UN ESEMPIO IL TRATTO DELLA SP 73 (CHE COLLEGA GLI AGGREGATI INSEDIATIVI DI AIROLE E S. MICHELE) E, IN GENERALE, I TRATTI CHE COLLEGANO LE LOCALITA' MINORI LOCALIZZATE IN SPONDA DESTRA DEL ROJA VERSO BEVERA.
Livello 5	Rappresentativo di entità costituite prevalentemente da tratti provinciali o comunali; generalmente sono presenti percorsi ad essi alternativi. L'incidenza dei flussi territoriali per questi tratti è compresa tra il 2% e il 10%. NE SONO UN ESEMPIO I TRATTI A MONTE DELLA PERCORRENZA DELLA SS20.
Livello 6	Rappresentativo di entità costituite prevalentemente da tratti statali; generalmente non sono presenti percorsi ad essi alternativi. L'incidenza dei flussi territoriali per questi tratti è maggiore del 10%. NE SONO UN ESEMPIO I TRATTI COSTITUITI DAL PONTE CARRABILE SUL ROJA E IL NODO VIABILISTICO COSTITUITO DALLA CONNESSIONE TRA LA SS20 E LA SS1 A SINISTRA DELL'ASTA TERMINALE DEL ROJA.

Figura 2.14 Livelli di funzionalità ordinaria delle entità EL per la Valle Roja

DEFINIZIONE DEI CRITERI PER LA DEFINIZIONE DEI LIVELLI DI MUTUA INFLUENZA TRA ENTITÀ EL ED ENTITÀ EAI	
LIVELLI DI FUNZIONALITÀ ORDINARIA	CRITERI DI VALUTAZIONE
Livello 1	Rappresentativo di bassa influenza del tratto sull'aggregato. Tale percorso si trova quindi localizzato in prossimità di entità EAI che non hanno diretta influenza tra esse. NE E' UN ESEMPIO IL TRATTO CHE COLLEGA L'INSEDIAMENTO DEL CENTRO DI VENTIMIGLIA CON L'AGGREGATO A MONTE DELLA FERROVIA. L'INFLUENZA SU ROVERINO E' MOLTO BASSA.
Livello 2	Rappresentativo di influenze tra EL ed EAI di basso valore. Il tratto non influenza la funzionalità dell'aggregato. Tale percorso si trova quindi localizzato in prossimità di aggregati insediativi che non hanno influenze dirette, ma solo indotte (ad esempio, dall'accessibilità di esse da alcune percorrenze principali di scorrimento). UN ESEMPIO A QUESTO RIGUARDO PUO' ESSERE DATO DALL'INFLUENZA DEL TRATTO CHE COLLEGA L'INSEDIAMENTO DEL CENTRO DI VENTIMIGLIA CON L'AGGREGATO A MONTE DELLA FERROVIA. INFATTI TALE TRATTO HA UN LIVELLO DI INFLUENZA BASSO SUL CENTRO ABITATO DI VENTIMIGLIA, IN QUANTO L'INSEDIAMENTO A MONTE HA COME UNICA FUNZIONE QUELLA DI BACINO D'UTENZA
Livello 3	Rappresentativo di influenze tra EL ed EAI di medio valore. Il tratto influenza la funzionalità dell'aggregato. Tale percorso si trova quindi localizzato in prossimità di aggregati insediativi che hanno influenze reciproche dirette, ma nessuna delle due si influenza in modo determinante, soprattutto per la loro accessibilità. QUESTO E' UN CASO MOLTO FREQUENTE PER LA VIABILITÀ DEL SISTEMA DELLA VALLE ROJA.
Livello 4	Rappresentativo di influenze tra EL ed EAI di alto valore. Il tratto influenza la funzionalità dell'aggregato in modo molto rilevante. Tale percorso si trova quindi localizzato in prossimità di aggregati insediativi che hanno influenze reciproche dirette, e tali che la loro funzionalità è assicurata solo attraverso un loro collegamento. UN ESEMPIO A QUESTO RIGUARDO PUO' ESSERE IL TRATTO DELLA SS20 DI COLLEGAMENTO TRA ROVERINO E TRUCCO.
Livello 5	Rappresentativo di influenze tra EL ed EAI di elevato valore. Il tratto influenza la funzionalità dell'aggregato in modo molto rilevante. Tale percorso si trova quindi localizzato in prossimità di aggregati insediativi che hanno influenze reciproche dirette, e tali che la loro funzionalità è assicurata solo dal loro effettivo collegamento. Generalmente si tratta di rami di percorrenza viabilistica che collegano le entità con livelli di funzionalità più alta con un grande numero di entità omologhe che ne dipendono direttamente.

Figura 2.15 Livelli di mutua influenza tra entità EL ed entità EAI per la Valle Roja

Anche in questo caso, le mutue influenze tra entità aggregati insediativi ed entità lineari sono state rappresentate attraverso una matrice qui di seguito riportata.

Figura 2.16 Matrice dei livelli di mutua influenza tra entità EL ed entità EAI per la Valle Roja

Da questi studi è emersa la grande influenza funzionale delle infrastrutture, che di fatto, mettono in relazione tutte le altre entità sul territorio. Analogamente a quanto fatto per lo studio delle influenze tra EL e EAI si è proceduto a valutare quelle tra EL e EP.

2.2 Scelta delle curve di influenza

Equipe: CIMA-Modellistica

Analizzando la procedura proposta per la vulnerabilità sistemica precedentemente riassunta (e che è riportata in forma più dettagliata nella relazione della task C.2 del progetto Ge.Ri.A), si può assumere che i legami funzionali tra le entità siano rappresentati tramite funzioni matematiche, che mettono in relazione l'integrità funzionale dell'entità condizionante con quella dell'entità condizionata.

Si è reso quindi necessario definire alcune funzioni che fossero in grado di descrivere questi legami funzionali. La scelta è ricaduta sulla famiglia di curve indicate in figura 2.17; queste sono state ottenute inserendo sei opportuni valori (uno per ciascun livello di influenza

considerato) per un parametro α in un'equazione che è funzione del livello di integrità funzionale dell'entità condizionante.

Si può notare come tutte le funzioni graficate in figura 2.17 presentino caratteristiche comuni. Innanzi tutto sono tutte monotone non decrescenti, in quanto è logico immaginare che, all'aumentare della funzionalità dell'entità condizionante, la funzionalità dell'entità condizionata non decresca. Ogni curva, inoltre, presenta un valore di funzionalità dell'entità condizionata residua: se i è l'entità condizionante e j quella condizionata, si immagina che una totale disfunzione di i non implichi una totale disfunzione di j .

Figura 2.17 *Andamenti delle curve matematiche che esprimono i diversi livelli di influenza tra le entità territoriali*

Parte terza:

Valutazioni di vulnerabilità sistemica nel caso di sollecitazione idraulica in Valle Roja

3. Valutazione dell'integrità funzionale delle entità e della perdita di funzionalità indotta in caso di sollecitazione idraulica

Equipe responsabile: CIMA-Idraulica, CIMA-modellistica e CIMA-DEUIM

3.1 Inquadramento delle fasi di lavoro

Il passaggio fondamentale al fine di ottenere valutazioni di vulnerabilità sistemica in caso di sollecitazione idrologica è la determinazione del livello di integrità funzionale delle entità considerate, in relazione all'azione delle sollecitazioni fisiche. A tale scopo è stata effettuata un'analisi di dettaglio su alcune entità puntuali funzionalmente rilevanti per il territorio in esame e situate nelle aree inondabili della Val Roja (asta terminale) per i tempi di ritorno di 50, 100 e 200 anni.

Figura 3.1 Fascia inondabile per $T=50$ ann

Figura 3.2 Fascia inondabile per $T=100$ anni

Figura 3.3 Fascia inondabile per $T=200$ anni

Analizzando le carte che descrivono le fasce di inondabilità, si può notare che l'area sulla quale concentrare indagini mirate sul rischio idraulico è quella dell'asta terminale del torrente Roja. L'intento che si è perseguito è stato quello di rilevare, per le entità polarizzate specialistiche (EP) attributi significativi in relazione ad eventuali propensioni al rischio idrologico.

SCALA DI DEFINIZIONE DEI VALORI DI FUNZIONALITÀ RESIDUA (X^0)	
0/0.1	Totale annullamento della funzionalità dell'entità
	edificio Si intende il crollo strutturale dello stesso
	area Si intende la distruzione degli elementi fisici lì presenti
	strada Si intende un suo danneggiamento strutturale o la presenza di elementi che ne rendano impossibile la percorrenza
0.1/0.3	Entità completamente inagibile
	edificio Si intende l'impossibilità di accedere alla struttura anche per i mezzi di soccorso, cosicché sia impossibilitata ogni eventuale attività al suo interno
	area Si intende che l'area non possa essere in alcun modo raggiunta, o attraversata, neanche da mezzi di soccorso e che l'entità non possa svolgere la propria funzione anche a causa di pesanti danni fisici
	strada Si intende che la strada non può essere percorsa in alcun modo e svolgere così la sua funzione di collegamento; le attività circostanti sono completamente compromesse
0.3/0.5	Struttura agibile solo con mezzi di soccorso
	edificio Si intende che l'edificio non possa in alcun modo essere raggiunto da civili, ma solo da mezzi di soccorso, e che le attività al suo interno debbano essere sospese
	area Si intende che l'area, completamente inagibile ai civili, possa subire danni anche consistenti e un'assoluta impossibilità a svolgere le sue funzioni
	strada Si intende che la strada sia percorribile solo da mezzi di soccorso e non da mezzi civili. Si intende inoltre che le attività che insistono su di essa siano impossibilitate ad esercitare la loro funzione e subiscano notevoli danni
0.5/0.7	Struttura accessibile anche da pedoni con particolari cautele
	edificio Si intende che l'edificio sia accessibile dai mezzi di soccorso e dai civili solo con particolari cautele e che le funzioni presenti nei piani seminterrati e al piano terra non possano essere svolte
	area Si intende che le funzioni proprie che la riguardano non possano avere luogo e che le strutture possano subire lievi danni fisici
	strada Si intende che la strada sia percorribile con mezzi di soccorso, ma difficilmente con mezzi civili. Le attività circostanti sono sicuramente compromesse
0.7/0.9	Struttura con minimi allagamenti
	edificio Si intende che l'edificio sia accessibile e svolga in gran parte le proprie funzioni quanto meno per i piani a livello stradale o superiori, mentre per i seminterrati possono manifestarsi situazioni più critiche
	area Si intende che l'area sia accessibile e non subisca danni fisici. Le attività che vi si svolgono potrebbero non essere svolte
	strada Si intende che la strada svolga la sua funzione di collegamento, e sia percorribile con ogni tipo di mezzo. Le attività circostanti potrebbero non essere svolte
0.9/1	Struttura integra
	edificio Si intende che l'edificio o sia in zona non soggetta ad inondazione o sia interessato in maniera trascurabile, e che possa pertanto esercitare la sua funzione
	area Si intende che l'area o sia in zona non soggetta ad inondazione o sia interessata in maniera trascurabile in modo tale che le attività che vi vengono esercitate possano avere luogo
	strada Si intende che la strada si trovi o in zona non soggetta ad inondazione o sia interessata in maniera trascurabile cosicché possa svolgere la sua funzione di collegamento e che le attività che vi insistono possano avere luogo regolarmente

Figura 3.4 Scala dei valori di funzionalità residua

Le informazioni sono state raccolte in schede "di sintesi", desunte da un compendio tra quelle di sopralluogo appositamente predisposte (dove sono raccolte informazioni relative alle caratteristiche fisiche e funzionali) e quelle descrittive (comprehensive dei dati idraulici relativi alle fasce inondabili per i tempi di ritorno di 50, 100 e 200 anni). Le schede di sintesi restituiscono indicazioni relative a caratteristiche tipologiche e geometriche e pertanto costituiscono un insieme di valenza sia quantitativa che qualitativa.

La più specifica comprensione della sensibilità degli elementi al rischio idraulico è stata realizzata ponendo in rilievo gli attributi fisici di accessibilità alla struttura, caratteristiche del

piano terra e le caratteristiche dei piani seminterrati o interrati. Le caratteristiche di accessibilità sono state differenziate tenendo conto dell'accessibilità diretta o indiretta e del numero di ingressi. Per ogni ingresso si sono rilevati: il livello prioritario, la tipologia, l'esposizione, la distanza dallo spigolo destro, l'ampiezza del varco, la sopraelevazione dal livello stradale, la categoria delle strade d'accesso, le caratteristiche stradali, la presenza di eventuali rampe d'accesso e scale, la presenza di eventuali discontinuità confinanti, la tipologia e l'esistenza di aree di pertinenza.

Altri attributi rilevanti per l'analisi sono state le ubicazioni e le dotazioni di attrezzature specifiche da utilizzare in caso di emergenza e la presenza di eventuali sistemi di sicurezza interni. Assunto che le entità strategiche prescelte costituiscono un insieme disomogeneo sia per funzioni prevalenti, sia per tipologia costruttiva e attributi fisici in genere, l'incidenza delle differenze è stata ritenuta rilevante ai fini della determinazione di carattere generale per la vulnerabilità dell'esposto. Si è intrapresa allora una valutazione implicita della vulnerabilità, costruita su misura per ogni singolo elemento, che trova una importante base conoscitiva nelle schede di sintesi precedentemente descritte.

Si è considerato che la sollecitazione fisica per il caso idraulico possa essere descritta tramite due componenti, una costituita dal tirante idraulico (Y) e l'altra dalla velocità di scorrimento (v) dell'onda di piena. Tali quantità sono state stimate utilizzando un modello idraulico che considera le portate esondanti a fissato periodo di ritorno e le distribuisce sul territorio secondo una rete costituita da nodi e canali; i valori puntuali di Y e v sono stati valutati con buona approssimazione per ogni singola entità per i tempi di ritorno di 50, 100 e 200 anni. Per mantenere un certo margine di sicurezza sono stati considerati i valori massimi per le variabili che descrivono l'altezza del tirante idraulico e la velocità di scorrimento, sebbene non è detto che tali valori si verifichino contemporaneamente.

I possibili effetti della sollecitazione sull'elemento strategico in esame sono stati valutati sulla base della conoscenza di questi parametri idraulici, della conoscenza di dettaglio acquisita tramite le schede di sintesi e del buon senso progettuale. Sebbene tali effetti siano stati valutati puntualmente per ogni entità considerata, è risultato necessario definire una scala di riferimento a cui ricondurre i valori elaborati, capace di restituire in maniera univoca ed omogenea i valori di integrità funzionale residua x^0 .

La scala fornisce valori di x^0 compresi in intervalli tra 0 ed 1 (1=completa integrità, 0=completa distruzione) ed è stata realizzata esprimendo gli effetti di una sollecitazione fisica in modo differenziato per elementi puntuali, lineari e areali.

I valori di funzionalità residua x^0 , calcolati sulla base del modello idraulico ed inquadrati all'interno della scala di integrità, sono stati utilizzati come dati di ingresso per la procedura di valutazione della vulnerabilità sistemica.

Per omogeneità delle informazioni, si è preso in considerazione direttamente il livello di integrità funzionale x^0 anche per le rimanenti entità, ipotizzando che tali quantità assumessero tutte, inizialmente, un valore unitario, corrispondente cioè alla situazione di perfetta funzionalità.

La valutazione del livello di decadimento funzionale indotto sul sistema territoriale è stata effettuato tramite l'utilizzo di un pacchetto software appositamente predisposto. In questo ambito, però, si deve sottolineare il fatto che tale pacchetto è stato implementato in modo tale da lavorare su una struttura relazionale che non prevede la presenza di cicli tra le entità (cioè, se l'entità A influenza la B e se B influenza l'entità C, allora C non deve influenzare nè A nè B); poichè le analisi urbanistiche, svolte dopo la formalizzazione della procedura, hanno invece identificato la presenza di alcune strutture cicliche, è stato necessario effettuare due analisi in cascata: a partire dai dati di funzionalità residua x_i^0 calcolati dall'equipe idraulica, si è valutato, per ogni entità considerata, il livello di integrità x_i tenendo in considerazione, tutte le volte che veniva individuato un ciclo, solo le influenze predominanti; tale livello di integrità funzionale è stato denominato " x_i principale"; a partire dai dati di integrità funzionale " x_i principale", è stato valutato un livello di integrità funzionale " x_i secondario", per la cui determinazione sono state considerate le influenze che erano state precedentemente scartate.

In figura 3.5 è riportato un esempio di determinazione dei valori di “ x_i principale” e “ x_i secondario”, ottenuta, a partire da un diagramma di influenza originario in cui si può identificare la presenza di un ciclo, tramite l’applicazione ripetuta della procedura di valutazione di vulnerabilità sistemica in cui si considerano inizialmente solo i legami funzionali più forti ed in seguito quelli precedentemente scartati.

Entrambi questi valori sono stati calcolati per tutte le entità territoriali prese in considerazione e costituiscono il prodotto (numerico) principale dell’analisi di vulnerabilità sistemica; sebbene tali valori (elencati puntualmente nella relazione di fase c, task c.2, del progetto Ge.Ri.A.) abbiano un significato matematico relativo, in quanto la loro determinazione ha richiesto valutazioni di criteri di carattere qualitativo, da parte sia dell’equipe urbanistica, sia di quella modellistica, da essi si possono desumere notevoli informazioni per quanto riguarda l’identificazione delle entità territoriali più esposte ad un rischio di tipo sistemico e l’identificazione delle entità che, invece, sono causa di maggior rischio sistemico.

Un altro utile parametro che può essere fornito dalla procedura di valutazione di vulnerabilità sistemica è l’indice I di perdita di funzionalità, calcolato come media, su tutte le entità considerate, della perdita di funzionalità indotta sulle diverse entità proprio dal fatto di essere collegate funzionalmente.

Figura 3.5: Dal diagramma originale di influenza, riportato nella parte a sinistra della figura, viene ricavato un diagramma ridotto, in cui sono stati eliminati i cicli; tale diagramma viene utilizzato come struttura relazionale per la prima elaborazione, che dai valori di funzionalità residua x_i^0 elabora i valori di “ x_i principale”; successivamente, i legami funzionali che erano stati precedentemente trascurati vengono utilizzati come struttura relazionale per la seconda elaborazione, da cui si ricava il valore di “ x_i secondario”.

Come si diceva in precedenza, le analisi di sollecitazione idraulica sono state effettuate a tre diversi periodi di ritorno, ossia 50, 100 e 200 anni. Il sistema territoriale è stato inoltre considerato in due differenti configurazioni: inizialmente è stata elaborata un’analisi considerando le funzionalità delle entità territoriali e le relazioni tra loro intercorrenti in uno stato ordinario, cioè lo stato di equilibrio funzionale che si manifesta in condizioni standard, mentre in un secondo momento è stata effettuata un’analisi in cui si è considerato il sistema in stato di emergenza, dando cioè maggior risalto a quelle entità che agiscono operativamente nella gestione delle emergenze. Queste due analisi hanno fornito risultati che descrivono due aspetti differenti, ma complementari, della funzionalità del sistema territoriale della Val Roja.

3.2 Analisi delle entità puntuali e lineari interessate dalla sollecitazione idraulica: valori di funzionalità ordinaria e residua

Figura 3.6 Entità lineari (EL) e valutazione di vulnerabilità sistemica per la Valle Roja

Dalla figura 3.6 è possibile individuare le EL considerate per la Valle Roja ed i loro livelli di vulnerabilità sistemica. Dall’analisi dei risultati si può desumere che la perdita indotta di funzionalità del sistema territoriale è principalmente legata alla perdita diretta di funzionalità subita dal ponte carrabile di attraversamento del fiume Roja (EL 13). Infatti, tale elemento costituisce un nodo territoriale della SS1 di essenziale importanza a livello funzionale, sia per l’accesso alla percorrenza locale litoranea (a ponente e levante del Roja stesso) che per l’asse viario di collegamento verso la Francia. Il ponte si trova compreso tra i due nodi viabilistici territoriali sui quali gravano i flussi degli spostamenti della popolazione residente e presente dell’intera Valle Roja. Tale tratto stradale riveste anche una funzione urbana considerevole in quanto collegamento tra le aree del tessuto più denso di Ventimiglia con alta funzionalità ordinaria. La valutazione di vulnerabilità sistemica per questa entità risente di un’alta funzionalità ordinaria ed una alta funzionalità residua dell’entità stessa.

Le entità lineari che costituiscono i nodi territoriali di maggior rilevanza per le arterie di percorrenza viabilistica di tutto il sistema della Valle Roja sono interessate da una sollecitazione diretta solo nel caso di piena duecentennale. Si tratta in particolare di un nodo viabilistico di particolare consistenza (EL 9) dove confluiscono le principali strade di accesso al sistema territoriale in esame: la rete infrastrutturale autostradale, la SS20 (principale asse di attraversamento dell'entroterra) e la SS1 Aurelia della costa, che costituisce anche l'elemento lineare di connessione con il territorio francese. È da tenere presente che la posizione di tale nodo viabilistico risulta sopraelevato rispetto all'alveo del Torrente Roja soprattutto in corrispondenza del ponte della ferrovia. Tale entità lineare risulta essere anche funzionalmente e strettamente collegata all'entità costituita dall'attraversamento carrabile del Roja (EL 13).

L'altra entità lineare interessata direttamente solo in caso di piena duecentennale (EL 10) è il tratto SS1 cittadino della strada Aurelia, di notevole valore funzionale sia a livello extraurbano, sia a livello urbano, in quanto essenziale per l'attraversamento dell'area cittadina di Ventimiglia; da questa dipende gran parte del sistema viabilistico costiero. È questo tratto stradale, infatti, che suddivide ed articola le strade minori del centro città e il quartiere di tessuto denso di attività essenziali al funzionamento del sistema della Valle Roja.

Figura 3.7 Entità puntuali (EP) e valutazione di vulnerabilità sistemica per la Valle Roja

Tra le entità polarità specialistiche (EP) considerate per l'ambito di studio, l'analisi di vulnerabilità sistemica ha evidenziato che la perdita di funzionalità è relativa soprattutto ad alcune presenze nell'asta terminale del Roja. La passerella di attraversamento pedonale sul Roja (EP 31) risulta, allo stato attuale, di uso molto frequente in quanto collegamento tra le due zone urbane costiere, ed appartiene, di fatto, al sistema della passeggiata a mare. L'entità in questione è, inoltre, un veloce mezzo di trasferimento tra il centro urbano di Ventimiglia (ed in particolare la zona del mercato) ed il centro storico. Per tale motivo, dall'analisi del sistema territoriale, il suo indice di funzionalità ordinario risulta essere medio. I valori in ingresso per la valutazione di vulnerabilità sistemica risentiranno, quindi, di un medio valore di funzionalità ordinaria.

Tra le entità puntuali considerate, si distingue la Caserma della Guardia di Finanza (EP 33) che costituisce, nel periodo ordinario, una polarità funzionale di particolare rilevanza sia per l'attività di controllo delle merci in entrata ed in uscita dalla Francia e dall'Italia, sia in termini di addetti presenti (costante in periodo diurno e notturno) e di mezzi disponibili. Per tale motivo, nell'esame delle influenze tra entità di tipologia diversa, essa appare influire con valore elevato sulle entità di tipo 'aggregati insediativi' (EAI). Sopralluoghi specifici in questa zona hanno messo in evidenza la presenza di attività di controllo e di parco mezzi proprio ai livelli inferiori dell'edificio, per cui in caso di inondazione, questi sarebbero bersagli di danno rilevante sia diretto che indotto.

Il Campeggio Roma (EP 35) rappresenta l'unico ambito ricettivo a cielo libero del Comune di Ventimiglia situato in zona centrale e strategica con un alto numero di posti disponibili (circa 250); per tale motivo il suo indice di funzionalità ordinaria è medio. È da notare che, già considerando gli eventi attesi per un tempo di ritorno $T=50$ anni, il suo valore di funzionalità residua è nullo, cioè si prevede che l'integrità dell'entità sia completamente annullata, con la distruzione degli elementi fisici presenti.

A tali entità puntuali sono aggiunti altri elementi territoriali suscettibili di danno diretto, ma solo nel caso di piena duecentennale. Di queste, alcune presentano i livelli di funzionalità ordinaria più elevata nell'esame del sistema territoriale nel suo insieme, in quanto appartengono a categorie funzionali che riguardano i servizi prioritari di livello comunale (Municipio di Ventimiglia), la sicurezza civile (caserma dei Carabinieri, caserma dei Vigili del Fuoco) ed alcuni servizi di livello territoriale che riguardano bacini di utenza oltre i limiti del bacino idrografico preso in considerazione (area del Mercato settimanale di Ventimiglia, l'area degli impianti sportivi, il mercato coperto). Tali entità sono tutte localizzate all'interno dell'area urbana di Ventimiglia di maggiore rilevanza funzionale e la loro fruizione è influenzata

prevalentemente dai rami stradali costituiti dal tratto urbano della SS1 e dal nodo viabilistico della SS20 con la bretella autostradale.

Utilizzando le sollecitazioni idrologiche su tutte le entità² direttamente esposte al rischio inondazione esaminate precedentemente per T= 50 anni ed utilizzando il modello proposto per la valutazione della vulnerabilità sistemica³ è emerso che la perdita di funzionalità indotta delle entità del tipo aggregati insediativi⁴ della Valle Roja, sarebbe piuttosto rilevante per il sistema territoriale esaminato (circa il 65% se si considerano le sole influenze primarie). Tale perdita risulta distribuita in modo pressoché uniforme per tutte le entità aggregati insediativi (EAI), proprio per il fatto che, le polarità specialistiche (e di collegamento) direttamente interessate dall'evento, risultano, per la funzione svolta, non sostituibili da altre attività od infrastrutture presenti sul territorio. Considerando la perdita di funzionalità di tutte le entità puntuali e lineari che ricadono nella fascia inondabile per T=50 anni, si ha una perdita di funzionalità rilevante (del 75%, considerando anche le influenze secondarie) e distribuita in modo pressoché uniforme su tutte le entità aggregati insediativi considerate nell'analisi del sistema territoriale della Valle Roja. Le entità costituite dalle località di Mortola superiore e di Grimaldi (perdita di funzionalità rispettivamente del 18% e 14% circa) risentono in misura minore di tale influenza in quanto possono usufruire di servizi locali presenti nelle località esistenti oltreconfine.

In particolare, nell'analisi del sistema ordinario, la Caserma della Guardia di Finanza pare essere l'entità che influenza maggiormente la perdita di funzionalità complessiva. È evidente, come questo tipo di analisi possa permettere la valutazione dell'influenza che, entità fisicamente lontane dal luogo di accadimento di un fenomeno calamitoso, possono subire in ragione di quest'ultimo. In questo caso, sia le entità EAI fisicamente contigue, sia quelle lontane dalla zona interessata, hanno in realtà lo stesso valore di perdita funzionale. Da ciò si può desumere la rilevanza che, un intervento volto alla mitigazione del rischio inondazione su tale entità possa assumere per il sistema territoriale nel suo complesso.

L'inquadramento di tale situazione induce a pensare ad interventi specifici soprattutto per quelle attività che, come la Caserma della Guardia di Finanza, hanno valenza transfrontaliera. Tale attività di controllo delle merci italo-francesi, infatti, appare essenziale come unica forma di ispezione.

Nell'analisi della funzionalità ordinaria delle entità lineari della Valle Roja emerge che quelle che sono direttamente influenzate dalle entità prese in considerazione dalla fascia inondabile T=50 anni sono relative ai tratti della SS1 di attraversamento del tessuto urbano di Ventimiglia. Questi tratti, a loro volta, influenzano l'accessibilità alla Caserma della Guardia di Finanza, mentre hanno bassa influenza sulla passerella pedonale e media influenza sull'area del campeggio Roma.

L'entità costituita dal ponte carrabile sul Roja, invece, influenza notevolmente la gran parte delle polarità specialistiche con livello di funzionalità ordinaria alta, quindi la Caserma della Guardia di Finanza, la stazione ferroviaria di Ventimiglia, il mercato comunale, il presidio sanitario della Croce Verde, l'area di mercato settimanale e la Caserma di frontiera Italo-Francese.

Tuttavia, l'analisi di vulnerabilità sistemica pone l'attenzione ad altre entità, in questo caso, di tipo lineare, che vengono danneggiate dalla perdita di funzionalità diretta delle entità considerate. Da tali analisi emerge che la riduzione di efficienza delle entità precedentemente esaminate risulta influire sulle entità lineari con valori non elevati; il 53% delle entità lineari considerate per l'ambito in esame, infatti, non risultano avere alcuna perdita di funzionalità.

Considerando le influenze dei tratti stradali di collegamento dell'ambito in esame, gran parte di essi non sembrano affatto esserne influenzati, mentre una piccola percentuale viene influenzata con valori minori del 10%.

² Operate dal gruppo di lavoro CIMA-Idraulica

³ Elaborato dal gruppo di lavoro CIMA-Modellistica

⁴ Definite dal gruppo di lavoro CIMA-DEUIM

Le restanti entità lineari prese in considerazione che subiscono la perdita maggiore (con valori di riduzione della loro funzionalità compresi tra il 10% ed il 25%) sono prevalentemente costituite dall'insieme dei tratti che collegano località minori e sono fortemente influenzati dall'efficienza del ponte di collegamento sul Roja. In particolare, sono oggetto di questo danneggiamento indotto il 40% delle entità lineari considerate nel sistema della Valle Roja, con un decadimento funzionale del 14 % della loro funzionalità ordinaria. Si tratta prevalentemente di tratti comunali con flussi di percorrenza molto bassi (elaborati sulla base degli indici insediativi riferiti alle località in esame), localizzati nella parte a ponente della Valle Roja.

Il motivo della vulnerabilità dei tratti minori è dato dal loro essere del tutto legati funzionalmente al ponte carrabile sul Roja, non potendo avvalersi di altri percorsi alternativi utilizzabili. Tali tratti risultano prevalentemente posizionati in sponda destra del Roja, con livelli di funzionalità ordinaria non particolarmente rilevanti in quanto la ripartizione dei flussi veicolari elaborati sulla base del loro peso insediativo non risulta incidere in modo determinante sul sistema territoriale considerato. È comunque rilevante considerare l'incidenza di tali tratti in quanto si tratta di una perdita di funzionalità che riguarda un insieme di tratti la cui dipendenza è notevole nei confronti dell'utilizzo del ponte carrabile sul Roja.

Gli altri tratti che presentano lo stesso livello di perdita indotta, sono l'asse a monte della SP 73 che collega la SS20 con il territorio francese, ed alcuni percorsi della SS1 verso il confine (situati a ponente del fiume), che subirebbero una perdita di funzionalità ma troverebbero nel tratto autostradale un percorso alternativo.

Le entità puntuali e lineari che risultano sollecitate per T=50 anni presentano un livello di influenza nei confronti delle altre entità piuttosto basso. Dai risultati dell'analisi di vulnerabilità sistemica, risulta, infatti, che il 30% circa delle entità puntuali presentano una perdita di funzionalità dell'1%, circa, mentre il 16% non perde affatto la sua funzionalità.

La diminuzione maggiore si riscontra nell'11% delle entità puntuali specialistiche definite per l'ambito territoriale della Valle Roja, tali entità subiscono una perdita di funzionalità indotta dalla piena cinquantennale del 13% circa. Si tratta di attività che nell'analisi della lettura del sistema territoriale hanno un rilevante livello di funzionalità ordinario e ricadono nell'area centrale di Ventimiglia.

Le polarità funzionali interessate da una riduzione indotta di funzionalità sono in particolare la stazione ferroviaria di Ventimiglia, il mercato comunale di Ventimiglia, il presidio sanitario della Croce Verde e l'area del mercato settimanale di Ventimiglia. Tra queste, è da notare che la stazione ferroviaria di Ventimiglia ha un alto livello di influenza su tutte le entità aggregati insediativi nel sistema ordinario, in quanto costituisce un nodo infrastrutturale essenziale di collegamento della linea ferroviaria Genova-Ventimiglia-Mentone. Tale entità è fortemente influenzata dall'efficienza del ponte doppio per i flussi provenienti dalla zona di ponente di Ventimiglia.

È inoltre da notare che le altre polarità influenzate come il mercato coperto, la Croce Verde e l'area del mercato settimanale hanno quale bacino di utenza gli aggregati insediativi delle località a ponente di Ventimiglia, che potrebbero quindi subire un danneggiamento dovuto al ridotto funzionamento del ponte doppio.

Anche la caserma di frontiera, localizzata sulla costa e geograficamente distante dall'area colpita, risulta perdere funzionalità a causa della riduzione di utilizzo delle entità puntuali e lineari direttamente interessate dalla zona inondabile.

La fascia inondabile individuata per un periodo di ritorno T=100 anni riguarda le aree di tessuto urbano e di insediamenti diffusi già definiti nella fascia di T= 50 anni.

La dinamica delle influenze risulta la stessa per i due differenti periodi di ritorno, mentre variano i valori di vulnerabilità sistemica dell'ambito complessivo della Valle Roja.

La percentuale maggiore di entità aggregati insediativi (il 91% circa) subisce una perdita di funzionalità rilevante (il 73% circa), distribuita in maniera pressoché uniforme. L'eccezione è rappresentata dall' influenza sulle entità verso il confine italo-francese per la parte costiera (località di Mortola e Grimaldi) che avvertono in modo minore tale riduzione di funzionalità

(circa il 30% considerando le influenze primarie ed il 44% considerando le influenze secondarie).

Particolarmente efficaci risulterebbero quindi interventi di prevenzione attuati sulle entità puntuali e lineari direttamente colpite; è da rilevare, infatti, che il loro danneggiamento diretto provoca un danno indotto rilevante per l'intero sistema territoriale.

Dalla definizione delle entità significative individuate per l'ambito di bacino del Roja, emerge che, sia il ponte carrabile sul Roja, sia la caserma della Guardia di Finanza hanno entrambi elevata influenza su tutte le entità aggregati insediativi ed hanno quale diretto riferimento il centro urbano di Ventimiglia.

Il ponte carrabile influenza, inoltre, la percorribilità del tratto dell'Aurelia che attraversa il centro urbano di Ventimiglia (sia a levante, verso Bordighera, che a ponente verso la Francia) ed il nodo tra la SS1 stessa e la SS20 verso l'interno della Valle Roja.

Quindi il danno diretto relativo alla perdita di funzionalità del ponte carrabile, traducibile nella difficoltà di una sua percorribilità con mezzi civili ed il possibile coinvolgimento delle attività circostanti, significa, in questo caso, un rilevante danneggiamento del sistema nel suo complesso.

La notevole importanza funzionale rivestita a livello territoriale dal ponte carrabile provoca un danneggiamento indotto rilevante al 40% dei tratti stradali individuati nel sistema considerato (entità lineari) con una perdita di funzionalità pari al 32%. I tratti interessati sono prevalentemente quelli che dipendono funzionalmente in modo rilevante dall'integrità del ponte carrabile di collegamento, in quanto, in luogo di quest'ultimo, non è possibile utilizzare altri percorsi alternativi.

Tale misura di perdita è subita, inoltre, anche dal tratto estremo della SS20 al confine francese, territorialmente posto a distanza dall'area colpita, ma notevolmente influenzato dallo snodo a valle con la SS1, contiguo al ponte doppio.

L'analisi di vulnerabilità sistemica mette in evidenza che anche le entità di tipo specialistico sono soggette a perdita di funzionalità indotta, in particolare il 9% subiscono una perdita di funzionalità del 32%; la maggior parte di tali entità sono localizzate nell'area centrale dell'area urbana di Ventimiglia, ma ci sono anche quelle che comprendono i bacini di utenza della parte a ponente del centro cittadino e per tale motivo il ponte carrabile sul Roja costituisce un collegamento prioritario. Un esempio di questi è il presidio della Croce Verde che si rivolge proprio alla popolazione residente in questo settore territoriale. Altre polarità che subiscono in uguale misura tale perdita funzionale sono costituite dall'area del mercato settimanale e dal mercato dei fiori: il loro funzionamento subirebbe il disagio del funzionamento non ottimale del ponte doppio. Analogamente la caserma di frontiera presenta la stessa perdita di funzionalità.

A danneggiamenti di dimensione meno rilevante (24%) sono soggette altre entità polari specialistiche come la caserma della polizia e dei vigili del fuoco, la sede centrale dei carabinieri ed il municipio di Ventimiglia, tutte localizzate nell'area centrale dell'insediamento di Ventimiglia.

In misura ancora meno rilevante (13%) vengono invece danneggiate funzionalmente le entità decentralizzate come il centro commerciale di Roverino ed il Municipi di Olivetta ed Airole che risentono del disagio dell'accessibilità del ponte carrabile sul Roja, da cui anche esse dipendono.

Figura 3.8 *Entità Aggregati Insediativi (EAI) e valutazione di vulnerabilità sistemica per la Valle Roja per $T=50$ anni.*

3.2.1 *Analisi del sistema ordinario per tempo di ritorno $T=200$ anni*

Infine, nel caso di sollecitazioni associate ad un evento con periodo di ritorno $T=200$ anni, la sollecitazione dovuta alla piena duecentennale porta ad un danneggiamento indotto che, sulla base dell'analisi di vulnerabilità sistemica, risulta pressoché uniforme sulle entità di tipo aggregati insediativi. Il 91% di tali entità perde infatti il 73% della propria funzionalità. Tale

situazione pare piuttosto allarmante, soprattutto se si pensa che le aree insediative sono state considerate non solo per il ruolo abitativo che esse rivestono, ma anche per le funzionalità minute e diffuse presenti al loro interno. Le località situate al confine italo-francese nella fascia costiera risentono in misura minore di tali influenze; in particolare Grimaldi perde il 43% della sua funzionalità e Mortola perde il 50% della sua funzionalità: tale differenza è dovuta al fatto che queste due località generano e subiscono direttamente influenze da località oltreconfine con rilevanti potenzialità di servizi.

Il 40% delle entità lineari significative identificate nella Valle Roja perde una percentuale considerevole della propria funzionalità; anche in questo caso si tratta di tratti di strada prevalentemente comunali, per i quali non esistono percorsi alternativi rispetto all'utilizzo dei nodi di traffico veicolare di importanza territoriale direttamente colpiti dall'evento. Tale assunto porta ad affermare che della perdita di funzionalità indotta del sistema risentano in gran parte località minori, che rimarrebbero comunque fortemente compromesse nella loro accessibilità, e che non troverebbero sbocchi nella struttura viabilistica principale costituita dalla SS1 (litoranea) e dalla SS20 (alta Valle Roja).

Figura 3.9 *Entità Aggregati Insediativi (EAI) e valutazione di vulnerabilità sistemica per la Valle Roja per T=100 anni*

Figura 3.10 *Entità Lineari (EL) e valutazione di vulnerabilità sistemica per la Valle Roja per T=100 anni*

L'influenza che gli elementi direttamente colpiti hanno anche su nodi di prioritario interesse per il funzionamento del sistema territoriale nel suo insieme porta ad evidenziare la perdita di funzionalità della bretella autostradale: in questo caso tale entità perderebbe il 21% di funzionalità, mentre altri tratti della SS20 e della SS1 non sembrano risentirne direttamente.

I danni diretti alle entità colpite provocano danni indotti rilevanti anche ad altre entità puntuali. In particolare, il 30% delle entità costituite da polarità specialistiche perde il 43% della propria funzionalità ordinaria. Tale considerevole perdita di funzionalità si riscontra, in particolare, in entità disseminate sia nella parte alta della Valle Roja (municipi di Airole e Olivetta S. Michele), sia a levante verso il Nervia (ex-ospedale, ora poliambulatorio di Ventimiglia), sia nell'estremo ponente presso il confine italo-francese (caserma di frontiera).

E' da notare come le entità puntuali soggette ad una perdita di funzionalità rilevante siano in prevalenza strutture per la sicurezza civile, con un alto valore di funzionalità ordinaria. Altre entità che perdono funzionalità in modo notevole sono le infrastrutture viarie (in particolare la bretella autostradale), la stazione ferroviaria e l'autoporto di Ventimiglia.

Figura 3.11 *Entità Puntuali (EP) e valutazione di vulnerabilità sistemica per la Valle Roja per T=100 anni*

3.2.2 Sistema delle emergenze

L'esame di vulnerabilità sistemica precedentemente descritto riguardava il sistema ordinario, in cui la lettura delle entità sul territorio permetteva di definire il loro livello di funzionalità ordinario riferito all'esistente, in cui le entità erano considerate per la loro funzionalità in condizioni ordinarie, così anche le loro reciproche influenze. Nel presente lavoro, le funzionalità ordinarie e le influenze che si generano sul territorio tengono conto del ruolo che esse svolgono nella fase di emergenza; è stata e quindi elaborata una modifica dei livelli di funzionalità ordinaria delle entità che attengono ad un ruolo operativo in questa fase e, conseguentemente, delle mutue influenze di ordine diverso che generano.

Gli input del modello per l'analisi di vulnerabilità sistemica sono quindi stati i valori relativi alla funzionalità residua (x^0) utilizzati precedentemente, mentre i livelli di funzionalità ordinaria

sono variati soltanto per quanto riguarda le entità puntuali che svolgono un ruolo di prioritario interesse nella gestione dell'emergenza.

Considerando le sollecitazioni elaborate dal gruppo CIMA-Idraulica associate ad un evento con periodo di ritorno $T=50$ anni, contrariamente a quanto accade considerando il sistema ordinario, le entità aggregati insediativi subiscono, nel sistema dell'emergenza, un'influenza non omogenea. Tra queste, subiscono un danno funzionale di grande rilevanza (40% circa) le entità del tessuto urbano di Ventimiglia, mentre la maggior parte delle altre entità di tipo areale subisce minori perdite di funzionalità (circa il 23%).

Le entità costituite dalle località al confine italo-francese della fascia costiera subiscono, invece, una riduzione del 13% della loro funzionalità iniziale.

Le entità lineari che risentono di danneggiamenti indotti provocati dalla perdita di funzionalità delle entità direttamente interessate risultano essere il 40% delle entità lineari considerate nella analisi. Tali entità subiscono una riduzione di funzionalità del 13% rispetto alla loro funzionalità iniziale. Si tratta, anche in questo caso, di tratti stradali comunali che collegano località minori del sistema della Valle Roja, in prevalenza localizzati a ponente, verso il confine francese. Tali tratti subivano una perdita equivalente anche nell'esame della vulnerabilità del sistema territoriale ordinario, in quanto l'influenza che deriva è basata sostanzialmente dalla rilevanza del ponte carrabile del Roja, che influenza analogamente i due sistemi in modo elevato.

Le entità polarità specialistiche che subiscono una riduzione rilevante della loro funzionalità (13% circa) costituiscono l'11% delle entità puntuali identificate in Valle Roja. Esse consistono, in particolare, in alcuni servizi in prevalenza localizzati nell'area centrale di tessuto urbano di Ventimiglia, come, il presidio sanitario della Croce Verde (che ha quale bacino di utenza gli insediamenti di ponente), l'area del mercato settimanale di Ventimiglia ed il mercato comunale, la stazione ferroviaria. L'unica entità geograficamente staccata da questa zona a venire danneggiata in modo indotto è la caserma di frontiera.

Per un evento con periodo di ritorno $T=100$ anni, dall'analisi di vulnerabilità sistemica risulta ridotta del 40% circa la funzionalità ordinaria del 29% delle entità di tipo areale considerate nell'ambito territoriale in esame. Tale perdita è distribuita in particolare nelle aree centrali di Ventimiglia e negli insediamenti diffusi lungo la SS20 verso Roverino e l'alta Valle Roja. Una riduzione di funzionalità di misura meno rilevante (32%) è invece riscontrabile omogeneamente in tutte le altre entità areali considerate.

Le considerazioni relative alle entità di tipo lineare sono analoghe a quelle fatte per periodo di ritorno $T=100$ anni: le entità maggiormente colpite sono sempre i tratti stradali comunali che collegano località minori del sistema della Valle Roja (in prevalenza localizzati a ponente, verso il confine francese), ma la perdita di funzionalità che si può osservare per periodo di ritorno $T=100$ anni è del 32% circa.

Benché la perdita di funzionalità delle entità di tipo puntuale sia piuttosto contenuta, tale danno riguarda un numero rilevante di entità di questa tipologia.

È ridotta del 32% della funzionalità ordinaria delle entità puntuali che risultavano già danneggiate per $T=50$ anni, mentre altre entità, sempre localizzate nell'area centrale di Ventimiglia come le Poste centrali, la caserma dei vigili del fuoco, la sede centrale dei carabinieri, subiscono una riduzione di funzionalità di valore minore (24% circa).

Le entità polari specialistiche costituite dal Municipio di Ventimiglia, dal Polo commerciale di Roverino e dalle funzioni emergenti nel comune di Airole ed Olivetta S. Michele subiscono una riduzione di funzionalità del 13% circa.

Infine, nel caso di sollecitazioni associate ad un evento con periodo di ritorno $T=200$ anni, la riduzione maggiormente rilevante di funzionalità desunta dall'analisi di vulnerabilità sistemica è riscontrabile nella misura del 72% della funzionalità ordinaria delle entità aggregati insediativi localizzati nella zona di levante del ventimigliese maggiormente urbanizzate. Tale perdita è dovuta al danneggiamento diretto degli assi viabilistici della SS1 di attraversamento di tali aree e dal nodo costituito dall'intersezione della SS1 con la SS20. Perdono il 50% della loro funzionalità ordinaria, invece, le località costiere di ponente lungo la Statale Aurelia come le

località di Mortola, Grimaldi, Latte. A subire un danneggiamento indotto (del 43%), inoltre, sono le località minori situate a monte come Calvo, Torri, Bevera, nonché Airole, Roverino e Mortola superiore. Il motivo di tale danneggiamento è riscontrabile nella perdita di funzionalità dei tratti comunali che collegano tali entità aggregative agli assi principali di percorrenza.

Alla sollecitazione idraulica data dalle entità direttamente colpite consegue una perdita di funzionalità indotta rilevante (43%) che interessa in particolare una percentuale piuttosto elevata (il 40%) delle entità lineari definite per la Valle Roja. L'analisi di vulnerabilità sistemica operata pone ancora una volta in luce i tratti locali minori localizzati a ponente dell'insediamento urbano di Ventimiglia, che dipendono fortemente dalla funzionalità del ponte carrabile di attraversamento sul Roja. E' da evidenziare che, oltre a questi, a subire una perdita di funzionalità indotta è anche la bretella autostradale (che perde il 21% di funzionalità ordinaria) ed il tratto della SS1 che collega le località costiere situate in prossimità del confine italo-francese con l' area urbanizzata del ventimigliese. Da ciò si desume che, la perdita di funzionalità diretta per le entità direttamente colpite induce conseguenze rilevanti sul sistema territoriale in esame, e soprattutto sul sistema infrastrutturale stradale.

Le entità costituite da polarità specialistiche che perdono in misura rilevante parte della loro funzionalità ordinaria sono in prevalenza elementi appartenenti al sistema civile e della sicurezza in Valle Roja. Talune di queste vengono danneggiate in modo indotto riducendo la loro funzionalità del 43%, si tratta delle emergenze localizzate nelle località di Airole ed Olivetta S. Michele e di una grande percentuale di strutture presenti nell' area centrale urbanizzata di Ventimiglia.

Alcune altre entità di rilevanza per l'ambito territoriale sono danneggiate in modo indotto in misura meno grande, con livelli di perdita intorno al 10% della loro funzionalità ordinaria.

Parte quarta:

Valutazioni di vulnerabilità sistemica nel caso di sollecitazione sismica in Valle Roja

4. Valutazione dell'integrità funzionale delle entità e della perdita di funzionalità indotta in caso di sollecitazione sismica

Equipe: DISEG, CIMA-modellistica e CIMA-DEUIM

4.1 Inquadramento delle fasi di lavoro

Ad un primo inquadramento della classificazione degli elementi esposti per categorie fisiche e funzionali anche sulla base delle classi tipologiche ed alle classi di vulnerabilità, ha fatto seguito una valutazione della misura del danno e delle curve di vulnerabilità sulla base di uno scenario di rischio sismico. I risultati ottenuti sono quindi stati inquadrati in una procedura di valutazione della vulnerabilità sistemica riportata nei precedenti capitoli.

4.1.1 Cenni sulla classificazione degli elementi esposti (categorie fisiche e funzionali)

L'esposto vulnerabile è stato ripartito in categorie, a ciascuna delle quali corrispondono diversi componenti fisiche, per poter valutare, a parità di danno fisico occorso, l'entità e la tipologia delle perdite attese.

Figura 4.1 Elenco delle categorie individuate e delle componenti fisiche associate a ciascuna.

4.1.2 Cenni sulla classificazione tipologica e le classi di vulnerabilità delle entità aggregati insediativi

Qualsiasi metodo di analisi di vulnerabilità condotta a scala territoriale necessita di un preliminare inquadramento tipologico, non potendosi eseguire una modellazione strutturale su ogni manufatto presente nell'area di studio.

La classificazione tipologica utilizzata per il costruito ordinario nell'ambito del progetto GERIA coincide con quella prevista dalla scala EMS-98, che propone una suddivisione di particolare efficacia, in quanto valida su tutto il territorio europeo, ma al tempo stesso non generica e tale da consentire un'attribuzione sufficientemente chiara e precisa. Essa distingue, in primo luogo, le costruzioni in funzione del materiale strutturale: muratura, calcestruzzo armato, acciaio, legno; per ciascuna categoria sono quindi individuate differenti tipologie costruttive.

Per le costruzioni in muratura sono considerate sette tipologie che rappresentano piuttosto bene la tradizione costruttiva italiana, molto varia per materiali, tecnica di posa in opera e particolari costruttivi. È significativo osservare (Figura 4.2) come la priorità sia data alla qualità del materiale della muratura, quello che costituisce gli elementi sismo-resistenti della costruzione (pareti); a questo primo livello di classificazione si presuppone che la qualità degli altri elementi che influenzano la risposta siano, in media, coerenti con la tipologia muraria. Ad esempio gli edifici in pietra grezza avranno in genere peggiori qualità costruttive nei solai e nei collegamenti rispetto a quelli in pietre sbazzate o a spacco; gli edifici più recenti in muratura non armata di elementi artificiali (laterizi, blocchetti in calcestruzzo) avranno, nella maggioranza dei casi, orizzontamenti latero-cementizi.

Per quanto riguarda il calcestruzzo armato, le costruzioni sono distinte in relazione al sistema sismo-resistente (telaio o pareti di taglio) ed al livello di progetto antisismico adottato per realizzarle. Per le costruzioni in acciaio e in legno è presente una sola categoria, una definizione

certamente troppo vaga per includere situazioni anche molto diverse. Infine, la EMS-98 non fa riferimento alle costruzioni prefabbricate, importanti nelle aree periferiche delle grandi città.

Figura 4.2- *Proposta di classificazione tipologica del costruito a partire dalla classificazione tipologica EMS 98.*

4.1.3 Le classi di vulnerabilità

Le classi di vulnerabilità costituiscono un modo per raggruppare edifici anche diversi ma caratterizzati da un comportamento analogo nei riguardi del sisma; a ciascuna classe di vulnerabilità viene quindi associata una relazione tra intensità del terremoto e danno subito.

Nella scala di EMS-98, vengono proposte sei classi di vulnerabilità decrescente (A-F). Le prime tre rappresentano rispettivamente la resistenza a sollecitazione sismica d'una "tipica" casa in pietra, di una costruzione in muratura e di una struttura in cemento armato. Le classi di vulnerabilità D ed E rappresentano casi in cui la vulnerabilità risulta diminuita, in modo approssimativamente lineare, in conseguenza all'incremento del livello di progetto antisismico; rappresentano, inoltre, il comportamento delle costruzioni in legno ben realizzate, della muratura rinforzata o delle strutture in acciaio, generalmente più resistenti all'azione sismica. La classe di vulnerabilità F rappresenta la vulnerabilità di una struttura progettata con i criteri di progetto antisismico più elevati.

Figura 4.3 *Attribuzione della classe di vulnerabilità alle diverse tipologie.*

Nella EMS-98 la corrispondenza tra tipologie costruttive e classi di vulnerabilità non è univoca; si riconosce, infatti, che pur potendosi associare a ciascuna tipologia una classe di vulnerabilità prevalente, all'interno di ogni tipologia, in misura diversa, possono presentarsi edifici migliori o peggiori, in funzione di specifiche caratteristiche costruttive che ne modificano il comportamento. La Figura 4.3 propone tale inquadramento per le tipologie previste dalla EMS-98,.

4.1.4 La misura del danno e le curve di vulnerabilità

La scelta di come misurare il danno sismico è cruciale nell'analisi di vulnerabilità. Per il progetto GERIA è stata scelta la rappresentazione del danno utilizzata nella scala macrosismica EMS-98 nella quale il danno è rappresentato in forma discreta attraverso cinque livelli, oltre alla situazione di assenza di danno. Ai cinque livelli di danno è associata la seguente denominazione: 1) danno trascurabile o lieve; 2) danno moderato; 3) danno grave; 4) danno molto grave; 5) distruzione. Ciascun livello è descritto dettagliatamente, differenziando le conseguenze su edifici in muratura e su quelli in c.a.; si tratta di un danno fisico, combinazione tra danno strutturale ed agli elementi portati (tamponature, finiture, ecc.). Nei primi due livelli il danno strutturale è assente o molto lieve, mentre negli ultimi predomina sul giudizio.

Figura 4.4 *Livello di danno per gli edifici in muratura (EMS-98).*

Figura 4.5 *Livello di danno per gli edifici in cemento armato (EMS-98).*

Le distribuzioni ottenute dall'analisi statistica dei danni, in termini di percentuale di edifici danneggiati per ciascun livello di danno, possono essere rappresentate in termini di un solo parametro, il danno medio, attraverso la distribuzione di probabilità binomiale:

$$p_k = \frac{5!}{k!(5-k)!} d^k (1-d)^{5-k} \quad (1)$$

dove: p_k è la probabilità di avere un danno di livello k ($k=0,1,2,3,4,5$) ed il simbolo "!" indica l'operatore fattoriale.

Con un processo inverso, ricavato dalle curve di vulnerabilità il danno medio atteso, per un determinato valore dell'indice di vulnerabilità e dell'intensità macrosismica, è possibile ottenere attraverso la funzione binomiale l'intera distribuzione di danno.

Figura 4.6 Curve di vulnerabilità

4.2 Inquadramento dei risultati ottenuti nella procedura di valutazione della vulnerabilità sistemica nel caso di sollecitazione sismica

Contrariamente a quanto avvenuto per il caso di sollecitazione idraulica, in cui veniva fornito direttamente un valore di funzionalità residua per le entità territoriali considerate, nel caso di sollecitazione sismica sono state fornite delle informazioni che tendono a dare una descrizione dello stato fisico delle entità considerate. E' stato quindi necessario trovare un criterio per acquisire, da tali informazioni, una conoscenza dello stato di integrità funzionale delle entità, ossia degli aggregati insediativi individuati nella zona della Val Roja.

Fra gli indicatori di danno individuati dall'equipe sismica, si è scelto di considerare, per le valutazioni di vulnerabilità sistemica, solo la percentuale di edifici crollati e di edifici inutilizzabili individuati in ogni entità in conseguenza dell'evento calamitoso di scenario scelto in collaborazione con la componente francese del progetto Ge.Ri.A. E' stato quindi necessario trovare una funzione che legasse il livello di integrità residua di un'entità alla percentuale di edifici inagibili ed alla percentuale di edifici crollati. Le due componenti prese in considerazione non possono essere, naturalmente, considerate allo stesso livello di importanza, in quanto sicuramente la percentuale di edifici crollati influenza la funzionalità di un'area insediata maggiormente rispetto alla percentuale di edifici inagibili. E' sembrato inoltre opportuno legare l'andamento di questo tipo di funzione anche all'indice di funzionalità globale dell'entità (funzionalità ordinaria, valutata dall'equipe urbanistica in base alle caratteristiche funzionali dell'entità rispetto alla globalità del sistema territoriale considerato). In figura 4.7 sono riportati i valori di funzionalità residua calcolati tramite la relazione precedentemente menzionata, sulla base dei valori di percentuale di edifici crollati e inagibili e del valore di funzionalità globale.

Figura 4.7 Valori di funzionalità residua x_i^0 assunti dalle 24 entità territoriali di tipo areale individuate in Val Roja in conseguenza di un evento sismico di scenario; tali valori sono stati calcolati tramite una relazione, formulata appositamente per il progetto Ge.Ri.A., sulla base dei valori di integrità fisica (y_i^1 è indice della porzione di edifici ancora agibili, mentre y_i^2 è indice della porzione di edifici che non sono crollati) e di livello globale di funzionalità G_i .

L'analisi di vulnerabilità sistemica nel caso di sollecitazione sismica si è concentrata principalmente sulle EAI, cioè sulle entità di tipo aggregato insediativo. I dati che descrivono i possibili danni fisici nel caso di un terremoto, infatti, si riferiscono proprio a questo tipo di entità, poichè nell'ambito del progetto Ge.Ri.A. si è scelto di operare un'analisi a livello territoriale, piuttosto che locale.

Il sistema territoriale (e il corrispondente grafo di influenza) che è stato preso in considerazione è ancora quello considerato per il caso di sollecitazione idraulica (in cui sono state prese in considerazione le sollecitazioni su alcune entità di tipo puntuale e lineare), ma sono state a studiate e sintetizzate le perdite di funzionalità indotte solo sulle entità di tipo areale, poichè in questo caso, risultano essere particolarmente significative.

Per mantenere una certa omogeneità dei risultati ottenuti si è scelto di utilizzare, per esprimere le funzioni di dipendenza tra le diverse entità, le stesse espressioni matematiche che erano state utilizzate nel caso di sollecitazione idraulica; le curve che rappresentano i diversi livelli di influenza, quindi, sono ancora quelle mostrate precedentemente.

Analogamente a quanto visto per il caso di sollecitazione idraulica, anche in questa occasione si sono calcolati due valori differenti per il livello di integrità funzionale, ossia un valore “principale” ed uno “secondario”.

4.3 Risultati dell’analisi applicati all’analisi territoriale

Gli studi sulla vulnerabilità del costruito⁵ ricondotti alle entità aggregati insediativi (EAI)⁶ riconosciute nel sistema territoriale della Valle Roja sono stati elaborati secondo il metodo di analisi di vulnerabilità sistemica.⁷ Tale processo ha permesso l’individuazione di quelle aree che, per la loro rilevanza insediativa e funzionale, rivestono particolare significato per l’ambito in esame.

Il lavoro qui presentato ha lo scopo di precisare gli aggregati insediativi che rivestono una notevole consistenza funzionale e che sono allo stesso tempo vulnerabili dal punto di vista fisico. Questo primo obiettivo permette di focalizzare l’attenzione ed identificare opportune indagini in riferimento al rischio sismico.

A motivo della propagazione di possibili danneggiamenti diffusi in relazione a fenomeni calamitosi di questo tipo, la ricerca è stata condotta prioritariamente sulle aree insediative diffuse. I risultati hanno quindi lo scopo di orientare azioni di programmazione ed indirizzare quindi strumenti conoscitivi e di prevenzione anche in relazione alle attività di protezione civile. Lo studio condotto ha permesso di determinare che le aree più significativamente colpite da un evento sismico sono prevalentemente quelle centrali nell’insediamento urbano di Ventimiglia. Si tratta in particolare delle ‘entità aggregati insediativi’ con elevati valori di indice insediativo e di funzionalità da cui si è desunto un elevato valore di funzionalità ordinaria.

In particolare, tali aree sono costituite dall’insediamento di Roverino (perdita di integrità funzionale del 11%), dall’area di tessuto urbano centrale di Ventimiglia (riduzione dell’integrità funzionale del 34%), dal centro storico di Ventimiglia (perdita del 38% dell’integrità funzionale).

Figura 4.8 Entità aggregati insediativi e vulnerabilità fisico-funzionale per il rischio sismico in Valle Roja

4.3.1 Valutazione di vulnerabilità sistemica delle entità aggregati insediativi per il rischio sismico: risultati di analisi di vulnerabilità sistemica ottenuti studiando uno scenario di danno diretto sulle entità aggregati insediativi

Il lavoro di seguito presentato è volto a definire quali entità (EAI) risultino avere valori di vulnerabilità indotta (generata da un danneggiamento diretto di entità di omologa tipologia) rilevante e che cosa rappresentino funzionalmente tali entità per il contesto territoriale della Valle Roja.

Considerando la reazione del sistema territoriale desunta dall’analisi di vulnerabilità sistemica, emerge che le entità aggregati insediativi non presentano valori rilevanti di perdita funzionale indotta rispetto alla perdita diretta della propria integrità funzionale; tuttavia alcune di esse presentano un danneggiamento generato dalle mutue influenze che hanno luogo tra entità di tipologia omologa. Si tratta di un danneggiamento indotto che può apparire, in un primo momento, irrisorio (dall’1% al 3%), ma che comunque è da ritenersi rilevante in quanto l’incremento di danno riguarda, per questa tipologia di entità, un complesso di caratteristiche sia abitative sia funzionali.

⁵ Studiate dal gruppo di lavoro DISEG

⁶ Individuati nell’analisi di lettura del sistema territoriale del gruppo di lavoro CIMA/DEUIM

⁷ Elaborata dal gruppo di lavoro CIMA/Modellistica

Le entità che risultano essere danneggiate in modo indotto sono in particolare gli aggregati insediativi di Case Porra (danno indotto del 1%), l'area di tessuto urbano di Ventimiglia a monte della linea ferroviaria (danno indotto del 2%), le località di Calvo S. Pancrazio (danno indotto del 3%), Ville (danno indotto del 1%), e Mortola Superiore (danno indotto del 1%).

Da questo primo risultato dell'analisi di vulnerabilità sistemica pare quindi che la perdita indotta di maggior rilevanza sia subita dal tessuto urbano di Ventimiglia (a monte della linea ferroviaria) e da quella di Calvo S. Pancrazio. La misura della perdita di funzionalità indotta è da considerare in relazione alle funzioni che le EAI danneggiate svolgono nel sistema territoriale considerato.

Lo scopo di tale analisi è quella di fare emergere sia le caratteristiche di funzionalità ordinaria di ognuna di esse che le loro mutue influenze con altre entità omologhe, al fine di individuare quali di esse influenzino in modo determinante la funzionalità del sistema territoriale considerato.

Successivamente è possibile desumere su quali entità di tipo aggregativo, in quanto maggiormente influenzano il complesso del territorio, sia necessario operare prioritariamente attraverso analisi di dettaglio ed interventi programmatici mirati alla prevenzione del rischio sismico.

In particolare, l'EAI a monte della linea ferroviaria di Ventimiglia risulta particolarmente critica; tale entità presenta un indice insediativo relativamente basso per l'area in esame e costituisce anche un nodo di strade di percorrenza locale. Dall'esame degli attributi relativi a questa entità emerge che si tratta di un insediamento diffuso, dove non sono presenti parametri di funzionalità urbana rilevanti; in tale area sono presenti prevalentemente insediamenti produttivi agricoli.

Per la forte dipendenza che lega questo aggregato insediativo con l'area centrale di Ventimiglia, l'entità è fortemente influenzata dagli assi di accesso principali costituiti dalla percorrenza costiera, dalla percorrenza verso l'interno, nonché dai nodi viabilistici principali costituiti dal tratto urbano della SS1 e dal ponte carrabile sul Roja. In particolare, l'entità è del tutto dipendente dal tratto dell'Aurelia interno al tessuto di Ventimiglia (via Cavour) e dalla funzionalità del sottopasso che collega direttamente il centro con questo contesto territoriale.

L'altra entità che subisce un danneggiamento indotto nel sistema territoriale è l'aggregato insediativo di Calvo S. Pancrazio, che possiede un indice insediativo relativamente basso per l'area territoriale in esame; si tratta di un nucleo isolato con particolari caratteristiche storiche di rilievo con funzioni di interesse comune per le agglomerazioni minori della Valle Roja del versante in sponda destra del fiume (Torri, Bevera). Tale EAI è influenzata fortemente dai nodi viabilistici di connessione tra l'asse di percorrenza litoranea con la strada statale 20 e da alcuni tratti minori in sponda destra che collegano il nucleo alle zone centrali.

Tutte le entità aggregati insediativi che subiscono una perdita di funzionalità indotta sono caratterizzate da una forte dipendenza dalle aree del centro di Ventimiglia localizzato in sponda sinistra dell'asta terminale del Roja.

Per comprendere meglio le relazioni funzionali intercorrenti tra le diverse entità sono state effettuate numerose prove, scegliendo di volta in volta di sollecitare solo alcune aree ristrette del sistema territoriale del bacino del Roja; i risultati di tali analisi, che hanno un valore puramente indicativo, sono di seguito brevemente illustrati.

Una prima analisi è stata condotta scegliendo di concentrare la sollecitazione sismica solo sulle EAI localizzate nella zona centrale di Ventimiglia. La procedura che è stata seguita per valutare la vulnerabilità sistemica è analoga a quella adottata per la valutazione precedentemente descritta. I differenti risultati conseguiti sono dovuti al fatto che, anche se territorialmente contigue, tali entità hanno caratteristiche tra loro molto differenti, sia per quanto riguarda la loro rilevanza in termini insediativi, sia per la loro funzionalità ordinaria. Per tale motivo, esse generano livelli di influenze differenti rispetto alle entità omologhe considerate per il sistema territoriale in esame.

Considerando la perdita funzionale relativa alle aree centrali del tessuto insediativo, ne consegue che le EAI maggiormente influenzate da tale decadimento siano principalmente: Airole, Trucco e Roverino. Si tratta di località a monte dell'insediamento urbano di Ventimiglia

il cui livello di funzionalità ordinario non sembra particolarmente rilevante. Tuttavia queste località sono sede di funzioni diffuse di riferimento per località minori e piccoli borghi sparsi soprattutto per quanto riguarda Airole e Trucco. Airole, inoltre, costituisce un nodo viabilistico piuttosto importante della SS20 di collegamento a monte con la Francia. Altre località danneggiate in modo indotto in misura minore sono prevalentemente i nuclei isolati situati a ponente del centro di Ventimiglia verso il confine francese, con livelli di funzionalità bassi; tali località sono fortemente dipendenti dalle funzionalità diffuse presenti nel tessuto urbano.

Dall'esame degli attributi analizzati relativamente alla funzionalità ordinaria di Airole ed alle mutue influenze relative alle attività diffuse presenti, è possibile risalire al principale motivo e probabilmente alla misura del danno risentito in modo indotto dall'entità considerata, nonché a quegli elementi costitutivi dell'entità stessa che saranno danneggiati in modo indotto. L'entità analizzata è formata da un nucleo isolato e da un insediamento diffuso, dove è rilevabile la presenza di connettivo urbano diffuso e di servizi di pubblica istruzione. Il suo indice insediativo non ha valore rilevante ma è affiancato da un indice di funzionalità piuttosto elevato. Dall'esame delle mutue influenze tra entità omologhe risulta che Airole è fortemente influenzata dal tessuto urbano centrale di Ventimiglia, mentre influenza la località a monte di Olivetta S. Michele e gli insediamenti di valle di Trucco e Case Porra.

L'entità aggregato insediativo di Trucco è costituita da un nucleo isolato che presenta caratteristiche sia relative all'indice insediativo sia di funzionalità analoghe ad Airole. È un nodo infrastrutturale viabilistico sia per l'asse principale della SS20 sia per tratti minori che raggiungono insediamenti diffusi dell'alta valle. L'esame dei parametri di funzionalità porta a configurare tale insediamento, per la presenza di connettivo urbano, di attrezzature d'interesse comune e per le attrezzature ricettive presenti, come un punto di riferimento per località minori. Dall'esame delle influenze reciproche che si sviluppano tra entità di tipologia omologa risulta che Trucco sia influenzato funzionalmente e principalmente dal tessuto aggregativo del centro di Ventimiglia. L'entità di Roverino presenta caratteristiche piuttosto differenti rispetto alle altre due località danneggiate in quanto prolungamento periferico delle attività di tessuto urbano presenti a Ventimiglia. Sebbene il suo livello di funzionalità ordinaria non sia decisamente rilevante per l'area in esame (3), il suo indice insediativo (5) e di funzionalità (4) caratterizzano questa località rispetto alle altre entità non centrali di Ventimiglia. L'esame delle mutue influenze mette in luce che Roverino sia influenzato debolmente dalle entità a monte di Trucco, Airole, Case Porra, che ne costituiscono il principale bacino di utenza delle attività diffuse presenti. È da considerare la presenza di rilevanti polarità specialistiche, come l'accesso alla bretella autostradale, il polo scolastico e commerciale e la centrale ENEL.

La perdita di funzionalità indotta, esaminando le mutue influenze relative alle entità danneggiate, pare provocata dal danneggiamento diretto dell'area di tessuto urbano localizzata a sinistra dell'asta terminale del Roja, dalla quale tutte le entità esaminate hanno una forte dipendenza.

Dopo aver osservato le influenze sul sistema territoriale di una sollecitazione sismica concentrata nelle aree centrali del tessuto urbano di Ventimiglia (che, nello scenario sismico, registrava il danno fisico più ingenti), è stata effettuata un'analisi complementare considerando una sollecitazione sismica su quelle entità areali che erano state in precedenza escluse, ossia le aree non appartenenti al centro di Ventimiglia.

Ipotizzando un danneggiamento alle EAI periferiche al centro di Ventimiglia, l'analisi di vulnerabilità sistemica non rileva variazioni rispetto allo scenario precedente. Questo risultato può essere giustificato dal fatto che il centro storico, benché di grande interesse storico-culturale e caratterizzato da un indice insediativo rilevante, non assume valori di funzionalità tali da indurre conseguenze rilevanti sull'intero sistema territoriale in esame.

Una terza analisi è stata effettuata scegliendo di sollecitare tutto il sistema territoriale con i dati di integrità fisica (e, conseguentemente, di integrità funzionale residua) elaborati dal gruppo DISEG, ma escludendo l'entità associata al centro storico di Ventimiglia. Da tale analisi si riscontra che la perdita indotta di funzionalità si ripercuote nel sistema secondo una dinamica

differente. In questo caso, vengono infatti danneggiate in modo indotto le EAI costituite da Case Porra, Ville e Ville Inferiore, Mortola e tutte le aree centrali di Ventimiglia.

Il motivo del danneggiamento indotto di tali entità risale alle analisi delle mutue influenze svolte per l'analisi del sistema territoriale. Le EAI di Case Porra, Ville, Ville Inferiore e Mortola hanno caratteristiche molto simili sia relativamente agli attributi considerati, che per il loro livello di funzionalità ordinaria. Si tratta di insediamenti diffusi che hanno il più debole livello di influenza su tutte le altre entità aggregati insediativi della Valle Roja; ciò è dovuto alla loro mancanza di funzioni di connettivo urbano, di attrezzature e servizi diffusi. Altra caratteristica comune è l'essere influenzati in modo determinante non solo dal centro urbano di Ventimiglia, ma da altre entità 'aggregati insediativi'. Il danneggiamento indotto relativo al tessuto centrale di Ventimiglia è motivato dalla reciprocità delle influenze con tutte le altre EAI del bacino del Roja. Tali entità costituiscono il bacino d'utenza delle attività del centro urbano di Ventimiglia.

Figura 4.9 Vulnerabilità sistemica delle entità aggregati insediativi per il rischio sismico

4.3.2 Sintesi dei risultati ottenuti e conseguenti indicazioni

Dall'indagine di vulnerabilità sistemica relativa al rischio sismico per l'ambito del bacino del Roja emerge che le entità 'aggregati insediativi' che influenzano in modo determinante il funzionamento del sistema territoriale della Valle Roja sono prevalentemente l'area di tessuto urbano di Ventimiglia a sinistra dell'asta terminale del Roja e l'area di Roverino.

Dall'analisi precedentemente svolta, la perdita funzionale relativa ad un loro diretto danneggiamento provocherebbe infatti una crisi al sistema complessivo della Valle Roja.

Nel merito si propone, ai fini di azioni di prevenzione sismica, di condurre specifiche indagini relative anche al danneggiamento fisico indotto dal costruito sulle percorrenze principali della SS20 e della SS1 che attraversano questi abitati.

A causa del suo alto valore paesaggistico e culturale, si rendono necessari interventi specifici volti alla mitigazione di possibili effetti di un fenomeno sismico sul centro storico di Ventimiglia, sebbene influenzi in maniera modesta la funzionalità del sistema territoriale.

Si ritiene, in questo senso, necessario l'adeguamento degli strumenti urbanistici generali ed attuativi ai fini di prevenzione sismica, in conformità a quanto previsto dalla Legge 741/81 e ripresi dalla legislazione in materia dalla L.R. 29/1983. Relativamente alle EAI segnalate nel presente lavoro, interventi sui manufatti esistenti, di manutenzione ordinaria e straordinaria, dovrebbero essere orientati all'adeguamento edilizio relativo alla normativa sismica prevista (DM del 16/10/1996). Gli interventi ordinari previsti in queste aree dovrebbero quindi adeguarsi alle normative attualmente in vigore nelle aree a rischio sismico in terza categoria.

Vista l'alta importanza di cespiti di proprietà privata presenti nelle aree studiate, su tali aree potrebbero essere finanziati specifici programmi per l'attuazione di interventi conservativi mirati alla prevenzione sismica. Sperimentazioni in questo senso, attuate in altre regioni d'Italia (Emilia-Romagna, ad esempio) hanno dato risultati apprezzabili di possibile recepimento.

L'applicazione della metodologia di analisi della vulnerabilità sistemica al caso reale della regione transfrontaliera del bacino del Roja per quanto riguarda le sollecitazioni idrologiche e sismiche ha portato a meglio focalizzare le potenzialità del modello e quindi a considerare altri possibili utilizzi futuri a supporto di strumenti di intervento sul territorio.

Bibliografia essenziale

- F. S. Chapin *Urban land use planning*
- 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, P. 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
- P. Ugolini *Ambiente e pianificazione: politiche, strumenti, esperienze*, Ed. Casamara, Genova, maggio 1996
- R.T. Clemen, *Structuring decisions: influence diagrams In: Making hard decisions*, Duxbury Press, Belmont CA, 1996
- R.A. Howard, J.E. Matheson, *Influence Diagrams In: The principles and applications of decision analysis*. R.A. Howard, J.E. Matheson., 2, 719-762. Strategic Decisions Group, Palo Alto, CA, 1984
- R. Schachter, *Evaluating Influence Diagrams. Operations Research*, 34, 871-882, 1986
- R. Schachter, *Probabilistic Inference and Influence Diagrams. Operations Research*, 36, 589-604, 1988
- P. Shenoy, *Valuation-Based systems for Bayesian Decision Analysis. Operations Research*, 40, 463-484, 1992
- O. Varis, *Bayesian decision analysis for environmental and resource management. Environmental Modelling & Software*, 12, 177-185, 1997.
- Direzione Generale della Difesa del Suolo, *Legge 183/1989, Vol. 1/2/3 – Ministero dei Lavori Pubblici*, Roma 1991/1994
- Ministero dell' Ambiente, *Relazione sullo stato dell' ambiente*, Vol. 1/2 Istituto Poligrafico della Zecca dello Stato, Roma 1992
- Quaderni della rivista giuridica dell' Ambiente, La Difesa del suolo e la politica delle acque*, Giuffrè Editore, Milano 1990