

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

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

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

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

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

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

IL PROGETTO

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

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

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

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

I dossiers tematici

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

Il presente dossier: "RISCHIO SISMICO"

Lo scenario di Rischio Sismico è il risultato di un'analisi integrata nella quale gli studi di pericolosità vengono incrociati con le valutazioni di vulnerabilità del costruito, al fine di stimare le possibili conseguenze alla popolazione e i danni attesi per gli edifici nell'eventuale occorrenza di un fenomeno sismico.

Nel presente studio i diversi passi necessari a sviluppare l'analisi sono stati condotti in modo da perseguire l'obiettivo originale del progetto, quello di una rappresentazione omogenea e confrontabile dei risultati in Italia e in Francia.

L'obiettivo è stato raggiunto rappresentando la pericolosità in termini di intensità macrosismica, come definita dalla scala europea EMS 98 e proponendo, per l'analisi di vulnerabilità, una nuova metodologia condivisa da entrambe le parti.

Il nuovo approccio, che conserva la compatibilità con metodi tradizionalmente adottati in Italia e Francia, consente di utilizzare, nell'ambito di una stessa analisi di vulnerabilità, dati con diverse caratteristiche e con diverso livello di approfondimento. Per lo studio di area vasta è stato quindi possibile fare riferimento a dati già esistenti nei due paesi e produrre, a partire da questi, scenari di danno comuni.

I risultati, forniti in forma tabellare nel dossier e in forma di mappe tematiche nel CD-ROM allegato sono relativi a:

- Lo scenario di pericolosità che si delineerebbe nella malaugurata occorrenza, a largo della costa di Ventimiglia, di un fenomeno sismico di entità analoga a quello che colpì la Liguria Occidentale nel 1887.

- Le mappe della vulnerabilità del costruito e dell'esposizione, contenenti la consistenza del costruito (numero di edifici, loro tipologia, volumi edificati) e la popolazione residente.

- Gli scenari di danno, relativi ai seguenti parametri: edifici inagibili; edifici crollati o non riparabili; popolazione senza tetto; morti o feriti gravi.

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 Torre Laura 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 Coord. Provinc. Imperia

Comitati costituiti nell'ambito del Progetto GERIA

COMITATO DI PILOTAGGIO	
<i>Funzioni: Sede di promozione ed organico coinvolgimento della realtà locale. Ambito di competenza e riferimento di scelte pianificatorie e gestionali dei territori considerati</i>	
ITALIA	FRANCIA
COMPOSIZIONE	COMPOSIZIONE
<i>Presidenza</i>	<i>Prefecture (Direction de la Protection Civile)</i>
<i>Provincia di Imperia</i>	<i>Conseil General des Alpes Maritimes</i>
<i>Componenti</i>	<i>Conseil Regional Provence Alpes Cote d'Azur</i>
<i>Regione Liguria</i>	Communes concernees par le projet
<i>Comune di Cervo</i>	<i>DATAR</i>
<i>Comune di Imperia</i>	<i>DIREN- Direction de l'Environnement</i>
<i>Comune di Sanremo</i>	<i>DRIRE - Direction Régionale Régionale de L'Industrie de la recherche et de l'Environnement</i>
<i>Comune di Taggia</i>	<i>DRAF - Direction Régionale de l'Agriculture et des Foretes</i>
<i>Comune di Ventimiglia</i>	<i>DDAF - Direction Departementale Régionale de l'Agriculture et des Foretes</i>
Aderenti	<i>DRE - Direction Régionale Régionale de l'Environnement</i>
Comunità Montane (n. 2) C. M. Intemelja C. M. Argentina-Armea	<i>DDE - Direction Départementale de l'Equipement</i>

<p>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.</p>	<p><i>DD SIS – Direction Départementale des Services d'Incendies et de Secours</i></p>
	<p><i>DDASS – Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales</i></p>
	<p><i>CIRCOSC de Vallabre</i></p>
	<p><i>ONF – Office National des Forets</i></p>
	<p><i>METEO FRANCE</i></p>

Comitati costituiti nell'ambito del Progetto GERIA

INDICE

1. DEFINIZIONE DELL'AREA DI PROGETTO.....	7
1.1 I COMUNI DELL'AREA GERIA	7
2. LA SISMICITÀ DELLA LIGURIA OCCIDENTALE.....	7
2.2 MISURA DEI TERREMOTI.....	7
2.3 LA SISMICITÀ STORICA E STRUMENTALE IN LIGURIA	8
3. RISCHIO SISMICO	9
3.1 PERICOLOSITÀ	10
3.2 ESPOSIZIONE.....	18
3.3 VULNERABILITÀ	18
4 SCENARI DI DANNO.....	28

1. Definizione dell'area di Progetto

1.1 I comuni dell'area GERIA

La zona di studio del progetto corrisponde ad una fascia costiera di 100 Km di lunghezza e si estende da Ville Franche a Cervo e comprende, in particolare, i comuni di *Mentone Roquebrune-Cap-Martin, Beaulieu sur Mer, Villefranche sur Mer* in Francia e i comuni di *Ventimiglia, Sanremo, Taggia, Cervo* in Italia.

Attualmente non tutti i comuni dell'area Geria italiana risultano classificati come sismici.

Esiste tuttavia una proposta di riclassificazione, avanzata dal Servizio Sismico Nazionale, che considera tale l'intera Provincia di Imperia.

Quest'ultimo fatto contribuisce a dare una valenza ancora maggiore all'esperienza che questo dossier ha lo scopo di illustrare, mostrandone sia gli assunti teorici di base che i risultati ottenuti.

Figura 1.1 *i comuni GERIA in Italia e in Francia*

Tabella 1.1 *caratteristiche del territorio GERIA*

Figura 1.2 *attuale classificazione sismica dei comuni liguri*

Figura 1.3 *proposta di nuova classificazione sismica: tutta la Provincia di Imperia risulta appartenere alla terza categoria*

2. La sismicità della Liguria Occidentale

2.2 misura dei terremoti

Il primo strumento di misura conosciuto per la misura dei terremoti è un sismoscopio costruito in Cina nel 132 A.C.. All'interno della bocca dei draghi erano contenute delle sfere collegate tramite un dispositivo a leva a un pendolo interno. Il senso dell'epicentro veniva stimato dalla prima sfera rilasciata.

Figura 2.1 *antico sismoscopio cinese*

Attualmente le misurazioni strumentali vengono ottenute attraverso sismografi e accelerometri che consentono di registrare le onde sismiche.

Figura 2.2 *apparecchi per le misurazioni strumentali*

Delle varie possibilità di *misura della grandezza di un terremoto* vengono descritte quelle più comunemente note: l'*Intensità Macrosismica* e la *Magnitudo*.

MAGNITUDO (scala Richter)

La Magnitudo è una misura quantitativa, intrinseca del terremoto (è funzione solo dell'energia meccanica messa in gioco dal terremoto) e come tale richiede rilievi strumentali; la scala di misura della Magnitudo è nota come Scala Richter.

L'INTENSITA' MACROSISMICA

L'intensità è una misura qualitativa del sisma basata su osservazioni visive e sul rilievo dei danni post-sisma, come tale non dipende esclusivamente dall'entità dell'evento ma è influenzata dalle caratteristiche litologiche e morfologiche del sito colpito, e dalla maggiore o minore propensione al danneggiamento delle costruzioni. Le scale storicamente utilizzate in Italia sono la MCS (Mercalli Cancani Sieberg) e la MSK (; recentemente è stata definita una scala a livello europeo la EMS 98 (European macroseismic Scale).

Di seguito viene riportata una correlazione approssimata tra intensità epicentrale (Io-MCS) misurata in MCS e la magnitudo espressa in scala Richter.

Figura 2.3 correlazione approssimata tra intensità epicentrale misurata in MCS e la magnitudo espressa in scala Richter

<i>Data</i>	<i>Regione</i>	<i>Morti</i>	<i>Magnitudo</i>
1976 05 06	Italia Friuli	965	6.5
1976 07 27	Cina Tangshan	250.000	7.6
1980 11 23	Italia Irpinia	2.914	6.9
1989 10 17	California Loma Prieta	62	7.1
1990 06 20	Iran	50.000	7.7
1995 01 17	Japan Kobe	5.466	7.2
1999 08 17	Turchia Izimut	17.000	7.4
1997 9 26	Umbria-Marche	11	

Tabella 2.1 caratteristiche e conseguenze di alcuni fra i più recenti terremoti

2.3 La sismicità storica e strumentale in Liguria

La Liguria occidentale è costantemente soggetta ad una sismicità di livello medio-basso anche se nel passato è stata interessata da eventi che hanno raggiunto l'VIII-IX° di intensità. Gli eventi più significativi possono essere considerati il terremoto delle Alpi Marittime del 1564 (Ms=5.9), di cui in verità si conosce ancora abbastanza poco e quello ben studiato del 23 Febbraio 1887 (Ms=6.4) con probabile epicentro in mare (Capponi et al., 1985; Eva e Rabinovich, 1997), la sequenza del Luglio del 1963 con due eventi di Ms 5.9. Tra i terremoti minori, ma fortemente risentiti localmente, possiamo ricordare anche l'evento del 1831, che interessò l'area dell'imperiese occidentale con un intensità dell'VIII ° MCS. Al di fuori di quest'ultimo evento,

con epicentro sicuramente in terra, la maggior parte degli eventi risentiti sono da scriversi ad aree sismogenetiche localizzate nel Mar Ligure

Figura 2.4 *eventi sismici che hanno interessato l'area ligure*

Visto che i dati strumentali sono disponibili per la Liguria sono relativamente recenti, una analisi completa della sismicità può essere ottenuta solo dalla lettura dei cataloghi storici nei quali sono riportati collocazione temporale, collocazione geografica (coordinate epicentrali) e magnitudo dei terremoti occorsi nei pressi e nella regione di interesse.

Tabella 2.2 *principali eventi sismici che hanno interessato la Liguria occidentale*

I parametri e i dati di sintesi dei terremoti che hanno colpito la Liguria Occidentale sono stati selezionati dal Catalogo dei Forti Terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1997 (Boschi et al 2000), d'ora in poi citato come: in particolare sono stati selezionati

I terremoti noti che hanno danneggiato l'area della Liguria occidentale sono avvenuti nel corso dell'Ottocento, in un arco temporale di circa settant'anni. Si tratta di 5 eventi sismici presenti nella letteratura sismologica e studiati nel CFTI/3 e precisamente:

Altri cataloghi storici disponibili per l'Italia sono il CPTI *Catalogo Parametrico dei terremoti Italiani (1999)* il PFG Catalogo dei Forti Terremoti. E il catalogo NT4.1 disponibile in rete.

3. Rischio sismico

Si intende per "Rischio Sismico" la probabilità di avere certe perdite a seguito di un terremoto con un assegnato periodo di ritorno o con riferimento ad un fissato evento.

$RISCHIO = f(Pericolosità, Esposizione, Vulnerabilità, Perdite)$

dove sinteticamente con *Pericolosità* si intende natura, numero e intensità dello scuotimento sismico atteso in una data area o in dato periodo di tempo, con *Esposizione* la quantità e la qualità dei beni presenti nell'area considerata e con *Vulnerabilità* la propensione al loro danneggiamento. Per ciascuna categoria esposta il danno è in genere associato all'effetto diretto prodotto dal sisma; il cambiamento dopo il terremoto del valore associato ad ogni bene considerato viene espresso in termini di *Perdite*.

L'approccio più utile per capire il comportamento di territori fortemente antropizzati e per prendere le contromisure per la mitigazione dell'impatto è quello di scenario sismico, nel quale viene analizzato e quantificato l'impatto di un singolo terremoto.

Gli scenari possono essere preparati considerando differenti aspetti delle conseguenze del sisma, quali la semplice distribuzione geografica delle scosse, la distribuzione dei danni alle varie costruzioni nell'area, l'interruzione delle infrastrutture, l'interruzione delle attività economiche, le perdite attese in termini di vite umane, feriti, danni economici. Tutte le informazioni ricavate nella simulazione degli effetti indotti da un terremoto su un territorio sono utili per i propositi di protezione civile, sia in termini di gestione dell'emergenza che di pianificazione dell'intervento. In generale i passi che devono essere percorsi nella preparazione di uno scenario sismico anche in relazione alla definizione di rischio data, sono:

- A. Valutazione delle caratteristiche dell'evento (posizione dell'epicentro e magnitudo; determinazione del campo macrosismico conseguente attraverso una correlazione intensità-magnitudo e di una legge di attenuazione).
- B. Inventario degli elementi che possono essere danneggiati.
- C. Valutazione dei danni e conseguenze alla popolazione.
- D. Valutazione delle perdite (economiche, vite umane, feriti).

Figura 3.1 *elementi necessari alla valutazione del rischio sismico*

3.1 Pericolosità

L'input sismico atteso è stato stimato assumendo quale terremoto di riferimento un evento con le stesse caratteristiche di quello che ha interessato la Liguria Occidentale nel 1887 localizzando, però, l'epicentro nel tratto di mare antistante la val Roja per poter analizzare le conseguenze di un ipotetico sisma nell'area studio scelta nell'ambito del progetto. Lo scenario di scuotimento, è stato ottenuto attenuando, attraverso la legge di Grandori, un'intensità epicentrale pari a $I=9.5$ prevista a circa 20 Km a largo della costa di Ventimiglia.

Figura 3.2 *localizzazione del terremoto di scenario*

Per tenere conto dell'amplificazione dovuta dalla conformazione geologica del territorio, si è fatto riferimento alla rappresentazione data dalla carta geologica disponibile a livello nazionale a scala 1:50000 per la Liguria Occidentale. I litotipi in essa evidenziati sono stati accorpati in tre categorie: *roccia*, *terreni rigidi* e *terreni soffici*; i terreni rigidi sono stati differenziati dalla roccia, per la quale non si prevedono effetti di amplificazione, considerando in loro corrispondenza un incremento dell'intensità ricavata pari a 0.5. Per i *terreni soffici* si è, invece, attribuito un incremento pari a un intero grado di intensità.

Figura 3.3 *fasi fondamentali dell'analisi di pericolosità*

Comune	Nome Località	Intensità non amplificata	Intensità amplificata tenendo conto degli effetti di sito
AIROLE	COLLABASSA	7,63	7,63
	AIROLE	7,58	7,58
APRICALE	APRICALE	7,48	7,48
	APRICALE	7,47	7,47
AQUILA DI ARROSCIA	AQUILA DI ARROSCIA	6,65	6,65
	SALINO	6,64	6,64
	MUGNO	6,65	6,65
	MONTA' D'AQUILA	6,66	6,66
ARMO	GRENZOLINI	6,72	6,72
	TRASTANELLO	6,73	6,73
	ARMO	6,72	6,72
AURIGO	POGGIALTO	6,90	6,90
	AURIGO	6,89	6,89
BADALUCCO	CIABAUDO	7,15	7,40
	ARGALLO	7,16	7,41
	ZERNI	7,20	7,20
	BADALUCCO	7,11	7,17
BAIARDO	VIGNAI	7,20	7,20
	BERZI	7,36	7,61
	BAIARDO	7,32	7,47
BORDIGHERA	LE MIMOSE	7,86	7,86
	MADONNA DELLA RUOTA	7,81	7,81
	VILLA IRIDE	7,88	7,88
	SELVA DOLCE	7,90	7,90
	MONTENERO	7,84	7,84
	SASSO DI BORDIGHERA	7,80	7,80
	BORGHETTO SAN NICOLO'	7,83	7,83
	TERMINI	7,75	7,75
BORDIGHERA	7,95	8,21	
BORGHETTO D'ARROSCIA	GAZZO-VIGNA	6,70	6,70
	LERICI	6,71	6,71
	VILLA	6,71	6,71
	MENEGU'	6,70	6,70
	UBAGHETTA COSTA	6,71	6,71
	MONTECALVO	6,74	6,74
	UBAGA COSTA	6,71	6,71
	QUARTAROLE	6,68	6,68
	VILLA GAVENOLA	6,68	6,68
	CASALE	6,69	6,69
	LEVERONE	6,67	6,67
	GAZZO-VIGNA	6,70	6,70
	BORGHETTO D'ARROSCIA	6,71	6,71
	CASCINA	6,70	6,70

Comune	Nome Località	Intensità non amplificata	Intensità amplificata tenendo conto degli effetti di sito
BORGOMARO	CONIO	6,92	6,92
	SAN LAZZARO REALE	6,84	6,84
	VILLE SAN PIETRO	6,92	7,17
	VILLE SAN PIETRO	6,92	6,92
	VILLE SAN SEBASTIANO	6,91	7,16
	CANDEASCO	6,86	6,86
	BORGOMARO	6,87	6,87
CAMPOROSSO	BALLOI	7,72	7,72
	TRINITA'	7,73	7,73
	TRINITA'	7,72	7,97
	BRUNETTI	7,72	7,72
	MAGAUDA	7,82	7,82
	SAN GIACOMO	7,98	8,48
	SAN GIACOMO	7,95	7,95
	CIAIXE	7,81	7,81
	CAMPOROSSO	7,91	8,10
CARAVONICA	SAN BARTOLOMEO	6,82	6,82
	CARAVONICA	6,83	6,83
	CARAVONICA	6,83	7,08
CARPASIO	CARPASIO	6,99	6,99
	COSTA	7,00	7,00
	ARZENE	7,02	7,02
CASTEL VITTORIO	CASTEL VITTORIO	7,28	7,28
CASTELLARO	CASTELLARO	7,18	7,18
CERIANA	CERIANA	7,31	7,31
CERVO	CAPO MIMOSA-ROLLO	6,71	6,71
	CASTELLARETO	6,71	6,71
	CERVO	6,74	7,17
CESIO	CARTARI	6,78	6,78
	COLLE SAN BARTOLOMEO	6,81	6,81
	CESIO	6,79	6,79
	ARZENO D'ONEGLIA	6,80	6,80
CHIUSANICO	GARSI	6,84	7,09
	GARSI	6,84	6,84
	GAZZELLI	6,83	7,08
	TORRIA	6,83	7,08
	TORRIA	6,83	6,83
	CHIUSANICO	6,82	7,07
CHIUSAVECCHIA	OLIVASTRI	6,85	6,85
	SAROLA	6,85	6,85
	CHIUSAVECCHIA	6,84	6,97
CIPRESSA	LINGUEGLIETTA	7,07	7,07
	GALLINARO	7,09	7,09
	CIPRESSA	7,09	7,09

Comune	Nome Località	Intensità non amplificata	Intensità amplificata tenendo conto degli effetti di sito
Continua Cipressa	PIANI	7,07	7,07
	AREGAI	7,12	7,12
	CIAPIN	7,08	7,08
	MOIANO	7,10	7,10
CIVEZZA	CIVEZZA	7,01	7,01
COSIO DI ARROSCIA	COSIO DI ARROSCIA	6,79	6,79
COSTARAINERA	COSTARAINERA	7,07	7,07
	PANTAI	7,04	7,04
	NOVARO	7,06	7,06
	PIANI PAORELLI	7,06	7,06
DIANO ARENTINO	DIANO EVIGNO	6,78	6,78
	DIANO ARENTINO	6,80	6,80
	DIANO BORELLO	6,79	6,79
	VILLATALLA	6,79	6,79
	MEREA	6,82	6,82
	VIRGILI	6,79	6,79
DIANO CASTELLO	MONADE SANTA LUCIA	6,77	7,27
	MONADE SANTA LUCIA	6,77	6,77
	DIANO CASTELLO	6,80	7,11
DIANO MARINA	MURATORI	6,81	6,81
	SERRETA	6,82	6,82
	GORLERI	6,83	6,83
	CALDERINA	6,81	6,81
	DIANO MARINA	6,79	7,13
DIANO SAN PIETRO	CAMPOROTONDO	6,78	6,78
	BORGANZO	6,79	6,79
	TRINITA	6,79	6,79
	TRUCCHI	6,78	6,78
	RONCAGLI	6,78	6,78
	MOLTEDO	6,78	6,78
	DIANO SAN PIETRO	6,78	6,78
DOLCEACQUA	DOLCEACQUA	7,65	7,65
DOLCEDO	BELLISSIMI	7,00	7,00
	TRINCHERI	7,00	7,00
	COSTA CARNARA	6,99	6,99
	LECCHIORE	7,00	7,00
	ISOLALUNGA	6,97	6,97
	DOLCEDO	6,98	6,98
IMPERIA	COSTA D'ONEGLIA	6,85	6,85
	BORGIO D'ONEGLIA	6,87	7,37
	BORGIO D'ONEGLIA	6,87	6,87
	BORGIO SANT'AGATA	6,89	6,89
	CASON DELLA GUARDIA	6,90	6,90

Comune	Nome Località	Intensità non amplificata	Intensità amplificata tenendo conto degli effetti di sito
Continua Imperia	POGGI INFERIORE POGGI SUPERIORE	6,97	6,97
	MONTEGRAZIE	6,91	6,91
	TORRAZZA-CLAVI	6,97	6,97
	MOLTEDO	6,93	6,93
	IMPERIA	6,89	7,06
	ZONA INDUSTRIALE	6,85	7,35
ISOLABONA	ISOLABONA	7,49	7,49
LUCINASCO	BORGORATTO	6,85	6,85
	LUCINASCO	6,87	6,87
	CASE MOLINI	6,85	6,85
MENDATICA	SALSE	6,78	6,78
	VALCONA SOTTANA	6,81	6,81
	SECATE	6,81	6,81
	VALCONA SOPRANA	6,82	6,82
	SAN BERNARDO	6,81	6,81
	MONESI	6,84	6,84
	PIAN DEI PRATI	6,82	6,82
	MENDATICA	6,81	6,81
MOLINI DI TRIORA	AGAGGIO SUPERIORE	7,00	7,25
	GALE'	7,07	7,07
	COSTA	7,06	7,31
	GLORI	7,04	7,29
	AGAGGIO INFERIORE	7,03	7,28
	AGAGGIO INFERIORE	7,02	7,02
	SAN GIOVANNI DELLA VALLE	7,05	7,30
	MOLINI DI TRIORA	7,02	7,02
	GRATTINO	7,01	7,01
	ANDAGNA	7,01	7,01
	CORTE	7,00	7,00
MONTALTO LIGURE	MONTALTO LIGURE	7,08	7,08
	ISOLALUNGA	7,10	7,35
	TOVAGNOLI	7,08	7,08
	DESTEGLIO	7,08	7,08
MONTEGROSSO PIAN LATTE	MONTEGROSSO PIAN LATTE	6,83	6,83
	CASE FASCEI	6,86	6,86
OLIVETTA SAN MICHELE	OLIVETTA	7,53	7,53
	FANGHETTO	7,50	7,50
	SAN MICHELE	7,53	7,53
OSPEDALETTI	CANAROTTO	7,67	7,67
	SANTUARIO DELLE PORRINE	7,69	7,69
	OSPEDALETTI	7,69	7,69
PERINALDO	FUMEI-NEGI	7,57	7,57
	SUSENEO	7,63	7,63

Comune	Nome Località	Intensità non amplificata	Intensità amplificata tenendo conto degli effetti di sito
Continua Perinaldo	PEVEREI-NEGI	7,55	7,55
	PERINALDO	7,51	7,51
PIETRABRUNA	TORRE PAPONE	7,04	7,04
	BOSCOMARE	7,09	7,09
	PIETRABRUNA	7,08	7,08
PIEVE DI TECO	TROVASTA	6,76	6,76
	NIRASCA	6,76	6,76
	ACQUETICO	6,79	6,79
	LOVEGNO	6,75	6,75
	MUZIO	6,78	6,78
	CALDERARA	6,79	6,79
	VILLAGGIO DEL SOLE	6,77	6,77
	PIEVE DI TECO	6,78	6,78
PIGNA	BUGGIO	7,17	7,17
	PIGNA	7,28	7,28
POMPEIANA	POMPEIANA	7,17	7,17
PONTEDASSIO	VILLA GUARDIA-VILLA VIANI	6,88	6,88
	BESTAGNO	6,87	6,87
	PONTEDASSIO	6,84	7,14
PORNASSIO	NAVA	6,74	6,74
	COLLE DI NAVA	6,75	6,75
	OTTANO	6,78	6,78
	SAN LUIGI	6,78	6,78
	PONTI	6,80	6,80
	VILLA	6,79	6,79
	CASE ROSSE	6,77	6,77
PRAI INFERIORE-GRANGE	PRAI	7,25	7,75
	RIVA LIGURE (GRANGE)	7,22	7,72
	RIVA LIGURE (GRANGE)	7,22	7,22
PRAI SUPERIORE	PRAI	7,24	7,74
PRELA'	VILLATALLA	6,98	6,98
	TAVOLE	6,99	6,99
	CANNETO	6,96	6,96
	CASA CARLI	6,95	6,95
	MOLINI	6,96	6,96
	COSTIOLO	6,97	6,97
	NOVELLI	7,00	7,00
	VALLORIA	6,99	6,99
	PRAELO	6,96	6,96
RANZO	COSTA BACELEGA	6,65	6,65
	BONFIGLIARA	6,68	6,68
	CANETO	6,69	6,69

Comune	Nome Località	Intensità non amplificata	Intensità amplificata tenendo conto degli effetti di sito
Continua Ranzo	COSTA PARROCCHIA	6,69	6,69
	CONIO	6,67	6,67
	ARMA	6,69	6,69
	CANATA	6,69	6,69
	CALABRIA	6,71	6,71
	PONTEROTTO	6,66	6,66
	DEGOLLA	6,68	6,68
	ARACA'	6,69	6,69
	FANTINONE	6,69	6,69
	PIAZZA	6,66	6,66
	BORGO DI RANZO	6,68	6,68
REZZO	GENOVA	6,83	6,83
	LAVINA	6,83	6,83
	REZZO	6,87	6,87
RIVA LIGURE	RIVA LIGURE	7,21	7,21
ROCCHETTA NERVINA	ROCCHETTA NERVINA	7,48	7,73
SAN BARTOLOMEO AL MARE	RICHIERI	6,73	6,73
	PAIROLA	6,74	6,74
	CHIAPPA	6,72	6,72
	MOLINO DEL FICO	6,73	6,73
	ROCCA	6,71	6,71
	SAN SIMONE	6,73	6,73
	SAN BARTOLOMEO AL MARE	6,75	7,22
SAN BIAGIO DELLA CIMA	SAN BIAGIO DELLA CIMA	7,79	7,79
SAN LORENZO AL MARE	SAN LORENZO AL MARE	7,03	7,03
SAN REMO	BEVINO	7,51	7,51
	BUSSANA	7,30	7,30
	CASA SERENA	7,37	7,37
	SAN ROMOLO	7,47	7,47
	RODI	7,36	7,36
	MODENI	7,37	7,37
	MORENO	7,36	7,36
	SAN DONATO	7,39	7,39
	SANT'ANTONIO	7,37	7,37
	MONTE BIGNONE	7,40	7,40
	BUSSANA VECCHIA	7,31	7,31
	GIORDANI	7,37	7,37
	SAN REMO	7,48	7,48
SANTO STEFANO AL MARE	CAVI	7,15	7,15
	AREGAI	7,13	7,13
	SANTO STEFANO AL MARE	7,18	7,18
SEBORGA	FASCIA PIANA	7,68	7,68
	SEBORGA	7,65	7,65
SOLDANO	SAN MARTINO	7,65	7,65

Comune	Nome Località	Intensità non amplificata	Intensità amplificata tenendo conto degli effetti di sito
Continua Soldano	SOLDANO	7,71	7,71
TAGGIA	TAGGIA	7,26	7,61
TERZORIO	TERZORIO	7,15	7,15
TRIORA	CREPPO	7,03	7,28
	BREGALLA	7,02	7,27
	REALDO	6,96	6,96
	REALDO	6,97	7,22
	LORETO	7,04	7,04
	LORETO	7,04	7,29
	CETTA	7,07	7,07
	VERDEGGIA	6,93	6,93
	TRIORA	7,03	7,03
	MONESI DI TRIORA	6,85	6,85
VALLEBONA	MADONNA DELLA NEVE	7,74	7,74
	VALLEBONA	7,78	7,78
VALLECROSIA	VALLECROSIA ALTA	7,84	7,84
	VALLECROSIA	7,99	8,49
VASIA	PIANAVIA	6,93	6,93
	TORRETTA	6,92	6,92
	PRELA' CASTELLO	6,93	6,93
	VASIA	6,93	6,93
	PANTASINA	6,94	6,94
VENTIMIGLIA	VARASE	7,73	7,98
	TORRI	7,75	8,00
	TORRI	7,74	7,74
	CASE ALLAVENA	7,76	8,01
	CALVO	7,81	8,06
	BEVERA	7,84	8,09
	SEGLIA	7,92	8,17
	CARLETTI	7,94	7,94
	SEALZA	7,95	8,20
	SAN LORENZO	7,96	8,21
	SAN BERNARDO	7,97	8,22
	CASE ROBERTO	7,99	8,24
	CALANDRI	8,00	8,00
	CASE SGORRA	8,01	8,26
	PORRA	7,79	8,04
	SANT'ANTONIO	7,88	7,88
	VILLATELLA	7,81	8,06
	PORRA	7,77	8,02
	GRIMALDI	8,13	8,13
	TRUCCO	7,70	7,95
LATTE	8,10	8,24	
VENTIMIGLIA	8,03	8,38	

Comune	Nome Località	Intensità non amplificata	Intensità amplificata tenendo conto degli effetti di sito
VESSALICO	VILLA	6,72	6,72
	VESSALICO	6,75	6,75
	PERINETTI	6,77	6,77
	SIGLIOLI	6,77	6,77
	LENZARI	6,72	6,72
VILLA FARALDI	DEGLIO FARALDI	6,73	6,73
	VILLA FARALDI	6,72	6,72
	TOVETTO	6,71	6,71
	TOVO FARALDI	6,71	6,71
	RIVA FARALDI	6,73	6,73

Tabella 3.1 Intensità sismiche(EMS 98) risentite nei comuni dell'imperiese in seguito al terremoto di scenario

3.2 Esposizione

Nel caso specifico dello scenario di danno sismico illustrato in questo dossier, l'esposto vulnerabile (l'insieme degli elementi fisici e sociali esposti agli effetti del terremoto di scenario) è costituito dal patrimonio edilizio residenziale, suddiviso per tipologie costruttive, e dalla popolazione residente, nell'ipotesi che questa si trovi nelle proprie abitazioni al verificarsi dell'evento calamitoso.

Questo ha consentito di valutare sia il danno fisico agli edifici che le conseguenze per la popolazione residente in termini di decessi che di feriti.

Figura 3.4 carta della distribuzione della popolazione nei centri abitati dell'area di progetto

3.3 Vulnerabilità

Per condurre una analisi di vulnerabilità ad una scala sub regionale come l'area vasta presa in considerazione dal progetto GERIA, si deve necessariamente impiegare una metodologia che preveda un preliminare inquadramento tipologico, non potendosi eseguire una modellazione strutturale su ogni singolo edificio presente nell'area di studio.

L'approccio tipologico tradizionalmente impiegato in Italia è quello denominato di I Livello GNDT (*Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti*).

La metodologia di I livello GNDT individua all'interno del costruito ordinario diverse tipologie edilizie e definisce alcune classi di vulnerabilità (A, B e C), per ciascuna delle quali viene precisata la relazione tra input sismico e danno, attraverso matrici di probabilità di danno - DPM (*Damage Probability Matrix*).

Il primo passo di un'analisi di vulnerabilità è l'Identificazione tipologica

*La conoscenza delle caratteristiche costruttive degli edifici, consente di prevedere il loro comportamento all'occorrenza di un sisma
Si procede identificando ciascuna tipologia con una classe di vulnerabilità delle quali è noto il comportamento sismico, generalmente da rilievi del danno eseguiti a seguito di terremoti occorsi nel passato*

Esiste inoltre il metodo di II livello GNDT, nel quale le classi di vulnerabilità non esistono esplicitamente; questo tiene conto del fatto che edifici appartenenti alla stessa tipologia possono presentare una diversa vulnerabilità. Esiste infatti un indice I_V (compreso tra 0 e 100 per gli edifici in muratura; maggiore di -25 per gli edifici in c.a.). La valutazione dell'indice I_V viene fatta per singolo edificio attraverso una scheda apposita (Benedetti e Petrini 1984, GNDT 1994) che raccoglie informazioni tipologiche e costruttive su ogni singolo edificio; queste vengono combinate attraverso punteggi indipendenti per definire l'indice di vulnerabilità I_V , che caratterizza la propensione dell'edificio al danneggiamento (metodologia semeiotica). Ad ogni valore di I_V è associata una curva, che correla il fattore di danno (rapporto tra il costo dell'intervento di riparazione ed il valore dell'opera) al picco di accelerazione dell'input sismico atteso (Cherubini *et al.* 1999b).

La metodologia proposta per il progetto GERIA, volendo rispettare e essere coerente con le molteplici esperienze svolte in Italia in questi anni nel campo della vulnerabilità sismica, ha previsto innanzitutto tutto una revisione critica di queste due metodologie per unificarle e proporre così un approccio unitario, graduato a diversi livelli a seconda della qualità dei dati e dell'estensione del territorio.

Figura 3.5 *esempio di classificazione tipologica del costruito*

Nella EMS-98 si riconosce che per ciascuna tipologia di edificio esiste una classe di vulnerabilità prevalente (A,B,C,D,E), ma 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.

Su questa base è quindi possibile impostare una metodologia per l'analisi di vulnerabilità, che sia flessibile nell'utilizzo di dati di qualità e dettaglio diversi.

Nella definizione dei gradi di intensità macrosismica della EMS-98 è contenuta, in maniera incompleta, la distribuzione del danno sugli edifici delle diverse classi, al variare dell'intensità.

Nella EMS-98 il danno è rappresentato in forma discreta attraverso cinque livelli, oltre alla situazione di assenza di danno. Ai cinque livelli di danno della EMS-98 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






		Livello di danno	Edifici in muratura
1		Danno da trascurabile a leggero (assenza di danni strutturali, danni non strutturali leggeri)	Crepe sottili in poche pareti Caduta di piccole parti di intonaco Caduta delle pietre allentate dalle parti superiori delle costruzioni in pochissimi casi
2		Danno moderato (danni strutturali leggeri, danni non strutturali moderati)	Crepe in molte pareti Caduta di pezzi di intonaco abbastanza grandi Parziale collasso dei comignoli
3		Danno da sostanziale a pesante (danno strutturale moderato, danno non strutturale pesante)	Crepe larghe ed estese nella maggior parte delle pareti Distaccamento di tegole della copertura. Frattura dei comignoli presso la linea di copertura, danneggiamento di elementi non strutturali (divisori, pareti del timpano)
4		Danno molto pesante (danno strutturale pesante, danno non strutturale molto pesante)	Serio danneggiamento delle pareti, parziale danneggiamento strutturale del tetto e dei solai.
5		Distruzione (danno strutturale molto pesante)	Collasso totale o quasi totale

Tabella 3.2 descrizione dei livelli di danno secondo la scala EMS 98

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.

Essendo la finalità quella di un rilievo macrosismico nel post-terremoto, non si prevede una precisa determinazione delle quantità ma si utilizzano termini quali “pochi”, “molti”, “la maggior parte”, ai quali vengono fatti corrispondere intervalli percentuali sfumati. Inoltre, la distribuzione del danno risulta incompleta, in quanto la scala considera solo le situazioni più rappresentative e facilmente osservabili.

Grado di danno Intensità	1	2	3	4	5
V	Pochi				
VI	Molti	Pochi			
VII			Molti	Pochi	
VIII				Molti	Pochi
IX					Molti
X					La maggior parte
XI					Tutti
XII					

Tabella 3.3 esempio di matrice di probabilità di danno associata ad una delle classi della scala EMS 98

Dopo aver tradotto le definizioni delle quantità in valori numerici, assumendo per essi la percentuale media dell'intervallo corrispondente (pochi: 5%, molti: 35%; la maggior parte: 80%), le distribuzioni del danno per ciascuna classe ed intensità sono state ricavate completando le indicazioni della scala EMS-98 attraverso la legge binomiale (1); tale distribuzione di probabilità è stata scelta in quanto si era già rivelata particolarmente adeguata allo scopo di rappresentare le distribuzioni ottenute dall'analisi statistica dei danni, rilevati in terremoti passati.

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

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.

La distribuzione binomiale è funzione del solo parametro libero d , compreso tra 0 e 1, che definiamo danno medio in quanto, se moltiplicato per cinque, rappresenta l'ascissa baricentrica dell'istogramma dei danni. In altre parole, con il solo parametro danno medio è possibile descrivere l'intera distribuzione del danneggiamento per ciascuna classe e ciascun grado di intensità..

Nei casi in cui la EMS-98 fornisce l'indicazione quantitativa degli edifici danneggiati per un solo livello di danno, il parametro danno medio della binomiale è univocamente determinato; nei casi in cui l'indicazione è relativa a due livelli di danno, si assunto come danno medio quello che produce, sui due livelli, la stessa percentuale complessiva.

Intensità	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Classe A	0.03	0.190	0.457	0.639	0.811	0.957	1.000	1.000
Classe B	0.0105	0.1	0.277	0.457	0.639	0.811	0.957	1.000
Classe C	0	0.0105	0.1	0.277	0.457	0.639	0.811	0.957
Classe D	0	0	0.0105	0.1	0.277	0.457	0.639	0.903
Classe E	0	0	0	0.0105	0.1	0.277	0.457	0.725
Classe F	0	0	0	0	0.0105	0.1	0.277	0.639

Tabella 3.4 EMS-98: parametro d della funzione binomiale per ciascuna classe ed intensità

Rappresentando, per ciascuna classe di vulnerabilità, i valori del danno medio al variare dell'intensità, si ottengono delle curve, che definiamo curve di vulnerabilità.

Queste curve sono quindi state confrontate con quelle legate ai metodi di I e II livello GNDT. I risultati hanno mostrato come l'andamento delle diverse famiglie di curve sia analogo e come tra loro esista una buona corrispondenza.

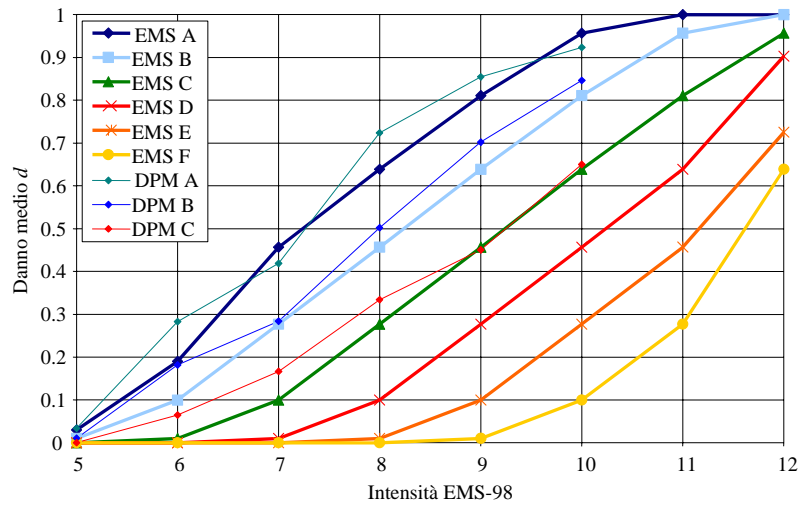


Figura 3.6 confronto tra le curve di danno della metodologia GNDT di I livello e quelle relative alla scala EMS 98

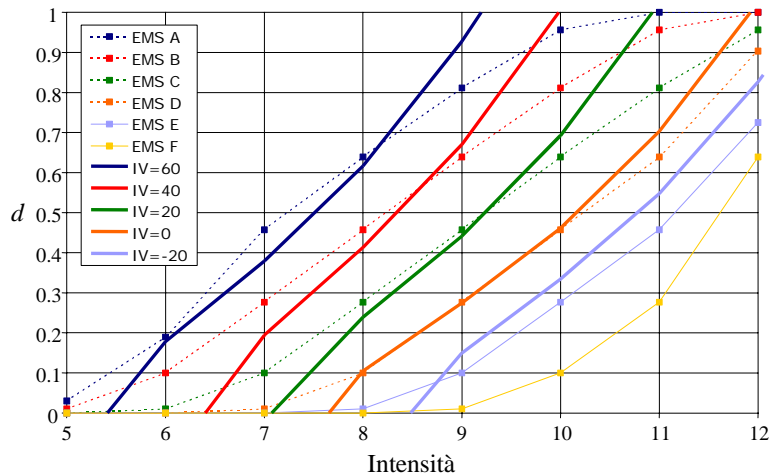


Figura 3.7 confronto tra le curve di danno della metodologia GNDT di II livello e quelle relative alla scala EMS 98

Dal confronto emerge che alla classe A, quella a maggiore vulnerabilità, corrisponde a un $I_v=60$, mentre la classe C, rappresentativa per esempio degli edifici in cemento armato, ha un $I_v=20$. La Tabella 6 propone una corrispondenza tra classi EMS-98 e indice di vulnerabilità I_v del metodo di II livello GNDT.

Classe EMS-98	A	B	C	D	E
Indice di vulnerabilità I_v	60	40	20	0	-20

Tabella 3.3 Corrispondenza tra le classi di vulnerabilità EMS-98 e l'indice di vulnerabilità I_v

Sulla base di quanto emerso dalle considerazioni precedenti, la metodologia messa a punto per l'analisi di vulnerabilità sul costruito ordinario nell'ambito del progetto GERIA è basata su

curve che correlano l'intensità macrosismica I al danno medio d (parametro della distribuzione binomiale), al variare di un indice di vulnerabilità I_v , concettualmente coincidente con quello calcolato attraverso la scheda di secondo livello ma definibile con modalità e dati differenti, anche a partire dal solo inquadramento tipologico.

La funzione analitica con la quale si è scelto di rappresentare le curve di vulnerabilità, legata al solo parametro libero I_v , è la seguente:

$$d = 0.5 + 0.45 \left\{ \arctan \left[0.55 (I - 10.2 + 0.05 I_v) \right] \right\} \quad 0 \leq d \leq 1 \quad (5)$$

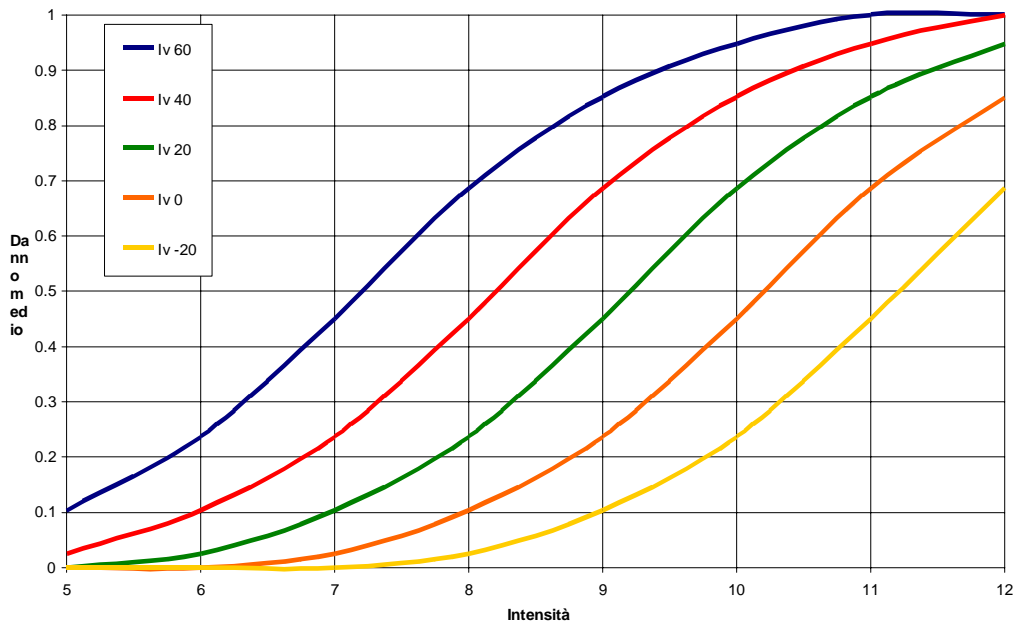


Figura 3.8 andamento della funzione analitica con la quale si è scelto di rappresentare le curve di vulnerabilità

Per condurre l'analisi di vulnerabilità alla scala territoriale prevista dal progetto GERIA (praticamente coincidente con il territorio della Liguria Occidentale), la consistenza del patrimonio abitativo è stata desunta dai dati rilevati nell'ambito del censimento della popolazione (ISTAT 1991), in una versione opportunamente rielaborata e finalizzata alle analisi di vulnerabilità (Meroni et al. 1999, Meroni et al. 2000).

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

Per utilizzare i dati ISTAT nell'ambito della metodologia sin qui esposta, sono state inizialmente identificate sette distinte categorie di edifici, quattro in muratura (Tab. 3.5) e 3 in c.a. (Tab. 3.6). Con gli ulteriori dati ISTAT è stato possibile modificare l'indice di vulnerabilità iniziale di ciascuna categoria, dedotto dalle Tab. 3.5 e 8, considerando dei modificatori di comportamento (Tab. 3.7 e 3.8). Il punteggio indicato comporta un incremento o una riduzione

dell'indice della categoria, conteggiato in misura proporzionale alla quantità di edifici contraddistinti da quel modificatore.

Epoca		Tipologie EMS	I_V
1	Antecedente al 1919	M1 – Pietra grezza (ciottoli, pietrame, mista)	50
		M3 – Pietre sbazzate o a spacco	
		M5 – Mattoni	
2	zona urbana	M3 – Pietre sbazzate o a spacco M4 – Pietre squadrate M5 – Mattoni	35
	zona rurale	M1 – Pietra grezza (ciottoli, pietrame, mista) M3 – Pietre sbazzate o a spacco M5 – Mattoni	
3	dal 1946 al 1971	M3 – Pietre sbazzate o a spacco M5 – Mattoni M6 - Muratura non armata (pietra lavorata, laterizi, blocchi di cemento) con solai in c.a.	30
4	dopo il 1971	M6 - Muratura non armata (pietra lavorata, laterizi, blocchi di cemento) con solai in c.a.	20

Tabella 3.4 Edifici in muratura: individuazione delle categorie in base all'epoca di costruzione

Epoca		Tipologie EMS	I_V
5	pre classificazione sismica	RC1 – Telaio in c.a. (pre-normativa)	20
		RC4 – Pareti di taglio (pre-normativa)	
6	Post classificazione sismica	RC2 – Telaio in c.a. (bassa duttilità)	0
		RC5 – Pareti di taglio (bassa duttilità)	
7	edificio a pilotis	RC7 – Telaio in cemento armato con pilotis	40

Tabella 3.5 Edifici in c.a.: individuazione delle categorie in base all'età ed alla tipologia costruttiva

I punteggi scelti per tali modificatori sono coerenti con i risultati pubblicati nell'ambito di una valutazione condotta su ampie aree del territorio nazionale (Meroni et al. 2000); facendo riferimento ai comuni nei quali erano disponibili le schede GNDT di I e II livello, sono stati valutati gli indici di vulnerabilità medi corrispondenti a gruppi di edifici omogenei in relazione ai diversi parametri del censimento ISTAT. Ad esempio, per gli edifici in muratura è possibile valutare, per ciascuna classe di età, la variazione di I_V in funzione del numero dei piani, del contesto strutturale e delle condizioni di manutenzione.

Modificatori di comportamento	Indicatori ISTAT	Punteggio per le diverse categorie			
		<1919	19/45	46/71	>1971
Condizioni di manutenzione	Buona manutenzione	-5	-3	-2	-2
	Scarsa manutenzione	+5	+3	+2	+2
Numero di piani (altezza)	Basso (1 o 2 piani)	-3	-3	-3	-3
	Medio (3, 4 o 5 piani)	-	-	-	-
	Alto (più di 5 piani)	+3	+3	+3	+3
Contesto strutturale	Edificio aggregato	-3	-1	-1	-1
	Edificio in aggregato	-	-	+6	+6

Tabella 3.6 Attribuzione di punteggi ai modificatori di comportamento per gli edifici in muratura.

Modificatori di comportamento	Indicatori ISTAT	Punteggio
Età di costruzione	Antecedente il 1971	+6
	Basso (1 o 2 piani)	-6
Numero di piani (altezza)	Medio (3, 4 o 5 piani)	0
	Alto (6 p più piani)	+6
Edifici adiacenti con giunti non sismici	Edificio in aggregato	+6

Tabella 3.7 Attribuzione di punteggi ai modificatori di comportamento per gli edifici in cemento armato.

Nome comune	Numero edifici	Numero edifici in muratura antecedenti il 1919	Numero edifici in muratura compresi tra il 1919 e il 1945	Numero edifici in muratura compresi tra il 1946 e il 1971	Numero edifici in muratura successivi al 1971	Numero edifici in c.a. antecedenti al 1984	Numero edifici in c.a. successivi alla classificazione sismica (1984)	Numero edifici in c.a. su pilotis
AIOLE	139	114	3	8	5	8	0	1
APRICALE	582	521	23	26	6	5	0	2
AQUILA DI ARROSCIA	118	54	17	10	7	30	0	0
ARMO	87	48	11	14	7	7	0	1
AURIGO	242	103	31	35	4	64	0	6
BADALUCCO	491	318	52	24	52	31	10	4
BAIARDO	412	265	22	61	9	47	0	7
BORDIGHERA	1854	545	263	194	21	761	0	70
BORGHETTO D'ARROSCIA	395	187	65	94	8	34	0	6
BORGOMARO	664	460	71	40	7	80	0	7
CAMPOROSSO	902	336	83	50	12	348	0	73
CARAVONICA	111	56	7	2	1	42	0	3
CARPASIO	174	101	11	19	32	8	1	2
CASTEL VITTORIO	188	156	8	7	1	14	0	3
CASTELLARO	230	189	1	1	23	12	2	4
CERIANA	334	248	18	19	28	17	1	4
CERVO	628	300	21	21	4	237	0	45
CESIO	125	78	9	11	4	21	0	1
CHIUSANICO	338	260	12	14	4	43	0	6
CHIUSAVECCHIA	191	148	4	3	1	34	0	2
CIPRESSA	527	260	21	23	33	145	30	14
CIVEZZA	179	127	2	1	25	17	8	0
COSIO DI ARROSCIA	270	204	24	16	3	19	0	5
COSTARAINERA	314	175	10	19	20	59	18	14

Tabella 3.8a *tabella della consistenza del costruito*

Nome comune	Numero edifici	Numero edifici in muratura antecedenti il 1919	Numero edifici in muratura compresi tra il 1919 e il 1945	Numero edifici in muratura compresi tra il 1946 e il 1971	Numero edifici in muratura successivi al 1971	Numero edifici in c.a. antecedenti al 1984	Numero edifici in c.a. successivi alla classificazione sismica (1984)	Numero edifici in c.a. su pilotis
DIANO ARENTINO	348	162	26	22	4	120	0	13
DIANO CASTELLO	447	193	26	33	7	167	0	23
DIANO MARINA	1493	315	140	80	27	634	0	298
DIANO SAN PIETRO	357	219	23	16	2	84	0	14
DOLCEACQUA	445	328	36	21	10	44	0	6
DOLCEDO	554	386	20	4	38	83	17	6
IMPERIA	5709	1719	480	251	349	2131	464	314
ISOLABONA	226	188	24	10	3	2	0	0
LUCINASCO	244	195	18	2	2	7	0	20
MENDATICA	456	277	25	74	3	76	0	1
MOLINI DI TRIORA	619	476	74	31	12	25	0	1
MONTALTO LIGURE	209	144	15	10	17	10	2	10
MONTEGROSSO PIAN LATTE	211	126	25	36	12	9	0	3
OLIVETTA SAN MICHELE	146	107	20	10	3	5	0	1
OSPEDALETTI	563	121	58	39	23	198	38	85
PERINALDO	278	208	22	8	4	31	0	5
PIETRABRUNA	326	247	8	6	6	53	4	1
PIEVE DI TECO	669	520	39	30	11	57	0	12
PIGNA	530	443	26	23	4	23	0	10
POMPEIANA	361	207	35	6	17	67	19	10
PONTEPASSIO	475	308	27	20	5	80	0	36
PORNASSIO	376	204	63	36	4	67	0	2
PRAI INFERIORE-GRANGE	64	6	4	10	5	32	4	1
PRAI SUPERIORE	11	0	1	2	2	6	0	0
PRELA'	440	336	21	11	44	19	5	5

Tabella 3.8b *tabella della consistenza del costruito*

Nome comune	Numero edifici	Numero edifici in muratura antecedenti il 1919	Numero edifici in muratura compresi tra il 1919 e il 1945	Numero edifici in muratura compresi tra il 1946 e il 1971	Numero edifici in muratura successivi al 1971	Numero edifici in c.a. antecedenti al 1984	Numero edifici in c.a. successivi alla classificazione sismica (1984)	Numero edifici in c.a. su pilotis
RANZO	251	151	19	12	5	35	0	29
REZZO	420	370	3	7	4	32	0	3
RIVA LIGURE	333	128	19	25	28	82	18	33
ROCCHETTA NERVINA	168	133	19	6	0	7	0	3
SAN BARTOLOMEO AL MARE	806	239	113	44	6	320	0	84
SAN BIAGIO DELLA CIMA	210	126	21	13	0	41	0	10
SAN LORENZO AL MARE	370	64	21	32	22	147	16	69
SAN REMO	7545	2058	1215	735	502	1889	407	739
SANTO STEFANO AL MARE	422	134	26	27	21	154	13	47
SEBORGA	147	92	5	11	0	38	0	1
SOLDANO	205	126	25	14	4	35	0	2
TAGGIA	1731	561	207	174	141	441	71	135
TERZORIO	93	60	6	3	8	13	0	3
TRIORA	644	454	82	62	9	31	0	6
VALLEBONA	244	155	12	6	3	63	0	5
VALLECROSIA	757	208	112	70	16	268	0	83
VASIA	322	190	20	14	43	39	16	1
VENTIMIGLIA	2497	1055	336	149	44	803	0	111
VESSALICO	203	143	12	10	3	27	0	9
VILLA FARALDI	247	185	17	13	1	7	0	24

Tabella 3.8c *tabella della consistenza del costruito*

4 Scenari di danno

Attraverso la procedura sin qui esposta, secondo il processo logico rappresentato dal seguente diagramma, è stato quindi possibile elaborare scenari di danno sismico per l'intera area di progetto. L'operazione è stata compiuta sia a scala di singola sezione censuaria che di centro abitato nel suo complesso.

Scenario delle perdite attese ricavabili dalla distribuzione del danno		
Conseguenze sugli edifici	Danni agli edifici	100% edifici con Livello di danno = 3 +
	Edifici inagibili	60% edifici con Livello di danno = 2 +
	Crolli	100% edifici con Livello di danno = 4 +
Conseguenze sulle persone	Senzatetto	40% edifici con Livello di danno = 3 +
	Morti e feriti gravi	100% edifici con Livello di danno = 5 +
		100% della popolazione residente in edifici inagibili +
		70% della popolazione residente in edifici crollati +
		30% della popolazione residente in edifici crollati

Figura 4.1 schema delle diverse fasi di produzione dello scenario di danno

Nome comune	Popolazione	Crolli edifici in muratura	edifici in muratura inagibili	Decessi in edifici in muratura	Senza tetto in edifici in muratura	Crolli edifici in c.a.	Edifici in c.a. inagibili	Decessi in edifici in c.a.	Senza tetto in edifici in c.a.	Decessi totali	Senza tetto
AIOLE	480	3	29	2	100	0	0	0	2	2	101
APRICALE	452	10	118	2	82	0	0	0	0	2	82
AQUILA DI ARROSCIA	229	0	4	0	4	0	0	0	0	0	4
ARMO	127	0	4	0	4	0	0	0	0	0	4
AURIGO	374	0	12	0	11	0	0	0	1	0	12
BADALUCCO	1317	4	59	2	122	0	1	0	2	2	125
BAIARDO	349	5	62	1	52	0	1	0	1	1	53
BORDIGHERA	10231	34	245	43	1142	5	92	13	722	57	1864
BORGHETTO D'ARROSCIA	584	0	12	0	13	0	0	0	0	0	14
BORGOMARO	924	2	54	0	51	0	1	0	1	0	52
CAMPOROSSO	4106	19	129	20	521	2	36	9	323	29	844
CARAVONICA	281	0	6	0	8	0	0	0	1	0	10
CARPASIO	161	1	16	0	16	0	0	0	0	0	17
CASTEL VITTORIO	393	3	36	2	70	0	0	0	1	2	71
CASTELLARO	441	2	34	1	48	0	0	0	1	1	49
CERIANA	1159	3	46	2	137	0	1	0	4	2	141
CERVO	1252	2	43	1	45	0	4	0	17	1	63
CESIO	236	0	6	0	9	0	0	0	0	0	9
CHIUSANICO	592	2	37	1	58	0	0	0	1	1	59
CHIUSAVECCHIA	386	1	14	0	20	0	0	0	1	0	21
CIPRESSA	974	2	37	1	40	0	1	0	4	1	45
CIVEZZA	367	1	17	0	26	0	0	0	0	0	27
COSIO DI ARROSCIA	349	1	20	0	17	0	0	0	0	0	18
COSTARAINERA	513	1	21	0	15	0	1	0	2	0	18
DIANO ARENTINO	438	0	10	0	10	0	0	0	1	0	11
DIANO CASTELLO	1127	0	15	0	26	0	2	0	7	0	32

Tabella 4.1a risultati dello scenario sismico aggregati per Comune

Nome comune	Popolazione	Crolli edifici in muratura	edifici in muratura inagibili	Decessi in edifici in muratura	Senza tetto in edifici in muratura	Crolli edifici in c.a.	Edifici in c.a. inagibili	Decessi in edifici in c.a.	Senza tetto in edifici in c.a.	Decessi totali	Senza tetto
DIANO MARINA	5644	1	35	1	98	0	16	0	85	2	183
DIANO SAN PIETRO	901	0	12	0	29	0	0	0	1	0	30
DOLCEACQUA	1449	10	95	7	257	0	2	0	12	7	269
DOLCEDO	1037	2	44	1	59	0	0	0	1	1	60
IMPERIA	38387	8	187	9	735	1	37	5	609	14	1343
ISOLABONA	528	3	41	2	89	0	0	0	0	2	89
LUCINASCO	246	0	15	0	12	0	0	0	1	0	13
MENDATICA	265	1	23	0	14	0	0	0	0	0	14
MOLINI DI TRIORA	630	3	60	1	52	0	0	0	1	1	53
MONTALTO LIGURE	403	1	22	1	38	0	0	0	1	1	39
MONTEGROSSO PIAN LATTE	148	1	15	0	5	0	0	0	0	0	5
OLIVETTA SAN MICHELE	293	3	29	1	49	0	0	0	1	1	50
OSPEDALETTI	3026	4	38	4	165	1	19	2	146	6	310
PERINALDO	714	5	56	4	140	0	1	0	3	4	143
PIETRABRUNA	561	1	29	0	27	0	0	0	1	0	29
PIEVE DI TECO	1386	1	35	0	59	0	0	0	1	0	60
PIGNA	1025	5	79	2	120	0	1	0	2	2	122
POMPEIANA	704	1	30	0	32	0	1	0	3	0	35
PONTEDASSIO	1581	2	38	2	112	0	2	0	13	2	125
PORNASSIO	612	1	19	0	27	0	0	0	1	0	28
PRAI INFERIORE-GRANGE	294	0	2	0	6	0	1	0	4	0	10
PRAI SUPERIORE	63	0	0	0	1	0	0	0	1	0	2
PRELA'	506	2	43	0	39	0	0	0	1	0	39
RANZO	508	0	9	0	14	0	0	0	1	0	15
REZZO	452	1	36	0	31	0	0	0	0	0	31
RIVA LIGURE	2629	1	24	1	72	0	3	0	39	1	111
ROCCHETTA NERVINA	276	5	40	1	56	0	1	0	1	1	57

Tabella 4.1b risultati dello scenario sismico aggregati per Comune

Nome comune	Popolazione	Crolli edifici in muratura	edifici in muratura inagibili	Decessi in edifici in muratura	Senza tetto in edifici in muratura	Crolli edifici in c.a.	Edifici in c.a. inagibili	Decessi in edifici in c.a.	Senza tetto in edifici in c.a.	Decessi totali	Senza tetto
SAN BARTOLOMEO AL MARE	2715	1	23	0	40	0	8	0	40	1	80
SAN BIAGIO DELLA CIMA	806	4	38	5	156	0	3	0	13	5	169
SAN LORENZO AL MARE	1239	0	10	0	17	0	3	0	16	0	33
SAN REMO	52328	39	522	44	2102	4	134	24	2030	68	4131
SANTO STEFANO AL MARE	1991	1	23	1	43	0	4	0	26	1	69
SEBORGIA	272	2	24	1	34	0	1	0	2	1	36
SOLDANO	594	4	38	3	113	0	1	0	3	3	116
TAGGIA	12754	22	193	26	887	2	40	8	588	34	1475
TERZORIO	200	1	11	0	18	0	0	0	1	0	19
TRIORA	407	5	81	0	30	0	0	0	1	0	31
VALLEBONA	684	8	55	4	112	0	3	0	10	4	122
VALLECROSA	7177	19	116	20	505	9	81	58	1512	78	2017
VASIA	451	1	21	0	25	0	0	0	0	0	25
VENTIMIGLIA	22867	113	533	195	3581	13	147	87	2979	282	6559
VESSALICO	290	0	8	0	9	0	0	0	1	0	9
VILLA FARALDI	370	0	15	0	18	0	0	0	1	0	19

Tabella 4.1c risultati dello scenario sismico aggregati per Comune

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- AA.VV. (ING, GNDT, SGA, SSN) 1999. *Catalogo parametrico dei terremoti italiani*. Bologna: Editrice Compositori.
- AA.VV. 2000. *Censimento di vulnerabilità a campione dell'edilizia corrente dei centri abitati, nelle regioni Abruzzo, Basilicata, Calabria, Campania, Molise, Puglia e Sicilia* (Progetto Lavori Socialmente Utili). Dipartimento della Protezione Civile, Roma.
- Bernardini, A. 1997. Coerenza fra osservazioni e previsioni di vulnerabilità sismica di tipologie murarie. *Atti 8° Convegno Nazionale ANIDIS: L'ingegneria Sismica in Italia*, Taormina, pp. 177-183.
- Bernardini, A. 1999. *Seismic Damage to Masonry Buildings*. Proc. of the Int. Workshop of Seismic Damage to Masonry Buildings, Monselice, Padova, June 25-26, 1998, Rotterdam: Balkema.
- Bernardini, A. 2000. *La vulnerabilità degli edifici – Valutazione a scala nazionale della vulnerabilità sismica degli edifici ordinari*, CNR-GNDT, Roma.
- Benedetti, D. & Petrini, V. 1984. On seismic vulnerability of masonry buildings: proposal of an evaluation procedure. *L'Industria delle Costruzioni*, vol. 18, pp. 66-78.
- Braga, F., Dolce, M. & Liberatore, D. 1982. A statistical study on damaged buildings and an ensuing review of the M.S.K.-76 scale, *Proc. of the 7th European Conference on Earthquake Engineering*, Atene.
- Braga, F., Dolce, M. & Liberatore, D. 1983. Influence of different assumptions on the maximum likelihood estimation of the macroseismic intensities. *Proc. of the 4th Int. Conf. on Applications of Statistics and Probability in Soil and Structural Engineering*, Firenze.
- Bramerini, F., Di Pasquale, G., Orsini, G., Pugliese, A., Romeo, R. & Sabetta, F. 1995a. *Rischio sismico del territorio italiano - Proposta per una metodologia e risultati preliminari*, SSN/RT/95/01, Roma.
- Bramerini, F., Di Pasquale, G., Orsini, G., Pugliese, A., Romeo, R. & Sabetta, F. 1995b. *Rischio sismico del territorio italiano. Atti 7° Convegno Nazionale ANIDIS: L'ingegneria Sismica in Italia*, Siena.
- Cherubini, A., Di Pasquale, G., Dolce, M. & Martinelli, A. 1999a. Vulnerability assesment from quick survey data in the historic centre of Catania, in E. Faccioli & V. Pessina (eds), *The Catania Project*, CNR-GNDT, Roma, pp. 213-225.
- Cherubini, A., Corazza, L., Di Pasquale, G., Dolce, M., Martinelli, A. & Petrini, V. 1999b. Risultati del Progetto, in *Censimento di vulnerabilità degli edifici pubblici, strategici e speciali nelle regioni Abruzzo, Basilicata, Calabria, Campania, Molise, Puglia e Sicilia* (Progetto Lavori Socialmente Utili), Relazione generale, Dipartimento della Protezione Civile, Roma, pp. 113-154.
- Corsanego, A. & Petrini, V. 1994. Criteri di valutazione della vulnerabilità sismica del patrimonio edilizio esistente sul territorio nazionale, *Ingegneria Sismica*, vol. 1, Patron ed., pp. 16-24.
- Di Pasquale, G., Dolce, M. & Martinelli, A. 2000. Analisi della vulnerabilità, in *Censimento di vulnerabilità a campione dell'edilizia corrente dei centri abitati, nelle regioni Abruzzo, Basilicata, Calabria, Campania, Molise, Puglia e Sicilia* (Progetto Lavori Socialmente Utili), Dipartimento della Protezione Civile, Roma, pp. 76-106.
- Dolce, M. 1997. La valutazione della vulnerabilità per le analisi di rischio e gli scenari di danno. *Atti 8° Convegno Nazionale ANIDIS: L'ingegneria Sismica in Italia*, Taormina, pp. 217-226.
- Faccioli, E. & Pessina, V. 1999. *The Catania Project: earthquake damage scenarios for a high risk area in the Mediterranean*, CNR-GNDT Roma.
- Faccioli, E., Pessina, V., Calvi, G.M. & Borzi, B. 1999. A study on damage scenarios for residential buildings in Catania city. in E. Faccioli & V. Pessina (eds), *The Catania Project*, CNR-GNDT, Roma, pp. 169-185.
- Guagenti, E. & Petrini, V. 1989. Il caso delle vecchie costruzioni: verso una nuova legge danni-intensità. *Atti 4° Convegno Nazionale di Ingegneria Sismica*, Milano, vol. I, pp. 145-153.
- Grunthal, G. 1998. *European Macroseismic Scale 1998. Chaiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie*, Volume 15, Luxembourg.
- HAZUS 1999. *Earthquake Loss Estimation Methodology*. Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C..
- ISTAT 1991. *13° Censimento Generale della Popolazione 1991 - Dati sulle caratteristiche strutturali, della popolazione e delle abitazioni*. Roma.
- Medvedev, S.V. 1977. Seismic Intensity Scale M.S.K.-76. *Publ. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc.*, A-6 (117), Varsavia.
- Meroni, F., Petrini, V. & Zonno, G. 1999. Valutazione della vulnerabilità di edifici su aree estese tramite dati ISTAT. *Atti 9° Convegno Nazionale ANIDIS: L'ingegneria Sismica in Italia*, Torino (CD-ROM).
- Meroni, F., Petrini, V. & Zonno, G. 2000. Distribuzione nazionale della vulnerabilità media comunale. in A. Bernardini (ed), *La vulnerabilità degli edifici*, CNR-GNDT, Roma, pp.105-131.

- Zuccaro, G. & Baratta, A. 1999. Valutazione a scala nazionale della vulnerabilità degli edifici ordinari. *Atti 9° Convegno Nazionale ANIDIS: L'ingegneria Sismica in Italia*, Torino (CD-ROM).
- Zuccaro, G., Papa, F. & Baratta, A. 2000. Distribuzione nazionale della vulnerabilità media comunale, in A. Bernardini (ed), *La vulnerabilità degli edifici*, CNR-GNDT, Roma, pp. 133-175.