POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Civile

A.A. 2017/2018

Tesi di Laurea Magistrale

# LA VALUTAZIONE DEL DANNO DA ALLUVIONE NELL'AMBITO DELLA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE

**Relatore:**

Prof. Ing. Gennaro BIANCO

**Relatore esterno:**

dott. Ing. Ph.D. Luca FRANZI

Regione Piemonte,

Settore Pianificazione Difesa del Suolo, Difesa Assetto Idrogeologico, Dighe

**Candidata:**

Ilaria LONGO

Marzo 2018

# Ringraziamenti

Ringrazio il *Prof. Gennaro Bianco* e l'*Ing. Luca Franzi* per essersi dimostrati sempre disponibili nei miei confronti e pronti ad aiutarmi in questo lavoro di tesi che ha portato al compimento del mio percorso di studi.

Ringrazio la *Regione Piemonte* – settore 'Pianificazione e difesa del suolo, difesa assetto idrogeologico e dighe', per avermi dato la possibilità di sviluppare un lavoro di tesi molto importante ma anche interessante e per aver messo a mia disposizione tutto il materiale necessario.

Grazie a *mamma*, *papà*, a mio fratello *Antonio* e alle mie sorelle *Federica* e *Stefania* che, con il loro sostegno e i loro sacrifici, mi hanno permesso di raggiungere questo traguardo.

Grazie al mio ragazzo *Agostino* che mi ha accompagnato in tutto il percorso universitario senza mai lasciarmi sola e dandomi sempre la carica giusta per affrontare ogni situazione.

Grazie a tutti i miei *amici* per essermi stati vicini sempre, sia nei momenti felici, sia in quelli un po' più difficili e per aver sempre creduto in me.

*Grazie a tutti!*

*Ilaria*

# Sommario


**1. INTRODUZIONE ..... 5**

**2. RISCHIO ALLUVIONALE ..... 9**
2.1 CONCETTI GENERALI ..... 9
2.2 STIMA DELLA PERICOLOSITA' ..... 11
2.3 STIMA DELL'ESPOSIZIONE ..... 13
2.4 STIMA DELLA VULNERABILITA' ..... 14

**3. QUADRO NORMATIVO ITALIANO IN MATERIA DI ALLUVIONI. ..... 17**
3.1 EVOLUZIONE NORMATIVA ITALIANA ..... 17
3.2 IL PIANO DI BACINOE I PIANI 'STRALCIO'. ..... 21
3.3 DIRETTIVA 2007/60/CE – DIRETTIVA ALLUVIONI. ..... 26

**4. METODOLOGIE DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO. ..... 30**
4.1 LA DETERMINAZIONE DEL RISCHIO NEL P.A.I. ..... 30
4.1.1 PERICOLOSITA' ..... 31
4.1.2 ESPOSIZIONE ..... 32
4.1.3 VULNERABILITA' ..... 32
4.1.4 DETERMINAZIONE DEL RISCHIO ..... 32
4.2 LA DETERMINAZIONE DEL RISCHIO NEL P.G.R.A. ..... 34
4.2.1 PERICOLOSITA' ..... 36
4.2.2 ESPOSIZIONE E DANNO ..... 37
4.2.3 DETERMINAZIONE DEL RISCHIO ..... 38
4.3 CONSIDERAZIONI SULLE METODOLOGIE P.A.I. E P.G.R.A.. ..... 39
4.4 IL SISTEMA Re.N.Di.S. ..... 40

**5. IL MODELLO DELL'INDICE DI RISCHIO PROPORZIONALE ..... 43**
5.1 VALUTAZIONE DEL DANNO, PROGETTO DAMAGE ..... 45
5.2 PROPOSTA DI UN INDICE DI RISCHIO PROPORZIONALE ..... 48
5.2.1 PERICOLOSITA' ..... 50
5.2.2 ESPOSIZIONE ..... 51
5.2.3 VULNERABILITA' ..... 55
5.2.4 RISCHIO ..... 56
5.2.5 SOGGIACENZA DEL TERRENO ..... 58

**6. APPLICAZIONE E VALIDAZIONE DEL MODELLO I.R.P. ..... 61**
6.1 VULNERABILITA'-CURVE FITTING ..... 62
6.2 CASO IN ESAME: TANARO ..... 64
6.2.1 CONFRONTO CON I DANNI REGISTRATI ..... 71
6.2.2 CRITICITA' ..... 72
6.3 CASO IN ESAME: BORMIDA DI MILLESIMO ..... 73
6.3.1 CONFRONTO CON I DANNI REGISTRATI ..... 80
6.3.2 ANALISI DI SENSITIVITA' ..... 81
6.3.3 CRITICITA' ..... 83
6.4 CASO IN ESAME: PO ..... 84
6.4.1 CONFRONTO CON I DANNI REGISTRATI ..... 89
6.4.2 CRITICITA' ..... 90
6.5 RISULTATI E LIMITAZIONI DEL MODELLO ..... 92

**7. VALUTAZIONE DEL DANNO FUTURO A SEGUITO DI NUOVE COSTRUZIONI.....96**
7.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO ..... 96
7.2 INTERVENTI PRINCIPALI DEL PROGETTO ..... 97
7.2.1 AMPLIAMENTO DEL CAMPING-VILLAGE CONTINENTAL ..... 98
7.2.2 ESTENSIONE DEL CAMPO DA GOLF ..... 98
7.2.3 RICOSTRUZIONE DELLA CASCINA E DEL CENTRO SPORTIVO PER ATTIVITA' AL COPERTO ..... 99
7.3 VALUTAZIONE DEL DANNO NELL'AREA DI INTERESSE DEL PROGETTO - FONDOTOCE..... 99
7.3.1 VALUTAZIONE DELL'INDICE DI DANNO ANTE..... 104
7.3.2 VALUTAZIONE DELL'INDICE DI DANNO POST..... 106
7.4 CONFRONTO TRA INDICI DI DANNI..... 108

**8. CONCLUSIONI .....111**

**ALLEGATO .....114**

**BIBLIOGRAFIA .....120**

# CAPITOLO I

# INTRODUZIONE

Fra gli eventi naturali che negli ultimi decenni si sono manifestati con maggiore frequenza negli stati della Comunità Europea, le inondazioni indubbiamente hanno fatto registrare le conseguenze più dannose per le persone, il territorio ed i beni economici e sociali. Inoltre, secondo valutazioni ormai diffusamente condivise, il rischio di inondazione è destinato a crescere, così come il numero di persone potenzialmente esposte, a causa dei cambiamenti climatici, e della conurbazione. In Italia l'esposizione al rischio di alluvione è particolarmente elevata e costituisce un problema di rilevanza sociale sia per il numero di vittime che per i danni prodotti alle abitazioni, alle industrie ed alle infrastrutture. Basta ricordare il numero di vittime (29) e le 30.000 e più persone evacuate nell'alluvione del Po dell'ottobre del 2000. [1]

Più in generale dal rapporto "Il rischio idrogeologico in Italia" predisposto dalla Direzione Generale per la Difesa del Suolo del MATTM nell'anno 2008 si ricava che:

- la superficie del territorio italiano ad "alta criticità idrogeologica" è pari a 29.517 $Km^2$ (9.8% della superficie nazionale, di cui 17.254 sono soggetti a frane, e 12.263 ad alluvioni);
- i comuni interessati dal dissesto sono 6.633 pari all'81% dei comuni italiani.

Non è chiaro se le maggiori conseguenze delle inondazioni negli ultimi decenni siano causate da inondazioni più frequenti e più intense o dall'aumentata vulnerabilità delle aree costiere e piane alluvionali che sono le posizioni preferite per la sistemazione e lo sviluppo economico. È molto probabile che i cambiamenti climatici possano causare un aumento della probabilità e dell'entità del pericolo di alluvione, mentre è certo che lo sviluppo demografico ed economico causano un continuo aumento della vulnerabilità di molte aree alluvionali. Durante le alluvioni i fiumi occupano zone di propria pertinenza, cioè aree intrinsecamente connesse all'evoluzione naturale del corso d'acqua, ma che negli anni sono state più o meno occupate dall'uomo. Così il fenomeno dell'esondazione è spesso impropriamente definito 'calamità

[1] 'Valutazione globale provvisoria dei problemi relativi alla valutazione e gestione del rischio di alluvione nel distretto del Fiume Po'. Direttiva 2007/60/CE e del D.Lgs. n. 49 del 23.02.2010. Giugno 2013

naturale', dimenticando che si tratta di un evento naturale che viene definito calamitoso in quanto va a colpire l'uomo e le sue attività.[2]

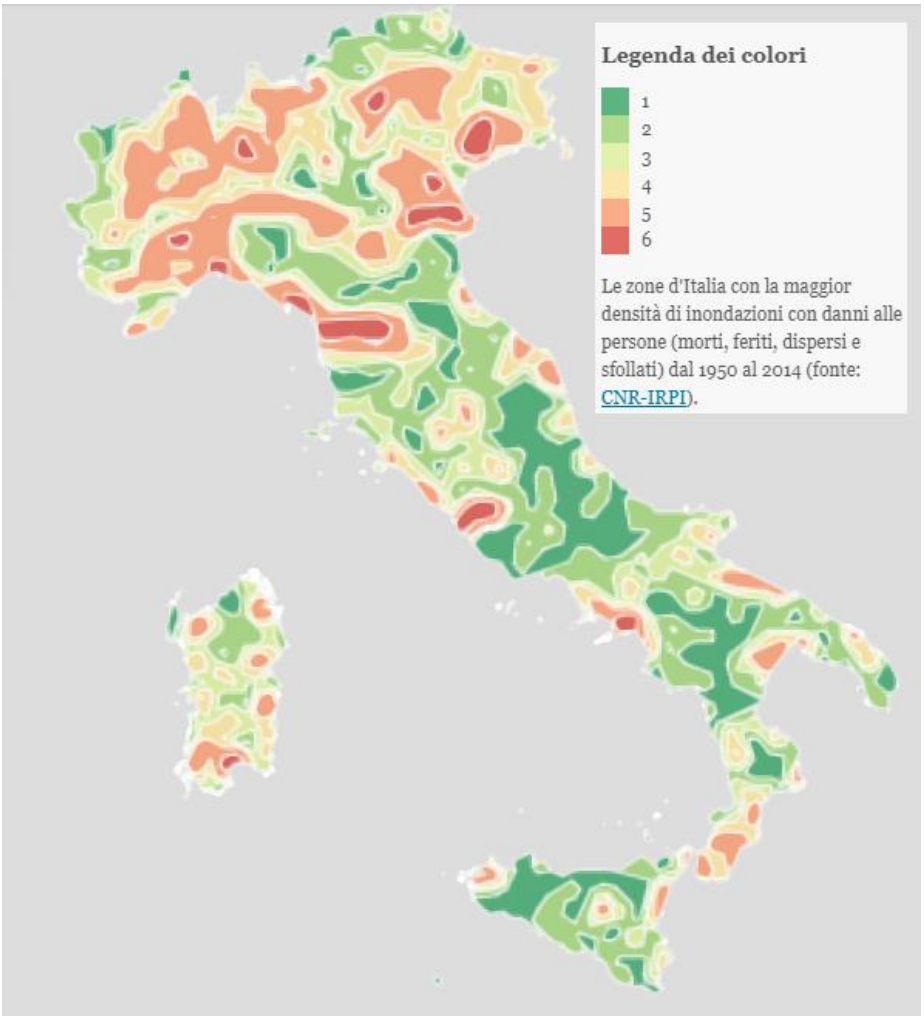



*Figura 1.1- Densità di inondazioni nel territorio Italiano (fonte: CNR-IRPI, P. Salvati et al., 2010)*

La presente tesi si occupa della valutazione del danno e del rischio da alluvioni, al fine di individuare le migliori strategie per la mitigazione del rischio stesso. L'obiettivo perciò è la determinazione di una metodologia quantitativa di valutazione del danno che consente di:

- giungere in tempi brevi ad una stima dei danni economici subiti in seguito a calamità naturali da parte della Pubblica Amministrazione;
- fornire un valido supporto tecnico nelle fasi decisionali della pianificazione degli interventi;

[2] Regione Lombardia, 2014, *Progetto DAMAGE. I risultati raggiunti dalla regione Lombardia. Damage - Développement d'actions pour le marketing et la gestion post-événement*

- revisionare la Direttiva Alluvioni 2007/60/CE il cui scopo è la realizzazione di un quadro comune a tutta l'Europa per la valutazione e gestione del rischio di alluvioni per ridurre gli impatti negativi sulla popolazione, sull'ambiente e sul patrimonio. Tra gli obiettivi vi è anche quello della revisione/aggiornamento delle mappe di pericolosità e del rischio alluvionale che può essere effettuato mediante l'utilizzo della metodologia analizzata poiché può essere impiegata come strumento predittivo per definire scenari d'evento;
- valutare l'efficienza di opere di difesa o interventi di mitigazione per la riduzione del rischio idrogeologico supportando l'attività avviata dall'ISPRA con il progetto 'Repertorio Nazionale degli interventi per la Difesa del suolo' (Re.N.Di.S.) il cui obiettivo è quello di realizzare un archivio informatizzato di tutti gli interventi per la salvaguardia del dissesto idrogeologico.

I tradizionali metodi di approccio nella valutazione del Danno da evento calamitoso devono tenere conto dell'interazione e dell'integrazione di quegli aspetti (sociali, economici, culturali e politici) che non si prestano ad una rappresentazione effettuata mediante modellazioni matematiche di tipo lineare-combinatorio, ma che invece rivestono un ruolo fondamentale e strategico tanto nelle fasi di prevenzione, protezione e ricostruzione post-disastro, quanto nei processi di pianificazione e di gestione dello sviluppo territoriale.

Il lavoro di tesi si articola in otto capitoli.
Nel secondo capitolo si definisce il concetto di Rischio Alluvionale, in maniera del tutto generale, e la stima delle sue componenti principali: pericolosità, esposizione e vulnerabilità.
Il terzo capitolo è un excursus sugli aspetti principali della Normativa Italiana in materia di alluvioni, con particolare attenzione rivolta alla Direttiva Alluvioni 2007/60/CE.
Il quarto capitolo è incentrato sulle diverse metodologie esistenti di valutazione del rischio, con un breve richiamo alla procedura Re.N.Di.S. e all'importanza della realizzazione di una piattaforma uniforme per la mitigazione del rischio.
Nel quinto capitolo si definisce il metodo quantitativo utilizzato per valutare il rischio idraulico, denominato Indice di Rischio Proporzionale, con un breve richiamo al Progetto DAMAGE. Inoltre, si espongono le valutazioni necessarie per la stima dei parametri che definisco il rischio e le eventuali criticità.
Nel sesto capitolo si procede con la validazione della metodologia descritta nel capitolo precedente attraverso l'analisi di tre casi specifici; si confrontano i risultati e si mettono in evidenza i punti di forza e le limitazioni del metodo.

Nel settimo capitolo si analizza un caso pratico relativo al Comune di Verbania, cioè il calcolo del danno futuro a seguito di nuove costruzioni/ampliamento di quelle esistenti.
Nell'ottavo capitolo sono presenti le conclusioni del lavoro di tesi, eventuali spunti per una continuazione del lavoro e gli ambiti in cui è possibile applicare la metodologia descritta.

# CAPITOLO II

# RISCHIO ALLUVIONALE

## 2.1 Concetti generali

Le alluvioni sono fenomeni naturali che è impossibile impedire. Tuttavia alcune attività umane (come la crescita degli insediamenti umani e l'incremento delle attività economiche nelle pianure alluvionali, nonché la riduzione della naturale capacità di ritenzione idrica del suolo a causa dei vari usi) e i cambiamenti climatici contribuiscono ad aumentare la probabilità e ad aggravare gli impatti negativi.

Una definizione di rischio alluvionale è fornita dall'art. 2 della D*irettiva 2007/60/CE* [3]:

> *"il rischio di alluvioni è la combinazione della probabilità di un evento alluvionale e delle potenziali conseguenze negative per la salute umana, l'ambiente, il patrimonio culturale e l'attività economica derivanti da tale intervento".*

I danni dovuti ad un evento di piena possono essere suddivisi in diretti e indiretti. I danni diretti sono dovuti ad un'interazione fisica del flusso d'acqua con persone, proprietà e ambiente; questi includono, per esempio, perdita di vite umane, danni ad edifici e beni economici, perdite del comparto agricolo. I danni indiretti sono indotti dai primi ma generalmente si manifestano dopo l'evento, sia nello spazio che nel tempo; questi sono rappresentati da interruzioni del traffico, del commercio e dei servizi pubblici e dagli extra costi di emergenza. Entrambe le categorie possono essere ulteriormente classificate in danni tangibili, ovvero esprimibili in termini monetari, o intangibili, esprimibili in termini di vittime, danni alla salute umana, ecc.

[3] Direttiva 2007/60/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 23 Ottobre 2007 relativa alla valutazione e alla gestione dei rischio di alluvione.

| | | Misurazione | |
|---|---|---|---|
| | | *Tangibile* | *Intangibile* |
| **Forma del danno** | *Diretto* | ■ Distruzione delle infrastrutture<br>■ Danni agli edifici e al contenuto<br>■ Distruzione del raccolto<br>■ Danni al bestiame | ■ Perdita della vita<br>■ Danni alla salute<br>■ Danni al patrimonio culturale<br>■ Effetti negativi sull'ecosistema |
| | *Indiretto* | ■ Interruzioni delle attività economiche e commerciali<br>■ Costi di emergenza ed evacuazione<br>■ Pulizia post intervento | ■ Perdita di fiducia nelle autorità<br>■ Impatto psicosociale |

*Tabella 2.1- Tipologie di danni causati da un evento alluvionale, con esempi* [4]

Una generica definizione di rischio è stata formulata dalla World Meteorological Organization:

> *"il rischio rappresenta le perdite potenziali associate ad un evento estremo che avviene in una data zona e con un dato periodo di ritorno, e può essere definito in termini di conseguenze negative (danni e perdite) e di probabilità di accadimento".*

La comunità scientifica ha definito il rischio come combinazione di tre fattori: la pericolosità (Hazard, H), la vulnerabilità (Vulnerability, V) e l'esposizione (Exposure, E).

*Figura 2.1- Definizione di Rischio (WMO, 2009)*[5]

[4] Fonte: Floodsite ' Evaluating flood damages: guidance and recommendations on principles and methods', Report Number T09-06-01, UFZ, Gennaio 2007

Per comprendere pienamente la definizione di rischio, si può utilizzare la seguente espressione (Varnes, 1984):

$$R = E * H * V$$

Questa espressione esprime il concetto che le tre variabili devono essere opportunamente combinate tra loro. Nel seguito si farà riferimento ad una semplificazione poiché il rischio totale relativo all'evento si calcolerà come somma di tutti i valori di rischio individuati riferiti al singolo elemento (recettore).
Essi possono essere definiti nel seguente modo:

- Pericolosità (Hazard): "probabilità di accadimento di un evento alluvionale in un intervallo temporale prefissato e in una certa area"[6];
- Vulnerabilità (Vulnerability): "grado di perdita per un dato elemento a rischio, o di una combinazione di elementi, soggetto ad un evento con una data intensità"; essa è espressa attraverso un valore compreso tra 0 (nessun danno) e 1 (perdita totale);[7]
- Esposizione (Exposure): "entità degli elementi a rischio, come persone, beni o proprietà, che possono essere danneggiati quando si verifica un evento, misurata in modo diverso a seconda della loro natura"[7].

## 2.2 Stima della pericolosità

La pericolosità dipende dall'intensità del processo naturale potenzialmente dannoso ed è generalmente espressa riferendosi a grandezze fisiche scalari o vettoriali che contraddistinguono il fenomeno, per esempio la profondità d'acqua. Tendenzialmente, in ingegneria idraulica l'intensità è valutata attraverso il tempo di ritorno, che rappresenta l'inverso della probabilità che quel dato evento possa avvenire mediamente in un anno. La pericolosità è suddivisa in tre livelli legati al periodo di ritorno dell'inondazione come mostrato nella seguente tabella.

---

[5] Fonte: Disastri e catastrofi, rischio, esposizione, vulnerabilità e resilienza; Mario Tozzi, Nicola Marotta, Ottavio Zirilli

[6] Decreto Legislativo 23 Febbraio 2010, n.49. Attuazione della Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvione; Art. 2 punto b).

[7] UNDRO, 'Natural Disasters and Vulnerability Analysis. Report of Expert Group Meeting', 9-12 July 1979. Office of the United Nations.

| Direttiva Alluvioni | | Pericolosità |
|---|---|---|
| *Scenario* | *Tempo di ritorno* | |
| Aree allagabili - scenario frequente. Elevata probabilità di alluvioni (H= high) | 20 - 50 anni (frequente) | P3 elevato |
| Aree allagabili - scenario poco frequente. Media probabilità di alluvioni (M= medium) | 100 - 200 anni (poco frequente) | P2 media |
| Aree allagabili - scenario raro. Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi (L= low) | 500 anni o massimo storico registrato | P1 bassa |

*Tabella 2.2- Scenari di probabilità di accadimento dell'evento alluvionale* [8]

La pericolosità di un dato evento può essere definita attraverso numerosi modelli deterministici e probabilistici; i principali passaggi[9] sono i seguenti:

- determinazione dell'alluvione di progetto in un determinato luogo, mediante la regressione di dati disponibili (metodi diretti) o la modellazione di processi idrologici (metodi indiretti);
- mappatura della pericolosità indicando l'estensione delle aree che possono essere coinvolte dalla portata di progetto;
- classificazione della pericolosità, ovvero la mappatura delle aree con diversi livelli di pericolosità, indicando la velocità del flusso, la profondità idrica o la durata del fenomeno di piena.

La metodologia descritta presenta molte incertezze che derivano da diverse fonti[10]:

- incertezza nei parametri del modello: quando si applicano i modelli matematici bisogna tener conto che i risultati calcolati sono ottenuti per particolari condizioni di simulazione, cioè per determinati dati di input e set di parametri;
- incertezza di conoscenza: dovuta ad una mancanza della conoscenza di base;

[8] Fonte: Piano per la valutazione e la gestione del rischio di alluvioni, art.7 della Direttiva 2007/60/CE e del D.lgs. n. 49 del 23.02.20010; III A. Relazione di piano; Primo piano di gestione del rischio di alluvioni ( PGRA 2015-2021); Sezione A (D. Lgs. n. 49/10 art. 7, comma 3 lettera a)

[9] In accordo con Klaus et a.l. 1994

[10] Franzi L. (2012). 'Flood Risk Management in Rivers and Torrents, Risk Management for the Future - Theory and Cases', edited by Jan Emblemsvåg (Ed.)

- incertezza nella calibrazione del modello: dipende dalla scelta dei criteri e dalle ipotesi adottate;
- incertezza strutturale: è una caratteristica intrinseca del modello, dovuta alle approssimazioni effettuate per creare un modello matematico.

La valutazione della pericolosità è generalmente eseguita assumendo l'ipotesi di stazionarietà, ovvero si assume che il bacino resti immutato nel tempo anche se nella realtà esso tende a modificarsi.

### 2.3 Stima dell'esposizione

L'analisi dei rischi comporta la valutazione degli elementi esposti suscettibili di danni che possono verificarsi a seguito del manifestarsi dell'evento disastroso, essendo essa collegata alle conseguenze attese in termini di danni. La stima dell'esposizione si traduce nella quantificazione probabilistica dei beni (edifici, infrastrutture, etc), delle funzioni (attività sociali, economiche-produttive) e quantificazione delle presenze antropiche (persone) che risultano sensibili al danno. E' importante considerare la variabilità dei valori esposti nel tempo (specialmente nelle aree urbanizzate in cui l'uso del suolo è in continua evoluzione) e le incertezze nella sua determinazione. Le tipologie di elementi esposti sono state in passato indicate nel D.P.C.M 29.09.98 "Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e del D.L. 11.06.98, n. 180" che stabiliva che dovevano essere considerati come elementi a rischio innanzitutto l'incolumità delle persone e, inoltre, con carattere di priorità, almeno:

- gli agglomerati urbani comprese le zone di espansione urbanistica;
- le aree su cui esistono insediamenti produttivi, impianti tecnologici di rilievo, in particolare quelli definiti a rischio ai sensi di legge;
- le infrastrutture a rete e le vie di comunicazione di rilevanza strategica, anche a livello locale;
- il patrimonio ambientale e i beni culturali di interesse rilevante;
- le aree sede di servizi pubblici e privati, d'impianti sportivi e ricreativi.

Per descrivere completamente l'insieme degli elementi che concorrono a definire il rischio a cui una comunità è esposta, è necessario analizzare la distribuzione, la struttura e le condizioni socio-economiche della popolazione insediata; la quantità e le funzioni del

patrimonio edilizio residenziale, pubblico e produttivo; il sistema delle infrastrutture e l'insieme delle attività economiche presenti. Inoltre, dovrebbe essere valutato anche l'impatto che la perdita dell'elemento esposto ha nell'immediato sulla sopravvivenza post-evento: ad esempio, dovrebbe essere attribuito un valore massimo agli edifici 'strategici' come ospedali e scuole, intesi anche come possibili punti di ricovero e raccolta degli sfollati; valori intermedi dovrebbero essere attribuiti ai servizi e alla viabilità, considerando che il loro danneggiamento ostacola le operazioni post-evento. È evidente che una corretta valutazione dell'esposizione sulla base di questi aspetti risulta in genere estremamente complessa, lunga e costosa. Generalmente, la stima del valore esposto può essere condotta effettuando indagini in campo oppure utilizzando dati di uso del suolo esistenti. Nel primo caso si ha il vantaggio di ottenere un'indagine accurata ma questo richiede molto tempo e notevoli risorse economiche; nel secondo caso, invece, si ha la possibilità di utilizzare immediatamente dati provenienti da vari database.

### 2.4 Stima della vulnerabilità

La vulnerabilità esprime la propensione di un certo oggetto ad essere danneggiato da un fenomeno a cui l'elemento stesso è esposto; può essere espressa in una scala percentuale da 0% al 100%. La vulnerabilità è quindi la misura della fragilità, della impossibilità di resistere ad un evento calamitoso da parte di un elemento esposto in funzione delle proprie caratteristiche e dipende dai seguenti fattori:

- condizioni fisiche e materiali: relative al tipo e alla qualità dei materiali delle strutture e alle caratteristiche fisiche delle persone che possono essere coinvolte dalla piena;
- condizioni di organizzazione: legato al modo in cui le comunità sono gestite, strutturate ed interconnesse;
- condizioni attitudinali: relative alla cultura.

Questi fattori sono brevemente elencati e analizzati

| Fattori di vulnerabilità | Elementi vulnerabili | Fonte di vulnerabilità |
|---|---|---|
| Fisiche/materiali | Infrastrutture, case, aziende agricole, esseri umani | Infrastrutture deboli<br>Materiali inadeguati<br>Mancanza di manutenzione<br>Degrado fisico dei materiali |

| | | |
|---|---|---|
| Organizzazione | Comunità | Mancanza di leadership<br>Mancanza di informazioni per le persone<br>Scarsa preparazione della protezione civile |
| Attitudinali | Esseri umani, comunità | Non consapevolezza dei diritti e degli obblighi<br>Mancanza di autonomia<br>Forte dipendenza dal supporto esterno |

*Tabella 2.3-Fonti di vulnerabilità per diversi tipi di recettori* [10]

È possibile anche individuare delle relazioni che correlano i diversi fattori in gioco e consentono di determinare per via analitica il valore della vulnerabilità. La relazione funzionale riportata in figura 2.2 mostra l'enorme mole di informazioni necessarie per la quantificazione di tale parametro (variabili socio-economiche, variabili delle proprietà e delle infrastrutture, variabili di allarme, variabili di risposta e caratteristiche della piena).

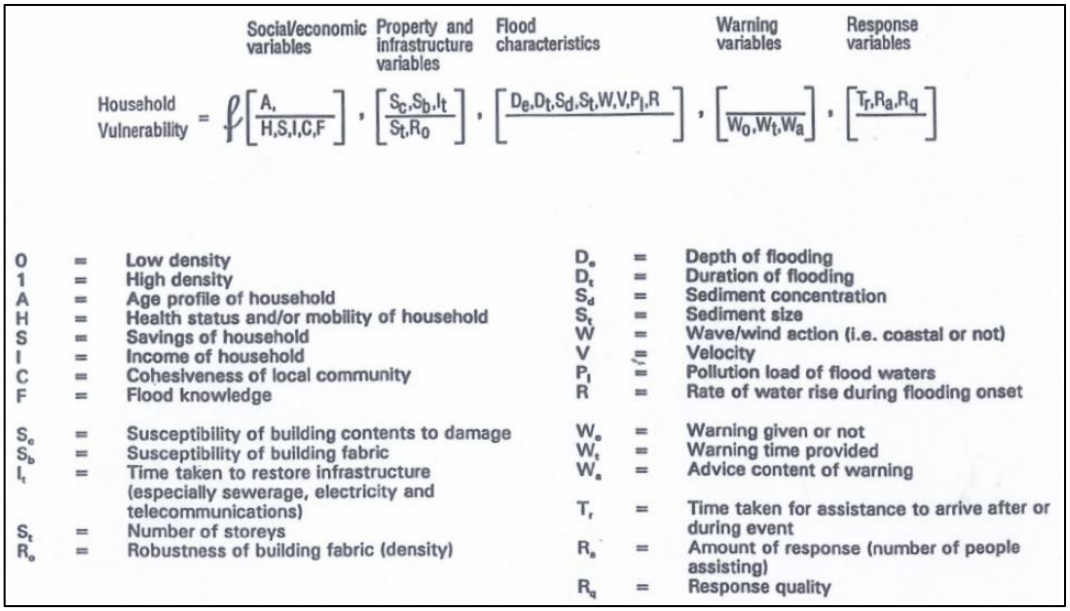



*Figura 2.2- Definizione della vulnerabilità con riferimento alle abitazioni (Penning- Roswell & Fordham, 1994)*

A causa delle grandi difficoltà riscontrate nella valutazione dei diversi fattori in gioco e delle notevoli incertezze ad essi correlate, emerge chiaramente quanto sia irrealizzabile, ai fini pratici, la determinazione per via analitica della vulnerabilità. Con riferimento ai soli edifici, nelle applicazioni pratiche si utilizzano generalmente correlazioni empiriche che semplificano notevolmente il problema riducendo al minimo le grandezze richieste in ingresso. In particolare, le funzioni più diffuse fanno corrispondere alla profondità di inondazione il grado

di danno subito dalle strutture. Tali correlazioni non tengono conto delle caratteristiche dell'edificio né dei molteplici aspetti della piena che influenzano la risposta strutturale, quali la velocità della corrente, il carico di materiale solido trasportato, la durata dell'inondazione, il periodo dell'anno e il tempo di preallarme. Nonostante la forte approssimazione, tali metodi hanno il merito di consentire una rapida valutazione della vulnerabilità, fornendo valori rappresentativi del grado di danno.

Nel piano di gestione delle alluvioni in vigore in Italia, la vulnerabilità è stata semplicemente classificata in diverse classi come mostra la seguente tabella.

| **Classi di vulnerabilità** | **Elementi che possono essere danneggiati** |
|---|---|
| V1 | Gli elementi a rischio possono subire danni funzionali di livello minore |
| V2 | Gli elementi a rischio possono subire danni funzionali di medio livello |
| V3 | Gli elementi a rischio possono essere distrutti o gravemente danneggiati |
| V4 | Gli elementi a rischio sono certamente distrutti o gravemente danneggiati |
| V5 | Gli elementi a rischio sono sicuramente distrutti o gravemente danneggiati e c'è la possibilità che la vita umana possa essere persa |

*Tabella 2.4- Classificazione della vulnerabilità secondo la legislazione italiana (PMC,1990)*[10]

La tabella, quindi, fornisce solo una stima qualitativa della vulnerabilità la quale può variare anche in base a fattori casuali, quali ad esempio il periodo dell'anno, il giorno della settimana e l'ora in cui si verifica l'evento. Per arrivare alla parametrizzazione della vulnerabilità riferita al singolo elemento a rischio, le attività di studio risultano complesse e onerose.

# CAPITOLO III

# QUADRO NORMATIVO ITALIANO IN MATERIA DI ALLUVIONI

## 3.1 Evoluzione Normativa italiana

Il dibattito sullo stato e la gestione dell'acqua e sull'assetto idrogeologico è stato, a partire dalla fine degli anni '60, ampio ed approfondito sia in ambito tecnico/scientifico, sia in ambito amministrativo/istituzionale. A riguardo si segnalano:

• la Conferenza Nazionale delle Acque della fine degli anni '60 che ebbe come obiettivo principale la regolazione dell'uso delle risorse idriche e la valutazione delle disponibilità e dei fabbisogni idrici del nostro Paese per proteggere il ciclo naturale delle acque inteso come risorsa; si giunse alla proposta di realizzare il Piano Generale delle Acque;

• la Commissione De Marchi del 1970, istituita dopo le alluvioni del novembre 1966, che ebbe come obiettivo prevalente la sistemazione idraulica ed idrogeologica del territorio e la difesa del suolo. La Commissione definì il concetto di "difesa del suolo" intendendola soprattutto come difesa idraulico - fluviale e difesa idraulico - forestale, introducendo come fondamentale il concetto di Piano di bacino inteso come programmazione delle opere idrauliche e forestali per la sistemazione complessiva dei corsi d'acqua, dalle pendici montane fino alla aree costiere delle relative foci.[11]

Negli anni '70 si accese un dibattito sul decentramento progressivo delle competenze dallo Stato alle Regioni che ha creato situazioni difficili e complesse dovute ad incertezze amministrative e ad una forte conflittualità tra l'apparato dello Stato e quello nascente delle Regioni. Con la **Legge 183/1989** recante "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo" è stato possibile impostare, in maniera innovativa, il quadro generale della difesa del suolo attraverso la riorganizzazione delle competenze degli organi centrali e delle amministrazioni locali. Attraverso l'individuazione del bacino idrografico quale unità di

[11] MATTM - Ministero Dell'ambiente, Della Tutela Del Territorio E Del Mare; 'Indirizzi operativi per l' attuazione della direttiva 2007/60/ce relativa alla valutazione ed alla gestione dei rischi da alluvioni con riferimento alla predisposizione delle mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni' (Decreto Legislativo N. 49/2010). Gennaio 2013

riferimento, è stato possibile riunire gli obiettivi e gli ambiti storicamente separati della difesa del suolo, del risanamento delle acque, della fruizione e gestione del patrimonio idrico per gli usi di razionale sviluppo economico e sociale. Il bacino idrografico viene inteso come ambito fisico di pianificazione che supera le separazioni fino ad allora prodotte dall'individuazione di aree di riferimento con confini esclusivamente amministrativi. Da qui la necessità di istituire, con la stessa legge, l'Autorità di Bacino quale ente competente sul bacino idrografico in grado di razionalizzare la frammentarietà delle competenze degli Enti esistenti ed assicurare il coordinamento di tutte le azioni sul territorio. Il territorio italiano è stato suddiviso in 38 Autorità di Bacino (AdB): 6 Nazionali, 1 Pilota, 13 Interregionali, 18 Regionali (Figura 3.1)

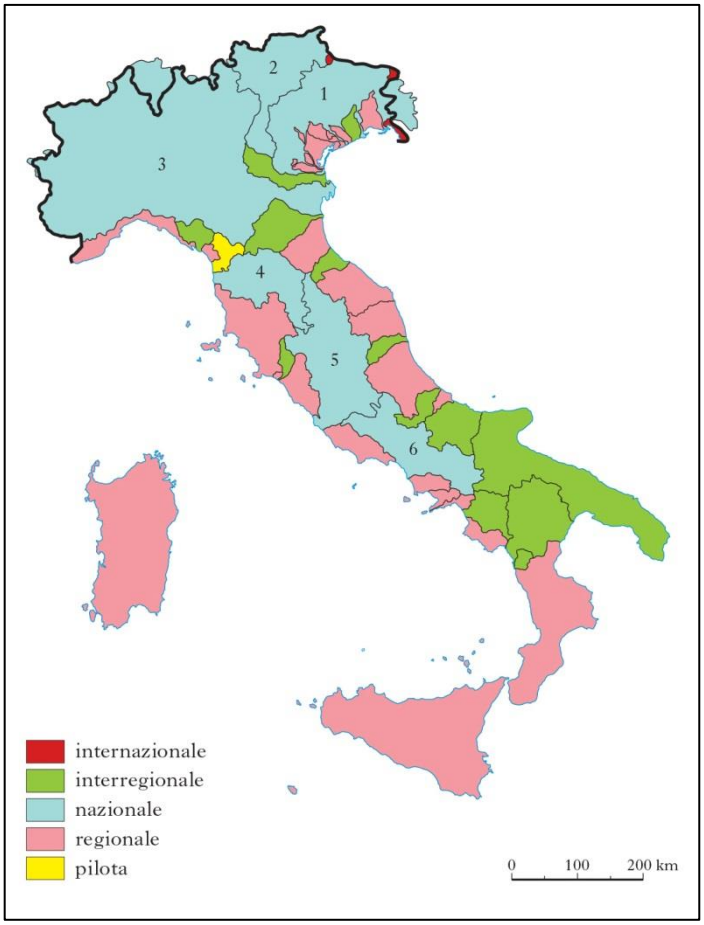



*Figura 3.1- Autorità di Bacino sul territorio italiano(fonte: Il dissesto idrogeologico di Salvatore Milli, Alberto Prestininzi- l'Italia e le sue Regione 2015)*

La Legge 183/89 è stata successivamente modificata ed integrata dalla **Legge n. 253/90** con la quale sono state introdotte alcune misure organizzative finalizzate a migliorare l'operatività delle Autorità di Bacino; dalla **Legge n. 493/93** che, oltre ad aver rafforzato i poteri di controllo, di intervento e di direttiva delle Autorità di Bacino, ha disposto che "i piani di

bacino possono essere redatti ed approvati anche per stralci relativi a settori funzionali e/o per sottobacini". Nel corso degli anni '90 sono state emanate diverse disposizioni legislative a carattere di linee guida finalizzate all'avvio dell'attività di pianificazione di bacino: **D.P.C.M. 23 marzo 1990** ('Atto di indirizzo e coordinamento ai fini della elaborazione e della adozione degli schemi previsionali e programmatici di cui all'art. 31 della legge 18 maggio 1989, n. 183, recante norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo '), **D.P.R. 7 gennaio 1992** ('Atto di indirizzo e coordinamento per determinare i criteri di integrazione e di coordinamento tra le attività conoscitive dello Stato, delle autorità di bacino e delle regioni per la redazione dei piani di bacino di cui alla legge 18 maggio 1989, n. 183, recante norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo '), **D.P.R. 14 aprile 1994** ('Atto di indirizzo e coordinamento in ordine alle procedure ed ai criteri per la delimitazione dei bacini idrografici di rilievo nazionale e interregionale') e **D.P.R. 18 luglio 1995** ('Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento concernente i criteri per la redazione dei piani di bacino'). Successivamente è stato emanato il **D.M.** del **14 febbraio 1997** 'Direttive tecniche per l'individuazione e perimetrazione da parte delle Regioni a rischio idraulico' in cui è prevista la regolamentazione delle tre aree di esondazione: alta, media e bassa probabilità. A seguito degli eventi che colpirono la Campania nel 1998 è stata emanata la **Legge** n. **267/1998** e s.m.i (c.d. Legge Sarno) recante misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella regione Campania; detta previsione legislativa ha disposto l'adozione, da parte delle Autorità di Bacino di rilievo nazionale e interregionali nonché delle Regioni per i restanti bacini (ove non si fosse già provveduto), dei Piani Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI). Con **D.P.C.M.** del **29 settembre 1998** "Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, del decreto-legge 11 giugno 1998 n.180" sono stati indicati i criteri ed i metodi per l'individuazione del rischio dipendente dai fenomeni di carattere idrogeologico e, quindi, per la redazione dei Piani per l'Assetto Idrogeologico attraverso l'espletamento delle seguenti fasi fondamentali:

1. individuazione delle aree soggette a rischio idrogeologico, attraverso l'acquisizione delle informazioni disponibili sullo stato del dissesto;

2. perimetrazione, valutazione dei livelli di rischio e definizione delle conseguenti misure di salvaguardia;

3. programmazione della mitigazione del rischio.

In merito alla valutazione del rischio il citato D.P.C.M. fa riferimento alla formulazione semplificata secondo cui il rischio totale R è dato dal prodotto dei seguenti fattori: P (pericolosità o probabilità di accadimento dell'evento calamitoso); E (valore degli elementi a rischio); V (vulnerabilità degli elementi a rischio). Vengono individuate 4 classi di rischio (da R1 – rischio moderato a R4 – rischio molto elevato) e definiti gli usi ritenuti compatibili con ciascuna di esse. Successivamente si ha il **D. Lgs.** n. **152/2006** 'Norma in materia ambientale' con cui viene abrogata la Legge 183/89; esso stabilisce i principi generali e le competenze dello Stato, delle Regioni/Province autonome e delle Autorità di Bacino distrettuali. Il Decreto, nell'ambito del quadro più ampio della pianificazione distrettuale, prevede l'obbligo per ciascun distretto idrografico di adottare un Piano di gestione. L'assetto normativo, per ciascuno degli *8 distretti idrografici* individuati a livello nazionale, prevede l'istituzione di una Autorità di bacino distrettuale responsabile della redazione del Piano di Gestione (articolo 117); il Piano di Gestione costituisce stralcio del Piano di Bacino Distrettuale. Il codice, altresì, ha operato una riorganizzazione degli ambiti territoriali di riferimento attraverso la suddivisione del territorio nazionale in Distretti idrografici prevedendo, all'art.63, l'istituzione delle Autorità di bacino Distrettuali. Con l'emanazione del **D. Lgs. 23 febbraio 2010 n. 49** concernente "Attuazione della Direttiva **2007/60/CE** relativa alla valutazione ed alla gestione dei rischi di alluvioni" compete alle Autorità di Bacino Distrettuali l'adozione dei Piani Stralcio di distretto per l'assetto idrogeologico. In base a quanto previsto dal citato D. Lgs. 49/2010 i Piani di Gestione del Rischio di Alluvioni (P.G.R.A.) sono predisposti dalle Autorità di Bacino distrettuali, per la parte di propria competenza, e dalle Regioni in coordinamento tra loro e con il Dipartimento nazionale della Protezione Civile, per la parte relativa al sistema di allertamento per il rischio idraulico ai fini di protezione civile. I piani di cui al D. Lgs. 49/2010 devono prevedere misure per la gestione del rischio di alluvioni nelle zone ove possa sussistere un rischio potenziale ritenuto significativo evidenziando, in particolare, la riduzione delle potenziali conseguenze negative per la salute umana, il territorio, i beni, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali, attraverso l'attuazione prioritaria di interventi non strutturali e di azioni per la riduzione della pericolosità. Per la parte relativa al sistema di allertamento, i Piani contengono una sintesi dei contenuti dei piani urgenti di emergenza previsti dall'art.67, co. 5, del D. Lgs. 152/2006, e tengono conto degli aspetti relativi alle attività di: previsione, monitoraggio, sorveglianza e allertamento attraverso la rete dei centri funzionali; presidio territoriale idraulico posto in essere dalle regioni e dalle province; regolazione dei deflussi attuata anche attraverso i piani di laminazione; attivazione dei piani urgenti di emergenza previsti dalla richiamata normativa

vigente. Il decreto in argomento ha, inoltre, disposto i termini per il riesame delle mappe di pericolosità e rischio (22/09/2019 e successivamente ogni sei anni) nonché dei Piani di Gestione (22/09/2021 e successivamente ogni sei anni). [11]

### 3.2 Il Piano di bacino e i Piani 'Stralcio'

Alle Autorità di Bacino è stato affidato dalla **legge 183/89** il compito di redigere il 'Piano di Bacino', ossia *"lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso, finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo e alla corretta utilizzazione delle acque, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato"*[11]. Il Piano di Bacino, è concepito come uno strumento dinamico ed in continuo aggiornamento preposto alla tutela dell'integrità fisica del territorio sotto i suoi molteplici aspetti (geologico, idrologico, idrogeologico, idraulico, ambientale, urbanistico, agrario e paesaggistico); è, inoltre, uno strumento conoscitivo in quanto offre un quadro di riferimento del contesto fisico, ambientale ed antropico del bacino idrografico; normativo, in quanto detta vincoli, prescrizioni e direttive per la salvaguardia, la tutela e la bonifica delle risorse suolo ed acqua nella loro accezione più ampia; tecnico- operativo perché individua gli interventi strutturali e non strutturali per la difesa del suolo a seconda della loro finalità (prevenzione, sistemazione, conservazione, corretta utilizzazione e risanamento).

Le attività di studio propedeutiche al Piano sono coordinate nell'ambito del *Progetto Po*, definito dal Comitato Tecnico e dalla Segreteria dell'Autorità di bacino, approvato dal Comitato Istituzionale come base di lavoro il 6/08/92 e avviato il 25/10/94. Le attività di studio sono articolate secondo le aree tematiche: difesa idrogeologica e della rete idrografica; tutela della qualità delle acque; bilancio delle risorse idriche; uso del suolo e agricoltura; monitoraggio e controllo; sistema informativo; strumenti amministrativi, economici e finanziari. Le difficoltà emerse circa la possibilità di adozione di un unico strumento di pianificazione hanno riguardato da un lato l'oggettiva complessità e vastità delle analisi da realizzare e dall'altro la necessità di anticipare, di volta in volta, in coerenza e in modo interrelato con i contenuti strutturali del Piano, la sua operatività per alcuni settori funzionali e ambiti territoriali critici. Considerando inoltre che le situazioni di emergenza non costituiscono condizioni straordinarie ma ordinarie del bacino, è divenuto imprescindibile procedere all'elaborazione del Piano di bacino per stralci, nel rispetto dei principi della normativa vigente, in modo tale da rispondere all'esigenza di dotare i soggetti competenti di

efficaci strumenti di governo con la tempestività e l'agilità richieste dall'urgenza dei problemi. L'efficacia dei piani stralcio deriva peraltro dalla circostanza che nella loro formulazione vengono assunti i medesimi obiettivi e vengono seguite le medesime strategie generali della pianificazione integrata di bacino, che sono quindi preliminarmente definite, per tutti gli aspetti rilevanti, in modo che sia assicurata la mutua coerenza delle specifiche azioni. Il "Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico" rappresenta l'atto di pianificazione per la difesa del suolo dal rischio idraulico e idrogeologico, conclusivo e unificante dei due strumenti di pianificazione precedentemente approvati[12]:

- il "Piano stralcio per la realizzazione degli interventi necessari al ripristino dell'assetto idraulico, alla eliminazione delle situazioni di dissesto idrogeologico e alla prevenzione dei rischi idrogeologici nonché per il ripristino delle aree di esondazione" (PS 45), realizzato a seguito della piena del novembre 1994;
- il "Piano Stralcio delle Fasce Fluviali" (PSFF), relativo alla rete idrografica principale del sottobacino del Po sotteso alla confluenza del Tanaro (territorio della Regione Piemonte e Valle d'Aosta) e, per la restante parte del bacino, all'asta del Po e agli affluenti emiliani e lombardi, limitatamente ai tratti arginati.

La Fig. 3.2 evidenzia la sequenzialità delle fasi di esecuzione e il processo attraverso il quale gli stralci si "alimentano" dall'informazione di base e dalle proposte progettuali (opzioni di intervento) elaborate nell'ambito del Progetto Po.

[12] AdBPo, 'Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)', Legge 18 Maggio 1989, n. 183, art. 17, comma 6-ter, 1999. 1. Relazione generale

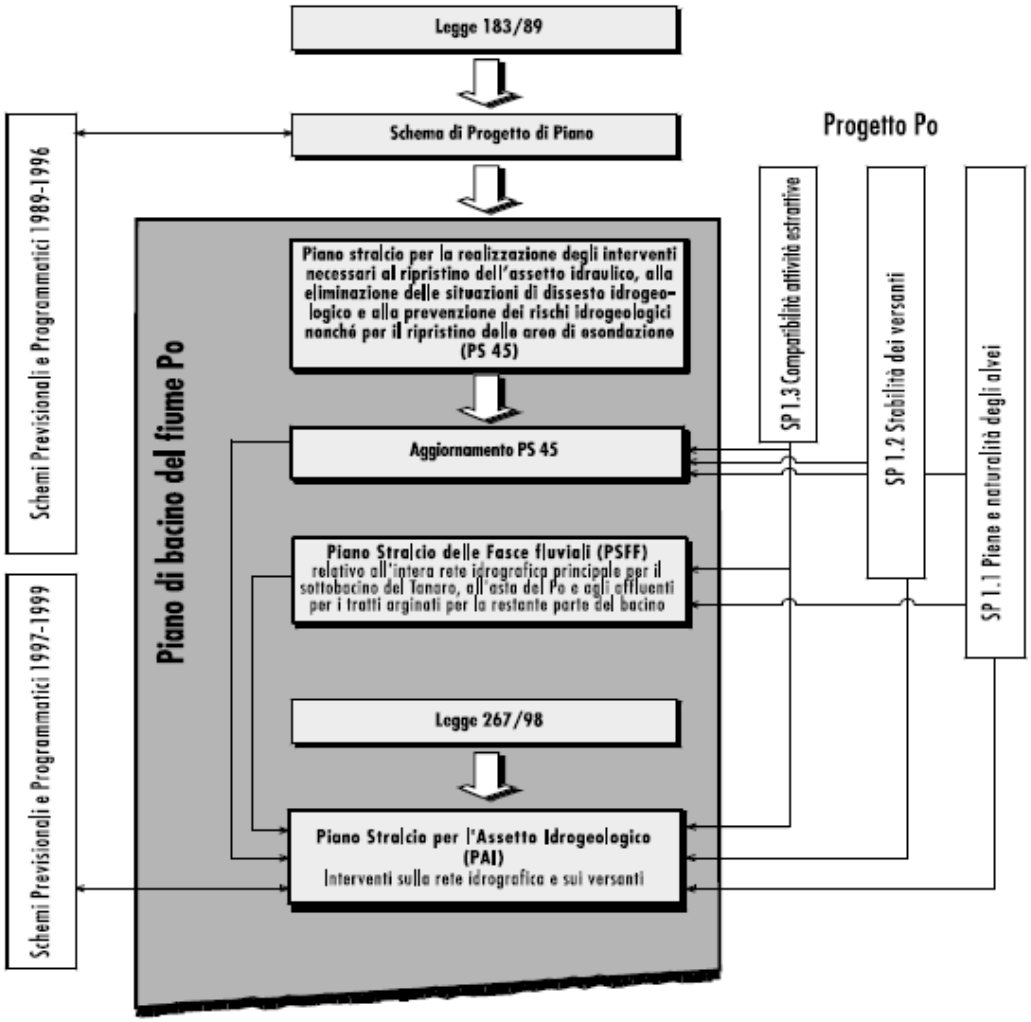



*Figura 3.2- Modalità di formazione del 'Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico'*[12]

Il PS 45 ha risposto all'esigenza di collocare i consistenti interventi di ricostruzione e ripristino che si sono resi necessari a seguito della piena del novembre 1994 nel quadro della pianificazione di bacino, senza ritardare la realizzazione delle opere stesse. Contiene:

- una prima definizione degli obiettivi generali e specifici relativi all'assetto idraulico e idrogeologico dell'intero bacino idrografico;
- le linee di intervento per i sistemi colpiti;
- il programma degli interventi strutturali finalizzati;
- l'individuazione delle misure di salvaguardia da applicare sulle aree di fondovalle del fiume Po;
- le norme di attuazione, riguardanti le condizioni di assetto del bacino idrografico.

Il PSFF, approvato con il D.P.C.M del 24 luglio 1998, contiene la definizione e la delimitazione cartografica delle fasce fluviali dei corsi d'acqua di interesse.
Le opzioni di fondo del PSFF sono riconducibili ai seguenti punti:

- definire il limite dell'alveo di piena e delle aree inondabili e individuare gli interventi di protezione dei centri abitati, delle infrastrutture e delle attività produttive che risultano a rischio;
- salvaguardare e ampliare le aree naturali di esondazione;
- stabilire condizioni di equilibrio tra le esigenze di contenimento della piena, al fine della sicurezza della popolazione e dei luoghi;
- favorire l'evoluzione morfologica naturale dell'alveo, riducendo al minimo le interferenze antropiche sulla dinamica evolutiva;
- favorire il recupero e il mantenimento di condizioni di naturalità, salvaguardando le aree sensibili e i sistemi di specifico interesse naturalistico e garantendo la continuità ecologica del sistema fluviale.

Il PSFF ha individuato tre fasce fluviali definite come segue:

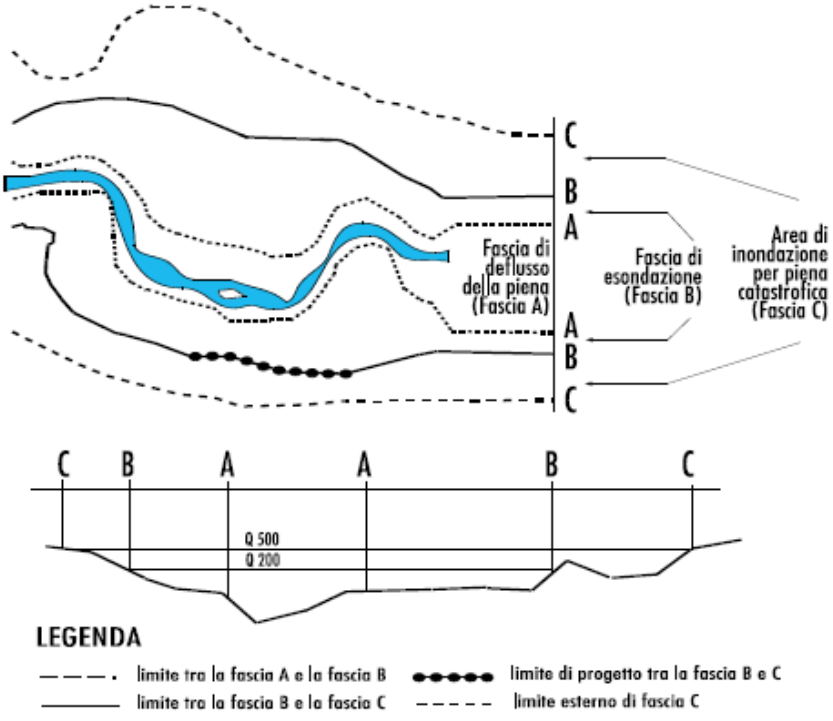



*Figura 3.3- Schema esplicativo per la definizione delle fasce fluviali* [12]

- Fascia A o *Fascia di deflusso della piena*: è costituita dalla porzione di alveo che è sede prevalente, per la piena di riferimento, del deflusso della corrente, ovvero che è costituita dall'insieme delle forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena; [12]
- Fascia B o *Fascia di esondazione*: è esterna alla precedente ed è costituita dalla porzione di alveo interessata da inondazione al verificarsi dell'evento di piena di riferimento. Il limite della fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici corrispondenti alla piena di riferimento ovvero sino alle opere idrauliche di controllo delle inondazioni, dimensionate per la stessa portata; [12]
- Fascia C o *Area di inondazione per piena catastrofica*: è costituita dalla porzione di territorio esterna alla precedente (Fascia B), che può essere interessata da inondazioni al verificarsi di eventi di piena più gravosi di quelli di riferimento.[12]

Le finalità del PSFF, attuate attraverso gli indirizzi, gli incentivi e i vincoli contenuti nelle Norme di attuazione, sono riconducibili ai seguenti punti[12]:

- nella fascia A di deflusso della piena:

- garantire il deflusso della piena, evitando ostacoli e interferenze negative sulle condizioni di moto;
- consentire la libera divagazione dell'alveo, assecondandone la naturale tendenza evolutiva, ovunque non controllata da opere idrauliche;
- garantire la tutela e il recupero delle componenti naturali dell'alveo, con particolare attenzione a quelle parti funzionali al mantenimento di un buon regime idraulico;

- nella fascia B di esondazione:

- garantire il mantenimento delle aree di espansione naturale per la laminazione della piena;
- contenere ed eventualmente ridurre la vulnerabilità degli insediamenti e delle infrastrutture presenti;
- garantire il mantenimento e il recupero dell'ambiente fluviale e la conservazione dei valori paesaggistici, storici, artistici e culturali;

- nella fascia C di inondazione per piena catastrofica:

- segnalare le condizioni di rischio idraulico residuo, ai fini della riduzione della vulnerabilità degli insediamenti, in rapporto alle funzioni di protezione civile.

### 3.3 Direttiva 2007/60/CE – Direttiva alluvioni

La Direttiva alluvioni è stata recepita nel nostro ordinamento con il D. Lgs. 49/2010, il quale stabilisce i ruoli per la redazione del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA). Gli indirizzi per l'applicazione della Direttiva sono stati forniti dal Ministero dell'Ambiente, della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) in concerto con le Regioni con gli *indirizzi operativi per l'attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione ed alla gestione dei rischi da alluvioni con riferimento alla predisposizione delle mappe di pericolosità e del rischio di alluvione.*

La Direttiva in esame mira a realizzare un quadro comune a tutta l'Europa per la valutazione e la gestione del rischio di alluvioni con l'obiettivo di ridurne gli impatti negativi sulla sicurezza delle popolazioni, l'ambiente e il patrimonio culturale e umano. Tale strategia è ben definita nel punto 12 del preambolo alla Direttiva: *"Per poter disporre di un efficace strumento d'informazione e di una solida base per definire le priorità e adottare ulteriori decisioni di carattere tecnico, finanziario e politico riguardo alla gestione del rischio di alluvioni è necessario prevedere l'elaborazione di mappe della pericolosità e di mappe del rischio di alluvioni in cui siano riportate le potenziali conseguenze negative associate ai vari scenari di alluvione, comprese informazioni sulle potenziali fonti di inquinamento ambientale a seguito di alluvioni. In tale contesto, gli Stati membri dovrebbero valutare le attività che determinano un aumento dei rischi di alluvioni".*[3]

Il processo di attuazione della Direttiva europea è organizzato in cicli sessennali articolati in tre tappe temporalmente successive e logicamente consequenziali[11]:

- la prima tappa (Art. 4 della Direttiva) consiste nella valutazione preliminare del rischio di alluvione sulla base delle sole informazioni disponibili o di quelle facili da ottenere;
- la seconda tappa (Art. 6 della Direttiva) è orientata a predisporre le mappe della pericolosità e dei rischi alluvionali, nelle zone individuate a rischio significativo rispetto ai tre scenari di alluvione: alluvioni rare di estrema intensità (T fino a 500 anni, bassa probabilità); alluvioni poco frequenti ( T compreso tra 100 e 200 anni, media probabilità); alluvioni frequenti ( T compreso tra 20 e 50 anni, elevata probabilità);
- l'ultima tappa prevede la redazione di un Piano per la gestione dei rischi di alluvioni sulla base degli esiti delle mappe.

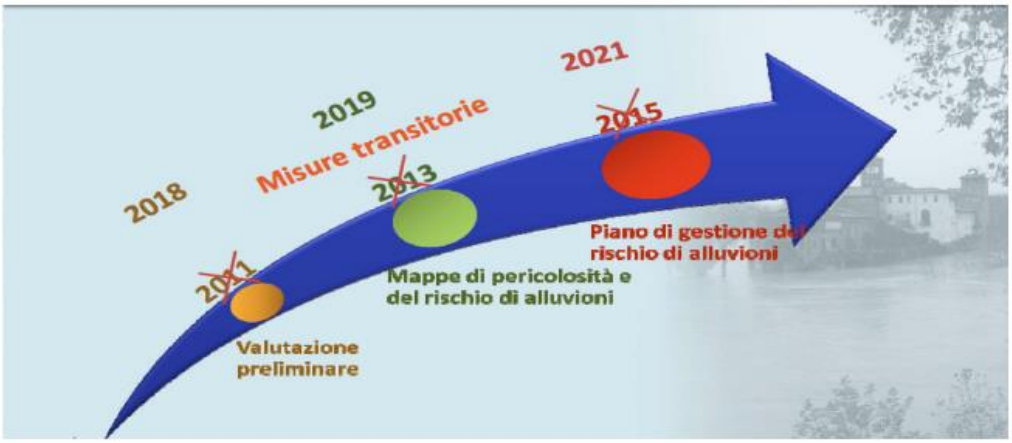



*Figura 3.4- Fasi del processo di pianificazione*[13]

L'attuazione di tali disposizioni comporta un'azione complessa che deve essere articolata a diverse scale:

- scala nazionale e di Distretto idrografico che definisce obiettivi generali e linee strategiche sia in campo di protezione civile che di difesa del suolo;
- scala regionale alla quale sono definiti gli obiettivi operativi del piano di gestione e i programmi di misure strutturali e non strutturali per la mitigazione del rischio di alluvioni;
- scala locale alla quale sono attuati gli obiettivi attraverso la messa in atto delle specifiche azioni previste dal Piano di gestione e attivate adeguate forme di informazione alle popolazioni.

Relativamente alla seconda fase del processo di attuazione è opportuno effettuare una distinzione tra le due tipologie di mappe.[13]

Le *mappe della pericolosità* riportano l'estensione potenziale delle inondazioni causate dai corsi d'acqua (naturali o artificiali), dal mare e dai laghi, con riferimento a tre scenari distinti con tonalità di blu, la cui intensità diminuisce in rapporto alla diminuzione della frequenza di allagamento.

Le *mappe del rischio* segnalano la presenza nelle aree allagabili di elementi potenzialmente esposti (popolazioni, servizi, infrastrutture, attività economiche, etc..) e il corrispondente livello di rischio, distinto in quattro classi rappresentate mediante colori: giallo ( R1- rischio

[13] Piano per la valutazione e la gestione del rischio di alluvioni. Art.7 della Direttiva 2007/60/CE e del D. lgs. n. 49 del 23.02.20010; I A, Inquadramento generale

moderato o nullo), arancione ( R2- rischio medio), rosso (R3- rischio elevato), viola ( R4- rischio molto elevato).

Attraverso gli indirizzi operativi sopra citati, è stato sviluppato un metodo matriciale utile per la valutazione del rischio e la corrispondente mappatura. La pericolosità è connessa a più fattori la cui determinazione non è sempre immediata e a volte richiede valutazioni tecnico-scientifiche approfondite; per l'elaborazione delle mappe di pericolosità, tenuto conto della mancanza di metodologie predefinite a livello nazionale e dell'esiguità di risorse economiche appropriate, si procederà a correlare e ottimizzare i prodotti disponibili per ottenere una caratterizzazione uniforme dell'intero territorio nazionale. L'obiettivo è rappresentare le aree potenzialmente interessate da alluvioni secondo scenari prestabiliti indicando informazioni relative alla portata di piena, tiranti idrici e velocità di deflusso delle correnti. Le attività relative alla redazione delle cartografie della pericolosità idraulica si possono configurare come un passaggio dalle attuali mappe (fasce fluviali/classi di pericolosità o aree inondabili) a mappe di pericolosità rappresentate secondo tre classi: P3 pericolosità elevata; P2 pericolosità media; P1 pericolosità bassa.[11] Per l'individuazione e la mappatura del rischio idraulico, la normativa indica con precisione i criteri di massima sia per la valutazione degli elementi esposti sia delle condizioni di rischio. Per quanto riguarda l'esposizione, l'acquisizione dei dati (almeno di primo livello) consente di individuare sei macro-categorie che risultano essere le 'minime per la definizione degli elementi esposti a rischio alluvione'; la vulnerabilità, invece, si pone pari ad 1 in tutte le aree; il danno potenziale è valutato in quattro classi omogenee D4 (danno potenziale molto elevato), D3, D2, D1(danno potenziale moderato o nullo). Pertanto, definiti i livelli di pericolosità e di danno potenziale, sono stati stabiliti i quattro livelli di Rischio conseguenti e redatta la carte del rischio. [11]

| CLASSI DI RISCHIO | | CLASSI DI PERICOLOSITA' | | |
|---|---|---|---|---|
| | | P3 | P2 | P1 |
| CLASSI DI DANNO | D4 | R4 | R4 / R3 | R2 |
| | D3 | R4 / R3 | R3 | R2 / R1 |
| | D2 | R3 / R2 | R2 | R1 |
| | D1 | R1 | R1 | R1 |

*Tabella 3.1- Matrice per l'individuazione delle classi di Rischio*[11]

Il principale vantaggio di questa metodologia è la definizione di una soluzione di immediato utilizzo ma, al contempo, gli svantaggi sono rappresentati dalla soggettività della categorizzazione dei recettori ( *"L'attribuzione delle diverse tipologie alle singole classi di danno dovrà comunque essere verificata caso per caso, in particolare per tener conto dei danni all'ambiente circostante potenzialmente determinabili da elementi non necessariamente o non particolarmente vulnerabili in sé",* fonte MATTM[11]), da una risoluzione spaziale molto bassa relativamente ai dati di uso del suolo e la definizione del tutto qualitativa della soluzione proposta poiché basata su una combinazione di classi di pericolosità e di danno potenziale.

Dato che le cause e le conseguenze dei fenomeni alluvionali sono diverse nei diversi stati membri della Comunità, i piani di gestione possono tener conto delle specifiche caratteristiche dei territori ai quali si riferiscono e proporre obiettivi e misure adeguati alle esigenze ed alle priorità di tali territori. I P.G.R.A. vanno incentrati sulla prevenzione, sulla protezione e sulla preparazione, comprese le previsioni di alluvioni e i sistemi di allertamento; devono puntare al mantenimento e/o ripristino delle pianure alluvionali per conferire maggiore spazio ai fiumi; devono essere riesaminati periodicamente ed aggiornati tenendo conto delle probabili ripercussioni dei cambiamenti climatici sul verificarsi delle alluvioni. Si tratta di un piano strategico, ovvero di un documento programmatico, che sulla base di una appropriata diagnosi dello stato di fatto definisce gli obiettivi concreti che si devono raggiungere in un arco di tempo stabilito. Inoltre, per essere efficace il piano deve essere facilmente comprensibile anche da un pubblico di non specialisti.

# CAPITOLO IV

# METODOLOGIE DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO

Le attività di gestione del rischio di alluvioni nel contesto nazionale fanno capo a due distinti sistemi di governo- protezione civile e difesa del suolo- che svolgono le loro attività, rispettivamente nel così detto tempo differito e tempo reale, con forme e modalità di costante collaborazione e scambio di conoscenze. La Dir. P.C.M. 27/02/2004 contenente 'indirizzi operativi per la gestione organizzativa e funzionale del sistema di allertamento nazionale, statale e regionale per il rischio idrogeologico ed idraulico ai fini di protezione civile', definisce:[13]

- il *tempo reale,* come quel periodo misurabile ancora in mesi, in cui deve svilupparsi e determinarsi l'efficacia dell'azione urgente e generalmente non permanente di protezione civile. Tale periodo comprende: i) la previsione del manifestarsi di un evento, ancorché complesso, sia esso di origine naturale e/o antropica, ii) il contrasto ed il contenimento dei conseguenti effetti soprattutto sulla popolazione ed i suoi beni, iii) la gestione dello stato di emergenza, iv) il ripristino delle condizioni di vita preesistenti all'evento stesso, perseguendo anche, ove possibile e attraverso opportuni interventi, la riduzione della pericolosità;
- il *tempo differito,* come quel periodo misurabile non più in mesi, ma in anni, decenni e secoli, in cui le azioni di studio e previsione, nonché di pianificazione, programmazione e realizzazione di interventi, sono volte a garantire condizioni permanenti ed omogenee sia di salvaguardia della vita umana e dei beni, che di tutela ed uso sostenibile delle risorse ambientali.

## 4.1 La determinazione del rischio nel P.A.I.

"La determinazione del rischio idraulico e idrogeologico, riferito ad unità elementari costituite dai confini amministrativi, deriva dalla valutazione della pericolosità, connessa alle diverse tipologie di dissesto, e della vulnerabilità propria del contesto socio-economico e infrastrutturale potenzialmente soggetto a danni in dipendenza del manifestarsi di fenomeni di dissesto. Questa procedura di valutazione (…), consente l'assegnazione di quattro classi di rischio (moderato, medio, elevato, molto elevato) alle unità elementari con cui è stato

suddiviso il territorio del bacino idrografico (Comuni). La caratterizzazione, fondata su una procedura di quantificazione numerica e condotta per tutti i comuni per i quali la porzione prevalente del territorio ricade nel bacino idrografico, è di tipo qualitativo (Allegato 1 all'Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici: Elenco dei comuni per classi di rischio)."[14]

L'applicazione dell'equazione del rischio è stata riferita a un'unità territoriale elementare costituita dai confini amministrativi comunali; la pericolosità connessa ai fenomeni di dissesto in atto e potenziali, il valore socio-economico e la vulnerabilità sono pertanto determinati tramite indicatori stimati con riferimento all'intera unità territoriale, indipendentemente dalla distribuzione dei diversi parametri all'interno del comune. Anche la conseguente mappatura del rischio è stata effettuata sulla base dei confini comunali ed è pertanto uniforme sul territorio comunale. Le condizioni di dissesto idraulico e idrogeologico del territorio sono state rappresentate con riferimento alle seguenti cinque tipologie di fenomeni maggiormente prevalenti: frane, esondazioni, dissesti lungo le aste dei corsi d'acqua, trasporto di massa sulle conoidi e valanghe[15].

### 4.1.1 Pericolosità

"La pericolosità, in termini di indicatore S, è stata stimata a partire dallo stato di dissesto presente all'interno del territorio comunale; come già detto l'indicatore non rappresenta la probabilità con la quale un fenomeno di dissesto può verificarsi, in molti casi di complessa valutazione, ma indica la densità superficiale del dissesto in atto e potenziale presente sul territorio. Tale semplificazione comporta l'assunzione di una correlazione diretta tra la densità del dissesto rilevato e la probabilità del manifestarsi di nuovi eventi; si osserva infatti che la densità del dissesto presente su un'unità elementare abbastanza estesa, quale il territorio comunale, la cui rilevazione deriva dalla raccolta di serie storiche di eventi sufficientemente lunghe, rappresenta una sorta di 'frequenza' dei fenomeni di dissesto, anche se non esistono i presupposti per un'effettiva valutazione statistica. Peraltro l'osservazione empirica delle piene storiche anche recenti mette in evidenza la ricorrenza dei fenomeni nelle stesse aree, a indicare che più alta è la concentrazione dei dissesti storicamente osservati più alta può considerarsi la probabilità che se ne verifichino dei nuovi o che quelli presenti si riattivino. Il grado di pericolosità è stato valutato singolarmente per ogni tipologia di dissesto (frane, esondazioni, dissesti della rete idrografica, conoidi e valanghe)".[15]

[14] P.A.I. Relazione generale, cap.1, p. 35

[15] P.A.I. Relazione generale, cap.4, da p. 191 a 196

### 4.1.2 Esposizione

Per la valutazione su base comunale del danno economico atteso a seguito del verificarsi di un fenomeno di dissesto si sono individuati, attraverso l'elaborazione e l'incrocio di dati statistici (essenzialmente di fonte ISTAT), una serie di indici espressivi del valore delle entità esposte. Tali indici si distinguono in "indici di valore diffuso" se riguardanti caratteri del territorio estesi sull'intera superficie comunale e in “indici di valore puntuale" se espressivi della presenza di insediamenti localizzati, quali industrie o infrastrutture servizio.
Allo scopo di rendere confrontabili tra loro i vari indici, in modo tale da pervenire ad una definizione complessiva del valore dell’unità elementare, è stato attribuito agli stessi un importo economico medio.[15] Il metodo utilizzato, sebbene teoricamente fondato, non è interamente ripercorribile e riproducibile.

### 4.1.3 Vulnerabilità

Per ciascuno degli indici di valore è stata stimata una vulnerabilità media, correlata alla tipologia del bene economico esposto, in funzione di valutazioni effettuate sulla base di casi storici relativamente ai danni manifestatisi a seguito dei dissesti. La stima del valore economico e del danno atteso riferiti all’unità elementare derivano dalla semplice valutazione del numero degli elementi indicatori presenti all’interno del territorio comunale.[15]

### 4.1.4 Determinazione del rischio

Il P.A.I, partendo dalla definizione di rischio, ha proceduto ad una applicazione solo qualitativa del concetto di rischio idrogeologico.
I diversi fattori che compongono il rischio, secondo la definizione riconosciuta in sede internazionale (Landslide Hazard Zonation: a review of principles and practise - UNESCO 1984 che riprende quanto proposto dall’UNDRO, Office of United Nations Disaster Relief Coordinator), si riassumono nella seguente espressione:[15]

$$R = (E)(H \times V)$$

$R$ = rischio relativo a un determinato elemento, inteso come il valore atteso del danno che mediamente può subire l’elemento stesso in un prefissato periodo di tempo;

*E* = entità degli elementi a rischio, cioè le persone e i beni che possono subire danni quando si verifica un evento, misurata in modo diverso a seconda della loro natura;

*H* = pericolosità, cioè probabilità di accadimento di un determinato fenomeno potenziale in uno specifico periodo di tempo e in una data area; il valore di H è strettamente connesso al tempo di ritorno di un evento T, che esprime l'intervallo di tempo nel quale l'evento si verifica in media almeno una volta. Vale infatti la relazione $H = 1 – (1 –1/T)^t$.

*V* = vulnerabilità, definita come attitudine dell'elemento a rischio a subire danni per effetto dell'evento stesso (aliquota dell'elemento a rischio che viene danneggiata); è compresa tra 0 e 1.

(…)

Con le semplificazioni assunte l'espressione del rischio esprime una valutazione relativa, ovvero consente una zonizzazione del territorio secondo classi qualitative la cui funzione principale è di evidenziare in termini relativi la distribuzione del rischio sul territorio. I valori di rischio determinati tramite l'impiego dell'equazione sono stati aggregati in quattro classi a valore crescente (1=Moderato, 4=Molto Elevato); i limiti di ciascuna classe sono stati individuati attraverso l'analisi della distribuzione dei valori ottenuti.

La procedura di valutazione descritta consente l'assegnazione di classi di rischio alle unità elementari su cui è stato suddiviso il territorio del bacino idrografico.

In via qualitativa il significato fisico delle classi di rischio individuate è riconducibile alle seguenti definizioni che esprimono le conseguenze attese a seguito del manifestarsi dei dissesti:[15]

- *moderato R1* per il quale sono possibili danni sociali ed economici marginali;
- *medio R2* per il quale sono possibili danni minori agli edifici e alle infrastrutture che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e lo svolgimento delle attività socio-economiche;
- *elevato R3* per il quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi e l'interruzione delle attività socio-economiche, danni al patrimonio culturale;
- *molto elevato R4* per il quale sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici e alle infrastrutture, danni al patrimonio culturale, la distruzione di attività socio-economiche.

| | Tipologia dei dissesti e relativa pericolosità | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Rischio Totale | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Esondazioni | | | | Conoidi | | | | Frane | | | | valanghe | | | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | da | a |
| **Aree soggette** | Fenomeni di lenta espansione delle piene con allagamenti progressivi; esondazioni su superfici limitate del reticolo secondario di pianura | | | | Fenomeni impulsivi collegati ad elevata energia cinetica della corrente | | | | Processi erosivi diffusi e fenomeni di trasporto di massa lungo la rete idrografica e deposito sulle conoidi | | | | Movimenti da lenti a molto lenti del tipo: scorrimenti, scivolamenti, colamenti e deformazioni gravitative profonde | | | | Movimenti con alta energia cinetica coinvolta, tempi di evoluzione da rapidi a estremamente rapidi tipo: crolli e valanghe di roccia, frane per saturazione e fluidificazione di terreni sciolti superficiali | | | | Fenomeni valanghivi rapidi | | | | | |
| Aree libere da insediamenti e aree improduttive che consentono, senza particolari problemi, il normale deflusso delle piene e fenomeni gravitativi di modeste dimensioni. | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 | 1 | 1 | 2 | 3 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 | 1 | 1 | 2 | 3 | 1 | 3 |
| Aree extraurbane, poco abitate, sede di edifici sparsi, di infrastrutture secondarie, di attività produttive minori, prevalentemente agricole o a verde pubblico, e con limitata presenza di persone | 1 | 2 | 3 | 3 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 3 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 4 |
| Nuclei urbani non densamente popolati, aree attraversate da linee di comunicazione e da servizi di un certo interesse, aree sede di significative attività produttive (insediamenti industriali, artigianali e commerciali minori) | 2 | 3 | 3 | 4 | 2 | 3 | 4 | 4 | 2 | 3 | 4 | 4 | 2 | 3 | 3 | 4 | 2 | 3 | 4 | 4 | 2 | 3 | 4 | 4 | 2 | 4 |
| Centri urbani ed aree edificate e urbanizzate con continuità (densità abitativa superiore al 20% della superficie fondiaria), grandi i insediamenti industriali e commerciali, beni architettonci, storici e artistici, principali infrastrutture viarie, servizi di rilevante interesse sociale. | 2 | 3 | 4 | 4 | 2 | 3 | 4 | 4 | 2 | 3 | 4 | 4 | 2 | 3 | 4 | 4 | 2 | 3 | 4 | 4 | 2 | 3 | 4 | 4 | 2 | 4 |

*Tabella 4.1- Tipologie di dissesti e relativa pericolosità del P.A.I.*[15]

## 4.2 La determinazione del rischio nel P.G.R.A.

Gli 'Indirizzi operativi per l'attuazione della Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione ed alla gestione dei rischi da alluvioni con riferimento alla predisposizione delle mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni' del Ministero dell'Ambiente, della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM, 2013) forniscono la definizione del rischio in maniera coerente con la direttiva alluvioni e il P.A.I.

Il rischio di esprime come prodotto della pericolosità e del danno potenziale in corrispondenza di un determinato evento:

$$R = PxExV = PxD_P$$

P = pericolosità;

E = elementi esposti;

V = vulnerabilità;

$D_P$ = danno potenziale

Le mappe del rischio sono il risultato finale dell'incrocio fra le mappe delle aree allagabili per i diversi scenari di pericolosità esaminati e gli elementi esposti censiti raggruppati in classi di danno potenziale omogenee.
I dati sugli elementi esposti provengono principalmente dalle carte di uso del suolo regionali e il dettaglio delle informazioni raccolte è adeguato ad una rappresentazione cartografica ad una scala compresa tra 1:10.000 e 1:25.000.
Le mappe rappresentano una sintesi delle informazioni derivate dalle banche dati regionali, che tuttavia sono risultate significativamente eterogenee fra loro, principalmente per asincronia del momento di rilevamenti dei dati, ma anche per il diverso livello di dettaglio con il quale i dati sono stati rilevati.
Il quadro complessivo delle attuali conoscenze ha permesso di identificare all'interno del bacino del Po alcune macro zone (in numero pari a 7) caratterizzate da omogeneità a grande scala, in merito ai processi di instabilità attesi, alcuni dei quali risultano peculiari e descrittivi di tali macro ambiti. In ciò il P.G.R.A. supera i limiti del P.A.I. in cui il rischio era calcolato con riferimento ai confini comunali.
La rilevante estensione del bacino del fiume Po, la peculiarità e diversità dei processi di alluvione sul suo reticolo idrografico hanno reso necessario effettuare la mappatura della pericolosità secondo approcci metodologici differenziati per i diversi ambiti territoriali, di seguito definiti: [16]
*Reticolo principale*: costituito dall'asta del fiume Po e dai suoi principali affluenti nei tratti di pianura e nei principali fondovalle montani e collinari (lunghezza complessiva pari a circa 5.000 km).
*Reticolo secondario collinare e montano*: costituito dai corsi d'acqua secondari nei bacini collinari e montani e dai tratti montani dei fiumi principali.
*Reticolo secondario di pianura*: costituito dai corsi d'acqua secondari di pianura gestiti dai Consorzi di bonifica e irrigui nella medio bassa pianura padana.

[16] Piano per la valutazione e la gestione del rischio alluvioni, II A; Mappatura della pericolosità e valutazione del rischio. Art. 7della Direttiva 2007/60/CE e del D.lgs. n. 49 del 23.02.2010

*Aree costiere marine*: sono le aree costiere del mare Adriatico in prossimità del delta del fiume Po.

*Aree costiere lacuali*: sono le aree costiere dei grandi laghi alpini (Lago Maggiore, Como, Garda, ecc.).

| AMBITO TERRITORIALE |
|---|
| Reticolo idrografico principale (**RP**) |
| Reticolo secondario collinare e montano (**RSCM**) |
| Reticolo secondario di pianura (**RSP**) |
| Aree costiere lacuali (**ACL**) |
| Aree costiere marine (**ACM**) |

*Tabella 4.2-Ambiti territoriali con i quali il P.G.R.A. ha effettuato la mappatura della pericolosità*[16]

### 4.2.1 Pericolosità

Per ciascun ambito territoriale il P.G.R.A. individua tre livelli di pericolosità collegati ad uno specifico tempo di ritorno.

| Direttiva Alluvioni | | Pericolosità | Tempo di ritorno individuato per ciascun ambito territoriale (anni) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Scenario** | **TR (anni)** | | **RP** | **RSCM (legenda PAI)** | **RSP** | **ACL** | **ACM** |
| Elevata probabilità di alluvioni (H = high) | 20-50 (frequente) | P3 elevata | 10-20 | Ee, Ca RME per conoide ed esondazione | Fino a 50 anni | 15 anni | 10 anni |
| Media probabilità di alluvioni (M = medium) | 100-200 (poco frequente) | P2 media | 100-200 | Eb, Cp | 50-200 anni | 100 anni | 100 anni |
| Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi (L = low) | Maggiore di 500 anni, o massimo storico registrato (raro) | P1 bassa | 500 | Em, Cn | | Massimo storico registrato | >> 100 anni |

*Tabella 4.3- Pericolosità e tempi di ritorno*[16]

### 4.2.2 Esposizione e danno

Relativamente alla valutazione della vulnerabilità, il P.G.R.A. riporta quanto segue:[16]

> *"In mancanza di specifiche curve del danno correlate alla tipologia, magnitudo e frequenza dell'evento considerato e al comportamento delle strutture e agli usi delle stesse, la vulnerabilità è stata assunta in modo semplificato assegnando, a favore di sicurezza, un valore costante uguale ad 1 a tutti gli elementi esposti considerati."*

Di conseguenza vale

$$Esposizione = Danno$$

Anche la stima del danno è stata condotta in modo qualitativo e sulla base di un giudizio esperto, attribuendo un peso crescente da 1 a 4 a seconda dell'importanza della classe d'uso del suolo. Sono stati assegnati i pesi maggiori alle classi residenziali che comportano una presenza antropica costante e pesi decrescenti alle diverse tipologie di attività produttive, privilegiando le attività maggiormente concentrate (attività industriali), rispetto alle attività estensive (attività agricole).

Relativamente agli elementi esposti, sono state individuate cinque categorie: abitanti, attività economiche, impianti industriali ad elevato potenziale inquinante, aree protette e aree soggette a vincoli di tipo paesaggistico.

Il P.G.R.A. ha categorizzato gli elementi a rischio sulla base del danno, in tal modo le aree residenziali ricadono tutte in un'unica categoria D4 indipendentemente dall'estensione e dalla densità. Di seguito sono indicate le classi di danno in cui sono stati categorizzati i recettori.

| CLASSE D4 | |
|---|---|
| 1111 | Tessuto residenziale denso |
| 1112 | Tessuto residenziale continuo mediamente denso |
| 1121 | Tessuto residenziale discontinuo |
| 1122 | Tessuto residenziale rado e nucleiforme |
| 1123 | Tessuto residenziale sparso |
| 11231 | Cascine |
| 1424 | Aree archeologiche |
| 12122 | Impianti di servizi pubblici e privati |
| 12111 | Insediamenti industriali, artigianali, commerciali |
| 12112 | Insediamenti produttivi agricoli |
| 12121 | Insediamenti ospedalieri |
| 12123 | Impianti tecnologici |
| 1222 | Reti ferroviarie e spazi accessori |
| 123 | Aree portuali |
| 12125 | Aree militari obliterate |
| 124 | Aeroporti ed eliporti |
| 1421 | Impianti sportivi |
| 1423 | Parchi divertimento |
| 1422 | Campeggi e strutture turistiche e ricettive |

| CLASSE D3 | |
|---|---|
| 133 | Cantieri |
| 12124 | Cimiteri |
| 132 | Discariche |
| 131 | Cave |
| 2113 | Colture orticole |
| 2114 | Colture floro-vivaistiche |
| 2115 | Orti familiari |

| CLASSE D2 | |
|---|---|
| 211 | Seminativi |
| 1411 | Parchi e giardini |
| 221 | Vigneti |
| 222 | Frutteti e frutti minori |
| 223 | Oliveti |
| 3114 | Castagneti da frutto |
| 213 | Risaie |
| 2313 | Marcite |
| 1412 | Aree verdi incolte |
| 2241 | Pioppeti |
| 2242 | Altre legnose agrarie |

| CLASSE D1 | |
|---|---|
| 134 | Aree degradate non utilizzate e non vegetate |
| 231 | Prati permanenti in assenza di specie arboree ed arbustive |
| 311 | Boschi di latifoglie |
| 312 | Boschi conifere |
| 313 | Boschi misti |
| 314 | Rimboschimenti recenti |
| 331 | Spiagge, dune ed alvei ghiaiosi |
| 321 | Praterie naturali d'alta quota |
| 322 - 324 | Cespuglieti |
| 332 | Accumuli detritici e affioramenti litoidi privi di vegetazione |
| 333 | Vegetazione rada |
| 411 | Vegetazione delle aree umide interne e delle torbiere |
| 3113 | Formazioni ripariali |
| 3222 | Vegetazione dei greti |
| 3223 | Vegetazione degli argini sopraelevati |
| 511 | Alvei fluviali e corsi d'acqua artificiali |
| 5121 | Bacini idrici naturali |
| 5123 | Bacini idrici da attività estrattive interessanti la falda |
| 5122 | Bacini idrici artificiali |
| 335 | Ghiacciai e nevi perenni |

| Reti stradali | |
|---|---|
| D4 | Reti primarie: autostrade, strade statali/regionali, strade provinciali |
| D3 | Reti secondarie: strade comunali |

*Tabella 4.4-Classi di esposizione e di danno nel P.G.R.A.*[16]

### 4.2.3 Determinazione del rischio

La determinazione del rischio è ottenuta dalla combinazione dei parametri vulnerabilità, danno e pericolosità, condotta attraverso una matrice con 4 righe e 3 colonne, ovvero 4 righe e 2 colonne. Nelle righe sono riportati i parametri danno-vulnerabilità e nelle colonne i livelli di pericolosità associabili agli eventi ad elevata, media e bassa probabilità di accadimento. L'implementazione di tale matrice ha consentito l'attribuzione di ogni elemento esposto ad una delle classi di rischio previste nei dispositivi nazionali. Per distinguere l'impatto assai diverso in termini di pericolo per la vita umana e danno per le attività antropiche, in relazione alla diversa intensità e modalità di evoluzione dei processi di inondazione negli ambiti territoriali considerati, si è soliti utilizzare tre diverse matrici.

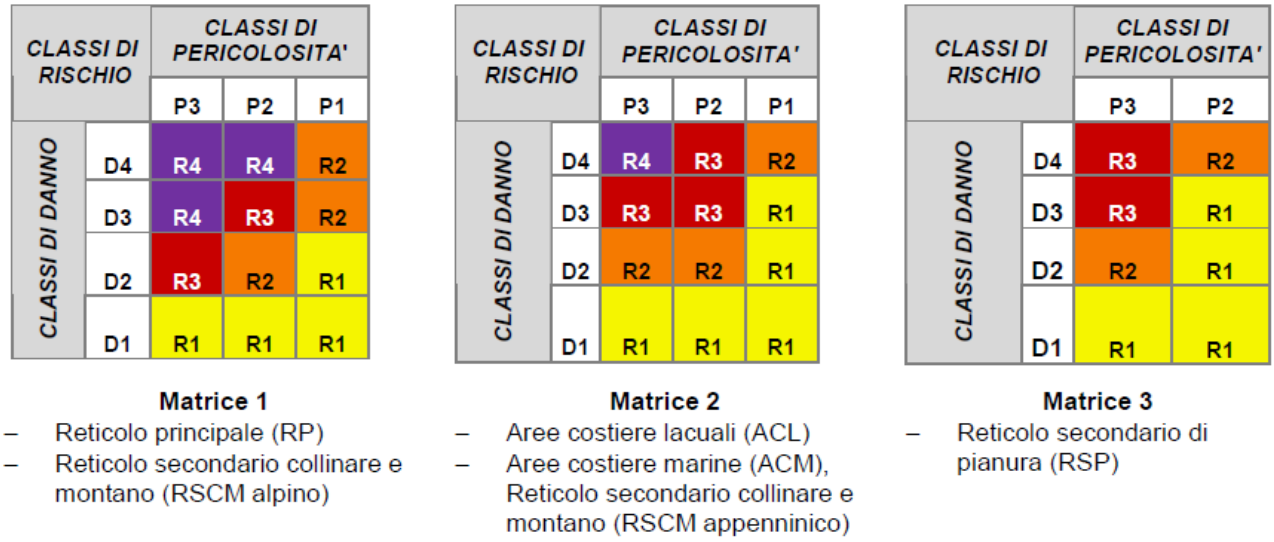



*Tabella 4.5- Classi di rischio determinate tramite l'approccio matriciale del P.G.R.A.*[16]

Pertanto, il P.G.R.A. ha effettuato un'analisi qualitativa, ovvero non basata sulla quantificazione delle componenti del rischio; relativa, ovvero facendo riferimento a una scala di graduazione; riferita alla scala di bacino.

### 4.3 Considerazioni sulle metodologie P.A.I. e P.G.R.A.

L'approccio matriciale proposto in entrambi i metodi comporta una serie di problemi di seguito elencati:

- il ricorso a indici di rischio non permette alcuna elaborazione matematica, infatti l'indice R4 non indica un rischio quattro volte maggiore del rischio R1, così come per la pericolosità;
- la classificazione di rischio prescinde dalla sua effettiva estensione pertanto, pur essendo utile alla rappresentazione grafica nelle mappe del P.G.R.A., tale valutazione non permette di individuare livelli complessivi totali di rischio;
- l'indicizzazione del rischio non permette una comparazione dei benefici attesi, specie per le opere di regimazione o di mitigazione del rischio;
- l'imposizione della vulnerabilità pari ad 1 ( P.G.R.A.) comporta l'omogeneizzazione di rischi eterogenei in quanto, a parità di estensione delle aree a rischio, non è possibile discriminare quelle a maggior vulnerabilità da quelle a minore vulnerabilità;
- l'indicizzazione della pericolosità e del danno non è effettuata sulla base di valutazioni quantitative ed è fortemente soggettiva.

### 4.4 Il sistema Re.N.Di.S.

Il progetto di un ″Repertorio Nazionale degli interventi per la Difesa del Suolo *(Re.N.Di.S.)″* nasce nel 2005 a partire dall'attività di monitoraggio che l'ISPRA svolge, per conto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, sull'attuazione di Piani e programmi di interventi urgenti per la mitigazione del rischio idrogeologico finanziati dal Ministero stesso. Il principale obiettivo del Repertorio è la formazione di un quadro unitario, sistematicamente aggiornato, delle opere e delle risorse impegnate nel campo di difesa del suolo. In questo senso il Re.N.Di.S. si propone come uno strumento conoscitivo potenzialmente in grado di migliorare il coordinamento e, quindi, l'ottimizzazione della spesa nazionale per la difesa del suolo, nonché di favorire la trasparenza e l'accesso dei cittadini alle informazioni. L'interfaccia di navigazione (Re.N.Di.S.-web) fornisce, a chiunque si colleghi al sito, la possibilità di consultare i dati principali degli interventi censiti e di visualizzarne il quadro d'insieme per i diversi ambiti geografici. La pubblicazione dei dati sugli interventi non risponde solo ad esigenze di trasparenza ma ha anche l'intento di far conoscere meglio ciò che le pubbliche amministrazioni realizzano sul territorio per ridurre il rischio geologico-idraulico.

Il progetto si sviluppa in quattro attività[17]:

1) Raccolta dati: comporta l'individuazione dei dati di interesse e della loro consistenza, la definizione delle procedure di accesso alla documentazione, l'acquisizione dei dati grezzi;
2) Realizzazione dell'architettura hardware/software del sistema: consiste nell'analisi della struttura dei dati, nella definizione dei criteri di omogeneizzazione, nella progettazione del database e del modello GIS;
3) Popolamento del database: inserimento dati nel repertorio informatico e successive attività di aggiornamento;
4) Attivazione dell'interfaccia informativo: rappresenta il completamento del progetto, con la pubblicazione in rete della banca dati e del relativo sistema di interrogazione geografico.

Il DPCM 28 maggio 2015 recante "l'individuazione dei criteri e delle modalità per stabilire le priorità di attribuzione delle risorse agli interventi di mitigazione del rischio idrogeologico",

[17] Re.N.Di.S.- Repertorio nazionale degli interventi per la difesa del suolo. Pier Luigi Gallozzi, Federica Lancia, Fabio Pascarella, Giorgio Vizzini.

individua nella piattaforma RENDIS-web lo strumento per la presentazione delle richieste di finanziamento da parte delle Regioni. I criteri si fondano in particolare sui caratteri di urgenza e priorità delle opere, soprattutto in termini di presenza di popolazione a rischio diretto e beni a rischio grave, di frequenza dell'evento, della quantificazione del danno economico atteso e di previsione della riduzione del rischio a seguito dell'intervento di mitigazione. La fase della classificazione delle richieste ammissibili viene svolta mediante l'accertamento del grado di sussistenza di alcuni criteri tecnici e amministrativi. I criteri suddetti si distinguono in due tipologie: criteri comuni e criteri dell'esistenza di misure di compensazione e mitigazione, che sono intese a ridurre o a sopprimere l'impatto negativo dell'opera e a realizzare altre opere che abbiano valenza ambientale non strettamente collegate agli impatti dell'opera principale. Ai criteri comuni si associa il peso (valore numerico massimo attribuito a ciascun criterio), la classe (definisce un range di tipo numerico, qualitativo, fisico), il punteggio (valore numerico attribuito a ciascuna classe in relazione al peso) e il valore pesato (si ottiene dalla seguente formula: peso/punteggio max*punteggio)

| CRITERIO | PESO MASSIMO |
|---|---|
| Priorità regionale | 20 |
| Livello della progettazione approvata | 10 |
| Completamento | 10 |
| Persone a rischio diretto | 60 |
| Beni a rischio grave | 30 |
| Frequenza dell'evento | 30 |
| Quantificazione del danno economico atteso | 10 |
| Riduzione del numero di persone a rischio diretto | 30 |

*Tabella 4.6- Pesi associati nel sistema Re.N.Di.S. ai criteri di priorità*[18]

Tra gli indicatori rientra la *'Quantificazione del danno economico'* e in tale voce devono essere inseriti esclusivamente *"i danni diretti attesi coinvolgenti privati, opere pubbliche, attività produttive e agricole, da calcolarsi nell'area di influenza intesa come la porzione di territorio fisicamente occupata dal fenomeno durante la sua evoluzione"*.

L'approccio matriciale per la valutazione del rischio adottato nel P.A.I. e nel P.G.R.A. non permette di effettuare le valutazioni richieste dal sistema Re.N.Di.S., ovvero di quantificare i

[18] DPCM 28/05/2015, Individuazione dei criteri e delle modalità per stabilire le priorità di attribuzione delle risorse agli interventi di mitigazione del rischio idrogeologico.

danni economici connessi ad un dato evento alluvionale a tempo di ritorno T; di quantificare il numero degli abitanti a rischio; di quantificare i benefici indotti dall'implementazione delle opere di mitigazione. Pertanto è necessario che siano proposti modelli di valutazione del rischio, applicabili alle diverse scale, che rappresentino strumenti pratici e uniformi alle applicazioni relative ai sistemi Re.N.Di.S. e all'aggiornamento delle mappe di rischio.

# CAPITOLO V

# IL MODELLO DELL'INDICE DI RISCHIO PROPORZIONALE

Una metodologia deve essere valida ed affidabile se deve essere di qualsiasi utilità. La *validità*[19] rappresenta la capacità della metodologia di misurare ciò che si vuole valutare e nient'altro, e di mostrare le differenze, quando esistono realmente, ma non quando non si prevedono; l'*affidabilità* (definita anche robustezza) rappresenta la capacità della metodologia di non dipendere da errori casuali. Qualsiasi metodologia deve fondarsi su quattro step, come riportato nella figura sottostante.

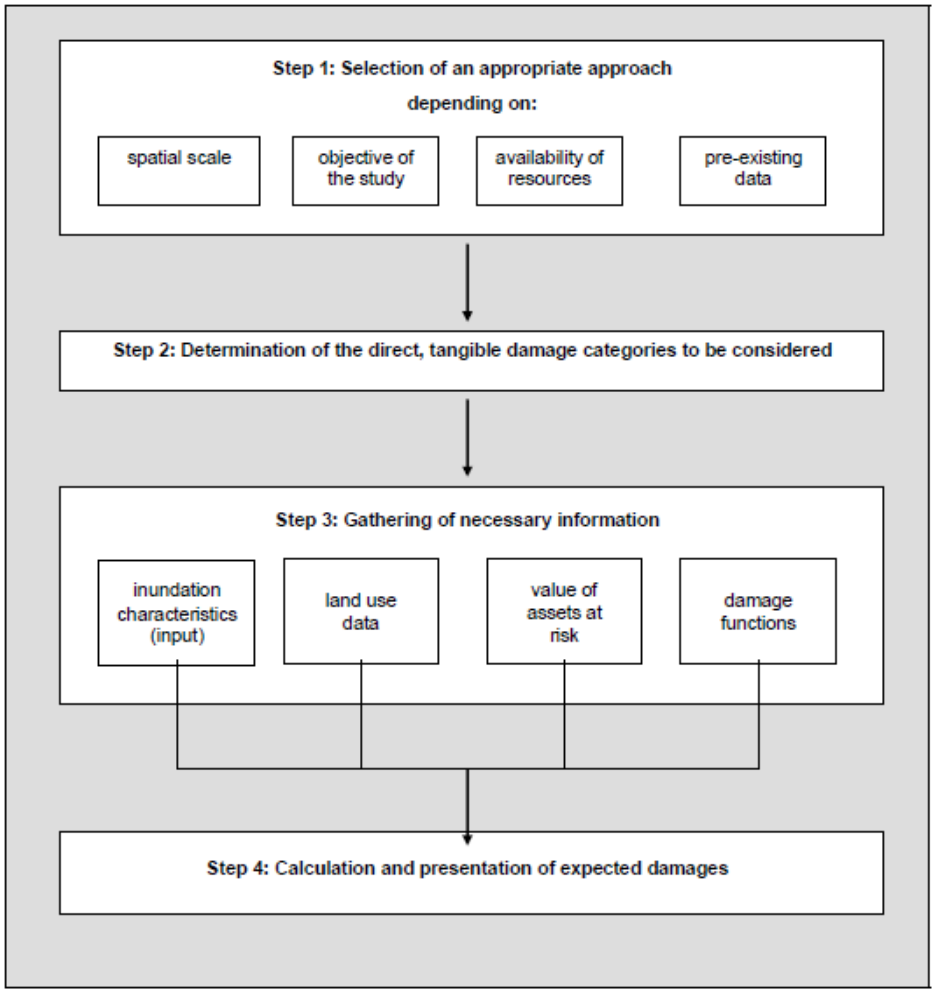



*Figura 5.1- Steps di base per la valutazione quantitativa dei danni diretti tangibili da alluvione*[19]

[19] I concetti di affidabilità e validità sono citati in: Floodsite, Evaluating flood damages: guidance and recommendations on principles and methods, Report Number T09-06-01, UFZ, Gennaio 2007

Step 1: scelta di un approccio appropriato per lo studio della valutazione del danno; essa dipende dalla scala spaziale (micro-scala: valuta il danno del singolo oggetto, meso-scala: utilizza raggruppamenti spaziali, macro-scala: considera le unità amministrative nella totalità), dall'obiettivo dello studio, dalla disponibilità delle risorse e dei dati preesistenti.

Step 2: determinazione delle categorie di danno che saranno prese in considerazione dalla metodologia. Generalmente la categoria di danno considerata è rappresentata dai danni diretti tangibili che può essere ulteriormente suddivisa in altre sotto categorie. Per ridurre il costo dello studio (in termini di tempo e denaro), vengono considerate solo le categorie più rilevanti rappresentate dai danni agli edifici ed al contenuto, delle aree residenziali e non.

Step 3: valutazione del danno da inondazione, stima e calcolo dei valori economici di beni tangibili potenzialmente danneggiati. È importante valutare l'intensità dell'alluvione e le aree allagate, le caratteristiche delle proprietà esposte (recettori) che dipendono dai database di uso del suolo disponibili, il valore degli elementi esposti e la suscettibilità dei recettori all'inondazione.

Step 4: unione di tutte le informazioni ricavate al precedente step per calcolare il danno potenziale causato da un evento.

L'approccio seguito per la mappatura e la rappresentazione del rischio può essere qualitativo o quantitativo. Il primo approccio si basa su percezioni e opinioni che indiscutibilmente rappresentano limitazioni mentre, la valutazione quantitativa si basa su valori numerici e sull'uso di calcoli e modelli per esprimere le varie componenti del rischio. La disponibilità di modelli numerici di rischio, e quindi di stime quantitative, è fondamentale per supportare le pubbliche Amministrazioni nello stabilire le priorità nel finanziamento pubblico.

Come già accennato nei capitoli precedenti (in particolare nel paragrafo 3.3), lo scopo della Direttiva 2007/60/CE è quello di creare un quadro che contenga le misure necessarie per ridurre i rischi provocati durante le alluvioni in tutta l'Europa. Da qui la necessità di una metodologia comune per la valutazione dei danni, al fine di stabilire le priorità per la gestione delle inondazioni e il finanziamento di contromisure (sistema Re.N.Di.S.). [20]

Una metodologia quantitativa per la valutazione del rischio di alluvioni, denominata *Indice di Rischio Proporzionale* IRP, è stata proposta dalla Regione Piemonte in collaborazione con il

[20] Luca Franzi, Alessandro Pezzoli and Angelo Besana (2016). Flood Lamination Strategies for Risk Reduction, River Basin Management, Prof. Daniel Bucur (Ed.), InTech, DOI: 10.5772/63553.

Politecnico di Torino, generalizzando l'approccio già sviluppato dal CNR-IRPI di Torino, con il progetto DAMAGE (2014). Il modello è stato sviluppato in modo specifico per la valutazione del rischio alluvionale nella Regione Piemonte, ottimizzando le conoscenze attualmente disponibili rappresentate dal P.A.I. e dal P.G.R.A., utilizzando i database della Regione Piemonte e dell'Agenzia delle Entrate.

Le finalità di questo studio sono rappresentate dal definire una metodologia quantitativa di valutazione del rischio che sia:

- di immediato utilizzo
- a costo sostenibile (fatti salvo il costo del personale, delle ore impiegate per il lavoro, l'uso delle macchine di calcolo etc. non vi sono fonti di costo significative)
- basata su fondamenti teorici

I primi due punti sono connessi ai dati di input della metodologia sperimentata, rappresentata dagli elementi forniti dalla Pubblica Amministrazione[21], senza ulteriori indagini costose; l'ultimo punto è rappresentato dal concetto di validità di una metodologia sperimentale che deve essere fondata su basi teoriche per migliorare l'interpretazione fisica del modello e per ottenere risultati scientificamente attesi.

## 5.1 Valutazione del danno, Progetto DAMAGE

Il progetto DAMAGE nasce dalla necessità, evidenziata da diversi servizi per la protezione civile a livello europeo, di poter contare su una metodologia comune di valutazione dei danni derivanti da calamità di origine naturale o antropica. Tra gli scopi principale del Progetto vi è quello di fornire alle pubbliche Amministrazioni degli strumenti utili per la gestione dell'informazione relativa ai danni. A tal fine il CNR-IRPI Torino ha elaborato un modello, implementato con l'utilizzo di tecnologie GIS, per la simulazione di eventi alluvionali e la valutazione economica dei conseguenti danni attesi. Gli eventi alluvionali ai quali è applicabile la metodologia studiata sono riconducibili a due tipologie: eventi reali, per i quali l'estensione dell'area inondata e le altezze d'inondazione sono ricavate da osservazioni e misure di terreno (nowcasting); scenari d'evento ipotizzati sulla base di analisi idrologiche in

[21] I dati utilizzati sono stati ricavati in BDTRE dataset, disponibili sul sito dalla Regione Piemonte e dal sito dell'Agenzia delle Entrate Geopoi.

cui i parametri d'evento sono ricavati mediante l'applicazione di modelli idraulici e la metodologia viene applicata a scopo predittivo (forecasting).[2]

Il Progetto ha utilizzato come caso di studio l'evento del maggio 2002 che fu particolarmente grave in Valcuvia; la scelta è stata condizionata dalle limitate dimensioni del bacino, dal grande numero di dati disponibili, dalla rilevante pressione antropica e dall'accadimento recente di un evento alluvionale ben documentato da un punto di vista dei danni.
Lo studio idraulico è composto da quattro parti:

1) Acquisizione dei dati pluviometrici e territoriali relativi all'area campione e costituzione di un GEO database;
2) Analisi idrologica volta alla definizione di un modello Afflussi- Deflussi che permetta di ottenere le portate di deflusso corrispondenti a precipitazioni con dato tempo di ritorno;
3) Modellazione idraulica monodimensionale del fondovalle, in modo da ricavare le altezze idrometriche attese in caso di esondazione attraverso l'utilizzo del software Hec- Ras;
4) Definizione di differenti scenari d'evento, utilizzando le informazioni ricavabili dalla documentazione relativa ad eventi pregressi.

Il grado di danno provocato da un'inondazione può essere determinato da differenti fattori: livello idrometrico, velocità della corrente, trasporto materiale solido più flottante, durata dell'inondazione e velocità d'innalzamento delle acque. Una loro quantificazione è molto difficile durante un evento di piena perciò l'unico parametro preso in considerazione è il livello delle acque d'inondazione. Di conseguenza, il danno verrà considerato come funzione della sola altezza d'inondazione h: $d = d(h)$

Le coppie di valori (d, h) descrivono gli effetti delle inondazioni su differenti tipologie di beni e definiscono le curve denominate *stage – damage curves*. Queste possono essere definite mediante:

- Un approccio empirico, utilizzando informazioni sui danni economici rilevati dopo un evento di piena correlati alle altezza d'inondazione;
- Un approccio teorico, avvalendosi del giudizio di esperti e dei dati sui costi di ripristino delle strutture per definire curve di vulnerabilità stimate.

È quindi necessario creare diverse curve per differenti contesti geografici, da applicare a territori di ampiezza limitata e con caratteristiche omogenee.[2]

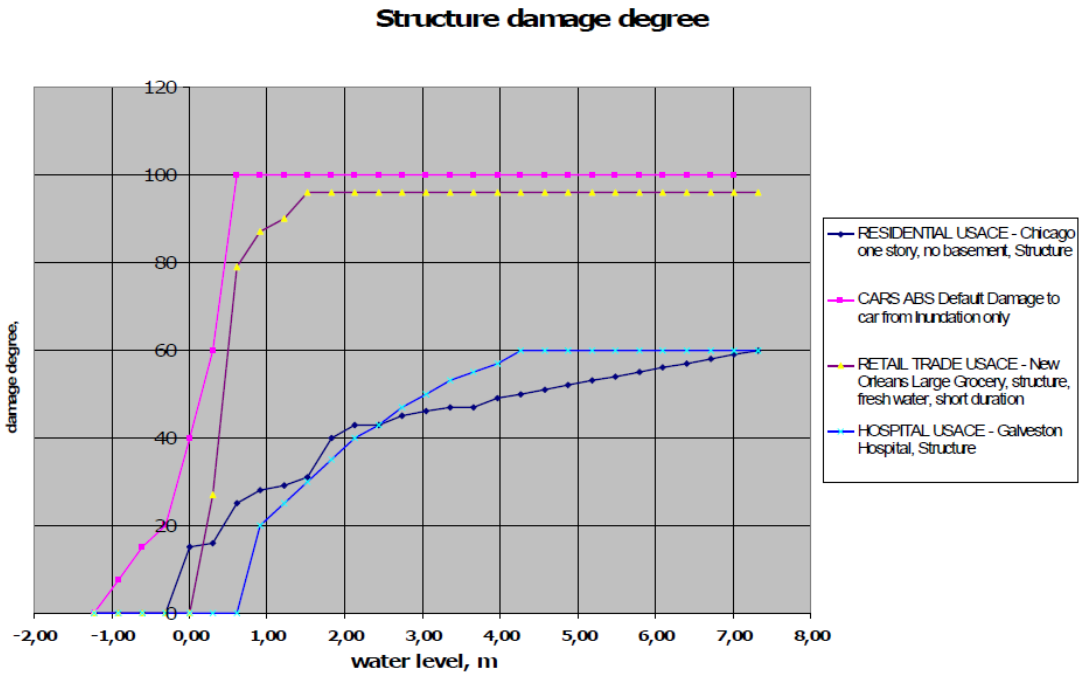



*Figura 5.2 Stage – damage curves per edifici residenziali, edifici commerciali, ospedali*[22]

Per quanto concerne la valutazione economica dei beni esposti, questa può essere effettuata mediante l'utilizzo di due metodi:

- Valutazione 'areale', unendo strutture ed infrastrutture in più classi, in funzione della loro più frequente destinazione d'uso del suolo (applicazione più semplice, adattabili a diversi casi);
- Valutazione 'puntuale', considerando i singoli edifici, le infrastrutture, i servizi ecc. per la loro reale destinazione d'uso (applicazione più complessa). I dati essenziali da conoscere sono la destinazione d'uso, la tipologia, la presenza o meno di un piano interrato o seminterrato e la superficie del piano terreno. Questi vengono forniti dalla Banca dati delle Quotazioni Immobiliari del Mercato Immobiliare dell'Agenzia delle Entrate che cura la rilevazione e l'elaborazione delle informazioni di carattere tecnico-economico relative ai valori immobiliari, al mercato degli affitti e ai tassi di rendita.

[22] Modello metodologico per la stima del danno atteso da inondazione, Risultati preliminari. Luino F., Biddoccu M., Cirio C. G., CNR - IRPI

Il modello sviluppato per il calcolo del danno atteso prevede la disponibilità di un database territoriale contenente i seguenti strati informativi: modello digitale del terreno; layer puntuale dei livelli idrometrici raggiunti dalle acque d'inondazione, relativi ad un evento reale, oppure layer lineare delle isotiranti ricavate da modello idraulico; layer poligonale dell'edificato, con distinzione delle strutture per destinazione d'uso e tipologia costruttiva e loro valutazione economica (€/$m^2$). Al termine è possibile calcolare il valore totale della perdita (€) tramite un foglio di calcolo.

La metodologia proposta permette di giungere in tempi brevi ad una stima, seppur approssimata, dei danni subiti in seguito a calamità naturale.

### 5.2 Proposta di un Indice di Rischio Proporzionale

Il modello I.R.P. permette di superare alcune limitazioni insite nelle metodologie P.A.I. e P.G.R.A. e le criticità connesse alla applicazione di altri modelli proposti in letteratura che, sebbene più complessi, scontano il limite della eterogeneità dei database sul territorio Nazionale o Regionale. Con il termine Indice si vuole sottolineare l'intenzione di quantificare un valore economico di danno rispetto al quale sia possibile una indicizzazione o classificazione della gravità dei possibili effetti alluvionali sul territorio; l'obiettivo fondamentale è quello di fornire alla Pubblica Amministrazione o ad altri Enti uno strumento valido per valutare, tramite un numero, il valore di rischio o il danno di uno o più recettori all'interno del campo di esondazione, elemento imprescindibile per le applicazioni nella procedura Re.N.Di.S.. Il termine Proporzionale indica la dipendenza di proporzionalità tra il rischio calcolato per il recettore e la superficie del recettore stesso (si suppone che il danno potenziale provocato da un'alluvione su un elemento di modeste dimensioni sia minore del danno provocato su un edificio più grande).

Il metodo si basa sulla relazione

$$R = f(P, D)$$

Dove:

- La funzione f può assumere una forma anche complessa che tenga conto della maggior parte dei parametri che intervengono come durata dei fenomeni, intensità, esposizione e vulnerabilità;

- Nelle variabili P e D vengono considerati, oltre alla probabilità di accadimento e gravità del danno, anche altri fattori quali estensione del danno, frequenza e durata di esposizione, possibilità di limitare il danno, tipologia di danno etc.

L'applicazione di questa relazione permette di valutare il rischio in maniera dettagliata e analitica, lasciando minor spazio alla soggettività. Per quanto concerne gli ambiti territoriali e i fenomeni naturali di riferimento, il modello I.R.P. può essere applicato a *"fenomeni di lenta espansione delle piene con allagamenti progressivi; esondazioni su superfici limitate sul reticolo secondario di pianura"* con esclusione dei fenomeni di esondazione in conoide poiché gli effetti del trasporto solido e la morfologia del territorio comportano valutazioni di pericolosità e di vulnerabilità differenti.

Il modello IRP assume la definizione di rischio della Direttiva 2007/60/CE, per cui:

> *"Il rischio di alluvioni è la combinazione della probabilità di un evento alluvionale e delle potenziali conseguenze negative per la salute umana, l'ambiente, il patrimonio culturale e l'attività economica derivanti da tale evento."*

Utilizzando la formulazione di rischio in termini di rischio totale (Varnes, 1982) così come indicato dal MATTM (2013) e dal P.A.I. (Relazione generale, 2001) si ha:

$$R = P \times E \times V$$

Dove

P = pericolosità,

E = esposizione,

V = vulnerabilità.

La combinazione di E e V rappresenta il danno potenziale D. Nel capitolo 2 (paragrafo 2.1) è stato introdotto il concetto di danno e la suddivisione in danni diretti ed indiretti, tangibili ed intangibili. I danni diretti sono una funzione di molte variabili: alcune sono controllate dalle caratteristiche fisiche dell'area soggetta ad inondazione, altre sono legate alle caratteristiche dell'evento di piena (estensione della piena, altezza e durata dell'inondazione, velocità dell'acqua, materiale legnoso e carichi inquinanti)[23]. L'intangibilità del danno legata alla salute, alla vita umana e alla cultura presenta notevoli difficoltà nella quantificazione. Per il

[23] ISPRA. Proposta metodologica per l'aggiornamento delle mappe di pericolosità e di rischio. Manuale e linee guida. Pubbl. 82/2012. ISBN 978-88-448-0571-5.

modello I.R.P. si considerano solo i danni diretti tangibili rappresentati dai danni agli edifici e dai danni al contenuto. Esiste una vasta gamma di approcci per la stima del danno potenziale da inondazione, differenziati in funzione della scala temporale e spaziale di analisi così come dello scopo che l'analisi stessa si propone e della disponibilità di dati e di risorse necessari perché essa venga effettuata. Una prima differenziazione è quella relativa alla scala spaziale: di seguito la valutazione del danno avviene basandosi su un livello di aggregazione spaziale (es. aree residenziali e industriali) dell'informazione riconducibile alla meso-scala.[23]

### 5.2.1 Pericolosità

Per la definizione di pericolosità si assume quella presente nel P.A.I. (Relazione generale):
"Pericolosità: probabilità di accadimento di un determinato fenomeno potenziale in uno specifico periodo di tempo e in una data area; il valore di H è strettamente connesso al tempo di ritorno di un evento T, che esprime l'intervallo di tempo nel quale l'evento si verifica in media una volta."
La probabilità di accadimento di un evento con tempo di ritorno T è esprimibile mediante la seguente relazione:

$$H = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^t$$

Per t = 1 anno diventa

$$H = \frac{1}{T}$$

Il modello I.R.P., applicato per i casi Re.N.Di.S. fa propria la mappatura di cui alla citata direttiva alluvioni (dir. 2007/60/CE), che ha proposto la classificazione della pericolosità basandosi principalmente sul concetto di 'corridoio fluviale':

- Corridoi con probabilità di allagamento bassa (L): aree che possono essere inondate da una portata di progetto di 500 anni;
- Corridoi con probabilità di allagamento media (M): aree che possono essere inondate da una portata di progetto di 200 anni;
- Corridoi con alta probabilità di allagamento (H): aree che possono essere inondate da una portata di progetto di 50 anni.[24]

[24] Luca Franzi, Gennaro Bianco, Alessandro Bruno, Sara Foglino Flood Risk Assessment and Quantification in the Piedmont Region, Italy. In: Tiepolo, M. (2017). Planning to cope with tropical and subtropical climate change. Berlin,Boston: Sciendo Migration. Retrieved 16 Jan. 2018,from https://www.degruyter.com/view/product/473515Artley, M.E. Probabilistic damage tolerance method for

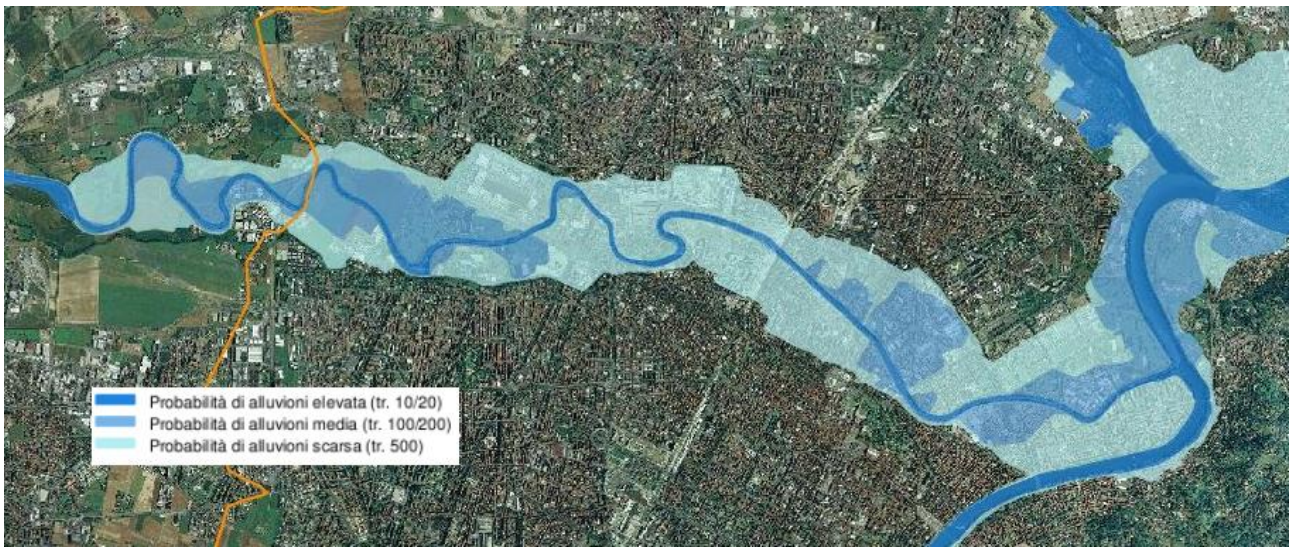



*Figura 5.3- Scenari di alluvione per differenti periodi di ritorno. Esempio del fiume Dora Riparia (da Direttiva Alluvioni)*

### 5.2.2 Esposizione

Il modello I.R.P. assume la seguente definizione di esposizione (linee guida del MATTM, 2013):

*"Esposizione(E): persone e/o beni (abitazioni, strutture, infrastrutture, ecc.) e/o attività (economiche, sociali, ecc.) esposte ad un evento naturale."*

Le attività svolte dalla Regione Piemonte in collaborazione con il Politecnico di Torino e l'Associazione Idrotecnica Italiana si sono concentrate sull'esposizione di elementi strutturali a rischio, che vengono generalmente indicati come recettori. Il modello in esame assume la seguente definizione di recettori (UNDRO, 1984):

*"Receptors: elements at risk, or receptors, that is people, properties and goods that can be lost, injured or damaged during an event."*

Per i recettori, si fa riferimento alla classificazione statistica delle attività economiche della Comunità Europea o codice NACE poiché è un sistema di classificazione generale utilizzato per sistematizzare ed uniformare le definizioni delle attività economiche/industriali nei diversi Stati membri dell'Unione Europea.

---

metallic aerospace structure, WRDC-TR-89-3093, Wright Research and Development Center, Wright Patterson Air Force Base, Ohio, 1989.

| | |
|---|---|
| A | AGRICOLTURA, SILVICOLTURA E PESCA |
| B | ATTIVITA' ESTRATTIVA |
| C | ATTIVITA' MANIFATTURIERE |
| D | FORNITURA DI ENERGIA ELETTRICA,GAS, VAPORE E ARIA CONDIZIONATA |
| E | FORNITURA DI ACQUA;RETI FOGNARIE,ATTIVITA' DI TRATTAMENTO DEI RIFIUTI E RISANAMENTO |
| F | COSTRUZIONI |
| G | COMMERICIO ALL'INGROSSO E AL DETTAGLIO;RIPARAZIONE DI AUTOVEICOLI E MOTOCICLI |
| H | TRASPORTO E MAGAZZINAGGIO |
| I | SERVIZI DI ALLOGGIO E DI RISTORAZIONE |
| J | SERVIZI DI INFORMAZIONE E COMUNICAZIONE |
| K | ATTIVITA' FINANZIARIE E ASSICURATIVE |
| L | ATTIVITA' IMMOBILIARI |
| M | ATTIVITA' PROFESSIONALI, SCIENTIFICHE E TECNICHE |
| N | ATTIVITA' AMMINISTRATIVE E DI SERVIZI DI SUPPORTO |
| O | AMMINISTRAZIONE PUBBLICA E DIFESA;ASSICURAZIONE SOCIALE OBBLIGATORIA |
| P | ISTRUZIONE |
| Q | SANITA' E ASSISTENZA SOCIALE |
| R | ATTIVITA' ARTISTICHE, DI INTRATTENIMENTO E DIVERTIMENTO |
| S | ALTRE ATTIVITA' DI SERVIZI |
| T | ATTIVITA' DI FAMIGLIE E CONVIVENZE COME DATORI DI LAVORO PER PERSONALE DOMESTICO; PRODUZIONE DI BENI E SERVIZI INDIFFERENZIATI PER USO PROPRIO DA PARTE DI FAMIGLIE E CONVIVENZE |
| U | ATTIVITA' DI ORGANIZZAZIONI E ORGANISMI EXTRATERRITORIALI |

*Tabella 5.1- Classificazione statistica delle attività economiche della Comunità Europea* [23]

Tale sistema molto dettagliato rende difficoltosa l'applicazione pratica di un modello di rischio in quanto non sono disponibili le destinazioni d'uso dei recettori secondo la classificazione NACE. Per questo motivo il modello I.R.P. ha fatto riferimento ai dati disponibili nella banca dati BDTRE della Regione Piemonte, la quale fornisce una categorizzazione degli edificati; è necessario raggruppare le categorie d'uso della BDTRE in macro-gruppi con l'obiettivo di associare ad ognuno di questi le stime dei valori di esposizione attualmente disponibili. La quantificazione del parametro di esposizione ha richiesto la determinazione per ogni recettore del valore di mercato dell'elemento considerato, da qui la necessità di far riferimento ai dati economici relativi agli immobili forniti dall'OMI, Osservatorio del Mercato Immobiliare. In questo il modello estende la metodologia già proposta dal CNR-IRPI con il progetto Damage.

L'Osservatorio del Mercato Immobiliare cura la rilevazione e l'elaborazione delle informazioni di carattere tecnico-economico relative ai valori immobiliari, al mercato degli affitti e ai tassi di rendita, la pubblicazione di studi ed elaborazioni e la valorizzazione statistica degli archivi dell'Agenzia. Tra le sue attività ci sono anche l'analisi, la ricerca, lo sviluppo e la sperimentazione di profili teorici, applicativi e di innovazione nelle materie istituzionali, con specifico riferimento alla definizione dei valori immobiliari.[25]

L'OMI suddivide in zone omogenee il territorio italiano e fornisce per ognuna di esse i valori economici *e* minimo e massimo, espressi generalmente in €/$m^2$, in funzione della classe d'uso.

| DESTINAZIONE RESIDENZIALE | UNITA' IMMOBILIARI AUTONOME | DESTINAZIONE TERZIARIA | DESTINAZIONE PRODUTTIVA | DESTINAZIONE COMMERCIALE |
|---|---|---|---|---|
| Ville/Villini | Posto auto coperto | Uffici | Capannoni tipici | Negozi |
| Abitazione signorile | Posto auto scoperto | Uffici strutturati | Capannoni industriali | Centri commerciali |
| Abitazione civile | Box | | Laboratori | Magazzini |
| Abitazione economica | Autorimesse | | | |
| Abitazioni tipiche dei luoghi | | | | |

*Tabella 5.2 – Destinazioni d'uso e tipologie di edifici contemplate nella Banca dati delle quotazioni immobiliari dell'OMI* [2]

Le quotazioni OMI non possono intendersi sostitutive della stima puntuale del valore del singolo immobile, individuando un intervallo di quotazioni in cui più probabilmente ricade il valor medio di unità immobiliari in condizioni ordinarie. I valori minimi e massimi sono riferiti, difatti, all'ordinarietà e vengono pertanto escluse quelle quotazioni riferite a immobili di particolare pregio o degrado o che comunque presentino caratteristiche non ordinarie per la tipologia edilizia della zona di appartenenza. Inoltre, i valori economici sono aggiornati con cadenza semestrale.[26]

25

http://www.agenziaentrate.gov.it/wps/content/nsilib/nsi/aree+tematiche/osservatorio+del+mercato+immobiliare+omi

26 Manuale della Banca Dati Quotazioni dell'Osservatorio del Mercato Immobiliare; Istruzioni tecniche per la formazione della Banca Dati Quotazioni OMI, Sintesi.

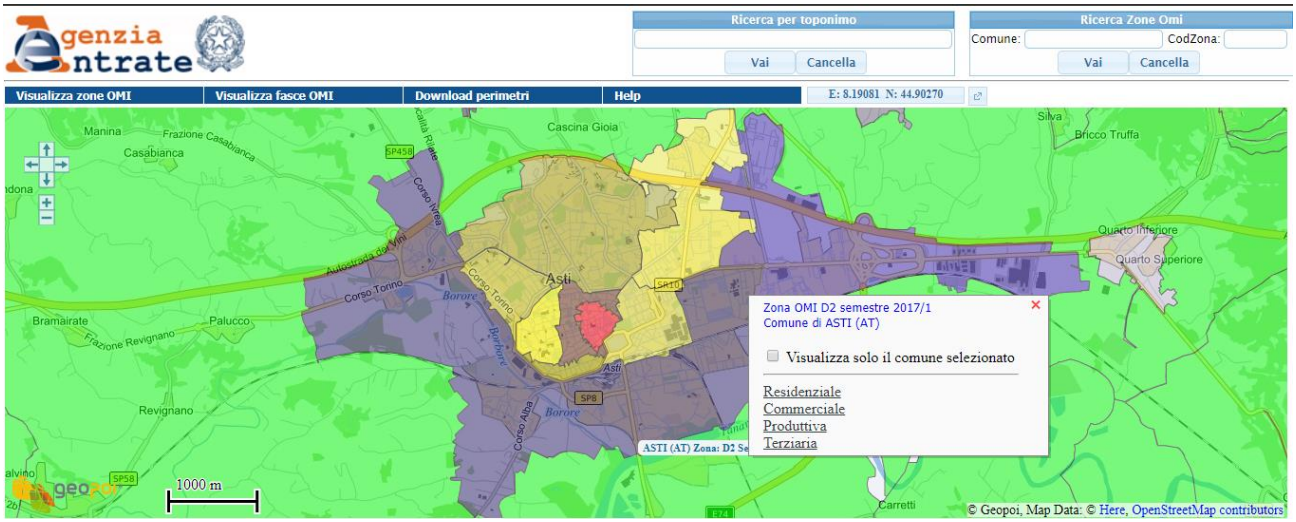



*Figura 5.4- Sito dell'Agenzia delle Entrate- Osservatorio Mercato Immobiliare-Classi d'uso del suolo secondo il database OMI*

Come già accennato, il modello I.R.P. ha proceduto a raggruppare le categorie BDTRE in quattro raggruppamenti di recettori al fine di far corrispondere ad ognuna di esse una specifica categoria del database OMI. Fanno eccezione alcune categorie d'uso per le quali la particolarità d'uso ha comportato una nuova categoria d'uso definita 'sensibile'. Ciò comporta l'introduzione, nelle stime economiche, di ampio margine di incertezza (un lavoro futuro, per migliorare la stima economica, potrebbe essere quello di ricercare una precisa corrispondenza tra tutte le categorie della BDTRE e le classi d'uso OMI).

Supponendo che l'esposizione totale del recettore i-esimo sia proporzionale alla sua area, una robusta valutazione di esposizione può essere calcolata come segue:

$$E_i = A_i \times e_i$$

Dove

$E_i$= valore di esposizione dell'i-esimo recettore (€) della BDTRE;

$A_i$= area dell'i-esimo recettore ($m^2$) della BDTRE;

$e_i$= valore di esposizione OMI dell'i-esimo recettore (€/$m^2$).

È possibile stimare l'esposizione:

- con i valori economici medi geografici per ciascuna categoria, aggiornati annualmente dall'OMI;
- con i valori economici per singola unità censuaria OMI, disponibile online (Agenzia Entrate Geopoi).

Sul sito internet dell'Agenzia delle Entrate, nella sezione Pubblicazioni dell'Osservatorio del mercato immobiliare, è evidente una suddivisione tra i rapporti immobiliari residenziali e non residenziali.

I rapporti immobiliari residenziali sono delle monografie che riportano un'analisi della composizione e delle dinamiche del mercato immobiliare del settore residenziale diviso in due parti. La prima, di carattere generale, presenta dati nazionali con approfondimenti per le seguenti macro-aree geografiche: Nord-Ovest, Nord-Est, Centro, Sud ed Isole; la seconda parte, invece, si compone di 14 schede regionali, ciascuna dedicata a una o più regioni, nelle quali sono esaminati i dati delle abitazioni con il dettaglio delle province e dei capoluoghi.

I rapporti immobiliari non residenziali sono dedicati alle compravendite di unità immobiliari di tipo produttivo, terziario e commerciale e sono relativi esclusivamente alla macro-aree geografiche sopra definite. La pubblicazione fornisce annualmente i dati di consuntivo del mercato italiano degli immobili non residenziali, attraverso l'analisi territoriale dello stock, dei volumi di compravendita e delle quotazioni delle tipologie immobiliari negozi, uffici e capannoni, che rappresentano con maggior significatività il mercato immobiliare commerciale, terziario e produttivo.

### 5.2.3 Vulnerabilità

Per la definizione di vulnerabilità si fa riferimento a quella delle linee guida del MATTM, 2013:

*"La vulnerabilità V rappresenta, in genere, l'aliquota del singolo elemento a rischio che può essere danneggiato nel corso di un evento e si esprime con un numero compreso tra 0 (nessun danno) e 1 (perdita totale)"*

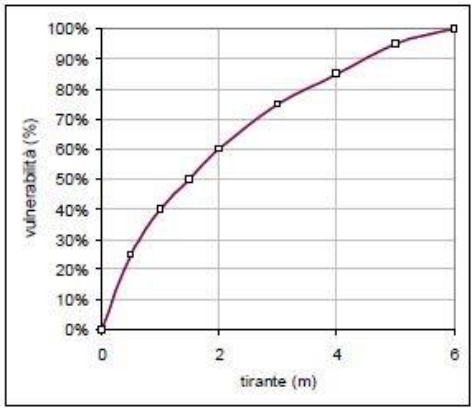
Come già anticipato nel capitolo 2 (paragrafo 2.4), le formulazioni per calcolare la vulnerabilità presenti nella letteratura scientifica sono molte (esempio: formula di Penning-Roswell & Fordham, 1994) ma presentano un numero elevato di variabili che le rendono di difficile utilizzo pratico. Nella 'Proposta metodologica per l'aggiornamento delle mappe di pericolosità e di rischio (2012)', l'ISPRA propone la valutazione della vulnerabilità attraverso la conoscenza dei valori di altezza idrica e di velocità del flusso, elemento noto solo nel caso in cui si disponga di modelli matematici. Di conseguenza, questi approcci presentano notevoli criticità e difficoltà applicativa. Il modello I.R.P. adotta delle semplificazioni per cui la

valutazione della vulnerabilità avviene considerando semplicemente i tiranti idrici, tralasciando tutte le altre variabili da cui la funzione V dipende. La vulnerabilità della struttura è esprimibile mediante una curva monomia uguale per tutti i recettori mediante una formula monotona crescente del tipo

$$V = f(h)$$

dove h rappresenta l'altezza idrometrica calcolata nel baricentro (centroide) del generico recettore della BDTRE.

La curva adottata dal modello è stata proposta dal Joint Research Center, pubblicate nel 2017.[27]




| Flood depth, [m] | Damage funcion | | |
|---|---|---|---|
| | residential buildings | commercial buildings | industrial buildings |
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0.5 | 0.25 | 0.25 | 0.25 |
| 1 | 0.4 | 0.4 | 0.4 |
| 1.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| 2 | 0.6 | 0.6 | 0.6 |
| 3 | 0.75 | 0.75 | 0.75 |
| 4 | 0.85 | 0.85 | 0.85 |
| 5 | 0.95 | 0.95 | 0.95 |
| 6 | 1 | 1 | 1 |

*Figura 5.5- Curva danno-altezza d'acqua per gli edifici e il loro contenuto ( fonte Natural Hazard Research Centre)*

Poiché le curve utilizzate da alcuni stati in Europa considerano $0 \leq h \leq 6\,m$ e l'approccio JRC svolge un'analisi specifica per l'Europa, ne risulta che la curva finale è riferita allo stesso range di h. Conseguentemente, la curva JRC non considera in modo specifico l'influenza sulla vulnerabilità dovuta dalla presenza di edifici a più piani fuori terra.

### 5.2.4 Rischio

Il Settore 'Pianificazione difesa del suolo, difesa assetto idrogeologico e dighe' della Regione Piemonte, sta sviluppando una metodologia sperimentale di quantificazione del rischio di alluvione focalizzata sulla valutazione degli effetti diretti ed economicamente valutabili

[27] Huizinga, J., Moel, H. de, Szewczyk, W. (2017). *Global flood depth-damage functions. Methodology and the database with guidelines*. EUR 28552 EN. doi: 10.2760/16510.

prodotti sulle strutture, con riferimento agli edifici residenziali, commerciali o industriali. Utilizzando l'espressione generale del Rischio e l'ipotesi di dipendenza lineare dalla superficie dell'elemento, si perviene alla seguente formulazione di Indice di Rischio Proporzionale (IRP) totale:

$$I.R.P. = \sum_{J=1}^{m} \sum_{i=1}^{N} IRP_i = \sum_{j=1}^{m} \sum_{i=1}^{N} e_i \cdot A_i \cdot V_i \cdot H_{TR} \qquad (1)$$

dove

IRP: Indice di Rischio Proporzionale totale riferito all'evento con tempo di ritorno TR;

$IRP_i$: Indice di Rischio Proporzionale di ciascun elemento esposto;

j: riferimento alla classe d'uso;

i: riferimento al recettore contenuto all'interno della j-esima classe d'uso;

m: numero totale di classi d'uso;

N: numero totale di recettori contenuti all'interno della j-esima classe d'uso;

e: valore economico del generico recettore (€/$m^2$);

A: superficie del generico recettore ($m^2$), valutata tramite l'utilizzo del software QGIS;

V: vulnerabilità relativa al generico recettore (adimensionale, funzione di h);

H: pericolosità dell'evento, calcolata come reciproco del tempo di ritorno TR.

Il calcolo del Rischio mediante il modello I.R.P. è ottenuto attraverso una operazione matematica e le dimensioni di I.R.P. sono €/anno.

Le ipotesi alla base dell'equazione del rischio sono:

- validità del principio di sovrapposizione degli effetti;
- proporzionalità tra l'esposizione dell'i-esimo recettore e la sua area;
- stima del danno mediante il riferimento all'uso prevalente dell'edificio, con stime economiche medie fornite dall'OMI

Eliminando il tempo di ritorno dalla relazione (1), il termine all'interno della sommatoria viene indicato, dal modello, come *Indice di Danno*.

### 5.2.5 Soggiacenza del terreno

Per la valutazione della vulnerabilità è necessaria la conoscenza dell'altezza idrica della corrente di piena h che può essere stimata con metodi differenti: modelli matematici bidimensionali, monodimensionali (metodo per sezioni) o mappe di alluvione (ad esempio le mappe del PGRA) con il metodo per punti. Nel seguito si farà riferimento a quest'ultimo metodo che si basa sull'interpolazione dei valori di h dedotti nei punti estremi dell'area di esondazione. L'interpolazione è operata tra le quote (assolute) dei punti di confine dell'area di esondazione; questi ultimi godono della proprietà della coincidenza tra quote del terreno $z_g$ e quote (assolute) del pelo liquido $z_w$.

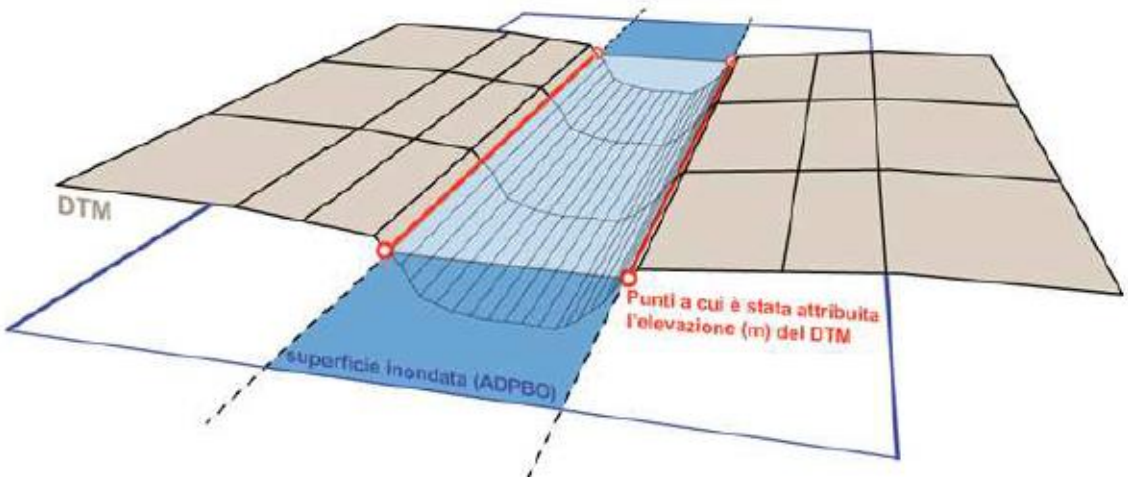



*Figura 5.6- Schema del sistema metodo per punti (MPP). I punti esterni hanno la quota del terreno uguale alla quota del pelo libero.*

Attraverso l'interpolazione è possibile creare il cosiddetto DEM liquido che si può ritenere una superficie virtuale di esondazione ottenuta attraverso la triangolazione tra punti (il software Global Mapper effettua la triangolazione e la disposizione automatica in griglia dei dataset di punti 3D, trasformando un set di campioni dati altimetrici in un dataset 3D formato griglia).

La fase di creazione della mappa di soggiacenza consiste nella generazione, attraverso il software Global Mapper, di un DEM che rappresenti punto per punto la quota di soggiacenza dei punti del DTM rispetto alle quote dei punti del DEM liquido. A tal fine è sufficiente effettuare l'intersezione del $DEM_{liq}$ con il DTM; l'operazione è del tutto automatica.

$$DEM_{liq} - DTM = \Delta z$$

Il DTM è ottenuto nel 2008 dal MATTM attraverso volo Lidar; presenta un'accuratezza altimetrica tale per cui l'errore risulta essere inferiore a $\pm$15 cm, mentre per l'accuratezza planimetrica l'errore deve essere contenuto entro $\pm$30 cm.[28]

La fase finale consiste nella rappresentazione della soggiacenza (del terreno rispetto alla superficie d'acqua) mediante adeguata rappresentazione cromatica. La mappa che si ottiene rappresenta un valore delle quote relativo; esso corrisponde, se negativo, alla soggiacenza del terreno rispetto al pelo libero, oppure, se positivo, ad un valore di elevazione rispetto al pelo libero dell'acqua. La rappresentazione che si ottiene non tiene in conto delle reali connessioni idrauliche tra aree di terreno che risultano soggiacenti i livelli idrici, della presenza di elementi antropici (argini, rilevati stradali) in grado di contenere i livelli idrici e della tridimensionalità del fenomeno. L'operazione utilizzata per la creazione delle mappe di soggiacenza può presentare delle criticità e di conseguenza sarà necessario effettuare dei controlli e delle valutazioni su ciascun punto.[28]

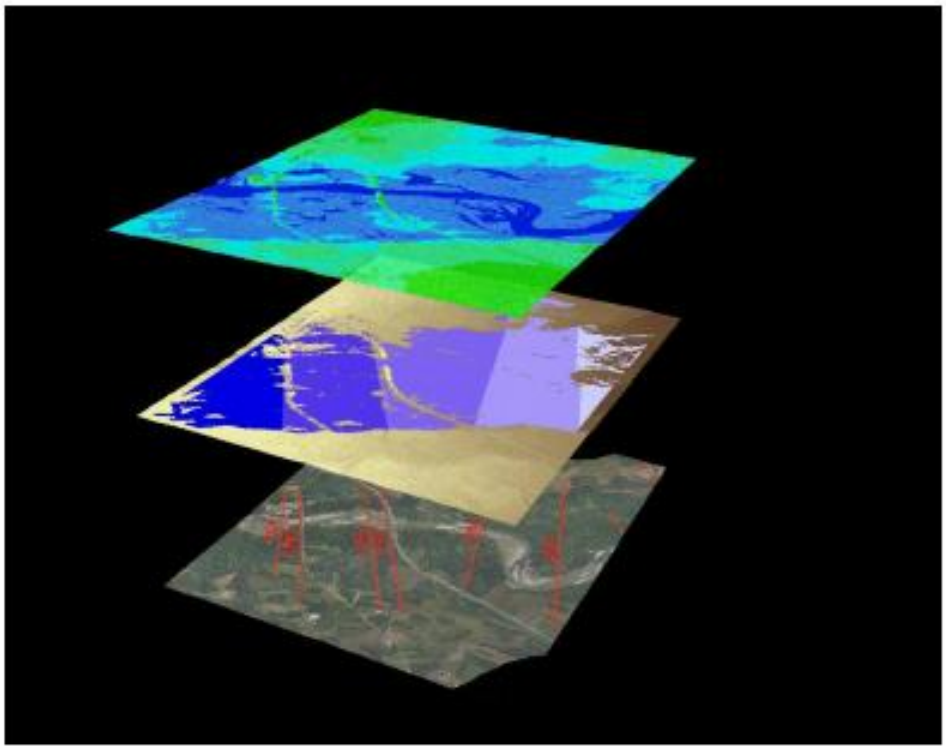


*Figura 5.7- Rappresentazione schematica del procedimento eseguito per l'ottenimento della mappa di soggiacenza*[28]

[28] Progetto di Variante al PAI: mappe della pericolosità e del rischio di alluvione. Torrente Orco da Cuorgnè a confluenza Po, Analisi idraulica. 2012

Breve riepilogo dei passaggi da effettuare per ottenere la mappa di soggiacenza.

# CAPITOLO VI

# APPLICAZIONE E VALIDAZIONE DEL MODELLO I.R.P.

L'obiettivo di questo capitolo è lo studio di tre differenti casi (Tanaro, Bormida di Millesimo e Po) al fine di validare la metodologia proposta I.R.P. La trattazione per ogni singolo caso sarà divisa in due parti: inizialmente si analizzerà l'area di inondazione e il corrispondente danno causato dall'alluvione del novembre 2016 (caso a), successivamente, si analizzerà lo scenario medio (M) della Direttiva Alluvioni 2015 (Probabilità di alluvione media, TR: 100/200) (caso b). Il modello descritto può consentire una duplice possibilità di stimare in tempi brevi l'ordine di grandezza dei danni ad un evento in corso o appena avvenuto e di prevedere le conseguenze di un evento futuro di assegnata intensità, per l'elaborazione di scenari previsionali. Potrebbe quindi rappresentare un valido strumento per la disposizione di misure riguardanti la gestione del territorio. Si analizzeranno i risultati ottenuti attraverso le tre sperimentazioni e, successivamente, si individueranno i principali vantaggi e svantaggi delle diverse indagini, condizionate dalla quantità e qualità di dati disponibili e dalle incertezze legate alla definizione dei diversi fattori del rischio. Si porrà molta attenzione alle limitazioni insite nel modello in esame.

Di seguito è riportato un diagramma con i punti fondamentali per il calcolo del danno.

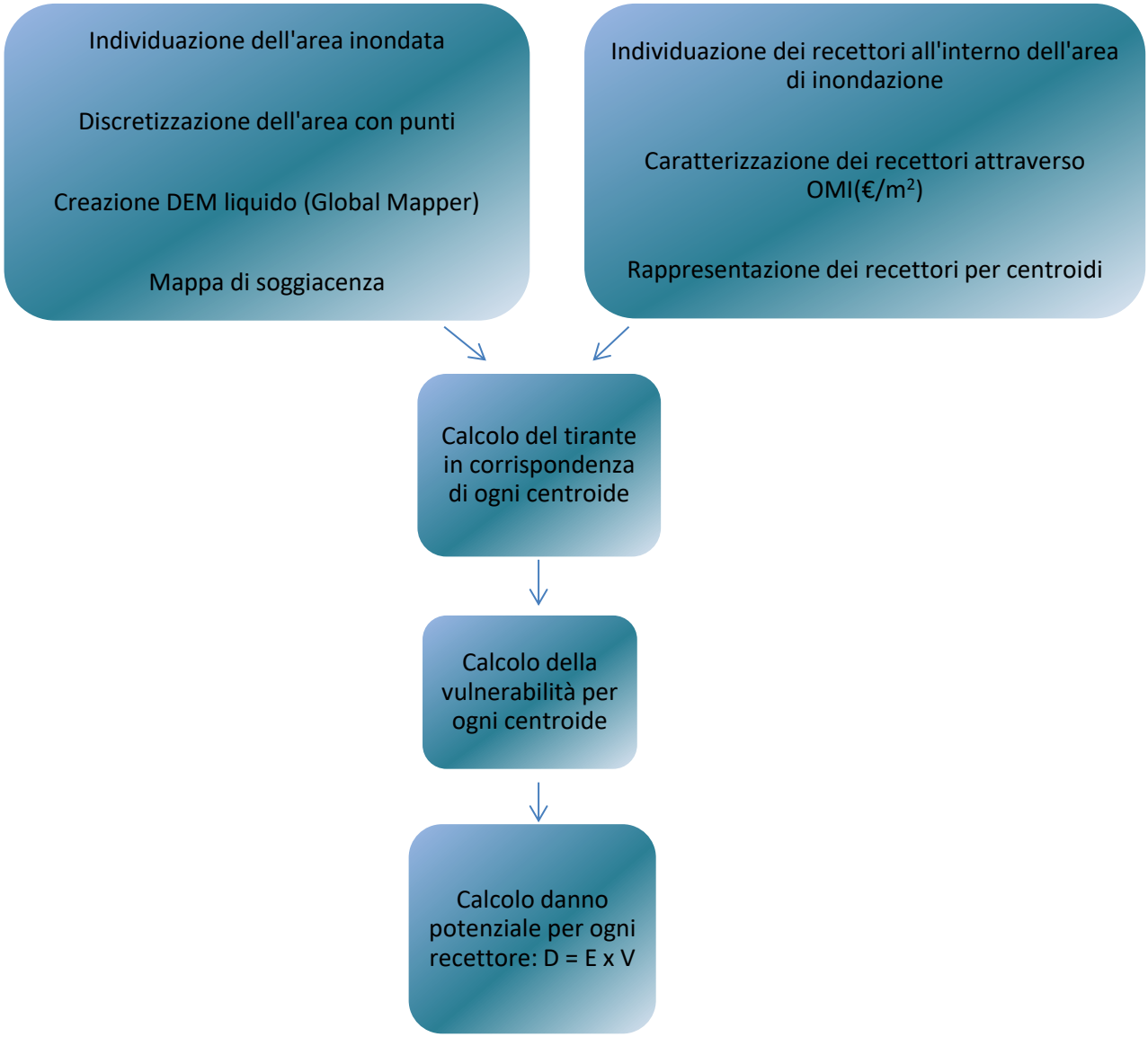



*Figura 6.1- Flow chart per il calcolo del danno nel metodo I.R.P.*

## 6.1 Vulnerabilità – curve fitting

Prima di analizzare nel dettaglio i singoli casi, è opportuno porre l'attenzione sul calcolo della vulnerabilità. Come già accennato nel paragrafo 5.2.3, la curva adottata dal modello I.R.P. è stata proposta dal Joint Research Center. È necessario eseguire un fit dei dati che permette di calcolare i parametri che meglio approssimano una curva ad una serie di dati noti. Il 'curve fitting' può avvenire attraverso l'interpolazione o l'approssimazione. L'interpolazione implica la costruzione di una funzione che passi per i punti assegnati (in questo caso il modello assume esatti i dati del problema); l'approssimazione implica la costruzione di una funzione

che si scosti poco dai dati (in questo caso il modello assume i dati del problema affetti da errore).

Il problema generale dell'interpolazione è il seguente: dati $n$ valori distinti $x_i$ (nodi), si vuole costruire una funzione $f(x)$ che nei nodi $x_i$ soddisfi certe condizioni di interpolazione; tali condizioni sono in generale vincoli che la funzione interpolante e/o le sue derivate devono soddisfare nei nodi $x_i$.

L'approccio utilizzato è il 'Metodo dei coefficienti indeterminati':

assegnati $n$ punti del piano $(x_i, y_i)$. $i=1.....n$ costruire il polinomio interpolante di grado al più $n-1$

$$P_{n-1}(x) = c_0 + c_1 x + \cdots + c_{n-2}x^{n-2} + c_{n-1}x^{n-1} \qquad (*)$$

con il metodo dei coefficienti indeterminati è equivalente a risolvere il sistema

$$Ax = y$$

Dove $A = \begin{pmatrix} 1 & \dots & x_1^{n-2} & x_1^{n-1} \\ 1 & \dots & x_2^{n-2} & x_2^{n-1} \\ & & \dots & \\ 1 & \dots & x_n^{n-2} & x_n^{n-1} \end{pmatrix}$ $x = \begin{pmatrix} c_0 \\ c_1 \\ .. \\ c_{n-2} \\ c_{n-1} \end{pmatrix}$ $y = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ \dots \\ y_n \end{pmatrix}$

I coefficienti del polinomio interpolante che si ottengono con questo approccio (utilizzando Excel) sono i seguenti:

| | |
|---|---|
| $c_0$ | 0 |
| $c_1$ | 0,52768 |
| $c_2$ | 0,19242 |
| $c_3$ | -0,77631 |
| $c_4$ | 0,69544 |
| $c_5$ | -0,30023 |
| $c_6$ | 0,06859 |
| $c_7$ | -0,00796 |
| $c_8$ | 0,00037 |

*Tabella 6.1 – Valori dei coefficienti del polinomio interpolante per il calcolo della vulnerabilità*

Questi valori rappresentano i coefficienti che vengono utilizzati in tutte le trattazioni per il calcolo della vulnerabilità. Quest'ultima è calcolato attraverso la relazione (*) e per i valori negativi si suppone di considerare una vulnerabilità minima del 5‰.

## 6.2 Caso in esame: Tanaro

Il primo caso analizzato riguarda il fiume Tanaro dal Comune di Govone (Cuneo) fino ad Asti, comprendente otto comuni.

***a)*** *Applicazione del modello all'alluvione 2016*

Inizialmente si riporta sul software QGis l'area di esondazione relativa all'alluvione 2016 fornita dalla Regione Piemonte e si stima il numero di recettori ricadenti all'interno dell'area stessa. Il numero totale di recettori coinvolti risulta essere pari a 104, di cui 85 residenziali e 19 industriali/produttivi. Si procede poi all'identificazione di ogni singolo recettore attraverso il centroide e alla discretizzazione dell'area esondata attraverso punti. Il software utilizzato in seguito è Global Mapper attraverso il quale è possibile ricavare la mappa di soggiacenza (come spiegato nel paragrafo 5.2.5) e la quota (Elevation) per ogni recettore.

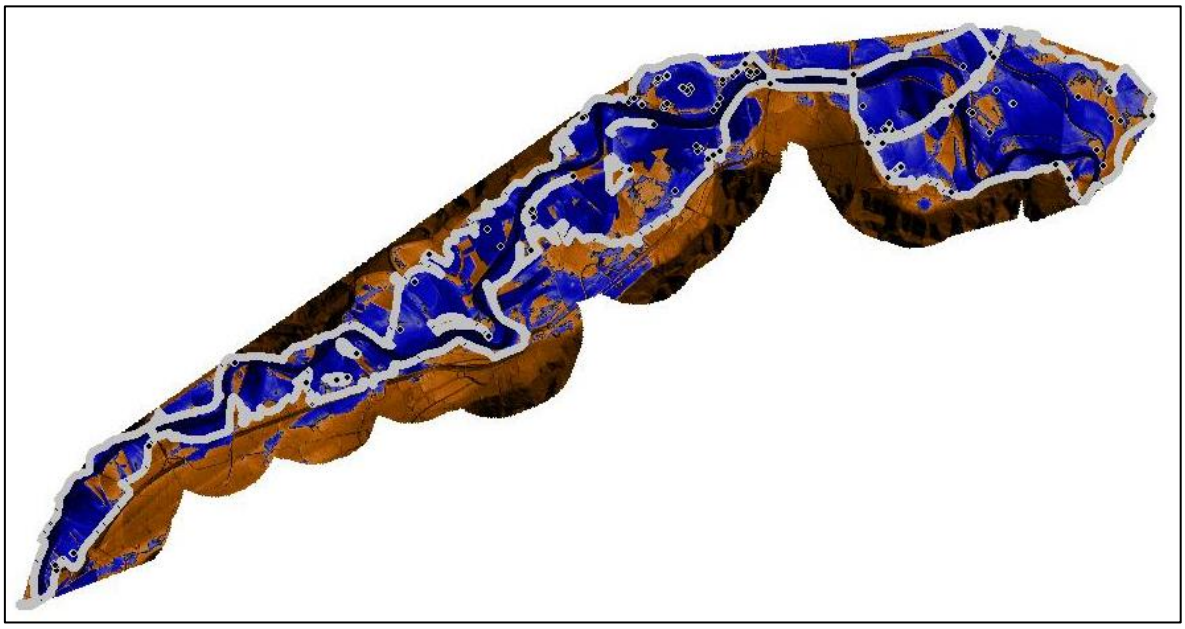


*Figura 6.2- Mappa di soggiacenza relativa al 1° caso in esame: Tanaro (da Global Mapper)- Alluvione 2016*

Per ottenere la soggiacenza si utilizza una semplice operazione matematica (sottrazione tra DEM liquido e DTM) e ciò implica controlli sui risultati. Infatti, le aree che risultano avere valori positivi ($\Delta z > 0$) possono non essere connesse idraulicamente con la corrente ed appaiono come 'isole' separate dal filone principale o secondario della piena; oppure valori di $\Delta z < 0$ possono dipendere dalla precisione del DTM. In questo caso si dimostra che c'è una buona corrispondenza tra la mappa e le aree di esondazione e circa il 30% dei recettori presenta una quota negativa (32 su 104). Con l'utilizzo di fogli excel è possibile calcolare

facilmente il danno in quanto nota l'elevazione si può ricavare velocemente la vulnerabilità con il processo descritto precedentemente e, in base alla categorie del recettore, si valuta l'esposizione; il danno si ottiene come prodotto tra vulnerabilità ed esposizione.

Per l'esposizione si sono considerati due approcci:

- valore medio OMI, considerano le 'Statistiche regionali' per il mercato immobiliare residenziale e il 'Rapporto immobiliare 2017' per gli immobili a destinazione terziaria, commerciale e produttiva;
- valore locale OMI ottenuto dal sito web Geopoi con la suddivisione in classi d'uso residenziale, commerciale, produttiva e terziaria. Inoltre, ciascun comune è suddiviso in differenti zone (es. zona B1, B2, C1, C2 e così via).

*1° approccio: valore medio OMI*

Per il primo approccio si sono utilizzati i seguenti valori: 785 €/m$^2$ per i residenziali come media tra i valori di Asti (rosso), Colline Alfieri (viola), Bassa Valla Tanaro (verde chiaro) e Colline del Moscato e della Barbera (giallo); 382 €/m$^2$ per gli industriali/produttivi (su base regionale).

| Macroaree provinciali | Quotazione media €/m² 2016 |
|---|---|
| Bassa Valle Tanaro | 647 |
| Basso Monferrato Casalese | 649 |
| Colline Alfieri | 744 |
| Colline del Moscato e della Barbera | 712 |
| Colline del Versa e Rilate | 618 |
| Langa Astigiana Valle Bormida | 606 |
| Pian Alto Astigiano | 668 |
| **Asti Comune** | **1.039** |
| **Asti Provincia** | **789** |

*Tabella 6.2 – Quotazione media e variazione annua per macro area provinciale (Statistiche regionali – mercato residenziale)*

| Area | Regione | Quotazione media Capannoni 2016 (€/m²) |
|---|---|---|
| Nord Est | Emilia-Romagna | 531 |
| | Friuli- Venezia Giulia | 301 |
| | Veneto | 482 |
| | **Nord Est** | **488** |
| Nord Ovest | Liguria | 762 |
| | Lombardia | 582 |
| | Piemonte | 382 |
| | Valle d'Aosta | 679 |
| | **Nord Ovest** | **533** |

*Tabella 6.3 - Quotazione media, variazione annua e indice territoriale per area geografica e per regione – capannoni*

*Figura 6.3 – Macro aree provinciali di Asti (Statistiche regionali – mercato residenziale)*

Noti tutti gli elementi, si procede con il calcolo dell'indice di danno per ogni singolo recettore e successivamente del danno totale.

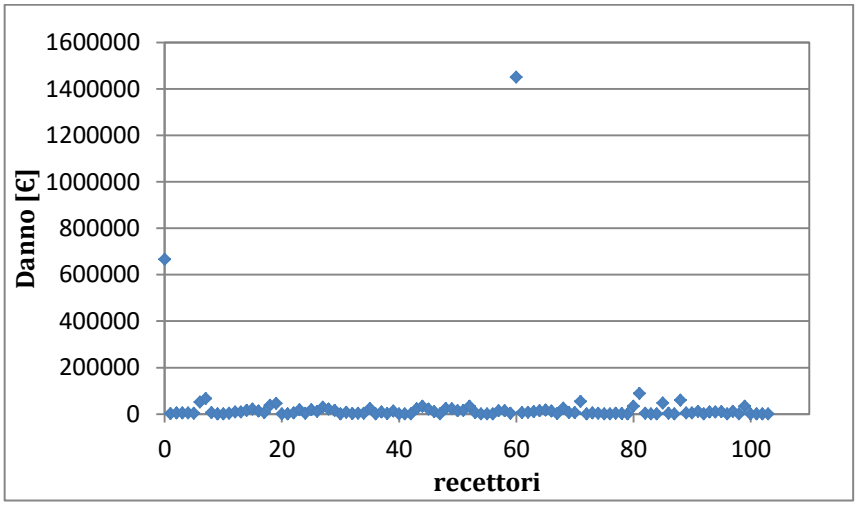



*Figura 6.4 – Valori di indice di danno complessivo (tutti i recettori), alluvione 2016 – Tanaro, valore medio OMI*

Dal grafico si evince chiaramente che ci sono dei valori di outlier[29], ovvero recettori ai quali, a causa dell'estensione areale, è associato un elevato indice di danno che sembra anomalo rispetto agli altri recettori e rischia di essere l'unico valore determinante per la stima dell'indice di danno totale. Pertanto, preventivamente al loro inserimento nell'insieme dei recettori oggetti di calcolo, è stata operata una valutazione speditiva e qualitativa circa la plausibilità dei valori di indice calcolati. Sembra, da una analisi compiuta sulle foto aeree che i recettori con il valore di indice di danno elevato siano 2 (numeri 0 e 60 poiché presentano un'estensione areale notevole pari a 3423,64 $m^2$ e 2291,59 $m^2$ rispettivamente). Non sembra vi siano ragioni particolari per cui ad essi possa essere associato un indice elevato e pertanto sono stati esclusi. Di conseguenza si considerano solo i recettori ai quali sono associati valori di indice di danno inferiore a 150.000 € ottenendo un indice di danno complessivo pari a 1.040.035,35 € .

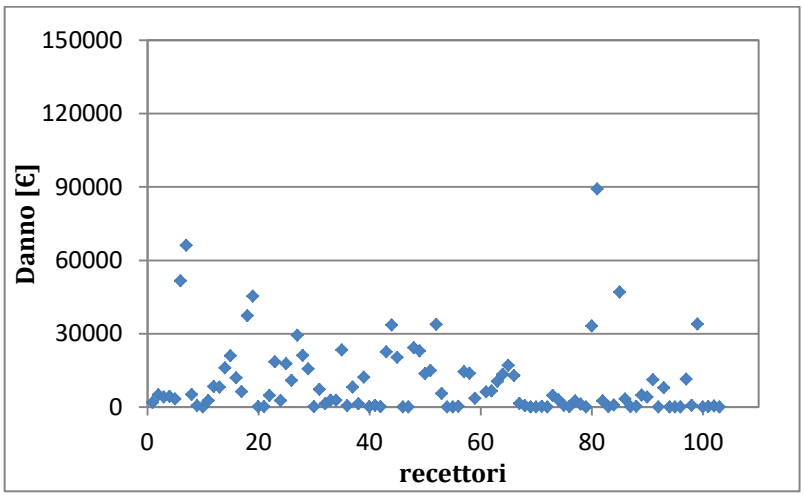



*Figura 6.5 – Valori di indice di danno calcolato per D < 150.000 € - alluvione 2016, Tanaro, valore medio OMI*

*2° approccio: valore locale OMI*

Per il secondo approccio si utilizza il portale Geopoi, considerando le zone che ricadono all'interno dell'area di esondazione. Mediante un'accurata analisi le zone interessate sono le zone rurali R1 dei seguenti comuni: Asti, Revigliasco d'Asti, Antignano, San Martino Alfieri, Costigliole d'Asti, Isola d'Asti e Govone. Per ciascuna zona si considerano le classi d'uso residenziale e produttiva; nello specifico, si farà riferimento ai valori di Abitazioni civili e Capannoni industriali. Per l'ambito residenziale non è necessario scendere nel dettaglio di abitazioni (di tipo economico o ville e villini) perché ciò richiederebbe un'analisi più accurata

[29] Termine utilizzato in statistica per definire, in un insieme di osservazioni, un valore anomalo che è chiaramente distante dagli altri.

e dettagliata per i singoli recettori. Infatti l'obiettivo di questo lavoro non è tanto sviluppare un'analisi dettagliata, quanto invece confrontare i valori degli indici di danni ottenuti con entrambi gli approcci, verificare di quanto si discostano e successivamente confrontarli con il danno registrato. Per questo motivo si considererà un valore medio di esposizione ottenuto come media tra i valori minimi e massimi riportati nel Geopoi.

| Tipologia | Stato conservativo | Valore Mercato (€/mq) | |
|---|---|---|---|
| | | Min | Max |
| Abitazioni civili | Normale | 400 | 600 |
| Abitazioni di tipo economico | Normale | 300 | 450 |
| Ville e Villini | Normale | 1000 | 1500 |

*Tabella 6.4 – Quotazioni immobiliari; Asti zona Rurale R1 – classe d'uso residenziale (da Geopoi)*

| Tipologia | Stato conservativo | Valore Mercato (€/mq) | |
|---|---|---|---|
| | | Min | Max |
| Capannoni industriali | Normale | 260 | 390 |
| Laboratori | Normale | 360 | 520 |

*Tabella 6.5 - Quotazioni immobiliari; Asti zona Rurale R1 – classe d'uso produttiva (da Geopoi)*

I valori utilizzati nelle analisi sono i seguenti:

| | min [€/m$^2$] | med [€/m$^2$] | max [€/m$^2$] |
|---|---|---|---|
| industriale | 220 | 272,5 | 325 |
| residenziale | 460 | 567,5 | 675 |

Si escludono i valori di outlier (la soglia di indice di danno considerata è 150.000 €) e l'indice di danno calcolato è pari a 751.473,12 € .

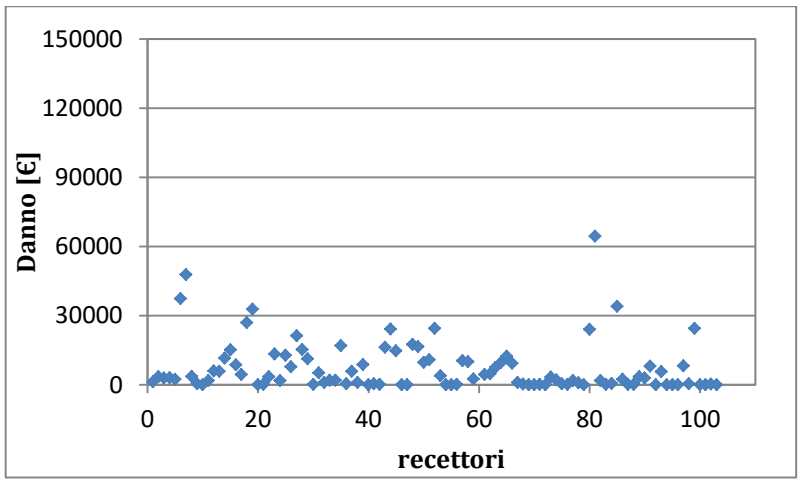



*Figura 6.6 – Valori di indice di danno per D < 150.000 € - alluvione 2016, Tanaro, valore locale OMI*

Considerando i valori di esposizione con i due approcci si effettua un'analisi di sensitività del modello ai dati di input; si osserva, infatti, che i valori dell'indice di danno calcolati presentano sostanzialmente lo stesso ordine di grandezza. Questo ci consente di affermare che per il calcolo del danno potenziale non è necessariamente richiesta una valutazione dettagliata della tipologia del recettore e del valore di esposizione (locale), ma si potrebbero considerare anche solo i valori medi in quanto si ottengono risultati accettabili e anche molto prossimi ai valori di danno che sono stati registrati.

***b)*** *Applicazione del modello alla direttiva Alluvioni 2015, tr 200 anni*

Il passo successivo è quello di effettuare le stesse analisi considerando l'area di esondazione duecentennale della Direttiva Alluvioni 2015 ed un confronto tra i due scenari. Questo consente anche una valutazione nello stato di pianificazione territoriale. Il procedimento da effettuare è identico e si rilevano 176 recettori di cui 116 residenziali e 60 industriali/produttivi (in numero maggiore rispetto al caso precedente essendo l'area di interesse più estesa). Dopo aver determinato la mappa di soggiacenza e aver attribuito ad ogni recettore il valore del tirante, si nota come solo 9 recettori su 176 hanno una quota negativa; si deduce che il modello è molto affidabile.

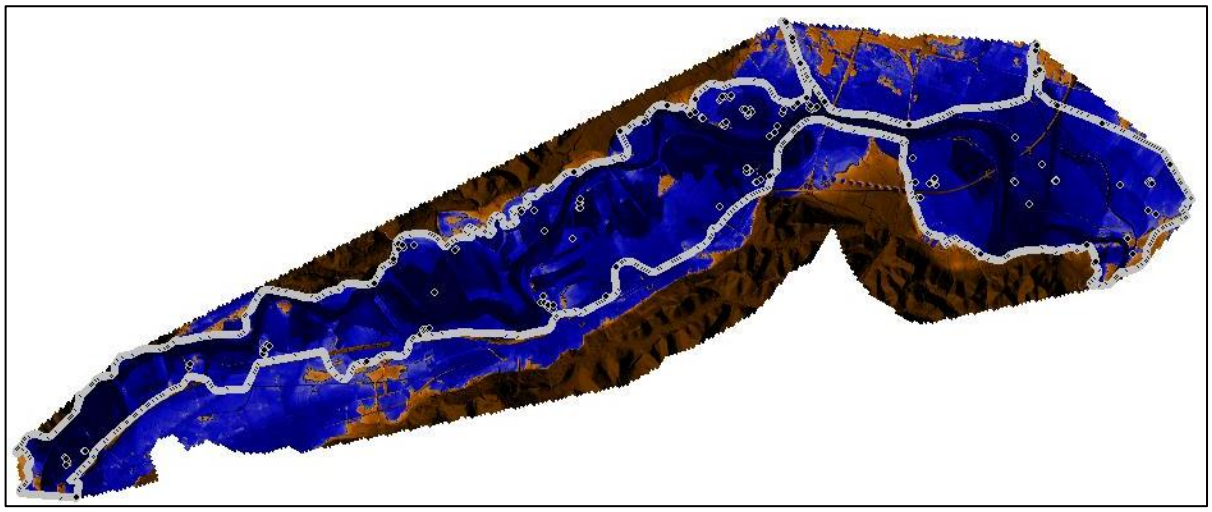


*Figura 6.7 - Mappa di soggiacenza relativa al 1° caso in esame: Tanaro (da Global Mapper)- Direttiva Alluvioni 200 anni*

*1° approccio: valore medio OMI*

Si utilizzano gli stessi valori esposti precedentemente (382 €/m$^2$ industriali e 785 €/m$^2$ residenziali) e il valore soglia di indice di danno è 150.000,00 €. Il valore di indice di danno calcolato dal modello è 4.710.088,51 € .

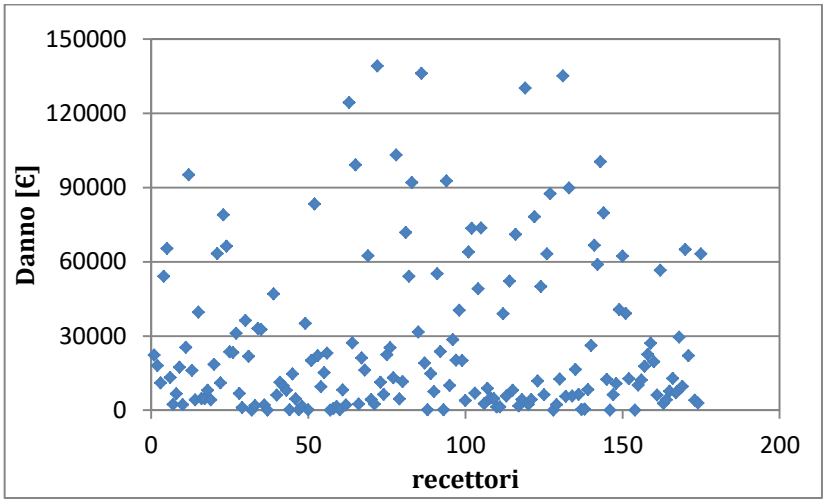



*Figura 6.8 – Valori di indice di danno potenziale per D < 150.000 € - Direttiva Alluvioni 200 anni, Tanaro, valore medio OMI*

*2° approccio: valore locale OMI*

I valori di esposizione sono stati definiti precedentemente e dall'analisi si ricava un indice di danno pari a 3.532.640,44 € .

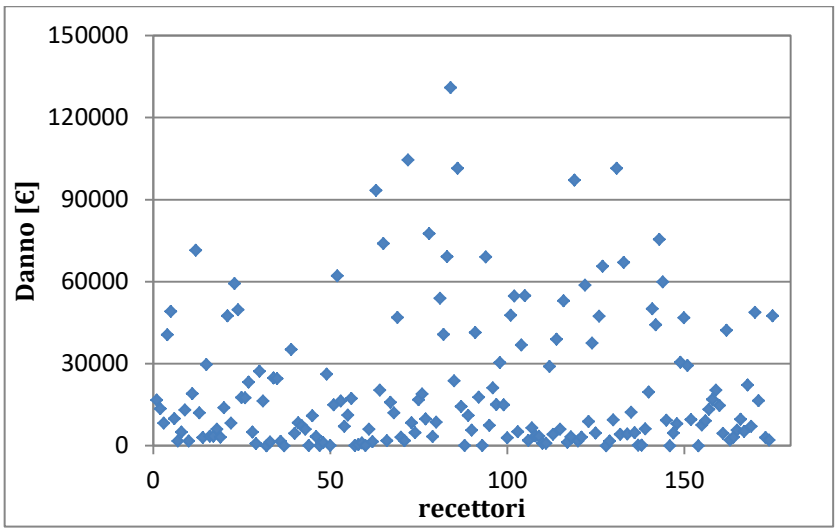



*Figura 6.9 – Valori di indice di danno potenziale per D< 150.000 € - Direttiva Alluvioni 200 anni, Tanaro, valore locale OMI*

### 6.2.1 Confronto con i danni registrati

Al termine delle analisi, il valore dell'indice di danno calcolato considerando i due approcci per l'esposizione vengono confrontati con il danno stimato dai 'Primi interventi urgenti di protezione civile in conseguenza degli eccezionali eventi meteorologici verificatisi nell'ultima decade del mese di novembre 2016 nella Provincia di Asti' complessivamente pari a 948.013,28 € (451.153,28 € residenziali tabella B, 496.860,00 € attività economiche e produttive tabella C).

| | **Indice Danno calcolato** |
|---|---|
| Valore medio OMI | 1.040.035,35 € |
| Valore locale OMI | 751.473,12 € |
| | **Danno documentato** |
| | 948.013,28 € |

Si evince chiaramente l'affidabilità del modello nel quantificare anche il danno reale, in quanto il valore di indice di danno risulta dello stesso ordine di grandezza del danno documentato.

Infine, si esegue un confronto tra i valori di indice di danno calcolati nei due casi (a, b), così come mostrato nella figura seguente:

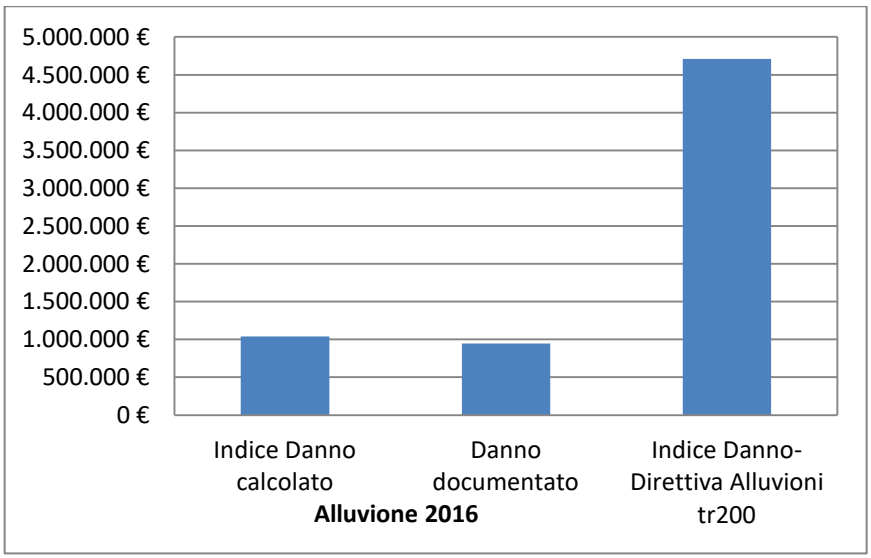



*Figura 6.10 – Confronto tra l'indice di danno dell'Alluvione 2016 e l'indice di danno potenziale della Direttiva Alluvioni a TR=200 anni, Tanaro*

È evidente che:

- Il danno registrato è stato circa il 90% dell'indice di danno calcolato con il modello in esame (I.R.P.);
- Il danno registrato è stato solo il 20% rispetto all'indice di danno che si avrebbe considerando un periodo di ritorno di 200 anni.

### 6.2.2 Criticità

Il metodo utilizzato consente la stima del valore del danno in maniera distribuita ed uniforme su tutta l'area inondata presa in esame (comprendente, come già sopra citato, i comuni di Govone, San Martino Alfieri, Costigliole d'Asti, Antignano, Isola d'Asti, Revigliasco d'Asti, Asti, Azzano d'Asti) attribuendo a ciascun recettore un valore di danno. Ciò comporta una valutazione ad ampia scala del danno, ovvero, nel caso esaminato, riferita all'insieme delle Amministrazioni Comunali coinvolte nell'evento alluvionale. Il modello ipotizza che ciascun recettore all'interno dell'area di esondazione subisca un danno, incluso nel conteggio del danno totale. Dall'esperienza maturata nel presente lavoro, risulta invece che i danni "registrati", ovvero segnalati all'Amministrazione Comunale e poi Regionale tramite le schede di rilevamento danni, siano in numero inferiore. Ciò presumibilmente per diverse ragioni:

- i danni subiti sono effettivamente trascurabili o inferiori rispetto alla soglia minima indennizzabile;

- i proprietari degli immobili che hanno subito danni non sono stati sufficientemente informati sulla possibilità di ricevere indennizzi;
- i danni subiti sono difficilmente quantificabili: pulizie, rimozione di acqua e fango, etc e non comportano ripristini documentabili.

Pertanto, si è valutato lo scostamento delle stime del modello concentrando l'analisi al solo territorio di Asti per il quale erano a disposizione le Tabelle B e C fornite dalla Regione Piemonte e che riguardano esclusivamente il Comune di Asti. In tal caso i recettori appartenenti all'area di studio si riducono a 85 di cui 70 residenziali e 15 industriali/produttivi. Con la procedura sopra descritta, l'indice di danno complessivo (utilizzando il valore OMI medio) risulta pari a 2.904.045,59 €, pari circa a 3 volte il danno registrato.

### 6.3 Caso in esame: Bormida di Millesimo

Il secondo caso in esame è relativo al fiume Bormida di Millesimo da Vesime a Bistagno, comprendente sette comuni. I procedimenti effettuati sono simili a quelli descritti nel paragrafo precedente, perciò di seguito saranno riportati solo i risultati e i confronti.

***a)*** *Applicazione del modello all'alluvione 2016*

Valutando l'area di esondazione fornita dalla Regione Piemonte, si ricavano 170 recettori ricadenti nell'area in esame di cui 159 residenziali, 10 industriali/produttivi e 1 non conosciuto. Identificando ciascun recettore con il corrispondente centroide, si è ricavato il valore di quota per ciascuno di essi dopo aver ottenuto la mappa di soggiacenza.

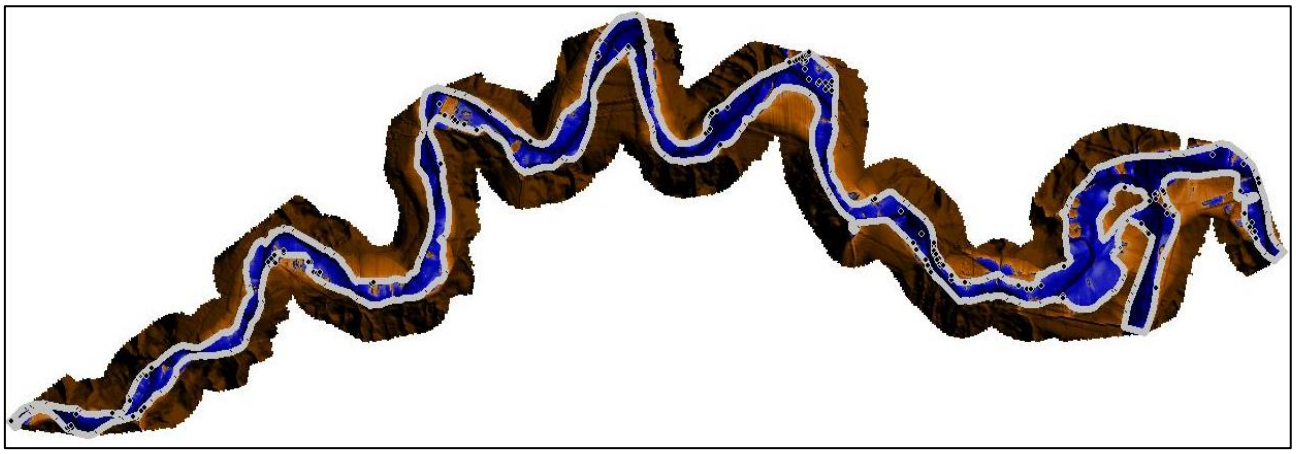


*Figura 6.11 - Mappa di soggiacenza relativa al 2° caso in esame: Bormida di Millesimo (da Global Mapper)- Alluvione 2016*

*1° approccio: valore medio OMI*

I valori medi di esposizione si ricavano dalle Statistiche Regionali (citate nel paragrafo precedente). Per il primo approccio si sono utilizzati i seguenti valori: 606 €/m$^2$ per i residenziali poiché l'area in esame appartiene alla zona 'Langa Astigiana Valle Bormida' (marrone); 382 €/m$^2$ per gli industriali/produttivi (su base regionale). Vedi figure 6.1, 6.2 e 6.3. Il valore soglia al di sotto del quale vengono considerati i valori dell'indice di danno è 220.000,00 € (si ha un solo valore di outlier che presenta un'estensione areale notevole che è stato escluso dal calcolo per le stesse ragioni indicate nel caso precedente); dal calcolo si ottiene un valore di indice di danno di 3.599.773,03 € .

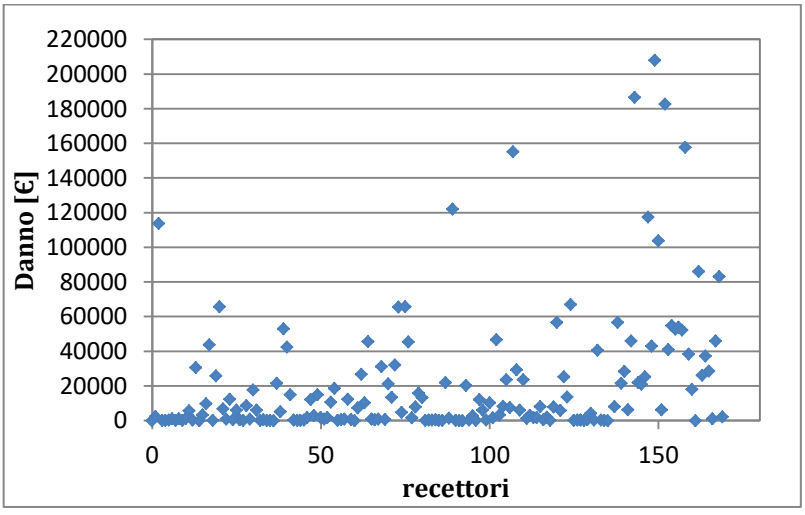



*Figura 6.12 – Valori di indice di danno calcolato per D < 220.000 € - Alluvione 2016, Bormida di Millesimo, valore medio OMI*

*2° approccio: valore locale OMI*

Attraverso l'utilizzo del Geopoi si osserva che le zone ricadenti nell'area in esame sono zone rurali dei vari Comuni interessati (Vesime, Cessole, Loazzolo, Bubbio, Monastero Bormida, Sessame e Bistagno) e zona B1 Monastero Bormida; per tale motivo, si effettua una media tra tutti questi valori. Poiché i danni registrati sono relativi solo al Comune di Bubbio, si possono anche considerare i valori residenziali ed industriali/produttivi solo della zona Rurale R1 di Bubbio ottenendo valori molto simili. Questo rafforza l'ipotesi che non è necessario un grado di accuratezza elevato per ottenere risultati plausibili e validi.

| Tipologia | Stato conservativo | Valore Mercato (€/mq) | |
|---|---|---|---|
| | | Min | Max |
| Abitazioni civili | Normale | 450 | 670 |
| Ville e Villini | Normale | 610 | 890 |

*Tabella 6.6 - Quotazioni immobiliari; Bubbio zona Rurale R1 – classe d'uso residenziale (da Geopoi)*

| Tipologia | Stato conservativo | Valore Mercato (€/mq) | |
|---|---|---|---|
| | | Min | Max |
| Capannoni industriali | Normale | 200 | 285 |

*Tabella 6.7 - Quotazioni immobiliari; Bubbio zona Rurale R1 – classe d'uso produttiva (da Geopoi)*

I valori che vengono utilizzati nella trattazione sono i seguenti:

| | min [€/m$^2$] | med [€/m$^2$] | max [€/m$^2$] |
|---|---|---|---|
| industriale | 210 | 255 | 300 |
| residenziale | 480 | 575 | 670 |

Dai calcoli si ricava un indice di danno pari a 3.298.146,77 €.

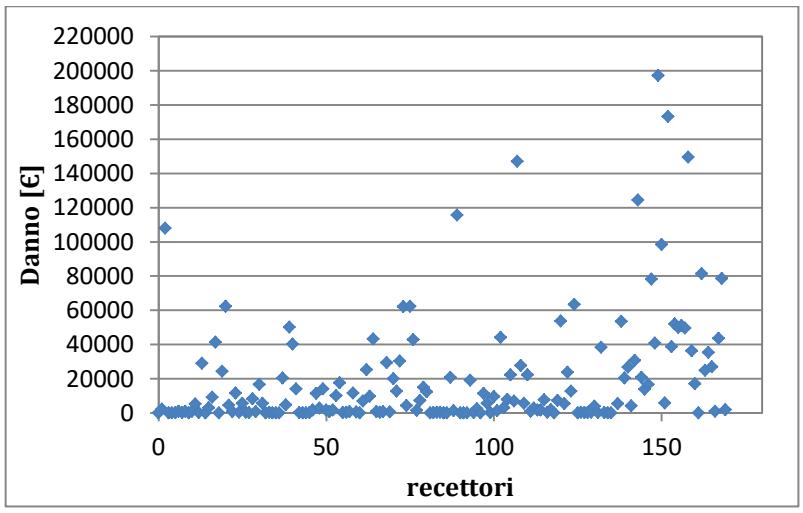



*Figura 6.13 – Valori di indice di danno calcolato per D< 220.000 € - Alluvione 2016, Bormida di Millesimo, valore locale OMI*

L'obiettivo del caso b) è quello di ricavare il valore dell'indice di danno relativamente all'area di esondazione della Direttiva Alluvioni 2015, scaricabile dal sito web. Poiché in corrispondenza dei Comuni di Sessame e Bistagno tale Direttiva presenta delle imprecisioni nella rappresentazione delle aree inondate, si è scelto (in questo lavoro di tesi) di non considerare tale porzione. Di conseguenza i calcoli sono stati effettuati nuovamente su un'area che va dal Comune di Vesime a Monastero Bormida; i risultati che si ottengono da queste analisi sono quelli che poi verranno usati per un confronto con il caso b). È molto importante specificare chiaramente questa sottigliezza per avere una congruenza nei risultati.

I recettori coinvolti all'interno dell'area di esondazione sono in numero pari a 142 di cui 132 residenziali e 10 industriali. La mappa di soggiacenza che si ottiene dall'analisi e che consente di attribuire il tirante in corrispondenza del centroide dell'i-esimo recettore è la seguente (solo 35 recettori su 142 presentano una quota negativa- modello molto attendibile):

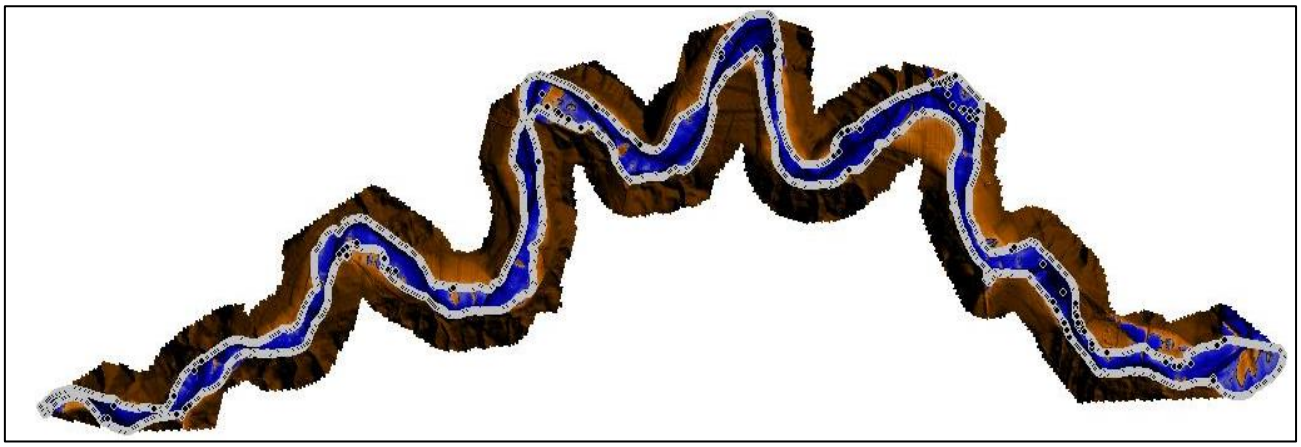


*Figura 6.14 - Mappa di soggiacenza relativa al 2° caso in esame: Bormida di Millesimo (da Global Mapper)- Alluvione 2016*

*1° approccio: valore medio OMI*

I valori di esposizione media OMI utilizzati sono i medesimi (606 €/m$^2$ per i residenziali e 382 €/m$^2$ per gli industriali/produttivi) e anche il valore soglia dell'indice di danno. Al termine, perciò, si ottiene un valore dell'indice di danno pari a 3.204.818,96 € .

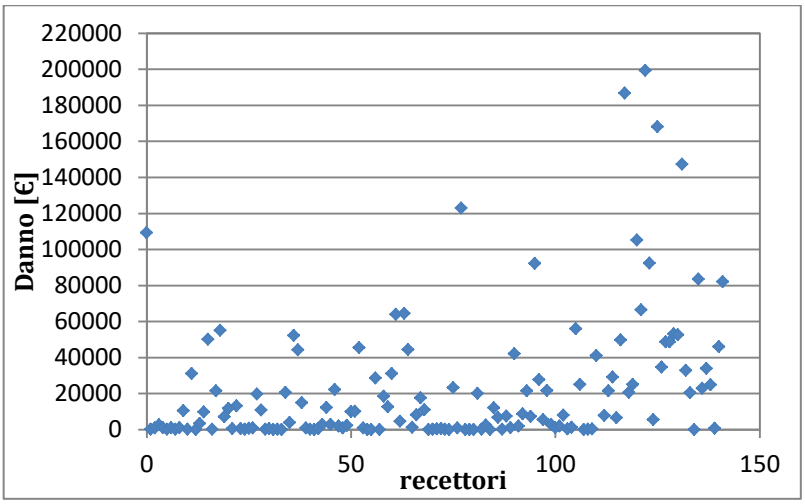



*Figura 6.15 – Valori di indice di danno calcolato per D < 220.000 € - Alluvione 2016, Bormida di Millesimo, valore medio OMI*

*2° approccio: valore locale OMI*

I valori locali di esposizione utilizzati si ottengono come media dei valori relativi ai Comuni interessati (Vesime, Cessole, Loazzolo, Bubbio, Monastero Bormida), e sono riepilogati nella tabella sottostante.

| | min [€/m$^2$] | med [€/m$^2$] | max [€/m$^2$] |
|---|---|---|---|
| industriale | 210 | 260 | 310 |
| residenziale | 435 | 537,5 | 640 |

Si ricava un indice di danno totale pari a 2.757.552,90 €.

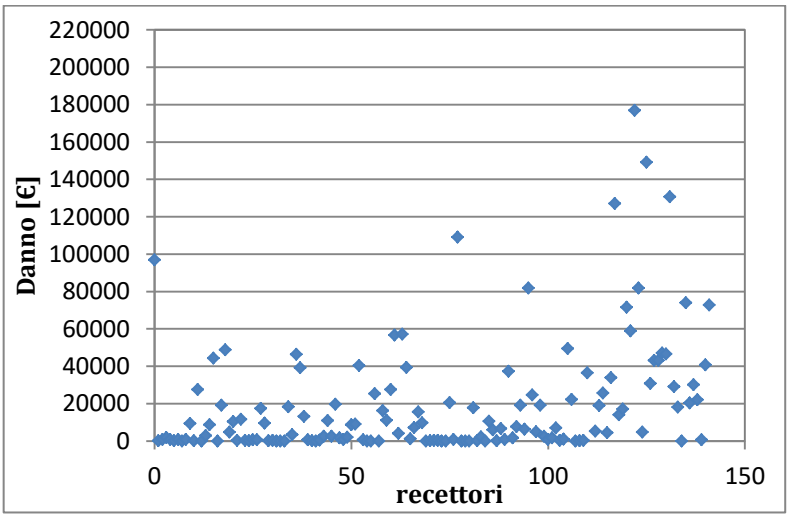



*Figura 6.16 – Valori di indice di danno calcolato per D < 220.000 € - Alluvione 2016, Bormida di Millesimo, valore locale OMI*

***b)*** *Direttiva Alluvioni 2015, tr 200 anni*

L'area di esondazione con un tempo di ritorno di 200 anni è maggiore e coinvolge 229 recettori, di cui 216 residenziali e 13 industriali/produttivi. Dopo aver ottenuto la mappa di soggiacenza si osserva che solo 43 recettori su 229 presentano una quota negativa; ciò dimostra ancora una volta l'affidabilità del modello.

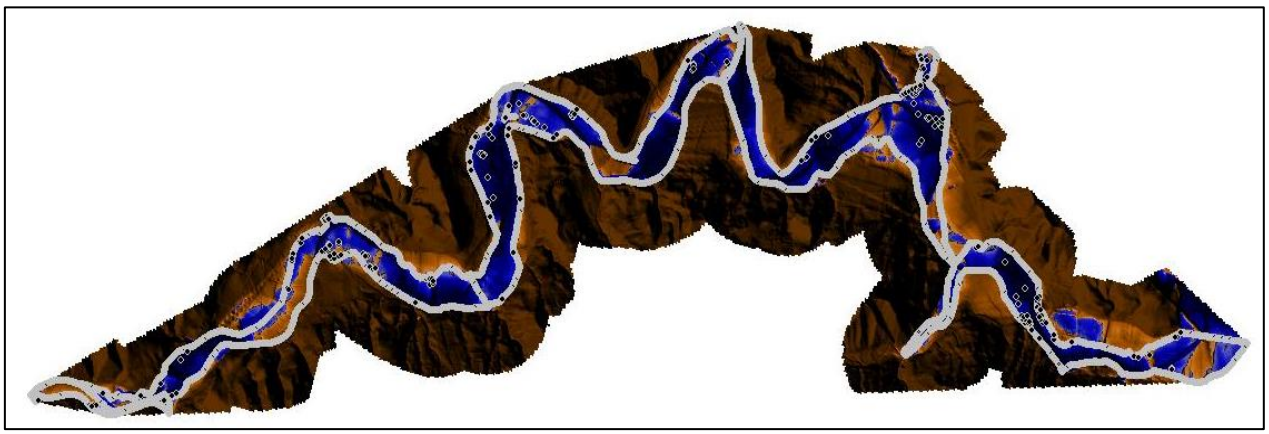


*Figura 6.17 - Mappa di soggiacenza relativa al 2° caso in esame: Bormida di Millesimo (da Global Mapper)- Direttiva Alluvioni 2015*

*1° approccio: valore medio OMI*

I valori medi di esposizione sono identici a quelli già utilizzati e si ricava un indice di danno potenziale pari a 6.183.636,12 € . È bene ricordare che per avere una congruenza nei risultati, dalla trattazione si eliminano oltre ai recettori che presentano un danno superiore alla soglia, anche i recettori (in numero pari a 1) che non sono stati considerati nell'analisi precedente (Alluvione 2016) perché superiori alla soglia (220.000,00 €).

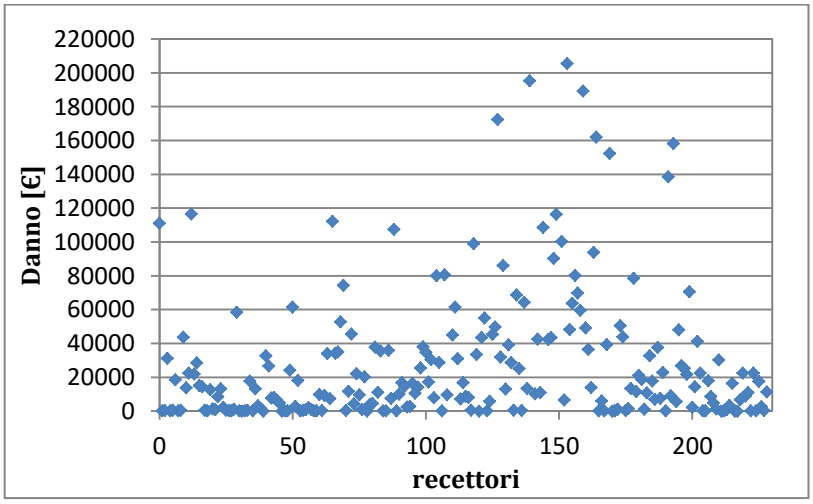



*Figura 6.18 – Valori di indice di danno potenziale per D< 220.000 € - Direttiva Alluvioni 200 anni, Bormida di Millesimo, valore medio OMI*

*2° approccio: valore locale OMI*

Utilizzando gli stessi valori di esposizione locale precedentemente esposti e con gli stessi step, si ricava un valore di indice di danno potenziale pari a 5.399.662,27 € .

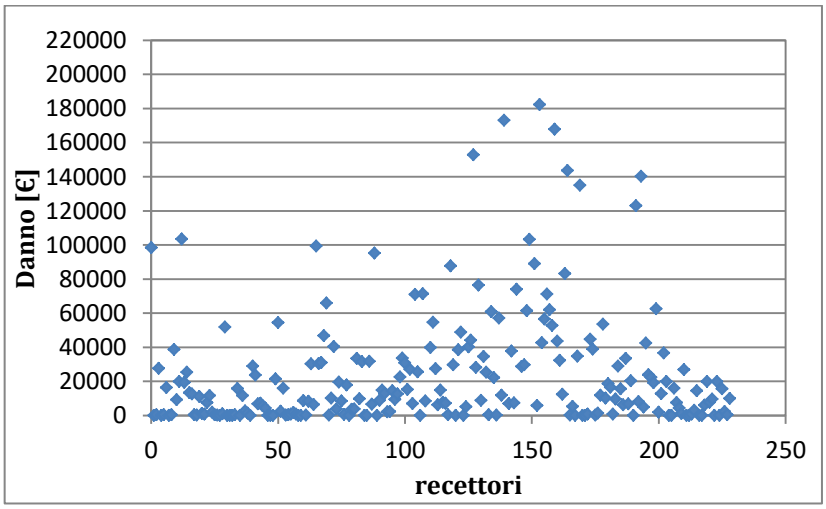



*Figura 6.19 – Valori di indice di danno potenziale per D< 220.000 € - Direttiva Alluvioni 200 anni, Bormida di Millesimo, valore locale OMI*

### 6.3.1 Confronto con i danni registrati

Terminate le analisi si effettua un confronto tra i valori di indice di danno calcolati e i danni "registrati" (documentati dalle Amministrazioni Comunali e Regionale) complessivamente pari a 2.130.311,00 € (13.885,00 € residenziali tabella B, 2.116.426,00 € attività economiche e produttive tabella C).

| | **Indice Danno calcolato** |
|---|---|
| Valore medio OMI | 3.204.818,96 € |
| Valore locale OMI | 2.757.522,90 € |
| | **Danno registrato** |
| | 2.130.311,00 € |

Anche in questo caso, come nella trattazione precedente relativa al fiume Tanaro, gli ordini di grandezza non si discostano di molto, quindi il valore di indice di danno risulta dello stesso ordine di grandezza del danno documentato. Si fa notare che, dalla Tabella C – Ricognizione dei danni subiti dalle attività economiche e produttive- un unico fabbricato (Ditta Valbormida spa stampaggio acciai, Bubbio) ha richiesto un risarcimento molto elevato, paragonabile quasi al totale (1.947.139,00 €). Pertanto il danno documentato è fortemente influenzato dalle richieste di uno specifico recettore.

| **TABELLA C** | **TABELLA B** |
|---|---|
| € 1.947.139,00 | 12.885,00 € |
| € 49.500,00 | 1.000,00 € |
| € 9.500,00 | |
| € 17.996,00 | |
| € 64.291,00 | |
| € 28.000,00 | |
| **€ 2.116.426,00** | **13.885,00 €** |

*Tabella 6.8 – Valori danni documentati per l'Alluvione 2016 lungo il fiume Bormida di Millesimo, Tabella B e Tabella C (da Regione Piemonte)*

Infine si effettua il confronto tra i valori di danno ottenuti nei due scenari (a, b), come mostra la figura sottostante.

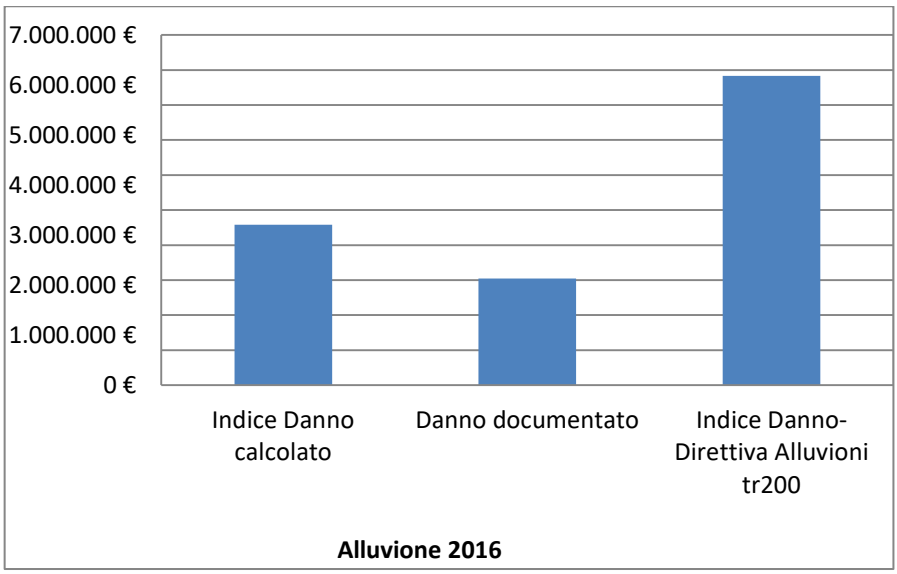



*Figura 6.20 - Confronto tra l'indice di danno dell'Alluvione 2016 e l'indice di danno potenziale della Direttiva Alluvioni a TR=200 anni, Bormida di Millesimo*

Dal grafico si evince chiaramente che:

- Il danno registrato è stato circa il 70% rispetto all'indice di danno calcolato con il modello in esame (I.R.P.);
- Il danno registrato è stato il 40% rispetto all'indice di danno potenziale che si avrebbe considerando un periodo di ritorno di 200 anni.

### 6.3.2 Analisi di sensitività

L'analisi di sensitività consiste nel valutare gli effetti sui risultati forniti da un modello indotti da modifiche nei valori delle variabili in ingresso; si parla anche di analisi *what if* in quanto si va a valutare *cosa* cambia *se* cambiano i valori assunti dai parametri decisionali. Il parametro di ingresso che si cambia è l'area di esondazione del Bormida di Millesimo in quanto non risulta essere più quella fornita dalla Regione Piemonte, bensì quella ricavata dal Gruppo Ingegneria Torino. Generalmente, la produzione di mappe per lo studio ed il monitoraggio ambientale è effettuata con approccio di tipo tradizionale, basato sull'utilizzo del Digital Terrain Model (DTM) prodotto con l'uso di stazioni GPS geodetiche o con riferimento a rilievi Light Detection and Ranging (LIDAR). Negli ultimi anni, grazie allo sviluppo della tecnologia si sono affermati sempre più i sistemi di rilievo plano altimetrico tramite Sistemi Aeromobili a Pilotaggio Remoto (SAPR), comunemente chiamati droni; lo sviluppo dei calcolatori in grado di gestire efficacemente ed in tempi brevi una grande quantità di dati, permette la restituzione di fotogrammetria precisa. Il sistema SAPR consente di effettuare

mappature del territorio in modo veloce ed economico, consentendo di ripetere le operazioni in tempi successivi, agevolando così l'analisi temporale dell'evoluzione del territorio e la valutazione degli effetti al suolo di eventi calamitosi. Il rilievo del fiume Bormida di Millesimo è stato effettuato mediante tecnica SAPR integrata da un rilievo altimetrico dei sedimi stradali posti nelle vicinanze dell'alveo fluviale, rilievo effettuato a terra con stazione geodetica GPS agganciata a caposaldi ubicati in punti nodali poi utilizzati in fase di elaborazione come Ground Control Points (GCP) o come Check Points (CP). Le operazioni di rilievo sono iniziate pochi giorni dopo l'evento del novembre 2016; i video e le fotografie aeree ad una quota massima dal suolo di 150 m hanno consentito nell'immediato di evidenziare sia i limiti dell'esondazione del corso d'acqua sia i principali effetti sul suolo conseguenti.[30]

Effettuando le valutazioni con la nuova area di esondazione, si ottengono risultati quasi identici poiché il valore dell'indice di danno che si ricava è dello stesso ordine di grandezza di quello calcolato precedentemente, per entrambi gli approcci ossia valore OMI medio e locale.

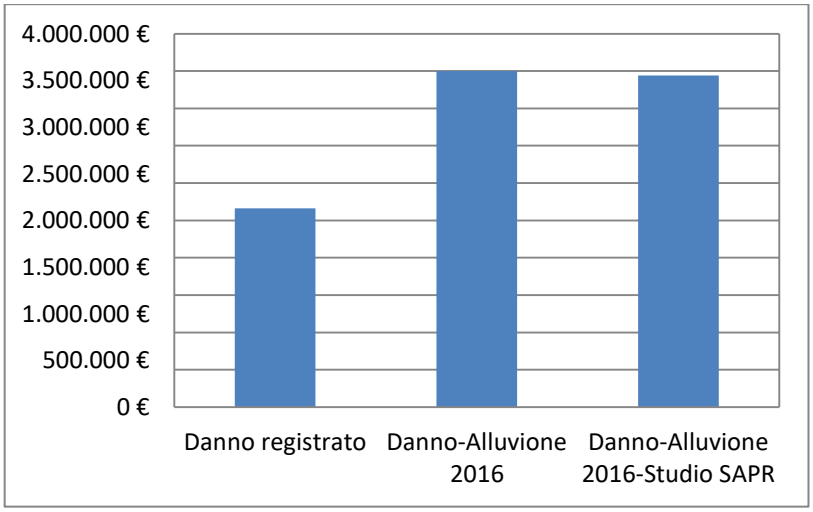



*Figura 6.21 – Confronto indice di danno potenziale ottenuto con le aree di allagamento diverse- valore OMI medio*

Dal grafico si deduce che il danno registrato è circa il 60% dell'indice di danno calcolato con il modello I.R.P. in entrambi i casi e questo mostra come i risultati non sono alterati pur considerando un dato in ingresso (area di esondazione) molto preciso ed ottenuto con tecniche all'avanguardia.

[30] 'Metodo multidisciplinare di analisi del rischio idraulico del fiume Bormida di Millesimo a seguito delle alluvioni '94 e 2016'. P. Arnaud, C. Cavallo, A. Cotroneo, E. Menardi, G. Ricca, S. Sartini, P. Verrua

### 6.3.3 Criticità

Come già anticipato nel paragrafo 6.3.1, il modello applicato per l'alluvione 2016 fornisce una stima del danno avente un ordine di grandezza non molto distante da quello documentato. Tuttavia, occorre evidenziare che, come per il caso del Tanaro, la buona performance del modello circa le valutazioni condotte sul danno, sebbene sia confermata ad ampia scala territoriale (alla scala di tratto di corso d'acqua o di bacino), fornisce risultati diversi alla scala Comunale. Infatti:

1. il confronto tra il numero di recettori inclusi nelle valutazioni di danno del modello è di gran lunga superiore al numero di recettori documentato nelle schede di rilevamento della Pubblica Amministrazione (Tabelle B e C);
2. il 90% del danno documentato è concentrato in pochi recettori (solo 8 appartenenti alla ditta Valbormida stampaggio acciai) i quali, quindi, sono determinanti nella documentazione del danno totale.

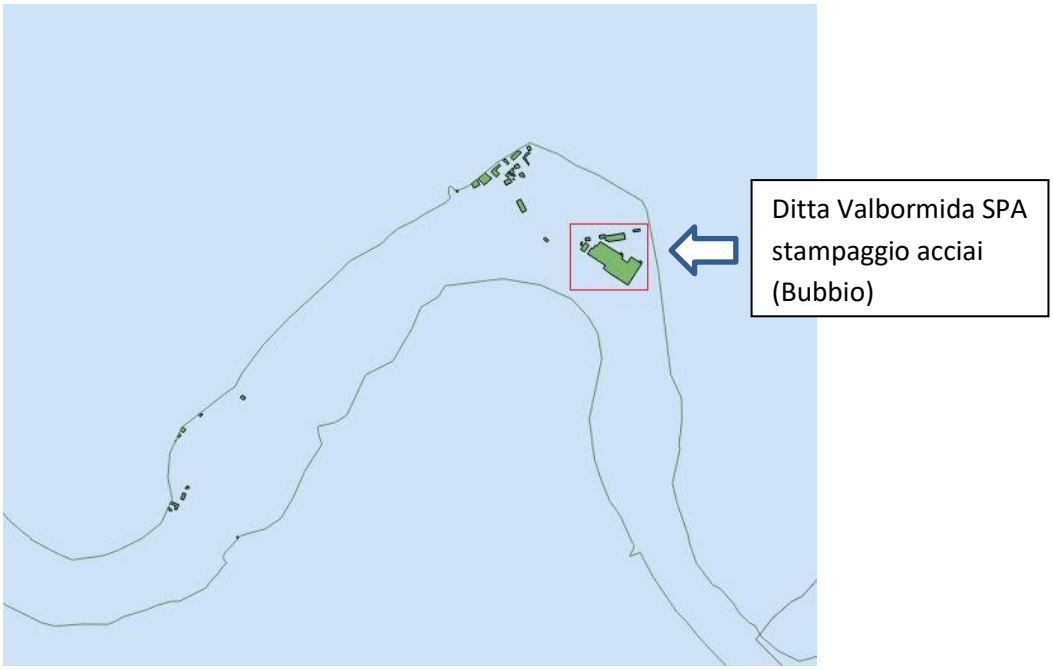



*Figura 6.22 – Particolare Bubbio, indicazione dei recettori per i quali il danno rappresenta il 90% del danno totale*

Nello studio effettuato non è stato possibile trovare le motivazioni del perché si hanno solo pochi recettori per i quali sono stati segnalati danni e tali recettori siano concentrati a Bubbio; già al paragrafo 6.2.2 sono state elencate alcune delle possibili motivazioni, tutte plausibili. Per comprendere le ragioni di tale discrasia bisognerebbe effettuare un'analisi più

approfondita relativamente ad ogni singolo Comune interessato dall'alluvione e valutare l'entità del danno subito per i vari recettori, operazione che supera gli obiettivi della tesi.

I risultati ottenuti mostrano che la metodologia proposta calcola un indice di danno distribuito su tutta l'area, che risulta dello stesso ordine di grandezza del danno registrato.

Come già effettuato nel paragrafo 6.2.2 (caso Asti), si è valutato lo scostamento delle stime del modello concentrando l'analisi al solo territorio di Bubbio, per il quale erano a disposizione le Tabelle B e C fornite dalla Regione Piemonte. I recettori appartenenti all'area in esame sono in numero pari a 35, di cui 9 industriali e 26 residenziali. Effettuando le analisi ampiamente descritte nei paragrafi precedenti, si ricava un valore di indice di danno pari a 3.500.226,11 € considerando tutti i recettori. Esiste perciò un rapporto 1 a 2 tra il danno documentato a causa dell'evento alluvionale del 2016 e l'indice di danno calcolato con il metodo I.R.P.. E' da segnalare che i dati di danno a Bubbio dimostrano una elevata eterogeneità. Infatti, ad influenzare notevolmente i risultati sono gli 8 recettori appartenenti alla ditta Valbormida stampaggio acciai. Se si procedesse eliminando anche il recettore "Valbormida Stampaggi" si otterrebbe un indice di danno pari a 1.368.3584,84 € e un danno "registrato" pari a 183.172,00 €. Ciò conferma che l'analisi condotta con l'indice di danno (metodo IRP) ha una buona corrispondenza con il danno documentato solo per valutazioni ad ampia scala territoriale. Alla scala locale (singolo comune o singolo edificio) l'indice di danno può anche discostarsi dal danno documentato.

## 6.4 Caso in esame: Po

Il terzo caso esaminato è relativo al fiume Po dal Comune di Cardè fino a Moncalieri, comprendente quattordici comuni.

***a)*** *Applicazione del modello all'alluvione 2016*

I recettori appartenenti all'area in esame sono pari a 1163 di cui 1017 residenziali, 103 industriali/produttivi e 43 non conosciuti; questi ultimi sono stati considerati come residenziali essendo la categoria d'uso maggiormente presente. Per ogni i-esimo recettori si individua il centroide a cui si attribuisce la quota dopo aver realizzato la mappa di soggiacenza sul software Global Mapper (i passaggi dettagliati sono presenti nei paragrafi precedenti).

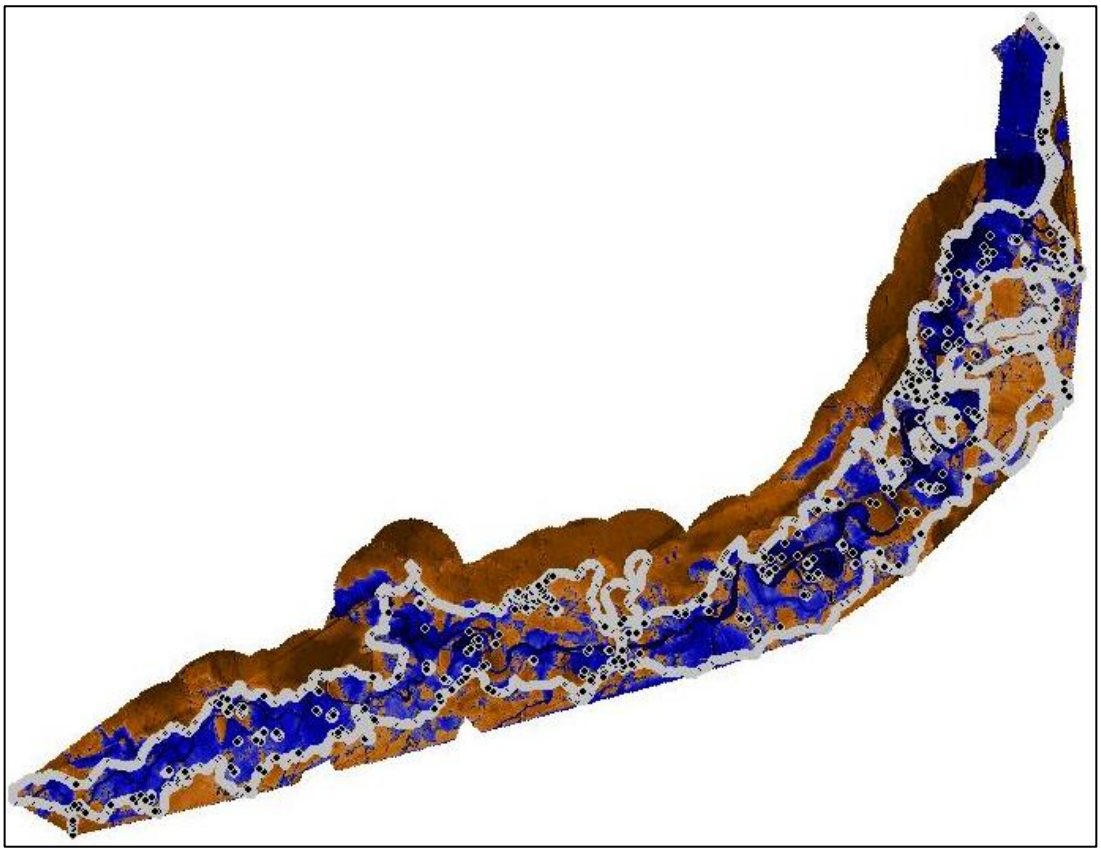


*Figura 6.23 - Mappa di soggiacenza relativa al 3° caso in esame: Po (da Global Mapper)- Alluvione 2016*

A differenza dei casi precedenti, questo modello presenta maggiori incertezze poiché le aree di allagamento ottenute non rispecchiano perfettamente la realtà, cioè non delimitano gli stessi limiti avuti durante l'Alluvione 2016, e di conseguenza i recettori con quota negativa sono circa 470, cioè il 40% dei recettori.

*1° approccio: valore medio OMI*

Per la categoria dei residenziali si considerano le 'Statistiche regionali del mercato immobiliare', mentre per gli industriali/produttivi il 'Rapporto immobiliare- immobili a destinazione terziaria, commerciale e produttiva'. Il valore degli industriali è su base regionale pari a 382 €/$m^2$ (da Tabella 6.3), per i residenziali si effettua una media tra le zone in cui ricade l'area in esame: Zona Collinare (panna), Cintura Sud (arancione), Pinerolese (verde) e pianura fra Po e Varaita (CN) ottenendo 1.240 €/$m^2$.

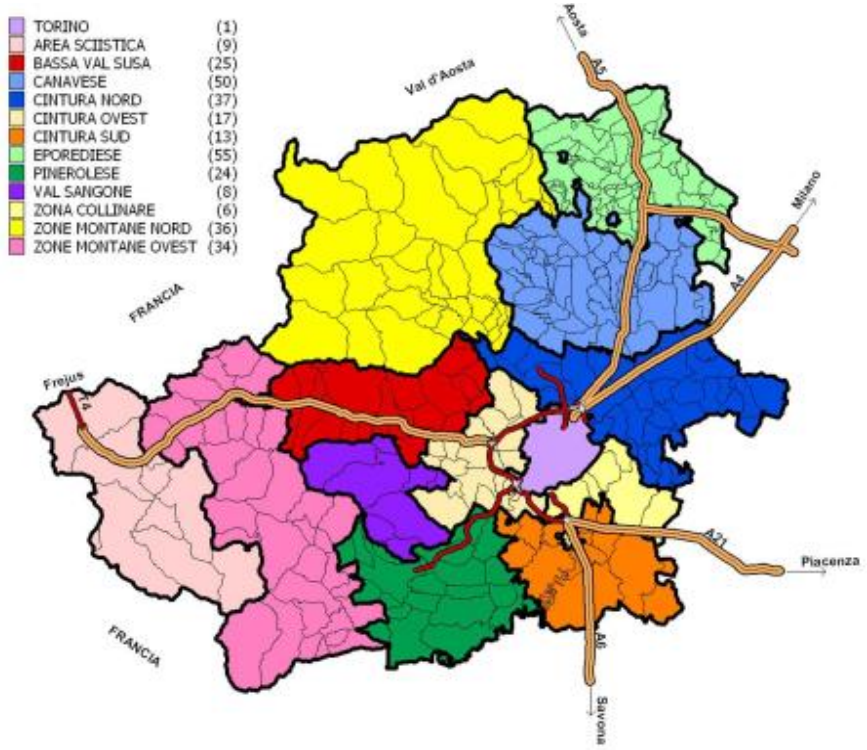



*Figura 6.23 – Macro aree provinciali di Torino*

| Macro aree provinciali | Quotazione media 2016 €/m² |
|---|---|
| Cintura Sud | 1.300 |
| Pinerolese | 1.046 |
| Zona Collinare | 1.165 |

*Tabella 6.10 – Quotazione media per macro aree, provincia di Torino*

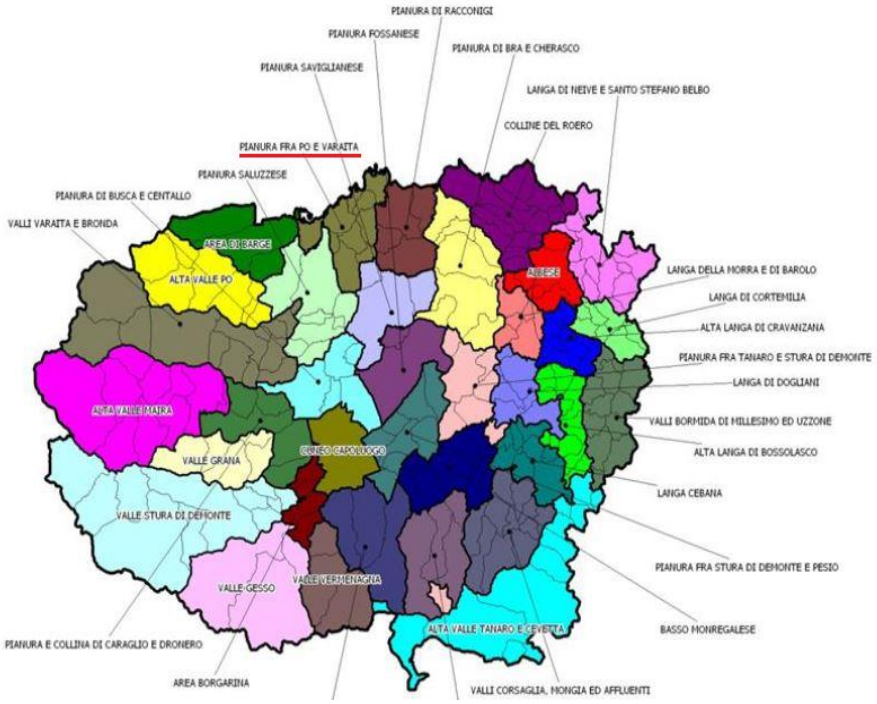



*Figura 6.24 - Macro aree provinciali di Cuneo*

| Macro aree provinciali | Quotazione media 2016 €/m² |
|---|---|
| Pianura fra Po e Varaita | 971 |

*Tabella 6.11 - Quotazione media per macro aree, provincia di Cuneo*

Non essendo presenti outlier che alterano sostanzialmente il modello e le analisi, si considerano tutti i recettori ricadenti nell'area in esame ottenendo un valore di indice di danno pari a 36.821.905,75 € .

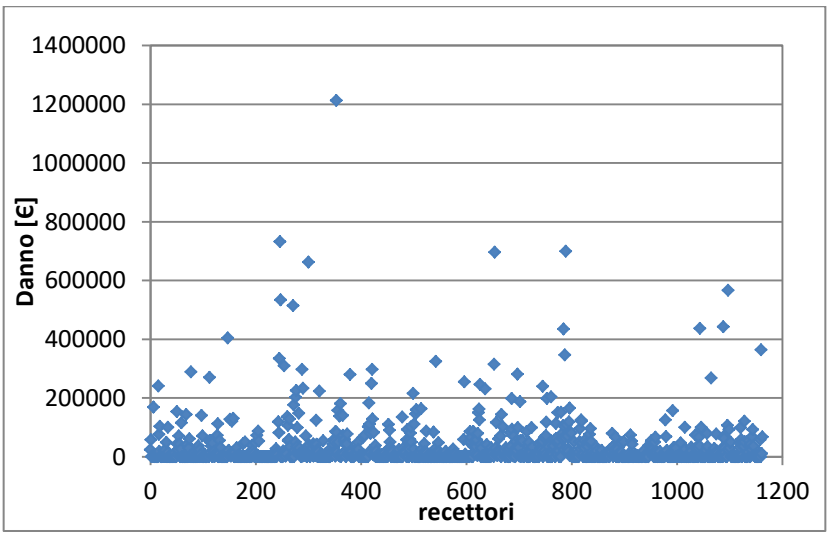



*Figura 6.25 –Valori di indice di danno calcolati complessivi- Alluvione 2016, Po, valore medio OMI*

*2° approccio: valore locale OMI*

Dal portale Geopoi si considerano tutti i valori noti dei Comuni ricadenti nell'area esondata (Moncalieri, La Loggia, Villastellone, Carignano, Carmagnola, Lombriasco, Casalgrasso, Pancalieri, Faule, Moretta, Villafranca Piemonte, Cardè) e si effettua una media ottenendo come risultati:

| | min [€/m$^2$] | med [€/m$^2$] | max [€/m$^2$] |
|---|---|---|---|
| industriale | 480 | 615 | 750 |
| residenziale | 820 | 1000 | 1180 |

Il valore dell'indice di danno che si ricava è 35.608.152,26 €.

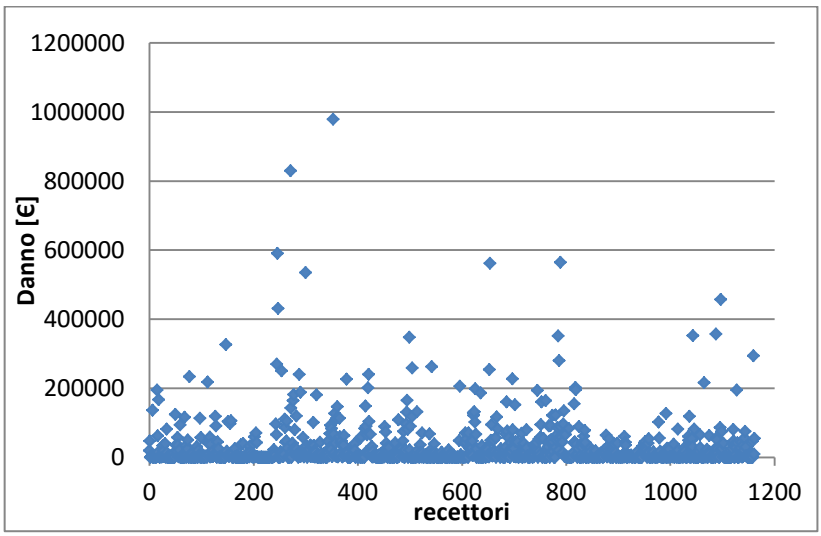



*Figura 6.26 – Valori di indice di danno calcolati complessivi - Alluvione 2016, Po, valore locale OMI*

***b)*** *Direttiva Alluvioni 2015, tr 200 anni*

L'area di esondazione con un tempo di ritorno di 200 anni coinvolge un numero di recettori pari a 1197 di cui 1024 residenziali, 127 industriali/produttivi e 46 non conosciuti. Dopo aver ottenuto la mappa di soggiacenza si osserva che circa la metà dei recettori presenta una quota negativa; ciò indica una non perfetta congruenza tra il modello e la realtà. Per la valutazione del danno si considerano tutti i recettori come nel caso a) perché non ci sono valori di outlier.

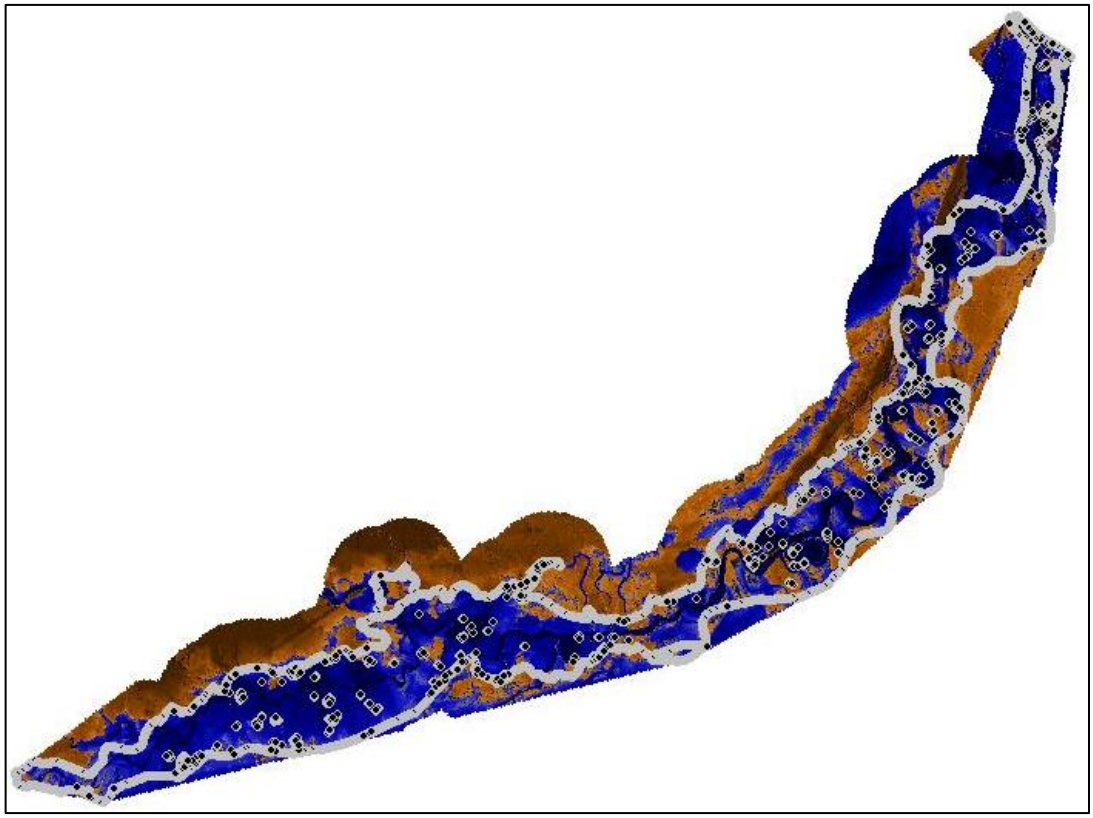


*Figura 6.27 - Mappa di soggiacenza relativa al 3° caso in esame: Po (da Global Mapper)- Direttiva Alluvioni 2015*

*1° approccio: valore medio OMI*

I valori utilizzati sono i medesimi del caso a) e si ottiene un indice di danno potenziale pari a 94.894.109,94 €.

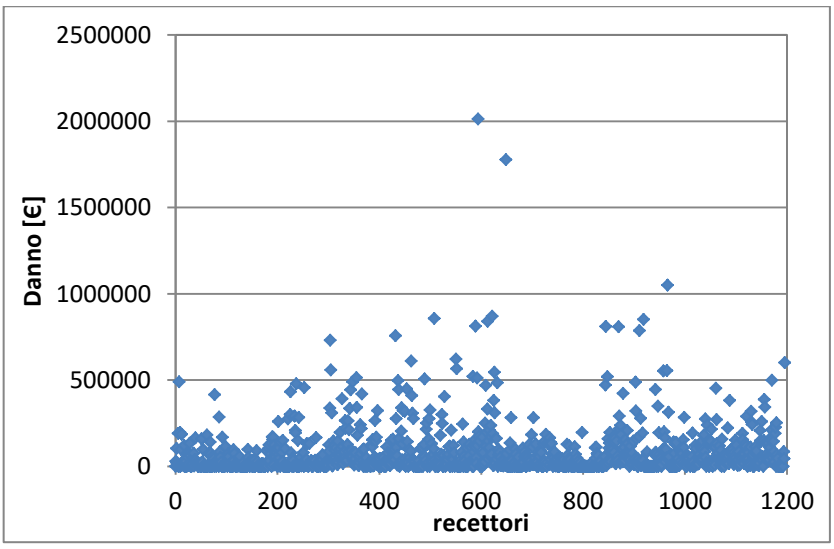



*Figura 6.28 – Valori di indice di danno potenziale calcolati - Direttiva Alluvioni tr 200, Po, valore medio OMI*

*2° approccio: valore locale OMI*

Utilizzando i valori di esposizione ricavati dal Geopoi si ottiene un indice di danno potenziale di 82.139.047,25 €.

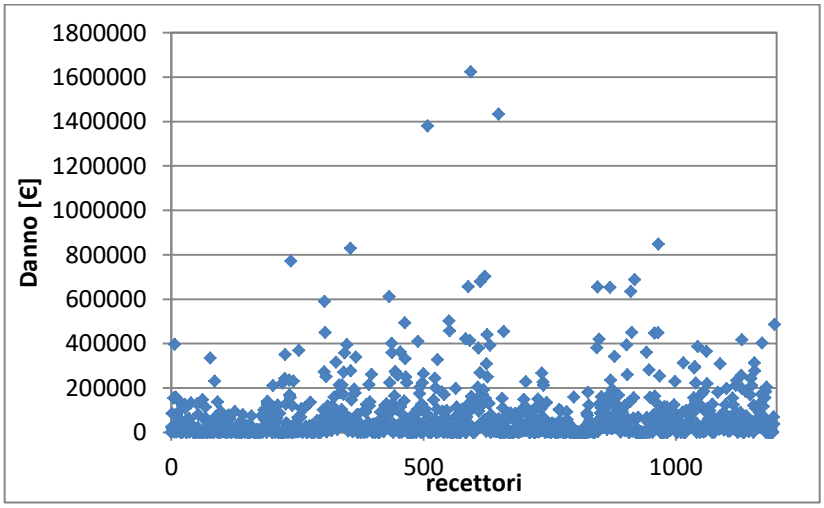



*Figura 6.29 – Valori di indice di danno potenziale calcolati - Direttiva Alluvioni tr 200, Po, valore locale OMI*

### 6.4.1 Confronto con danni registrati

Terminate le analisi si effettua un confronto tra i valori di indice di danno calcolati e danni "registrati" (documentati dalle Amministrazioni Comunali e Regionale).

| | Indice Danno calcolato |
|---|---|
| Valore medio OMI | 36.821.905,75 € |
| Valore locale OMI | 35.608.152,26 € |
| | **Danno registrato** |
| | 73.134.716,10 € |

Si evince chiaramente che, al contrario degli altri due casi analizzati precedentemente, i valori dell'indice sono inferiori ai valori documentati; il danno documentato risulta infatti essere circa il 50% in più rispetto all'indice di danno calcolato.

Successivamente si effettua un confronto tra i casi a e b ottenendo il seguente andamento:

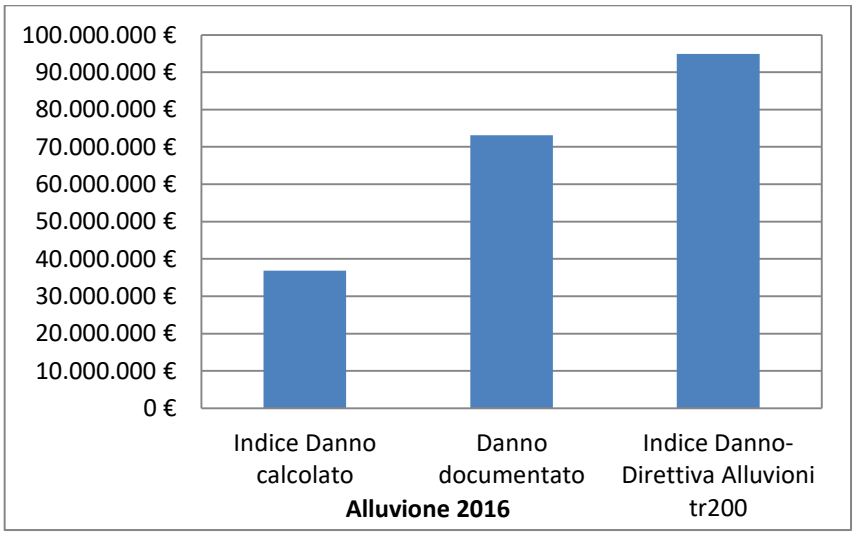



*Figura 6.30 - Confronto tra l'indice di danno dell'Alluvione 2016 e l'indice di danno potenziale della Direttiva Alluvioni a TR=200 anni, Po*

Dal grafico si evince che:

- Il danno registrato è stato circa 50% in più rispetto all'indice di danno calcolato con il modello in esame (I.R.P.);
- Il danno registrato è stato circa l'80% rispetto all'indice di danno potenziale che si avrebbe considerando un periodo di ritorno di 200 anni.

### 6.4.2 Criticità

È stato evidenziato precedentemente che l'applicazione del modello al caso del Po fornisce una stima dell'indice di danno di un ordine di grandezza diverso rispetto al danno

documentato. Dai dati forniti dalla Regione Piemonte relativi ai danni documentati (suddivisi in Tabella B e C ) si evince che Moncalieri presenta un danno notevolmente elevato (rappresenta circa il 94% del danno totale) concentrato in pochi recettori (circa 80). A ciò si aggiunge anche la mancanza di dati relativi ai danni subiti dai Comuni di Villastellone, Carmagnola, Polonghera e Moretta. Nello studio non è stato possibile effettuare un'analisi dettagliata per i singoli Comuni coinvolti nell'alluvione 2016 per capire le cause della mancanza di dati e, per questo motivo, sono stati eliminati dalla trattazione i Comuni citati, oltre a Moncalieri.

| COMUNE | TABELLA B | TABELLA C |
|---|---|---|
| CARIGNANO | € 953.419,78 | € 1.478.699,49 |
| LA LOGGIA | | € 325.500,00 |
| LOMBRIASCO | € 9.929,37 | € 15.000,00 |
| MONCALIERI | € 18.990.898,49 | € 49.307.165,28 |
| PANCALIERI | € 308.613,17 | € 111.330,00 |
| VILLAFRANCA PIEMONTE | € 238.955,10 | € 6.896,14 |
| CARDE' | € 99.630,02 | |
| CASALGRASSO | € 418.294,06 | € 350.380,00 |
| FAULE | € 212.194,20 | € 50.500,00 |
| SALUZZO | € 156.550,00 | € 100.761,00 |

*Tabella 6.9 - Valori danni documentati durante l'Alluvione 2016 lungo il fiume Po, Tabella B e Tabella C (da Regione Piemonte)*

In tal modo, come già effettuato nel paragrafi 6.2.2 e 6.3.3, si è valutato lo scostamento tra indice di danno e danno registrato concentrando l'analisi all'area costituita solo dai Comuni che presentano un danno documentato, escluso Moncalieri. Così facendo, il danno registrato perciò risulta essere pari a 4.836.652,33 €. I recettori appartenenti alla zona in esame sono pari a 761 di cui 655 residenziali, 79 industriali/produttivi e 27 non conosciuti; questi ultimi sono stati considerati come residenziali essendo la categoria d'uso maggiormente presente. I passaggi che conducono alla determinazione dell'indice di danno sono stati già ampiamente discussi e si ricava un valore di indice di danno pari a 15.800.454,39 € (considerando il valore di esposizione OMI medio di 382 €/$m^2$ per gli industriali/produttivi e 1140 €/$m^2$ per i residenziali).

Anche nel caso esaminato relativo al fiume Po, sembra che ci sia un rapporto 1 a 3 tra il danno documentato e l'indice di danno calcolato, cioè tra realtà e indice così come accadeva per i casi precedenti.

### 6.5 Risultati e limitazioni del modello

Al termine delle analisi si deduce che il modello, anche se caratterizzato da molti fattori di incertezza che si discuteranno nel seguito, consente:

1. per le analisi ad ampia scala territoriale, di ottenere valori di indice di danno dello stesso ordine di grandezza del danno documentato;
2. per le analisi a scala comunale, di ottenere indici di danno che risultano superiori ai danni documentati, con un rapporto 1 a 3 tra il danno registrato e l'indice di danno calcolato con il metodo quantitativo I.R.P.

Tramite il confronto dei risultati ottenuti dalle sperimentazioni e un'analisi di sensitività è stato possibile verificare la robustezza del modello di calcolo; si è potuto osservare come non vi è una sostanziale differenza nell'ordine di grandezza del danno stimato a seconda che si usi un'area di inondazione più o meno accurata[31] o un valore esposto medio o locale per i singoli recettori.

Le limitazioni che presenta il modello in esame non sono trascurabili, a partire dai parametri che definiscono l'indice di danno, ossia esposizione e vulnerabilità.

Per quanto riguarda l'esposizione, esiste il problema della non perfetta corrispondenza tra le categorie d'uso della banca BDTRE (in numero pari a 60) e quelle dell'OMI (in numero pari a 4).[32] Questo determina un fattore di incertezza evidente.

| Categoria BDTRE | Categoria OMI |
|---|---|
| agricolturale | produttivo |
| allevamento | produttivo |
| abitativa | residenziale |
| amministrativo | terziario |
| ….. | |
| cinema | produttivo |
| commerciale | commerciale |
| …. | |
| strutture ricettive | residenziale |
| teatro, auditorium | terziario |

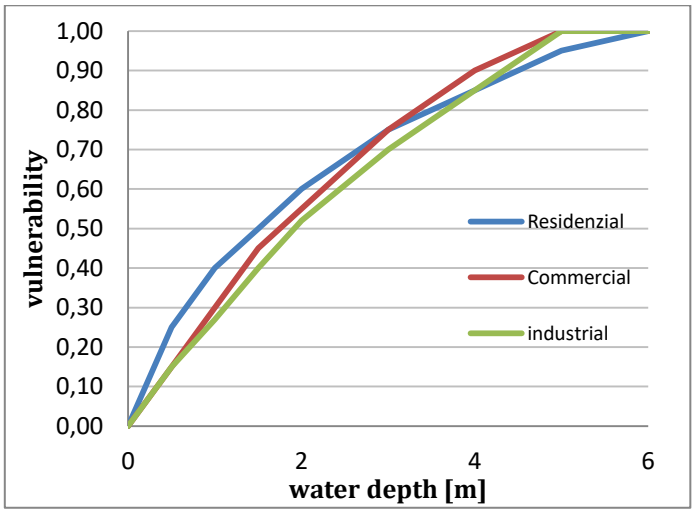
[31] Vedi paragrafo 6.3.1

[32] Vedi paragrafo 5.2.2

| | |
|---|---|
| università | terziario |

*Tabella 6.12 - Categorie d'uso del suolo della banca BDTRE e raggruppamenti secondo le categorie OMI*[33]

La stima della vulnerabilità è spesso affetta da un alto grado di incertezza che si riflette sulla stima del rischio. Considerando il grafico[34] utilizzato per valutare la vulnerabilità, si nota come altezze idrometriche di 30 cm, 40 cm o 50 cm forniscono un valore di perdita relativamente alto (circa 20% di perdita, valore che è paragonabile alla vulnerabilità media che si ottiene nei tre casi di studio) e, poiché all'aumentare dell'altezza d'acqua aumenta il danno, è chiaro che il valore complessivo di perdita sia notevolmente elevato (per tale motivo esiste il rapporto 1 a 3 tra realtà ed indice). Da queste osservazioni si può dedurre che nel territorio italiano questa curva non sia perfettamente utilizzabile e per profondità modeste sarà caratterizzata da andamenti nettamente più bassi; da qui la necessità di taratura della curva di vulnerabilità. Poiché in Italia non è presente nessuno studio circa la valutazione della vulnerabilità, si utilizza la curva JRC fornita dalla Comunità Europea. Più nel dettaglio, vengono fornite tre curve a seconda della categoria d'uso dei recettori (residenziali, commerciali e industriali) ma, come si può notare dal grafico sottostante, gli andamenti sono simili per cui, nel presente lavoro di tesi, si è fatto riferimento ai dati relativi alla categoria d'uso residenziale (come già anticipato nel capitolo 5). Tutte queste incertezze devono essere evidenziate ed è opportuno intraprendere un lavoro di ricerca accurato per determinare una curva di vulnerabilità che sia applicabile al territorio italiano.




| depth [m] | residential | commercial | industrial |
|---|---|---|---|
| 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 0,5 | 0,25 | 0,15 | 0,15 |
| 1 | 0,40 | 0,30 | 0,27 |
| 1,5 | 0,50 | 0,45 | 0,40 |
| 2 | 0,60 | 0,55 | 0,52 |
| 3 | 0,75 | 0,75 | 0,70 |
| 4 | 0,85 | 0,90 | 0,85 |
| 5 | 0,95 | 1,00 | 1,00 |
| 6 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

*Figura 6.31 – Curva danno-altezza d'acqua per differenti categorie di recettori*[27]

[33] Vedi Allegato in cui è presente l'intera tabella

[34] Vedi Figura 5.5

Inoltre il modello, a causa della proporzionalità tra indice di danno ed area del recettore, tende a calcolare indici di danno molto elevati per i recettori più estesi. L'indice totale (somma dei singoli indici dei singoli recettori) risulta notevolmente influenzato, se non unicamente determinato dai recettori più estesi. Ciò ha comportato l'introduzione modellistica di valori soglia di danno, ovvero l'individuazione del/dei recettori per i quali, *a causa della loro estensione*, l'indice di danno calcolato risulta un *outlier rispetto ai valori medi*. *L'inclusione, nella sommatoria di cui all'eq. (1), di tali valori di danno può essere giustificata solo a fronte di valutazioni specifiche condotte caso per caso.* D'altra parte, anche i valori di danno documentati dalla Regione Piemonte hanno una elevata variabilità, quasi "caotica" nel senso dialettico del termine, ovvero una elevata aleatorietà, imprevedibile a priori.

Indicativo è il caso trattato al paragrafo 6.3.3 relativo al Comune di Bubbio, dove il 90% del danno documentato è relativo ad una sola ditta Valbormida – stampaggio acciai, rappresentata da 8 recettori. Questo valore elevato contribuisce ad alterare i risultati dell'analisi ed è indice dell'elevato grado di incertezza che caratterizza i danni documentati e forniti dalla Regione Piemonte.

Un'altra limitazione relativa ai danni documentati è la seguente: in alcuni Comuni (es. Carmagnola, Moretta e Villastellone relativi al terzo caso analizzato) non sono presenti danni al contrario di ciò che si ottiene dal modello in cui si osserva la presenza di danni a diversi recettori; in altri Comuni si sono registrati danni notevolmente elevati (quasi spropositati) mentre in altri ugualmente colpiti (in base ai dati di input forniti dalla Regione) non sono stati rilevati. Vi è quindi una aleatorietà intrinseca ed è alquanto problematico individuare le cause. Infatti, successivamente all'alluvione del 2016, la sezione Opere Pubbliche della Regione Piemonte ha effettuato una ricognizione del danno fornendo tre tipologie di tabelle (A per le opere pubbliche e interventi di interesse pubblico, B[35] per i privati e C per le attività produttive) che potevano essere compilate da tutti i cittadini che avessero subito dei danni. I comuni avevano il compito di far pervenire a tutti gli interessati le schede suddette e dare le opportune indicazioni per lo scarico informatico. Queste schede, di facile compilazione da parte di ogni cittadino, potevano essere inviate ai comuni che successivamente avrebbero compilato delle tabelle per il conseguente invio alla Regione Piemonte- Settore infrastrutture e pronto intervento.[36] La procedura descritta non è di difficile applicazione, ma ci possono

[35] Vedi allegato, facsimile della Tabella B

[36] Fonte: Alluvione novembre 2016. Indicazioni sintetiche per la segnalazione dei danni verificatisi sul territorio comunale. Integrazione alla data del 30.11.2016

essere stati svariati motivi che hanno determinato la mancata presenza di tutti i dati: scarsa sensibilizzazione nel richiedere il risarcimento, o l'invio dei documenti oltre la scadenza oppure in alcune zone effettivamente non è stato registrato il danno che invece appare nella simulazione poiché magari vi è stato solo un allagamento temporaneo di un cortile; inoltre bisogna ricordare che la maggior parte degli edifici sono leggermente sopraelevati rispetto al livello del terreno e per questo non sono stati rilevati danni. Ci sono, quindi, numerose incertezze legate a questo aspetto ed è opportuno sottolinearle.

Miglioramenti sulle stime del danno potrebbero provenire da un'analisi nei singoli Comuni interessati dall'alluvione, cercando di capire realmente qual è stato il danno caso per caso, per ogni singolo recettore coinvolto nell'area di interesse. Sebbene tale analisi sia possibile teoricamente, dal punto di vista pratico è possibile solo per i casi documentati, ma risulta impraticabile per le stime di danno potenziale, ovvero per scenari a TR assegnato che coinvolgono ampie aree geografiche. In questo caso, infatti, l'analisi sui singoli recettori richiederebbe un costo maggiore sia in termini di ore lavorative che di ricerche e approfondimenti per l'individuazione della categoria d'uso.

# CAPITOLO VII

# VALUTAZIONE DEL DANNO FUTURO A SEGUITO DI NUOVE COSTRUZIONI

L'obiettivo di questo capitolo è la valutazione del danno potenziale conseguente alla costruzione di nuove strutture nella Provincia di Verbano Cusio Ossola, più precisamente nella valle di Fondotoce. Si porrà l'attenzione sulla quantificazione del danno ante e post operam.

## 7.1 Inquadramento geografico

Il progetto proposto è localizzato nella parte terminale del fondovalle dell'Ossola, corrispondente al punto di immissione del fiume Toce nel lago Maggiore e all'area situata a sud della riva del lago di Mergozzo.

*Figura 7.1 – Posizionamento dell'area in esame - Fondotoce*

Il territorio presenta una vastità di insediamenti con funzioni differenti, superfici agricole e aree con particolari caratteristiche naturalistiche (es. Riserva Regionale Fondotoce). Il

territorio interessato dalla proposta di progetto è compreso tra la stazione ferroviaria sulla linea Milano-Sempione e l'abitato di Fondotoce; sono già presenti due camping-village localizzati sul lago di Mergozzo e sul golfo Borromeo del lago Maggiore, un campo da golf, aree agricole in uso e altre con attività colturali dismesse, attività produttive, strutture commerciali e di servizio terziario. L'area in esame è soggetta al fenomeno della 'conurbazione' dei laghi e da ciò deriva un evidente vantaggio nel posizionamento di nuove strutture.

## 7.2 Interventi principali del progetto

La proposta si configura come un progetto complesso destinato a completare e ampliare l'offerta di ospitalità e di servizi per lo sport e il tempo libero per il sistema turistico del territorio. Il progetto si articola nei seguenti punti:

- Ampliamento delle strutture ricettive e di servizio dell'esistente camping-village Continental;
- Completamento e ampliamento del campo da golf esistente (da 9 a 18 buche) con la costruzione di nuova club house e dei relativi servizi;
- Ricostruzione della cascina di Fondotoce con funzione di struttura ricettiva e di dotazione di servizi per gli impianti sportivi e di leisure;
- Realizzazione di un centro sportivo di rilevanza interregionale, con impianti al coperto.

A completamento del progetto è necessario un miglioramento delle condizioni di sicurezza degli accessi veicolari, formazione di aree a parcheggio, di una rete di percorsi ciclo-pedonali ed estensione di reti di urbanizzazione e sottoservizi. La localizzazione delle nuove funzioni previste dal progetto dipende da numerosi fattori positivi, tra cui la favorevole accessibilità dell'area grazie al sistema autostradale e ferroviario.[37]

[37] Fonte: Relazione illustrativa dello studio di fattibilità; committente MALU' s.r.l. Luglio 2017

*Figura 7.2 - Nuovo assetto del fondovalle di Fondotoce*

### 7.2.1 Ampliamento del Camping-village Continental

Le aree esistenti del Camping sono localizzate a due quote diverse: quota inferiore a 196,10 m s.l.m. e quota superiore a 197,50 m s.l.m.. Le prime sono utilizzate per le piazzole destinate a ospitare tende, caravan e camper, le seconde sono occupate dalle 'case mobili'. Le aree di ampliamento sono poste a ovest di quelle esistenti, comprese tra il golf e gli impianti turistico/ricettivi, e prevedono un aumento di superficie di circa 26.300 $m^2$. Questi interventi generano un incremento della capacità ricettiva di circa 400 ospiti (ossia 15% in più), prevedono un investimento di 1.000.000,00 € e l'impiego di personale addetto in aggiunta a quello attualmente esistente (4 addetti annuali e 6 stagionali).[37]

### 7.2.2 Estensione del campo da golf

Attualmente il campo da golf presenta 9 buche e all'interno dell'area sono presenti strutture al servizio degli utenti (superficie 1014 $m^2$). Il progetto prevede la riorganizzazione dell'impianto con la realizzazione di altre tre buche nel perimetro esistente, l'estensione del

campo da golf a sud della SS34 per realizzare ulteriori 6 buche (superficie di circa 93.000 $m^2$) e la valorizzazione e adeguamento funzionale delle strutture a servizio del golf, comprendenti un nuovo hotel con un impianto a corte (3.500 $m^2$), un edificio per ospitare la scuola di golf (120 $m^2$) e un altro per le attrezzature (450 $m^2$). Il collegamento tra i due settori del campo avverrà attraverso un sottopasso della SS34. La realizzazione di ciò comporta un investimento di 8.000.000,00 € (con 10 addetti annuali e 4 addetti stagionali).[37]

### 7.2.3 Ricostruzione della cascina e del centro sportivo per attività al coperto

Gli edifici costituenti la cascina sono stati realizzati in epoche differenti con diverse tecnologie costruttive e materiali eterogenei, presentano un impianto insediativo a 'corte' di forma quadrata e otto silos. A causa del degrado della cascina e dei materiali da smaltire (cemento amianto), il progetto prevede la ricostruzione di edifici esistenti, conservando i presenti silos e valorizzandoli. Una parte della cascina sarà adibita a residence-ostello per i praticanti degli sport e per i turisti, e quindi spazi per la ristorazione, informazione e organizzazione delle attività; l'altra parte sarà dedicata ad accogliere le attività sportive e ricreative. Nella parte esterna, sono previsti impianti per calcio, tennis, beach-volley e piscine. Complessivamente, la superficie coperta dagli edifici è estesa per circa 13.800 $m^2$ e richiede un investimento di 9.500.000,00 € (con 8 addetti annuali e 25 addetti stagionali).[37]

Il progetto per il campo sportivo prevede la realizzazione di due edifici localizzati in prossimità degli insediamenti di servizio e commerciali esistenti presso la rotatoria di Fondotoce. Il primo edificio sarà adibito per le pratiche sportive al coperto: basket, calcetto, volley, tennis e ginnastica, con la possibilità di contenere 500 spettatori; il secondo ospiterà una piscina principale e una ludica per bambini. Inoltre, gli edifici saranno collegati attraverso una strada coperta che costituisce l'accesso degli utenti. Entrambi gli edifici hanno una superficie coperta complessiva di circa 4.500 $m^2$ e l'investimento stimato è di 5.500.000,00 € (con 8 addetti annuali e 6 addetti stagionali).[37]

## 7.3 Valutazione del danno nell'area di interesse del progetto – Fondotoce

In questo paragrafo si valuterà il danno che si potrà registrare a causa di eventi di piena con differente periodo di ritorno considerando un'esondazione quasi statica del lago Maggiore.

Sono quindi noti i livelli del lago Maggiore per differenti periodi di ritorno forniti dalla Regione Piemonte:

| Tempi di ritorno (anni) | SCENARI DIR2007/60 Regione Piemonte<br>Livelli di lago (m s.m.m.) |
|---|---|
| 15 | |
| 20 | 197,15 |
| 70 | |
| 100 | 198,25 |
| 200 | |
| (Piena 1868) | 199,81 |

*Tabella 7.1 – Livelli del lago Maggiore registrati da Regione Piemonte*

Si effettua una valutazione ante e post intervento per valutare l'eventuale aumento del rischio conseguente all'ampliamento dell'edificato. Per il calcolo dell'indice di danno potenziale sono necessarie due quantità: vulnerabilità ed esposizione.

Per il calcolo della vulnerabilità si fa riferimento alla curva proposta da JRC e si considera la funzione che meglio interpola tale curva; i coefficienti utilizzati sono i medesimi di quelli già analizzati nel capitolo precedente (paragrafo 6.1).

Per l'esposizione si considerano i due approcci precedentemente citati.

*1° approccio: valore medio OMI*

Per il valore residenziale si considerano le 'Statistiche regionali del mercato immobiliare' relative alla provincia Verbano-Cusio-Ossola. L'area in esame appartiene alla macro area Fascia Lungo Lago Verbano (verde), in particolare alla zona OMI D4 Fondotoce Tre Ponti Cavandone. Il valore utilizzato, perciò, è 1.517 €/$m^2$.

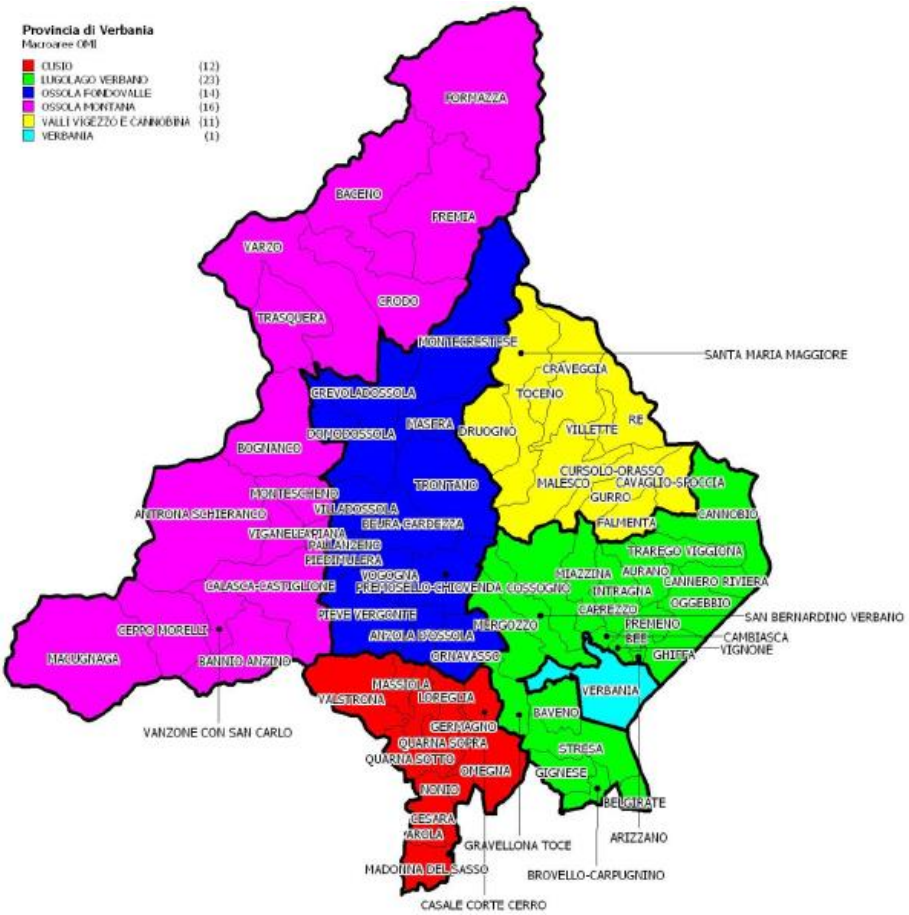



*Figura 7.3 – Macro aree provinciali del Verbano Cusio Ossola*

| Zona OMI | Denominazione | NTN 2016 | NTN Variazione % 2015/16 | IMI 2016 | Quotazione media €/m² 2016 | Quotazione media Variazione % 2015/16 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| B1 | Abitato di Intra | 3 | 50,00% | 3,00% | 1.788 | -1,61% |
| B2 | Pallanza Suna | 40 | 14,49% | 2,57% | 1.908 | -1,93% |
| B5 | Lungolago di Intra | 20 | 50,37% | 1,60% | 1.983 | -1,45% |
| C1 | S.Anna, Tribunale, Acetati | 17 | 49,96% | 3,48% | 1.717 | -1,44% |
| C3 | Castagnola Villa Taranto Lungo Lago Villa Giulia | 2 | -60,00% | 0,87% | 2.017 | -2,22% |
| D1 | Suna Collinare | 2 | -71,43% | 0,81% | 1.688 | -2,88% |
| D2 | Zoverallo Biganzolo | 12 | 1100,00% | 5,15% | 1.646 | -3,19% |
| D3 | Trobaso Possaccio Renco Unchio | 11 | -0,61% | 1,32% | 1.625 | -2,99% |
| D4 | Fondotoce Tre Ponti Cavandone | 2 | 33,33% | 1,82% | 1.517 | -3,45% |
| D5 | Madonna di Campagna Plusc | 7 | -24,00% | 1,19% | 1.633 | -2,00% |
| D8 | Tecnoparco Stazione | 1 | - | 2,94% | 1.267 | -3,49% |
| nd | Nd (*) | 260 | - | - | - | - |
| R1 | Rurale Montana Monterosso | 0 | - | - | - | - |
| R2 | Rurale Montana Nord | 0 | - | - | - | - |
| | **Verbania Comune** | **377** | **18,61%** | **1,98%** | **1.808** | **-2,05%** |

*Tabella 7.2- NTN,IMI e quotazione media – Comune di Verbania*

Per gli altri ambiti, si considera il Rapporto Immobiliare 2017- Immobili a destinazione terziaria, commerciale e produttiva. A differenza del capitolo precedente in cui si è

considerata solo la categoria dei capannoni industriali (382 €/$m^2$), in questo caso si considerano anche le altre: uffici (1.053 €/$m^2$) e negozi (1.205€/$m^2$).

| Area | Regione | Quotazione media Uffici 2016 (€/$m^2$) |
|---|---|---|
| Nord Est | Emilia-Romagna | 1.486 |
| | Friuli-Venezia Giulia | 950 |
| | Veneto | 1.390 |
| | **Nord Est** | **1.376** |
| Nord Ovest | Liguria | 2.080 |
| | Lombardia | 1.548 |
| | Piemonte | 1.053 |
| | Valle d'Aosta | 1.827 |
| | **Nord Ovest** | **1.480** |

*Tabella 7.3 – Quotazione media per area geografica e per regione- categoria uffici*

| Area | Regione | Quotazione media Negozi 2016 (€/$m^2$) |
|---|---|---|
| Nord Est | Emilia-Romagna | 1.722 |
| | Friuli- Venezia Giulia | 1.261 |
| | Veneto | 1.621 |
| | **Nord Est** | **1.639** |
| Nord Ovest | Liguria | 2.074 |
| | Lombardia | 1.809 |
| | Piemonte | 1.205 |
| | Valle d'Aosta | 1.654 |
| | **Nord Ovest** | **1.674** |

*Tabella 7.4 – Quotazione media per area geografica e per regione- categoria negozi*

| Area | Regione | Quotazione media Capannoni 2016 (€/$m^2$) |
|---|---|---|
| Nord Est | Emilia-Romagna | 531 |
| | Friuli- Venezia Giulia | 301 |
| | Veneto | 482 |
| | **Nord Est** | **488** |
| Nord Ovest | Liguria | 762 |
| | Lombardia | 582 |
| | Piemonte | 382 |
| | Valle d'Aosta | 679 |
| | **Nord Ovest** | **533** |

*Tabella 7.5 – Quotazione media per area geografica e per regione- categoria capannoni/magazzini*

### *2° approccio: valore locale OMI*

Il valore locale OMI si ricava dal sito internet dell'Agenzia delle Entrate. L'area in esame corrisponde alla zona Periferica/ Tecnoparco Stazione D8 del Comune di Verbania.

| Tipologia | Stato conservativo | Valore Mercato (€/mq) | |
|---|---|---|---|
| | | Min | Max |
| Abitazioni civili | Normale | 1000 | 1500 |
| Abitazioni di tipo economico | Normale | 700 | 1050 |
| Box | Normale | 600 | 800 |
| Ville e Villini | Normale | 1350 | 2000 |

*Tabella 7.6 - Quotazioni immobiliari; Verbania zona Periferica D8 – classe d'uso residenziale (da Geopoi)*

Per la classe d'uso residenziale si considerano solo le tipologie Ville e Villini per le nuove strutture essendo edifici per il turismo e per lo sviluppo del territorio (obiettivamente costose) e Abitazioni civili per gli edifici esistenti e ricadenti nell'area in esame che vengono considerati per la valutazione complessiva del danno.

| Tipologia | Stato conservativo | Valore Mercato (€/mq) | |
|---|---|---|---|
| | | Min | Max |
| Magazzini | Normale | 450 | 750 |
| Negozi | Normale | 900 | 1700 |

*Tabella 7.7 - Quotazioni immobiliari; Verbania zona Periferica D8 – classe d'uso commerciale (da Geopoi)*

| Tipologia | Stato conservativo | Valore Mercato (€/mq) | |
|---|---|---|---|
| | | Min | Max |
| Capannoni industriali | Normale | 400 | 700 |
| Laboratori | Normale | 450 | 750 |

*Tabella 7.8 - Quotazioni immobiliari; Verbania zona Periferica D8 – classe d'uso produttiva (da Geopoi)*

| Tipologia | Stato conservativo | Valore Mercato (€/mq) | |
|---|---|---|---|
| | | Min | Max |
| Uffici | Normale | 850 | 1550 |

*Tabella 7.9 - Quotazioni immobiliari; Verbania zona Periferica D8 – classe d'uso terziaria (da Geopoi)*

Una ricapitolazione dei valori utilizzati nella trattazione sono riportati nella seguente tabella:

| | min [ €/m$^2$] | med [ €/m$^2$] | max [ €/m$^2$] |
|---|---|---|---|
| Capannoni | 400 | 550 | 700 |
| Abitazioni tipo economico | 700 | 875 | 1050 |
| Magazzini | 450 | 600 | 750 |
| Uffici | 850 | 1200 | 1550 |
| Ville e Villini | 1350 | 1675 | 2000 |
| Negozi | 900 | 1300 | 1700 |

*Tabella 7.10 – Valori di esposizione locale OMI utilizzati nello studio*

### 7.3.1 Valutazione dell'indice di danno ante

Nella prima parte della trattazione si considerano solo i recettori esistenti nell'area in esame in numero pari a 67, suddivisi nelle diverse categorie d'uso sopra citate (16 Ville e Villini, 25 Capannoni industriali, 2 Uffici, 5 Negozi, 19 Abitazioni ti tipo economico). Per l'i-esimo recettore si valuta il centroide (QGis) e grazie all'utilizzo di Global Mapper si attribuisce a ciascun punto il valore della quota del terreno (Elevation). In questo caso, diversamente dal capitolo precedente, non bisogna determinare la mappa di soggiacenza ma si effettua una semplice sottrazione tra il livello del Lago (Tabella 7.1) e la quota ricavata attraverso Global Mapper. Si ottengono risultati differenti che vengono analizzati singolarmente. È opportuno ricordare il valore soglia oltre il quale non viene considerato il danno, pari a 2.000.000,00 €, così da eliminare i valori di outlier che possono alterare notevolmente i risultati poiché caratterizzati da un'estensione areale elevata.

- Tr: 500 anni (piena del 1868) – livello lago: 199,81 m s.l.m.

I valori di indice di danno potenziale che si ottengono sono: 12.490.525,63 € considerando il valore medio OMI e 10.027.813,94 € utilizzando il valore locale OMI.

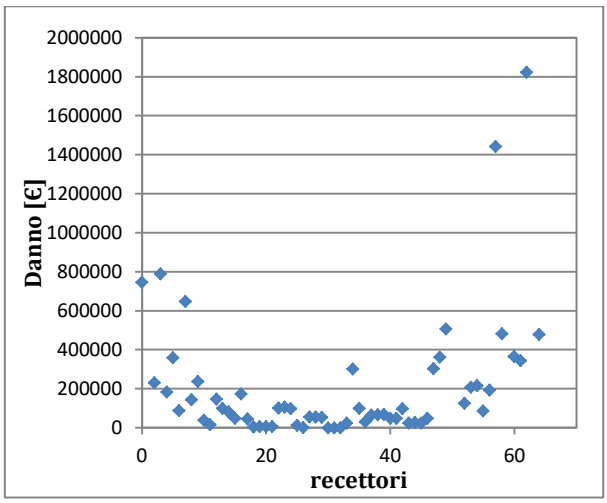



*Figura 7.4 – Valori dell'indice di danno potenziale ANTE -500 anni, Fondotoce, valore medio OMI*

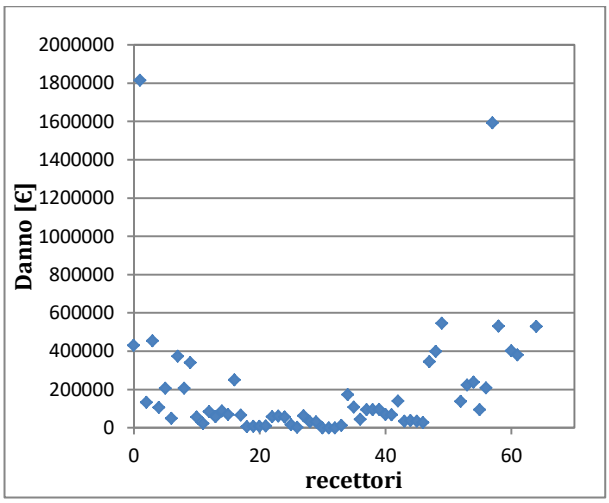



*Figura 7.5 - Valori dell'indice di danno potenziale ANTE -500 anni, Fondotoce, valore locale OMI*

- Tr: 100 anni – livello lago: 198,25 m s.l.m.

I valori di indice di danno potenziale che si ottengono sono: 6.194.842,86 € considerando il valore medio OMI e 6.530.564,75 € utilizzando il valore locale OMI.

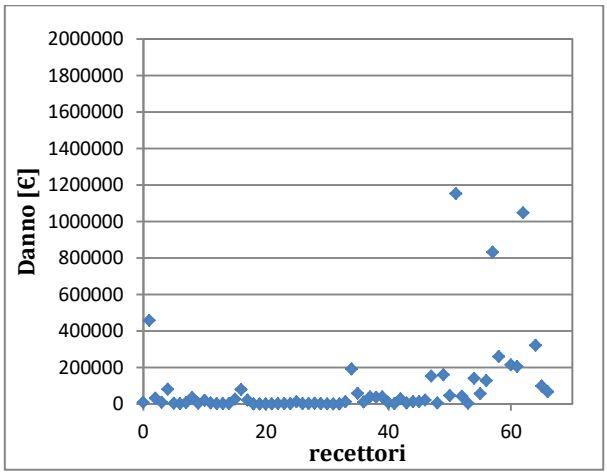



*Figura 7.6 – Valori dell'indice di danno potenziale ANTE -100 anni, Fondotoce, valore medio OMI*

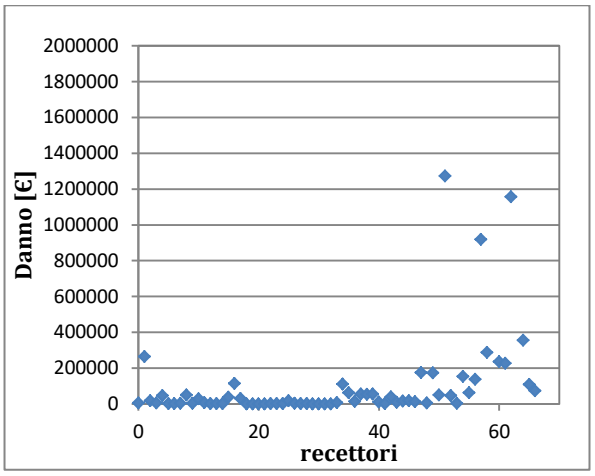



*Figura 7.7 - Valori dell'indice di danno potenziale ANTE -100 anni, Fondotoce, valore locale OMI*

- Tr: 20 anni – livello lago: 197,15 m s.l.m.

I valori di indice di danno potenziale che si ottengono sono: 692.799,76 € considerando il valore medio OMI e 707.579,18 € utilizzando il valore locale OMI.

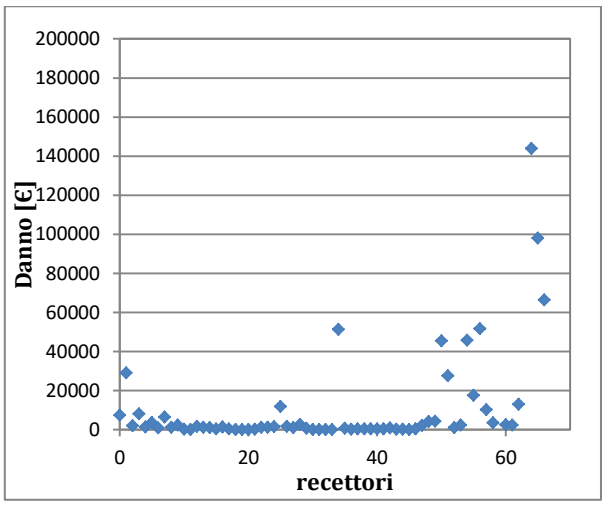



*Figura 7.8 - Valori dell'indice di danno potenziale ANTE -20 anni, Fondotoce, valore medio OMI*

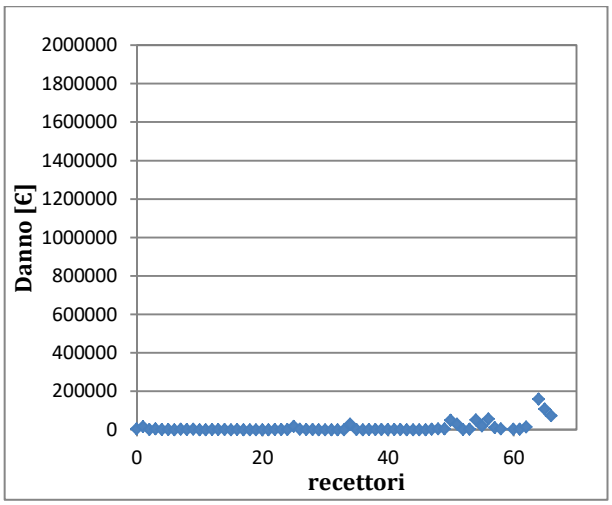



*Figura 7.9 - Valori dell'indice di danno potenziale ANTE -20 anni, Fondotoce, valore locale OMI*

### 7.3.2 Valutazione dell'indice di danno post

Sono stati valutati tutti i recettori ricadenti all'interno dell'area in esame comprendenti la cascina, i campi sportivi al coperto e l'ampliamento del Camping Village Continental. I recettori totali sono in numero pari a 85, di cui 34 Ville e Villini, 22 Capannoni industriali, 3 Uffici, 6 Negozi, 9 Magazzini, 11 Abitazione di tipo economico. Si ripete la stessa trattazione dei casi precedenti. Nei calcoli, in assenza di analisi specifiche di progetto, si è ipotizzato che i recettori siano posti alla quota del piano campagna attuale, ovvero senza sopraelevazioni.

- Tr: 500 anni (piena del 1868) – livello lago: 199,81 m s.l.m.

I valori di indice di danno potenziale che si ottengono sono: 18.874.353,93 € considerando il valore medio OMI e 18.876.985,60 € utilizzando il valore locale OMI.

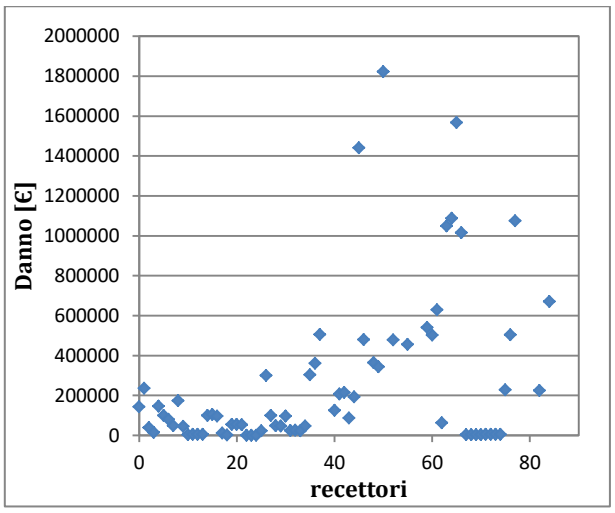



*Figura 7.10 - Valori dell'indice di danno potenziale POST -500 anni, Fondotoce, valore medio OMI*

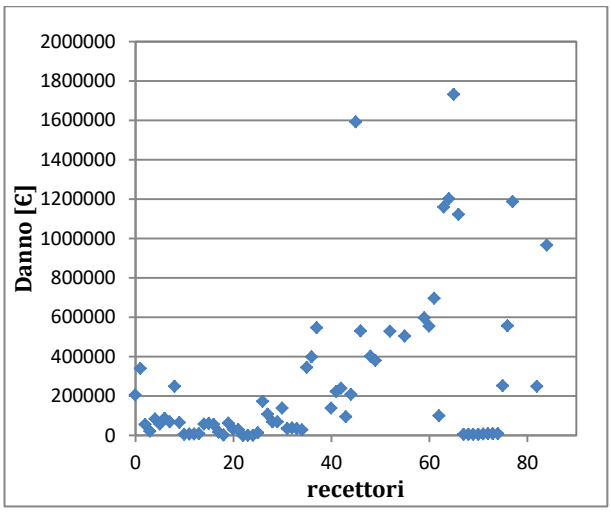



*Figura 7.11 - Valori dell'indice di danno potenziale POST -500 anni, Fondotoce, valore locale OMI*

- Tr: 100 anni – livello lago: 198,25 m s.l.m.

I valori di indice di danno potenziale che si ottengono sono: 10.337.264,75 € considerando il valore medio OMI e 11.252.510,69 € utilizzando il valore locale OMI.

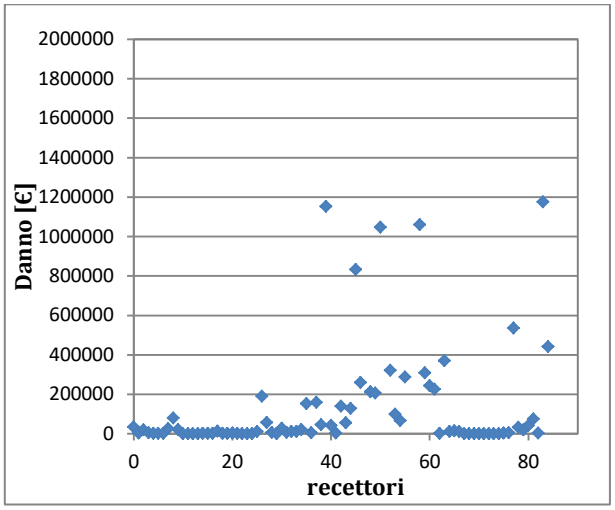



*Figura 7.12 - Valori dell'indice di danno potenziale POST -100 anni, Fondotoce, valore medio OMI*

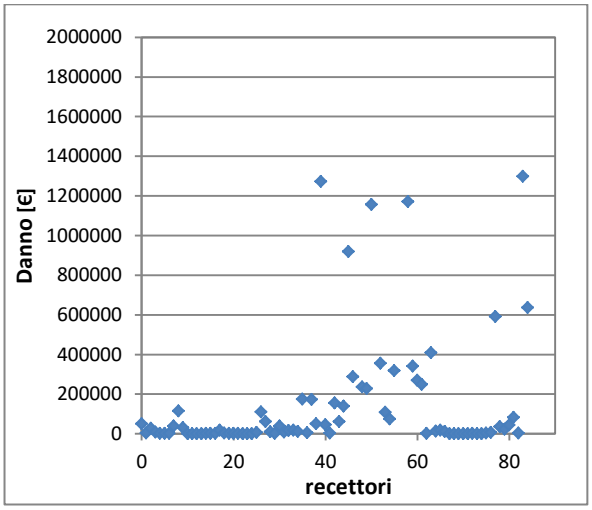



*Figura 7.13 - Valori dell'indice di danno potenziale POST -100 anni, Fondotoce, valore locale OMI*

- Tr: 20 anni – livello lago: 197,15 m s.l.m.

I valori di indice di danno potenziale che si ottengono sono: 2.579.875,39 € considerando il valore medio OMI e 2.881.541,03 € utilizzando il valore locale OMI.

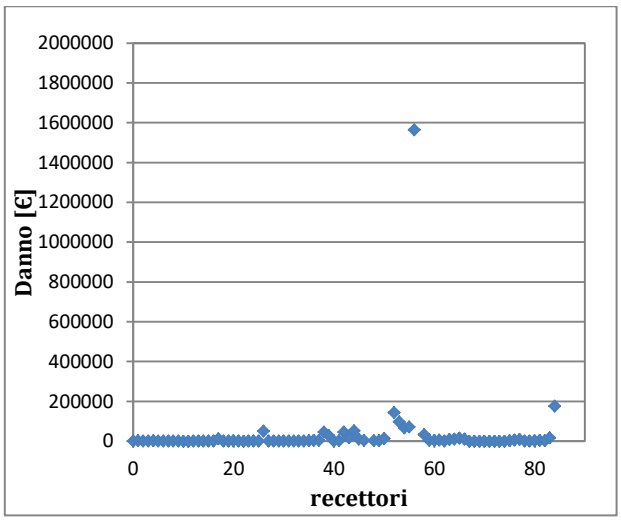



*Figura 7.14 - Valori dell'indice di danno potenziale POST -20 anni, Fondotoce, valore medio OMI*

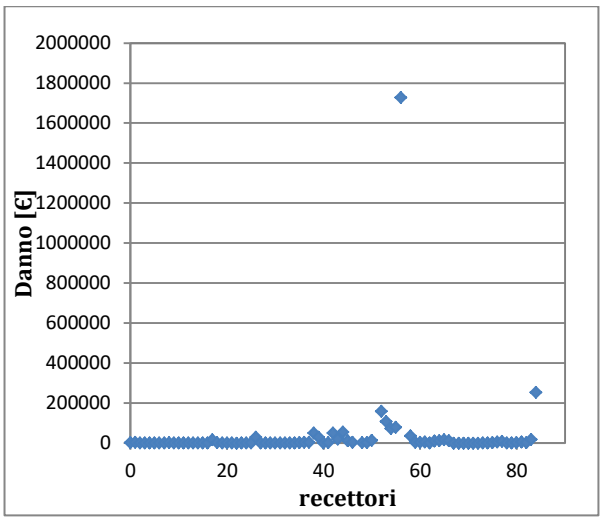



*Figura 7.15 - Valori dell'indice di danno potenziale POST -20 anni, Fondotoce, valore locale OMI*

## 7.4 Confronto tra indici di danni

Si procede con il confronto tra gli indici di danni prima e dopo la costruzione dei nuovi recettori con l'obiettivo di evidenziare l'aumento in termini di danno.

*1° approccio: valore medio OMI*

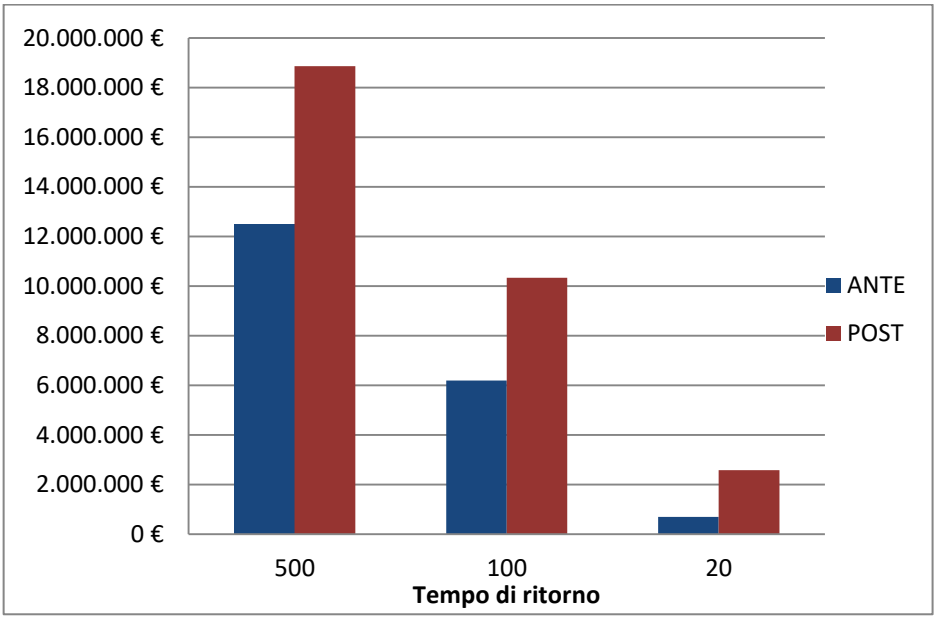



*Figura 7.16 – Confronto tra indici di danno potenziale ante e post operam per i differenti TR, OMI medio*

Dal grafico si evince chiaramente che la realizzazione del progetto determinerebbe un incremento dell'indice di danno potenziale non indifferente e, più precisamente, del 30%, 40% e 70% rispettivamente per i Tempi di ritorno di 500 anni, 100 anni e 20 anni, rispetto alle condizioni attuali.

*2° approccio: valore locale OMI*

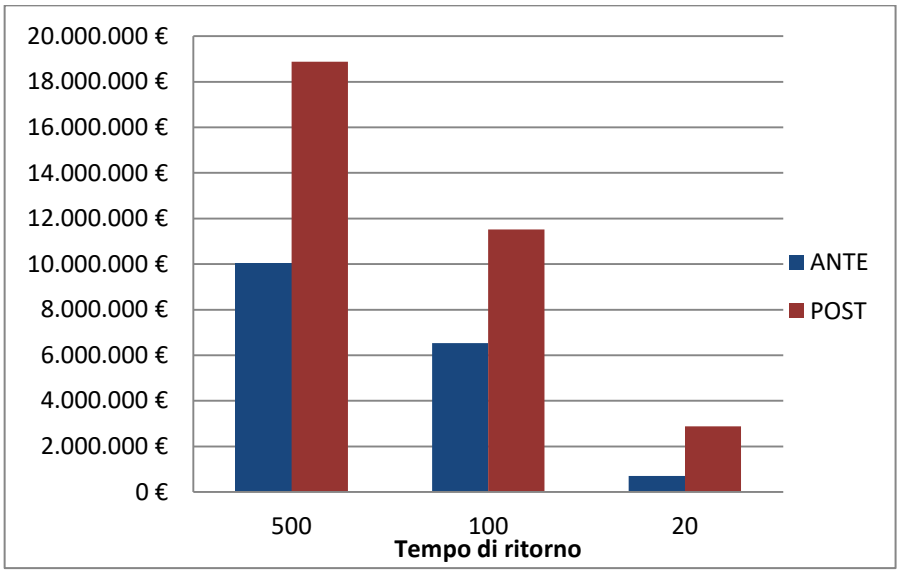



*Figura 7.17 - Confronto tra gli indici di danno potenziale ante e post operam per i differenti TR, OMI locale*

Questo grafico mostra, indirettamente, il notevole aumento di danno potenziale a seguito della realizzazione del progetto, con percentuali simili al primo approccio.

Analizzando entrambi gli approcci non si nota una grande differenza di risultato, perciò è indifferente l'utilizzo del valore di esposizione OMI medio o locale; si potrebbe considerare anche solo il valore medio (di più facile individuazione) per effettuare una valutazione di massima in tempi brevi.

Oltre al danno potenziale sui recettori, di fondamentale importanza è la valutazione del danno che può subire il campo da golf a seguito di un evento alluvionale.

Per esso la valutazione dell'indice di danno appare più vicina al danno effettivo, e pertanto, nel seguito, si utilizzerà il termine di "danno potenziale" anziché di "indice di danno potenziale".

Per la stima dei costi, si farà riferimento al 'Prezzario di massima per le stime secondo il criterio del valore di costo di ricostruzione deprezzato per le unità immobiliari urbane a

destinazione speciale e particolare (Gruppi D ed E)', Capitolo 4, paragrafo 4.1.13: 'Campo di media qualità, di 18 buche campionato, realizzato su un'area di circa 40/50 ha, con ordinario progetto tecnico/paesaggistico, con ordinaria superficie a green, con limitati costi di movimento terra e limitato numero di laghetti/collinette, dotato campo prova e ordinario patrimonio arboreo:  da 80.000 a 100.000 €/buca'.

Si considera il valore massimo pari a 100.000 €/buca. In generale, un campo da golf con 18 buche richiede un'area complessiva di almeno 60 ha ($60*10^4$ $m^2$), di conseguenza una singola buca ha un'area pari a 3,3 ha. Il costo a metro quadro risulta essere di 3 €/$m^2$. Il campo esistente presenta 9 buche con un'area di circa 30 ha e quindi un valore esposto di 900.000,00 €; dopo l'ampliamento che prevede l'aggiunta di ulteriori buche per un'area complessiva di circa 40 ha, si avrà un valore esposto pari a 1.200.000,00 €.
Considerando una curva di vulnerabilità che valuta il 100% del danno in caso di sommersione del green (con probabile deposito di melme e sedimi) si ottiene che, in caso di sommersione, il danno potenziale del green, per sommersione a partire da TR 20 anni è di 1.200.000,00 €.

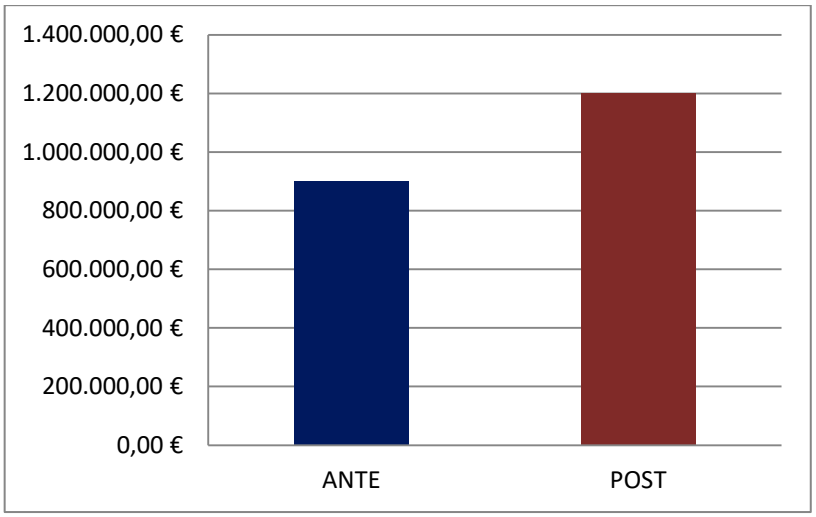



*Figura 7.18 – Confronto danno potenziale campo da golf ante e post*

In conclusione si può affermare che, con la realizzazione del progetto si avrà un aumento non trascurabile del danno potenziale e quindi del rischio. Infatti, considerando la piena centennale, l'indice di danno medio annuo stimabile è circa 100.000,00€.

Questo metodo, pur caratterizzato da incertezze e limitazioni, è in grado di fornire un ordine di grandezza dell'incremento del danno conseguente ad un eventuale ampliamento dell'edificato e del relativo rischio associato ad un certo Tempo di ritorno

# CAPITOLO VIII

# CONCLUSIONI

L'obiettivo del lavoro di Tesi è stato la definizione e validazione di una metodologia quantitativa per la valutazione del danno alluvionale e, conseguentemente, del rischio. Il nodo più complesso da affrontare, per quanto riguarda l'ottemperanza agli adempimenti previsti dalla Direttiva 2007/60/CE e dal D. Lgs. 49/2010, appare quello di definire delle procedure condivise per pervenire alla redazione delle mappe di rischio quanto più possibile omogenee nel fornire le informazioni necessarie all'utilizzatore. Il fine non è tanto quello di individuare un metodo universale per il calcolo del valore esatto del rischio, attività affetta da numerose incertezze, quanto di sperimentare nel nostro Paese una metodologia che sia in grado di definire l'ordine di grandezza del danno utilizzando dati a disposizione della Pubblica Amministrazione e software gratuiti.

Nella presente Tesi di laurea, dopo aver effettuato una panoramica sul concetto di rischio idraulico e delle sue componenti, sulle norme in materia di acque e sulle metodologie esistenti per la sua valutazione, si introduce il metodo quantitativo dell'Indice di Rischio Proporzionale e l'analisi di tre differenti casi (fiume Tanaro, Bormida di Millesimo e Po) colpiti gravemente durante l'alluvione del novembre 2016 con lo scopo di mostrare la robustezza del metodo ma, al contempo, anche le limitazioni insite in esso. Al termine si è effettuata una valutazione del danno futuro a seguito di un ampliamento delle costruzioni nel fondovalle di Fondotoce, Verbania.

L'implementazione della metodologia I.R.P. ha richiesto dei software liberi, un approccio basato sul Gis e la disponibilità di database; per i recettori e l'uso del suolo si fa riferimento alle banche dati BDTRE Regione Piemonte, per il valore di esposizione si considerano i database OMI. Quindi, i punti di forza di questa metodologia sono la semplicità, la rapidità nell'ottenere una stima dell'ordine di grandezza del danno e un costo nullo per l'acquisizione dei dati ma, contemporaneamente, è richiesto un approccio tecnico/ingegneristico al fine di ottenere una mappatura del rischio inondazione coerente.

Le principali incertezze che possono influenzare sulla valutazione del rischio, in un dato ambito territoriale, sono rappresentate dalla qualità dei set di dati disponibili allo stato attuale, in particolar modo per la vulnerabilità e l'esposizione come già anticipato nel paragrafo 6.5.

Mappe di uso del suolo dettagliate e uniformi sono il prerequisito per effettuare i calcoli relativi al rischio di piena, poiché determinano cosa è soggetto a danno in caso di inondazione. L'individuazione delle varie categorie o classi di uso del suolo deve tenere conto del fatto che un maggior livello di dettaglio dei tematismi si rende necessario lì dove i danni potenziali sono maggiori (aree edificate, industrie, infrastrutture), mentre un minor livello di dettaglio può essere utilizzato lì dove i danni sono inferiori (aree a pascolo, agricole, ecc.).[23] Un lavoro futuro potrebbe essere la creazione di database in continuo aggiornamento che contengano una suddivisone in classi d'uso uniforme per tutto il Paese, in modo tale da poter associare facilmente ad esse una categoria d'uso OMI per la valutazione dell'esposizione. Per quanto concerne la vulnerabilità degli elementi, la maggior parte delle Autorità di Bacino ha adottato un coefficiente di vulnerabilità uguale ad uno, assumendo un danno massimo in caso di evento. Nei casi in cui invece si ha una stima della vulnerabilità, quasi sempre essa è diversificata in 4 classi e l'attribuzione ad una classe piuttosto che ad un'altra viene condotta sulla base di valutazioni qualitative e criteri soggettivi. Bisogna cercare di svincolarsi dalla soggettività ed individuare delle curve adattabili al territorio italiano, in base anche alle tipologie edilizie esistenti.

In termini generali, l'identificazione di un metodo di calcolo utile per la stima del rischio da alluvione e del danno ha molte utilità in più ambiti:

- Aggiornamento delle mappe di rischio come previsto dalla Direttiva 2007/60/CE;
- Valutazione dell'efficienza delle opere di mitigazione del rischio alluvionale: calcolare $I.R.P._{ante}$ e $I.R.P._{post}$ (dopo la realizzazione delle opere di difesa) e valutare i benefici in termini di riduzione del danno atteso;
- Prevenzione del rischio di inondazioni: la stima dei danni causati durante un alluvione in una determinata area è un fattore decisionale per la scelta di qualsiasi misure preventive; poiché le risorse finanziarie disponibili a livello nazionale e regionale sono scarse, la giustificazione oggettiva degli elevati costi che spesso richiedono tali politiche è un prerequisito importante per la loro attuazione;
- Piano di gestione delle emergenze: la conoscenza dell'entità e della distribuzione spaziale del danno atteso rappresentano informazioni essenziali per la fornitura di adeguati sistemi di emergenza e di allarme della popolazione. Questo può essere un supporto anche in preparazione, revisione e aggiornamento dei piani di gestione delle emergenze da parte della Protezione Civile;

- Pianificazione territoriale: valutare il danno causato da un alluvione in condizioni attuali e quello che si avrebbe in condizioni future; confrontando le diverse soluzioni progettuali si effettua un'analisi costi-benefici e si deduce la fattibilità dell'intervento;
- Regimi assicurativi: per fissare gli importi dell'assicurazione contro le alluvioni;
- Scelte precauzionali di imprese e cittadini: i singoli cittadini possono essere interessati a conoscere il danno a cui le loro proprietà sono potenzialmente esposte.

L'estensione della metodologia, nei vari ambiti indicati, all'intero territorio nazionale è funzione della disponibilità e della omogeneità dei database disponibili.
In Regione Piemonte è stato possibile lo sviluppo del metodo in esame grazie: alle numerose ricerche e sviluppi effettuati dal Settore Difesa del Suolo coadiuvato dall'Ing. Franzi e altri studenti del Politecnico che precedentemente hanno descritto dettagliatamente la metodologia applicandola a differenti casi; alla presenza di una banca dati (BDTRE) in continuo aggiornamento e usufruibile da chiunque che contiene tutti i dati geografici del territorio.
In conclusione, si può affermare che il metodo utilizzato per quantificare il rischio idraulico fornisce uno strumento utile a supportare, durante le fasi decisionali, le Pubbliche Amministrazioni o qualsiasi altro Ente al fine di individuare le soluzioni progettuali più idonee per la mitigazione del rischio.

# ALLEGATO

Tabella delle corrispondenze tra le categorie d'uso degli edifici della banca dati BDTRE e le categorie d'uso della banca dati OMI.

| CATEGORIA BDTRE | CATEGORIA OMI |
|---|---|
| agricolturale | produttivo |
| allevamento | produttivo |
| abitativa | residenziale |
| amministrativo | terziario |
| biblioteca | terziario |
| campeggio | residenziale |
| carcere, | sensibile |
| caserma | sensibile |
| centrale | sensibile |
| cinema | produttivo |
| commerciale | commerciale |
| depuratore | sensibile |
| edificio accessorio alle strade | terziario |
| fattoria | residenziale |
| ferroviario | sensibile |
| fienile | produttivo |
| impianto di produzione energia | produttivo |
| inceneritore | sensibile |
| industriale | produttivo |
| istruzione | sensibile |
| laboratorio di ricerca | produttivo |
| luogo di culto | residenziale |
| militare | sensibile |
| municipio | sensibile |
| museo | terziario |
| palestra | produttivo |
| residenziale | residenziale |
| ricreativo | residenziale |
| rifugio montano | residenziale |
| sanità | sensibile |
| sede locanda albergo | residenziale |
| sede clinica | terziario |
| sede attività culturali | terziario |
| sede attività sportive | terziario |
| sede di centro commerciale | commerciale |
| sede di forze dell'ordine | sensibile |
| sede di ospedale | sensibile |
| sede poste e telegrafi | terziario |
| sede di scuola | sensibile |
| sede servizio socio assistenziale | terziario |
| sede di supermercato | commerciale |

| | |
|---|---|
| sede tribunale | terziario |
| sede vigili del fuoco | sensibile |
| sede di provincia | terziario |
| sede di regione | terziario |
| servizi di trasporto | sensibile |
| servizio pubblico | sensibile |
| stabilimento industriale | produttivo |
| stalla | produttivo |
| stazione autolinee | sensibile |
| stazione di comunicazioni | sensibile |
| stazione di trasformazione | sensibile |
| stazione passeggeri ferrovia | sensibile |
| stradale | sensibile |
| struttura alberghiera | residenziale |
| strutture ricettive | residenziale |
| teatro, auditorium | terziario |
| università | terziario |
| agricolturale | produttivo |

# SCHEDA B

**Ricognizione del fabbisogno per il ripristino del patrimonio edilizio privato**

**REGIONE ……**
**EVENTI …… DEL_____/_____/_____**

SEGNALAZIONE E QUANTIFICAZIONE DEL DANNO

(Autocertificazione ai sensi del D.P.R. 445/2000)

**COMUNE DI_____PROVINCIA_____**

Il/la sottoscritto/a_____

nato/a a_____il _____

residente a
_____CAP_____Indirizzo_____

Tel._____; Cell._____; Fax. _____

codice fiscale_____

Consapevole delle conseguenze penali previste dall'art. 76 del D.P.R. 445/2000 per le falsità in atti e le dichiarazioni mendaci

**DICHIARA**
**SOTTO LA PROPRIA RESPONSABILITA'**

**1)** che l'immobile è ubicato in

via / viale / piazza_____ n.

civico:_____; località:_____CAP_____

**L'immobile è**

☐ di proprietà ☐ in comproprietà
(nome del comproprietario:_____)

☐ altro diritto reale di godimento (specificare:_____)

☐ in locazione ☐ altro diritto personale di godimento
(nome del/i proprietario/i:_____)

☐ parte comune condominiale

**ed è**

☐ abitazione principale
☐ abitato ad altro titolo (nome del/i proprietario/i:_____)
☐ locato (nome del locatario:_____)
☐ non adibito ad abitazione principale e non locato (specificare:_____)

è stato:

☐ **distrutto**

☐ **dichiarato inagibile**

☐ **danneggiato**

☐ **danneggiato e ristrutturato ( ○ in parte - ○ totalmente)**

e che lo stesso:

☐ è stato evacuato dal_____al _____

(citare, se esistente, Ordinanza di sgombero n._____del_____)

- o a spese dell'Amministrazione Comunale o di altro Ente
- o a spese proprie

☐ non è stato evacuato

Descrizione sommaria dell'immobile

*tipologia strutturale:*

□ *cemento armato* □ *muratura* □ *altro (specificare)* _____

_____

_____

*n. piani dell'edificio in cui è ubicato:* _____

*n. piani occupati dall'immobile:* _____

*superficie abitabile: mq* _____

*superficie balconi, terrazze e pertinenze (cantine, sottotetti, box, etc…): mq*_____

*n. stanze e vani accessori:* _____

note:_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

**1)** che i danni riscontrati sono:

DESCRIZIONE GENERALE DEI DANNI
(con adeguata documentazione fotografica, se disponibile)

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

**2)** che da una prima sommaria valutazione, il fabbisogno per il ripristino strutturale e funzionale dell'immobile (strutture, impianti, finiture e serramenti, con esclusione di beni mobili ed elettrodomestici) può essere così quantificato:

| Ambito di intervento | Gravità del danno<br>0. *Nullo*<br>*1. Leggero*<br>*2. Medio-grave*<br>*3. Gravissimo-crollo* | Costo per il ripristino<br>*(in euro)* |
|---|---|---|
| Strutture portanti | | |
| Impianti | | |
| Finiture interne ed esterne | | |
| Serramenti | | |

**- TOT. EURO_____(in lettere €_____)**

**A tal fine si riserva di allegare apposita perizia asseverata, dalla quale risulti il nesso di causalità tra il danno accertato e l'evento per un importo non superiore a quello stimato sommariamente e dichiarato nel presente atto, redatta da un professionista esperto in materia, iscritto al relativo albo professionale, nel caso di esito positivo dell'istruttoria di accesso all'eventuale contributo.**

Il sottoscritto dichiara, inoltre:

☐ Di non aver titolo a risarcimenti da compagnie assicurative

☐ Di aver titolo di rimborso da compagnie assicurative

- ○ per l'importo complessivo di Euro_____
- ○ importo in corso di quantificazione

e di aver versato nell'ultimo quinquennio un premio assicurativo pari a Euro_____

☐ Che le unità immobiliari danneggiate non sono state realizzate in difformità o in assenza delle autorizzazioni o concessioni previste dalla legge

☐ Che i danni denunciati sono stati causati dall'evento del _____

**Il sottoscritto prende atto che la presente segnalazione e' prodotta esclusivamente ai fini della ricognizione prevista dall'articolo 5, comma 2, lett. *d)*, della legge n. 225 del 1992, e s.m.i., e non costituisce riconoscimento automatico di eventuali contributi a carico della finanza pubblica per il ristoro dei danni subiti.**

*Data*_____*Firma del dichiarante*_____

Documentazione allegata:

☐ documentazione fotografica

☐ fotocopia di documento di riconoscimento in corso di validità

☐ altro _____

_____

_____

# BIBLIOGRAFIA


AdBPo, *Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)*, Legge 18 Maggio 1989, n. 183, art. 17, comma 6-ter, 1999.

AdBPo, *Progetto di Variante al PAI: mappe della pericolosità e del rischio di alluvione ai sensi dell'art.6 della Direttiva 2007/60/CE e del D.Lgs. n.49 del 23.02.2010*. Torrente Orco da Cuorgnè a confluenza Po, Analisi idraulica. Settembre 2012.

AdBPo, *Piano per la valutazione e la gestione del rischio di alluvioni.* Art. 7 della Direttiva 2007/60/CE e del D.lgs. n. 49 del 23.02.2010 (Marzo 2016). I A. Inquadramento generale, II A. Mappatura della pericolosità e valutazione del rischio, III A. Relazione di piano.

AdBPo, *Valutazione globale provvisoria dei problemi relativi alla valutazione e gestione del rischio di alluvione nel distretto del Fiume Po.* Direttiva 2007/60/CE e del D.Lgs. n. 49 del 23.02.2010. Giugno 2013.

Direttiva 2007/60/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 23 ottobre 2007, relativa alla valutazione e alla gestione dei rischio di alluvioni.

D.Lgs. 23 febbraio 2010, n.49, "Attuazione della Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni", pubblicato sulla Gazzetta ufficiale della Repubblica Italiana n.77 del 2 aprile 2010.

D.P.C.M. 29 settembre 1998, "Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, del decreto-legge 11 giugno 1998, n. 180".

D.P.C.M. 28 maggio 2015 "Individuazione dei criteri e delle modalità per stabilire le priorità di attribuzione delle risorse agli interventi di mitigazione del rischio idrogeologico".

Floodsite, *Evaluating flood damages: guidance and recommendations on principles and methods*, Report Number T09-06-01, UFZ, Gennaio 2007.

Floodsite, *Flood risk assessment and flood risk management. An introduction and guidance based on experiences and findings of FLOODsite (an EU-funded Integrated Project),* Report Number T29-09-01, WL, Febbraio 2009.

Franzi L. (2012). *Flood Risk Management in Rivers and Torrents, Risk Management for the Future - Theory and Cases*, edited by Jan Emblemsvåg (Ed.), ISBN:978-953-51-0571-8. Available from: https://www.intechopen.com/books/riskmanagement-for-the-future-theory-and-cases/rivers-and-torrents-flood-risk-assessment

Franzi L., A. Pezzoli and A. Besana (2016a). *Flood Lamination Strategies for Risk Reduction,* River Basin Management, Prof. Daniel Bucur (Ed.), InTech, DOI: 10.5772/63553. Available from: http://www.intechopen.com/books/river-basin-management/flood-lamination-strategies-for-risk-reduction

Franzi L., G. Bianco, A.Bruno, S. Foglino (2016b), *Flood risk assessment and quantification in Regione Piemonte*; DeGruyter ed. - ISBN 978-3-11-048079-5, Tiepolo Ed.

Huizinga, J., Moel, H. de, Szewczyk, W. (2017). *Global flood depth-damage functions. Methodology and the database with guidelines.* EUR 28552 EN. doi: 10.2760/16510. JRC Technical Reports.

ISPRA. *Proposta metodologica per l'aggiornamento delle mappe di pericolosità e di rischio. Manuale e linee guida*. Pubbl. 82/2012. ISBN 978-88-448-0571-5.

MATTM - Ministero Dell'ambiente, Della Tutela Del Territorio E Del Mare; *Indirizzi operativi per l' attuazione della direttiva 2007/60/ce relativa alla valutazione ed alla gestione dei rischi da alluvioni con riferimento alla predisposizione delle mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni* (Decreto Legislativo N. 49/2010). Gennaio 2013

P. Arnaud, C. Cavallo, A. Cotroneo, E. Menardi, G. Ricca, S. Sartini, P. Verrua. *Metodo multidisciplinare di analisi del rischio idraulico del fiume Bormida di Millesimo a seguito delle alluvioni '94 e 2016'.*

Regione Lombardia, 2014, *Progetto DAMAGE. I risultati raggiunti dalla regione Lombardia. Damage - Développement d'actions pour le marketing et la gestion post-événement* INTERREG IIIB MEDOCC. ISBN 978-88-903023-7-4, Edizioni Società Meteorologica Subalpina (disponibile on-line a http://www.irpi.to.cnr.it/?page=ebooks)

Re.N.Di.S.- *Repertorio nazionale degli interventi per la difesa del suolo*. Pier Luigi Gallozzi, Federica Lancia, Fabio Pascarella, Giorgio Vizzini.

UNDRO, *Natural Disasters and Vulnerability Analysis*. Report of Expert Group Meeting, 9-12 July 1979. Office of the United Nations.

## Siti internet di riferimento:

Agenzia delle Entrate (Osservatorio del Mercato Immobiliare)
http://www.agenziaentrate.gov.it/wps/content/Nsilib/Nsi/Documentazione/omi/

Comune di Torino (Geoportale)
http://www.comune.torino.it/geoportale/

Floodsite
www.floodsite.net

Natural Hazards Earth System Sciences
http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/volumes_and_issues.html

Regione Piemonte
http://www.regione.piemonte.it