

La modalità di valutazione probabilistica evidenzia l'incertezza insita nella definizione del concetto di pericolosità. Se nella memoria di quel territorio un evento di una certa intensità si è verificato una sola volta o non ce ne è addirittura traccia, c'è una estrema incertezza, se non impossibilità, nel definire un periodo di ritorno<sup>6</sup>. Ciò non vuol dire che quel fenomeno, con quella intensità, non sia possibile in quel territorio. Pertanto, qualora non siano disponibili storie di eventi sufficientemente estese nel tempo, tali da comprendere un numero adeguato di eventi dell'intensità che stiamo considerando, occorre ricorrere a modellazioni più sofisticate, che sfruttino alcune proprietà intrinseche al pericolo che si sta esaminando (sismico, vulcanico, di alluvione, di frana, ecc.) per potere estrapolare dalle situazioni verificate nel passato le probabilità di quelle che potrebbero verificarsi in futuro (vedi Approfondimento 11).

PERICOLOSITÀ SISMICA

ZONA

ACCELERAZIONE CON PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO PARI AL 10% IN 50 ANNI

1

$ag > 0.25$  (ag = accelerazione di gravità)

2

$0.15 < ag \leq 0.25$

3

$0.05 < ag \leq 0.15$

4

$ag \leq 0.05$

Suddivisione delle zone sismiche in relazione all'accelerazione di picco su terreno rigido (Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519/2006)

PERICOLOSITÀ IDRAULICA

Scenari di pericolosità da ALLUVIONE


a) alluvioni rare di estrema intensità: tempo di ritorno fino a 500 anni dall'evento (**bassa probabilità**);

b) alluvioni poco frequenti: tempo di ritorno fra 100 e 200 anni (**media probabilità**);

c) alluvioni frequenti: tempo di ritorno fra 20 e 50 anni (**elevata probabilità**).

Decreto Legislativo n. 49/2010 – Attuazione della Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni

PERICOLOSITÀ VULCANICA



Scenario di riferimento al Vesuvio: eruzione sub-pliniana con **probabilità di superamento del 5%**

Zona Rossa esposta a pericolo di invasione da colate piroclastiche

Zona Gialla esposta a pericolo di caduta di cenere (ca. 30 cm)

<sup>6</sup> Questo è un punto chiave. Prima della capacità di misure strumentali degli eventi naturali ci si poteva affidare solo alla narrativa storica, oltre che, in qualche caso, alle evidenze archeologiche o geologiche. E il fatto che un evento non sia riportato non significa che non sia avvenuto. Da quando si misurano i fenomeni con strumenti (come ad esempio sismometri per i terremoti, drometri per i livelli dei fiumi, pluviometri per le piogge) la nostra capacità di definire le probabilità di accadimento sono aumentate di molto. Purtroppo, però, non misuriamo ancora tutti i fenomeni. Per esempio, non misuriamo tutte le frane e le valanghe.

Per quanto riguarda la pericolosità sismica, la cui valutazione deriva da modellazioni complesse per le quali la conoscenza dei terremoti del passato è solo uno degli elementi costitutivi, una misura che si usa per descrivere lo scuotimento del terreno causato da un terremoto è l'accelerazione massima che esso subisce nel corso della scossa (vedi Approfondimento 2). Pertanto, nelle mappe di pericolosità sismica, per ogni punto di una griglia molto fitta del territorio nazionale sono valutate le accelerazioni, al netto delle possibili amplificazioni dovute alle caratteristiche geologiche e morfologiche del sito, che hanno diverse probabilità di superamento in 50 anni. In particolare, la mappa più conosciuta è quella relativa ad una probabilità pari al 10% in 50 anni<sup>7</sup>, equivalente a un periodo di ritorno di 475 anni (Figura 11). Sulla base di tali accelerazioni, le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC, 2018) permettono di stabilire i livelli di resistenza sismica di progetto delle costruzioni da realizzare o da rafforzare. Sulla base della stessa mappa di pericolosità, il territorio è suddiviso in quattro zone sismiche, con pericolosità decrescente dalla zona 1 alla zona 4 (Figura 13). La suddivisione in zone ha solo una valenza di tipo tecnico-amministrativo, soprattutto per stabilire il tipo di controllo sui progetti in zona sismica.

Se la sismicità di un territorio, e dunque la sua pericolosità sismica, non è modificabile da parte dell'uomo, la vulnerabilità sismica delle costruzioni può invece essere significativamente ridotta. A tal fine, a partire dal terremoto calabro-messinese del 1908, lo Stato è intervenuto classificando progressivamente il territorio in zone sismiche sulla base principalmente dell'intensità e della frequenza dei terremoti del passato, e ha previsto norme specifiche per la progettazione delle costruzioni in tali zone. Come abbiamo visto, l'intero territorio italiano è caratterizzato da una pericolosità sismica diversificata, rispetto alla quale sono in vigore norme di progettazione/realizzazione antisismica per ridurre le conseguenze dei terremoti sugli edifici di nuova progettazione. Tuttavia, la sfida più impegnativa è quella di ridurre la vulnerabilità degli edifici esistenti, delle infrastrutture e del patrimonio edilizio. Si consideri che anche se le prime norme antisismiche e la prima classificazione sismica del territorio dello Stato italiano risalgono al 1909, si è dovuto aspettare il 2003 (Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003) perché tutto il territorio italiano fosse classificato come sismico e, quindi, che le norme antisismiche fossero applicate sull'intero territorio nazionale (Figura 13).

Figura 12 (pagina 96). Tre modi diversi di esprimere la pericolosità. La classificazione sismica in Italia individua quattro zone fissando tre soglie di intensità dello scuotimento, espressa in termini di accelerazione massima del terreno (vedi Approfondimento 2), così come rappresentata nella mappa di pericolosità sismica relativa a 475 anni di periodo di ritorno (probabilità 10% in 50 anni). La pericolosità idraulica classifica gli scenari di evento facendo riferimento a tre diversi periodi di ritorno, 500, 100-200, e 20-50 anni. La pericolosità vulcanica delinea scenari di riferimento sui quali basare le azioni di protezione civile individuando le zone soggette ai fenomeni vulcanici più dannosi e identificando uno scenario che non verrà superato nel 95% delle eruzioni che potranno avvenire.

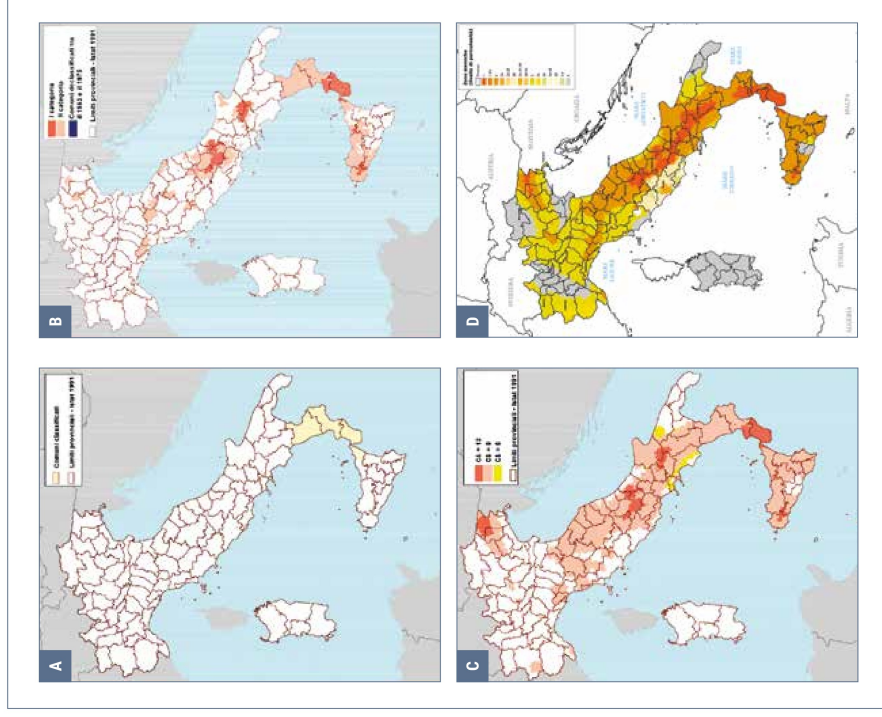
<sup>7</sup> 50 anni è il valore assunto convenzionalmente come vita nominale di riferimento di una costruzione di caratteristiche ordinarie. Ciò ovviamente non significa che la costruzione, al termine di tale periodo, debba essere istantaneamente dismessa, ma piuttosto che essa richiede una particolare attenzione in relazione al possibile deterioramento dei materiali e ai cambiamenti normativi e delle condizioni di utilizzazione, e potrebbe dover essere soggetta a rivalutazione, a manutenzione straordinaria o, al limite, essere dismessa.

96

97

Figura 13. Mappe

di classificazione sismica del territorio nazionale. **A.** Prima classificazione, del 1909, emanata successivamente al terremoto calabro-messinese del 1908, in cui si prevede un'unica categoria. **B.** Classificazione in vigore a partire dal 1975, dalla mappa si vede chiaramente come le zone vengano classificate come sismiche, in due categorie, dopo l'accadimento di singoli terremoti a partire dal 1900, come il terremoto di Avezzano del 1915 o quello dell'Irpinia del 1930. **C.** Classificazione secondo tre categorie sismiche, in vigore dopo il 1984, in cui per la prima volta si è tenuto conto delle conoscenze sui terremoti storici e in generale sulla pericolosità sismica. **D.** Classificazione sismica attualmente in vigore, aggiornata al 31 gennaio 2020; tutto il territorio risulta classificato in quattro zone sismiche principali.



Gran parte del costruito, del secolo scorso e ancora prima, è quindi precedente all'obbligo di applicazione di qualsiasi norma sismica e ciò rende mediamente elevata la sua vulnerabilità sismica. Sono dunque necessari ingenti investimenti e strategie razionali di riduzione del rischio, basate su valutazioni del rischio ben fondate (Figura 17) e analisi costi-benefici per ottimizzare l'utilizzo degli investimenti futuri nella prevenzione sismica.

Nel caso della pericolosità vulcanica, vi sono diverse misure e informazioni che possono aiutare nella classificazione delle eruzioni. Una classificazione delle eruzioni vulcaniche si ottiene dalla combinazione di dati quantitativi (come volume dei prodotti emessi, frammentazione del magma e altezza del-

la colonna eruttiva) e/o da osservazioni qualitative (vedi Approfondimento 4). Anche nel caso delle eruzioni vulcaniche, lo scenario di riferimento per le attività di protezione civile deve essere valutato in termini di probabilità. Ad esempio, andando a verificare la storia dei vulcani – come per il Vesuvio o i Campi Flegrei – si può osservare come questa sia fatta di attività di tipo stromboliano, subpliniano o anche pliniano (vedi Approfondimento 4). Tuttavia, l'insieme degli eventi classificabili come subpliniani e stromboliani corrisponde al 95% di quelli accaduti; pertanto si può stimare che, posto che ci sia un evento eruttivo, la probabilità che sia di tipo subpliniano o stromboliano è del 95%. Le azioni del sistema di protezione civile, in questo caso, sono state quindi calibrate rispetto ad uno scenario subpliniano. Un'eruzione di tipo pliniano è sempre possibile, ma ha una probabilità di accadimento molto più bassa, pari al 5%.

Occorre sottolineare che, differentemente da quanto visto per la pericolosità sismica, le probabilità di accadimento di determinati tipi di eruzione per i vulcani non sono riferite a un predefinito intervallo temporale (ad esempio 50 anni), ma alla condizione che l'evento avvenga (probabilità condizionata). Per esempio, nel caso del piano di protezione civile per il Vesuvio, è stato preso a riferimento uno scenario eruttivo subpliniano come quello verificatosi nel 1631. Nella definizione di uno scenario di pericolosità vulcanica, oltre alla storia eruttiva del vulcano, vengono comunque presi in considerazione anche altri fattori, relativi ad esempio allo stato attuale del vulcano (come la quantità di magma disponibile per la prossima eruzione, i cui volumi sono stimati dai vulcanologi con metodi sofisticati di indagine della camera magmatica nel sottosuolo); sono inoltre realizzate delle simulazioni computerizzate attraverso elaborati modelli numerici, che consentono di identificare l'area che può essere invasa da flussi piroclastici (Zona Rossa) o quella interessata da notevoli ricadute di cenere (Zona Gialla). Anche in questi casi, le incertezze di conoscenza e di modellazione dei fenomeni portano necessariamente all'adozione di valutazioni probabilistiche.

Per gli scenari di pericolosità da alluvione, i tempi di ritorno da prendere in considerazione vengono dettati dalla Direttiva alluvioni (Direttiva 2007/60/CE), che definisce di bassa probabilità le alluvioni con tempi di ritorno di 500 anni, di media probabilità quelle con tempo di ritorno tra 100 e 200 anni, e frequenti quelle che hanno un tempo di ritorno fra 20 e 50 anni. La connessa perimetrazione di aree inondabili ha valenza per la pianificazione territoriale, in quanto pone dei vincoli per la trasformazione del territorio, ad esempio per la realizzazione di nuove strutture e infrastrutture o per le modifiche dell'edificato esistente. Le



alluvioni che si verificano più spesso sono considerate più pericolose, anche se hanno "magnitudo" minore. In considerazione della fragilità del territorio, dovuta anche alla sempre più diffusa antropizzazione, e dei cambiamenti climatici, che comportano l'intensificazione di fenomeni intensi e localizzati, per la gestione del sistema di allertamento (vedi Approfondimento 13) e l'emissione delle allerte si fa riferimento a sistemi di soglie pluviometriche basate su tempi di ritorno minori di 20-50 anni. Va rilevato che il calcolo del tempo di ritorno (vedi Approfondimento 11) tiene conto di diverse incertezze insite nell'analisi statistica. Pertanto, per esempio, la città di Genova è stata interessata negli ultimi anni da una serie di eventi che sulla base delle serie storiche disponibili risultano avere tempi di ritorno ultracentenari, ma che se riferiti agli ultimi 10 anni hanno tempi di ritorno molto più bassi.

Ecco alcuni esempi:

- evento di piena del bacino del fiume Arno, 4 novembre 1966. Ha causato 35 vittime. È stato valutato un tempo di ritorno dell'ordine di 200 anni;
- evento di piena del bacino del fiume Po, 6 novembre 1994. Ha interessato il territorio delle province di Cuneo, Asti e Alessandria in Piemonte, causando 70 vittime. È stato valutato un tempo di ritorno dell'ordine di 200 anni;
- evento alluvionale nella Regione Veneto, 31 ottobre-2 novembre 2010. Ha causato ingenti danni, soprattutto a causa di rotte arginali, due vittime ed un disperso. È stato valutato un tempo di ritorno dell'ordine di 50 anni;
- evento di piena del bacino del fiume Tevere, 11-12 novembre 2012. Ha interessato il fiume Paglia e la città di Orvieto, e ha causato ingenti danni ma nessuna vittima in quanto si è verificato nelle prime ore del giorno. È stato valutato un tempo di ritorno maggiore di 200 anni.

### ► 5.2 Esposizione

Per quanto riguarda l'esposizione (vedi Approfondimento 1 e Glossario), nell'area considerata dallo scenario di evento prefigurato o nel territorio coperto dalle mappe di pericolosità, i beni esposti sono espressi di solito in termini di numero di elementi (persone presenti, edifici, ecc.) o di valore economico, ove possibile, o in termini di altre grandezze meglio correlabili al valore economico (volume o superficie complessiva per le costruzioni, ecc.). Nella Figura 14 è riportato, per esempio, il numero di persone che risiedono in Italia

nelle diverse zone soggette a pericolosità sismica, vulcanica, da frana o da alluvione. Si tratta di dati statistici derivati dai censimenti dell'ISTAT-Istituto Nazionale di Statistica, riferiti ai cittadini residenti, e quindi caratterizzati da incertezza se si guarda al numero di persone effettivamente presenti in quelle aree nel momento considerato. I dati del censimento sono infatti significativi alla macroscala, perché seguono un'evoluzione connessa all'aggiornamento dei dati ISTAT e non tengono conto, ad esempio, delle fluttuazioni giornaliere e stagionali. Si consideri il caso della popolazione esposta al rischio vulcanico nell'isola di Stromboli nella Figura 14, dove si è voluto evidenziare, diversamente da tutti gli altri numeri riportati, l'esposizione in pieno periodo estivo, con circa 5 mila persone, rispetto all'esposizione in periodo invernale, per la quale si sono conteggiati i soli residenti.

Occorre osservare come l'esposizione si correli fortemente al concetto di consumo del suolo (Figura 15) e quindi al governo del territorio con cui si regola l'urbanizzazione di nuove aree, che deve tener conto della pericolosità di queste per evitare di aumentare il rischio incrementando l'esposizione.

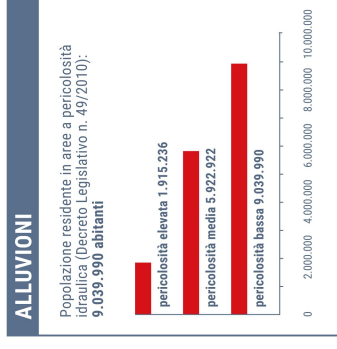
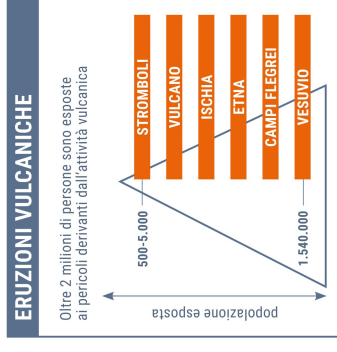
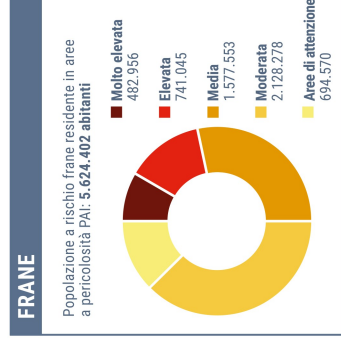
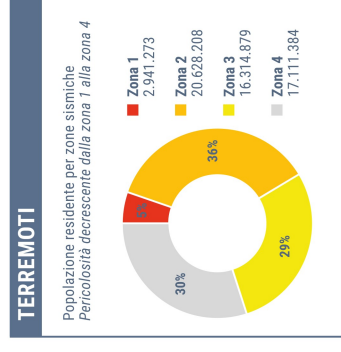


Figura 14. Popolazione residente in aree esposte al pericolo di terremoti, frane, eruzioni vulcaniche e alluvioni. In molti casi i diversi pericoli coesistono, anche se raramente i fenomeni corrispondenti avvengono contemporaneamente o con tempistiche ravvicinate. Fonti (da sinistra a destra):

Terremoti, Istituto Nazionale di Statistica 2001; Frane, Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale 2018; Eruzioni vulcaniche, Dipartimento della Protezione Civile 2018; Alluvioni, Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale 2015.