

AperTO - Archivio Istituzionale Open Access dell'Università di Torino

Pericolosità e rischio geomorfologico in Italia: concetti e criticità

This is the author's manuscript

Original Citation:

Availability:

This version is available <http://hdl.handle.net/2318/1768111> since 2021-01-21T18:05:30Z

Terms of use:

Open Access

Anyone can freely access the full text of works made available as "Open Access". Works made available under a Creative Commons license can be used according to the terms and conditions of said license. Use of all other works requires consent of the right holder (author or publisher) if not exempted from copyright protection by the applicable law.

(Article begins on next page)

Pericolosità e rischio geomorfologico in Italia: concetti e criticità

Annalisa Bove ¹, Luciano Masciocco ^{2,*}

¹ Geologo, libero professionista; annalisa.bove@geologiapiemonte.it

² Dipartimento di Scienze della Terra – Università di Torino; luciano.masciocco@unito.it

* Corresponding author

Abstract: Col termine pericolosità geomorfologica si intendono le condizioni favorevoli all'insorgere di fenomeni calamitosi sulla superficie terrestre, quali frane e alluvioni. Mentre si può parlare di pericolosità (che implica la valutazione della probabilità) per le alluvioni, per la stabilità dei versanti è più corretto utilizzare il termine suscettibilità alle frane, in quanto è molto difficile riferirsi a un tempo di ritorno per tali eventi. Le cause di tali fenomeni sono da ricercarsi soprattutto nelle piogge intense: l'acqua che defluisce in superficie può dar luogo alle inondazioni, mentre l'acqua che si infiltra può provocare le frane. Se un bene (come un'abitazione) è esposto in una zona pericolosa, si dice che è a rischio. È intuitivo capire come sarebbe semplice annullare il *rischio geomorfologico*. Il rischio R infatti è definito come il prodotto della pericolosità H per i due parametri del bene esposto: la sua vulnerabilità V e il suo valore E . Basterebbe non costruire in zone suscettibili da frana né vicino ai corsi d'acqua, annullando così gli ultimi due fattori del prodotto. Attualmente molti edifici sorgono o in zone suscettibili alle frane o in zone pericolose dal punto di vista idrologico. In questi casi, lo Stato permette la permanenza degli edifici cercando di mitigare il rischio attraverso la realizzazione di difese e/o interventi che abbassano la vulnerabilità dei beni esposti, ma che quasi mai riducono la pericolosità della zona. Il problema è che una volta realizzate le difese, in tali zone si consente la realizzazione di nuove costruzioni. Poiché il normale cittadino non può avere le competenze per una valutazione personale della pericolosità geomorfologica, si propone l'inserimento della classe di pericolosità nell'atto di compravendita di una casa. Nel caso in cui agli interventi segua un improvvido abbassamento della classe di pericolosità, si propone l'assicurazione obbligatoria per le abitazioni contro le catastrofi naturali.

Parole chiave: piogge intense; suscettibilità alle frane; alluvioni; pericolosità geomorfologica; rischio geomorfologico;

1. Introduzione

Lo sviluppo socio-economico e demografico ha portato nel nostro Paese allo sfruttamento e all'occupazione di zone pericolose dal punto di vista geomorfologico. In modo particolare si è costruito nei fondovalle e nelle piane alluvionali senza tenere conto della loro tendenza evolutiva, determinando in questo modo un incremento significativo del rischio idrologico.

L'attuale normativa prevede l'individuazione delle aree a diversa pericolosità geomorfologica a livello comunale e la realizzazione di cartografie di sintesi da utilizzare nei piani regolatori.

Una buona gestione del territorio potrebbe quindi consentire di prevenire il rischio per la popolazione non costruendo più in zone pericolose e di mitigarlo approntando difese per le costruzioni già esistenti in tali zone.

Purtroppo in Italia, oltre al dramma dell'abusivismo, si devono evidenziare delle situazioni che pur rientrando nella normativa, comportano sostanziali criticità nell'ambito dell'occupazione delle zone pericolose.

Nella memoria si introduce il concetto di *pericolosità geologica* per poi descrivere la *pericolosità geomorfologica*, a partire dalla *pericolosità dalle piogge intense*, fino alla *valutazione*

della suscettibilità alle frane sui rilievi e alla valutazione delle pericolosità idrologica negli impluvi; si passa poi a descrivere il rischio geomorfologico, mettendo in luce le incongruenze della normativa attuale e le criticità da essa poste in essere; nelle conclusioni, infine, vengono suggerite alcune proposte normative.

2. La pericolosità geomorfologica

Per pericolosità geologica **H** (*Hazard*), si intende la **probabilità P** (*Probability*) che si verifichi un certo evento geologico calamitoso di una determinata **magnitudo M** (*Magnitude*):

$$H = P \cdot M \quad (1)$$

In particolare, col termine **pericolosità geomorfologica** si considerano le condizioni favorevoli all'innescio di fenomeni calamitosi sulla superficie terrestre, quali frane e alluvioni (Figg. 1 e 2); le cause sono da ricercarsi nei fenomeni atmosferici e in modo particolare nelle piogge intense con la loro pericolosità (probabilità e magnitudo).



Fig. 1. La frana staccatasi dal Monte Zandila il 28 luglio 1987 in Valtellina (40 milioni di m³): le forti piogge cadute tra il 18 e il 28 luglio furono la causa di inondazioni, frane e colate di fango che provocarono 53 morti, migliaia di sfollati e danni per circa 4000 miliardi di lire (ovvero circa 2 miliardi di euro).

C'è da puntualizzare che mentre si può parlare di alluvioni in termini probabilistici (pericolosità di alluvione), per quanto riguarda la stabilità dei versanti è più corretto utilizzare il termine suscettibilità del territorio alle frane piuttosto che pericolosità da frana, in quanto è molto difficile se non impossibile riferirsi a una probabilità o a un tempo di ritorno per tali eventi.

2.1 La pericolosità delle piogge

Le piogge intense rappresentano la principale causa di fenomeni pericolosi quali alluvioni e frane. Tutti noi abbiamo sovente esperienza diretta di eventi piovosi. All'inizio dell'evento, l'intensità della pioggia (cioè la quantità di pioggia che cade nell'unità di tempo) è minima e tutto ciò che piove si infiltra nel terreno. Man mano che continua a piovare, l'intensità della pioggia generalmente aumenta, mentre, a causa dell'inumidimento crescente, il terreno subisce una netta diminuzione della sua capacità di assorbimento. A un certo punto dall'inizio dell'evento (*ponding time*), il terreno non riesce ad assorbire tutta la pioggia, e la pioggia in eccesso o ristagna, se siamo

in pianura, o scorre superficialmente, se ci troviamo lungo un versante (Chow, 1988). La pioggia è così ripartita durante un evento in acqua che si infiltra e acqua che defluisce lungo i versanti.



Fig. 2. L'alluvione del Piemonte nel 1994: nei giorni 4, 5 e 6 novembre le province di Cuneo, Torino, Asti e Alessandria furono pesantemente colpite da un violento evento alluvionale che causò l'esondazione del F. Tanaro del T. Belbo e del F. Po, causando 68 vittime, 20mila miliardi (lire) di danni e 2mila sfollati.

L'acqua che defluisce in superficie può dar luogo ad erosione accelerata e alle inondazioni, mentre l'acqua che si infiltra, in zone acclivi, può provocare le frane.

Lo studio delle piogge ai fini della valutazione della pericolosità geomorfologica non è basato sulla valutazione di quanto piove mediamente nell'anno in una data regione (valutazione questa utile per il bilancio idrologico di un bacino e per la stima delle risorse idriche), bensì si incentra sulla conoscenza di come piove nella località oggetto della valutazione di pericolo idrologico.

Dai dati registrati dai pluviografi si estrapolano le piogge massime annue di durata 1, 3, 6, 12, 24 ore. Associando loro un valore della frequenza probabile o del suo reciproco, noto col nome tempo di ritorno, tali piogge vengono rappresentate mediante curve segnalatrici di probabilità pluviometrica:

$$h = a \cdot t^n \quad (2)$$

dove h = altezza di pioggia in mm; t = durata della pioggia in ore; a = altezza di pioggia di durata unitaria (1 ora); n = parametro che varia solitamente da 0,2 a 0,6.

Poiché l'esponente n è inferiore a 1, l'equazione (2) delinea un andamento delle piogge intense crescente con la durata dell'evento, ma meno che proporzionalmente. Questo comporta che l'intensità delle piogge intense (cioè il rapporto tra altezza e durata) diminuisce all'aumentare della durata (Fig. 3).

L'Autorità di Bacino del Po fornisce i parametri a ed n per aree quadrate di 2 km di lato su tutto il bacino del Po per Tr di 20, 50, 100 e 200 anni.

A livello regionale si possono trovare dati più aggiornati e già elaborati. Ad esempio, il servizio *Atlante delle piogge intense* dell'Arpa Piemonte consente di ricavare in un qualsiasi punto del territorio regionale le linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per assegnato tempo di ritorno per le durate da 10 minuti a 24 ore (Rif. WEB n. 1).

La valutazione della pericolosità delle piogge in un dato territorio si risolve quindi nel calcolo delle curve di probabilità pluviometrica che mettono in relazione le altezze di pioggia massima con la durata dell'evento e col tempo di ritorno (Maione e Moisello, 1993).

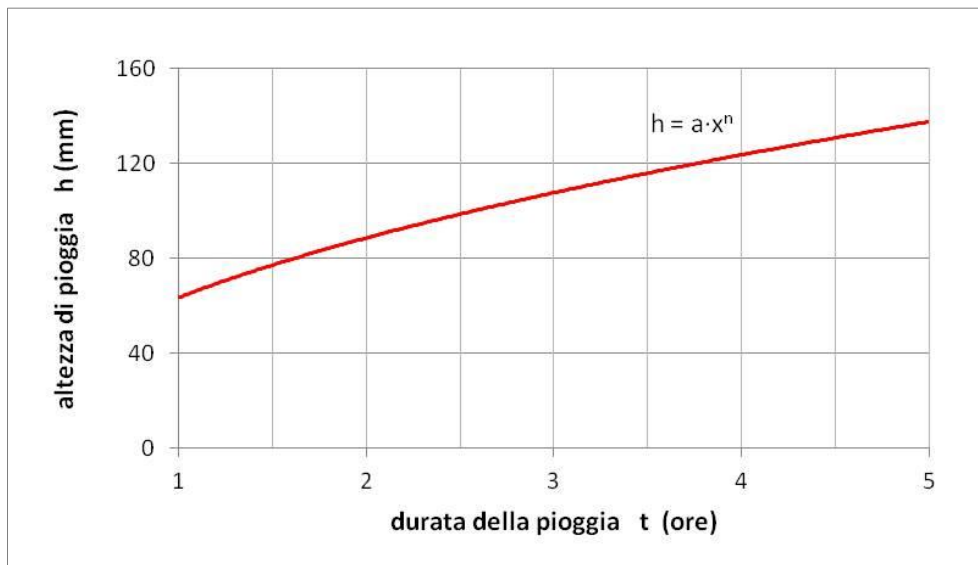


Fig. 3. Curva segnalatrice di probabilità pluviometrica per un determinato tempo di ritorno: l'intensità della pioggia diminuisce all'aumentare della sua durata.

2.2 La suscettibilità del territorio alle frane

Col termine frana vengono compresi i movimenti più o meno veloci di masse di terreno, talvolta modeste, altre volte enormi. Le frane possono essere innescate da scosse di terremoto, ma più spesso sono provocate dall'azione fluidificante e dalla spinta dell'acqua, che penetra in quantità nel terreno a seguito di piogge intense e prolungate, modificandone l'equilibrio.

L'equilibrio di un versante può essere modificato quando si verificano le seguenti circostanze (Benini, 1990):

1. incremento del peso.

Questo può essere provocato in vario modo; le cause più frequenti sono:

- aumento del peso specifico di uno strato di terreno per effetto della sua imbibizione. Infatti un terreno asciutto può avere un peso specifico di 1300 - 1500 kg/m³, un terreno bagnato 1700 - 1800 kg/m³;
- aumento di peso dovuto ad un sovraccarico naturale per effetto di materiale detritico (alluvionale, di frana superiore, ecc.) o di neve di valanga (o di nevicata eccezionale), che si è accumulato sopra lo strato di terreno in esame;
- aumento di peso causato dalla costruzione di fabbricati, manufatti, discariche artificiali, ecc.;

2. aumento dell'inclinazione dello strato di terreno.

Questo può essere dovuto a varie cause, tra cui:

- erosione del piede di un pendio provocato da un torrente;
- scavi o rilevati per la realizzazione di una strada (o un canale) a mezza costa;

3. variazioni delle caratteristiche geotecniche del terreno, e in particolare della coesione e dell'angolo di attrito.

Come è già stato detto precedentemente è l'acqua la causa principale che riduce i valori di queste caratteristiche meccaniche del terreno.

Come si vede, le cause che provocano queste variazioni sono numerose, alcune *naturali*, altre *indotte dall'uomo*. Inoltre si suole distinguere tra cause *preparatorie* (ad esempio il disboscamento), che predispongono le condizioni favorevoli al verificarsi delle frane, dalle cause

determinanti, che innescano il movimento rompendo l'equilibrio (Desio, 1973). In realtà, uno stesso fattore può agire con un'azione preparatoria alla frana quando il coefficiente di sicurezza (rapporto tra *forze resistenti* e *forze agenti* sulla massa di terreno) è sufficientemente elevato, ed agire invece in modo determinante quando stanno per essere superate le condizioni di equilibrio.

Ai fini della valutazione della *suscettibilità del territorio alle frane* si prendono generalmente in considerazione i seguenti parametri:

1. costituzione geologica: composizione litologica, struttura, giacitura degli strati (quest'ultima non per le frane superficiali, che interessano solo la coltre eluvio-colluviale dei versanti);
2. configurazione topografica (essenzialmente la pendenza);
3. copertura vegetale (per gli effetti di rinsaldamento, protezione, assorbimento di acqua dal terreno delle formazioni vegetali).

La valutazione della suscettibilità alle frane (da effettuarsi separatamente per ciascuna tipologia) si articola nelle seguenti fasi:

- realizzazione di cartografie tematiche relative ai parametri sopra indicati (litologia, uso del suolo, acclività, etc.);
- individuazione di aree omogenee per i diversi parametri ricavata dalla sovrapposizione dalle cartografie tematiche;
- mappatura delle frane avvenute nel passato;
- calcolo della superficie totale occupata da ciascuna area omogenea individuata e della superficie in frana presente in esse;
- calcolo dell'*indice di suscettibilità alle frane*, dato dal rapporto tra l'area in frana e l'area omogenea e suddivisione degli indici in classi di valori significativi per l'individuazione di zone a diversa suscettibilità alle frane.

La cartografia relativa alla suscettibilità del territorio alle frane dovrebbe essere alla base della corretta pianificazione territoriale nei comuni delle zone montane e collinari del nostro Paese: non si dovrebbe costruire nelle zone a suscettibilità alle frane alta o molto alta (Fig. 4).

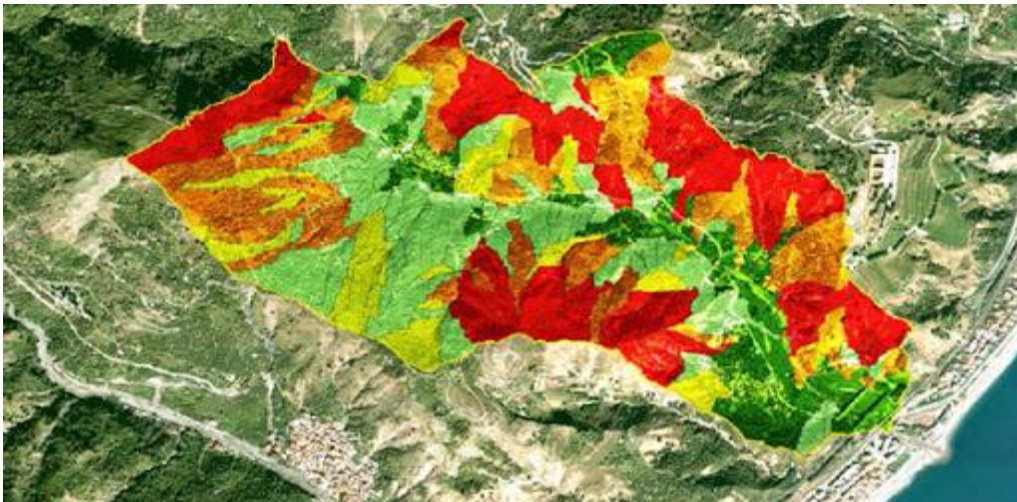


Fig. 4. Come per tutti gli altri pericoli geologici, la cartografia della suscettibilità del territorio alle frane adotta una colorazione "semaforica": rosso scuro (molto alta), rosso (alta), giallo (moderata), verde chiaro (bassa) e verde scuro (molto bassa).

2.3 La pericolosità idrologica

La valutazione della pericolosità idrologica comporta il calcolo della portata di massima piena che può originarsi dal bacino retrostante una sezione trasversale di un corso d'acqua (o di un impluvio) a seguito di una pioggia di progetto (le linee guida indicano solitamente un tempo di

ritorno di 200 anni) nonché la delimitazione delle zone che verrebbero occupate da tale flusso. Queste zone dovrebbero considerarsi pericolose e quindi non idonee all'utilizzazione urbanistica.

Per il calcolo delle portate di massima piena, in tutto il mondo si usa il Metodo Razionale, concepito dal matematico e idraulico veneto Giuseppe Turazza (professore a Padova, patriota e senatore del primo parlamento del Regno d'Italia): il modello prevede che la pioggia di progetto cada con intensità costante e in modo uniforme sul bacino.

La portata di massima piena Q_{max} calcolata con il Metodo Razionale è espressa dalla seguente relazione:

$$Q_{max} = k \cdot i_c \cdot C \cdot A \quad (3)$$

dove k = fattore adimensionale che tiene conto della non uniformità delle unità di misura (se A è espressa in km^2 e i_c in mm/h per ottenere la portata Q_{max} in m^3/s , k vale 0,278); i_c = intensità della precipitazione critica; C = coefficiente di deflusso; A è l'area del bacino a monte della sezione presa in esame.

Le precipitazioni da considerare sono quelle descritte dalle curve di probabilità pluviometrica descritte nel sottoparagrafo 3.1. Una volta che si dispone della curva con tempo di ritorno 200 anni, si dovrà scegliere la pioggia più pericolosa. Per tale motivo, bisogna valutare il *tempo di corrivazione* t_c del bacino sotteso dalla sezione di impluvio che stiamo considerando, cioè il tempo che la pioggia caduta nei punti più distanti impiega per arrivare alla sezione stessa.

In Italia, per bacini con area maggiore di 20 km^2 , si usa solitamente la formula (4) di Giandotti:

$$t_c = \frac{4\sqrt{AA} + 1,5L}{0,8\sqrt{h_{mr}}} \quad (4)$$

dove: t_c = tempo di corrivazione espresso in ore; A = area del bacino in km^2 ; L = lunghezza dell'asta principale del corso d'acqua estesa fino allo spartiacque in km ; $h_{mr} = h_m - h_v$ (cioè l'altezza media del bacino h_m rispetto alla sezione di chiusura h_v) in m .

Per bacini imbriferi piccoli, dell'ordine del km^2 , si consigliano altri metodi, come ad esempio la formula di Kirpich (5) o quella di Chow (6):

$$t_c = 0,000325 \cdot \left(\frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0,77} \quad (5)$$

$$t_c = 0,00116 \cdot \left(\frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0,64} \quad (6)$$

dove: t_c = tempo di corrivazione espresso in ore; L = lunghezza dell'asta principale del corso d'acqua estesa fino allo spartiacque in m ; S = pendenza dell'asta principale (m/m).

La pioggia di durata pari al tempo di corrivazione è la pioggia critica: infatti, tra le piogge che possono provocare l'arrivo contemporaneo di acqua nella sezione in esame da tutti i punti del bacino, è quella a durata minore, quindi la più intensa e quindi la più pericolosa (Fig. 5). La sua intensità, pari al rapporto tra la sua altezza h_c (altezza critica) e la sua durata (il tempo di corrivazione t_c), è l'*intensità critica* i_c da inserire nell'equazione (3).

Un altro parametro nel calcolo della portata di massima piena è rappresentato dal *coefficiente di deflusso* C (mm/mm), che rappresenta il rapporto tra l'acqua che defluisce rispetto a quella che è piovuta e tiene conto della permeabilità dei terreni (sebbene non venga preso in considerazione il grado di saturazione del terreno prima della pioggia), del tipo di copertura vegetale e della pendenza. Per determinarlo si fa riferimento a valori di letteratura quali ad esempio quelli proposti da BENINI (1990) e riportati in Tabella 1.

Conoscendo l'area del bacino A , e avendo ricavato gli altri parametri richiesti dal Metodo Razionale, si può a questo punto calcolare la portata di massima piena Q_{max} per il tempo di ritorno di interesse.

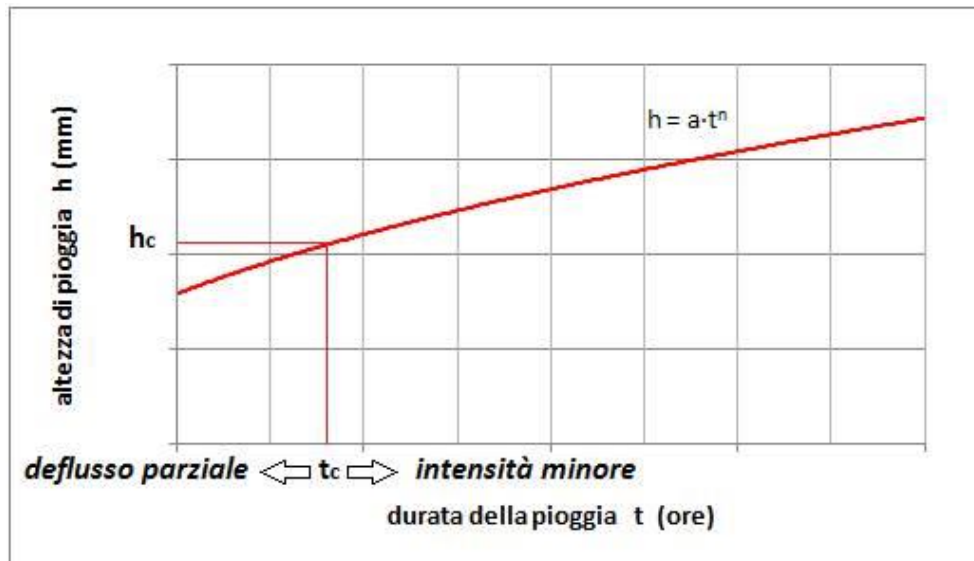


Fig. 5. La pioggia più pericolosa è quella di durata pari al tempo di corrivazione t_c . La sua è l'intensità critica $i_c = h_c/t_c$.

Questo calcolo è alla base della delimitazione delle Fasce Fluviali. La zona intorno ai corsi d'acqua occupata dalla massima piena con tempo di ritorno di 200 anni è pericolosa: all'interno di tale fascia non dovrebbero esserci abitazioni. Il problema è che in molti casi le abitazioni erano già state costruite prima dell'entrata in vigore della normativa.

Tab. 1. Valori per il coefficiente di deflusso C in funzione del tipo di terreno, dell'uso del suolo e della pendenza (BENINI, 1990)

Vegetazione e pendenza		Tipi di terreno ¹		
		leggero	medio	compatto
Boschi	<10%	0,13	0,18	0,25
	>10%	0,16	0,21	0,36
Pascoli	<10%	0,16	0,36	0,56
	>10%	0,22	0,42	0,62
Coltivi	<10%	0,40	0,60	0,70
	>10%	0,52	0,72	0,82

¹ Cioè terreni con permeabilità alta (t. leggero), media (t. medio) o bassa (t. compatto).

3. Il rischio geomorfologico in Italia: mitigazione e criticità

Se un bene (come un'abitazione) è esposto in una zona pericolosa, si dice che è a rischio. Il **rischio R** (*Risk*) infatti è definito come il prodotto della **pericolosità H** , già definita precedentemente, per due parametri del bene esposto: la sua **vulnerabilità V** (*Vulnerability*) e il suo **valore E** (*Exposure*):

$$R = H \cdot (V \cdot E) \quad (7)$$

È intuitivo capire come sarebbe semplice annullare il *rischio geomorfologico*: basterebbe non costruire in zone suscettibili da frana e neanche vicino ai corsi d'acqua, annullando così gli ultimi due fattori della (7).

Come spiegato per esteso nel paragrafo precedente, sappiamo valutare sia la suscettibilità del territorio alle frane sia valutare la pericolosità idrologica. Malgrado ciò, purtroppo, molti edifici sorgono o in zone suscettibili alle frane o in zone pericolose dal punto di viste idrologico. In questi casi, tranne le rare volte in cui si sono dovute evacuare delle abitazioni, lo Stato permette la permanenza degli edifici cercando di mitigare il rischio attraverso la realizzazione di difese e/o interventi che abbassano la vulnerabilità dei beni esposti, **ma che quasi mai riducono la pericolosità della zona.**

3.1 Interventi e difese in zone franose

Il bene da proteggere può essere esposto o a frane superficiali o a frane profonde.

Il *rinsaldamento delle frane superficiali* va in genere cominciato dall'alto, cioè nel punto ove la frana tende ad allargarsi e a scoscendere. Bisogna poi creare qualche punto di arresto solido, ed eliminare lo scorrimento selvaggio e superficiale delle acque e la loro infiltrazione. I provvedimenti che conviene prendere sono i seguenti (Benini, 1990):

1. A una certa distanza a monte della frana deve venir scavato un fosso di drenaggio per raccogliere le acque superficiali discendenti dall'alto e allontanarle dalla frana, convogliandole in collettori, o cunettoni, o in burroni, o in posto ove non provochino danni. In certi casi può essere opportuna la costruzione anche di un drenaggio coperto, interessante una limitata profondità, per intercettare acque sotterranee che altrimenti andrebbero ad affiorare nel corpo della frana.
2. Realizzazione di una palificata che circonda la frana, posta a valle del fosso di drenaggio, ma almeno 10 - 15 m sopra la frana stessa, e comunque in un posto ove il terreno sia stabile. Questo intervento ha lo scopo di legare il terreno superficiale a quello più profondo e creare un limite oltre il quale possibilmente la frana non possa procedere e rovinare il fosso di drenaggio.
3. Si provvede poi allo scoronamento e al conguaglio del terreno della frana, all'eliminazione delle zone maggiormente instabili, così da portarlo alla sua pendenza normale, eliminando i massi pericolanti.
4. Per fermare il materiale superficiale della frana, cominciando dall'alto, vengono costruite delle viminate, fascinate, ecc. così da creare dei piccoli terrazzamenti che diminuiscano la pendenza della frana. Se nella zona c'è abbondanza di pietra, e scarsità di materiale per viminate, allora conviene costruire dei muretti a secco, e, se il materiale ha pezzatura piccola, dei gabbioni. Spesso nell'interno della frana vengono disposti dei fossetti o canaline di drenaggio, atte a raccogliere l'acqua che cade nell'interno della frana stessa, o che vi affiora, e e generalmente disposti a spina di pesce e versanti in un collettore centrale posto lungo la linea di massima pendenza.
5. Costruzione di una staccionata o un muro di trattenuta al piede della frana e a difesa del bene esposto.
6. Inzollamento del versante per strisce orizzontali larghe 0,5 - 1 m e distanti 1 - 3 m, e inerbimento dello stesso, mediante seminagione nelle strisce intermedie, o rinverdimento con altri sistemi.
7. Rimboschimento dopo qualche tempo (in genere al 4° anno).

Ovviamente questo è uno schema indicativo del procedimento da seguire: anche nella sistemazione delle frane superficiali si dovranno di volta in volta scegliere le modalità di procedimento che meglio si adattano alla particolare situazione reale.

I *provvedimenti per tentare l'arresto delle frane profonde* sono in genere assai costosi, e non sempre sicuri. Essi sono giustificabili solo in relazione ai danni che la frana può provocare o a motivi di ordine sociale. Per le frane che si innescano a seguito della diminuzione di contrasto al piede si cercherà di fare in modo che il contrasto si riformi impedendo l'erosione ed anzi favorendo il formarsi di un deposito (ad esempio con la costruzione di una briglia a valle del punto ove si vuole realizzare un deposito). Per le frane nelle quali il movimento è causato da infiltrazioni d'acqua, bisogna allontanare acqua dal corpo della frana. Un intervento efficace è quello di costruire un fosso o un drenaggio perimetrale per allontanare le acque esterne dal corpo della frana. Tale opera però difficilmente sarà sufficiente, in quanto l'acqua può arrivare al piano di scivolamento o al corpo della frana anche da molto lontano e per via sotterranea. Sarà perciò necessario costruire un sistema di drenaggi profondi nel corpo stesso della frana, possibilmente più profondi del piano di scorrimento. Anche se il drenaggio profondo non raggiunge il piano di scorrimento, è ugualmente utile, anche se in misura minore, perché assorbe una parte dell'acqua che si infiltra. Inoltre è preferibile realizzare i drenaggi profondi nella direzione del moto della

frana e a partire dal basso verso l'alto, in quanto a) funzionano come speroni, b) possono sopportare piccoli movimenti della frana stessa restando ancora efficienti e c) cominciano a funzionare appena ne è iniziata la costruzione (Benini, 1990).

In casi particolari (ad esempio in terreni argillosi e a grana sottile dove l'effetto del drenaggio è molto limitato per l'enorme resistenza al moto dell'acqua a causa dell'estrema piccolezza dei pori) si può fare ricorso a tecniche particolari e molto costose quali il congelamento o l'elettrosmosi.

3.2 Interventi e difese in zone alluvionabili

Tra le opere di difesa dalle alluvioni, ricordiamo gli *argini artificiali* in corrispondenza dei beni esposti. Bisogna tenere sempre presente che gli argini sono rivolti a mitigare il rischio idrologico, abbassando la vulnerabilità dei beni esposti in una zona pericolosa, ma che la zona rimane comunque pericolosa. La costruzione di argini artificiali perciò dovrebbe sempre essere accompagnata da interventi da realizzare a monte.

Nelle aree di montagna e di collina, il progressivo abbandono del territorio ha lasciato terreni incolti e privi di terrazzi: mentre le acque piovane prima ristagnavano infiltrandosi lentamente nel terreno, oggi esse scorrono rapidamente in superficie, raggiungendo in pochi minuti il fondovalle. Qui la corsa delle acque può venire accelerata lungo strade asfaltate (spesso con cunette e scoli di scarico privi di manutenzione), e poi lungo l'alveo in parte cementato dei corsi d'acqua, andando a ingrossare l'onda di piena che minaccia la pianura.

Per rallentare questo processo sono necessarie *opere di forestazione protettiva*. La cura e la pulizia dei boschi servono poi a evitare che rami e tronchi vengano trascinati dalle acque, ostruendo la luce dei ponti e causando crolli e straripamenti.

Per controllare il trasporto di detriti e ridurre la velocità e la forza erosiva dei torrenti di montagna, occorrono *briglie e muretti di contenimento*, opere che necessitano di manutenzione.

Più a valle occorre *tenere pulito l'alveo dei fiumi* e impedire che diventi luogo di scarico di rifiuti, riducendone così la capacità di portata e aumentando i rischi di inquinamento. Spesso è necessario asportare anche ghiaia e sabbia (che tornano utili come inerti per calcestruzzi), ma con misura, perché i prelievi indiscriminati possono aumentare la capacità erosiva delle acque e rendere instabili p.e. i piloni dei ponti (Fig. 6).

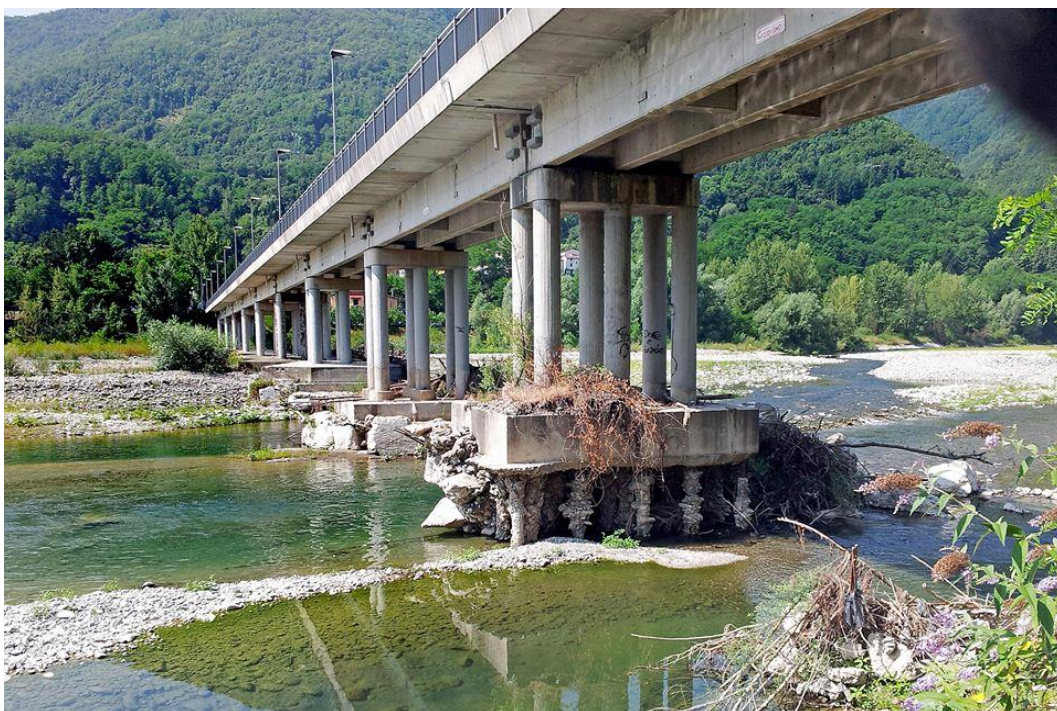


Fig. 6. Prelievi indiscriminati di ghiaia e sabbia dall'alveo dei corsi d'acqua possono aumentare la capacità erosiva delle acque e rendere instabili i piloni dei ponti.

Le sponde possono essere rafforzate con *gabbionate* metalliche riempite di pietre o con piantagioni (p.e. salici); tali *tecniche di bioingegneria* ottengono buoni risultati riducendo al minimo l'impatto ambientale.

Per alleggerire la portata dei fiumi in piena possono essere predisposti *bacini di sfogo* (casse di espansione) e *canali scolmatori*.

Non è assolutamente consigliabile tombinare corsi d'acqua che attraversano centri abitati (p.e. il Bisagno a Genova) soprattutto se non soggetti a manutenzione (ordinaria e straordinaria) e sottodimensionati rispetto alle portate di massima piena.

3.3 Criticità

Gli interventi e le difese realizzati nelle aree in frana e nelle zone alluvionabili servono a ridurre il rischio per i beni esposti diminuendone la vulnerabilità. Le zone rimangono però pericolose e quindi non adatte all'insediamento di nuovi edifici.

Purtroppo in mancanza di disposizioni chiare, le diverse amministrazioni regionali interpretano in modo diverso la questione e, nella normativa riguardante la pericolosità geomorfologica e l'idoneità all'utilizzazione urbanistica, fanno passare il concetto che *le condizioni di moderata pericolosità geomorfologica possono essere agevolmente superate attraverso l'adozione ed il rispetto di modesti accorgimenti tecnici* (Regione Piemonte, 1996). Il fatto più preoccupante è che nelle zone a massima pericolosità *nuove opere o nuove costruzioni saranno ammesse solo a seguito dell'attuazione degli interventi di riassetto e dell'avvenuta eliminazione e/o minimizzazione della pericolosità* (Regione Piemonte, 1996).

Si ribadisce con forza che una zona in frana lo è perché il territorio è suscettibile a quel fenomeno e difficilmente un intervento può modificare tutti i parametri che concorrono a tale suscettibilità. Allo stesso modo, le zone limitrofe ai corsi d'acqua sono pericolose perché naturalmente destinate ad essere alluvionate per costituire i fondovalle alluvionali e le pianure alluvionali e un argine artificiale o un muro *non impediscono la piena*, bensì *cercano di resistere alla piena* e spesso non ce la fanno, causando col loro cedimento le inondazioni di zone abitate che regolarmente si ripetono ogni anno nel nostro Paese (Fig. 7).



Fig. 7. A seguito delle piogge del gennaio 2014, il F. Secchia rompe l'argine destro in località San Matteo (MO), allagando un territorio di circa 200 km² e causando l'evacuazione di intere cittadine.

4. Conclusioni

Bisogna tener ben presente che in alcune zone pericolose dal punto di vista geomorfologico esistono delle abitazioni (già costruite e, a seguito di interventi e della realizzazione di difese, di nuova costruzione). Come fa il comune cittadino a saperlo quando vuole acquistare una casa?

In alcuni casi, le zone ad alta pericolosità geomorfologica in cui si può andare ad abitare sono comunque segnalate nei piani regolatori. Ad esempio la Regione Piemonte fa rientrare queste zone ancora nella classe III (la più pericolosa), ma nella sottoclasse IIIb2, così definita: *a seguito della realizzazione delle opere sarà possibile la realizzazione di nuove edificazioni, ampliamenti o completamenti* (Regione Piemonte, 1999). A volte le cartografie di pericolosità sono consultabili facilmente on-line, altre volte no, e quindi bisognerebbe chiedere un appuntamento all'Ufficio Tecnico Comunale per andarle a consultare. Ma quanti cittadini in realtà si preoccupano della pericolosità della zona quando acquistano casa? Penseranno: se si può vendere è sicura. Ad esempio, a Ceva in classe IIIb2 c'è perfino la scuola materna: era stata distrutta dopo l'alluvione del 1994 ma subito ricostruita sempre a 10 m dal Tanaro e di nuovo inondata nel novembre 2016 (Bonasera et al., 2020). L'inserimento della classe di pericolosità nell'atto di compravendita di una casa (già previsto per i terreni) è una soluzione che solleva molte resistenze per la possibile perdita di valore degli immobili (... e di consenso elettorale), ma è un obiettivo da perseguire comunque.

In altri contesti, la realizzazione di interventi comporta il passaggio delle aree suscettibili di frana e delle zone alluvionabili in classi non pericolose e quindi neanche la consultazione allegata ai piani regolatori potrebbe mettere in guardia il comune cittadino. In tal caso, l'unica soluzione consiste nell'assicurazione obbligatoria contro le catastrofi naturali: in tal caso i premi assicurativi in tali zone sarebbero così alti da scoraggiare nuove costruzioni. L'opportunità di un'assicurazione appropriata è una questione affrontata a livello europeo nel *Libro Verde sull'assicurazione contro le calamità naturali e antropogeniche* (Rif. WEB n. 2).

Finanziamenti: Questa ricerca non ha ricevuto finanziamenti esterni.

Conflitto di interesse: Gli autori non dichiarano alcun conflitto di interessi.

Bibliografia

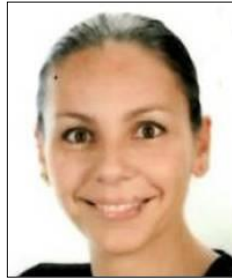
- Benini, G., 1990. Sistemazioni idraulico-forestali. UTET, Torino.
- Bonasera, M., Ferrero, A.M., Fubelli, G., Masciocco, L., Nocera, A. e Viviani, E., 2020. Pericolosità idrologica della Città di Ceva (CN), in Atti del Seminario Nazionale Analisi e attività di mitigazione dei processi geo-idrologici in Italia, 29 novembre 2019, Roma,. Supplemento al n. 1/2020 di Geologia dell'Ambiente, SIGEA, pp. 91-98.
- Chow, V.T., Maidment, D.R. & Mays, L.W., 1988. Applied Hydrology. McGraw-Hill Company.
- Desio, A, 1971. Geologia applicata all'ingegneria. Editore Ulrico Hoepli, Milano.
- Maione, U. e Moisello, U., 1993. Elementi di statistica per l'idrologia. Medea Edizioni, Pavia.
- Regione Piemonte, 1996. Circolare del Presidente della Giunta Regionale del 08 maggio1996, n. 7/LAP. L.R. 5.12.1977 n.56 e s.m.i. "Specifiche tecniche per l'elaborazione degli studi geologici a supporto degli strumenti urbanistici".
- Regione Piemonte, 1999. Nota Tecnica Esplicativa alla Circolare P.G.R. 8 maggio1996n. 7/LAP.

Riferimenti WEB

- 1 – http://webgis.arpa.piemonte.it/atlante_pioggia_webapp/
- 2 – <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/HTML/?uri=CELEX:52013DC0213&from=IT>

Luciano Masciocco - Nato a Roma il 12/12/1957. Laureato con lode in Scienze Geologiche presso l'Università di Torino. Ricercatore confermato e Professore Aggregato di Geologia Ambientale presso l'Università di Torino, svolge attività di ricerca sulla pericolosità geomorfologica e sulla salvaguardia delle risorse idriche. I risultati della ricerca sono sintetizzati in oltre 160 pubblicazioni.

Annalisa Bove - Nata a Bra il 31/01/1975. Laureata in Scienze Geologiche presso l'Università di Torino. Libera professionista, specializzata in Geologia Ambientale, Geologia Applicata e Geotecnica, fa parte di commissioni tecnico-edilizie ed è Consigliere Generale della Fondazione CRC. Svolge attività di ricerca sulla pericolosità geomorfologica ed è co-autrice di oltre 30 pubblicazioni scientifiche.



Luciano Masciocco **Annalisa Bove**