



Dipartimento Difesa del Suolo e Foreste – Sezione Difesa del Suolo

CRITERI DA UTILIZZARE PER LA VALUTAZIONE DELLE ZONE DI ATTENZIONE IN PRESENZA DI CONOIDE.

Tra le zone di attenzione geologiche presenti nei PAI (Piano per l'Assetto Idrogeologico) Piave, Brenta-Bacchiglione e Livenza, come elemento morfologico derivante dai PTCP (Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale) vi sono i conoidi alluvionali. A seguito delle prime verifiche ai sensi dell'art.5 c.4, è emersa la necessità di individuare un percorso per la valutazione della pericolosità di tali elementi in modo da renderla quanto più oggettiva possibile.

Al fine di indirizzare la raccolta dei dati utili agli approfondimenti che verranno descritti in seguito, si allega la "*scheda sistema bacino - conoide*" da utilizzare per il censimento delle caratteristiche del sistema bacino-conoide. La scheda, in formato pdf, è editabile e presenta alcuni campi predefiniti di aiuto alla compilazione. Viene inoltre fornita in versione da campo per agevolare la raccolta dati durante il rilievo di terreno. I dati così rilevati vanno riportati nella scheda sistema bacino conoide che, quindi, integra i dati di terreno con quelli rilevabili da GIS e documentazione d'ufficio, e inoltrata insieme agli altri elementi utili. La scheda è corredata di istruzioni per la compilazione utili anche alla comprensione dei parametri indicati nel testo seguente.

Facendo riferimento anche ad esperienze già realizzate in altre amministrazioni, si ritiene di proporre le seguenti valutazioni.

Il percorso descritto sinteticamente nella figura 1 introduce una procedura che ha lo scopo di guidare il tecnico nelle diverse fasi necessarie ad escludere o a definire la pericolosità, sia essa da ricondurre a fenomeni geologici di colamento rapido, come le colate detritiche, oppure a fenomeni più tipicamente idraulici, come piene idriche e piene con trasporto solido. Per tale motivo lo strumento semi-quantitativo individuato che chiameremo "Analisi preliminare speditiva", non deve essere considerato esaustivo della tematica in argomento e sarà cura del professionista non escludere le problematiche tipiche di questi ambienti operando con opportune verifiche in campo dei risultati ottenuti. Quindi per i casi che si presentano particolarmente complessi e per le quali la presente impostazione metodologica non porti ad esiti chiari e definitivi, si rimanda a specifici approfondimenti da dettagliare di volta in volta.

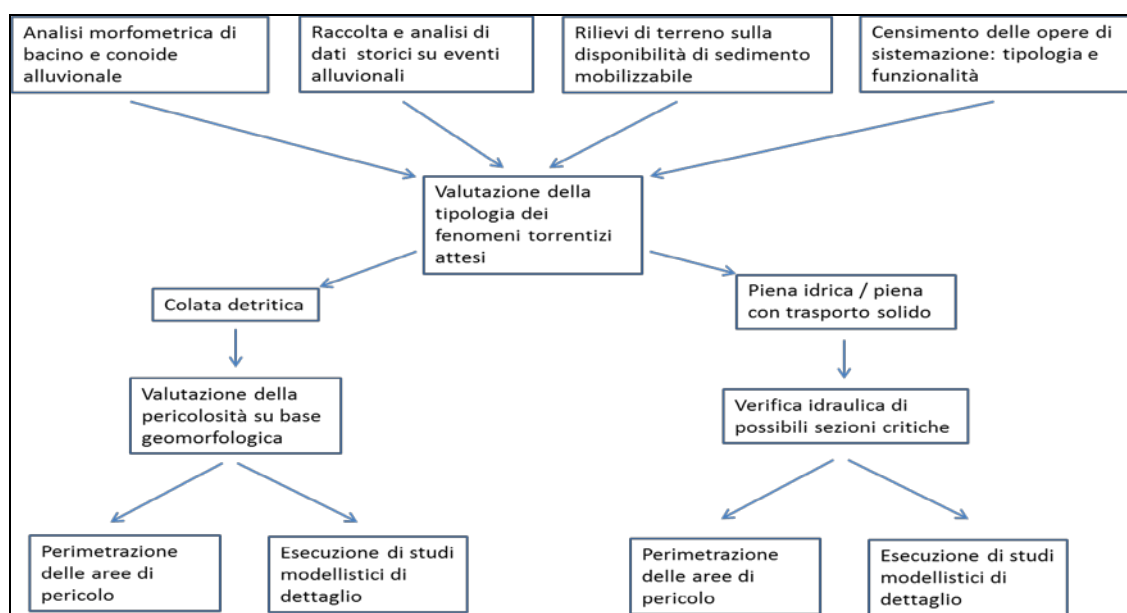


Fig. 1. Schema delle azioni per la valutazione dei processi torrentizi e la valutazione della pericolosità.

1. ANALISI SPEDITIVA - RACCOLTA E ANALISI DATI MORFOMETRICI DEL BACINO E DELLA CONOIDE

1.1 Raccolta di informazioni di base sul sistema bacino idrografico - conoide alluvionale.

1. Si deve procedere ad una delimitazione e caratterizzazione del bacino idrografico (caratteristiche geologiche, geomorfologiche, topografiche e di uso del suolo). Dettagliare su apposita cartografia a scala 1:10000 CTR (preferibilmente alla scala 1:5000) il limite del bacino e specificarne le caratteristiche morfometriche (e.g. quota max, media, min, area, pendenza media).
2. Vista la trasposizione del dato PTCP ad una scala di maggior dettaglio qual è quella del PAI, risulta necessario provvedere ad una corretta delimitazione del conoide utilizzando i dati disponibili (foto aeree, DEM regionale e, se disponibili, dati LiDAR) in modo da avere una giusta corrispondenza con la base topografica. Il DEM è reperibile sul sito regionale <http://idt.regione.veneto.it/app/metacatalog/>; per la disponibilità di rilievi LiDAR si invita a contattare gli uffici regionali. Il perimetro del conoide alluvionale dovrà essere riportato su apposita cartografia almeno a scala 1:10000 CTR (preferibilmente alla scala 1:5000).

1.2 Riconoscimento preliminare dei processi di formazione del conoide mediante indici morfometrici

1. Dato che nella maggioranza dei casi l'elemento da verificare non è accompagnato da dati di dettaglio, risulta necessario identificare i processi che hanno generato il conoide. Si deve quindi operare la distinzione tra colate detritiche, trasporto solido torrentizio e piena fluviale al fine di indirizzare le analisi successive in modo da definire la tipologia di pericolosità predominante. Numerosi metodi sono stati proposti per operare questa distinzione: analisi di dati storici d'archivio, osservazioni geomorfologiche e sedimentologiche di terreno, applicazione di indicatori morfometrici. Una corretta integrazione delle varie metodologie è raccomandata per addivenire a delle valutazioni che permettano di superare le limitazioni proprie dei singoli metodi. Nel caso di conoidi urbanizzati le osservazioni morfologiche e sedimentologiche di terreno presentano sostanziali limitazioni. In questi casi l'utilizzo di indici morfometrici del bacino idrografico e del conoide (tipicamente, ma non esclusivamente, l'indice di Melton del bacino e la pendenza del conoide) ha conosciuto anche negli anni più recenti interessanti sviluppi che ne fanno uno strumento assai utile per un'identificazione, anche se preliminare, dei processi torrentizi. In prima istanza, si propone di applicare una funzione discriminante determinata mediante un modello statistico LDA (*linear discriminant analysis*) basato su di un campione di 620 bacini montani in diversi contesti geografici (Bertrand et al., 2013). La funzione intende discriminare tra conoidi generati da colata detritica e conoidi generati da processi fluviali sulla base di due indici morfometrici tra i più comunemente utilizzati (indice di Melton e pendenza del conoide). La funzione da applicare che identifica la soglia tra i due processi è la seguente:

$$S = e^{0.23} * R^{-0.85} \quad (1)$$

dove:

S = pendenza del conoide, in gradi

R = indice di Melton: $(H_{\max} - H_{\min}) / A_b^{0.5}$

A_b = area del bacino (km^2)

H_{\max} = quota massima del bacino (km)

H_{\min} = quota minima del bacino (km)

La figura 2 mostra la linea critica di separazione tra bacini e relativo conoide soggetti a colata detritica (in grassetto, sopra la linea) e quelli soggetti a trasporto di fondo (incluse piene di detrito, sotto la linea) secondo l'equazione (1).

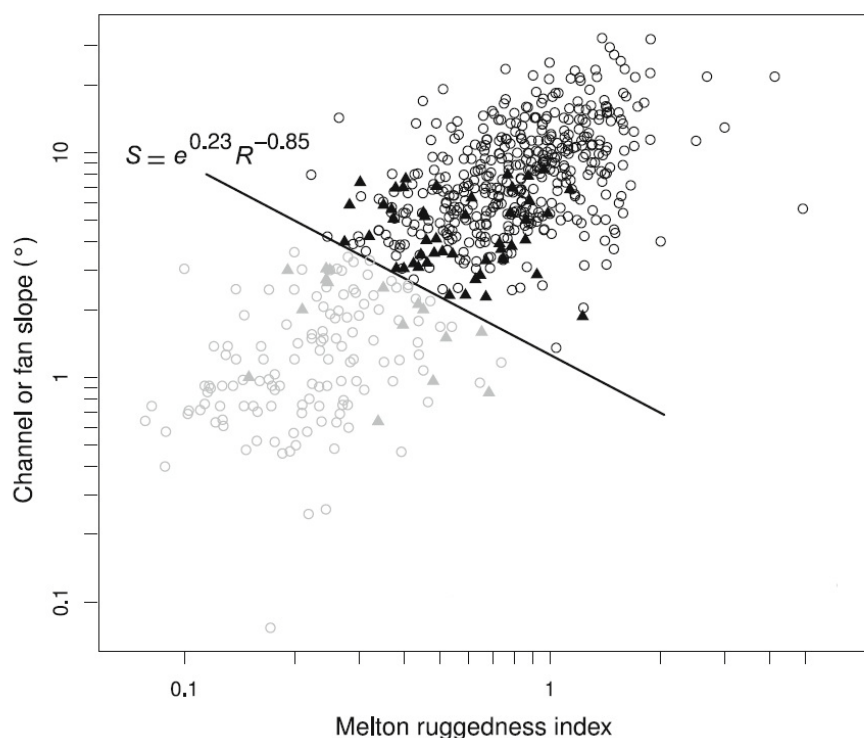


Fig. 2. Relazione fra pendenza del conoide e numero di Melton, con indicazione della linea che separa conoidi da colata detritica da conoidi edificati da trasporto solido fluviale (da Bertrand et al., 2013)

La pendenza del conoide S , espressa in gradi, può essere speditivamente calcolata come il rapporto tra dislivello e lunghezza della bisettrice del conoide o, in alternativa, ove fosse problematico individuare una bisettrice a causa della forma asimmetrica del conoide, di una linea spezzata che suddivide il conoide stesso seguendone l'andamento asimmetrico o lungo il tratto d'alveo che lo attraversa. Si sconsiglia il calcolo di tale parametro in ambiente GIS (Sistemi Informativi Geografici) in quanto i risultati possono essere affetti da errori dovuti alla non eccelsa qualità del DEM a 5 m in aree a medio-bassa pendenza. Anche l'elevato dettaglio dei DTM LiDAR può condurre a valori di pendenza anomali in ambito di conoidi non naturali poiché nel calcolo della pendenza vengono considerate, ad esempio, sponde ed argini dei corsi d'acqua, superfici pianeggianti dovute al filtraggio degli edifici, rilievi stradali che possono condurre a valori di pendenza non corrispondenti alla pendenza media naturale del conoide. Ai fini dell'applicazione del metodo morfometrico proposto da Bertrand et al. (2013) risulta utile evidenziare che si tratta di mettere a confronto il valore di S con il risultato dell'equazione (1). A titolo di esempio, applicando l'equazione (4) ad un bacino avente indice di Melton pari a 0.5, si otterrà un valore soglia di pendenza del conoide pari a 2.27° . Pendenze del conoide superiori a tale valore risultano indicative di genesi da colata detritica.

Vale la pena osservare che, nel territorio regionale, le colate detritiche difficilmente raggiungono la parte terminale di bacini torrentizi di ampia estensione. In prima approssimazione, e tenendo conto che non mancano eccezioni a questa regola di massima, è possibile indicare in 20 km^2 il limite superiore della superficie complessiva dei bacini da colata detritica nelle Alpi Orientali Italiane.

A commento del metodo a base morfometrica proposto sopra, si sottolinea come esso debba essere considerato un ausilio per il riconoscimento dei processi torrentizi attesi sui conoidi alluvionali, e non certamente l'unico strumento per addivenire a tale determinazione. Non poche sono, infatti, le limitazioni del metodo espresso analiticamente dall'equazione (1), peraltro evidenziate anche da autori coinvolti nello sviluppo di tale approccio (Jackson et al., 1987; Marchi et al., 1993). Tali limitazioni riguardano sia l'indice di Melton, che non sempre rappresenta adeguatamente l'insieme dei processi legati alla dinamica del sedimento nel bacino, sia il fatto che questo approccio, di tipo essenzialmente topografico, non prende in considerazione la presenza di sedimento mobilizzabile all'interno del bacino, fattore condizionante per l'accadimento di colate detritiche. L'applicazione di altri metodi, da utilizzare congiuntamente all'approccio morfometrico basato sull'indice di Melton e sulla pendenza del conoide, è dunque necessaria per il riconoscimento della tipologia dei processi torrentizi attesi in zona di conoide (Fig. 1).

2. RACCOLTA E ANALISI DATI SU EVENTI ALLUVIONALI STORICI

La documentazione storica, laddove disponibile, contribuisce notevolmente alla definizione dei processi che si possono manifestare lungo i corsi d'acqua e in particolare in ambito di conoide. I dati relativi ai danni subiti nel passato ed agli interventi realizzati per il ripristino dei luoghi risultano utili per la determinazione della tipologia e dell'intensità dei fenomeni e delle criticità che si sono manifestate. Si consiglia, inoltre, di non tralasciare eventuali informazioni anche su eventi intensi che non abbiano provocato danni, in quanto possono fornire indicazioni utili ad individuare ulteriori punti critici, come ad esempio zone di sovralluvionamento, ponti o attraversamenti che hanno creato sbarramenti temporanei, su cui risulterà necessario indagare. In base all'analisi della documentazione storica si può quindi assumere che, nel caso il conoide fosse stato interessato da processi attribuibili ad eventi di colata detritica, questa sia da considerarsi la tipologia di trasporto di riferimento per le successive analisi. Tale considerazione è valida sempre che le caratteristiche di bacino e corso d'acqua non siano variate sostanzialmente dall'evento documentato a causa, ad esempio, della messa in opera di importanti interventi sistematori. È opportuno sottolineare che l'assenza di informazioni su eventi storici non deve portare alla diretta conclusione che determinati processi non sono possibili nel conoide in esame.

La raccolta dei dati va orientata principalmente verso gli archivi degli enti territorialmente competenti quali Comune, Provincia, Genio Civile, Servizio forestale e Consorzio di bonifica. Altri utili strumenti di ricerca riguardano la documentazione giornalistica e gli archivi ad essa connessa (ad esempio l'archivio AVI "Aree Vulnerate Italia" o gli archivi parrocchiali) e la testimonianza diretta degli abitanti. Ulteriori strumenti di indagine integrativi dei dati raccolti sono la foto interpretazione di foto aeree riprese in tempi diversi (una selezione è scaricabile dal sito regionale <http://idt.regione.veneto.it/app/metacatalog/>) e l'eventuale presenza di cartografie storiche.

3. SOPRALLUOGHI PER IL RILIEVO DEL SEDIMENTO DISPONIBILE NEL BACINO IDROGRAFICO

La disponibilità di sedimento all'interno del bacino, ed in particolare in prossimità della rete idrografica, rappresenta un elemento primario per l'innescio di fenomeni di colamento rapido.

Osservazioni sulle aree sorgenti di sedimento presenti nel bacino, condotte anche mediante l'interpretazione di foto aeree ed eventuali sopralluoghi, potranno fornire ulteriori informazioni sulla possibilità e sull'intensità potenziale di questi processi. Uno strumento che può essere utile nella fase preliminare di identificazione delle aree sorgenti di sedimento è l'inventario dei fenomeni franosi del progetto IFFI. L'inventario IFFI va comunque inteso come base di partenza da integrare con le risultanze derivanti dall'interpretazione di foto aeree ed eventuali sopralluoghi. Per la

fotointerpretazione si consiglia l'utilizzo delle ortofoto (al momento il volo Agea 2012 offre il quadro più aggiornato dello stato attuale dei bacini della montagna veneta).

Le sorgenti di sedimento sono definibili come quelle zone del bacino da cui hanno origine i sedimenti che vengono successivamente convogliati alla rete idrografica. Per una caratterizzazione della dinamica delle aree sorgenti di sedimento è dunque importante poter valutare la potenziale connettività del sedimento con il reticolo idrografico. In questo contesto è possibile valutare, come supporto alle decisioni, l'utilizzo dell'indicatore denominato Indice di Connettività (Cavalli et al., 2013) descritto nella relazione finale della convenzione "Attività di studio sulle conoidi con sviluppo di una metodologia di raccolta dati e loro applicazione su aree test" scaricabile da <http://www.regione.veneto.it/web/ambiente-e-territorio/pianificazione-bacino>.

Di fondamentale importanza, come sottolineato in precedenza, è l'esecuzione di sopralluoghi in campo, oltre che per l'interpretazione diretta delle evidenze di campo nel conoide in esame e la raccolta di dati sulla disponibilità di sedimento, anche per consentire un'analisi critica dei dati preliminari acquisiti nelle precedenti fasi. Nel corso dei sopralluoghi si deve anche procedere al censimento delle eventuali opere di sistemazione idrauliche e idraulico-forestali realizzate e della loro funzionalità, oltre che al censimento delle possibili sezioni critiche. Gli elementi rilevati dovranno essere riportati su apposita cartografia almeno a scala 1:10000 CTR (preferibilmente alla scala 1:5000) e le caratteristiche censite secondo lo standard individuato (si veda la scheda bacino-conoide).

4. DETERMINAZIONE PRELIMINARE DELLA PERICOLOSITÀ

Dall'analisi dei dati raccolti nelle fasi precedenti, dovrebbe essere possibile determinare in via preliminare se si è in presenza di un'area per la quale è necessario procedere ad una valutazione della pericolosità attraverso successivi approfondimenti. In assenza di elementi che indichino condizioni di pericolo dovute a processi torrentizi sarà possibile, sulla base dei dati a supporto, proporre l'eliminazione della zona di attenzione o il suo inserimento nella classe di pericolosità più bassa (P1).

Nel caso vi siano invece elementi di pericolosità si dovrà procedere alla definizione del grado ed eventualmente, con successivi approfondimenti, definire una zonazione del pericolo, anche in funzione delle opere di difesa esistenti.

In presenza di casi complessi, con particolare riferimento all'esistenza di edifici con presenza di persone, sarà necessario operare con un metodo di analisi approfondito a cui si rimanda.

Per procedere alla valutazione del grado di pericolosità preliminare, si distinguono due procedure:

Nel caso di conoide generato da colate detritiche e quindi riconducibile ad una potenziale pericolosità geologica, si procederà alla valutazione della pericolosità su base geomorfologica. Per tale valutazione è necessaria la stima dei parametri previsti dalla metodologia utilizzata dalle Autorità di Bacino dell'Adige e dell'Alto Adriatico per la redazione dei PAI. In particolare, dovrà essere stimata la frequenza probabile di accadimento del fenomeno in relazione allo stato di attività valutato in occasione dei rilievi di campagna e sulla base dei dati storici disponibili; conseguentemente si procederà alla determinazione del livello di pericolosità attraverso l'iterazione dei dati velocità/frequenza probabile o magnitudo/frequenza probabile, utilizzando opportune matrici per la determinazione del livello di pericolosità.

L'attribuzione della classe di pericolosità verrà realizzata utilizzando il metodo BUWAL modificato, così come indicato nella "*Procedura di valutazione della pericolosità geologica*" nella relazione tecnica del PAI. Si dovrà avere una particolare cura nello specificare i passaggi utilizzati per zonare la pericolosità. Nel caso sia necessario procedere ad una maggiore definizione della pericolosità si dovrà realizzare uno specifico studio di dettaglio con l'applicazione di modelli numerici, bidimensionali, che simulino adeguatamente il fenomeno tenendo conto dello specifico contesto geomorfologico e valutando se del caso scenari con fondo mobile. Le risultanze delle

simulazioni verranno successivamente utilizzate nella metodologia BUWAL modificata precedentemente richiamata. In questo caso risulta indispensabile l'utilizzo di un modello digitale del terreno di dettaglio, come quello derivabile dai dati LiDAR, e l'analisi di specifici dati geologici, idrologici ed idraulici.

Nel caso di conoide non riconducibile a problematiche di carattere geologico e in presenza di potenziale pericolosità idraulica, quindi caratterizzato da piena fluviale, si procederà a:

1. Analisi della portata di massima piena per i periodi di ritorno previsti dal PAI (Tr 100). Il calcolo richiede l'applicazione di adeguati modelli afflussi-deflussi. In alternativa, limitatamente ai bacini di dimensioni ridotte (indicativamente $< 5\text{km}^2$), il calcolo può essere effettuato con la formula del metodo razionale. Per omogeneità si richiede di utilizzare i dati relativi alle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per le varie durate (1, 3, 6, 12, 24 ore) per i 100 anni di tempo di ritorno, forniti da Arpav.
2. Verifica idraulica di sezioni rappresentative con particolare riguardo alle sezioni che presentano restringimenti o possibili ostacoli al deflusso (evidenziati nelle fasi precedenti). Tra queste sarà obbligatorio considerare la sezione in corrispondenza dell'apice del conoide. Sarà indispensabile effettuare approfondimenti atti a considerare anche l'eventuale presenza di trasporto solido e nel caso a determinarne le caratteristiche. Nel caso ci si trovi in presenza di corsi d'acqua interessati da trasporto solido, si deve operare aumentando la portata liquida calcolata per una determinata sezione critica del 20% per considerare in maniera cautelativa il trasporto solido nella verifica idraulica. L'entità di tale verifica sarà ovviamente commisurata alle condizioni locali esistenti.
3. Nel caso in cui la verifica non presenti particolari complessità di analisi, si procederà ad una valutazione della pericolosità su base morfologica utilizzando la metodologia del PAI indicata in "*Criteri di classificazione delle aree di pericolosità idraulica*" nella relazione tecnica del PAI (par. 2.1.2 della relazione PAI 4 bacini).
4. Se dalla verifica è evidente la presenza di elementi di pericolosità per cui sia necessario scendere ad un maggiore dettaglio di indagine, è necessaria l'applicazione di modelli monodimensionali, analogamente a quanto viene fatto per i corsi d'acqua maggiori, al fine di delimitare con maggiore dettaglio le possibili aree di esondazione. Come per l'applicazione di modellazione numerica nel contesto delle colate detritiche, anche nel caso di modellazione idraulica risulta indispensabile l'utilizzo di un DTM di dettaglio e l'analisi di dati geologici, idrologici ed idraulici specifici.

BIBLIOGRAFIA CITATA

- Bertrand, M., Liébault, F., Piégay, H., 2013. Debris-flow susceptibility of upland catchments. *Natural Hazards*, 67, 497–511, doi: 10.1007/s11069-013-0575-4
- Cavalli M., Grisotto S., 2006. Individuazione con metodi GIS delle aste torrentizie soggette a colate detritiche: applicazione al bacino dell'alto Avisio (Trento). In: *Le sistemazioni idraulico-forestali per la difesa del territorio*, Quaderni di Idronomia Montana, 26, 83-94.
- Marchi L, Pasuto A, Tecca P (1993) Flow processes on alluvial fans in the Eastern Italian Alps. *Z Geomorphol* 37(4):447–458
- Jackson L.E., Kostaschuck R.A., MacDonald G.M., 1987. Identification of debris flow hazard on alluvial fans in the Canadian Rocky Mountains. *Geol. Soc. of America, Reviews in Engineering Geology*, 7, 115-124.