

ELENA PICCOLI

Conoidi di deiezione e aree di pericolo

Introduzione

I conoidi di deiezione, come del resto tutte le aree limitrofe ai corsi d'acqua montani, sono le zone che più intensamente e frequentemente sono sottoposte ai danneggiamenti causati da sovralluvionamento, da piene eccezionali con trasporto solido più o meno sostenuto fino a piene detritiche (*debris flood*) e colate detritiche (*debris flow*).

L'impatto socio-economico e la perdita di immobili, campi coltivati e, in alcuni casi, di vite umane, possono raggiungere livelli catastrofici nel caso in cui un evento di questo tipo investa aree popolate. In ogni modo, anche un piccolo *debris flow* può arrecare seri danni in zone montane (distruzione di case, strade, linee ferroviarie e ponti). I depositi sono inoltre responsabili di gravi problemi e pericoli indiretti, che derivano dallo sbarramento dei torrenti o dall'improvviso incremento di detrito al sistema fluviale.

In relazione anche all'elevata antropizzazione delle aree montane, è sempre maggiore l'esigenza di definire le aree a rischio e di pianificare interventi e contromisure per la difesa degli abitati e la sicurezza delle vie di comunicazione.

Al problema delle modalità di distribuzione delle colate sul conoide e del verificarsi di fenomeni di sovralluvionamento è strettamente connesso il problema della definizione delle aree di pericolo all'interno del conoide stesso.

Il metodo di Aulitzky (1973)

Nell'ambito degli strumenti di pianificazione territoriale e, in particolare, nello studio dei conoidi di deiezione, il metodo di Aulitzky, *Classificazione provvisoria dei torrenti in relazione alla loro pericolosità nei conoidi* (1973), si inserisce nella tipologia di lavori che si propongono come utile mezzo d'individuazione e d'identificazione delle aree di pericolo all'interno dei conoidi di deiezione.

Il metodo si avvale di osservazioni e di interpretazioni dedotte da svariate fonti. Se da un lato necessita l'analisi, condotta in campo, di morfologie che possono essere interpretate come risultato di fenomeni che hanno interessato il conoide in un passato più o meno recente, dall'altro si rende opportuna la raccolta di dati tecnici riguardanti le serie pluviometriche, i parametri morfologici del conoide, le foto aeree, ecc. Inoltre necessita un'approfondita, quanto attendibile e verificabile, ricerca storica fatta sia su documenti rinvenibili presso gli archivi storici, sia presso quella che si potrebbe definire "memoria storica popolare", tramandata di generazione in generazione o direttamente vissuta dalle persone più anziane del luogo.

Le caratteristiche salienti del metodo, come riporta lo stesso autore, sono:

- l'utilizzo, oltre che di dati rilevabili a tavolino, anche dei cosiddetti "testimoni muti" (sono le tracce lasciate dall'attività

torrentizia il cui studio può fornire indicazioni utili alla ricostruzione dei fenomeni verificatisi in passato);

- la semplice pretesa di fornire un quadro finale abbastanza corretto del pericolo prevedibile in una zona, soprattutto laddove non vi sia il tempo sufficiente per indagini più approfondite.

Il metodo si presenta articolato in due parti.

La prima, composta da sei domande, porta alla definizione dell'*indice del torrente* (o Indice di Pericolosità, IP) e fornisce indicazioni sul diverso grado di pericolosità delle varie aree del conoide (tab. 1).

Per ogni domanda, si procede all'individuazione di zone, sul conoide, cui si assegnano punteggi diversi. In questa fase si elaborano tante carte tematiche quante sono le risposte date. Dalla loro sovrapposizione si ottiene una carta di sintesi in cui ogni area presenta un punteggio medio rispetto a quelli assegnati precedentemente. Tale risultato permetterà di evidenziare, anche per via grafica, zone a diverso livello di pericolosità e, in particolare, di suddividere il conoide in aree a basso, medio e alto pericolo, rispettivamente per punteggi inferiori a 1.6, compresi tra 1.6 e 2.6, e superiori a 2.6.

In questa prima fase è fondamentale riuscire a riconoscere e interpretare i segni presenti in loco, definiti "testimoni muti", che in genere permettono ad un buon osservatore di conoscere abbastanza chiaramente i conoidi di deiezione dal loro aspetto.

La seconda parte del metodo, che porta all'identificazione della tipologia di trasporto solido torrentizio, comprende una serie di cinque domande che richiedono risposte globali, per tutto il bacino, senza che si debba ricorrere alla sua zonizzazione (tab. 2). Dal calcolo della media dei punteggi assegnati si desume l'*Indice Tipologico del torrente* (IT) secondo cui si diversificano torrenti con elevata capacità di sviluppo di *debris flow* ($IT \geq 3$), o *debris flood* ($2.7 \leq IT < 3$), torrenti con alto potenziale di trasporto solido al fondo ($1.9 \leq IT < 2.7$) e torrenti soggetti in prevalenza a piene liquide ($IT < 1.9$).

In sede applicativa è utile tener presente una raccomandazione fatta dallo stesso autore: "... è meglio tralasciare una domanda, piuttosto che sbagliarla". Non si è, dunque, strettamente obbligati a rispondere a tutti i quesiti formulati, ma si devono considerare solo quelli cui si è in grado di fornire una risposta sicura.

In sintesi, con l'applicazione del metodo Aulitzky si perviene alla definizione della tipologia di torrente e alla redazione di carte dettagliate, che individuano aree del conoide di deiezione caratterizzate da un diverso grado di pericolosità. Questa zonizzazione può rappresentare un valido supporto per la valutazione del rischio e per la regolarizzazione degli interventi-insediamenti antropici sul conoide. Rientra, infatti, nell'intento dell'autore fornire un tale strumento, consigliando, a risultato ottenuto, l'adozione di particolari accorgimenti edilizi correlati al diverso grado di pericolosità individuato nelle varie aree.

Le zone ad elevata pericolosità, evidenziate col colore rosso, sono passibili di ingenti danni e per questo motivo in esse vi è il divieto assoluto all'edificazione, sia privata sia pubblica.

Quelle a media pericolosità, colorate di giallo, risentono di danni limitati e perciò vi si può costruire solo osservando determinate imposizioni e servitù: gli ingressi vanno posti a livello superiore rispetto al normale, sono raggiungibili tramite apposite scale e si localizzano sul lato dell'abitazione lontano dal corso d'acqua, non vi sono finestre al piano interrato e al piano terra, o meglio, queste ultime non sono esposte a monte o verso il collettore, le porte si aprono verso l'interno per evitare che rimangano bloccate dall'esterno, i muri sono consolidati e impermeabilizzati, ecc.

Le zone a bassa pericolosità, segnate col colore verde, sono sicure. L'edificazione può dunque essere permessa senza vincoli.

Il fatto di poter individuare sul conoide, molto spesso sede di centri abitati, aree con diverso grado di pericolosità, relativamente a fenomeni di colate detritiche, trasporto solido, inondazioni, rappresenta un valido strumento per il revisore dei piani di baci-

1. Dimensione massima (in termini volumetrici) del materiale trasportato, eroso di recente e ritrovato sul conoide	
a) 1 m ³ e oltre	4
b) da 0.2 m ³ fino a 1 m ³	3
c) da 0.01 m ³ fino a 0.2 m ³	2
d) inferiore a 0.01 m ³	1
Osservazione: la dimensione massima è indice della forza di trascinamento della colata, ovvero della direzione del moto, perciò è anche indice della velocità e della violenza dell'evento. Un'errata interpretazione è possibile nel caso di un lento abbassamento del suolo e di una più lenta corrente dei massi trasportati.	
2. Massimo spessore dello strato di sedimenti depositatosi con una singola colata, differenziabile in quanto racchiuso fra due strati di orizzonte organico o di differente struttura	
a) 1 m e oltre	4
b) da 0.5 m fino a 1 m	3
c) da 0.1 m fino a 0.5 m	2
d) inferiore a 0.1 m	1
3. Pendenza del conoide oggetto di studio	
a) superiore al 15%	4
b) dal 7% al 15%	3
c) dal 2% al 7%	2
d) inferiore al 2%	1
Osservazione: anche la pendenza influisce sulla velocità della colata e sulla sedimentazione, in quanto la stabilità del deposito diminuisce all'aumentare della ripidità del conoide.	
4. Attuale copertura vegetale predominante	
a) vegetazione in prevalenza rustica, colonizzatrice, in consorzi a ontano, salice, tamerice, su substrato grossolano, sassoso, fino all'instaurarsi di successioni di specie anemofile (larici, pini, abeti rossi)	4
b) successioni più evolute fino a formazioni coetanee, pure o miste, di larici, betulle, pini, abeti rossi, su substrato grossolano e sassoso	3
c) prevalenza di prati e pascoli rispetto ai campi, talvolta intercalati da muretti di sassi o da terrazzamenti fatti con sassi lavorati; terreno con piccoli sassi all'interno	2
d) prevalenza di campi senza muretti o terrazzamenti; nel terreno solo pochi e piccoli sassi	1
Osservazione: la valutazione fatta sulla base della copertura vegetale sarà tanto più appropriata quanto minori saranno state le alterazioni delle condizioni naturali (col lavoro meccanico, col consolidamento dei terreni, ecc.). Si devono considerare anche età e accrescimento delle singole forme vegetali, come pure la loro capacità di resistenza all'inghiacciamento.	
5. Andamento del terreno, a causa dell'erosione, nelle aree del conoide	
a) la parte sommitale del conoide, la dorsale dello stesso, presentano una solcatura prodotta dall'erosione di grossi massi, che classifica queste aree fra quelle più colpite, o con possibilità di esserlo, da una colata concentrata e compatta ad alta velocità	4
b) sono presenti poche forme di deposito circoscritte, che sono state disseminate dalla dilagante colata o sono state sommerse dall'ulteriore dilagare della colata stessa	3
c) superfici chiaramente sopraelevate, pensili rispetto al letto del torrente, che potrebbero essere investite dalla colata solo in caso di una progressiva ostruzione dell'alveo	2
d) superfici fortemente sopraelevate rispetto al letto del torrente, profondamente incassato, che non possono più essere raggiunte dal torrente; i punti di collegamento fra le due sponde possono ancora essere portati via	1
6. Condizioni di deflusso nell'area del conoide	
a) contraddistinte dalla presenza di manufatti posti a lato o sopra la superficie in esame (ponti, attraversamenti con sezione trasversale troppo piccola, strettoie, opere di copertura del torrente, argini, sbancamenti, ecc.), che impediscono fortemente il deflusso, o altri ostacoli al deflusso, a monte, a lato, a valle della zona in esame (tratti piani a pendenza inferiore al 3%, curve strette, insufficiente capacità di deflusso nel collettore principale), che in presenza di più forte conduzione di materiale trascinato dall'acqua possono provocare tracimazioni	4
b) contraddistinte da analoghe condizioni, in cui, tuttavia, solo legname trascinato o materiale di deposito grossolano provocherebbero tracimazioni	3
c) contraddistinte dalla mancanza di opere che ostacolano o facilitino il deflusso, in presenza di un alveo abbastanza profondo e non troppo piano e di una sufficiente capacità di deflusso	2
d) contraddistinte dalla presenza di opere facilitanti il deflusso lungo il corso inferiore, in grado di contenere anche le portate di piena prevedibili	1

Tab. 1 - Metodo Aulitzky; indice del torrente.

7. Da cronache ecclesiastiche, comunali, dal catasto, ecc., si riscontra l'accadimento di catastrofi provocate da colate o da fenomeni di piena che	
a) hanno causato gravi distruzioni e danni a persone nel vecchio nucleo insediativo (posto in zone periferiche del torrente), oppure hanno provocato gravi disastri, sicuramente documentabili in queste zone periferiche del conoide, a quel tempo non abitate	4
b) hanno provocato solo danni materiali senza distruzioni di cose all'interno del vecchio nucleo abitato	3
c) hanno causato distruzioni nella parte dove gli insediamenti sono più recenti, in prossimità del torrente	2
d) hanno causato solo danni materiali in alcuni punti della parte dove gli insediamenti sono più recenti, in prossimità del torrente	1
Osservazione: le parti vecchie degli insediamenti sono state normalmente poste in posizioni molto sicure, sia per istinto, sia in considerazione della tradizione, e solo di rado si giunge alla loro distruzione, a meno che non si tratti di vecchie segherie o mulini, per necessità costruiti vicino al torrente.	
8. L'attendibile quantità massima giornaliera di precipitazione ammonta a (considerando l'altezza media dell'intero bacino e una lunga serie di anni)	
a) più di 200 mm (per esempio nei versanti nord, sud-est, sud delle Alpi) oppure superiore a 2 mm/minuto per la durata di almeno un'ora	4
b) fra 150 mm e 200 mm oppure fra 1.5 e 2.0 mm/minuto per la durata di un'ora	3
c) fra 100 mm e 150 mm oppure fra 1.0 e 1.5 mm/minuto per la durata di un'ora	2
d) meno di 100 mm oppure meno di 1.0 mm/minuto per la durata di un'ora	1
Osservazione: poiché la capacità di trattenimento dell'acqua da parte della copertura vegetale e degli strati superficiali del suolo dovrebbe esaurirsi, nella maggior parte dei casi, con precipitazioni giornaliere di 200 mm, non si sono presi in considerazione valori maggiori delle stesse.	
9. Posizione e potenziale quantità di materiale asportabile dalle aree sorgenti all'interno del bacino	
a) grandi aree sorgenti si estendono fino in prossimità del conoide, o grandi quantità di materiale detritico possono essere trasportate nel torrente, non solo nella parte alta della valle, ma anche più in basso, lungo o immediatamente a monte di un ripido tratto di torrente (pendenza superiore al 20%), con sezione trasversale triangolare suscettibile di ostruzione; oppure volume stimato dei detriti superiore o uguale a 100.000 m ³	4
b) le sorgenti di detriti più prossime alla valle si trovano solo a monte del medio corso che, anche se ripido, non è comunque troppo stretto e quindi non è suscettibile di ostruzione; oppure volume stimato dei detriti compreso tra 10.000 m ³ e 100.000 m ³	3
c) le sorgenti di detriti più prossime alla valle si trovano solo a monte del medio corso, che si presenta pianeggiante, e che può servire da deposito definitivo o provvisorio, senza pericolo di ostruzione; oppure volume stimato dei detriti compreso tra 1.000 m ³ e 10.000 m ³	2
d) le sorgenti di detriti più prossime alla valle sono separate dal conoide da un efficiente tratto piano; oppure volume stimato dei detriti inferiore a 1.000 m ³	1
10. Ruolo della vegetazione e dei tronchi all'interno della colata	
a) nel caso di una catastrofe possono essere convogliati nella colata interi tratti di boschi maturi, posti nella zona potenzialmente soggetta ad erosione di sponda o sul percorso di smottamento del terreno (frane, scoppi di versante, ecc.)	4
b) nel caso di una catastrofe possono essere convogliate nella colata solamente alcune, singole piante mature, poste nella zona potenzialmente soggetta a erosione di sponda o smottamenti	3
c) nel caso di una catastrofe possono essere convogliati nella colata solo pezzi di ceppaie o tronchi di lunghezza limitata	2
d) nel caso di una catastrofe possono essere convogliati nella colata solo tronchi sottili con diametro inferiore a 12 cm	1
11. Capacità di assorbimento dell'acqua ed erodibilità delle rocce e del terreno	
a) roccia compatta, non dislocata, quali strati orizzontali di argilloscisti e marna senza copertura; oppure argilla, miscugli di argilla, sabbia e ciottoli con prevalenza di materiale minuto, morene	4
b) rocce compatte, fortemente erose o con scarsa copertura, strati di argilloscisti e marna molto inclinati; oppure con sabbie argillose e limose	3
c) rocce fessurate oppure sabbia contenente ghiaia, o una certa quantità di ciottoli, ma priva di argilla e limo; moderatamente permeabili	2
d) rocce fortemente fessurate e dislocate, rocce con sacche di infiltrazione (rocce carsiche); oppure breccie e ghiaioni senza componenti fini, con detritici recenti molto o moltissimo permeabili	1

Tab. 2 - Metodo Aulitzky: indice tipologico del torrente.

no, come per il pianificatore, l'urbanista o per altri professionisti che operano nell'ambito territoriale. In altre parole, il metodo Aulitzky si propone come valido appoggio nella pianificazione territoriale.

Un caso di studio: il Rio Lenzi

Una più approfondita analisi del metodo di Aulitzky si è ottenuta con l'applicazione al Rio Lenzi, affluente di destra del Torrente Fersina (PICCOLI, 2000). Quest'ultimo è situato nella parte orientale del territorio della Provincia Autonoma di Trento, fra il bacino dell'Avisio e quello del Brenta; delimita nella sua parte superiore la Valle del Fersina, più comunemente detta Valle dei Mocheni, nella parte di mezzo l'Altopiano di Pinè e in quella inferiore le Valli del Silla, di Santa Colomba e del Rio Salè. Il complesso montuoso del Rujoch, nella parte nord-orientale del bacino, forma, con le sue propaggini meridionali, l'impiuvio di destra del Torrente Fersina, e alle sue pendici nasce il Rio Lenzi (fig. 1).

Prima di procedere allo studio della pericolosità sulle aree del conoide, è necessario fare un'analisi approfondita del bacino idrografico, in modo da avere un quadro dettagliato della situazione che si va ad esaminare. Si devono dunque considerare le caratteristiche generali del bacino (geologia, clima e vegetazione, presenza di centri abitati, infrastrutture, opere di sistemazione idraulico-forestali, dissesti in atto, cronologia degli eventi alluvionali, ecc.), la morfologia del bacino, la tipologia di trasporto solido innescata dal torrente.

Caratteristiche del bacino

Per lo studio del bacino idrografico, a partire dai dati vettoriali delle curve di livello della zona, ricavate dalla Carta Tecnica Provinciale (equidistanza 10 metri), avvalendosi di un Sistema Informativo Geografico (GIS), si è costruito il modello digitale del terreno, che ha permesso di descrivere il territorio in esame con celle qua-

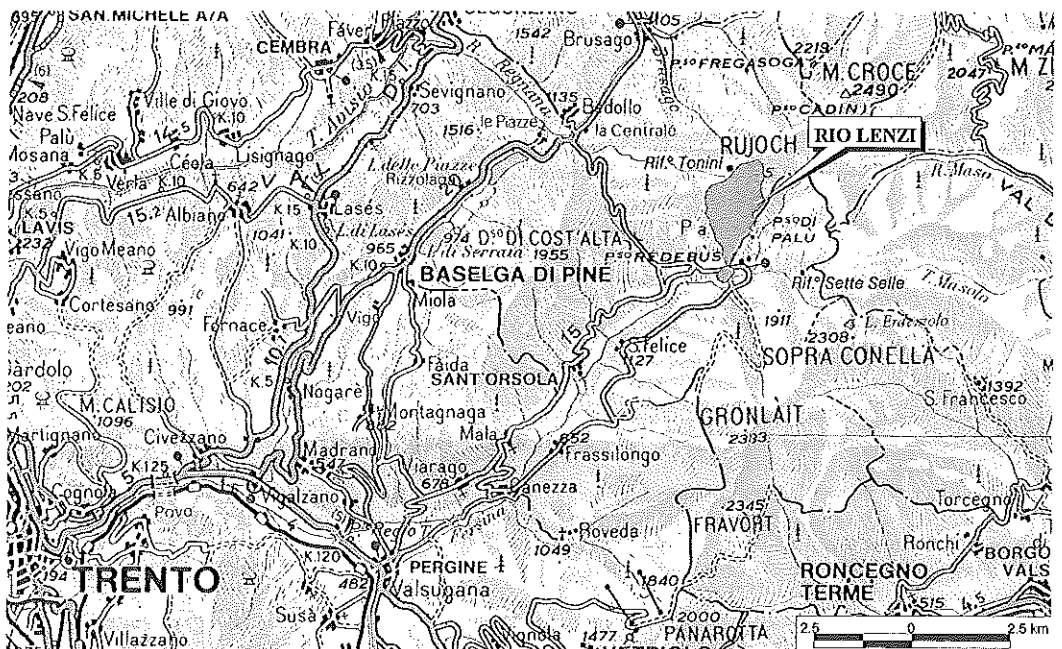


Fig. 1 - Localizzazione geografica del bacino del Rio Lenzi.

Area totale del bacino	2.43	km ²
Quota minima	1362.73	m s.l.m.
Quota media	1880.39	m s.l.m.
Quota massima	2409.22	m s.l.m.
Pendenza media	53.47	%
Esposizione media	171.87	°
Lunghezza collettore	2292	m
Pendenza media collettore	26	%

Tab. 3 - Principali parametri morfometrici del bacino del Rio Lenzi.

drate di dimensioni 10m x 10m, e determinare così i principali parametri morfometrici del bacino che si vedono in tabella 3.

Il reticolo idrografico del Rio Lenzi è abbastanza semplice: nella destra orografica del torrente, a quota 1500 m s.l.m., si stacca il Rio Val di Casa, l'unico importante affluente del Lenzi; a 1710 m s.l.m. e a 1830 m s.l.m., sempre in destra, si staccano rispettivamente il Rio Val Vecchia e il Rio Val di Mezzo. In realtà gli ultimi due non si possono propriamente definire affluenti e la loro importanza, per quanto riguarda l'apporto idrico, è ridotta, come lo è quella dei numerosi fossati che da sinistra confluiscono nel torrente. La portata del Rio Lenzi è continua e alimentata da numerose sorgenti affioranti nella parte medio-bassa del bacino. La pendenza del collettore è elevata nella parte alta, 42%, mentre scende al 24% nella parte media e al 20% in quella bassa; all'interno del conoide, l'asta torrentizia ha una pendenza del 17%.

Per quanto riguarda la geologia, nel bacino del Rio Lenzi è notevole la presenza di depositi morenici, estesi sul 35% della superficie, nella parte media e inferiore del bacino. Nella parte alta, invece, predominano le rioliti, fino a coprire il 46% della superficie. Le falde detritiche sono particolarmente diffuse ai piedi dei versanti più ripidi (PAT-ASSM, 1989).

Il clima è di tipo continentale, con piovosità massima in primavera e autunno, inverni caratterizzati da abbondanti precipitazioni nevose ed estati fresche con frequenti piogge.

La maggior parte del bacino del Rio Lenzi ricade nella fascia fitoclimatica del *Picetum*, mentre l'*Alpinetum* occupa la porzione superiore (PAT-ASSM, 1989).

Analisi storica degli eventi alluvionali

Le ricerche storiche fatte negli archivi provinciali, comunali e parrocchiali hanno fornito scarse informazioni ufficiali, e non sufficientemente precise, circa il comportamento e i danni provocati in passato dal Rio Lenzi. Una migliore conoscenza dei fatti si è potuta acquisire raccogliendo le testimonianze degli abitanti del paese e soprattutto delle persone più anziane.

Il Torrente Fersina, fin dal passato, durante le piene più irruente e impetuose, arrecò numerosi danni alla Valle dei Mocheni, alla pianura Perginese e alla città di Trento. Particolarmente quest'ultima, in passato, ebbe a soffrire più volte a causa dei danni prodotti dal torrente, che scorreva a ridosso delle mura cittadine, e solo dal 1549, quando se ne deviò il corso, la città si poté dire pressoché salva dall'attività alluvionale del torrente.

D'altro canto il Rio Lenzi era da considerarsi, soprattutto in passato, come uno dei maggiori apportatori di congerie nell'alveo del Fersina. Tale fatto deriva in parte dall'attività erosiva sul fondo (infatti, il corso superiore è a forte pendenza), in parte da quella corrosiva sui fianchi, causa la continua deviazione della corrente dall'una all'altra sponda e il progressivo estendersi delle grandi frane nel medio corso.

In ogni caso, sembra che il Rio Lenzi, in occasione degli eventi alluvionali più intensi, abbia procurato solo danni materiali, senza provocare vere e proprie distruzioni, limitatamente all'abitato dei Canopi. Gli unici seri danneggiamenti si sono registrati in corrispondenza dei ponti, divelti dalla furia delle acque, e dei prati limitrofi all'alveo.

I danni procurati dall'alluvione del 1882 furono tali da far ritenere quest'evento come il più catastrofico e violento mai registrato nella Valle dei Mocheni: la piena causò la formazione dei maggiori franamenti tuttora

esistenti sul territorio di Palù, Fierozzo e Sant'Orsola. Furono asportati fabbricati, ponti, strade, devastati grandi appezzamenti di terreni agrari e boschivi, rotti gli argini a difesa di Pergine e allagato l'abitato. Risalgono al 1882 le grandi erosioni sull'Uomo Vecchio, tuttora ben visibili dal paese, e sembra che in questo evento si siano generate la frana sul Rio Val di Casa e quella sul Rio Lenzi, che le colate detritiche innescatesi alle alte quote abbiano distrutto ampie zone a fustaia e prodotto i numerosi depositi laterali che si ritrovano lungo tutto il corso del torrente. Sul conoide, invece, si registrarono interruzioni di strade, danni a fabbricati e la distruzione di un macello.

Altre piene si succedettero dopo quella del 1882, con una frequenza abbastanza elevata, ma nessuna di esse la eguagliò per intensità e forza degli eventi, oltre che per danni provocati a cose e persone.

Ancora, nel 1917 il Rio Lenzi "ruppe nel centro il ponte della strada militare, nelle vicinanze della scuola di Palù, portò via il ponte della mulattiera Lenzi-Tassainer, distrusse alcune costruzioni in legno ad uso abitazione dei militari" e, nella stessa relazione, redatta in un'epoca collocabile tra il 1919 e il 1940, si afferma che le frane "a monte della mulattiera Lenzi-Tassainer e quella posta in località Gronenlait" abbiano avuto, nell'alluvione del 1917, gran parte nel provocare danni (inghiainamento di campi coltivati e prati).

Anche nel 1951 il Rio Lenzi creò problemi all'abitato dei Canopi.

Seppur grave, l'evento del 1966, nel bacino del Torrente Fersina, non è stato così violento come lo fu altrove; in particolare si è manifestato con ridotti franamenti, erosioni di sponda e limitate esondazioni sui conoidi. Il Rio Lenzi, in questa occasione, ha rotto l'argine in sponda destra a valle di Palù, ha inghiainato i prati adiacenti, ha devastato terreni e strade interpoderali, ha investito l'abitato dei Canopi.

Di quest'evento più persone ricordano che, come in altre occasioni, il flusso scendeva impetuoso trasportando fango, massi e legname. Proprio per questo motivo, a valle

di Palù si tagliarono delle piante che crescevano sugli argini: lo scopo era quello di evitare che cadessero in alveo, deviando il flusso, e di confinare la corrente all'interno dell'alveo stesso.

Il conoide del Rio Lenzi

Durante lo studio del Rio Lenzi e, in particolare, nell'analisi morfometrica del bacino, non si è considerata la parte terminale dello stesso, il conoide di deiezione.

Questo può essere spiegato considerando la particolare origine e morfologia di un conoide. Esso risulta dal deposito di sedimenti veicolati dal flusso, provenienti da aree di erosione e rilasciati in una zona pianeggiante situata allo sbocco delle valli strette e fortemente incise dove avviene il trasporto. Ciò continua fino al momento in cui si raggiunge un valore soglia della pendenza, dopodiché s'innescano fasi di scavo, di rimaneggiamento dei sedimenti e di dispersione degli stessi più a valle. Nella storia evolutiva del conoide, dunque, si alternano queste diverse fasi, di deposito e di erosione, con conseguente scavo di solchi, canali, che possono essere temporanei e correlati semplicemente alla concentrazione di sedimenti presente nell'acqua che fluisce dall'area sorgente.

In questo lavoro si è considerato, non tanto un conoide inteso in senso prettamente geologico, bensì quello che è stato definito "conoide idraulico", ovvero la zona che, da un attento esame della parte finale del collettore, risulta direttamente coinvolta in fenomeni di sovralluvionamento o di trasporto di massa (PICCOLI, 2000).

La differenza tra le due forme, oltre che sulla carta, è facilmente percepibile in campo e si rivela essere fondamentale in uno studio della pericolosità sulle aree del conoide.

Il Rio Lenzi, nonostante drena una superficie di modeste dimensioni, è in grado di apportare al collettore principale un'elevata quantità di materiale solido. L'apporto di



Foto 1 - Visione panoramica del conoide del Rio Lenzi.

sedimento nel corso dei secoli è stato così imponente da influenzare l'andamento stesso del Torrente Fersina.

Gli insediamenti presenti sul conoide sono piuttosto limitati. La località Lenzi è il nucleo abitativo principale e si trova nella parte alta del conoide, mentre un secondo gruppo di case, i Canopi, si localizza nella parte inferiore.

Nel corso degli anni il torrente è stato oggetto di ripetuti interventi di sistemazione idraulico-forestale, che hanno permesso di definire maggiormente l'andamento del corso d'acqua sul conoide e di evitare pericolose divagazioni durante gli eventi più intensi.

Come per lo studio del bacino, la costruzione del modello digitale del terreno (che descrive il territorio in esame con celle quadrate di dimensioni 2m x 2m) ha permesso

di determinare le principali caratteristiche morfometriche del conoide, riportate in tabella 4 (PICCOLI, 2000).

Area totale del conoide	0.14 km ²
Quota minima	1258.10 m s.l.m.
Quota media	1319.60 m s.l.m.
Quota massima	1407.10 m s.l.m.
Pendenza media	25.13 %
Esposizione media	197° (S-SW)
Lunghezza del collettore sul conoide	580.00 m
Pendenza del collettore sul conoide	17 %

Tab. 4 - Principali parametri morfometrici del conoide del Rio Lenzi.

Tipologia di trasporto solido

Qualunque attività che richieda una valutazione sul comportamento idraulico di un torrente e del bacino da esso sotteso deve essere preceduta dalla previsione sulle forme di trasporto attese in concomitanza ad eventi di progetto. È di fondamentale importanza conoscere la forma di trasporto solido torrentizio, perché solo in questo modo si riusciranno ad approntare in modo efficiente adeguati sistemi di controllo ed eventuali misure di difesa.

L'indice tipologico del torrente

Per una prima classificazione del Rio Lenzi si è applicato il metodo proposto da Aulitzky (1973).

La determinazione delle caratteristiche del torrente (domande 7-11 del metodo) avviene applicando un "modello sintetico", ossia assegnando risposte che rappresentino una sintesi del caso analizzato.

L'indice tipologico del torrente, media aritmetica dei punteggi assegnati alle varie domande, è risultato pari a 3.2 (tab. 5).

Domanda	Punteggio
7. Danni provocati da colata o piena catastrofiche secondo quanto riportato dalla comunità locale, da cronache ecclesiastiche oppure dal registro fondiario	3
8. Quantità di pioggia massima giornaliera prevista (tenendo conto dell'altezza media dell'intero bacino e di una lunga serie di anni)	3
9. Localizzazione e volume potenziale del materiale asportabile dalle aree sorgenti all'interno del bacino	3
10. Ruolo della vegetazione e dei tronchi all'interno della colata	3
11. Capacità di assorbimento dell'acqua ed erodibilità di rocce e terreno	4
Punteggio totale	16
Numero di domande evase	5
Indice tipologico del torrente	3.20

Tab. 5 - Calcolo dell'indice tipologico del torrente.

Il Rio Lenzi, dunque, è classificato come un torrente con grande potenzialità di sviluppo di colate detritiche.

Estensione del metodo di Aulitzky

La seconda parte del metodo di Aulitzky è stato ampliato per permettere una migliore e più precisa definizione della tipologia del torrente (BAOYUAN *et al.*, 1994).

I nuovi quesiti fanno riferimento alla pendenza media di fondo del corso d'acqua e al rapporto di sinuosità (tab. 6).

L'indice tipologico che si ottiene, considerando anche le nuove domande introdotte, è pari a 3.0; si giunge pertanto a delle conclusioni simili a quelle risultanti dall'applicazione del solo metodo di Aulitzky: il Rio Lenzi è un torrente con grande potenzialità di sviluppo di colate detritiche.

12. Pendenza media longitudinale (I) del collettore

a) $I > 15^\circ$ (27%)	4
b) $8^\circ < I \leq 15^\circ$ (14+27%)	3
c) $3^\circ < I \leq 8^\circ$ (5+14%)	2
d) $I \leq 3^\circ$ (5%)	1

13. Rapporto di sinuosità (K)

a) $K > 2$	4
b) $1.5 < K \leq 2$	3
c) $1 < K \leq 1.5$	2
d) $K = 1$	1

Tab. 6 - Nuovi quesiti, risposte e relativi punteggi.

Un metodo morfometrico

I risultati fin qui ottenuti sono stati confermati anche dal calcolo del numero di Melton (1965). Si tratta di un metodo morfometrico abbastanza semplice per la determinazione della forma di trasporto prevalente in un bacino (MARCHI *et al.*, 1993; D'AGOSTINO, 1996). Tale approccio considera il rapporto di dipendenza esistente tra forma di trasporto e due parametri geomorfologici di agevole determinazione: la pen-

denza media del cono di deiezione (S) e il numero di Melton (Me , parametro adimensionale significativo del rilievo del bacino).

Appartengono alla categoria dei bacini potenziali generatori di *debris flow* quelli che soddisfano la disequazione:

$$S^{\circ} > -14 Me + 7$$

o, più semplicemente:

$$Me > 0.5$$

Nel caso del Rio Lenzi entrambe le disequazioni risultano soddisfatte, perciò si conferma ulteriormente l'attitudine del torrente a sviluppare colate detritiche.

Volume massimo di detrito mobilizzabile

Dopo aver definito la tipologia dei processi morfodinamici che potenzialmente si innescano nel bacino studiato, si è resa necessaria la stima del volume totale massimo di detrito mobilizzabile, che può essere trasportato al conoide.

Tra i diversi metodi per la determinazione dei volumi potenziali di sedimenti, si è scelto di applicare alcune formulazioni empiriche che sono riportate, insieme con i risultati ottenuti, in tabella 7.

Lo studio del Rio Lenzi è proseguito con l'analisi delle sezioni d'alveo più critiche, relativamente alla capacità di conduzione "idraulica" degli eventi di piena potenziali (PAT-ASSM, 1999). È proprio da queste verifiche che si è avuto un primo quadro della pericolosità presente sul conoide, in

Equazione utilizzata	Magnitudo (m^3)
$G_s = 29100 A^{0.67}$ (D'AGOSTINO, 1996)	53.000
$G_s = 211 A^{1.3}$ (D'AGOSTINO, 1996)	35.000
$G_s = 39 A^{1.5}$ (IG) (IT) ^{0.3} (D'AGOSTINO, 1996)	32.000
Quota unitaria di detrito YE = $30 m^3 m^{-1}$ (HUNGR <i>et al.</i> , 1984)	69.000

Tab. 7 - Volumi potenziali di sedimenti stimati applicando metodi diversi.

quanto non tutti i ponti che attraversano il torrente nella sua parte terminale sono stati dimensionati in modo adeguato.

Zonizzazione delle aree di pericolo

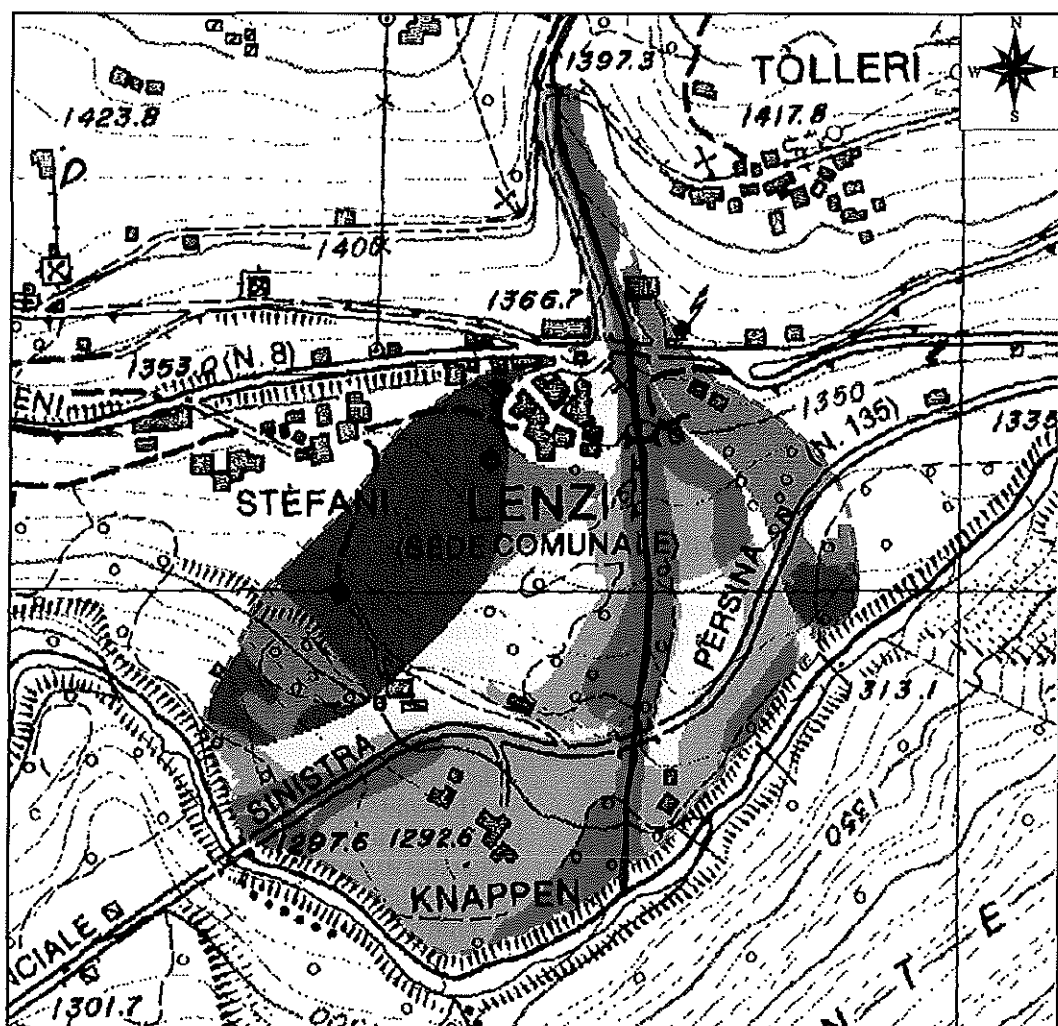
A questo punto, all'interno del conoide del Rio Lenzi, si è resa necessaria l'individuazione delle aree caratterizzate da diversi livelli di pericolosità; è il passo successivo all'identificazione della tipologia di trasporto solido potenziale, nonché la tappa fondamentale per una pianificazione territoriale sui conoidi di deiezione.

L'indice del torrente

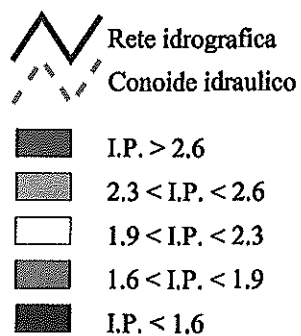
La definizione dell'indice del torrente (domande 1-6), nel metodo di Aulitzky, avviene secondo un "modello distribuito", nel senso che la risposta varia da una zona all'altra del conoide, diversamente da quanto è richiesto, invece, per l'indice tipologico del torrente (domande 7-11).

Lo studio del conoide per l'applicazione del metodo ha richiesto l'osservazione e l'analisi di parecchi fattori:

- quelli che Aulitzky definisce "testimoni muti", ovvero i segni lasciati dalla passata attività alluvionale (resti di colate detritiche, depositi rilasciati da eventi con ingente trasporto solido, ecc.);
- la pendenza delle aree del conoide;
- l'uso del suolo e la presenza di specie vegetali dalle maggiori o minori caratteristiche di rusticità;
- la conformazione e la morfologia dei luoghi;
- l'esame delle modalità in cui il deflusso può realizzarsi nella parte terminale del torrente, ovvero la presenza di sezioni non in grado di far defluire i volumi d'acqua e materiali probabilmente mobilizzati in eventi di piena;
- il profilo del suolo;
- foto aeree, recenti e non, in grado di mostrare l'esistenza di modificazioni dell'assetto territoriale, vegetazionale, ecc., avvenute nel corso degli anni;
- le testimonianze, dirette o indirette, fornite dalla gente del luogo e ricavate dai do-



Carta del pericolo: secondo livello.



100 0 100 metri 1:5000

Fig. 2 - Carta della pericolosità.

cumenti esaminati, circa la pericolosità di alcuni luoghi, i danneggiamenti subiti in passato e altro.

In questo studio, per ciascuna domanda evasa (sono state in tutto cinque), si sono elaborate rappresentazioni cartografiche significative delle risposte date, e le informazioni in esse contenute sono state convertite in formato numerico (formato *raster*) in modo tale da poter essere elaborate a mezzo di un GIS. Avendo a disposizione tale supporto cartografico digitale, l'individuazione delle aree di pericolo sul conoide del rio Lenzi è risultata dalla sovrapposizione delle singole carte tematiche: in questo modo per ciascuna cella del *raster* si è automaticamente calcolata la media aritmetica dei punteggi assegnati per ciascuna domanda e, di conseguenza, si è definita la classe di pericolosità cui la stessa appartiene.

In tal modo si è ottenuta la carta di sintesi, che evidenzia aree, sul conoide, a diverso livello di pericolosità (PICCOLI, 2000) (fig. 2).

La configurazione ottenuta non presenta alcunché di nuovo, anzi, giunge a dare conferma di quanto si poteva intuire già da un'attenta osservazione in campo.

Nella destra idrografica, la zona verde, a basso livello di pericolosità, è costituita da un tratto che, in termini geomorfologici, è detto paleoconoide. Si tratta, molto probabilmente, di un conoide primordiale edificato dal Rio Lenzi quando il Torrente Fersina scorreva ad una quota superiore rispetto a quella attuale. Successivamente, il progressivo abbassamento del profilo di fondo del collettore principale, ha indotto l'affluente a correggere la propria pendenza nel tratto terminale, provocando un'incisione del conoide stesso.

Le aree gialle in sinistra e in destra sono state suddivise in tre sottozone (la giallo-verde, la gialla e la giallo-arancio), in modo da differenziare su livelli diversi il grado di pericolo presente al loro interno; sono significative di un grado di pericolosità medio, giustificato dal fatto che in esse si ritrovano i segni di alvei più o meno antichi, a tutt'oggi riattivabili solo in corrispondenza di eventi eccezionali.

Il tratto medio dell'alveo e le zone ad esso adiacenti sono ad alta pericolosità. Se si

esclude il collettore, sede naturale di sviluppo dei fenomeni più intensi, le fasce rosse in destra e sinistra sono da ricollegarsi alla passata divagazione del flusso sul conoide.

A valle della Strada Provinciale n. 135, sia alveo che conoide presentano un alto grado di pericolo, derivante, in parte dalla possibile ostruzione del ponte a monte dei Canopi, in parte dalla presenza, in destra, di alvei paralleli a quello attuale, a tutt'oggi riattivabili in caso di eventi estremi.

Per quanto riguarda la pericolosità della parte bassa del conoide, è utile precisare che anche il Torrente Fersina vi svolge, e lo ha fatto soprattutto in passato, un ruolo importante.

In realtà una carta del pericolo così ottenuta è un risultato grezzo. Essa necessita di correzioni e revisioni da farsi alla luce delle conoscenze acquisite, inoltre si devono rendere omogenee le aree di pericolo, in quanto derivate da un calcolo puramente matematico.

Necessita un'ulteriore precisazione: nel caso oggetto di studio si sono presi in considerazione quegli indicatori, definiti "testimoni muti", significativi dei fenomeni che si sono verificati nel passato. A tutt'oggi, in seguito all'intensa opera sistematoria realizzata, questi indicatori hanno perso parte della loro significatività ed è ragionevole ritenere che eventi simili a quello del 1882 o del 1966 avrebbero conseguenze e dinamiche ben diverse, a causa delle mutate condizioni idrauliche.

Modifica al metodo Aulitzky

Nell'applicazione del metodo di Aulitzky, così come lo ha formulato l'autore, si è riscontrata una notevole difficoltà a comprendere e, dunque, a rispondere alla domanda 6, riguardante le condizioni di deflusso all'interno del conoide.

Ceriani *et al.* (1998) hanno proposto una modifica al quesito 6 (tab. 8): si devono considerare, oltre al deflusso lungo l'alveo, anche i possibili percorsi seguiti dalla corrente esondante sul conoide, individuati riferendosi alla morfologia del terreno, agli interventi antropici (strade, ponti, opere di difesa idraulica) e alla possibile interazione della corrente con tali infrastrutture.

6. Condizioni di deflusso nell'area del conoide

- | | |
|--|---|
| a) lungo l'alveo sezioni critiche (ponti, restringimenti, curve); sul conoide fenomeni di trasporto di massa (<i>debris flow</i> , <i>debris torrent</i>) e/o fenomeni torrentizi con portate prevalentemente liquide, con elevate capacità erosive e di trasporto | 4 |
| b) lungo l'alveo possibili sezioni critiche solo in occasione di trasporto di tronchi e grossi massi; sul conoide deflusso caratterizzato da trasporto di detrito medio-grossolano con altezze idriche ridotte (pochi decimetri) | 3 |
| c) alveo caratterizzato dall'assenza di ostacoli significativi, per contro presenta un canale poco inciso; sul conoide deflusso caratterizzato da trasporto limitato di detrito ghiaioso-sabbioso con altezze idriche minime (centimetri) | 2 |
| d) alveo ampio e/o incassato che può facilmente far scorrere la colata | 1 |

Tab. 8 - La domanda 6: nuove risposte e relativi punteggi.

Gli autori sottolineano il fatto che la risposta a tale quesito deve essere una sintesi di tutti i dati ricavati dall'analisi dei documenti storici, dallo studio dei lavori tecnici, dalle considerazioni effettuate durante i rilievi in campo e dalle indicazioni fornite dagli abitanti del luogo.

La risposta alla domanda 6 così modificata ha portato alla redazione di una carta in cui, rispetto al metodo originale, si sono delineati con maggior accuratezza i probabili punti di esondazione della corrente fuori dall'alveo e le aree di divagazione sul conoide.

Con la sovrapposizione delle cinque carte tematiche si è elaborata una nuova mappa del pericolo che presenta una zonizzazione analoga a quella ottenuta applicando il metodo originale. Ciononostante la risposta alla domanda 6, così come riproposta da Ceriani *et al.*, è risultata notevolmente facilitata.

Direttrici preferenziali di deflusso

Un attento studio del bacino idrografico, del conoide di deiezione e dei potenziali fenomeni di trasporto solido che il torrente può generare hanno portato ad una buona

conoscenza del probabile comportamento del Rio Lenzi. Inoltre, l'applicazione dei metodi di zonizzazione delle aree di pericolo sul conoide ha prodotto un buon livello di consapevolezza della pericolosità.

Partendo da questi presupposti e ricercando un'integrazione ai metodi applicati, si è prodotta una *carta dei percorsi preferenziali di deflusso della colata sul conoide*.

Questa si propone, inoltre, come una sintesi dello studio sui volumi potenziali di detrito mobilizzabili, dell'analisi delle condizioni di deflusso lungo l'alveo, delle ipotesi fatte sulla possibile ostruzione delle sezioni e dello studio della morfologia dei luoghi che dimostrano di avere notevole importanza sull'espansione delle colate detritiche potenziali oltre che sul deposito del materiale trasportato dalla corrente dilagante.

Lo studio sul conoide del Rio Lenzi si è concretizzato nella mappatura dettagliata della morfologia dei luoghi. Questo lavoro, insieme con la scrupolosa osservazione delle forme e dell'andamento del terreno, si è rivelato utile mezzo per poter individuare le potenziali direttrici che un *debris flow* può seguire fuori dall'alveo (PICCOLI, 2000).

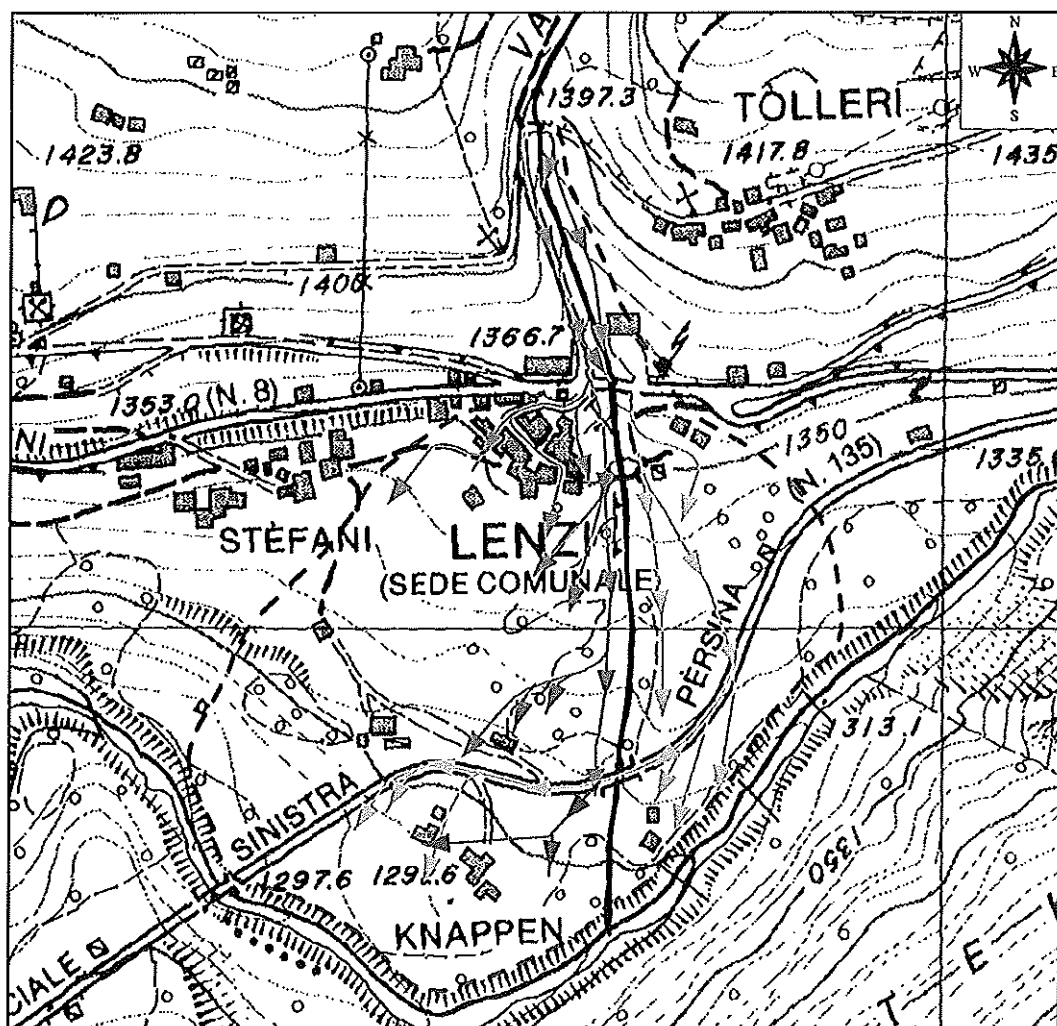
Si è così elaborata la carta dei percorsi preferenziali di deflusso riportata in figura 3.

Considerazioni conclusive

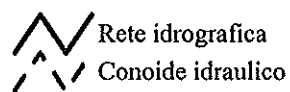
Le carte del pericolo elaborate in studi come questo sono affette da una qualche approssimazione, in quanto non è possibile, con assoluta precisione, definire l'esatto sviluppo dei fenomeni in esame. E proprio in quest'ottica si pone il metodo di Aulitzky, come anche le modifiche ad esso apportate, volendo semplicemente essere un aiuto al tecnico che intende tracciare un quadro abbastanza corretto del pericolo prevedibile in un conoide, in relazione a fenomeni di trasporto solido.

Elena Piccoli

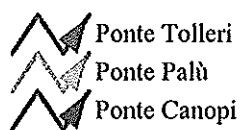
Laureata in Scienze Forestali e Ambientali
Str. Pian delle Maddalene 15, 36100 Vicenza
e-mail: elenapiccoli@tin.it



Carta dei percorsi preferenziali.



Punti di divagazione



100 0 100 metri 1:5000

Fig. 3 - Carta dei percorsi preferenziali di deflusso.

BIBLIOGRAFIA CITATA E DI RIFERIMENTO

AULITZKY H., 1973 - *Vorläufige Wildbach-Gefährlichkeits-Klassifikation für Schwemmkegel*. 100 Jahre Hochschule für Bodenkultur, Band IV, Teil 2, 81-113.

BAOYUAN X., LIXIAN W., ZHONG Z., GUOSHENG W., 1994 - *Torrent classification and mapping of hazard zones in mountain area of Beijing*. Proceedings of the International Symposium on Forest Hydrology, Tokyo, Japan, 513-520.

CASTIGLIONI G. B., 1979 - *Geomorfologia*. UTET, Torino.

CERIANI M., FOSSATI D., QUATTRINI S., 1998 - *Valutazione della pericolosità idrogeologica sulle conoidi alpine; esempio della metodologia di Aulitzky applicata alla conoide del torrente Re di Gianico - Valcamonica (BS) - Alpi Centrali*. Atti del XXVI Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Catania, 15-26.

D'AGOSTINO V., 1996 - *Analisi quantitativa e qualitativa del trasporto solido torrentizio nei bacini montani del Trentino Orientale*. Atti del XXXIII Corso "Controllo e tutela dei sistemi fluviali", S. Vito di Cadore (BL), 221-224.

DELLA LUCIA D., FATTORELLI S., PROVASI S., 1976 - *Determinazione delle zone omogenee per le piogge intense nel Trentino*. PAT-ASSM, Memorie del Museo Tridentino di Scienze Naturali, vol. 21, fascicolo 2.

FILIPPI GILLI E., 1994 - *Piano Generale degli interventi di Sistemazione Idraulico Forestali: Interzona Antermont - Duron: Studio di Impatto Ambientale*. Studio commissionato dalla Provincia Autonoma di Trento - Servizio Azienda Speciale di Sistemazione Montana.

HUNGR O., MORGAN G. C., KELLERHALS R., 1984 - *Quantitative analysis of debris torrent hazards for design of remedial measures*. Canadian Geotechnical Journal, 21, 663-677.

MARCHI L., PASUTO A., TECCA P. R., 1993 - *Flow processes on alluvial fans in the Eastern Italian Alps*. Z. Geomorph. N. F., 37: 447-458.

MARCHI L., PASUTO A., SILVANO S., TECCA P. R., 1992 - *Studi su fenomeni di debris flow in ambiente alpino*. Quaderni di Idronomia Montana, 11/12, 205-218.

MARCHI L., TECCA P. R., 1996 - *Magnitudo delle colate detritiche nelle Alpi Orientali Italiane*. GEAM, 89, 79-85.

MELTON M. A., 1965 - *The geomorphic and paleoclimatic significance of alluvial deposits in Southern Arizona*. Journal of Geology, 73, 1-38.

PAT-ASSM, 1989 - *Piano Generale di Bacino del Torrente Fersina - Relazione Tecnica*.

PAT-ASSM, 1991 - *Per una difesa del territorio. La sistemazione dei bacini montani in provincia di Trento attraverso i secoli*. Edizioni ARCA.

PAT-ASSM, 1999 - *Gestione ecologica delle acque e dell'erosione nei bacini idrografici delle aree alpine - Torrente Fersina (Italy)*. Commissione Europea Direzione Generale Ambiente, Sicurezza nucleare e Protezione civile, Trento.

PICCOLI E., 2000 - *Definizione delle aree di pericolo in relazione a fenomeni di debris flow: il caso di studio del Rio Lenzi*. Tesi di Laurea, Dipartimento TESAF, Università degli Studi di Padova.

SOCIETÀ DEGLI ALPINISTI TRIDENTINI, 1882 - *Relazione sulle inondazioni del settembre e ottobre 1882 nel Trentino e sulla prima distribuzione di sussidi ai danneggiati*. Marietti editore, Trento.

Riassunto

Lo studio dei conoidi di deiezione ha un'importanza fondamentale per la pianificazione in aree spesso fortemente antropizzate, localizzate allo sbocco delle valli alpine secondarie. È crescente l'esigenza di predisporre strumenti conoscitivi sulla pericolosità di tali ambienti, in modo da poter intervenire per la difesa degli abitati e la messa in sicurezza delle vie di comunicazione.

In questo lavoro si è esaminato il conoide del Rio Lenzi, Valle dei Mocheni (Trento), applicando un metodo (Aulitzky), con alcune modifiche e integrazioni che portano, come risultato finale, all'individuazione di aree, all'interno del conoide, caratterizzate da diversi livelli di pericolosità in relazione a fenomeni quali colate detritiche, trasporto solido sostenuto, inondazioni.

Questo metodo permette di ottenere carte del pericolo attendibili, che, prodotte in tempi relativamente brevi, rappresentano un valido appoggio alla pianificazione territoriale e alla programmazione di eventuali interventi di difesa.

Summary

Alluvial fans and hazard zoning

The study of the alluvial fans is of fundamental importance for the territorial planning of the densely inhabited areas at the outlet of the tributary rivers in the main alpine valleys. There is a strong demand of methods to evaluate the dangerousness of these environments, in order to provide a defence for the built-up areas and lines of communication.

A study of the Rio Lenzi alluvial fan (Valle dei Mocheni, Trento) is here presented. The Aulitzky method, modified and integrated, has been used. This approach led to the identification, inside the alluvial fan, of areas characterized by different degrees of dangerousness, due to debris flows, sediment-laden water flows and overflows.

This method allows to quickly obtain reliable maps of the danger, which provide instruments for the territorial planning and realization of protective structures.