

Innovativo sistema di prevenzione

nel settore del rischio idrogeologico

Sono illustrati gli interventi di sistemazione idraulica del torrente Sautoreglia (in Provincia di Torino), realizzati di recente con i finanziamenti della Regione Piemonte, che si erano resi necessari in seguito agli eventi alluvionali del maggio 1999. Allo scopo di trattenere il materiale detritico trasportato è stata realizzata una barriera in pannelli di rete ad anelli d'acciaio, una soluzione alquanto innovativa che ha permesso di ovviare alla più difficoltosa, nonché onerosa, costruzione di un'opera di tipo tradizionale.

Marco Barbero,
geologo.
Studio Geolpi.
Maurilio Bocco,
Ingegnere libero
professionista.
Paolo Clapier,
dottor forestale
Studio Tecnico
Forestale.
Guido U. Guasti,
geologo
Geobru gg Italia.

1. Localizzazione dell'area di intervento.

Il torrente Sautoreglia, Comune di Villar Pellice (Piemonte) lambisce il centro abitato di Garnier e la via principale di accesso all'abitato; il torrente drena una modesta porzione del versante sinistro della media Valle Pellice, compresa fra i 1750 e i 750 metri di quota: il bacino si presenta stretto ed allungato e, in corrispondenza dell'apice del conoide, ricopre una superficie pari a 0,539 km² (fig. 1).

L'intersezione tra il profilo longitudinale del bacino e la viabilità ordinaria rende esposta a rischio idrogeologico sia la comunità di Garnier, sia le attività produttive e turistiche della zona. L'asta di questo piccolo tributario di sinistra del Pellice, che è ben individuabile a partire da una quota di circa 1450 metri, presenta una lunghezza di poco superiore ai 1250 metri e una pendenza media nell'ordine del 54% (fig. 2). Dal punto di vista geologico-regionale il bacino del Sautoreglia è localizzato nel settore centrale del "Massiccio Cristallino del Dora-Maira", il più meridionale fra i Massicci Cristallini In-



temi di pertinenza penninica di cui è costituito l'edificio alpino occidentale. In particolare il bacino del rio in esame è caratterizzato dall'affioramento di prevalenti micascisti e gneiss minuti del basamento polimetamorfico Dora-Maira e da subordinati ortogneiss a tessitura francamente occhiadina (gneiss tipo "Freidouar") o più laminati (gneiss tipo "Pietra di Luserna"). Nell'area in esame il substrato presenta un assetto strutturale piuttosto costante, infatti la foliazione principale immerge con buona regolarità verso Ove-

st-SudOvest con angoli di poche decine di gradi.

Nella parte medio-bassa del bacino il substrato affiora con discreta continuità (l'alveo del rio è infatti modellato in roccia), mentre nella porzione superiore è spesso mascherato dai depositi della coltre detritico-coluviale che presenta generalmente una potenza di ordine metrico. Tale assetto ha condizionato i processi d'instabilità che hanno interessato il rio in esame: i processi infatti si sono innescati nella parte alta del bacino a spese dei depositi della coltre.

DESCRIZIONE DEI PROCESSI DI DISSESTO

Nel corso dell'evento alluvionale del 3 e 4 maggio 1999 il bacino del torrente Sautoreglia è stato interessato da processi di instabilità di entità alquanto rilevante, con conseguenze sensibili nel settore di conoide.

I processi in esame si sono innescati nella parte alta del bacino ad una quota di circa 1450 metri. Più precisamente in corrispondenza del settore in esame, a seguito delle in-

tense precipitazioni meteoriche si è verificata una frana di tipo superficiale ("soil slip") nella quale sono stati coinvolti per uno spessore massimo di ordine metrico i terreni della coltre detritico-colluviale (fig. 3).

Le cause della frana in esame sono riconducibili alla saturazione e alla successiva fluidificazione dei terreni della coltre, costituita da elementi lapidei di dimensioni da decimetriche a pluridecimetriche in matrice sabbioso-limosa più o meno abbondante.

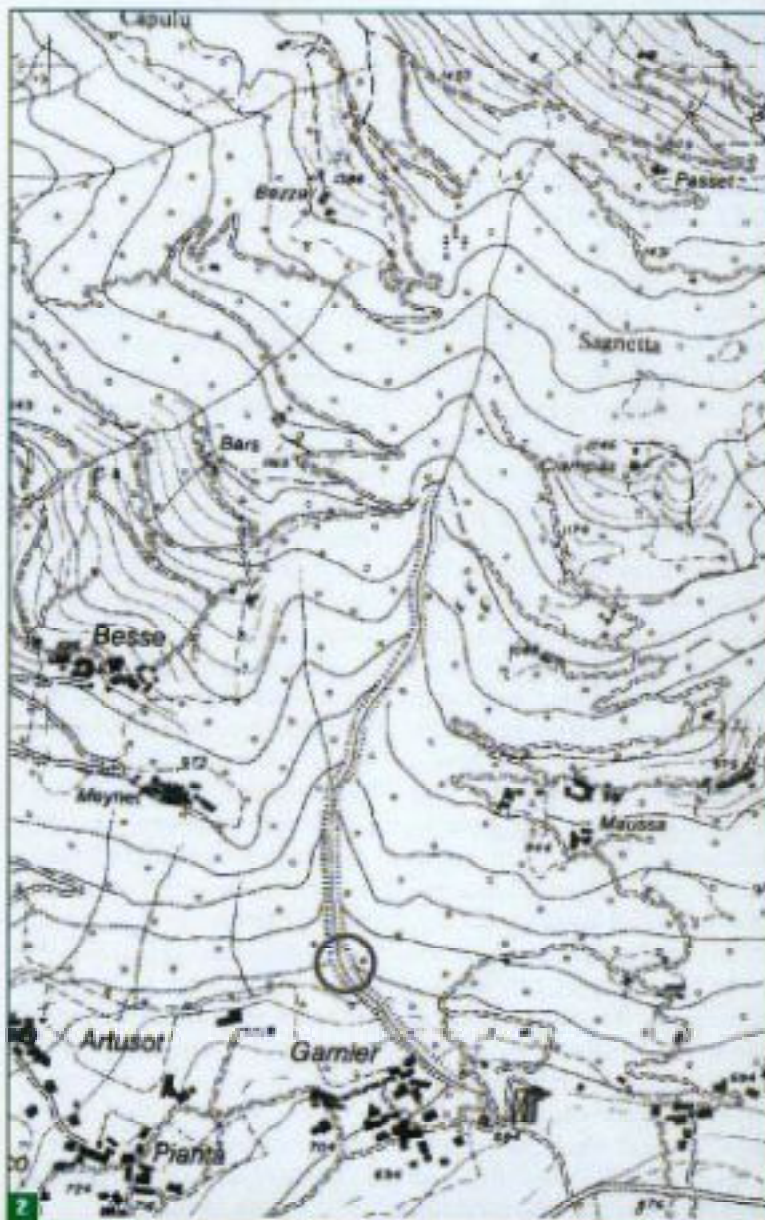
La superficie del settore interessato dalla frana è nell'ordine dei 350 m² e il volume di materiale detritico mobilizzato in corrispondenza dell'area di distacco è stato stimato di circa 250 - 300 m³.

Il materiale mobilizzato si è incanalato nell'incisione del rio e ha dato origine ad una miscela solido-liquida (ipotesi di $\gamma = 16 \text{ kN/m}^3$) che, traslando velocemente verso valle, si è autoalimentata asportando il materiale detritico presente nell'alveo e lungo le sponde e si è trasformata in un vera e propria colata detritica torrenziale (o "debris flow").

Nella parte alta del rio i processi erosivi sono stati piuttosto rilevanti, infatti i depositi della coltre sono stati completamente asportati ed è stato messo a nudo il substrato roccioso. Per contro, nel tratto intermedio del rio i processi erosivi sono stati di entità decisamente trascurabile in ragione del fatto che l'alveo del rio è quasi completamente impostato in roccia; localmente si sono verificati modesti fenomeni di deposizione del materiale detritico trasportato, laddove la corrente ha trovato una riduzione dell'inclinazione del letto.

La colata detritica si è esaurita in corrispondenza dell'apparato di deiezione del rio, ove si è verificata la principale deposizione del materiale detritico trasportato, il cui volume è stato valutato nell'ordine dei 500 - 700 m³.

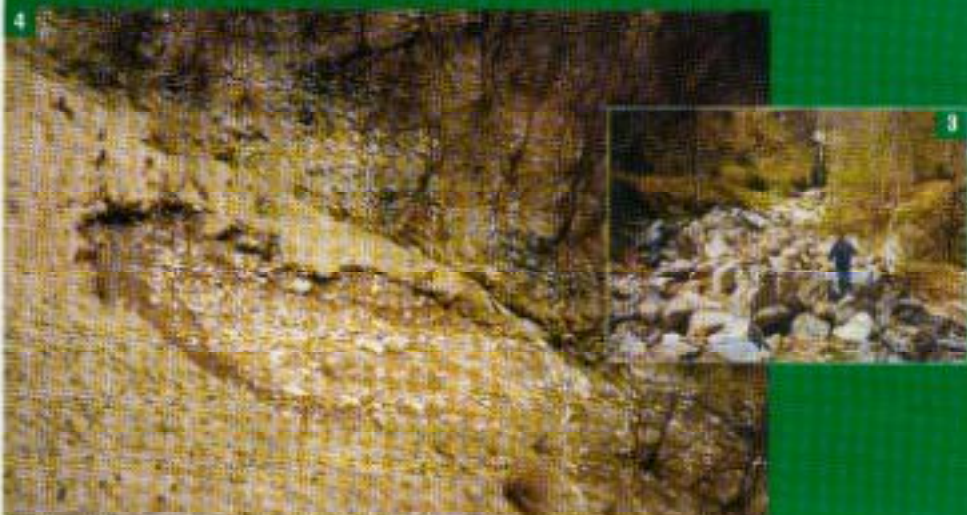
I processi di deposizione sono stati particolarmente rilevanti nel settore apicale del conoide, ad una quota di circa 750 metri. In questo settore il profilo longitudinale del-



2. Corografia dell'area di intervento.

3. Zona di accumulo della colata del maggio 1999.

4. "Soil Slip": frana di innesco della colata detritica.



l'alveo presenta una brusca variazione della pendenza, in particolare, a valle di un salto roccioso di alcuni metri, la sezione dell'alveo si amplia decisamente e la pendenza si riduce drasticamente. Per tale ra-

gione, nell'area in esame, dove si è arrestata la frazione più grossolana della colata detritica (circa 150 m³), si possono osservare infatti numerosi blocchi di dimensioni anche metriche (fig. 4).

GLI INTERVENTI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO DA COLATE

Al fine di porre rimedio ad una situazione di rischio giudicata non più sostenibile dall'Amministrazione comunale, sono state esaminate alcune tipologie d'intervento che potessero fare fronte ad un fenomeno ancora poco definito da un punto di vista scientifico, in relazione all'aspetto della modellazione numerica.

Se da un punto di vista della modellazione le variabili sono talmente levate che risulta azzardato esportare le osservazioni e le conclusioni da un sistema bacino embrifero/asta torrentizia/soglia ad un altro con caratteristiche apparentemente simili o paragonabili, sono tuttavia acquisite in quanto evidenti le seguenti assunzioni:

- le masse in gioco superano anche di diversi ordini di grandezza i crolli litoidi lungo versante, anche se non è corretto considerare tutta la massa di un DF agente sulla struttura che ne sbarrava la via di colata;
- le velocità possono essere anche molto varie ma, tendenzialmente, con punte in valore assoluto inferiori ai massimi raggiunti dai crolli litoidi lungo versante (massi isolati di medie dimensioni).

Strutture "Debris Flow" per la mitigazione del rischio di colate detritiche devono "lavorare" in una doppia accezione, secondo la classificazione maggiormente in uso nel settore della prevenzione idrogeologica:

- in forma attiva, suddividendo l'asta torrentizia in diversi tratti se le previsioni di masse mobilizzabili rendono insostenibile l'energia sviluppata in una determinata soglia del torrente, fissati i valori di γ e velocità;
- in forma passiva, agendo come filtro o opera di intercettazione ed arresto delle masse in movimento.

L'orientamento dei progettisti incaricati, sentite le esigenze dell'Amministrazione, doveva essere tale da soddisfare i requisiti di:

- efficacia sperimentata,
- basso impatto, sia economico che ambientale,
- facilità d'installazione e di ma-

nutazione. Sono stati esaminati diversi casi in Giappone, ma alcuni trattati si trovano in letteratura anche ad opera di autori italiani (Polloni, Aleotti, 1998, Arattano, 1994).

La ricerca di casi analoghi affrontati nel mondo ha portato alla valutazione di barriere in acciaio, non dissimili da barriere paramassi ma specificamente sviluppate per le colate detritiche, il cui comportamento è stato sperimentato con pieno soddisfacimento nel passato sia artificialmente (Duffy, Peila, 1999) sia in vera grandezza (Salzmann, 2001).

La soluzione tecnica è stata preferita ad un'opera di tipo tradizionale in virtù della facilità d'installazione e in ragione della particolare ubicazione del sito d'intervento, che richiede opere complementari (e costi aggiuntivi non trascurabili) per l'apertura di un accesso al sito in aree di notevole pregio paesaggistico (alberi di castagno secolari) a meno di ricorrere all'impianto del cantiere ed all'approvvigionamento dei materiali per mezzo di elicottero con brevi rotazioni (fig. 5).

La barriera "Debris Flow" installata, di produzione della società Geobrugg Fatzer SA di Romanshorn (CH), è costituita da:

- sistema di sostegno: montanti in profilato di acciaio del tipo HEB 220 muniti di piastra di base snodata unidirezionalmente all'estremità inferiore, dotata di elemento di protezione deformabile contro eventuali urti diretti;
- sistema di intercettazione principale: pannelli ad anelli concatenati tra loro solo in 4 punti, costituiti da un unico filo elementare di acciaio galvanizzato in lega Zn-Al;
- sistema di intercettazione selettiva: rete metallica flessibile a semplice torsione e maglie romboidali, costituita da filo elementare ad alta resistenza galvanizzato in lega Zn-Al;
- sistema di trasmissione dei carichi: funi ad anima metallica del tipo Geobinex, galvanizzate in lega Zn-Al;
- sistema di trasmissione dei carichi al suolo: ancoraggi, in doppia fune spiroidale,

di acciaio fortemente zincato, dotato di doppia protezione meccanica ed idraulica;

- sistema dissipatore d'energia: dissipatori di energia in tubo d'acciaio fortemente zincato a comportamento noto (gradiente sforzo-deformazioni).

La sua specifica concezione, in accordo alla manualistica fornita dal produttore, permette di rispondere in maniera graduale alle sollecitazioni indotte, così come graduali sono quest'ultime, e soprattutto in maniera differente rispetto alle omologhe barriere paramassi ad elevato assorbimento d'energia. Da test sperimentali si è potuto determinare un'applicazione dei carichi in maniera differente rispetto agli impatti, tipicamente impulsivi, causati da massi singoli (intendendo con questi i crolli litoidi lungo versante), così come asserito da Paronuzzi (1989) ma anche dalla campagna di ricerche in corso attualmente da parte del WSL di Birmensdorf (CH) (Swartz, compers, 2002).

L'OPERA DI VILLAR PELLICE

Come detto, l'opera si è resa necessaria a seguito dei processi di dissesto verificatisi nel corso dell'evento alluvionale del maggio 1999. Successivamente all'analisi topografica del profilo longitudinale e ad alcune sezioni trasversali dell'asta torrentizia, si è individuata alla quota di 750 metri slm circa la soglia adatta per la realizzazione dell'intervento, sulla base di criteri fondamentalmente morfologici:

- relativa ampiezza del letto del torrente;
- a valle di un tratto a modesta pendenza, quest'ultima porzione d'alveo preceduta, circa 40 metri a monte, da un salto in roccia di 15 metri (fig. 4);
- a monte di un ulteriore "incassamento" del letto con presenza di massi di dimensioni metrici.

La struttura è stata dimensionata per un'energia l'impatto di circa 2000 kJ, corrispondente ad una massa di circa 100 m³ aventi velocità di circa 5 m/s. Tali valori sono da assumersi come del tutto indicativi, in



5. Operazioni di
ultrasporto in
aree a fitta
vegetazione.

quanto:

- il salto di roccia di 15 m immediatamente a monte, riduce sensibilmente la velocità (la fronte della colata deve quasi "ripartire da ferma");
- la precedente colata detritica del 4 maggio 1999 stimata in circa 700 m³, in un'area a pendenza longitudinale del 20% ha visto annullata la propria velocità (zona di deposizione).

Di conseguenza, anche ammettendo una modesta velocità dell'ordine dei 2 m/s, la struttura risulta dimensionata anche per una massa critica oltre 600 m³, laddove per massa critica si intende quella che materialmente impatta contro la barriera in forma impulsiva, caricandola cioè istantaneamente.

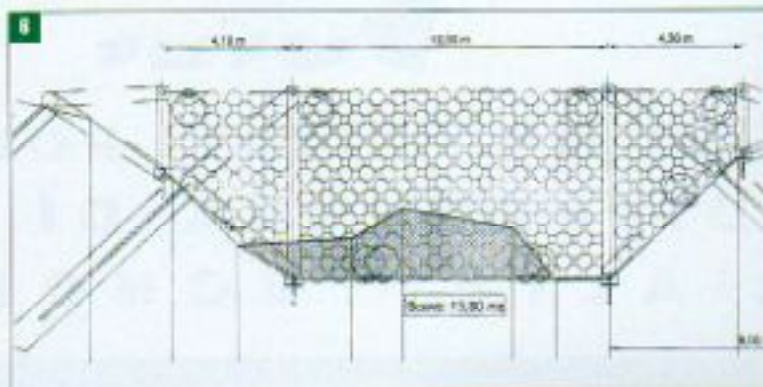
Da studi sperimentali condotti su alvei naturali, una massa critica di 600 m³ corrisponde ad una colata di notevoli proporzioni (Roth, 2002).

Geometricamente (fig. 6), è stata suddivisa in tre luci, rispettivamente aventi le seguenti dimensioni:

- Luce 1. L = 4,0 m, H = 3,0+6,0 m (sagoma trapezoidale)
- Luce 2. L = 10,0 m, H = 6,0 m
- Luce 3. L = 4,0 m, H = 3,0+6,0 m (sagoma trapezoidale).

I montanti di sostegno in trave HEB, poggianti su una piastra snodata sono stati di conseguenza 4, due (estremi) di altezza 3,0 m e 2 (centrali) di altezza 6,0 m. Il sistema di controventatura a monte e laterale è stato ottenuto collegando le estremità degli stessi ad ancoraggi in doppia fune spiroidale di diametro adeguato, in accordo ai suggerimenti del produttore ed alla relativa manualistica di installazione. Per quanto possibile, le perforazioni sono state eseguite nel substrato roccioso ed al di fuori delle pertinenze dell'alveo, anche se il particolare dispositivo di protezione della testa degli ancoraggi minimizza, di fatto, il rischio di danni meccanici e fisici di tali elementi. La struttura di intercettazione è costituita da pannelli di rete ad anelli in filo ad alta resistenza (diametro 3 mm e 1800 N/mm²).

Il pannello ad anelli abbina ad un'elevata resistenza a trazione ed al punzonamento, una capacità di



6. Schema progettuale della barriera Debris Flow.

deformazione elevata che test in vera grandezza hanno mostrato essere di fondamentale importanza per l'assorbimento di energia cinetica di masse in movimento.

Quale rivestimento del pannello principale, è stata disposta una rete a maglia romboidale (diametro del cerchio inscritto: 65 mm), e dunque estremamente flessibile, costituita dal medesimo filo in acciaio. Tale rete "selettiva" è stata sospesa dal fondo dell'alveo per consentire il normale deflusso delle acque del torrente in periodi di magra. In fig. 7, la struttura completata.

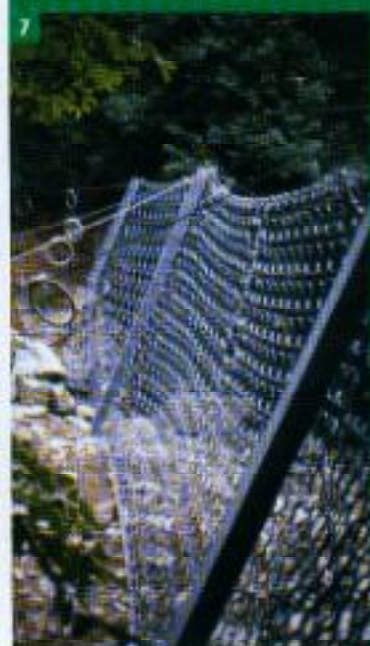
Prima di installare la barriera, mediante l'uso di un ragno si è proceduto alla rimozione del materiale detritico grossolano depositato nel corso dell'evento alluvionale del maggio 1999 lungo il tratto oggetto d'intervento.

Il materiale risultante è stato utilizzato per imbottire la sponda destra del rio in corrispondenza della modesta curva che il torrente compie verso sinistra immediatamente a valle della sezione d'alveo ove è stata posizionata la barriera.

CONCLUSIONI

Per mitigare il rischio di colate detritiche presso l'abitato di Garnier, è stata recentemente realizzata, tra le prime in Italia, un'opera di contenimento del trasporto solido del torrente Sautoreglia, costituita da una struttura in pannelli di rete ad anelli d'acciaio sostenuti da montanti in acciaio.

La struttura è stata preferita a sistemi tradizionali (fondamentalmente ricorrenti al calcestruzzo) per ragioni economiche e paesaggisti-



7. La barriera Debris Flow in esercizio.

che e a sistemi più moderni (ingegneria naturalistica) per ragioni di durata e di efficienza accertata con test sperimentali in vera grandezza anche in occasione di eventi di particolare entità.

Dal punto di vista dell'aspetto operativo, si può affermare che il lavoro è stato estremamente rapido (installazioni anche in regime di quasi urgenza) e soprattutto poco o nulla impattante sull'aspetto paesaggistico dell'area.

Per quanto attiene alla manutenzione dell'opera, va detto che la scelta di avere sospeso la rete selettiva fine fino a circa +1 m dal fondo dell'alveo si è dimostrata opportuna in quanto due stagioni autunnali ed invernali non sono state tali da intasare la struttura e provocare una sorta di sbarramento artificiale. Di conseguenza, ad oggi, la manutenzione dell'opera non è stata