



# Pericolosità geologica in conoide: ricerca bibliografica e analisi critica

Federica MARCO\*, Ferruccio FORLATI\*\*

\* Collaboratrice esterna CSI-Piemonte

\*\* Responsabile Settore Studi e Ricerche Geologiche - Sistema Informativo Prevenzione  
Rischi - ARPA Piemonte.



In copertina Rio Gerardo, Bussoleno (TO).

Vecchio mulino in sinistra idrografica a monte dell'apice di conoide, danneggiato nel corso dell'evento alluvionale 13-15 ottobre 2000.

Pubblicazione in distribuzione gratuita presso:

ARPA Piemonte

Settore Studi e Ricerche Geologiche - Sistema Informativo

Prevenzione Rischi

C. so Unione Sovietica, 216 – 10139 TORINO

Segreteria Tel. 011/3169336



## Indice

Pericolosità geologica in conoide: ricerca bibliografica e analisi critica .....	1
Premessa .....	5
1. Risultati dell'analisi critica .....	7
1.1. Lo studio dei fenomeni torrentizi.....	8
1.2. Tipologie di approccio al problema.....	9
1.3. Schede sintetiche.....	11
2. Valutazione della pericolosità geologica in conoide .....	12
2.1. Metodologie per la valutazione della pericolosità .....	13
2.1.1. Analisi semi-quantitativa: cartografie di sintesi .....	14
2.1.2. Analisi semi-quantitativa: matrici di calcolo.....	41
2.1.3. Analisi quantitativa: modellazioni numeriche .....	58
2.1.4. Varie .....	81
2.2. Stima della <i>magnitudo</i> .....	87
2.2.1. Fattori in gioco nel calcolo della <i>magnitudo</i> .....	88
2.2.2. Procedure di calcolo della <i>magnitudo</i> .....	89
2.2.3. Approccio probabilistico .....	100
2.3. Calcolo di altri parametri rilevanti per la valutazione della pericolosità .	102
2.3.1. Spessore critico d'innesco .....	103
2.3.2. Velocità dell'onda di detrito.....	104
2.3.3. Portata liquida e portata dell'onda di detrito .....	106
2.3.4. Quantità di detrito eroso per unità di lunghezza dell'alveo .....	108
2.3.5. Indice di Melton.....	109
2.3.6. Condizioni per la deposizione.....	110
2.3.7. Sezione di deflusso e area inondata.....	112
2.3.8. Distanza percorsa dalla colata ed estensione del deposito sul conoide ..	113
2.3.9. Analisi granulometrica di depositi a prevalente componente grossolana	116
2.3.10. Volume del conoide.....	117
2.3.11. Indice di suscettibilità all'innesco di colate piroclastiche.....	118
2.4. Determinazione delle soglie d'innesco per <i>debris flow</i> .....	119
ALLEGATO 1     Tabella segnalazioni bibliografiche .....	125
ALLEGATO 2     Schede sintetiche.....	137
ELENCO PAROLE CHIAVE .....	238





## Premessa

Si propone un quadro di sintesi di pubblicazioni riguardanti l'attività torrentizia, selezionate con l'obiettivo di ricavare gli elementi fondamentali per una valutazione della pericolosità geologica in conoide, il più possibile completa ma relativamente speditiva. In corso d'opera è emersa l'importanza di accompagnare l'analisi critica con una sintesi dei lavori più significativi, a produrre un documento di rapida consultazione.

Data la vastità di materiale bibliografico disponibile in questo campo è stato necessario porre dei limiti alla ricerca, che tocca diversi aspetti delle problematiche trattate ma non pretende di essere esaustiva sull'argomento. Un certo spazio è stato concesso ad articoli: a) di ampio respiro, indirizzati a valutazioni di pericolosità da frana *l.s.*, b) molto particolareggiati su aspetti specifici dei processi torrentizi e propedeutici a valutazioni di pericolosità, c) non riferiti in modo specifico all'ambito di conoide ma ugualmente importanti ai fini della trattazione della pericolosità connessa all'attività torrentizia.

A causa della notevole eterogeneità del materiale raccolto l'esito può risultare in alcuni casi frammentario.

La terminologia relativa alle tipologie di trasporto solido utilizzata dai vari autori non è sempre univoca; in generale è tuttavia riconosciuto che<sup>1</sup>:

- trasporto solido ordinario di fondo e in sospensione avviene nei settori di fondovalle caratterizzati da pendenze inferiori al  $0.06 \div 0.08$ ; in questo campo il fluido, costituito da acqua e particelle, può essere assimilato ad un fluido newtoniano e la descrizione del moto può essere espressa tramite formule matematiche relativamente semplici (meccanismo idrodinamico);
- trasporto solido iperconcentrato, caratterizzato da correnti con contenuto solido rilevante, si verifica in un campo nel quale il fluido non può essere considerato newtoniano e la trattazione matematica diviene più complessa; è il campo dei *debris flow*, che vengono definiti a) *immaturi* se la concentrazione di materiale solido è

---

<sup>1</sup> "Trasporto solido e colate detritiche", Corso tenutosi al Politecnico di Torino nei giorni 26-27/06/2002 a cura del Prof. Gennaro Bianco.



compresa tra il 2% e il 20% e se la pendenza assume valori fino a  $0.20 \div 0.25$  o b) *maturi* o *debris flow* veri e propri, se la pendenza è superiore a  $0.20 \div 0.25$ .

I *debris flow*<sup>2</sup> si differenziano sulla base delle dimensioni delle particelle solide coinvolte nel moto (*stony debris flow* o *mud/earth flows*) e possono avere differenti modalità d'innesco:

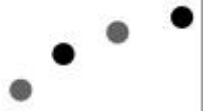
- a) movimenti in massa su versante (*hill-slopes flows, debris avalanches, rockfalls*, frane superficiali che evolvono in colata, grandi frane catastrofiche),
- b) movimentazione del materiale presente nelle incisioni vallive (*valley confined debris flows, channelized debris flows, debris torrents*).

Per la valutazione della pericolosità in conoide e per la stima dell'intensità dei processi, ricondotta da parte di molti autori alle volumetrie di materiale coinvolto (*magnitudo*), sono disponibili molteplici approcci, che implicano differenti modalità di raccolta ed elaborazione delle informazioni disponibili (dati geologici, geomorfologici, idrologici, notizie storiche, ecc.).

Si ringraziano l'ing. Stefano Campus per la revisione critica del testo, la dott. Gianfranca Bellardone e la dott. Lidia Giacomelli per i preziosi consigli.

---

<sup>2</sup> Il termine anglosassone in molte pubblicazioni è tradotto: colata detritica torrentizia, colata di detriti, lava torrentizia, trasporto torrentizio in massa, *lave torrentielle, coulée de débris*.

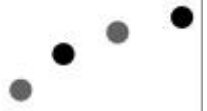


## 1. Risultati dell'analisi critica

La ricerca bibliografica ha compreso lavori significativamente differenti; si è cercato tuttavia di sintetizzare ed esporre i risultati in un ordine il più possibile logico e di mettere a fuoco punti comuni nel modo di affrontare i problemi trattati.

In particolare sono emerse differenze rilevanti nell'impostazione del lavoro, in funzione del tipo di attività da svolgere (monitoraggio in corso d'evento, studio dei depositi post-evento, esecuzione di rilievi geomorfologici finalizzati alla stesura di carte tematiche o di censimento, ecc., § 1.1.) e degli obiettivi da raggiungere.

Di conseguenza differenti sono risultate le modalità di analisi espresse nelle varie pubblicazioni, che in questa sede e per le finalità del presente lavoro sono state sintetizzate in: descrittiva, qualitativa o semi-quantitativa e quantitativa (§ 1.2.).

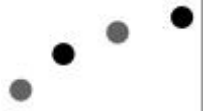


## 1.1. Lo studio dei fenomeni torrentizi

L'esame delle pubblicazioni ha evidenziato le varie possibilità con cui è possibile impostare lo studio dei processi torrentizi, che in linea generale si possono ricondurre a:

- studio delle caratteristiche fisiche di un *debris flow* a partire dal monitoraggio dei fenomeni in corso d'evento;
- valutazione delle volumetrie in gioco e delle modalità di evoluzione di un *debris flow* dall'esame dei depositi effettuato immediatamente dopo l'evento;
- messa a punto di metodologie di calcolo di portate/volumi sulla base di parametri geologici/morfologici/ecc.;
- sintesi delle informazioni a disposizione attraverso matrici di calcolo o carte tematiche che possono condurre a valutazioni di sintesi della pericolosità;
- modellazione dei fenomeni di *debris flow* sulla base della geometria dei sistemi di drenaggio, di parametri fisici/pluviometrici, ecc.





## 1.2. Tipologie di approccio al problema

Per le finalità del presente lavoro le *tipologie di approccio* allo studio dei processi torrentizi sono state ricondotte sinteticamente a tre categorie:

### 1. Analisi descrittiva

Molti lavori contengono l'individuazione e la descrizione in alcuni casi molto dettagliata di singole situazioni di pericolo o di alcuni particolari aspetti della problematica trattata; numerose pubblicazioni riportano esempi di applicazioni di procedure di calcolo o di metodologie messe a punto da altri autori.

### 2. Analisi qualitativa o semi-quantitativa

Notevoli si sono dimostrati gli sforzi condotti nel descrivere nel modo più completo possibile i fenomeni da un punto di vista qualitativo o semi-quantitativo, in modo da non perdere sfumature dei processi talora fondamentali per la riuscita dell'analisi. Un approccio che ricade in questa categoria è quello *euristico*, basato sull'esperienza dei geomorfologi, che può comprendere:

- a. tutti gli studi che non giungono ad una determinazione vera e propria della pericolosità, ma che si fermano a indagini di terreno e alla produzione di carte tematiche o di censimento;
- b. la combinazione qualitativa di carte in cui si utilizzano valori "pesati" per una serie di parametri: valori tra loro combinati consentono di individuare delle classi di pericolosità;
- c. un ulteriore approccio semi-quantitativo che prevede l'utilizzo di matrici di calcolo a due parametri per giungere, attraverso la parametrizzazione dei fattori in gioco, ad una stima della pericolosità.

### 3. Analisi quantitativa

- a. Molte pubblicazioni rispondono alla necessità di quantificare quanto più possibile singoli parametri coinvolti nei processi torrentizi (es. velocità del flusso, forma dell'idrogramma di piena, portate al colmo, ecc.), facendo appello a tutte le informazioni disponibili.
- b. L'analisi quantitativa è sovente basata su un *approccio statistico*: gli autori individuano le combinazioni di fattori naturali (e non) che nel passato hanno determinato il fenomeno di instabilità; in questo modo è possibile una previsione quantitativa del pericolo per le aree



attualmente prive di instabilità, ma che presentino gli stessi fattori che rendono instabili aree limitrofe.

c. Ricadono in questa categoria i molteplici tentativi di modellizzare i fenomeni da un punto di vista numerico.



### 1.3. Schede sintetiche

Per ogni pubblicazione (Allegato 1)<sup>3</sup> è stata redatta una scheda sintetica (Allegato 2) contenente una parte anagrafica, un elenco di parole chiave, una sezione di contenuto ed una di conclusioni; ogni scheda è corredata da una breve valutazione sul lavoro, basata sulle seguenti definizioni: contestuale, generale, metodologica, procedurale, dettagliata, esplicativa, sintetica, analitica, tecnica. Infine è riportato il codice della tipologia di approccio scelta dall'autore per la valutazione della pericolosità o per la produzione di dati e/o elaborati ad essa propedeutici (§ 1.2.):

- (1) analisi descrittiva
- (2) analisi semi-quantitativa o qualitativa:
  - (2a) in caso di produzione di carte tematiche propedeutiche a valutazioni di pericolosità
  - (2b) se le carte tematiche prodotte vengono sintetizzate in una cartografia di sintesi della pericolosità
  - (2c) se si utilizzano matrici di calcolo che attraverso la parametrizzazione dei fattori giudicati essenziali conducono a valutazioni di sintesi della pericolosità;
- (3) analisi quantitativa:
  - (3a) se ci si prefigge di quantificare singoli parametri coinvolti nei processi torrentizi (velocità del flusso, altezza dell'onda, ecc.)
  - (3b) se si fa uso di un approccio statistico per la combinazione dei fattori che conducono alla previsione del pericolo
  - (3c) nel caso di applicazione di modellazioni numeriche

Questa schematizzazione consente un giudizio speditivo anche sul criterio seguito nello svolgimento del lavoro; nel caso in cui un lavoro comprenda la combinazione di più modalità di analisi, sono riportate entrambe le categorie (es. 1+2b).

---

<sup>3</sup> Alcune pubblicazioni sono tratte dalla *Ricerca bibliografica relativa a tecniche usate per la determinazione della pericolosità connessa all'instabilità dei versanti* realizzata nell'ambito di una Convenzione di ricerca stipulata tra la Regione Piemonte e il Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica del Politecnico di Torino (1998-1999), di riferimento per l'impostazione del presente lavoro.



## 2. Valutazione della pericolosità geologica in conoide

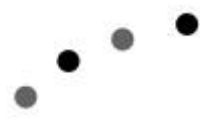
La pericolosità (Varnes D.J., 1984)<sup>4</sup> è definita come probabilità che un evento potenzialmente distruttivo di determinata intensità si verifichi in un dato periodo di tempo in una data area.

In questo capitolo viene presentata una serie di metodologie e di procedure di calcolo significative per lo scopo del presente studio, finalizzate a:

- valutazione della pericolosità legata all'attività torrentizia, con analisi talora estesa a comprendere l'intero bacino idrografico (§ 2.1);
- stima dell'intensità dei fenomeni espressa come volumetrie in gioco (*magnitudo*) (§ 2.2) e di altri fattori in qualche modo correlati alla pericolosità (velocità del *debris flow*, portata di picco, ecc.) (§ 2.3);
- definizione di curve-soglia delle precipitazioni in grado di innescare fenomeni di *debris flow* (§ 2.4).

---

<sup>4</sup> Varnes D.J.(1984), *Landslide hazard zonation; a review of the principles and practice*, UNESCO, Paris.



## 2.1. Metodologie per la valutazione della pericolosità

Per le metodologie di valutazione della pericolosità, l'attenzione è stata posta principalmente sui processi torrentizi, ma si è dato spazio anche ad alcune valutazioni sulla pericolosità da frana *s.l.*, in modo da comprendere considerazioni sull'instabilità a livello di bacino.

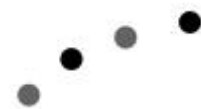
Le metodologie qui esposte, in riferimento alle tipologie di approccio precedentemente descritte (§ 1.2.) che contraddistinguono le varie pubblicazioni, sono accorpate a seconda che le valutazioni di pericolosità siano basate su:

- a) cartografie di sintesi (approccio semi-quantitativo *2b*) (§ 2.1.1.),
- b) matrici di calcolo (approccio semiquantitativo *2c*) (§ 2.1.2.) o
- c) modellazioni numeriche (approccio quantitativo *3c*) (§ 2.1.3.);

L'ultimo paragrafo (§ 2.1.4.) è dedicato a lavori che non ricadono in queste categorie, ma che sono ugualmente interessanti ai fini della valutazione della pericolosità.

All'interno di ogni paragrafo le pubblicazioni sono riportate in ordine alfabetico, con indicazione del numero progressivo per un'immediata identificazione.

In alcuni casi lo stesso lavoro tratta diverse tipologie di fenomeno (n°1, n°27), diverse modalità di analisi (n°3) o si spinge fino alla stima del rischio (n°5, n°27); nei paragrafi che seguono questi aspetti verranno citati sinteticamente per esigenze di completezza.



### 2.1.1. Analisi semi-quantitativa: cartografie di sintesi

Numerosi lavori conducono a valutazioni di pericolosità espresse in una cartografia di sintesi (approccio 2b, vedi § 1.2 ) a partire da:

- cartografie di base a livello di a) bacino: carta d'uso del suolo, carta dei dissesti, ... ( es. n°97) o b) conoide: carta della tipologia e della distribuzione dei depositi in conoide, carta della vegetazione, carta dell'acclività, ecc.(es. n°17). In entrambi i casi i tematismi vengono "pesati" e sovrapposti per una valutazione di sintesi della pericolosità;
- un numero cospicuo di elementi o fattori variamente combinati; i fattori possono essere: a) areali, es. dati storici, o b) puntuali con peso distribuito in modo areale, es. analisi idrologiche, punti critici, ecc.,.



**(1) AGOSTONI S., CERIANI M., FOSSATI D., MAZZOCCOLA D., QUATTRINI S. & SCIESA E. (1999) Procedure per la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio da frana nei "siti a rischio" in Regione Lombardia in adempimento alla legge 267/98**

La pericolosità legata a fenomeni franosi l.s. viene valutata in due fasi: 1) stima dell'area di possibile espansione; 2) stima della probabilità di accadimento dei fenomeni.

Le procedure sono differenziate a seconda della tipologia di frana: crolli, crolli in massa, colate e scivolamenti che evolvono in colate, scivolamenti e colate di grandi dimensioni (tipo appenninico), colate di detrito e trasporto solido e/o in massa lungo le conoidi alpine.

Per l'analisi del trasporto in massa gli autori prendono spunto dai seguenti lavori: AAVV (1996)<sup>5</sup>, Aulitzky (1980) (n°17), Kellerhals (1990)<sup>6</sup> e Ceriani et al. (1998) (n°35).

ANALISI STORICHE <sup>7</sup>
Eventi alluvionali sul conoide
Localizzazione di aree e manufatti danneggiati, con interviste in loco
Cartografie esistenti
Divagazione dell'alveo in epoca storica
Foto aeree riprese in tempi diversi

CARATTERIZZAZIONE GEOMORFOLOGICA ED IDRAULICA
Analisi geologica e geomorfologica dei bacini
Analisi idrologica (da dati esistenti)
Individuazione e descrizione dei punti critici in conoide
Stima dei volumi massimi mobilizzabili nel bacino ( <i>magnitudo</i> )
Valutazione del grado di incisione del canale principale nei vari settori del conoide

<sup>5</sup> AAVV (1996) *Alluvial fan flooding*, National Academy Press, Washington D.C. pp.182.

<sup>6</sup> Kellerhals R. & Church M. (1990) *Hazard management of fans, with examples from British Columbia*. Alluvial fans: a field approach edited by A.H. Rachocki & M. Church, 335-354.

<sup>7</sup> Si consiglia di raccogliere informazioni anche su eventi non particolarmente dannosi, che però consentono di mettere in evidenza punti critici.



CARATTERIZZAZIONE GEOMORFOLOGICA ED IDRAULICA
Delimitazione dei settori con diversa influenza sul deflusso delle portate solido-liquide
Individuazione delle zone che possono modificare, catturare e deviare il deflusso
Censimento delle opere idrauliche nel bacino e in conoide e valutazione del loro effetto (es. argini o scogliere realizzate nella zona di pertinenza fluviale, impossibilità che eventuali deflussi fuori alveo possano rientrare nel medesimo per presenza di arginature, briglie o soglie realizzate in prossimità dell'apice (che possono determinare una deviazione del flusso o un pericoloso effetto diga), ecc...
Censimento degli attraversamenti e valutazione della loro influenza sul deflusso.

È importante stabilire un campo di valori per la *magnitudo* ( $M$ ), che consente di calcolare (Schilling e Iverson 1997, n°87) la sezione di deflusso ( $A$ ) e l'area inondata ( $B$ ) in funzione del valore di  $M$ :

$$A = 0.05 \cdot M^{2/3} \qquad B = 200 \cdot M^{2/3}$$

(valide per  $M > 50'000 \text{ m}^3$ )

La portata di picco di un *debris flow* può essere determinata con metodi diretti o indiretti, tra i quali (Anselmo V. 1985)<sup>8</sup>:

$$q = \frac{200}{(S + 28)} + 0.6$$

dove  $q$  è la portata liquida specifica in  $\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{km}^2)$  e  $S$  è l'area del bacino in  $\text{km}^2$ . Una formula proposta da Armanini (1996) (n°14) lega la portata solida  $Q_{df}$  alla portata liquida  $Q_l$ ; secondo le indicazioni di Takahashi (1991)(n°89), per pendenze superiori a  $20^\circ$  e per valori di concentrazione del *debris flow* pari al 90% della concentrazione totale, la relazione si semplifica in:

$$Q_{df} \approx 10 \cdot Q_l$$

<sup>8</sup> Anselmo V. (1985), *Massime portate osservate o indirettamente valutate nei corsi d'acqua subalpini*, Atti e rassegna tecnica della Società degli Ingegneri e degli Architetti di Torino, 1985.





La carta della pericolosità finale prevede cinque classi:

DESCRIZIONE	CLASSI DI PERICOLOSITÀ
Area che per caratteristiche morfologiche ha basse o nulle probabilità di essere interessata da fenomeni di dissesto	PERICOLOSITÀ MOLTO BASSA H1
Area mai interessata nel passato da fenomeni alluvionali documentati su base storica o area protetta da opere di difesa idraulica ritenute idonee anche in caso di eventi estremi con basse probabilità di essere interessata da dissesti	PERICOLOSITÀ BASSA H2
Area interessata nel passato da eventi alluvionali e da erosioni di sponda documentati su base storica; area con moderata probabilità di essere esposta a fenomeni alluvionali (esondazioni) e ad erosioni di sponda. Si possono avere deflussi con altezze idriche ridotte (massimo 20÷ 30 cm) e trasporto di materiali sabbioso-ghiaiosi	PERICOLOSITÀ MEDIA H3
Area con alta probabilità di essere interessata da fenomeni di erosione di sponda e di trasporto in massa e/o di trasporto solido con deposizione di ingenti quantità di materiale solido, con danneggiamento di opere e manufatti	PERICOLOSITÀ ALTA H4
Comprende l'alveo attuale con le sue pertinenze ed eventuali paeoalvei riattivabili in caso di piena ed eccezionalmente porzioni di conoide	PERICOLOSITÀ MOLTO ALTA H5

Per la zonazione del rischio è necessario incrociare le classi di pericolosità con quelle degli elementi a rischio, ricavate dalla carta dell'uso del suolo del Piano Regolatore Comunale Generale e modificate.

Sono riportati esempi di perimetrazione per tutte le tipologie di fenomeno.

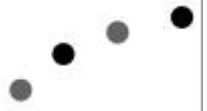


**(3) ALEOTTI P., BALDELLI P., POLLONI G. & DE MARCHI D. (1996) *La valutazione della pericolosità da frana: esempi metodologici a varia scala***

Per una valutazione a piccola scala nell'ambito di uno studio territoriale effettuato in Piemonte è stata stimata la pericolosità dei dissesti idrogeologici (processi fluviali, conoidi, valanghe e frane). La pericolosità qui considerata non tiene conto rigorosamente della probabilità di accadimento, ma rappresenta semplicemente un indicatore di suscettibilità o propensione del territorio. La procedura prevede il calcolo di diversi indici successivi propedeutici ad un indice di valutazione finale: i) indice di franosità, ii) indice litologico, iii) indice di franosità specifica, iv) indice di pericolosità.

Per una valutazione a media scala, nell'ambito del progetto di attraversamento stabile dello Stretto di Messina, è stata effettuata una Valutazione d'Impatto Ambientale (V.I.A.) con determinazione della stabilità dei versanti a mezzo di tecniche G.I.S. I dati di *input* consistono in: carta geolitologica informatizzata, carta geomorfologica informatizzata, carte derivate da Digital Elevation Model (D.E.M.). Per ogni tipo litologico sono state effettuate verifiche di stabilità, con determinazione dei valori soglia di energia di rilievo e pendenza. L'*output* consiste in una carta della suscettibilità priva di informazioni di tipo probabilistico corredata da indicazioni circa i criteri progettuali da seguire.

Per una valutazione a livello puntuale è stata messa a punto dagli stessi autori una metodologia basata sulle reti neurali per consentire la suddivisione di alcune aree franose già note in sottoaree caratterizzate da diverso grado di pericolosità (§ 2.1.4.).



**(5) ALLEGRA P., BARISONE G. & BOTTINO G. (1998) *Methodological criteria for the evaluation of risk conditions in Alpine valleys: the case study of the Susa Valley, Italy***

L'obiettivo della pubblicazione è quello di evidenziare le caratteristiche principali dei fenomeni franosi e di piena fluviale che caratterizzano la Valle di Susa (TO), quantificando i processi sotto l'aspetto volumetrico, cinematico e cronologico. La raccolta dei dati storici ha permesso di individuare le situazioni più pericolose e le sequenze cronologiche degli eventi e di ordinarli in funzione delle caratteristiche evoluzionali (tipologia, frequenza, ecc.); per valutare il rischio legato a ciascun fenomeno è stato necessario introdurre il concetto di "tempo di ritorno" di ciascun evento. Per i piccoli corsi d'acqua sono stati evidenziati: località, corso d'acqua principale, caratteristiche morfologiche, litologia, strutture di attraversamento, fenomeni di instabilità, danni, ricorrenza e interventi; per le frane: località, frazione, caratteristiche geomorfologiche, descrizione del fenomeno, ricorrenza, danni, interventi di sistemazione. Per piene e *debris flow* l'analisi delle precipitazioni ha permesso di individuare una soglia d'innescio per corsi d'acqua principali e torrenti rispettivamente pari a 10 mm in un'ora di precipitazione e 48 mm in 24 ore di precipitazione. Alcuni grafici mettono in luce la correlazione tra intensità e durata delle precipitazioni e rispettivamente parametri morfometrici dei bacini e tempi di ritorno.

La carta della pericolosità è stata redatta principalmente sulla base della distinzione tra conoidi alluvionali e frane; sono risultate aree caratterizzate da diverso grado di pericolosità (basso, medio e alto), rappresentate da diverse simbologie.

La carta del rischio, correlata a vincoli stradali e aree urbanizzate, è stata redatta utilizzando dati sul tipo di strutture coinvolte, tipologia di evento, danni causabili dai fenomeni alle strutture e ricorrenza degli eventi naturali.



**(7) AMANTI M., CHIESSI V., CONTE G., MOTTERAN G. & VENTURA R.  
(1999) Utilizzo di un GIS per la valutazione della suscettibilità del territorio campano alle colate rapide di fango – un caso di studio alla scala 1:25.000**

I dissesti verificatisi a seguito delle intense precipitazioni del 5-6 maggio 1998 nella zona di Sarno, riconducibili principalmente a colate rapide di fango (*quick mudflow*), si sono originati su ripidi versanti spesso in prossimità della linea di cresta ed hanno generalmente seguito le linee di impluvio naturali esistenti - canali e vallecole -, raggiungendo la piana sottostante con elevata velocità ed energia con effetti catastrofici per i centri abitati. La tipologia di fenomeno appare intermedia tra un flusso iperconcentrato ed un movimento di massa.

**Attività di emergenza.**

Il Servizio Geologico Nazionale ha realizzato su un'area di circa 230 km<sup>2</sup> la "Carta preliminare della suscettibilità del territorio alle colate rapide di fango" (scala 1:25.000) sulle base delle seguenti carte rilevate sul terreno e/o ottenute tramite aerofotointerpretazione di coperture fotografiche a diversa scala pre e post-evento:

Carta degli spessori delle coperture piroclastiche e detritico-piroclastiche
Carta degli elementi geomorfologici significativi per l'individuazione di aree soggette a colate rapide di fango
Carta delle frane da colata rapida di fango nei terreni di natura prevalentemente piroclastica

La carta finale utilizza la seguente legenda:

DESCRIZIONE	CLASSI DI PERICOLOSITÀ
Aree suscettibili di colate rapide di fango e/o apporti detritico-piroclastici da alluvionamento, nel cui ambito sono state riscontrate evidenze di eventi analoghi. Aree di massima attenzione.	CLASSE A
Aree dove non sono state riscontrate evidenze di fenomeni di cui alla classe A, ma con elementi predisponenti alle colate rapide di fango.	CLASSE B



DESCRIZIONE	CLASSI DI PERICOLOSITÀ
Aree di attenzione.	
Aree non suscettibili di fenomeni di colata rapida di fango e/o di apporti detritico-piroclastici da alluvionamento.	CLASSE C

#### *Metodologia adottata post-emergenza*

Per la valutazione della predisposizione del territorio a franare è necessario indagare le condizioni al contorno dei fenomeni già accaduti in passato; in seguito si può cercare di ricostruire l'andamento di queste condizioni sul territorio e identificare dove esse siano più simili alle zone in cui si sono verificati i dissesti; infine è opportuno verificare la corretta zonazione effettuata.

Se la verifica finale non è soddisfacente, il processo viene ripetuto modificando alcuni dei parametri o delle procedure fino a giungere ad un risultato accettabile.

#### *Analisi delle condizioni al contorno dei fenomeni accaduti in passato.*

Per valutare le condizioni per un possibile innesco dei fenomeni, sono state prese in considerazione solo le aree di coronamento delle colate rapide, identificate in foto aerea in scala 1:5'000; a tali aree sono state sovrapposte altre coperture disponibili in formato digitale ai fini della valutazione della suscettibilità, ricavate dal Digital Elevation Model (DEM, 20 m), dalla carta degli spessori delle coperture e dalla carta d'uso del suolo:

COPERTURE
Area
Curvatura pendio (concavità/convessità)
Esposizione versante
Pendenza
Quota
Distanza dalle linee di deflusso
Distanza dalle sorgenti
Spessore della copertura piroclastica
Uso del suolo



Ordine del bacino di appartenenza

Per ogni parametro (eccetto *uso del suolo* e *ordine del bacino*) sono stati calcolati i valori massimo, medio e minimo e la deviazione *standard* all'interno di ciascuna area di coronamento delle colate, per valutare quali parametri mostrassero una relazione significativa con la zona di innesco e l'influenza relativa di ciascuno di essi. I fattori che hanno mostrato una certa correlazione con la distribuzione delle nicchie di frana nella *test area* sono i seguenti: S) pendenza, T) spessore della copertura piroclastica, D) distanza dalle linee di deflusso, L) uso del suolo, B) ordine del bacino di appartenenza. I cinque fattori significativi per ricavare il valore dell'indice di suscettibilità I sono risultati legati dalla seguente relazione:

$$I = [S^{(1+T+D)}] \cdot L \cdot B$$

S è dato dalla formula della gaussiana che rappresenta la distribuzione dei valori di pendenza media rilevati nella *test area*; T deriva dalla frequenza percentuale di appartenenza delle nicchie di distacco alle classi di spessore individuate sul terreno (aumentata di 1).

SPESSORE [m]	T
5÷20	1.02
2÷5	1.22
0,5÷2	1.56
0÷0,5	1.20

D si ricava dal valore della funzione che meglio rappresenta la distribuzione dei valori di distanza rispetto alle varie nicchie di distacco ed è tanto minore quanto maggiore è la distanza:

DISTANZA [m]	FREQUENZA [%]
40	20
80	10
180	5



*L* deriva dalla frequenza percentuale di appartenenza delle nicchie di distacco alle classi di uso del suolo (aumentata di 1):

USO DEL SUOLO	L
Boschi di latifoglie	1.54
Boschi e arbusti in evoluzione	1.33
Vegetazione rada e frutteti	1.04
Aree agricole	1.03
Prati naturali e praterie d'alta quota	1.02
Altri usi	1.00

*B* è un fattore correttivo ad indicare la maggiore pericolosità dei valloni poco gerarchizzati e direttamente confluenti nella pianura, solitamente di forma rettilinea e ad elevata pendenza; a tali valloni è stato attribuito valore di: 1.25 (ordine 1), 1.00 (ordine 2), 0.75 (ordine 3÷4).

*Valutazione della distribuzione dei parametri considerati (target area)*

Una volta stabilita nella *test area* la formula che serve a calcolare l'indice di suscettibilità, tale formula è stata applicata nella *target area*, caratterizzata da caratteristiche morfologiche e geologiche analoghe alla *test area*. È stata realizzata una carta della distribuzione delle classi di suscettibilità: quattro delle cinque nicchie di distacco di colate che si sono verificate nel corso dell'evento alluvionale si vanno a collocare in aree ad elevata suscettibilità a parziale verifica del metodo proposto.



**(17) AULITZKY H. (1980) Preliminary two-fold classification of torrents**

Il metodo di Aulitzky si basa fondamentalmente su una sovrapposizione di diversi tematismi. Il metodo è strutturato in sei domande relative all'area di conoide finalizzate all'individuazione delle zone esposte al maggior grado di pericolo locale e ulteriori cinque domande relative al tipo di attività torrentizia prevedibile. Ad ogni domanda corrispondono quattro possibili risposte ad esprimere un grado di pericolo progressivamente decrescente (da 4 ad 1). La somma dei punteggi del primo gruppo di domande divisa per il numero delle risposte che si è potuto fornire può ricadere in una delle seguenti tre classi di pericolosità:

PUNTEGGIO	PERICOLOSITÀ
> 2.6	PERICOLOSITÀ ELEVATA (ZONA ROSSA) Divieto assoluto di costruzione
2.6 ÷ 1.6	PERICOLOSITÀ MEDIA (ZONA GIALLA) Insediamenti limitati
< 1.6	PERICOLOSITÀ BASSA (ZONA VERDE) Si può costruire senza particolari accorgimenti
Zona non indagata	(ZONA BIANCA)

Per quanto riguarda il secondo gruppo di domande:

PUNTEGGIO	TIPOLOGIA DI TRASPORTO
> 2.7	Colata di fango
2.7 ÷ 1.9	Trasporto di tipo ghiaioso
<1.9	Piena torrentizia

*Zonazione della pericolosità in conoide (Domande 1÷6)*

1) DIMENSIONE MASSIMA (D) DEL MATERIALE TRASPORTATO EROSO DI RECENTE	PUNTEGGIO
d > 1 m <sup>3</sup>	4





1) DIMENSIONE MASSIMA ( <i>D</i> ) DEL MATERIALE TRASPORTATO EROSO DI RECENTE	PUNTEGGIO
$0.2 < d < 1 \text{ m}^3$	3
$0.01 < d < 0.2 \text{ m}^3$	2
$D < 0.01 \text{ m}^3$	1

2) MASSIMO SPESSORE DEL SINGOLO STRATO DI DEPOSITI RICONOSCIBILI ( <i>L</i> ), DIFFERENZIATO DALL'ORIZZONTE UMIFERO O DA UNO STRATO CON DIFFERENTE STRUTTURA	PUNTEGGIO
$L > 1\text{m}$	4
$0.5 < L < 1 \text{ m}$	3
$0.1 < L < 0.5 \text{ m}$	2
$L < 0.1 \text{ m}$	1

3) PENDENZA DEL CONO DI DEIEZIONE ( <i>P</i> )	PUNTEGGIO
$p > 15\%$	4
$7\% < p < 15\%$	3
$2\% < p < 7\%$	2
$p < 2\%$	1

4) ATTUALE COPERTURA VEGETALE DOMINANTE	PUNTEGGIO
Pioniera su terreno ciottoloso con i primi larici e pini	4
Alberi (pini e larici) di età diversa con abeti rossi su un terreno grossolano e ghiaioso	3
Caratterizzata dalla predominanza di prati interrotti da trincee di massi e suolo sassoso	2
Assenza di trincee di massi, terrazzamenti e minor presenza di materiale sassoso nel suolo	1

5) ANDAMENTO DEL TERRENO NELLE AREE DEL CONOIDE A CAUSA DELL'EROSIONE	PUNTEGGIO
Creste detritiche e canali erosivi con blocchi grossolani che possono essere identificati come segnalatori di zone ad alta velocità della colata	4
Forme di deposito poco definite create dallo spargimento della colata o a causa della sua rideposizione	3



5) ANDAMENTO DEL TERRENO NELLE AREE DEL CONOIDE A CAUSA DELL'EROSIONE	PUNTEGGIO
Superfici elevate al di sopra del torrente inciso nel conoide che potrebbero essere interessate solo per il blocco del flusso	2
Superfici molto elevate sull'incisione torrentizia non raggiungibili dall'eventuale colata	1

6) CONDIZIONI DI DEFLUSSO NELL'AREA DEL CONOIDE ALLUVIONALE NEL CASO DI DIFFICOLTÀ AL DEFLUSSO CAUSATA DALLE OPERE, ECC.	PUNTEGGIO
Presenza di ostacoli nel dominio interessato (es. ponti, canali di piccolo diametro, restringimenti, sbarramenti) o altre strutture che possono impedire il libero deflusso a monte, lateralmente o a valle del punto studiato (piani estesi con gradinate minori del 3%, deviazioni brusche, restringimenti lungo il canale ricevente) che potrebbero indurre l'abbandono del letto anche per colate di minima entità	4
Situazione simile al punto precedente eccetto che solo tronchi e grossi massi possono forzare l'abbandono del canale	3
Assenza di ostacoli significativi, ma per contro canale poco inciso; relativa facilità nello scarico della colata nel ricevente	2
Canale ben formato nella parte superiore che può facilmente fare scorrere la colata	1

*Attività torrentizia prevedibile (Domande 7÷11):*

7) EVENTUALI CATASTROFI PROVOCATE DA COLATE DI FANGO E DA FENOMENI DI PIENA	PUNTEGGIO
Gravi distruzioni e danni	4
Solo danni materiali	3
Distruzioni in prossimità del torrente	2
Solo danni materiali in prossimità del torrente	1

8) L'ATTENDIBILE QUANTITÀ MASSIMA GIORNALIERA DI PRECIPITAZIONE AMMONTA A (CONSIDERANDO L'ALTEZZA MEDIA DELL'INTERO BACINO E UNA LUNGA SERIE DI ANNI)	PUNTEGGIO
più di 200 mm o più di 2 mm/min per almeno un'ora	4
tra 150 e 200 mm o tra 1,5 e 2 mm/min per più di un'ora	3
tra 100 e 150 mm o tra 1.0 e 1.5 mm/min per più di un'ora	2
meno di 100 mm o meno di 1.0 mm/min per un'ora	1



9) POSIZIONE E POTENZIALE QUANTITÀ DEL MATERIALE ASPORTABILE DAI FOCOLAI DI EROSIONE ALL'INTERNO DELLE VALLI	PUNTEGGIO
Grandi focolai di erosione si estendono fino in prossimità dei conoidi alluvionali, oppure 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 sia di un ripido tratto di torrente (più del 20%), sia di un tratto stretto con sezione trasversale triangolare suscettibile di ostruzioni; oppure la quantità massima prevedibile di materiale detritico nell'ambito del perimetro potrebbe essere $\geq 100'000 \text{ m}^3$	4
I grandi focolai di erosione fonte di detriti più prossimi alle valli si trovano solo a monte del corso medio, che anche se ripido, tuttavia non è troppo stretto e quindi non è suscettibile di essere ostruito; oppure la quantità massima prevedibile di materiale detritico asportabile nel caso di un evento potrebbe ammontare da 10.000 fino a 100.000 $\text{m}^3$	3
Le aree fonte di detriti asportabili più prossime alla valle si trovano solo a monte del corso medio, che si presenta pianeggiante e che può servire da deposito definitivo o provvisorio senza il pericolo di ostruzione a valle; oppure la massa più grande di materiale asportabile dalla zona nel caso di un avvenimento (evento naturale) potrebbe essere tra i 1.000 e i 10.000 $\text{m}^3$	2
I focolai detritici più prossimi alla valle sono separati dal conoide alluvionale da un efficiente tratto piano; oppure la massima quantità di materiale asportabile dalla zona percorsa dal torrente che si può aspettare in caso di evento naturale potrebbe essere inferiore ai 1.000 $\text{m}^3$	1

10) COMPONENTE IN LEGNAME PRESENTE NELLA COLATA DI FANGO O NELLA PIENA	PUNTEGGIO
Nel caso di una catastrofe possono essere convogliati nella colata di fango (o nella piena) interi tratti di boschi stramaturati, posti o nella zona potenzialmente soggetta ad erosione di sponda o sul percorso di smottamento del terreno (strati smottanti, esplosione di acqua precipitante dai pendii, stratificazione inclinata e parallela della roccia sotto un terreno pianeggiante)	4
Nel caso di una catastrofe possono essere convogliati nella colata di fango (o nella piena) solamente alcune singole piante stramature poste nella zona potenzialmente soggetta ad erosione della sponda o sul percorso di smottamento del terreno	3
Nel caso di una catastrofe possono essere convogliati nella colata di fango (o nella piena) solamente pezzi di ceppaie o tronchi di lunghezza limitata	2



10) COMPONENTE IN LEGNAME PRESENTE NELLA COLATA DI FANGO O NELLA PIENA	PUNTEGGIO
Nel caso di una catastrofe possono essere convogliati nella colata di fango (o nella piena) solo tronchi sottili con diametro inferiore ai 12 cm	1

11) CAPACITÀ DI ASSORBIMENTO DELL'ACQUA ED ERODIBILITÀ DELLE ROCCE E DEL TERRENO NEL BACINO IDROGRAFICO	PUNTEGGIO
Roccia compatta, non dislocata, quali strati orizzontali di argillocisti e marne senza copertura; oppure argilla, miscugli di argilla-sabbia e ciottoli con prevalenza del materiale minuto, morene	4
Rocce compatte fortemente erose dagli elementi meteorici o con scarsa copertura, strati di argillocisti molto inclinati e marne; oppure depositi antichi con sabbie argillose e limose	3
Rocce fessurate oppure sabbia contenente ghiaia o una certa quantità di ciottoli ma priva di argilla e limo moderatamente permeabili	2
Rocce fortemente fessurate e dislocate, rocce con sacche di infiltrazione, rocce carsiche, oppure brecce e ghiaioni, senza componenti fini, con detritici recenti molto o moltissimo permeabili	1



**(30) CANUTI P. & CASAGLI N. (1996) Previsione e prevenzione del rischio da frana**

Limitandosi ad una valutazione del grado di *pericolosità relativa*, senza tentare di prevedere il tempo di ritorno degli eventi, si può far riferimento al principio che un dato fenomeno di instabilità avviene con maggiore frequenza laddove si è verificato in passato; quindi il rilevamento di dettaglio di forme e processi che sono stati attivi sul territorio, nonché l'indicazione del loro grado di attività, può consentire una previsione in termini qualitativi della ricorrenza dei fenomeni.

Da una sintesi degli elementi rappresentati nelle carte tematiche di base deriva una *carta dei fenomeni franosi* basata sulla valutazione di: 1) presenza di fenomeni franosi o erosivi in atto e 2) presenza di fenomeni franosi o erosivi quiescenti o inattivi.

Il passo successivo consiste nell'identificare: 3) la presenza di indicatori geomorfologici che possano rappresentare indizi precursori di fenomeni di instabilità; 4) la presenza di caratteri fisici del territorio che rappresentino fattori predisponenti a fenomeni di instabilità, quali caratteri litologici, clivometrici e giaciture nonché caratteri relativi alle coperture detritiche superficiali.

Per la zonazione del territorio si fa riferimento al concetto di "area o bacino di pericolosità", ovvero alla zona in cui sono riunite le condizioni che stanno alla base del meccanismo di instabilità.

Nel caso di fenomeni del tipo "colata o flusso detritico", che interessano spesso impluvi o aste fluviali montane e che sono in connessione con eventi idrologici, tale termine può essere esteso a comprendere un bacino in senso idrografico. Le classi di pericolosità che si possono formulare sono:

DESCRIZIONE	CLASSI DI PERICOLOSITÀ
Aree esenti da pericolosità per frana, nelle quali i processi geomorfologici e le caratteristiche fisiche dei terreni non costituiscono fattori predisponenti a movimenti di massa.	CLASSE H1
Aree con moderata pericolosità per frana valutabile come tale sulla base di caratteri fisici territoriali (litologia e caratteri	CLASSE H2



DESCRIZIONE	CLASSI DI PERICOLOSITÀ
<p>geotecnici dei materiali, struttura e giacitura geologica, processi di degradazione meteorica, dinamica geomorfologica in atto), vegetazionali e di uso del suolo, ma prive al momento di indicazioni morfologiche di fenomeni, sia superficiali che profondi, che possano riferirsi a processi erosivi capaci di innescare fenomeni franosi, o a movimenti gravitativi veri e propri.</p>	
<p>Aree interessate da elevata pericolosità per frana evidenziata da indicatori geomorfologici diretti, quali l'esistenza di antichi corpi di frana, di segni precursori di movimenti gravitativi (ondulazioni, contropendenze, periodiche lacerazioni, ecc...).</p>	CLASSE H3
<p>Aree interessate da pericolosità per frana estremamente elevata, in cui sono presenti movimenti di massa in atto, con una dinamica geomorfologica tendente o meno all'estensione areale della pericolosità.</p>	CLASSE H4



**(34) CERIANI M., CROSTA G. & QUATTRINI S. (1998) Valutazione della pericolosità idrogeologica sulle conoidi: metodologia per il censimento (Valcamonica e Valchiavenna – Alpi Centrali)**

La metodologia proposta consente di ottenere la zonazione della pericolosità geologica sui conoidi in tempi relativamente brevi attraverso la raccolta e l'analisi dei dati da rilievi in sito, pubblicazioni tecnico-scientifiche disponibili e documenti storici (archivi, mappe, fotografie, riprese aeree, ecc.).

La caratterizzazione geomorfologica ed idraulica dei conoidi è propedeutica e fondamentale a qualunque fase successiva di elaborazione, al fine di individuare gli elementi che possono interagire con i deflussi solidi o liquidi sul conoide. In particolare sono da riconoscere lungo l'alveo:

I settori con diversa influenza sul deflusso delle portate solido-liquide (restringimenti, diminuzione della pendenza, curve)
Le zone che possono modificare, catturare e deviare il deflusso (paleoalvei, viabilità e attraversamenti di fondo alveo, bacini naturali d'espansione, ecc.)
Le opere presenti sul conoide: opere idrauliche (briglie, soglie, argini, pennelli, vasche di laminazione, tombinature) e attraversamenti (di cui è necessario conoscere luce, sezione in corrispondenza, tipologia costruttiva e resistenza all'asportazione) e relativa azione e influenza sul deflusso.

Particolare attenzione va posta nel riconoscimento delle volumetrie instabili o instabilizzabili in occasione di eventi estremi lungo i fianchi e le aste principali del bacino idrografico.

L'approfondita analisi della documentazione e dei dati raccolti durante i sopralluoghi permette di individuare le aree del conoide interessate in passato da fenomeni di dissesto. Il quadro di riferimento storico (frequenza piene, portate solide e liquide, danni causati, aree di esondazione e accumulo,...) viene inserito nella situazione attuale del torrente, tenendo conto delle modificazioni intervenute sulle opere e sull'urbanizzato, cercando di valutare l'efficacia delle opere esistenti in occasione di eventi estremi.

Sono individuate tre classi di pericolosità: alta, media e bassa.



DESCRIZIONE	CLASSI DI PERICOLOSITÀ
Area che, per caratteristiche morfologiche o per gli interventi di sistemazione, ha basse probabilità di essere interessata da fenomeni di dissesto.	PERICOLOSITÀ BASSA
Area con moderata probabilità di essere esposta a fenomeni alluvionali (esondazioni), in particolare si possono avere deflussi con altezze idriche variabili (massimo 20÷30 cm) e trasporto di materiali sabbioso-ghiaiosi.	PERICOLOSITÀ MEDIA
Area con alta probabilità di essere interessata da fenomeni di trasporto in massa e/o trasporto solido ( <i>debris flow</i> , <i>debris torrent</i> , esondazioni con deposizione di materiale detritico) con danneggiamento di opere e manufatti.	PERICOLOSITÀ ALTA

Si nota come la zonazione della pericolosità sul conoide sia caratterizzata da settori a disposizione radiale; ciò è compatibile con le molte osservazioni riguardo la modalità di riattivazione di conoidi in aree alpine.





***(35) CERIANI M., FOSSATI D. & QUATTRINI S. (1998) Valutazione della pericolosità idrogeologica sulle conoidi alpine; esempio della metodologia di Aulitzky applicata alla conoide del T. Re di Gianico - Valcamonica (BS) - Alpi Centrali***

Il bacino esaminato in particolari condizioni meteorologiche è soggetto a numerosi piccoli dissesti che alimentano il trasporto solido del torrente. Lo studio del tratto mediano e terminale dell'alveo ha evidenziato la presenza di materiale movimentabile per un totale di 5'000 m<sup>3</sup>, considerando l'azione delle briglie esistenti e ipotizzando che non avvenga rottura. L'applicazione di numerose metodologie quantitative fornisce risultati diversi, che evidenziano però la grande quantità di materiale detritico mobilizzabile in caso di evento estremo. È stata applicata la metodologia di Aulitzky (1980), tralasciando le domande relative allo spessore delle colate recenti e alla copertura vegetale sul conoide; la domanda relativa al deflusso in alveo è stata trasformata ed ampliata considerando anche le possibili linee di deflusso sul conoide in base alla morfologia e agli interventi antropici (strade, ponti, opere di difesa idraulica). Nella carta che ne deriva sono sintetizzati anche tutti i dati derivati dall'analisi dei documenti storici e dallo studio dei lavori scientifici oltre che le considerazioni dedotte dai rilevamenti di terreno e le indicazioni fornite dalla popolazione intervistata. La base topografica (1:5'000) è stata suddivisa in celle di 5 mm di lato, corrispondenti ad un passo di 25 m; per il calcolo della media dei valori di ogni cella è stato costruito un foglio Excel (escluse le celle con un solo dato). Il risultato della sovrapposizione dei vari tematismi previsti dal modello è stato valutato criticamente ed i confini delle zone di pericolosità estrapolati; sono state stilate due cartografie, la prima ipotizzando un evento con tempo di ritorno centennale e la seconda un evento estremo con associata rottura di opere trasversali. L'analisi ha condotto all'individuazione di alcuni punti particolarmente critici legati a fattori principalmente antropici, il cui ruolo è in parte funzione dell'intensità dell'evento di precipitazione eccezionale.



**(49) EUSEBIO A. & RABBI I. (1996) Metodologia di valutazione del rischio e difesa del territorio: l'esempio dell'arco morenico canavesano**

Dall'analisi dei dissesti verificatisi nel Canavese nel novembre 1994 e da un procedimento di *back-analysis* è stata ricavata la definizione del "fattore d'instabilità", inteso come la propensione o vocazione naturale dei versanti alla stabilità o all'instabilità, non influenzate né direttamente né indirettamente dall'attività umana.

Alla determinazione di tale fattore partecipano più elementi cui è stato attribuito un valore numerico variabile entro intervalli definiti, sulla base delle indicazioni ricavate dalla *back-analysis*:

- tipo di terreno  $T_t$ , con distinzione del tipo di formazione superficiale coinvolta nel dissesto: depositi glaciali, detrito di versante, prodotti colluviali, ecc.;
- potenza delle formazioni superficiali  $P_{fs}$ , applicabile per determinate classi di acclività;
- caratteri geomorfologici del versante  $G_m$ : impluvio, zone di erosione accentuata, ecc.;
- caratteri idrogeologici  $A_q$ : zone di ritenzione idrica, sorgenti, ecc.;
- acclività del versante  $A$ ;
- tipo di vegetazione e uso del suolo  $V$ .

I valori sono stati tarati in modo che i risultati dell'analisi fossero rappresentativi delle situazioni caratteristiche dei vari settori di versante individuate nel corso del rilevamento. Il peso di ciascuna classe deriva quindi dalle verifiche sul terreno.

La somma algebrica dei vari elementi predisponenti definisce il fattore d'instabilità, che risulta compreso tra 3 e 12:

$$F_i = T_t + A + G_m + A_q + V + P_{fs}$$

A valori bassi di  $F_i$  corrispondono situazioni generalmente di stabilità, mentre valori alti rispecchiano condizioni di instabilità.

Per una migliore definizione dei rapporti esistenti tra gli elementi che vanno a concorrere alla definizione del fattore è stato più recentemente utilizzato un approccio a matrice combinato con la



*fuzzy arithmetic*, che permette di affrontare il grado di incertezza considerando i numeri *fuzzy* come un'estensione del concetto di intervallo di confidenza, considerato a tutti i livelli compreso tra 0 e 1, laddove 0 è il minimo grado di incertezza e 1 è il massimo (Eusebio et al., 1996)<sup>9</sup>.

Nella tabella seguente sono riportate le varie classi di instabilità individuate dal metodo.

FATTORE INSTAB.	CLASSE INSTABILITÀ	DESCRIZIONE
< 5	Bassa	Aree in cui non sono state riscontrate condizioni di instabilità generalizzate
5 ÷ 8.5	Moderata	Settori di versante a bassa acclività e scarpate in roccia in cui non sussistono condizioni di instabilità; è tuttavia possibile l'attivazione di fenomeni gravitativi
8.5 ÷ 9.5	Media	Settori di versante a media acclività e scarpate in roccia in cui è possibile l'attivazione di movimenti gravitativi anche di notevoli dimensioni.
> 9.5	Elevata	Settori di versante ad elevata acclività e scarpate in roccia che presentano fenomeni di instabilità diffusa con alta probabilità di attivazione di movimenti gravitativi.

<sup>9</sup> Eusebio A., Grasso P., Mahtab M., Morino A. (1996): *Assessment of risk and prevention of landslides in urban areas of the Italian Alps*, Landslides 96: VII Symp. On Landslides, Trondheim, 189-194.



**(79) REGIONE LOMBARDIA (2000) Procedure per la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio da frana in Regione Lombardia**

*La zonazione della pericolosità generata da colate di detrito e trasporto in massa lungo le conoidi alpine.*

Questa procedura riguarda conoidi interessati da trasporto solido e/o in massa, colate detritiche tipo *debris flow*, ma anche *debris avalanche* che possono innescarsi sui versanti in assenza di un edificio di conoide ben sviluppato sul fondovalle. La procedura deve essere preceduta da un'analisi storica cui segue la caratterizzazione geomorfologica ed idraulica dei conoidi, utilizzando l'apposita scheda conoidi (vedi tabelle riportate in Agostoni et al., 1999, n°1). Particolare attenzione andrà posta all'effetto sulla pericolosità delle opere di sistemazione idraulica e degli attraversamenti:

OPERE DI SISTEMAZIONE IDRAULICA
Argini o scogliere realizzate nella zona di pertinenza fluviale (individuazione delle sponde naturali recenti) con notevole riduzione di quest'ultima;
Restringimento dell'alveo per cause antropiche nel settore mediano e distale del conoide;
Briglie poste poco a valle di attraversamenti con innalzamento del fondo dell'alveo (sovralluvionamento) in prossimità della struttura;
Impossibilità che eventuali deflussi fuori alveo possano rientrare nel medesimo (ad esempio arginatura del settore medio-distale del conoide);
Piste di accesso all'alveo, a bassa pendenza, in direzione opposta alla corrente, che possono diventare direzioni preferenziali di esondazione;
Vasche di accumulo poste in zone a bassa pendenza, con presenza di opere di attraversamento all'entrata della vasca, di cui valutare l'eventuale capacità di stoccaggio;
Opere idrauliche (briglie e soglie) e/o ponti realizzati in prossimità dell'apice che possono determinare una deviazione del flusso o un pericoloso effetto diga.

Con l'ausilio di metodi di letteratura è opportuno stimare: volume massimo di materiale detritico, sezione di deflusso, area inondata, portata di picco della colata.



Tutte le informazioni raccolte concorrono alla redazione della carta di pericolosità, che prevede cinque classi (vedi tabella riportata in Agostoni et al., 1999, n°1). In una valutazione preliminare della pericolosità o per conoidi piccoli (< 0.1 km<sup>2</sup>) possono essere utilizzate tre classi, così accorpate: H1+H2 = *bassa*; H3 = *media*; H4+H5 = *alta*. È riportata la struttura della relazione tecnica da redarre ad opera dei professionisti e gli elaborati cartografici con le schede da allegare allo studio.



**(97) VISINTAINER P. & TURRINI M.C. (1995) Carta della pericolosità di eventi naturali della Val Duron (Trentino-Alto Adige)**

*Carta della pericolosità da frana*

Il metodo consiste nella redazione di cinque carte tematiche relative a fattori ritenuti predisponenti alla franosità; in ogni carta il territorio viene diviso in aree omogenee in riferimento al fattore considerato, cui viene attribuito un punteggio compreso tra 0 e 2 a seconda dell'influenza sulla stabilità di quell'area:

PARAMETRO	PUNTEGGIO MASSIMO
Erodibilità	2
Permeabilità	2
Struttura	2
Acclività	2
Uso del Suolo	2

Le carte tematiche costruite per ogni fattore vengono sovrapposte e i vari punteggi sommati; la carta che ne risulta è formata da tante microcelle il cui punteggio rappresenta l'influenza totale che i fattori considerati hanno sulla stabilità di quel settore di versante; i punteggi sono poi così riclassificati:

CLASSE	PUNTEGGIO TOTALE	PERICOLOSITÀ POTENZIALE
I	< 3.5	Molto bassa
II	3.5 ÷ 5.0	Bassa
III	5.1 ÷ 6.0	Moderata
IV	6.1 ÷ 7.5	Alta
V	> 7.5	Molto alta

**I) Carta dell'erodibilità dei terreni**

Si considerano l'erodibilità e la degradabilità delle rocce e dei depositi sciolti. L'attribuzione dei punteggi viene fatta valutando in base al rilevamento geologico-tecnico i terreni più erodibili in assoluto e per confronto gli altri terreni.



### II) Carta della permeabilità

Le sovrappressioni interstiziali che si formano nei terreni sciolti impermeabili sono fortemente destabilizzanti: è dunque molto importante localizzare i versanti soggetti a tale situazione. Nell'area oggetto di studio punteggio massimo è stato attribuito a vulcaniti e a detriti da esse derivanti, facilmente alterabili con produzione di materiale argilloso; valore minimo è stato attribuito ai depositi più permeabili (detrito di versante e i coni di detrito attivi).

### III) Carta della struttura

Per struttura si intende il rapporto geometrico tra i giunti che caratterizzano l'ammasso roccioso e i versanti, rappresentato da: i) angolo tra le direzioni di giunto e versante; ii) angolo tra le inclinazioni di giunto apparente e versante:

ANGOLO TRA LE DIREZIONI [°]	PUNTEGGIO
> 30	0.4
21 ÷ 30	0.5
11 ÷ 20	0.6
6 ÷ 10	0.8
< 5	1.0

ANGOLO TRA LE INCLINAZIONI [°]	PUNTEGGIO
> 10	0.3
0 ÷ 10	0.5
0	0.8
0 ÷ (-10)	1.0
< (-10)	0.7

Per le rocce stratificate si è tenuto conto solo degli strati; alle rocce massicce è stato attribuito punteggio pari a zero, mentre per rocce massicce con giunti persistenti è stato applicato un semplice modello cinematico che verifica la possibilità che avvenga il movimento lungo tali superfici.

Per i depositi quaternari si considera invece lo spessore:

SPESSORE [m]	PUNTEGGIO
--------------	-----------



SPESSORE [m]	PUNTEGGIO
0 ÷ 5	0.6
6 ÷ 10	0.9
11 ÷ 15	1.3
16 ÷ 20	2.0
> 20	1.2

#### IV) Carta dell'acclività

CLASSI DI ACCLIVITÀ [°]	PUNTEGGIO
< 5	0.0
5 ÷ 15	0.5
16 ÷ 25	0.8
26 ÷ 35	1.1
36 ÷ 45	1.5
> 45	2.0

#### V) Carta d'uso del suolo e della copertura vegetale

USO DEL SUOLO E VEGETAZIONE	PUNTEGGIO
Terra coltivata e insediamenti antropici	0.5
Area coperta da boschi	0.8
Area moderatamente vegetata	1.2
Area con vegetazione rada	1.5
Terra incolta e priva di vegetazione	2.0

Nel complesso il metodo ha permesso di costruire una carta di facile lettura che rispecchia quello che l'occhio esperto del geologo può cogliere durante un rilevamento di terreno. La zonazione della pericolosità in conoide è stata ottenuta con l'applicazione del metodo Aulitzky (1980).





### 2.1.2. Analisi semi-quantitativa: matrici di calcolo

In questo paragrafo sono riportate pubblicazioni che valutano la pericolosità a partire dalla parametrizzazione di  $n$  fattori giudicati essenziali, i cui valori vengono intersecati in matrici di calcolo a due parametri (approccio 2c, vedi § 1.2).

Le possibilità si sono dimostrate molteplici sia a livello di tipologia sia di numero complessivo dei parametri considerati: ad es. in Benda et al. 1990 (n°24) pendenza dell'alveo e angolo di confluenza sono giudicati sufficienti per definire le condizioni per la deposizione di un *debris flow* in canale, mentre in Moon et al. 1991 (n°72) sono suggeriti ben sette fattori per la stima del pericolo: la topografia, la percentuale di affioramento, l'altezza e la proporzione dei versanti con pendenza superiore a 0.50, le dimensioni del conoide, il numero e il volume delle frane verificatesi negli ultimi 150 anni, distinguendo la tipologia di *debris flow* che si può verificare (di entità elevata, moderata o bassa) e proponendo una correlazione tra pericolosità e probabilità di occorrenza per un tempo di ritorno di 50 anni.



**(20) BENDA L.E. & CUNDY T.W. (1990) Predicting deposition of debris flows in mountain channels**

Nonostante in letteratura molti lavori evidenzino l'importanza delle dimensioni dei granuli e del contenuto in acqua nei *debris flow*, nei casi analizzati (Pacific Northwest, U.S.A.) questi fattori si sono dimostrati costanti. Con lo scopo di produrre un modello che non tenesse conto del comportamento reologico del *debris flow* sono stati considerati per la previsione delle distanze coperte da tali fenomeni esclusivamente I) la pendenza dell'alveo e II) l'angolo di confluenza. I) Il primo criterio per la previsione della deposizione si basa sulla pendenza dell'alveo. Nell'area esaminata solo sette alvei sono risultati idonei per analisi di pendenza; essi hanno depositato materiale in tratti rettilinei caratterizzati da progressiva diminuzione di pendenza; la deposizione non è stata controllata da collisione contro pareti vallive in corrispondenza di confluenze.

Per determinare la pendenza che meglio predispone la deposizione e così la distanza percorsa sono state confrontate le distanze realmente percorse con le distanze ricavabili da una carta topografica in scala 1:24'000. La distanza è stata ricavata usando intervalli di pendenza di 1°, compresi tra 1.5° e 6.5°.

Le distanze percorse da ciascuno dei sette *debris flow* è stata determinata misurando la distanza su carta dal punto d'innescò al punto medio tra le due isoipse il cui gradiente cadesse all'interno dell'intervallo scelto. L'intervallo che fornisce il migliore accordo tra distanze osservate e previste si può ottenere usando la seguente funzione oggettiva:

$$E_i = \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{j=1}^n \left[ \left( \frac{P_j - O_j}{O_j} \right) \right]^2}$$

dove  $E_i$  è l'errore risultante dalla scelta dell'intervallo di pendenza  $i$ -esimo e  $P_j$  e  $O_j$  sono rispettivamente le distanze previste e osservate per il *debris flow*  $j$ -esimo.



L'errore risulta minimo per valori di pendenza compresi tra 3.5° e 4.5°; tuttavia l'errore minimo non è definito in un singolo intervallo, bensì nell'intervallo doppio 2.5°÷4.5°. Per questo si consiglia di utilizzare come valore di pendenza per il quale si ha deposizione quello di 3.5°.

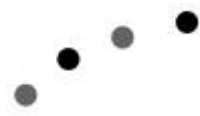
II) Un secondo criterio topografico è stato sviluppato per stimare la deposizione come risultato della collisione con la parete valliva opposta in corrispondenza di una confluenza. Oltre ai sette *debris flow* considerati in precedenza, ne sono stati considerati altri otto che hanno depositato su pendenze superiori a 3.5°, in corrispondenza di confluenze con angoli superiori a 70°. Così un angolo di confluenza superiore a 70° presuppone deposizione in questi siti. Nella maggior parte dei casi di deposito in zona di confluenza almeno parte del deposito si è esteso verso valle per una distanza compresa nell'intervallo 50 m ÷ 150 m.

È riportato uno schema previsionale in cui in funzione dell'angolo di pendenza  $\alpha$  del canale e dell'angolo  $\beta$  di confluenza, sia presi singolarmente sia combinati, si prevede o meno deposizione:

$\alpha$	$\beta$	DESCRIZIONE
$\alpha > 20^\circ$	-	Debris flow procede
$3.5^\circ < \alpha < 20^\circ$	$\beta < 70^\circ$	Debris flow procede
$3.5^\circ < \alpha < 20^\circ$	$\beta > 70^\circ$	Debris flow si deposita
$\alpha < 3.5^\circ$	-	Debris flow si deposita

Usando un angolo di resistenza al taglio di 38° e un peso dell'unità di volume in condizioni sature pari a 19 N/m<sup>3</sup> si è stimato che è sufficiente una pendenza di 20° per l'innescò di frane in canali di primo ordine. Quando un intervallo tra due isoipse contiene una confluenza, è sufficiente il valore dell'angolo di confluenza per stabilire se può avvenire o meno deposizione. Quando si prevede deposizione sulla base dell'angolo di pendenza dell'alveo, si usa stabilire il punto di deposizione come il valore medio di quota tra le due isoipse. Quando invece si considera l'angolo di confluenza il punto di deposizione sarà il punto di confluenza.

Il volume approssimativo del *debris flow* si ottiene misurando la lunghezza del tratto di canale percorso dal *debris flow* che abbia



inclinazione superiore a 10°. Tale lunghezza, moltiplicata per il valore medio dell'entità di materiale eroso per unità di lunghezza stimata nell'area di indagine (8 m<sup>3</sup>/m), sommato al volume del fenomeno connesso all'innesco, forniscono una stima del volume complessivo di materiale coinvolto.



**(27) BOTTINO G. & MANDRONE G. (1994) Metodologia per la cartografia del rischio connesso alla stabilità dei versanti in aree alpine**

A causa delle caratteristiche di disomogeneità del contesto morfologico ed antropico delle vallate alpine si è preferito optare per l'individuazione di singole strutture o gruppi di elementi potenzialmente a rischio e su di esse condurre in modo specifico l'analisi del rischio. Per la valutazione della pericolosità si ritiene necessario definire i seguenti parametri:

*previsione dell'evoluzione* del fenomeno nel tempo e probabilità quantitativa che si attivi a tempi brevi<sup>10</sup> (*p*);

*ubicazione spaziale* del fenomeno e stima dell'area potenzialmente interessata dalla massima espansione verso valle, nonché da possibili retrocessioni per richiamo verso monte (*a*); sulla base della

modellizzazione matematica è possibile distinguere una zona entro cui con elevata probabilità viene a distribuirsi l'intera massa franata ed una fascia di confidenza esterna alla precedente, cui è stata attribuita empiricamente un'ampiezza di circa 1/3 rispetto alla prima;

*velocità di spostamento* dei materiali in frana ed energia cinetica sviluppata nel corso dell'evoluzione del fenomeno (*v*);

*volumi* di materiali che possono essere coinvolti o in un unico episodio o in diverse riprese del fenomeno (*d*).

Nella parametrizzazione della pericolosità, data dal prodotto  $P = p \cdot a \cdot v \cdot d$ , è stato individuato come fattore caratterizzante la cubatura di materiale coinvolto, cui è stato attribuito un peso molto elevato rispetto agli altri (valore compreso tra 0 e 1).

PERICOLOSITÀ		
Probabilità ( <i>p</i> )	Valori indicativi di <i>F<sub>s</sub></i>	Coefficiente

<sup>10</sup> La probabilità è ricondotta al calcolo del fattore di sicurezza, a partire dall'assunzione cautelativa di valori residui, data la difficoltà di identificare un'unica superficie di scivolamento nel caso di grandi frane e gli effettivi valori dei parametri geotecnici dell'ammesso roccioso soggetto a rottura.



PERICOLOSITÀ		
Molto alta	$F_s < 1$	1.0
Alta	$1 \div 1.3$	0.8
Media	$1.3 \div 1.6$	0.5
Bassa	$1.6 \div 2$	0.3
Molto bassa	$> 2$	0.0
Area in frana (a)	Probabilità	Coefficiente
Molto probabile	100 %	1.0
Probabile	130 %	0.6
Improbabile	$> 130 \%$	0.0
Velocità (v)	Tempi	Coefficiente
Molto alta	m/s	1.0
Alta	m/h	0.7
Media	m/giorno	0.5
Bassa	cm/giorno	0.2
Molto bassa	cm/anno	0.0
Dimensioni (d)	$m^3$	Coefficiente
Molto grandi	$> 500'000$	10
Grandi	$500'000 \div 100'000$	8
Medie	$100'000 \div 10'000$	5
Medio-piccole	$10'000 \div 1'000$	3
Piccole	$1'000 \div 100$	2

Nella valutazione del rischio entrano, accanto alla Pericolosità  $P$ , la Vulnerabilità  $V$  - distinta in base al Tipo di danno e alla Protezione in % offerta dalle opere, con ruolo correttivo - e i Beni a Rischio, qui definiti Antropizzazione  $A$  - funzione di Beni materiali e Presenza umana -. Ciascun parametro viene quantificato attraverso coefficienti al pari della pericolosità. Il prodotto di  $P \cdot V \cdot A$  fornisce la stima del rischio  $R$ , così classificato:

RISCHIO	COLORE	DESCRIZIONE
$R > 32$	Rosso	Rischio molto elevato
$16 < R < 31$	Arancione	Rischio elevato
$8 < R < 15$	Giallo	Rischio medio
$4 < R < 7$	Verde	Rischio basso
$2 < R < 3$	Ciano	Rischio molto basso



**(29) CANUTI P. & CASAGLI N. (1994) Considerazioni sulla valutazione del rischio da frana**

In questa nota gli autori si prefiggono di contribuire al chiarimento dei concetti di pericolosità, vulnerabilità e rischio, nonché alla valutazione dei parametri con cui tali concetti possono essere quantificati, attraverso una revisione della letteratura scientifica più recente e dei rapporti delle commissioni nazionali ed internazionali.

Per una definizione completa della pericolosità da frana sono opportune molteplici fasi di previsione: a) spaziale, b) temporale, c) tipologica, d) dell'intensità, e) dell'evoluzione. Si riportano in questa sede solo alcune considerazioni utili per lo scopo del presente lavoro, relative ai punti b) e c).

b) Il passo più importante consiste nell'associare alla zonazione spaziale della pericolosità le informazioni desunte dalla previsione temporale, in modo da ottenere delle probabilità assolute a partire da quelle relative.

Se si definisce  $P$  la probabilità di occorrenza di un evento franoso di data intensità in un anno, il tempo di ritorno  $T$  dell'evento è dato da  $1/P$ . La pericolosità che si verifichi un evento in un intervallo  $N$  di anni sarà data da:

$$H(N) = 1 - (1 - P)^N = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^N$$

Per  $N \ll T$  (eventi molto rari) e per  $N$  molto lunghi si può ottenere:

$$H(N) = NP = \frac{N}{T}$$

c) La determinazione dell'intensità dei fenomeni franosi per alcuni autori è basata sulla stima della velocità del movimento:

TIPOLOGIA	CROLLO	SCIVOLAMENTO					COLAMENTO		
		Roccia		detrito		terra	roccia	detrito	terra
Materiale	roccia								
St. attività*	-	N	R	-	N	R	-	-	-
Classe vel.	6÷7	5÷6	1÷5	1÷6	5÷6	1÷5	1÷2	1÷7	1÷4

\* N = noeformazione, R = riattivazione



I valori di velocità delle frane sono così definiti: 7 estremamente rapido (5 m/s), 6 molto rapido (3 m/min), 5 rapido (1.8 m/h), 4 moderato (13 m/mese), 3 lento (1.6 m/anno), 2 molto lento (16 mm/anno), 1 estremamente lento (impercettibile senza strumenti di monitoraggio).

Per la maggior parte degli autori la valutazione dell'intensità è invece basata sulla stima del volume dei materiali coinvolti:

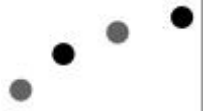
INTENSITÀ		
I	Descrizione	Volume (m <sup>3</sup> )
7	estrem. grande	$> 5 \cdot 10^6$
6	molto grande	$1 \cdot 10^6 \div 5 \cdot 10^6$
5	mediam. grande	$2.5 \cdot 10^5 \div 1 \cdot 10^6$
4	media	$5 \cdot 10^4 \div 2.5 \cdot 10^5$
3	piccola	$5 \cdot 10^3 \div 5 \cdot 10^4$
2.5	molto piccola	$5 \cdot 10^2 \div 5 \cdot 10^3$
2	estr. piccola	$< 5 \cdot 10^2$

Si può considerare la pericolosità come prodotto dell'intensità (*I*) per la probabilità di occorrenza (*P*):

INTENSITÀ		PROBABILITÀ			PERICOLOSITÀ	
I	Volume (m <sup>3</sup> )	P	Descrizione	P (annua)	H = IP	Descrizione
7	$> 5 \cdot 10^6$	12	Estrem. elev	1	$\geq 30$	estrem alta
6	$1 \cdot 10^5 \div 5 \cdot 10^6$	8	Molto elev	0.2	$20 \div 29$	molto alta
5	$2.5 \cdot 10^5 \div 1 \cdot 10^6$	5	Elevata	0.05	$10 \div 19$	alta
4	$5 \cdot 10^4 \div 2.5 \cdot 10^5$	3	Media	0.01	$7 \div 9$	media
3	$5 \cdot 10^3 \div 5 \cdot 10^4$	2	Bassa	0.001	$3 \div 6$	bassa
2.5	$5 \cdot 10^2 \div 5 \cdot 10^3$	1	Molto bassa	0.0001	$\geq 2$	molto bassa
2	$< 5 \cdot 10^2$					

Un evento molto frequente di piccole dimensioni risulta della stessa pericolosità di uno raro ma di dimensioni eccezionali.





**(72) MOON A.T. et al. (1991) Debris flow risk zoning at Montrose, Victoria**

Nel 1981 un evento di *debris flow* ha mobilitato circa 30.000 m<sup>3</sup> di materiale per una distanza complessiva di circa 2 km a partire dalla frana da cui il fenomeno ha avuto origine (Montrose, Victoria); il contesto geologico è caratterizzato da prevalenti rioidaciti.

Poiché nella zona in esame si è verificato solo l'evento del 1981 di cui si abbia notizia a memoria storica, la valutazione della pericolosità è stata affrontata con il seguente approccio:

- identificare i fattori di pericolosità relativa attraverso i quali classificare i bacini che costituiscono una potenziale sorgente di detrito;
- stimare l'entità dei potenziali flussi di detrito sulla base dell'evento noto e le dimensioni delle frane che fungono da precursori per i *debris flow*.

Elevata pericolosità è assegnata a bacini in cui siano presenti sette fattori individuati come determinanti e in cui si siano verificate in tempi recenti la maggior parte delle frane di dimensioni maggiori; pericolosità moderata è attribuita a settori in cui fossero presenti alcuni dei fattori "pericolosi"; infine pericolosità bassa a quelli in cui non ci fossero fattori allarmanti ai fini della valutazione della pericolosità.

Per ogni fattore viene fornita una stima qualitativa dell'influenza sulla pericolosità: alta, media, bassa; ad esempio punteggio "elevato" è attribuito ad un bacino caratterizzato da scarsa percentuale di affioramento o "basso" ad un bacino scarsamente interessato da fenomeni franosi nell'età moderna. Alla fine si ottiene una valutazione qualitativa della pericolosità, che viene però distinta a seconda del contesto: *debris flow* di dimensioni notevoli (volume superiore a 30.000 m<sup>3</sup>, stimato in relazione alle caratteristiche dei fenomeni di frana dell'area esaminata); *debris flow* di dimensioni da medie a ridotte, *debris torrents* nelle incisioni vallive. Lo stesso bacino potrà presentare pericolosità moderata per i *debris flow* di dimensioni notevoli, ma pericolosità molto elevata per quanto riguarda i *debris torrents*.



Infine viene proposto uno schema in cui si correla il grado di pericolosità relativa con il presunto intervallo di ricorrenza dei fenomeni in anni e con la probabilità di occorrenza per un tempo di ritorno di 50 anni (%).

FATTORI PER LA STIMA DEL PERICOLO*	A	B	C	D	E
1 Topografia (speroni rocciosi o canali)	2	2	2	0	1
2 Percentuale di affioramento	2	2	1	0	2
3 Altezza dei versanti ripidi (a pendenza > 50%)	0	2	1	2	2
4 Proporzione dei versanti a pendenza > 50%	0	2	1	1	2
5 Dimensioni del conoide	0	2	2	2	2
6 Numero di frane nell'età Moderna (ultimi 150 anni)	0	2	0	0	2
7 Volume delle frane nell'età Moderna (ultimi 150 anni)	0	2	0	0	2
STIMA DEL PERICOLO					
<i>Debris flow</i> di entità elevata	L	X	M	L	H
<i>Debris flow</i> di entità moderata					
<i>Debris flow</i> di entità bassa			H		

\*In originale definito "rischio" 2=alto; 1=medio; 0=basso

X, H, M, L sono definiti come segue:

SIMBOLO	SIGNIFICATO	INTERVALLO di RICORRENZA (anni)	PROB. PRESUNTA (%) per Tr = 50 ANNI
X	Molto alto	Da 1 in 100 anni a 1 in 300	Da 15 a 39
H	Alto	Da 1 in 100 a 1 in 1000	Da 5 a 39
M	Medio	Da 1 in 1.000 a 1 in 10.000	Da 0.5 a 5
L	Basso	Più di 1 in 10.000	Meno di 0.5
VL	Molto basso	Più di 1 in 100.000	Meno di 0.05

A livello previsionale per la stima dell'area di deposizione sono state utilizzate le informazioni ricavate dall'evento del 1981. Considerando il valore del volume deposto come massimo prevedibile, l'area di deposizione può essere desunta assumendo uno spessore di deposito; il valore medio di spessore misurato nel 1981 è 0.3 m nell'area principale di deposito (7.5 ettari). Le ampiezze e le lunghezze dei depositi previsti sono state stimate sul campo seguendo i percorsi di flusso e osservando la topografia locale. L'area plottata sulle mappe



è talvolta superiore all'area prevista a causa dell'incertezza nella definizione dei percorsi.



**(83) RICKENMANN D. (1998) *Ecoulement des laves torrentielles: méthodes de prédiction***

Sulla base dell'osservazione di fenomeni di lava torrentizia verificatisi nelle Alpi Svizzere nel 1987 viene proposta una classificazione semi-quantitativa della pericolosità, intesa come capacità di generare lave torrentizie, basata sull'inclinazione dell'alveo e/o dei versanti nella zona di innesco e della quantità di materiale potenzialmente mobilizzabile, calcolata dal punto d'innesco fino alla zona di deposito. Tali parametri costituiscono i criteri più importanti per stabilire il pericolo potenziale che un torrente è in grado di rappresentare.

PENDENZA (J) ALVEO/VERSANTI ZONA INNESCO	CARATTERISTICHE CANALE E POTENZIALE DETRITICO (F)	CLASSE DI RISCHIO
J>25%	Canale costituito da materiali mobilizzabili, potenziale elevato di rottura (F>10.000 m <sup>3</sup> ). Canale prevalentemente costituito da materiali non coesivi, potenziale elevato di rottura di versante. Letto prevalentemente in roccia.	A1  A2 B
15%<J<25%	Letto composto da rocce scistose o flyscioidi, rottura potenziale di versante (F>10.000 m <sup>3</sup> ). Altri tipi di rocce, letto con possibilità di rottura. Letto senza possibilità di rottura. Letto prevalentemente in roccia.	A1 A2 B C
J<15%	Non pertinente.	C

A1	Elevata pericolosità
A2	Pericolosità
B	Debole pericolosità
C	Bassa pericolosità

Per quanto riguarda la pendenza dei versanti, si intende il valore medio rappresentativo di un settore responsabile della genesi della



lava torrentizia. In caso di precipitazioni estreme le diverse condizioni determinano differenti entità di pericolosità.

#### *Stima della pericolosità sul conoide*

Nei casi in cui esistano tracce di lave antiche sul conoide e/o dati storici, il limite delle zone esposte a pericolo deve essere basato in primo luogo su tali informazioni; in tutti i casi la superficie delle zone minacciate è funzione del volume atteso.

Per la valutazione delle tracce sul conoide sono importanti i seguenti fattori:

Vecchi depositi: un mucchio di pietre o blocchi di diametro compreso tra 0.5 e 1 m permette di individuare un deposito di lava torrentizia, specialmente quando si ritrovano fuori dal canale; barre laterali o frontali indicano la medesima attività.
Canali di scorrimento inattivo o resti di vecchi torrenti testimoniano generalmente un'attività anteriore di trasporto solido (che può essere però dovuto anche a semplici piene torrentizie).
Copertura vegetale: se si rinvengono settori del conoide aventi, in maniera marcatamente differenziata, vecchi alberi sul cono possono essere correlati ad avvenimenti passati.
Affioramento di vecchi depositi: lo spessore dei depositi fornisce un'indicazione sull'importanza degli avvenimenti.

Sebbene si possano trarre delle conclusioni sulla base dell'osservazione di antichi fenomeni di lava torrentizia, è necessario prestare attenzione in caso di correzioni di percorso dell'alveo o di nuove edificazioni.

Se non esistono tracce o documenti, si dovranno stimare le zone esposte a pericolo sulla base del volume atteso accanto ad ipotesi sulla geometria del deposito.



**(88) PWRI (1984)<sup>11</sup> [ da SEMINARA G. & TUBINO M. (1993) *Misure di campo, controllo e prevenzione: l'esperienza giapponese*]**

Il criterio adottato dal Ministero dei Lavori Pubblici giapponese si basa su tre indicatori chiave: 1) pendenza del torrente e area del bacino, 2) volume di materiale detritico disponibile, 3) topografia e geologia. Il procedimento permette l'identificazione dei torrenti suscettibili a generare colate detritiche e/o in grado di convogliare un'elevata quantità di sedimenti.

La pendenza è classificata secondo tre categorie ( $\theta > 15^\circ$ ,  $\theta = 10^\circ \div 15^\circ$ ,  $\theta < 10^\circ$ ) e l'area del bacino, assunta come indicatore della quantità d'acqua drenata, è suddivisa in due classi ( $A > 5\text{ha}$  e  $A < 5\text{ha}$ ). Il grado di pericolo<sup>12</sup> relativo a questo primo indicatore (*Item 1*) è valutato sulla base della seguente tabella:

ITEM 1	
Grado di pericolo	Parametri
a <sub>1</sub>	$\theta > 15^\circ$ , $A > 5\text{ha}$
a <sub>2</sub>	$\theta > 15^\circ$ , $A < 5\text{ha}$
B	$10^\circ < \theta < 15^\circ$
C	$\theta < 10^\circ$

Il grado di pericolo associato al volume di materiale instabile disponibile (*Item 2*) viene valutato in termini del valore medio  $D_a$  del massimo spessore dello strato depositato (misurato nelle sezioni del torrente in cui la pendenza supera i  $10^\circ$ ):

ITEM 2	
Grado di pericolo	Parametri
A	$D_a > 2\text{ m}$ (abbondante)
B	$0.3 < D_a < 2\text{ m}$ (medio)
C	$D_a < 0.3\text{ m}$ (basso)

<sup>11</sup> PWRI (1984) *Basics of planning measures against debris flow; planning counter-measures against debris-flow, Design Booklet, Technical Standards for Erosion and Sediment Control*, Public Works Research Institute, Ministry of Construction, Japan.

<sup>12</sup> In originale si parla di "rischio", riferendosi però esplicitamente al concetto di "pericolo".



I due indicatori consentono una prima caratterizzazione dei torrenti potenzialmente esposti a pericolo:

ITEM 1	ITEM2	GRADO DI PERICOLO
a <sub>1</sub>	a	Alto pericolo
a <sub>2</sub>	a	
a <sub>1</sub>	b	
a <sub>2</sub>	b	Pericolo
a <sub>1</sub>	c	
a <sub>2</sub>	c	
b	a	
b	b	
b	c	Basso pericolo

Il terzo indicatore considera caratteristiche geologiche e topografiche con riferimento a due distinte situazioni: la possibilità di innescò di una singola frana di grandi dimensioni (*Item 3a*) e di numerosi eventi franosi di piccola entità (*Item 3b*).

La situazione è giudicata pericolosa o non pericolosa a seconda che il punteggio 3a+3b sia superiore a 5 o inferiore a 4 rispettivamente.

ITEM 3a	
1) Condizioni geologiche	Punteggio
Profondo strato degradato superficiale	1
Colluvium	2
Roccia degradata	2
Roccia vulcanica	2
Ceneri vulcaniche	1
Zona fratturata	2
Terziario o Quaternario	1
Altra zona geologica	0
2) Emergenza di falda	
Si	2
No	0
3) Frane di grande scala verificatesi in passato (area > 1000 m <sup>3</sup> )	
Si	2



ITEM 3a	
No	0
4) Nuove fratture	
Si	5
No	0
5) Precipitazioni nevose	
Intense	1
Altro	0

ITEM 3b	
1) Condizioni geologiche	Punteggio
Roccia degradata	2
Accumulo di materiale vulcanico o deposito da colate detritiche di origine vulcanica	2
Ceneri vulcaniche	2
Zona fratturata	2
2) Vegetazione	
Copertura < 90%	3
Copertura > 90%	0
3) Pendenza dei versanti	
Ripida (>45°)	2
Moderata (<45°)	0

Viene infine riportata una tabella messa a punto per l'area indagata relativa alla frequenza d'innescio delle colate in funzione delle caratteristiche geologiche del materiale.

ROCCIA	N° di debris flow		Distribuz. % (B)	A/B
	N°	Frequenza % (A)		
Roccia metamorfica regionale	36	9.3	3.6	2.54
Roccia granitoide	180	46.3	13.3	3.48
Roccia intrusiva basica e ultrabasica	-	-	1.6	-



ROCCIA	N° di debris flow		Distribuz. % (B)	A/B
	N°	Frequenza % (A)		
Roccia vulcanica del periodo Terziario e Quaternario	50	12.9	20.4	0.63
Roccia sedimentaria Paleozoica	38	9.8	12.2	0.80
Roccia sedimentaria Mesozoica	9	2.3	9.3	0.25
Roccia sedimentaria Terziaria	55	14.1	18.9	0.75
Roccia sedimentaria Quaternaria	21	5.4	20.7	0.26
TOTALE	389	100	100	



### 2.1.3. Analisi quantitativa: modellazioni numeriche

In questo paragrafo sono sinteticamente esposte le tipologie di modellazione numerica (approccio 3c, vedi § 1.2.) e i risultati cui hanno condotto.

Per descrivere il comportamento delle correnti iperconcentrate che determinano i *debris flow*, i vari autori si basano su modelli reologici diversi (plastico o plastico alla Bingham per colate fangose, dilatante alla Bagnold per i flussi di materiale granulare, viscoplastico, ecc.), ciascuno applicabile in precisi ambiti.

Alcuni modelli numerici possono calcolare e prevedere le modalità di arresto di una colata in conoide: ipotizzato il tipo di colata e le sue caratteristiche di volume, velocità, ecc. si può calcolare quanto accade nella fase di arresto in conoide. La simulazione può dare però risultati alquanto diversi a seconda dei parametri utilizzati e la previsione che ne deriva deve essere considerata con le dovute cautele<sup>13</sup>.

Accanto a numerosi modelli reologico-idraulici mono o bidimensionali sono proposti modelli empirico-concettuali (es. n°81).

È stato inserito in questo paragrafo anche il metodo probabilistico proposto dalla Federal Emergency Management Agency (n°53), che definisce severità ed estensione delle aree inondabili che possono essere interessate dalle acque di piena con tempo di ritorno centennale.

---

<sup>13</sup> *Trasporto solido e colate detritiche*, Corso tenutosi al Politecnico di Torino nei giorni 26-27/06/2002 a cura del Prof. Gennaro Bianco.



**(8) ARATTANO M. (1994) Considerazioni sull'utilizzo della teoria dell'onda cinematica per la modellazione matematica di fenomeni di debris flow**

Il lavoro presenta diverse procedure finalizzate alla ricostruzione delle condizioni di inizio movimento tipo *debris flow*, a partire da diverse informazioni. A titolo esemplificativo viene riportata in questa sede la metodologia messa a punto per la parziale ricostruzione delle condizioni di inizio movimento nel caso si disponga di un idrogramma registrato e di un valore della velocità media del fronte.

Il modello (Arattano M. & Savage W. Z., 1992)<sup>14</sup>, basato sull'equazione risolutiva delle equazioni di De Saint Venant semplificate e su due equazioni parametriche che individuano la posizione del fronte, viene applicato ad un *debris flow* verificatosi il 10 luglio 1989 lungo l'asta fluviale del Rio Moscardo (Paluzza, Friuli Venezia Giulia).

Si considera un alveo prismatico a pendenza costante la cui sezione trasversale è approssimata ad un rettangolo e il cui fronte perfettamente verticale ha altezza pari al valore massimo dell'altezza dell'onda; si assume inoltre che non si verifichino erosioni o deposizioni durante il moto (conservazione della massa).

La procedura consente di utilizzare l'idrogramma registrato in corrispondenza di una stazione di misura ad ultrasuoni (A), i dati relativi alla geometria della sezione e la velocità media del fronte dell'onda per determinare: a) la distanza tra la stazione ed il punto in cui è iniziato il movimento della massa detritica e b) il tempo da essa impiegato per percorrere tale distanza.

Disponendo di tutti i dati necessari, si costruisce l'idrogramma teorico in corrispondenza della stazione A e lo si confronta con l'idrogramma costruito con i dati di misura: esiste una congruenza qualitativa a fronte di una "forzata" corrispondenza quantitativa iniziale (viene posta come coincidente l'altezza del fronte).

---

<sup>14</sup> Arattano M. e Savage W.Z. (1992), *A kinematic wave model for debris flows*, U.S. Geological Survey Open-File Report 92-290.



Per la stazione *B* posta 300 m a valle della stazione *A* il modello ha consentito di prevedere l'altezza del fronte e la forma dell'idrogramma: in questo caso esiste corrispondenza solo se si trasla l'idrogramma teorico e ciò può essere ricondotto all'innalzamento del livello del fondo in corrispondenza della sezione *B*, dovuto ad una brusca diminuzione della pendenza a causa della deposizione; va ricordato però che il metodo prevedeva che fossero trascurabili erosione e deposizione.



**(15) ARMANINI A. (1999) Dinamica delle colate di detriti**

I modelli matematici impiegati per la simulazione delle colate di detrito mono/bi-dimensionali si basano sull'integrazione numerica delle equazioni che governano il moto delle colate sulla normale al fondo.

In letteratura vengono proposti principalmente due modelli: a) nello schema più semplice la colata viene trattata come un fluido omogeneo, del quale viene prescritta una particolare legge reologica; b) in uno schema più elaborato si cerca di trattare separatamente le fasi liquida e solida che compongono la colata.

Le equazioni che governano il moto sono le seguenti: conservazione del volume della mistura e bilancio della quantità di moto della mistura nelle direzioni longitudinale  $x$  e normale  $y$ .

Gli schemi reologici (es. Bagnold o Takahashi per i regimi macroviscoso o granulo-inerziale) possono descrivere l'alluvionamento in conoide purchè siano in grado di descrivere l'arresto della colata; per questo scopo è necessaria una legge di resistenza alla Bingham che tenga conto di un valore di soglia dello sforzo al fondo.

È opportuno scrivere separatamente i bilanci per le due fasi liquida e solida oppure per la mistura e per una delle due fasi; inoltre alle equazioni precedentemente elencate si devono aggiungere quella relativa alla conservazione della massa della fase solida, una relazione di tipo moto uniforme relativa allo sforzo tangenziale al fondo e un'equazione relativa allo sforzo normale al fondo.



**(45) DE ANGELI C. & GIANI G.P. (1999) Modellazione dei debris flows**

Viene descritto un codice di calcolo tridimensionale, basato sulle equazioni ricavate da Takahashi (1978, 1991) e sul metodo degli automi cellulari (AC) messo a punto per l'analisi di *debris flow* in regime granulo-inerziale; a titolo esemplificativo vengono riportati i risultati di un'applicazione ad un caso reale.

Gli AC possono essere definiti idealizzazioni matematiche di sistemi fisici in cui lo spazio ed il tempo sono discreti e le quantità fisiche assumono solo una serie discreta di valori; essi consistono in un reticolo uniforme e regolare con una variabile discreta a ciascun sito (cella); le variabili in ciascuna cella sono aggiornate simultaneamente in accordo ad una definita serie di regole locali.

Il modello tridimensionale ad AC è stato messo a punto per l'analisi del flusso di colate di detrito su un substrato indeformabile. L'insieme finito degli stati nell'AC elementare è rappresentato da: quota della cella e spessore del detrito nella cella stessa; caratteristiche fisico-meccaniche del materiale: densità della miscela solido-liquido e angolo di resistenza al taglio residuo.

Ogni punto  $i$  del reticolo è collegato ai quattro centroidi delle celle adiacenti; i segmenti che collegano il reticolo definiscono un rombo le cui diagonali individuano quattro porzioni di forma triangolare, per le quali si calcola un vettore di massima pendenza. L'inclinazione del vettore rispetto all'orizzontale (?) verifica la condizione di inizio del moto. Attraverso un'equazione relativamente semplice viene calcolata la portata di materiale che si può trasferire da una cella alla sua adiacente.

A partire da un caso reale che si è verificato a Ronchi-Lessolo (TO) nel novembre 1994 il metodo è stato applicato sul campo ad uno scivolamento superficiale evoluto in colata di detrito; lo spessore del materiale detritico è stato determinato sulla base di indagini *in situ* e quindi assegnato ad ogni cella. La distribuzione granulometrica e le proprietà meccaniche del materiale sono state definite per mezzo di prove di laboratorio e di prove ed indagini *in situ*. L'innesco del fenomeno è stato ottenuto aumentando il contenuto d'acqua.



I parametri fisico-meccanici sono stati tarati sulla base di una *back-analysis*.

Il confronto tra fenomeno simulato con il modello previsionale e fenomeno naturale mostra un buon accordo.

I modelli previsionali hanno consentito di individuare le aree sulle quali può innescarsi un nuovo fenomeno di colata (volume instabile stimato pari a circa 50'000 m<sup>3</sup>).



**(53) F.E.M.A. (1999) Flood hazard mapping – Guidelines for determining flood hazard on alluvial fans**

Il *National Flood Insurance Program* (NFIP) utilizza la “piena di 100 anni”, cioè avente 1% di probabilità di essere superata ogni anno, per definire le *Special Flood Hazard Areas* (SFHA). Con l’ausilio di un programma (*FAN PROGRAM*) si determina la severità e si definisce l’estensione della piena di 100 anni all’interno di ogni area definita inondabile<sup>15</sup>.

L’ampio spettro delle forme e dei processi relativi ai conoidi illustra la futilità di sviluppare un metodo *standard* valido per tutti i conoidi in tutte le zone geografiche. È richiesto quindi un approccio flessibile basato su valutazioni specifiche in sito.

*FAN Program*

<p>ASSUNZIONI: piena in canale rettangolare, profondità critica, erosione di sponda del canale rettangolare (fino ad un valore critico del rapporto tra variazione in ampiezza e variazione in profondità pari a -200), funzione di densità di probabilità della portata in apice del tipo <i>log- Person III</i>, frequenza degli eventi di piena per diversi intervalli di ricorrenza (es. 2÷500 anni) adeguatamente definita, uguale probabilità lungo vie secondarie di flusso (percorsi casuali); il programma è valido anche per canali multipli a profondità normale, assumendo che l’ampiezza totale sia 3.8 volte l’ampiezza del singolo canale.</p>
<p>LIMITI: conoide formato da processi fluviali (non da <i>debris flow</i>), percorsi di flusso instabili.</p>
<p>RACCOMANDAZIONI PER L’APPLICAZIONE: conoidi di forma conica molto attivi.</p>

La metodologia utilizzata dal programma definisce il rischio di inondazione in ogni punto applicando la definizione della piena di base attraverso il teorema della probabilità totale.

$H$  è una variabile casuale che rappresenta il verificarsi della piena in un particolare punto ( $H=1$  se l’area è inondata e  $H=0$  se l’area non è inondata).

<sup>15</sup> Il primo passo è quello di distinguere le aree del conoide inondabili o attive, in cui si possono verificare fenomeni di deposizione, erosione e flussi instabili ( per quanto si evince da osservazioni geomorfologiche o da fotointerpretazione), da quelle inattive; questa distinzione restringe l’estensione dell’area soggetta alla piena di 100 anni.





La probabilità dell'area di essere inondata da una piena che supera una data *magnitudo*  $q_0$  è data da :

$${}_{q_0}P[H = 1 \cap Q > q_0] = \int P_{H/Q}(1, q) f_Q(q) dq \quad (1)$$

dove  $Q$  è una variabile casuale che rappresenta la *magnitudo* della piena,  $P_{H/Q}(1, q)$  è la probabilità che l'area venga inondata a condizione che si verifichi la *magnitudo*  $q$ ;  $f_Q(q)$  è la funzione di densità di probabilità (*PDF*) che definisce la probabilità che una piena di *magnitudo* compresa tra  $q$  e  $q+dq$  si verifichi in un dato anno.

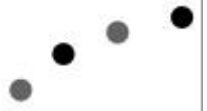
L'equazione dunque definisce solo se un'area sia una *Special Flood Hazard Areas* e solo in termini del parametro  $q_0$ .

La *PDF* che descrive la frequenza della *magnitudo* è intesa come la relazione tra la portata e la frequenza riferite al bacino di drenaggio. Il programma fornisce profondità di energia e velocità correlate alla portata nella definizione della pericolosità da piena.

Le assunzioni del metodo sono le seguenti: le piene sui conoidi sono libere di spendere energia per creare il percorso più efficiente al fine di convogliare l'acqua e i sedimenti; il percorso è poco profondo e approssimativamente rettangolare in sezione trasversale; l'energia è spesa nel trasporto dei sedimenti finchè non venga raggiunto il minimo di energia possibile; il percorso del flusso non si amplia all'infinito, ma ad un certo punto si stabilizza. Da dati empirici quel punto è ubicato dove il rapporto tra variazione in ampiezza e variazione in profondità ( $dW/dd$ ) è pari a -200. Il ragionamento conduce alle seguenti relazioni:

$$d = 0.106q^{\frac{1}{5}} \quad (2)$$

$$v = 1.506q^{\frac{1}{5}} \quad (3)$$



dove  $d$  è l'energia specifica (*feet*),  $v$  la velocità (*feet/sec*) e  $q$  la portata (*cfs*).

La probabilità nell'equazione (1) spiega l'incertezza nel percorso di una piena di data *magnitudo*. Anche se il percorso può essere predetto con ragionevole certezza, la *magnitudo* di una piena in un particolare punto può non essere definita poiché fenomeni di deposizione o erosione in canali di sezione ridotta possono condizionare fortemente la direzione del flusso in caso di biforcazione. All'incertezza con la quale una data portata può essere superata in un particolare punto, corrisponde da un'altra parte una variazione di  $P_{H/Q}(1, q)$ .

Il programma parte dal presupposto che la topografia dell'area sia il risultato della deposizione avvenuta in passato. Se il processo continua per tempi lunghi la probabilità di ogni punto sul conoide di essere inondato è la stessa. Cioè  $P_{H/Q}(1, q)$  è uniformemente distribuito e per un dato punto è approssimativamente pari all'ampiezza del percorso di piena divisa per l'ampiezza dell'area soggetta alla piena alla quota di quel punto. Questo metodo presuppone che tutta l'area del conoide sia soggetta a piena e che ci sia una relazione fissa tra percorso di piena e portata. In generale queste assunzioni si applicano quando si abbia assoluta incertezza su come la piena possa evolvere. Così il programma in condizioni semplici prevede:

$$P_{H/Q}(1, q) = W(q) / W_{fan} = 9.408 \cdot q^{\frac{2}{5}} \cdot W_{fan}$$

dove  $W(q)$  è l'ampiezza del canale che convoglia  $q$  (*cfs*), e  $W_{fan}$  è l'ampiezza del conoide.



**(74) NATALE L. & GHILARDI P. (1999) Il rischio idraulico nelle aree di conoide**

Viene riprodotta con un modello matematico mono/bidimensionale la dinamica di due fenomeni di alluvionamento in conoide avvenuti in Lombardia; in questa sede vengono riportati i risultati delle simulazioni relative all'evento del giugno 1997 verificatosi a Rondinera, Comune di Rogno (Val Canonica, BG).

Le indagini geotecniche effettuate sul materiale movimentato hanno fornito i seguenti risultati: 10% del materiale ha diametro superiore a 50 mm e circa il 20% inferiore a 0.1 mm; diametro significativo pari a 28 mm; concentrazione del terreno  $c^* = 0.65$ ; angolo di resistenza al taglio statico  $f = 35^\circ$ ; densità del materiale  $\rho_s = 2740 \text{ Kg/m}^3$ .

In assenza di informazioni dirette sulle precipitazioni l'idrogramma di portata totale è stato calcolato imponendo che il volume solido fosse pari a quello franato ( $247000 \text{ m}^3$ ), la durata dell'evento pari a 20 minuti (da testimonianze dirette) e la concentrazione dei solidi grossolani in condizioni di moto uniforme. Per la modellazione sono state assunte concentrazione  $c = 0.9$  e concentrazione di massimo impaccamento  $c^* = 0.585$ .

*Simulazione col modello monodimensionale*

Il modello monodimensionale sviluppato nel corso dello studio costituisce un'estensione del modello Takahasci (1991) (n°88): schema costitutivo bifase (fase solida e fase liquida con solidi sospesi) assumendo come costanti la concentrazione dei solidi sospesi e la densità del fluido interstiziale; meccanismo di erosione e deposito definito dalle equazioni di Egashira e Ashida; densità della miscela variabile; resistenza al moto secondo il modello Takahasci (1991) (n°89). Nel caso in esame il *debris flow* scorre in un impluvio fortemente inciso, con pendenza media prossima a 0.40 e valori massimi oltre lo 0.70, che sbocca in conoide.

Il dominio di integrazione, che ha inizio immediatamente a valle dell'area di distacco e si estende fino al centro abitato per una



lunghezza di circa 1'500 m, è stato discretizzato in 132 sezioni rettangolari a larghezza variabile da 1 m a poco meno di 50 m, poste a 10 m di interasse. Nell'area urbanizzata il fondo è stato considerato non erodibile. Al fluido interstiziale sono state assegnate le caratteristiche reologiche dell'acqua, trascurando la presenza del sedimento fine tenuto in sospensione; le velocità di erosione e deposito sono state definite trascurando l'effetto di isteresi tra erosione e deposito.

Con l'esclusione del tratto a monte del ponte posto in prossimità dell'apice del conoide, il cui fornice è stato completamente occluso nel corso dell'evento con corrente stramazzone al di sopra dell'impalcato e per il quale il calcolo fornisce una sovrastima, il calcolo valuta con approssimazione soddisfacente lo spessore del deposito, che raggiunge al massimo i 4 m ed ha un valore medio di poco inferiore ai 2 m; lo spessore misurato in conoide dopo l'evento è risultato pari a circa 2 m, con valori massimi di 3 ÷ 4 m.

#### *Simulazione col modello bidimensionale*

Il movimento di una corrente di detrito che scorre su una superficie approssimata localmente ad un piano inclinato sul quale sono definite le coordinate ortogonali  $x$  e  $y$ , può modellarsi con: a) due equazioni del moto nelle direzioni  $x$  e  $y$ , b) le equazioni di continuità della fase solida e c) l'equazione che descrive l'evoluzione temporale del fondo.

Il modello bidimensionale, discretizzato in 81\*57 celle quadrate sulla base di un Digital Elevation Model (DEM) a maglia quadrata di 5 m di lato, costruito a partire dalle curve di livello digitalizzate dalla Carta Tecnica Comunale (1:2'000), è stato integrato con due codici di calcolo alle differenze finite: I) FLO\_2D e II) ALCO\_2D.

#### I) Codice di calcolo FLO-2D

La geometria del DEM è stata integrata per includere le sommità arginali e le ostruzioni in alveo, quale ad esempio il ponte a monte dell'abitato (apice).

Come condizioni al contorno di monte sono state imposte l'onda di portata liquida (40 m<sup>3</sup>/s al colmo) e le condizioni di concentrazione solida ( $c = 0.9$  e  $c^* = 0.585$ ). Il valore dello sforzo critico, calcolato con



il metodo della taratura, è risultato pari a  $t_0 = 2000$  Pa; sono state trascurate le dissipazioni di tipo viscoso.

Il modello riproduce l'estensione dell'area interessata dal *debris flow*, con sufficiente approssimazione nella parte alta dell'abitato e con leggero eccesso alla base del conoide, dove l'eccessiva espansione trasversale dell'alluvione calcolata è principalmente dovuta alla diffusione numerica del solutore impiegato da FLO-2D, che adotta uno schema alle differenze centrate. La stima degli spessori del deposito, dell'ordine di  $2 \div 3$  m con massimi di circa 4 m è sufficientemente accurata ad eccezione del margine di valle dove il modello, che fa arrestare la colata al raggiungimento dello sforzo critico, sovrastima chiaramente gli spessori reali. I tempi di propagazione della colata (arresto a mezz'ora dall'inizio del fenomeno contro i 25 minuti forniti dal modello monodimensionale) sono riprodotti correttamente.

In definitiva FLO-2D interpreta correttamente *debris flow* fangosi, costituiti prevalentemente da sedimento fine, per i quali è ammissibile che, al raggiungimento dello sforzo critico, si verifichi l'arresto dell'intera massa senza che abbia luogo la separazione della fase solida che si deposita, dalla fase liquida che si propaga verso valle.

#### II) Codice di calcolo ALCO\_2D

La resistenza al moto è stata modellata nelle situazioni di *stony debris flow* e *immature debris flow*. Alle basse concentrazioni di solidi grossolani ( $c_L < 0.05$ ) la resistenza al moto è calcolata con la formula di Manning<sup>16</sup> (ponendo per il coefficiente di scabrezza  $n$  un valore pari a  $0.1 \text{ s/m}^3$ ). Calcoli preliminari hanno confermato che l'importanza dei termini di inerzia convettiva nell'equazione del moto è minima.

La presenza di una componente fine di limo e argilla, pari al 20% del peso complessivo del solido, rilevata con l'analisi granulometrica dei depositi, ha consigliato di modellare il fluido interstiziale con densità  $\rho_m = 1209 \text{ kg/m}^3$  e di adeguare in analogia anche le stime della concentrazione volumetrica dei solidi grossolani in condizioni di moto

<sup>16</sup>  $V = (1/n) \cdot R^{2/3} \cdot J^{1/2}$  dove  $V$  è la velocità dell'acqua,  $n$  il coefficiente di scabrezza,  $R$  il raggio idraulico e  $J$  la pendenza del pelo libero



uniforme  $c_{L8}$  e della concentrazione in condizioni di massimo impaccamento  $c^*$ .

Il modello stima l'interrimento della piazza di deposito posta a monte del ponte con spessori massimi superiori ai 5 m in accordo con il modello monodimensionale.

Complessivamente è calcolata un'area alluvionata più ampia di quella reale in quanto la velocità del processo di deposito non è stimata correttamente; il conseguente maggiore alluvionamento del fondo dell'impluvio provoca la tracimazione laterale della corrente, che divaga sul conoide.

*ALCO\_2D* calcola in modo più realistico di *FLO\_2D* gli spessori di deposito, che risultano di circa 3 m a monte di un'abitazione fotografata e inferiori al metro al contorno di valle della zona di arresto.

Se al fluido interstiziale vengono assegnate le caratteristiche reologiche dell'acqua, la capacità di trasporto della corrente diminuisce e, di conseguenza, l'estensione e l'entità dei depositi cambia in modo significativo. Il modello produce notevoli accumuli di materiale nella piazza di deposito a monte del ponte, con spessori che superano i 6.5 m e l'alluvionamento del fondo valle da parte della colata, scaricatasi anzitempo, risulta sottostimato.



**(78) PISANI S. (1996) Programma per la simulazione di un flusso di detrito su un cono**

Viene descritto il programma *DEBRIS*, basato sul modello dilatante di Bagnold e composto da due componenti o moduli del codice di calcolo: la prima (monodimensionale) riguarda l'asta del torrente fino allo sbocco in conoide e calcola portata, velocità e altezza del flusso attraverso una sezione a partire dall'idrogramma di acqua pura; la seconda (bidimensionale) descrive il moto di un flusso di detrito su un cono una volta stabilito il punto di immissione dell'idrogramma di flusso di detrito e tiene conto dei processi di deposizione ed erosione che avvengono nel corso dell'evento; si ipotizza che la colata fuoriesca dal canale in corrispondenza dell'apice. In questa sede si riportano i risultati del secondo modulo di calcolo. Le equazioni di base sono quelle della conservazione della massa e della conservazione della quantità di moto.

Il dominio viene suddiviso in un reticolo di  $n$  celle quadrate.

Le condizioni al contorno sono di tre tipi: a) bordo impermeabile a monte del dominio e a valle in corrispondenza di ostacoli naturali o artificiali, b) bordo assorbente: gruppi di celle a valle del sistema che possono ricevere materiale senza fornirlo, come ad esempio il corso d'acqua ricettore, c) bordo d'immissione: celle per le quali va specificata la portata di flusso di detrito immessa e la direzione di immissione. In ogni simulazione vi potrà essere un unico idrogramma in ingresso.

Come condizione iniziale occorre inserire la topografia di partenza, mentre le altezze di flusso e le velocità iniziali vengono assunte nulle.

I dati in uscita possono avere diverse forme:

File di *output SURFER* in cui si esprimono diverse variabili: altezza di flusso, altezza di deposizione, quota topografica finale, velocità della miscela, direzione della velocità, pressione massima nel corso della simulazione, ecc.

File di *output* dal quale emergono classi di intensità del fenomeno; l'intensità è valutata con i criteri definiti per le valanghe (pressione e altezza di deposizione, assunte singolarmente oppure combinate),



distinguendo se il fenomeno ricade nel flusso di detrito oppure in un moto di tipo fluido.

File di *output* nel quale a determinati tempi, la cui frequenza è scelta dall'utente, verranno associati i valori di alcune variabili (elencate al punto 1.) i cui valori sono scritti in forma matriciale.

#### *Simulazione del moto sul cono*

Si riferisce in questa sede l'applicazione al Cono di Mozzovico (riale di Duragno, Canton Ticino).

Come idrogramma di flusso di detrito in ingresso vengono considerate le portate corrispondenti a eventi con ricorrenza 30 e 100 anni, in condizioni di ostruzione o tracimazione (valori compresi tra 14.6 e 26.1 m<sup>3</sup>/s). La durata dell'immissione è stata assunta pari a 10 minuti, ordine di grandezza della durata dei flussi di detrito. L'area è discretizzata in 10.000 celle di 10 m di lato (distanza tra i punti quotati pari a 15 m). Per il passo temporale iniziale si è dimostrato adeguato un valore pari a 0.25 secondi. La durata della simulazione nei quattro casi è pari a 15 minuti.

Si nota un'elevata intensità del fenomeno in prossimità del punto di fuoriuscita della miscela con deposizione entro distanze relativamente brevi, anche a causa della scarsa pendenza (0.05); si osservano altre zone ad elevata intensità ai piedi del cono quando vengono raggiunti dei rilievi topografici (ad esempio l'autostrada); nel tratto intermedio si registra un flusso a bassa intensità (bassa velocità e bassa concentrazione del materiale).

In tutte le simulazioni non sono stati presi in considerazione gli ostacoli, costituiti ad esempio da edifici, che invece sarebbero da considerare in un'analisi di dettaglio.





**(81) REGIONE PIEMONTE (2002) *Condivisione di metodi e conoscenze sui processi di lave torrentizie per la difesa dei centri abitati (Azione 4 dell'INTERREG II Italia-Svizzera 1994-1999)***

*Contributo del Dipartimento di Idraulica Trasporti ed Infrastrutture Civili del Politecnico di Torino*

Accanto all'individuazione delle possibili zone d'innescio di colate detritiche ottenuta attraverso il metodo delle pendenze e la teoria della stabilità degli ammassi granulari lungo l'asta, un modello numerico ha permesso di ricostruire alcune caratteristiche della colata che ha colpito il Rio Inferno (Omegna, VB) nel luglio 1996: andamento del pelo libero della corrente solido-liquido in diversi istanti in corrispondenza di differenti sezioni, andamento dell'erosione e del deposito lungo l'asta (funzione prevalentemente dell'ampiezza della sezione) e ordine di grandezza dei volumi coinvolti.

Modellazione matematica della colata di detrito lungo l'asta principale del T. Inferno

Il modello utilizzato, monodimensionale, deriva dall'estensione dell'iniziale modello di Arattano & Savage (1994)<sup>17</sup> al caso di volumi variabili lungo il percorso ed è in grado di simulare correnti accorpate che defluiscono in alvei dalle sezioni raccolte.

La base di partenza sono le equazioni di De Saint-Venant (equazione del moto, equazione di continuità del miscuglio, equazione di continuità della fase solida), ricondotte all'equazione di propagazione dell'onda cinematica, avendo assunto l'ipotesi che la pendenza del fondo alveo, rilevante in questi casi, controlli essenzialmente lo stato della corrente. Tali equazioni sono sufficienti per descrivere il comportamento delle correnti di *debris flow* nel caso in cui siano verificate le seguenti ipotesi: a) fluido defluente omogeneo, b) distribuzione idrostatica delle pressioni nella generica sezione, c) alveo gradualmente prismatico.

---

<sup>17</sup> Arattano M., Savage W.Z. (1994), *Modeling debris-flow as kinematic waves*, Bull. Intern. Ass. Eng. Geol., 49, 3-13.



Assunta un'onda di forma triangolare di base  $L$  e altezza  $H$  e quindi un volume iniziale  $V_0$  di forma prismatica, si segue la propagazione di tale volume e delle variazioni che esso subisce lungo l'asta torrentizia, tenendo conto degli effetti dissipativi nell'ambito degli *stony debris flow*<sup>18</sup>.

La definizione delle condizioni al contorno determina la risposta fornita dal sistema in termini di velocità della corrente, portate defluenti, altezze della corrente defluente, ecc.; pertanto, a differenti condizioni al contorno corrispondono in generale risposte del modello anche marcatamente differenti. Ciò è di fondamentale importanza per il raggiungimento delle finalità ultime che ci si propongono, prime fra tutte la definizione delle aree esposte a pericolosità in conoide. Le suddette condizioni per il caso esaminato sono descritte dai due seguenti gruppi di equazioni:

CONDIZIONI INIZIALI	CONDIZIONI AL CONTORNO
$q(x,0) = f_1(x)$ per $0 < x < L$	$q(0,t) = f_4(t)$ per $0 < t < T$
$y(x,0) = f_2(x)$ per $0 < x < L$	$y(0,t) = f_5(t)$ per $0 < t < T$
$C(x,0) = f_3(x)$ per $0 < x < L$	$C(0,t) = f_6(t)$ per $0 < t < T$

(in cui  $L$  è la lunghezza del collettore principale e  $T$  è il tempo in cui il fenomeno viene studiato).

Si è voluto ricorrere ad uno scenario gravosissimo. Le portate idriche massime che si sono verificate, istante per istante, sono state ottenute con un modello di trasformazione afflussi-deflussi; a tale idrogramma è associato il corrispondente andamento delle portate solide attraverso la relazione  $Q_{df} = \left[ \frac{c^*}{c^* - c} \right] \cdot Q_l$  (Takahasci, 1991) (n°89) dove  $Q_{df}$  indica la portata solido-liquida della colata,  $Q_l$  la portata idrica di innesco,  $c^*$  la concentrazione di massimo impaccamento del materiale solido a riposo, e  $c$  la concentrazione della colata, posta pari a  $c = 0.55$ . Tale valore corrisponde ad una elevata concentrazione solida del miscuglio solido-liquido (circa uguale a  $0.8 \cdot c^*$ ) e corrisponde al valore ricavabile quando si consideri, come

<sup>18</sup> Nel caso del Rio Inferno si è ritenuto che il comportamento della corrente sia stato nel suo complesso più vicino a quello di uno *stony debris flow* che a un *mud debris flow*; pertanto il modello reologico adottato è quello di un fluido non-Newtoniano a comportamento dilatante.



pendenza dell'alveo, il valore massimo riscontrato lungo il corso dell'asta stessa (0.43).

L'ordine di grandezza dei volumi solidi trasportati attraverso il trasporto *bed load*, *immature debris flow* e *debris flow* possono essere ottenuti interpolando i valori riportati nella tabella seguente.

TIPOLOGIA DI TRASPORTO	INT. TEMPO (s)	VOL. SOLIDI (m <sup>3</sup> )
Bed load – immature debris flow	825 < t < 1'320	6'517
Debris flow	1'320 < t < 1'800	26'204 ÷ 9'160
Debris flow	1'800 < t < 2'040	13'102 ÷ 4'580
Bed load – immature debris flow	2'040 < t < 2'200	2'106

Si ricavano i seguenti volumi di materiale solido trasportato:

TIPOLOGIA DI TRASPORTO	VOLUMI TRASPORTATI (m <sup>3</sup> )
Debris flow	39'300
Bed load - immature debris flow	8'623

Questi risultati, seppur indicativi, si avvicinano notevolmente alle valutazioni dei volumi solidi misurati sul conoide del Rio Inferno a seguito dell'evento del luglio 1996 ed indicano che il procedimento seguito per la definizione dell'idrogramma solido-liquido in ingresso, a prescindere dalle schematizzazioni numeriche, possa essere anche un valido strumento per una prima valutazione dell'ordine di grandezza dei volumi solidi associati ad una colata.

#### *Contributo dell'Istituto Scienze della Terra del Canton Ticino*

All'interno dell'Azione 4 sono stati testati sull'area di studio due differenti modelli: 1) *debris* appartenente alla classe dei modelli reologico-idraulici; 2) *dfwalk*, un modello empirico-concettuale.

1) I risultati delle prime simulazioni del modello *debris* (descritto in Pisani S. 1996, n°77), per il quale è stato posto inizialmente un valore del diametro medio del materiale  $d_{50} = 100$  mm, hanno evidenziato che: a) il movimento sotto forma di detrito si ferma quasi subito, contrariamente a quanto riscontrato, b) le altezze di deposito che superano 1 m si limitano a poche celle, contro gli 8 metri osservati; c) non corrispondono le zone alluvionate tra realtà e simulazione in



corrispondenza di edifici; risultati migliori si ottengono quando non si considerino celle impermeabili. Inoltre la simulazione fornisce migliori risultati ponendo  $d_{50} = 10$  mm.

Risultati soddisfacenti sono stati raggiunti riguardo area alluvionata e spessore dei depositi considerando più punti di esondazione, anche se la zona interessata dalla deposizione è ancora sottostimata rispetto alla realtà; il volume totale calcolato non è tuttavia molto distante da quello misurato.

2) Il modello *dfwalk* utilizza la tecnica *random walk* (cammino casuale), il metodo di simulazione Montecarlo, il modello di velocità a due parametri messo a punto per le valanghe, l'ipotesi della pendenza media e un semplice modello per simulare la sedimentazione del flusso di detrito. Questa seconda tipologia di modello può essere utilizzata anche se non sono disponibili informazioni sulla reologia delle colate o rilievi topografici dell'alveo. L'algoritmo di calcolo può essere suddiviso in cinque passi: a) definizione di una o più celle d'innescio; b) a partire da ogni cella viene eseguito il *random walk* (*single flow directions* o *multiple flow directions*) in funzione di pendenza locale e direzione del flusso fino a quell'istante; c) il percorso risultante viene suddiviso in corrispondenza di punti-base in segmenti di uguale lunghezza; d) per ogni segmento viene determinata la velocità in base al modello a due parametri; il primo segmento in cui la velocità risulta nulla definisce il raggio d'azione della colata; e) il materiale viene depositato in modo inversamente proporzionale alla velocità calcolata; il modello digitale del terreno viene modificato in base alla deposizione fino all'esaurimento del materiale.

Analizzando i risultati delle simulazioni si può osservare che le velocità massime calcolate cadono nella zona centrale del conoide, in buon accordo con quanto rilevato dopo l'evento.

Sulla base di 500 *random walk* si riconoscono due principali direzioni di sviluppo, la prima lungo l'alveo originario e la seconda più ampia in sponda sinistra. Il percorso di massima pendenza ricavato dall'informazione topografica mostra come l'alveo ha subito in seguito alla deposizione uno spostamento verso la sponda sinistra.



La direzione di massima deposizione corrisponde a quella ricavata fisicamente dal modello *Debris*.

Si è potuto constatare dalle simulazioni effettuate con i due modelli che, per quanto riguarda l'influenza di ostacoli come edifici o altre infrastrutture sul moto della colata, è richiesto un ulteriore affinamento della base topografica e la definizione di accurate condizioni al contorno in corrispondenza di questi ostacoli.

In un contesto pianificatorio si rivelano più appropriati, rispetto ai modelli fisicamente basati molto sofisticati e che richiedono calibrazioni esigenti, modelli semplificati del tipo *dfwalk*, che affiancano ad un approccio empirico-concettuale (condizioni d'innesco e caratteristiche fisico-idrauliche del moto) un approccio statistico per la determinazione delle aree soggette a deposizione sul conoide.



**(82) REGIONE PIEMONTE (2002) *Condivisione di metodi e conoscenze sui processi di lave torrentizie per la difesa dei centri abitati (Azione 5 dell'INTERREG II Italia-Francia 1994-1999)***

*Studio della propagazione di colate con modelli numerici nel Rio Gran Vallon*

Caratteristiche del modello I applicato dal Dipartimento di Idraulica Trasporti e Infrastrutture Civili del Politecnico di Torino (vedi descrizione n°80).

Caratteristiche del modello F applicato dal CEMAGREF (Grenoble)  
 Il modello F, monodimensionale, è basato sulle equazioni di De Saint-Venant scritte in forma conservativa. Questa formulazione, associata ad uno schema numerico appropriato, permette di costruire un modello numerico in grado di trattare il fronte e il corpo di una colata. Ci si interessa unicamente al caso delle lave torrentizie fangose, che seguono la legge del comportamento viscoso-plastico (Herschel-Bulkley); inoltre le caratteristiche reologiche del materiale sono considerate costanti e i fenomeni di erosione dell'alveo non sono presi in considerazione in modo esplicito.

I dati necessari al funzionamento del modello sono:

Rilievo topografico dell'alveo (sezioni longitudinali e trasversali)
Idrogramma di ingresso (un dato di volume e uno di portata massima)
Caratteristiche reologiche del materiale defluente (preferibilmente da analisi di laboratorio o in sito su un evento di riferimento)

L'innescò può avvenire in due particolari sezioni del Rio Gran Vallon, o nel tratto tra esse compreso, con diversi valori di volumi mobilizzabili; in una terza sezione la colata si arricchisce notevolmente in materiale.

Le simulazioni effettuate sono state le seguenti:

SIMULAZ. n°	SEZIONE INNESCO	VOLUME INIZIALE (m³)	h FRONTE (m)
1	S <sub>0</sub>	3'500	4
2	S <sub>0</sub>	6'500	4
3	S <sub>0</sub>	3'500+3'000 raccolti in S <sub>3</sub> per il crollo del pettine della briglia	4



SIMULAZ. n°	SEZIONE INNESCO	VOLUME INIZIALE (m <sup>3</sup> )	h FRONTE (m)
4	S <sub>0</sub>	3'500	8
5	S <sub>0</sub>	12'000+3'000 raccolti in S <sub>3</sub> per il crollo del pettine della briglia	4
6	S <sub>2</sub>	12'000+3'000 raccolti in S <sub>3</sub> per il crollo del pettine della briglia	4

#### *Discussione dei risultati*

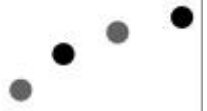
I risultati ottenuti dall'applicazione del modello I mostrano velocità della colata comprese tra 5 e 10 m/s e altezze di flusso variabili da 1 a 3 m, con riferimento ad un ampio spettro di scenari possibili; i volumi in moto subiscono incrementi compresi tra 2'000 e 8'000 m<sup>3</sup>.

Per quanto riguarda il modello F si possono distinguere due casi nelle simulazioni effettuate: quando il volume mobilizzato è debole la corrente si ferma nell'alveo, essenzialmente a causa del carattere viscoso-plastico del materiale defluente, mentre negli altri casi la colata prosegue fino alla confluenza con la Dora Riparia.

Il modello F rileva importanti variazioni di velocità e profondità massima della corrente lungo l'ascissa del tratto d'alveo; ciò è dovuto essenzialmente a restringimenti e allargamenti dell'alveo e a variazioni di pendenza alle quali il modello è molto sensibile.

Il confronto tra i modelli I e F conduce alle seguenti osservazioni:

- il modello F è più rigoroso nell'impostazione;
- il modello F è più adatto per lo studio di *mud flows*, tiene conto delle variazioni di sezione lungo il percorso, è in grado di considerare i depositi ma non le erosioni;
- il modello I è meno rigoroso, adatto a valutazioni di prima approssimazione di colate di tipo granulare e tiene conto delle variazioni di volume facendole dipendere da variazioni di pendenza; richiede pertanto che le sponde siano poco erodibili ovvero che i contributi di materiale solido derivanti dall'erosione delle sponde siano trascurabili rispetto a quelli erosi dal fondo.



**(87) SCHILLING P. & IVERSON R.M. (1997) Automated, reproducible delineation of zones at risk from inundation by large volcanic debris flow**

Il modello combina l'analisi della geometria e della cinematica dei *debris flow* vulcanici (*lahars*) con analisi statistiche dei limiti di passate inondazioni per sviluppare equazioni previsionali che correlano i volumi del *lahar* ( $M$ ) all'area della sezione trasversale della valle ( $A$ ) e all'area planimetrica inondata ( $B$ ). Tali equazioni vengono utilizzate per calcolare le aree che hanno probabilità di essere inondate da *lahars* di differenti volumi.

$$A = 0.05 \cdot M^{2/3}$$

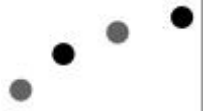
$$B = 200 \cdot M^{2/3}$$

Un GIS combina le aree inondate calcolate con i dati topografici derivanti da un Digital Elevation Model (DEM) per mappare le aree esposte a pericolo di inondazione.

Le aree di inondazione definite con *lahars* di volumi ridotti ed elevata frequenza rappresentano le zone a più elevata pericolosità; le altre zone sono definite aumentando progressivamente i volumi.

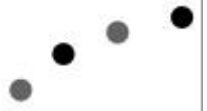
Il metodo è basato sull'osservazione che il volume del *lahar* determina ampiamente l'estensione della inondazione distale (intervallo di confidenza del 95%).





#### 2.1.4. Varie

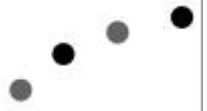
In questo paragrafo sono inserite pubblicazioni che non ricadono nelle tre categorie elencate ai precedenti paragrafi § 2.1.1., 2.1.2. e 2.1.3., ma che sono ritenute ugualmente rilevanti ai fini di valutazioni di pericolosità.



**(3) ALEOTTI P., BALDELLI P., POLLONI G. & DE MARCHI D. (1996) La valutazione della pericolosità da frana: esempi metodologici a varia scala**

Per una valutazione a livello puntuale (vedi § 2.1.1 per valutazioni a diversa scala proposte nella stessa pubblicazione) è stata messa a punto una metodologia che consente la suddivisione di alcune aree franose già note in funzione del diverso grado di pericolosità; si fa uso a tale scopo delle reti neurali, uno strumento informatico che si basa sul tentativo di simulare il comportamento del cervello umano per quel che concerne i processi di apprendimento. Si è cercata una funzione matematica che riassume le informazioni contenute in una scheda di rilevamento informatizzata in un indice numerico complessivo in grado di esprimere la propensione al movimento di un pendio.

Il valutatore neurale è stato ottenuto addestrando una rete neurale costituita complessivamente da 13 neuroni su un dato gruppo di siti franosi (*learning set*); è stato osservato che la funzione così ottenuta ben approssima le valutazioni date dagli esperti per il medesimo campione di aree. Successivamente la rete neurale è stata applicata su un altro gruppo di frane (*test set*) con risultati molto incoraggianti. Questo approccio, che fornisce valutazioni di pericolosità molto simili a quelle date dai tecnici, è stato confrontato anche con un classico approccio di tipo statistico-regressivo: le reti neurali sembrano fornire a livello di indice di suscettibilità un' approssimazione decisamente migliore.



**(4) ALEOTTI P. & POLLONI G. (1998) Risk scenarios in mountain alluvial fans: some examples in Italian Central Alps**

Le tipologie di fenomeno franoso che possono contribuire all'edificazione di un conoide sono i *soil slip* e i *debris flow*, entrambi direttamente correlati alla pendenza dei versanti del bacino. Nell'area di indagine si è riscontrato un massimo di frequenza per questi fenomeni a) per pendenze comprese tra 30° e 40° e b) dove la densità di drenaggio è elevata ed aumentano le possibilità di prendere in carico materiali alluvionali o di frana.

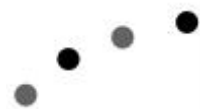
Nel contesto esaminato risulta valida una relazione diretta tra area del bacino ( $Ab$ ) e la pendenza del conoide; se con  $Ac$  si intende l'area del conoide, altre tre relazioni dirette sono vere tra il rapporto  $Ab/Ac$  e a) il rapporto di rilievo, b) la pendenza media del bacino e c) la densità di drenaggio.

La stima del rischio è stata ottenuta a partire dalla valutazione della pericolosità (1), della vulnerabilità (2) e degli elementi a rischio (3). Sono stati raccolti dati storici e dati idrologici, utili per stabilire rispettivamente la frequenza dei fenomeni che hanno prodotto danni e le condizioni innescanti; in realtà la frequenza non è ben definita a causa dell'incompletezza delle informazioni.

Le precipitazioni sono risultate fattore innescante, però non tanto per il valore soglia, ma per l'intero *pattern*.

Poiché nei torrenti esaminati i materiali trasportati derivano sia dai versanti che da fondo alveo, sono state prese in considerazione le seguenti componenti: i) picco di portata liquida, che dipende dal tempo di corrivazione del bacino; ii) *soil slip* – *debris flow* legati a precipitazioni sufficientemente prolungate da saturare i livelli superficiali del suolo; iii) (ri)attivazione di frane profonde legate a precipitazioni più prolungate.

In sintesi la pericolosità, ossia la probabilità che si verificano portate elevate e intenso trasporto solido rimane invariata se persistono i fattori predisponenti e le cause innescanti, che consistono rispettivamente nell'elevata suscettibilità da frana dei versanti (prima



sorgente di detrito e di materiali vegetali) e nella probabilità di accadimento degli eventi idrologici.

Per la stima della vulnerabilità sono stati presi in considerazione due parametri: i) il numero di abitanti e ii) il numero di edifici.

La vulnerabilità è condizionata dalla presenza di interventi passivi in conoide; a giudicare dai dati a disposizione risulta che, in termini percentuali, la perdita o il danno ad elementi a rischio sia diminuita sostanzialmente rispetto al passato grazie agli interventi che sono stati realizzati.

La riduzione del rischio si ottiene mitigando almeno uno dei tre fattori da cui esso dipende: pericolosità ( $H$ ), vulnerabilità ( $V$ ), ed elementi a rischio ( $E$ ); nel primo caso si interviene a livello di misure attive o diffuse, nel secondo di misure passive o di manutenzione, nel terzo a livello di normativa urbanistica e di sistemi di monitoraggio e allerta.



**(16) ARMANINI A., DE COL R., DELLAGIACOMA F. & NARDIN M. (1993)**  
**Proposta di valutazione del rischio da debris flow nei centri abitati del**  
**Trentino**

Viene presentata una scheda informativa per la documentazione degli eventi passati verificatisi in Provincia di Trento. Tale scheda andrà successivamente a formare una banca dati che integrerà quelle in corso d'attuazione per la mappatura dei rischi naturali. Si è tenuto conto del fatto che si possiede una descrizione qualitativa retrodatabile degli eventi di *debris flow* più importanti verificatisi nelle zone antropizzate; l'indagine storica è dunque alla base della preparazione delle schede, che sono così strutturate (dissesti rilevati e memorizzati in scala 1:10'000):

- scheda generale *SB1* (appartenente al *data base* "frane") dalla quale si ricava l'ubicazione del dissesto, i centri abitati, i torrenti che coinvolge,...
- scheda base *SB2* contenente informazioni geologiche, per individuare tipologia dissesto all'interno della banca dati generale;
- scheda *SB3* relativa a generalità e stato attuale del dissesto (dimensioni, età, ecc.);
- schede *Sdb1a,b,c,...* relative a ricostruzione di eventi passati, corredati da dati idrologici delle stazioni a disposizione;
- schede *Sdb2a,b,c,...* relative alle caratteristiche morfologiche e geologiche;
- schede *Sdb3 ÷ Sdb15* relative ad effetti in termini di danni alle strutture e ai centri abitati (opere longitudinali e trasversali danneggiate e opere puntuali: opere spondali, briglie, opere di presa, repellenti, cunettoni, edifici...);
- schede *Sdb16 ÷ Sdb19* contenenti informazioni sulla zona di arresto: morfologia della zona di deposito, eventuali danni;
- scheda *Sdb20* relativa ai dati geologici del deposito.

Tutte queste schede sono collegate ad una banca dati grafica C.A.D. contenente la geometria delle opere e i profili del torrente.



**(85) SAURET B. (1987) *Coulées boueuses. Laves torrentielles - Coulées de débris canalisée. Compte rendu bibliographique***

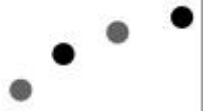
La valutazione della pericolosità legata a *debris flow* in un determinato punto deve essere condotta a due livelli: a livello di bacino di alimentazione e a livello del punto considerato: la definizione della pericolosità comprende principalmente un aspetto temporale (frequenza degli eventi) e un aspetto spaziale (estensione del fenomeno).

Nel bacino è opportuno individuare potenziali zone sorgente di detrito attraverso l'esame di dati d'archivio; nel caso particolare di fenomeni innescati dalla saturazione di un orizzonte superficiale, possono essere stabiliti criteri granulometrici d'identificazione dei suoli, associati a metodi numerici di cartografia di alcuni fattori giudicati significativi; esistono infine formule che correlano la superficie del bacino alle volumetrie potenziali.

Tanto a livello di conoide che di alveo un approccio diagnostico utilizzerà differenti criteri di ordine sedimentologico (1) e morfologico (2).

1) di fondamentale importanza è il reperimento di eventuali depositi caratteristici delle lave torrentizie e l'individuazione di eventuali grossi blocchi isolati in posizione anomala;

2) i profili longitudinali dei depositi torrentizi sono di solito concavi nel caso generale e convessi nel caso di lave torrentizie; cordoni e depositi lobati testimoniano senza dubbio il passaggio di lave torrentizie.



## 2.2. Stima della *magnitudo*

A partire dalla definizione della pericolosità (Cap. 2), in assenza di dati storici o in caso di informazioni frammentarie e discontinue, molto importante è stabilire a livello previsionale un ordine di grandezza dell'intensità dei fenomeni di trasporto solido/*debris flow* che si possono verificare in un dato bacino.

Per la maggior parte degli autori l'intensità è tradotta in termini di volumetrie di materiale che viene convogliato in conoide (*magnitudo*); per questo motivo ampio spazio è dedicato alle procedure di valutazione di tale parametro.

In primo luogo si propone un elenco delle categorie di parametri che possono entrare nel calcolo della *magnitudo* (§ 2.2.1.) e successivamente vengono descritte le singole procedure incontrate nel corso del lavoro, facendo breve riferimento agli ambiti e ai limiti di applicabilità delle stesse (§ 2.2.2.).

Il paragrafo successivo (§ 2.2.3.) è dedicato alla descrizione di un metodo probabilistico per la previsione dei volumi attesi.



### 2.2.1. Fattori in gioco nel calcolo della *magnitudo*

Le procedure di calcolo che portano alla stima dei volumi di materiale detritico coinvolto in trasporto solido/*debris flow* si sono rivelate numerose e diverse tra loro; i fattori determinanti per il calcolo si possono però ricondurre ad alcune categorie principali:

Parametri morfometrici (es. n°24): aree (bacino e conoide), *indice di Melton*, pendenze (bacino, conoide, asta principale, asta in conoide), lunghezze (asta principale, asta "attiva", canale in conoide), larghezza dell'alveo.

Fattori geologici e geomorfologici (es. n°22): indice geologico, indice di frana, dimensione media dei granuli in conoide, volume specifico di solidi per unità di area del bacino (funzione dei litotipi presenti).

Fattori idrologici e caratteristiche del materiale presente in alveo (es. n°33): tipologia di trasporto nel canale principale, quantità di detrito per metro lineare di canale, spessore medio dei depositi mobilizzabili in alveo o coefficiente di erodibilità dell'alveo (coincidente in fase previsionale con lo spessore medio di detriti asportabili).

Fattori vegetazionali (es. n° 62, n°82): rapporto tra superficie coperta da vegetazione e superficie totale, numero di anni intercorso dall'incendio più recente che ha bruciato almeno il 40% della vegetazione presente nel bacino

Fattori antropici (es. n°43): coefficiente di sistemazione.

Fattore di frequenza<sup>19</sup> degli eventi di *debris flow* (n°93): numero di eventi che si sono verificati in media in un dato bacino in 100 anni.

---

<sup>19</sup> Nel caso specifico (Tropeano D. e Turconi L., 1998) la frequenza degli eventi è associata al tempo di ricarica del bacino, in termini di materiale che si rende disponibile ad essere movimentato in caso di evento eccezionale.





## 2.2.2. Procedure di calcolo della *magnitudo*

Si riportano schematicamente le procedure di calcolo incontrate nel corso del presente lavoro finalizzate al calcolo della *magnitudo* di fenomeni di trasporto solido/*debris flow*.

Oltre ad una breve descrizione dei parametri utilizzati nelle varie formule si è ritenuto fondamentale riportare gli ambiti e i limiti di applicazione delle stesse, espressi dagli autori o intrinseci, in quanto connessi al particolare contesto geologico-climatico in cui i metodi sono stati messi a punto.

Ogni procedura è contraddistinta dal numero di riferimento della relativa pubblicazione in due differenti forme:

- senza indicazione bibliografica nel caso in cui ci si riferisce al lavoro originale dell'autore della procedura;
- con indicazione bibliografica nel caso in cui la procedura sia citata da altri autori.

### **BIANCO G. & FRANZI L. (2000) (n°22)**

$$(Gs/A)_{\max/\min} = 14.000 \cdot I.G.^{(1+0.1 \cdot I.G.)} \cdot i^{(1.5-i)} \pm 13.000A^{-0.4}$$

$Gs_{\max/\min}$  = valori massimo/minimo del volume di materiale solido depositato in conoide durante un singolo evento di *debris flow* (m<sup>3</sup>)

A = area del bacino (km<sup>2</sup>)

*i* = pendenza media dell'asta torrentizia nel bacino (%)

*I.G.* indice geologico tratto da D'Agostino (1996) e modificato come in tabella:

CLASSE	LIVELLO EROSIONE formazioni rocciose e suoli	FORMAZIONI ROCCIOSE/ SUOLI	COEFF. ERODIB	I.G.
A	Basso	Arenarie più o meno cementate Brecce calcaree Brecce e conoidi anche cementati	0 ÷ 0.24	0 ÷ 1.2

CLASSE	LIVELLO EROSIONE formazioni rocciose e suoli	FORMAZIONI ROCCIOSE/ SUOLI	COEFF. ERODIB	I.G.
		Calcareniti Calcari avana o nocciola Calcari dolomitici Calcari bianchi grigio-biancastri Calcari organogeni giallastri Dolomie Graniti Marne Puddinghe con cemento arenaceo grossolano molto tenace o con cemento calcareo-sabbioso Travertini concrezionari tenaci o vacuolari Bosco chiuso (copertura 90-100%)		
B C	Medio basso Medio	Limi argillosi-calcarei Puddinghe fluvio-lacustri con cemento sabbioso calcareo giallastro Praterie con grado di copertura del 90÷100%	0.24 ÷ 0.36	1.2 ÷ 1.8
D E	Moderato Moderatam. alto	Alluvioni anche terrazzate costituite da ciottoli prevalentemente calcarei arrotondati e scarsamente cementati da matrice sabbiosa Basalto fessurato ed alterato Complessi caotici calcareo-dolomitici di probabile origine tettonica formati da blocchi carbonatici di svariatissime dimensioni e da tritume calcareo Fillade fessurata ed alterata Gneiss fessurati ed alterati Lenti di sabbia e limi argillosi intercalate al ciottolame Micascisti fessurati ed alterati tufo calcareo Bosco aperto (copertura 60÷70%)	0.36 ÷ 0.48	1.8 ÷ 2.4
F G	Medio alto Alto	Alluvioni recenti terrazzate e alluvioni attuali e sub-attuali	0.48 ÷ 0.8	2.4 ÷ 4.0



CLASSE	LIVELLO EROSIONE formazioni rocciose e suoli	FORMAZIONI ROCCIOSE/ SUOLI	COEFF. ERODIB	I.G.
		costituite da ghiaie sabbie sciolte o debolmente legate da limi sabbiosi Detriti di falda e conoidi di deiezione con legante terroso Gessi Ghiaie Travertini spugnosi e vacuolari Tufo caotico, lapideo Bosco rado (copertura <60%) Praterie con grado di copertura 60 ÷ 90%		
H	Molto alto	Argille verdi e grigie in lenti Conoidi di deiezione incoerenti Formazioni lacustri antiche costituite da limi e argille verdi o giallastre Lenti torbose e ciottolame sciolto o scarsamente cementato Sabbie fini Campi coltivati Praterie con copertura < 60%.	0.8 ÷ 1.0	4.0 ÷ 5.0

*Ambiti/limiti di applicazione:* la formula è stata messa a punto per bacini ricadenti in Piemonte, Valle d'Aosta, Valtellina e Trentino, con le seguenti caratteristiche:  $0.11 < A < 44.45 \text{ km}^2$ ,  $0.115 < i < 0.71$ ,  $0.5 < I.G. < 5$ ,  $800 \text{ mm} < P.M.A. < 2100 \text{ mm}$ .

**BOTTINO G. & CRIVELLARI R. (1998) (n°24)**

$$G_s = 21.241 \cdot A^{0.28}$$

$G_s$  = volume solido della colata ( $\text{m}^3$ )

$A$  = area del bacino ( $\text{km}^2$ )



*Ambiti/limiti di applicazione:* la formula deriva dall'interpolazione di sei valori di volumi di colata misurati in occasione di eventi verificatisi nella zona di Ivrea (TO) nel 1993.

**BROCHOT S. (1998) [da Regione Piemonte(2002) (n°82)]**

$$V_{100} = 0.49 \cdot S_{tot} \cdot Deniv^{1.6} \cdot IGX \cdot (SurfNV + 2)^{0.2}$$

$V_{100}$  = volume di una colata con tempo di ritorno centennale (m<sup>3</sup>)

$S_{tot}$  = superficie totale del bacino (km<sup>2</sup>)

$Deniv$  = dislivello specifico % che corrisponde all'indice di Melton (§ 2.3.5.)

$IGX$  = indice geologico che si basa sulla classificazione di Marie (1984)<sup>20</sup>.

$Surf NV$  = rapporto tra superfici coperte da vegetazione e superficie totale (%).

*Ambiti/limiti di applicazione:* il metodo è stato messo a punto per bacini dell'Arc de la Maurienne (Francia).

**CERIANI M., CROSTA G., FRATTINI P. & QUATTRINI S. (2000) (n°33)**

$$M = k \cdot (Ab)^a \cdot (Mb)^b \cdot (Scl\_c)^c \cdot (I\_F)^{-d}$$

$M$  è la *magnitudo* (10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>)

$k = 3$  per debris flow associato a *debris flood* e *bedload*, oppure per *debris flood* associato a *bedload*;  $k = 5.4$  per debris flow

$Ab$  è l'area del bacino (km<sup>2</sup>)

$a, b, c$  e  $d$  sono costanti ricavate dall'analisi statistica:  $a = 1, b = 0.8, c = 1, d = 2$ .

$Mb$  è il numero di Melton (§ 2.3.5.)

<sup>20</sup> Marie R./Cemagref Grenoble (1984), *Méthodologie de programmation des actions de Restauration des terrains en montagne. Phase d'élaboration des éléments techniques d'aide à la décision. Les cas del La Maurienne*, CERREP



$S_{cl\_c}$  è la pendenza media (%) del canale in conoide:  $S_{cl\_c} = D_{Hc}/L_{cl\_c}$ , dove  $D_{Hc}$  è l'energia di rilievo del conoide, data dalla differenza di quota tra apice e unghia, e  $L_{cl\_c}$  è la lunghezza del canale in conoide

$I_F$  è l'indice di frana ed è pari a 1 se sono presenti frane rilevanti che interagiscono con il reticolato idrografico, 2 se sono presenti frane ma non in collegamento diretto con il reticolo idrografico e 3 se non sono presenti frane significative nel bacino.

*Ambiti/limiti di applicazione:* questo metodo è stato messo a punto per 97 conoidi delle principali valli lombarde (Valtellina, Valcamonica, Valchiavenna e altre).

**D'AGOSTINO V., CERATO M. & COALI R. (1996) (n° 43)**

$$M_1 = 39A \cdot i^{1.5} \cdot (I.G.) \cdot (I.T.)^{-0.3}$$

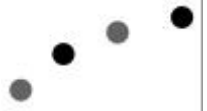
$$M_2 = 36A \cdot i^{1.5} (I.G.) \cdot (1 + C.S.)^{-0.3}$$

A è l'area del bacino (km<sup>2</sup>)

$i$  la pendenza dell'asta principale (%) dalla sorgente all'apice del conoide; per i casi esaminati gli eventi di *debris flow* si sono verificati nel campo di pendenze 0.16 - 0.71, mentre i *debris flood* nel campo 0.11 - 0.56.

$I.G.$  = indice geologico che dipende dai litotipi costituenti il bacino

Classe litologica	I.G.
Copertura morenica, alluvionale e di falda	5
Rocce metamorfiche: filladi, gneiss, ecc.	4
Rocce "terrigene": marne, strati del Werfen, ecc.	3
Rocce laviche degradate, tufi basaltici, brecce	2
Rocce calcaree	1
Rocce porfiriche, granitiche, dioritiche	0



*I.T.* = indice di trasporto basato sulla classificazione di Aulitzky del bacino (1 nel caso dei *debris flow*, 2 in caso di *debris flood* e 3 in caso di *bedload*).

*C.S.* = coefficiente di sistemazione (1 nel caso in cui gli interventi nel bacino siano ideali a decrescere fino a 0 con il diminuire dell'efficacia degli stessi).

*Ambiti/limiti di applicazione:* i dati utilizzati sono relativi a eventi estremi verificatisi in 62 bacini del Trentino orientale.

*Note:* per l'utilizzo di questa formula Ceriani et al. (2000) (n°33) propone una leggera modifica per tenere conto nel calcolo dell'indice geologico *I.G.* dell'indice di alterazione e/o fratturazione dei litotipi (variabile da 0.1 a 1).

**HAMPEL R. (1977) [da Ceriani et al. (1998) (n°35), Marchi et al. (1996) (n°70), Regione Lombardia (1998) (n°79)]**

$$M = 150 \cdot A_d \cdot (J_c - 3)^{2.3}$$

*M* è la *magnitudo* in m<sup>3</sup>

*A<sub>d</sub>* è l'area del bacino (km<sup>2</sup>)

*J<sub>c</sub>* la pendenza del conoide (%).

*Ambiti/limiti di applicazione:* la formula è applicabile per *A<sub>d</sub>* < 10 km<sup>2</sup> (da [Regione Lombardia, 1998], n°78).

**HUNGR O., MORGAN C. & KELLERHALS R. (1984) (n°60)**

$$M = L \cdot B \cdot e'$$

*M* (m<sup>3</sup>) è il volume prodotto da una lunghezza *L* (m) di canale caratterizzato da ampiezza *B* (m) e profondità media di erosione *e'* (m).



Il valore di  $B$  può essere misurato direttamente oppure correlato alla radice quadrata dell'area di drenaggio  $A_i$  (km<sup>2</sup>) relativa al tratto di corso d'acqua considerato; dividendo il canale in  $n$  settori si ha:

$$M = \sum_1^n A_i^{1/2} \cdot L_i \cdot e_i$$

dove  $e_i$  è un coefficiente di erodibilità del canale espresso in m<sup>3</sup>/(m·km), che coincide in fase previsionale con lo spessore medio dei detriti asportabili.

Sulla base dell'osservazione il coefficiente di erodibilità risulta prossimo al *channel debris yield rate*<sup>21</sup>, a parità di condizioni climatiche, geologiche e biologiche, per determinati valori e forme delle aree di drenaggio.

*Ambiti/limiti di applicazione:* le procedure di calcolo, messe a punto nella British Columbia (Canada occidentale) a partire dai dati relativi a cinque eventi importanti di *debris torrents* verificatisi tra il 1981 e il 1984, sono valide quando la sorgente diretta di materiale è il canale principale e le sue immediate vicinanze.

**JOHNSON P.A., McCUEN R.H. & HROMADKA T.V. (1991) (n°62)**

$$Y_2 = 485B^{-0.24} \cdot R^{0.75} \cdot H^{0.11}$$

$$Y_5 = 675B^{-0.24} \cdot R^{0.93} \cdot H^{0.19}$$

$$Y_{10} = 795B^{-0.24} \cdot R^{1.03} \cdot H^{0.26}$$

$$Y_{25} = 940B^{-0.24} \cdot R^{1.13} \cdot H^{0.35}$$

$$Y_{50} = 1080B^{-0.24} \cdot R^{1.20} \cdot H^{0.42}$$

$$Y_{100} = 1225B^{-0.24} \cdot R^{1.26} \cdot H^{0.48}$$

<sup>21</sup> tasso di produzione di detrito per metro lineare di canale, che rappresenta la costante di proporzionalità tra *magnitudo* e lunghezza del canale, includendo tutti i tributari maggiori.



$B$  è il numero di anni intercorso dall'incendio più recente in cui è bruciato almeno il 40% dell'area vegetata presente nel bacino;

$R$  è il rapporto di rilievo ( $feet \times miles^{-1}$ );

$H$  è l'indice ipsometrico, definito come l'altezza relativa alla quale un bacino può essere suddiviso in due superfici equivalenti;

$Y_i$  è la *magnitudo* del *debris flow* per un tempo di ritorno  $i$ -esimo ( $yd^3 \times mile^{-2} \times year^{-1}$ )

*Ambiti/limiti di applicazione:* le formule proposte sono state messe a punto nell'area di Los Angeles (California); i litotipi affioranti sono costituiti da argilliti, scisti, arenarie, scisti argillosi e *colluvium* quarzo dioritico composto da sabbia, ghiaia e blocchi con poca argilla. Le precipitazioni nell'area esaminata si concentrano prevalentemente nei mesi invernali, tra novembre e marzo.

**KRONFELLNER-KRAUS G. (1985) (n°64)**

$$G_s = k \cdot E \cdot J$$

$G_s$  è il trasporto solido di eventi eccezionali ( $m^3$ )

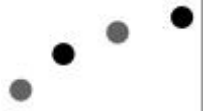
$E$  è l'area del bacino ( $km^2$ )

$J$  la pendenza media dell'asta torrentizia (%)

$k$  è un fattore di torrenzialità definito dall'espressione  $k = b/e^{c \cdot E}$  (in cui valori di  $b$  e  $c$  sono proposti dall'autore per le diverse zone del territorio austriaco); tale fattore, che tiene conto delle situazioni di sedimentazione e trasporto in funzione della geomorfologia e delle dimensioni del bacino, permette una determinazione quantitativa speditiva dell'erosione potenziale massima e per confronto una stima degli effetti di possibili modifiche nel bacino. A piccoli bacini acclivi con ampie aree instabili e in erosione competono valori di  $k$  prossimi a 1'500 e talvolta superiori, mentre per bacini relativamente ampi  $k$  assume valori prossimi a 500.

*Ambiti/limiti di applicazione:* la formula, messa a punto per 1420 casi austriaci, è applicabile a bacini con  $E < 80 km^2$  (con estrapolazioni fino a  $120 km^2$ ).





Da Kronfellner Kraus: “La formula proposta va bene per la valutazione del trasporto solido e per la pianificazione delle aree soggette a pericolo fino al punto in cui il torrente passa dalla zona più ripida a quella meno inclinata (di sedimentazione)”. Il metodo è appropriato soprattutto per alvei relativamente stretti e a pendenza sufficientemente elevata per mantenere una certa capacità di trasporto.

**MARCHI L. & TECCA P.R. (1996) (n° 70)**

$$M = 70.000 \cdot A_d$$

L'equazione esprime la curva d'involuppo dei valori massimi di *magnitudo*  $M$  ( $m^3$ ) dei *debris flow* che possono essere prodotti da un bacino di area  $A_d$  ( $km^2$ ).

*Ambiti/limiti di applicazione:* questa formula, messa a punto per 39 casi verificatisi nel secolo scorso in contesto dolomitico, è valida per bacini con  $0.1 < A_d < 20 km^2$ .

**RICKENMANN D. (1998) (n° 83)**

$$M = (110 - 2.5 \cdot J_c) \cdot L$$

$M$  è la *magnitudo* massima dell'evento ( $m^3$ )

$J_c$  è la pendenza del conoide (%)

$L$  la lunghezza “attiva” di canale (m), ossia il tratto realmente interessato dalla lava torrentizia, calcolato dal punto d'innescio potenziale fino alla zona di deposizione.

La *magnitudo* può essere calcolata anche come valore minimo, prendendo in considerazione la distanza minima percorsa dalla lava torrentizia.

*Ambiti/limiti di applicazione:* la formula si basa su 82 casi di lava torrentizia che si sono verificati in Svizzera nel 1987.



**SCHEURINGER E. (1988) (n°86) <sup>22</sup>**

Il bilancio del trasporto solido (m<sup>3</sup>/m) può essere ricavato seguendo le seguenti fasi:

- suddividere il canale principale in tratti omogenei per quantità di materiale presente;
- stimare gli spessori di detrito (m) e quindi la quantità (in m<sup>3</sup>) di materiale presente per metro lineare in ciascun tratto del canale;
- moltiplicare i singoli contributi (m<sup>3</sup>/m) per la lunghezza del tratto (m) e dividere per la lunghezza complessiva del canale (m).

**TAKEI A. (1984) [da Ceriani et al. (1998) (n°35), D'Agostino (1996) (n°42), Marchi et al. (1996) (n°70)]**

$$M = c \cdot 13.600 \cdot A^{0.61}$$

*M* è la *magnitudo* (m<sup>3</sup>);

*c* è un fattore correttivo che dipende dalla probabilità di superamento dell'evento nell'equazione di regressione

*A* è l'area del bacino (km<sup>2</sup>).

*Ambiti/limiti di applicazione:* il metodo è stato messo a punto a partire dai dati di oltre cinquecento eventi verificatisi in Giappone tra il 1972 e il 1977.

**TROPEANO D. & TURCONI L. (1999) (n°93)**

$$M = \frac{[A_E \cdot \tan s \cdot r \cdot h \cdot (n+1) \cdot e^f]}{1000}$$

---

<sup>22</sup> Questo metodo può essere sintetizzato in un'equazione.



$A_E$  è l'area effettiva del bacino (in  $m^2$ )

$h$  è la profondità media stimata sul terreno dello strato di sedimento mobilizzabile che può essere coinvolto nel moto (m)

$tgs$  è la pendenza media del bacino (%)

$r$  è il rapporto tra l'area del bacino coperta di detrito immediatamente mobilizzabile e l'area effettiva del bacino

$n$  è un coefficiente che esprime il potenziale di detrito mobilizzabile più lentamente rapportato ad  $A_E$  (valore compreso tra 0 e 10)

$f$  è un fattore di frequenza dato dal numero di eventi calamitosi verificatisi in media negli ultimi 100 anni.

*Ambiti/limiti di applicazione:* questa formula è applicabile per bacini a) di dimensioni comprese tra 0.1 e 1.5  $km^2$ , b) caratterizzati da un substrato prevalentemente a calcescisti e c) ubicati in regioni climatiche confrontabili con l'alta Val di Susa.

**YAZAWA A. & MIZUYAMA T. (1993) [da Ceriani et al. (1998) (n°35) e Regione Lombardia (2000) (n°79) e Seminara et al.(1993)(n°88)]**

$$M = n_a \cdot A \cdot V_r$$

$M$  è la *magnitudo* dell'evento ( $m^3$ )

$A$  è l'area del bacino ( $km^2$ )

$n_a$  è un fattore correttivo adimensionale che tiene conto dell'incremento del volume solido specifico al diminuire dell'area del bacino (i valori variano da 0.5 per  $A = 10 km^2$  a 3.0 per  $A = 0.1 km^2$ )

$V_r$  è un valore di riferimento del volume specifico di solidi per unità di area dipendente dal contesto litologico ( $m^3/km^2$ ):

CONTESTO LITOLOGICO	$V_r$ ( $m^3/km^2$ )
Zone granitiche	50'000
Zone vulcaniche	80'000
Zone con formazioni terziarie	40'000
Zone fortemente dissestate	100'000
Altre zone	30'000



### 2.2.3. Approccio probabilistico

**FRANZI L. & BIANCO G. (2000) (n°56)**

La metodologia proposta, basata su un noto approccio statistico (Weatherburn 1968, Hoel, 1971<sup>23</sup>), viene applicata in questa sede ad un campione di oltre 200 dati relativi alla regione alpina; per l'analisi sono state prese in considerazione coppie di valori relativi a volume di materiale depositato in conoide e area planimetrica del bacino.

A causa dell'estrema variabilità delle condizioni innescanti e dei fattori che convertono i volumi totali mobilizzati  $G_s$  nei volumi deposti  $G_{dep}$ , la variabile  $G_s$  può essere considerata una variabile statistica.

Anche se il campione si riferisce a diverse situazioni geomorfologiche, così come a differenti regimi pluviometrici, i dati possono essere considerati come il risultato di processi fisici simili, che implicano gli stessi processi di innesco, sviluppo, propagazione e area di deposizione. Con questa assunzione si può considerare il campione disponibile come appartenente ad una famiglia più ampia intesa statisticamente, che include tutti i possibili eventi di *debris flow* aventi le stesse caratteristiche.

Se il campione viene rappresentato su un diagramma semilogaritmico ( $\log G_s - \log A$ ) si nota l'incremento di  $G_s$  al crescere di  $A$ , espresso per i casi esaminati dalla relazione:

$$G_s = 8.959 \cdot A^{0.765}$$

(coefficiente di correlazione 0.639).

Sono state investigate le relazioni tra  $G_s$  ed  $A$  e la frequenza con la quale il campione di dati a disposizione si disperde nel piano bilogaritmico.

Attraverso un correlazione multipla tra variabili si ottiene una legge di distribuzione univariata che lega una coppia data ( $\log A$ ;  $\log G_s$ ) alla

---

<sup>23</sup> Hoel G.P., 1972, *Introduction to mathematical statistics*, John Wiley and sons, Los Angeles, California; Weatherburn C.E., 1968, *A first course in mathematical statistics*, Cambridge, Cambridge University.

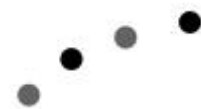


distribuzione della probabilità cumulativa  $P(x,y)$ . Se l'equazione della distribuzione cumulativa viene rappresentata sul piano bilogarithmico si ottiene una famiglia di ellissi, ciascuna che include i casi aventi  $P < P_0$ . Per valori di  $P$  elevati, i corrispondenti ellissi includono numeri più elevati di casi possibili. Ovviamente l'espressione  $(1-P_0)$  dà la percentuale degli eventi che giacciono esterni alla curva disegnata per  $P=P_0$ .

Se viene assunto arbitrariamente un valore di  $P_0$ , ad ogni valore di  $A$  corrisponde un range  $G_1 \div G_2$ . Ad es. per  $P_0 = 0.6$  e per un'area data  $A_0$  può essere ricavato il corrispondente range  $G_1 \div G_2$  (dove  $G_2 > G_1$ ); ciò equivale a dire che nel 60% di tutti i possibili eventi i bacini aventi area  $A = A_0$  sono caratterizzati da un valore di  $G_s$  che ricade all'interno del *range*.  $G_s$  più alti di  $G_2$  o più bassi di  $G_1$  rappresenterebbero per la stessa area  $A_0$  eventi con  $P_0$  più alta.

La metodologia probabilistica proposta è stata applicata a quattro *debris flow* verificatisi sul M. Mottarone nel corso dell'evento del luglio 1996: in due casi, per i quali  $P$  calcolato è risultato pari a  $0.30 \div 0.35$ , la *magnitudo* osservata è risultata corrispondente al  $G_2$ ; in altri due casi, per i quali la probabilità è risultata bassa ( $P < 0.13$ ) la *magnitudo* era prossima al  $G_1$ . Questo potrebbe significare che la *magnitudo* dell'evento analizzato non può essere considerata statisticamente eccezionale.

La metodologia proposta può anche essere utilizzata per calcolare una probabilità attendibile, fissando la probabilità  $P = P_0$  in modo arbitrario. Il valore assunto è indirettamente legato al rischio statistico che si verifichi un *debris flow* caratterizzato da intensità più alta di un livello prefissato. Per es. per  $P_0 = 0.4$  e per ogni area  $A$  dei quattro bacini considerati, può essere agevolmente ottenuto il valore di  $G_2$ .



### 2.3. Calcolo di altri parametri rilevanti per la valutazione della pericolosità

Questa sezione è dedicata alla descrizione di procedure di calcolo o metodologie di valutazione per la stima di una serie di parametri che comprendono lo spessore critico d'innescò (§ 2.3.1.) la velocità dell'onda di detrito (§ 2.3.2.), la portata liquida e solida dell'onda di detrito (§ 2.3.3.), la quantità di detrito eroso per unità di lunghezza dell'alveo (§ 2.3.4.), l'indice di Melton (§ 2.3.5.), le condizioni minime per avere deposizione (§ 2.3.6.), la sezione di deflusso e l'area inondata (§ 2.3.7.), la distanza percorsa dalla colata e l'estensione del deposito sul conoide (§ 2.3.8.), l'analisi granulometrica dei depositi a componente prevalentemente grossolana (§ 2.3.9.), il volume del conoide (§ 2.3.10.), l'indice di suscettibilità all'innescò (nel caso di colate piroclastiche) (§ 2.3.11.)<sup>24</sup>.

---

<sup>24</sup> Le unità di misura non sono esplicitate quando mancano nella pubblicazione originale.



### 2.3.1. Spessore critico d'innescò

**BOTTINO G., CRIVELLARI R. (1998) (n°24)**

Considerando la geometria degli impluvi dove si sono verificati i dissesti del novembre 1994 nell'Anfiteatro Morenico d'Ivrea (TO) e le caratteristiche fisico-geotecniche dei materiali, si può definire lo "spessore critico d'innescò" secondo la relazione:

$$T = \frac{c_u}{g \cdot \text{sen}(i_f)}$$

dove  $T$  è lo spessore della porzione di terreno che nella zona di formazione ha dato luogo al dissesto

$c_u$  è la resistenza al taglio non drenata

$i_f$  è la pendenza della zona di formazione

$g$  il peso di volume totale del materiale.

Lo spessore critico di innescò nei casi studiati ha fornito un valore medio calcolato di 3.9 m; la media dei valori misurati è risultata pari a 3.3 m.



### 2.3.2. Velocità dell'onda di detrito

La velocità di una *debris flow* è stata misurata da ricercatori giapponesi e può variare da 10 ÷ 15 m/s nei tratti di monte, ai 2 ÷ 7 m/s nella zona di scorrimento uniforme, fino a 1 ÷ 3 m nella zona prossima a quella di deposizione. I vari autori sulla base dei dati raccolti propongono diverse modalità di calcolo della velocità.

#### **COUSSOT P. (1997) (n°39)**

La velocità media di una lava torrentizia a grossi blocchi che scorre in regime permanente in un canale a fondo piatto molto largo è data dalla seguente formula ottenuta a partire dalle equazioni di movimento:

$$V = \frac{1}{h} \int_0^h u(y) dy = \left( \frac{b}{1/m} \right) \cdot y_0^{(1/m)} \cdot \left( \frac{1 - y_0}{h \cdot (2 + m)} \right)$$

$m = 1/n$  (dove  $n$  è posto pari a 1/3)

$$b = (r \cdot g \cdot \text{seni} / K)^m$$

$$y_0 = (h - t_c) / (r \cdot g \cdot \text{seni})$$

$t_c$  è lo sforzo tangenziale critico

$h$  è l'altezza locale del fluido rispetto al fondo alveo

$i$  la pendenza del piano

$g$  la gravità

? la massa di volume del fluido

$K$  un coefficiente adimensionale

#### **HUNGR O. et al. (1984) (n°60)**

$$v = \frac{g \cdot S \cdot h^2}{k \cdot n}$$

$v$  è la velocità del flusso (m/s)





$g$  il peso unitario del detrito (kPa)  
 $S$  la pendenza dell'alveo ( $^{\circ}$ )  
 $h$  la profondità del flusso (m)  
 $k$  un coefficiente di forma ( $k \approx 3$  per canali a sezione ampia e rettangolare,  $k \approx 5$  per sezioni trapezoidali e  $k \approx 8$  per sezioni semicircolari)  
 $v$  è la viscosità apparente del detrito (kPa·s).

Oppure:

$$v = \left( \frac{\Delta h \cdot r \cdot g}{k \cdot b} \right)^{0.5}$$

$v$  è la velocità media del flusso (m/s)  
 $\Delta h$  è la differenza in elevazione del flusso sulle due sponde in curva  
 $b$  l'ampiezza del flusso in superficie (m)  
 $r$  il raggio medio di curvatura (m)  
 $k$  un coefficiente di correlazione (si consiglia di usare  $k = 5$  per calcolare la sopraelevazione a fini progettuali in modo da ottenere risultati cautelativi e  $k = 2.5$  per calcolare la velocità da dati di sopraelevazione).

### **RICKENMANN D. (1998) (n°83)**

A partire dalla geometria dell'alveo si può ricavare la velocità del flusso:

$$V = 10 \cdot R_h^{0.67} \cdot J^{0.5}$$

$V$  è la velocità media della colata (m/s)  
 Il fattore 10 corrisponde al coefficiente di Strickler ( $m^{1/3}/s$ )  
 $R_h$  è il raggio idraulico (m)  
 $J$  è la pendenza della porzione di alveo considerato (%)  
 Se si conosce la portata massima  $Q_{max}$ , per il calcolo della velocità si può considerare anche la seguente equazione:

$$V = 2.1 \cdot Q_{max}^{0.33} \cdot J^{0.33}$$



### 2.3.3. Portata liquida e portata dell'onda di detrito

**ANSELMO V. (1985) [da Agustoni et al. (1999) (n°2)]**

$$q = \frac{200}{(S + 28)} + 0.6$$

$q$  è la portata liquida specifica ((m<sup>3</sup>/s)/km<sup>2</sup>)

$S$  è l'area del bacino (km<sup>2</sup>).

**ARMANINI A. (1996) (n°14)**

Metodo volumetrico

$$Q_{df} = Q_l \left( \frac{c^*}{c^* - c_{df}} \right)$$

$Q_{df}$  è la portata massima della colata (m<sup>3</sup>/s)

$Q_l$  la massima portata liquida (m<sup>3</sup>/s)

$c_{df}$  la concentrazione della colata

$c^*$  è la concentrazione di massimo impiccamento del materiale solido a riposo (in genere pari a 0.65÷0.75).

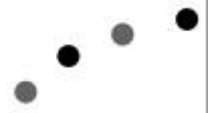
Secondo Takahashi per pendenze superiori a 20° la concentrazione della colata  $c_{df}$  è pari a 0.9  $c^*$ , da cui si ricava:

$$Q_{df} = 10Q_l$$

Per pendenze inferiori ( $i < 20^\circ$ ) la concentrazione viene assunta pari a quella della colata satura, in condizioni di movimento incipiente:

$$c = \frac{\mathbf{r} \cdot \tan \mathbf{a}}{(\mathbf{r} - \mathbf{r}_s) \cdot (\tan \mathbf{j} - \tan \mathbf{a})}$$

Si ha quindi che, per pendenze inferiori a 20°, la concentrazione e la portata della colata risultano compresi tra i seguenti limiti:



$$0.3 < c_{df} / c^* < 0.9$$

$$1.43Q_l < Q_{df} < 10Q_l$$

**HUNGR O. et al. (1984) (n°60)**

$$Q_{tot} = \frac{Q_f}{(n - n_0)}$$

$Q_{tot}$  è la portata totale dell'onda di acqua e detrito ( $m^3/s$ )

$Q_f$  è la portata liquida ( $m^3/s$ )

$n_0$  è la porosità *in situ* dell'ammasso detritico

$n$  è la porosità dell'onda di detrito

Metodo *dam break* (rottura improvvisa di uno sbarramento):

$$Q_{tot} = \frac{8}{27} \cdot b \cdot g^{1/2} \cdot h^{3/2}$$

$Q_{tot}$  esprime un valore cautelativo della portata totale dell'onda di detrito

$b$  e  $h$  rispettivamente l'ampiezza e l'altezza del serbatoio a monte dell'ostacolo (m)

$g$  l'accelerazione di gravità ( $m/s^2$ ).

**RICKENMANN D. (1998) (n°83)**

$$Q_{max} = 0.135M^{0.78}$$

$Q_{max}$  è la portata massima della miscela acqua-detrito dell'evento ( $m^3/s$ )

$M$  è la *magnitudo* dell'evento ( $m^3$ )



### 2.3.4. Quantità di detrito eroso per unità di lunghezza dell'alveo

#### **D'AGOSTINO et al. (1996) (n°42)**

Un'analisi sui dati quantitativi di trasporto è stata condotta per desumere un'equazione di involuppo dei contributi solidi per lunghezza unitaria del torrente in funzione della pendenza del cono di deiezione (valida per eventi di trasporto di maggiore entità):

$$\left(\frac{Gs}{L}\right) = 180 - 440 \cdot S$$

dove  $Gs/L$  è espresso in  $m^3/m$

$S$  è la pendenza del cono di deiezione (%) valutata lungo la bisettrice del cono stesso

$L$  la lunghezza del collettore principale per il tratto compreso tra la sorgente e l'apice del cono.

#### **MARCHI L. et al. (1996) (n°69)**

$$C = V_{tot} / L$$

$C$  = *channel debris yield rate*, quantità di detrito eroso per unità di lunghezza del percorso della colata ( $m^3/m$ ) (da Hungr et al. 1984, n°60, vedi § 2.2.2.); per l'area esaminata  $C$  è compreso tra 2 e 50  $m^3/m$ .

$V_{tot}$  = volume totale depositato dalla colata lungo il percorso e nella zona terminale ( $m^3$ )

$L$  = lunghezza del percorso effettuato dalla colata calcolato dal punto di innesco all'inizio della zona di deposito terminale (m).

*Ambiti/limiti di applicazione:* gli eventi considerati sono *debris flow* non incanalati (*hill-slope debris flow*) verificatisi in contesto Dolomitico con magnitudo bassa o media.



### 2.3.5. Indice di Melton

**MELTON M.A. (1985) [da Marchi et al. (1998) (n°68), Marchi et al.(1996) (n°70)]**

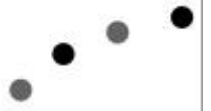
$$Me = (H_{\max} - H_{\min}) \cdot A^{-0.5}$$

*Me* è l'indice di Melton che esprime la tipologia di trasporto.

Se  $Me > 0.5$ , oppure se la pendenza media del conoide è superiore al valore di  $(7 - 14 Me)$ , il bacino è a rischio di *debris flow*.

$H_{\max}$  e  $H_{\min}$  sono le quote rispettivamente massima e minima del bacino (m)

$A$  è l'area del bacino (km<sup>2</sup>).



### 2.3.6. Condizioni per la deposizione

**JOHNSON A.M. & RODINE J.R. (1994) [da Vandine D.F. (1996) (n°96)]**

La deposizione del detrito nel caso in cui non si verifichi espansione laterale avviene quando si raggiunga uno spessore critico di detrito, in funzione della pendenza del canale:

$$T_c = \frac{c}{g \cdot \cos q \cdot (\tan q - \tan f)}$$

dove  $T_c$  è lo spessore critico

$c$  la forza coesiva del detrito

$g$  l'unità di peso del detrito

$q$  la pendenza del canale

$f$  l'angolo di attrito interno.

**MIZUYAMA T. & UEHARA S. (1983) [da Vandine D.F. (1996) (n°96)]**

In assenza di variazioni di pendenza dell'alveo si può avere deposizione per aumento della sezione:

$$B_d = k \cdot Q^{1/2}$$

dove  $B_d$  è l'ampiezza del deposito in un canale non confinato verso valle

$Q$  la portata

$k$  ha una dimensione variabile tra 3.5 e 7.

**TAKAHASCI T. (1983) [da Vandine D.F. (1996) (n°96)]**

La deposizione di un *debris flow* canalizzato a seguito di una brusca diminuzione di pendenza dell'alveo in assenza di espansione laterale è data da:



$$\frac{\tan \alpha_d}{\tan \alpha_u} < \frac{\tan a}{\tan f}$$

dove  $\alpha_d$  è la pendenza del tratto a valle,  
 $\alpha_u$  è la pendenza del tratto a monte,  
 $a$  l'angolo di attrito cinetico del detrito  
 $f$  l'angolo di attrito statico del detrito.



### 2.3.7. Sezione di deflusso e area inondata

**SCHILLING S.P. et al. (1997) (n°87)**

$$A = 0.05 \cdot M^{2/3}$$

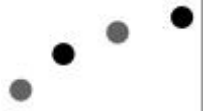
$$B = 200 \cdot M^{2/3}$$

$A$  ( $m^2$ ) è l'ipotetica sezione di deflusso della piena di *magnitudo*  $M$  ( $m^3$ )

$B$  l'area inondata ( $m^2$ ).

*Ambiti/limiti di applicazione:* queste formule, messe a punto per *debris flow* di tipo vulcanico, sono applicabili per volumetrie maggiori di  $50.000 m^3$ .





### 2.3.8. Distanza percorsa dalla colata ed estensione del deposito sul conoide

#### **COUSSOT P. (1997) (n°39)**

In assenza di ostacoli, su un cono costituito da due semi-piani accostati, la semi-larghezza dell'estensione del deposito in funzione della distanza dallo sbocco del canale principale in conoide ( $x$ ) è pari a:

$$I = \left( \frac{t_c \cdot \cos i}{r \cdot g \cdot \sin^2 i} \right) + 2.16 \cdot \left( \frac{K}{t_c} \right)^{0.3} \cdot Q^{0.1} \cdot \left( \frac{t_c}{r \cdot g \cdot \sin i} \right)^{0.25} \cdot \left( \frac{x}{\tan i} \right)^{0.45}$$

$Q$  è la portata totale

$t_c$  è lo sforzo tangenziale critico

$i$  la pendenza del piano

$g$  la gravità

$r$  la massa di volume del fluido

#### **RICKENMANN D. (1998) (n°83)**

Sulla base dell'osservazione di 150 casi in Svizzera è stata ricavata la relazione empirica:

$$L = 1.9 \cdot M^{0.16} \cdot H^{0.83}$$

$L$  è la distanza percorsa dalla colata, valore medio (m)

$H$  è la differenza di quota tra il punto massimo e quello minimo dello spostamento.

Sulla base degli stessi dati:

$$L_{\max} = 5 \cdot M^{0.16} \cdot H^{0.83}$$



$L_{max}$  è la distanza massima percorsa dalla colata (m)

Poiché la differenza di quota non è conosciuta a priori, è necessario utilizzare la relazione tra  $L$  e  $H$  del profilo longitudinale della traiettoria della colata. A partire da due equazioni, per una data magnitudo,  $L_{max}$  può essere determinato graficamente o matematicamente. Sul cono di deiezione un valore superiore per la lunghezza del deposito può essere stimata in funzione del volume:

$$L_c = 30 \cdot M^{0.33}$$

$L_c$  è la lunghezza del deposito calcolata a partire dal punto di fuoriuscita dall'alveo fino all'estremità a valle del deposito (senza contare i materiali depositi in modo diffuso) (m)

$M$  la *magnitudo* dell'evento ( $m^3$ ).

#### **TAKAHASCI T. (1991) (n°89)**

La distanza di esaurimento di una colata sul conoide si può calcolare come:

$$X_L = \frac{U^2}{G}$$

$X_L$  è la distanza di esaurimento della colata

$U$  è la velocità valutata sulla base dei valori di velocità, spessore e concentrazione relativi alla colata fluente nel torrente di monte assunta in moto uniforme:

$$U = u_u \cdot \cos(\mathbf{q}_u - \mathbf{q}_d) \cdot \left[ 1 + \frac{[(\mathbf{s} - \mathbf{r}_m) \cdot c_u \cdot \mathbf{k}_a + \mathbf{r}_m] \cos \mathbf{q}_u \cdot g \cdot h_u}{2[(\mathbf{s} - \mathbf{r}_m) \cdot c_u + \mathbf{r}_m] u_u^2} \right]$$

$$G = \frac{c_u \cdot g \cdot (\mathbf{s} - \mathbf{r}_m) \cdot \cos \mathbf{q}_d \cdot \tan \mathbf{a}}{[c_u \cdot (\mathbf{s} - \mathbf{r}_m) + \mathbf{r}_m]} - g \cdot \sin \mathbf{q}_d$$



dove:

$q_u$  è l'inclinazione della zona di movimentazione

$q_d$  l'inclinazione della zona di deposito

$s$  è la densità delle particelle

$r_m$  è la densità apparente del fluido interstiziale e delle particelle in sospensione

$g$  è l'accelerazione di gravità

$h_u$  è l'altezza media del detrito stimabile da osservazioni in situ

$k_a$  è un coefficiente empirico simile al coefficiente di pressione attiva del terreno

$tana$  è la tangente dell'angolo di attrito cinetico

$u_u$  è la velocità media calcolata nella zona di movimentazione

(relazione empirica di Takahasci):  $u_u = 1.5\sqrt{g \cdot h_u \cdot \text{sen } q_u}$

$c_u$  è la concentrazione pari a

$$c_u = \frac{r_m \cdot \tan q_u}{(s - r_m)(\tan j - \tan q_u)}$$

$j$  è l'angolo di attrito interno del materiale.



### 2.3.9. Analisi granulometrica di depositi a prevalente componente grossolana

#### **MARAGA F. et al. (1998) (n°67)**

Metodo del *Quadrillage* (da Cailleux & Tricart, 1959).

Misura diretta del diametro intermedio dei 100 elementi presenti ai nodi di un reticolato con maglia quadrata, il cui lato ha misura corrispondente al diametro intermedio (media tra lunghezza e larghezza) dell'elemento più grosso osservato nel sito di rilevamento.



### 2.3.10. Volume del conoide

**GOVI M. (1978) (n°57)**

$$V = dh \left( \frac{(a_0 + a_n)}{2} + a_1 + a_2 + \dots + a_{n-1} \right)$$

$V$  è il volume del conoide (m<sup>3</sup>)

$dh$  l'equidistanza tra le isoipse (m)

$a_0 + a_n$  la somma tra le aree comprese tra le isoipse basali e apicali del bacino (m<sup>2</sup>)

$a_1, a_2, \dots, a_{n-1}$  le aree comprese tra le isoipse intermedie (m<sup>2</sup>).

**PASUTO A., MARCHI L., TECCA P.R. (1992) (n°76)**

$$Vol = 19.730 \cdot A_{con}^{0.97056}$$

$Vol$  è il volume del conoide (m<sup>3</sup>) assimilato ad un tetraedro con base pari all'area del conoide, altezza pari allo spessore del conoide e vertice individuato all'intersezione tra la linea corrispondente alla pendenza originaria del versante e il piano orizzontale corrispondente alla base del conoide (approssimato).

$A_{con}$  è l'area del conoide (m<sup>2</sup>)

*Ambiti/limiti di applicazione:* la relazione, derivante dall'elaborazione statistica di un campione di venti dati, è valida per la regione dolomitica appartenente al bacino del T. Avisio (Trentino Orientale); il coefficiente di determinazione ( $R^2 = 0.859$ ) esprime un discreto grado di correlazione tra i due parametri.



### 2.3.11. Indice di suscettibilità all'innescò di colate piroclastiche

**AMANTI M. et al. (1999) (n°7)**

$$I = \left[ S^{(1+T+D)} \right] \cdot L \cdot B$$

$I$  è l'indice di suscettibilità del territorio all'innescò di fenomeni di colata piroclastica in territorio campano

$S$  è la pendenza ricavata dalla formula della gaussiana che rappresenta la distribuzione delle pendenze nell'area in esame.

$T$  è lo spessore della copertura piroclastica e deriva dalla frequenza percentuale di appartenenza delle nicchie di distacco alle classi di spessore indicate sul terreno; ad esempio se la frequenza della classe di spessore 2 ÷ 5 m è del 22%  $T = 1 + 0.22 = 1.22$ .

$D$  è la distanza dalle linee di deflusso e si ricava dal valore della funzione che meglio approssima la distribuzione delle distanze rispetto alle nicchie di distacco:

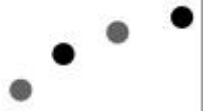
$$y = -0.1 \cdot \ln(x) + 0.5492$$

Per  $L$  (uso del suolo) vale il seguente schema di valori:

Boschi di latifoglie	$L = 1.54$
Boschi e arbusti in evoluzione	$L = 1.33$
Vegetazione rada e frutteti	$L = 1.04$
Aree agricole	$L = 1.03$
Prati naturali e praterie alta quota	$L = 1.02$
Altri usi	$L = 1.00$

Il valore di  $B$  (ordine del bacino di appartenenza) è stato attribuito come fattore correttivo indicante la maggiore pericolosità dei valloni poco gerarchizzati e direttamente confluenti nella pianura:

se l'ordine del bacino è pari a 1	$B = 1.25$
se l'ordine è pari a 2	$B = 1.00$
se l'ordine è pari a 3 o 4	$B = 0.75$



## 2.4. Determinazione delle soglie d'innescò per *debris flow*

I dati pluviometrici associati alle testimonianze dirette sul momento di innescò dei fenomeni di dissesto sono di fondamentale importanza per stabilire le condizioni innescanti per i fenomeni stessi.

I dati relativi alle precipitazioni, purtroppo raramente relativi ai bacini direttamente interessati da fenomeni di *debris flow*, possono essere interpretati in chiave di pioggia totale, intensità di pioggia (media e di picco), durata dell'evento, durata dei singoli scrosci, piogge antecedenti l'evento.

Vengono qui riproposti alcuni tentativi di studio finalizzati alla definizione di una soglia critica di pioggia oltre la quale si sono registrati eventi di *debris flow*, al fine di poter realizzare sistemi di allertamento.

### **AGUSTONI S. (1996) (n°2)**

Viene proposta una curva di soglia per l'innescò di movimenti di massa su versante, espressa come intensità normalizzata  $In$  (%·100) in funzione della durata  $D$  dell'evento. Il primo parametro è definito dal rapporto  $I/P.M.A.$  dove  $I$  è l'intensità oraria media (mm/h) e  $P.M.A.$  la precipitazione media annua (mm/anno).

Tale curva è stata definita a partire da una selezione di 86 eventi durante i quali si è registrata attivazione di frane e/o flussi di detrito in Ticino a partire dal 1968.

### **BIANCO G. & FRANZI L. (2000) (n°22)**

L'indice pluviometrico  $I.P.$  costituisce un indicatore delle condizioni pluviometriche necessarie per l'innescò di fenomeni di *debris flow* ed esprime sia il regime pluviometrico dell'area considerata sia lo stato di saturazione del bacino e dei materiali superficiali in funzione degli eventi pluviometrici antecedenti quello critico (rappresentato dall'intensità di pioggia e dai millimetri di pioggia cumulata):



$$I.P. = \left[ \frac{(h_{gg.pr.}^* + h_{evento})}{PMA} \right] \left( \frac{i_{max}}{i_{media}} \right)$$

*I.P.* = indice pluviometrico

*h*<sup>\*</sup><sub>gg.pr.</sub> = valore pesato della pioggia antecedente l'evento critico su un intervallo di tempo ragionevole (es. 15 giorni)

*h*<sub>evento</sub> = mm di pioggia caduti durante l'evento critico

*P.M.A.* = pioggia media annua del sito di interesse, indicatore della pluviometria del sito, variabile con l'altitudine e con le caratteristiche climatologiche della zona

*i*<sub>media</sub> = valore medio dell'intensità durante l'evento critico pari ad *h*<sub>evento</sub>/*durata*<sub>evento</sub>.

*i*<sub>max</sub> = valore della massima intensità oraria durante l'evento.

A titolo di esempio per colate detritiche piemontesi verificatesi nella zona di Ivrea nel 1994 è risultato *I.P.* = 0.380, mentre nella zona di Omegna nel 1996 si è raggiunto *I.P.* = 0.954., notevolmente superiore.

### **BOLLEY S. & OLIARO P. (1999) (n°23)**

I fenomeni di dissesto segnalati possono essere divisi in due sottogruppi in funzione della pioggia cumulata caduta nei giorni antecedenti il dissesto (da 7 a 60 giorni), cioè in funzione della maggiore o minore permeabilità del terreno. La precipitazione antecedente viene valutata come percentuale della precipitazione media annua (*P.M.A.*) della zona oggetto di studio.

*T. Rho*

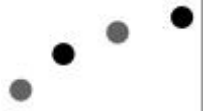
a) Episodi verificatisi con piogge antecedenti superiori al 14% *P.M.A.*:

$$I = 9.521 \cdot D^{-0.4955}$$

b) Episodi verificatisi con piogge antecedenti inferiori al 14% *P.M.A.*:

$$I = 11.698 \cdot D^{-0.4783}$$





*T. Perilleux*

a) Episodi verificatisi con piogge antecedenti superiori al 9% *P.M.A.*:

$$I = 11.00 \cdot D^{-0.4459}$$

b) Episodi verificatisi con piogge antecedenti inferiori al 9% *P.M.A.*:

$$I = 10.67 \cdot D^{-0.5043}$$

*T. Marderello*

a) Episodi verificatisi con piogge antecedenti superiori al 14% *P.M.A.*:

$$I = 12.649 \cdot D^{-0.5324}$$

b) Episodi verificatisi con piogge antecedenti inferiori al 14% *P.M.A.*:

$$I = 18.675 \cdot D^{-0.565}$$

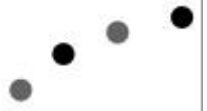
*I* è l'intensità della precipitazione (mm/ora)

*D* è la durata della precipitazione (ore).

**BOTTINO G. & CRIVELLARI M. (1998) (n°24)**

In corrispondenza dell'evento del novembre 1994 l'intera zona collinare dell'Anfiteatro Morenico d'Ivrea è stata interessata da oltre un centinaio di dissesti di dimensioni molto diversificate tra loro. Alle prime precipitazioni in genere modeste (10÷40 mm) seguirono il 4 e 5 novembre piogge di forte intensità con punte di 35 ÷ 40 mm/h e oltre 500 mm cumulati dall'inizio dell'evento (25 ÷ 30% della *P.M.A.* e tempo di ritorno oltre i 100 anni).

Sulla base della serie storica dei dissesti verificatisi nella zona dal 1968 sono state definite delle soglie d'innescio dei *debris flow* in funzione dell'intensità della precipitazione *I* e della durata *D* della stessa. Per tenere conto dell'effetto prodotto dalle precipitazioni pregresse si



sono altresì elaborate due diverse curve, corrispondenti rispettivamente a valori superiori e inferiori al 14% della *P.M.A.* cumulati nell'arco dei 30 giorni precedenti l'evento.

Le due curve sono espresse rispettivamente dalle seguenti relazioni:

$$I = 14.188 \cdot D^{-0.5225}$$

$$I = 28.087 \cdot D^{-0.6024}$$

#### ***PWRI (1984)<sup>25</sup> [da Seminara G. et al. (1993) (n°88)]***

Il problema della previsione degli eventi di *debris flow* comporta la necessità di individuare le situazioni di rischio in termini temporali, generalmente effettuata sulla base delle precipitazioni critiche per l'innesco.

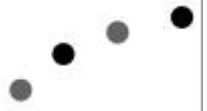
Sistemi di prevenzione di questo tipo richiedono la progettazione di un adeguato sistema di raccolta, registrazione e trasmissione delle misure effettuate.

I dati di pioggia vengono riportati sul piano (*r, R*), dove *r* è l'intensità di pioggia e *R* l'altezza totale delle precipitazioni, considerando: a) per gli eventi piovosi accompagnati da *debris flow*, la relazione tra il totale delle precipitazioni fino all'istante di innesco e la massima intensità in corrispondenza dell'evento; b) per gli eventi che non hanno prodotto *debris flow* la relazione tra la precipitazione totale e la massima intensità durante l'evento. I punti così ottenuti consentono di tracciare la curva critica per l'innesco relativa al bacino in esame (*snake curve*); sullo stesso grafico vengono identificate soglie intermedie di *allarme* ed *evacuazione*.

#### ***NATALE L. & GHILARDI P. (1999) (n°74)***

---

<sup>25</sup> PWRI (1984) *Basics of planning measures against debris flow; planning counter-measures against debris-flow, Design Booklet, Technical Standards for Erosion and Sediment Control*, Public Works Research Institute, Ministry of Construction, Japan.



I valori di soglia delle precipitazioni che innescano colate detritiche vengono determinati analizzando statisticamente gli eventi pregressi. Per caratterizzare la precipitazione sono state utilizzate le seguenti misure: durata della pioggia (ore), altezza totale di pioggia caduta nello scroscio critico (mm), intensità della pioggia nel corso dello scroscio critico (mm/h) o, più spesso, gli indici adimensionali: rapporto tra altezza di pioggia critica e media della pioggia annua; rapporto tra intensità della pioggia critica e intensità media di pioggia in un predeterminato periodo dell'anno.

Le curve di soglia della precipitazione separano gli eventi meteorici verosimilmente non pericolosi da quelli che potrebbero innescare un *debris flow* e vengono definite allo scopo di determinare le caratteristiche della precipitazione che può innescare un dissesto in bacini riconosciuti come potenzialmente generatori di *debris flow*. Da Ceriani et al. (1994) è proposta la relazione:

$$i_p = 2.01 \cdot t_p^{-0.55}$$

dove  $i_p$  è l'indice di intensità dato dal rapporto tra l'intensità di pioggia (mm/h) e la pioggia media annua (mm) e  $t_p$  è la durata della precipitazione (ore).

**ZIMMERMANN M., MANI P. & ROMANG H. (1997) (n°99)**

I fattori che controllano il verificarsi di eventi di *debris flow* sono ricondotti a tre categorie:

- predisposizione di fondo, che definisce la suscettività generale del bacino a produrre *debris flow* di una certa *magnitudo*, funzione principalmente della disponibilità e delle caratteristiche geotecniche del materiale presente a livello di bacino e di alveo e delle condizioni topografiche;
- predisposizione variabile, che descrive la variabilità a medio termine di un torrente a produrre *debris flow*, in funzione dei parametri idrogeologici e delle caratteristiche dei sedimenti; varia con i giorni (idrologia) e con gli anni (disponibilità di sedimenti); i parametri



idrogeologici mostrano un'elevata variabilità temporale (da minuti a giorni).

- eventi innescanti, precipitazioni dirette e indirette (rapide ed intense nevicate, fusione delle nevi, ecc.).

È stata definita per le Alpi Svizzere una soglia per le precipitazioni correlate ai *debris flow* in funzione dell'intensità  $I$  e della durata  $D$ :

$$I = 43 \cdot D^{-0.89}$$

Sono stati registrati 66 eventi di *debris flow* durante intensi temporali, 24 non-eventi e 23 eventi-soglia. Nei non-eventi in occasione di temporali di notevole intensità bacini potenzialmente soggetti a *debris flow* non hanno visto attivazioni di tale fenomeno; negli eventi-soglia il torrente o qualche tributario è stato soggetto ad attività tipo *debris flow*, ma nel canale principale si è riscontrato solo trasporto solido "normale".



ALLEGATO 1 Tabella segnalazioni bibliografiche

n°	AUTORE	anno	TITOLO	NOTE TIPOGRAFICHE
1	AGOSTONI S., CERIANI M., FOSSATI D., MAZZOCOLA D., QUATTRINI S. & SCIESA E.	1999	Procedure per la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio da frana nei "siti a rischio" in Regione Lombardia in adempimento alla legge 267/98	Professione Geologo – Notiziario dell'Ordine dei Geologi della Lombardia, anno IV n°9, 1999, 9-25.
2	AGUSTONI S.	1996	Precipitazioni in grado di innescare frane e flussi di detrito nella regione del Cantone Ticino	Rapporto di lavoro dell'Istituto Geologico della Repubblica e Cantone de Ticino, n.5, gennaio 1996.
3	ALEOTTI P., BALDELLI P., POLLONI G. & DI MARCHI D.	1996	La valutazione della pericolosità da frana: esempi metodologici a varia scala	Accademia Nazionale dei Lincei, Atti del Convegno "La Stabilità del Suolo in Italia: Zonazione della Sismicità-Frane". Roma, 30- 31 Maggio 1996, 18-23.
4	ALEOTTI P. & POLLONI G.	1998	Risk scenarios in mountain alluvial fans: some examples in Italian Central Alps	VIII Int. IAEG Congress, Balkema, Rotterdam, ISBN 90 5410 990 4, 2051-2058.
5	ALLEGRA P., BARISONE G. & BOTTINO G.	1998	Methodological criteria for the evaluation of risk conditions in Alpine valleys: the case study of the Susa Valley, Italy	VIII Int. IAEG Congress, Balkema, Rotterdam, ISBN 90 5410 990 4, 983-989.
6	ALLEGRA P., BARISONE G., BOTTINO G. & TROPPEANO D.	1995	Valutazione della pericolosità connessa all'attività fluviale e all'instabilità dei versanti nelle media e alta Valle di Susa	Il I.M.Y.R.A.G. – Peveragno Italia 1995, sez. A, 1-6.
7	AMANTI M., CHIESSI V., CONTE G., MOTTERAN G. & VENTURA R.	1999	Utilizzo di un GIS per la valutazione della suscettibilità del territorio campano alle colate rapide di fango – Un caso studio alla scala 1:25.000	Atti del Convegno "Previsione e prevenzione di movimenti franosi rapidi" Trento, 17-19 Giugno 1999, Pubbl. Associazione Georisorse Ambiente, Torino, 189-198.
8	ARATTANO M.	1994	Considerazioni sull'utilizzo della teoria dell'onda cinematica per la modellazione matematica di fenomeni di debris flow	GEAM, Memorie e note, dicembre 1994, 253-262.
9	ARATTANO M.	1999	Recenti avanzamenti nelle misure di protezione di tipo passivo contro le colate detritiche torrentizie	GEAM, Difesa del suolo, marzo 1999, 57-64.

n°	AUTORE	anno	TITOLO	NOTE TIPOGRAFICHE
10	ARATTANO M., DEGANUTTI A.M. & MARCHI L.	1997	Debris flow monitoring activities in an instrumented watershed on the Italian Alps	Repr. Debris Flow Hazard Mitigation: Mechanics, Prediction and Assessment – Proc. I Int. Conf. - Water Res. Eng. Div./ASCE, San Francisco, 506-515.
11	ARATTANO M., GRATTONI P. & MARCHI L.	1998	Measuring debris flow surface velocities through video image processing	Estr. Hydroinformatics '98, Atti III Conferenza Internazionale di Idroinformatica, 24-26 Agosto 1998, edito da Babovic e Larsen.
12	ARATTANO M. & MARCHI L.	1996	Il monitoraggio delle colate detritiche nel T. Moscardo (Alpi Carniche): gli eventi dei mesi di giugno e luglio 1996	Atti del Convegno Internazionale Alba 1996 "La prevenzione delle catastrofi idrogeologiche: il contributo della ricerca scientifica", Alba (CN), Vol II, 175-185.
13	ARATTANO M. & MOIA F.	1998	Monitoraggio dell'evoluzione e propagazione di una colata detritica lungo un alveo naturale	XXVI Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Catania 9-12 Settembre 1998, 259-270.
14	ARMANINI A.	1996	Colate di detriti	Rapporto di lavoro dell'Istituto Geologico della Repubblica e Cantone del Ticino, n.8, novembre 1996
15	ARMANINI A.	1999	Dinamica delle colate di detriti	Atti del Convegno "Previsione e prevenzione di movimenti franosi rapidi" Trento 17-19 Giugno 1999, Pubbl. Associazione Georisorse e Ambiente, Torino, 207-221.
16	ARMANINI A., DI COL R., DELLAGIACOMAZZI F. & NARDIN M.	1993	Proposta di valutazione del rischio da debris-flow nei centri abitati del Trentino	Studi Trentini di Scienze Naturali, Vol. 68, Acta Geologica, 271-282.
17	AULITZKY H.	1980	Preliminary two-fold Classification of Torrents	Int. Symp Interpraevent 1980, Bad Ischl, Austria 4, 285-309.
18	AULITZKY H.	1989	The debris flow of Austria	Bulletin of the International Association of Engineering Geology, n°40, 5-13.
19	BARISONE G., BOTTINO G. &	1995	Studio e modellizzazione di una colata detritica connessa con l'evento	II I.M.Y.R.A.G. Peveragno (Italia), 1995, sez. A, 13-18.

n°	AUTORE	anno	TITOLO	NOTE TIPOGRAFICHE
	CRIVELLARI R.		alluvionale del 5-6 novembre 1994 nell'Anfiteatro Morenicc di Ivrea	
20	BENDA L.E. & CUNDY T.W.	1990	Predicting deposition of debris flows in mountains channels	Can. Geotech. J., Vol. 27, 409-417.
21	BEROD D.D.	1997	Processus météorologiques e hydrologiques-quantification de la crue de projet. Mise en application des méthodes hydrologiques	Université Européenne d'Eté sur les Risques Naturels, Risques torrentiels érosion et crues, St Niklaus (Valais, Suisse), 8-13 Septembre 1997
22	BIANCO G. & FRANZI L.	2000	Estimation of debris-flow volumes from storm events	Debris-flow Hazards Mitigation: Mechanics, Prediction and Assessment Wieczorek & Naeser (eds), 2000 Balkema, Rotterdam, ISBN 90 5809 149 X, 441-448
23	BOLLEY S. & OLIARO P.	1999	Analisi dei debris flows in alcuni bacini campione dell'Alta Valle di Susa	GEAM, Difesa del Suolo, marzo 1999, 69-74
24	BOTTINO G. & CRIVELLARI R.	1998	Analisi di colate detritiche connesse con l'evento alluvionale del 5-6 novembre 1994 nell'Anfiteatro Morenicc di Ivrea	Atti del Convegno "Rischio idrogeologico, opere di difesa ed uso del territorio nel Canavese", Ivrea 8-9 Maggio 1998, 35-45.
25	BOTTINO G., CRIVELLARI R. & MANDRONE G.	1996	Eventi pluviometrici critici e dissesti: individuazione delle soglie di innesco di colate detritiche nell'anfiteatro morenico di Ivrea	Atti del Convegno Internazionale Alba 1996 "La prevenzione delle catastrofi idrogeologiche: il contributo della ricerca scientifica", Alba (CN), Vol. II, 201-210.
26	BOTTINO G. & MANDRONE G.	1993	Metodologia per la cartografia del rischio connesso alla stabilità dei versanti in aree alpine	Atti del II Convegno Internazionale di Geoidrologia, Firenze 1993 19-32.
27	BOTTINO G. & MANDRONE G.	1994	Valutazione del rischio connesso all'instabilità dei versanti nella media Valtouranche (Valle d'Aosta)	Rencontre Internationale des Jeunes Chercheurs en Géologie Appliquée, Lausanne 21 Avril 1994, 46-50.
28	BROCHOT S.	1997	Approches globales pour l'estimation de l'érosion torrentielle (apports de versants et production de sédiments)	Université Européenne d'Eté sur les Risques Naturels, Risques torrentiels érosion et crues, St Niklaus (Valais, Suisse), 8-13



n°	AUTORE	anno	TITOLO	NOTE TIPOGRAFICHE
				Settembre 1997
29	CANUTI P. & CASAGLI N.	1994	Considerazioni sulla valutazione del rischio da frana	Atti del Convegno "Fenomeni franosi e centri abitati", Bologna, 27 Maggio 1994.
30	CANUTI P. & CASAGLI N.	1996	Previsione e prevenzione del rischio di frana	Accademia Nazionale dei Lincei, Atti del Convegno "La Stabilità del Suolo in Italia: Zonazione della Sismicità - Frane". Roma, 30-31 Maggio 1996, 47-58.
31	CASORZI F. & DALLA FONTANA G.	1992	L'utilizzo dei Sistemi Informativi Geografici nello studio idrologico di bacino	Quaderni di Idronomia Montana, n°11/12, Pubblicazione dell'Associazione Italiana di Idronomia, 83-115.
32	CELLINO M., BIANCO G., ARATTANO M. & ROSSO M.	1994	Modello cinematico per lo studio della propagazione in alvei naturali di debris-flow con notevole variazione del volume in moto	Atti del IV Convegno Internazionale di Geoingegneria "Difesa e Valorizzazione del Suolo e degli Acquiferi", Torino 10-11 Marzo 1994, 53-56.
33	CERIANI M., CROSTA G., FRATTINI P. & QUATTRINI S.	2000	Evaluation of hydrogeological hazard on alluvial fans	Int. Symp. Interpraevent 2000 – in stampa
34	CERIANI M., CROSTA G. & QUATTRINI S.	1999	Valutazione della pericolosità idrogeologica sulle conoidi: metodologia per il censimento (Valcamonica e Valchiavenna- Alpi Centrali)	Atti dei Convegni Lincei 15- "Il rischio idrogeologico e la difesa del suolo", Roma, 1-10 Ottobre 1998.
35	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 di Catania, 9-12 Settembre 1998, vol. III.
36	CHIARLE M., FIORASO G., ARATTANO M., MORTARA G. & TURITTO O.	1995	Debris flow hazard in alpine environment: the case of T. di Fiernaz (AO) e di T. di Valle Materlo (SO), Northern Italy	Il I.M.Y.R.A.G. Peveragno (Italia), 1995, sez. A, 38-43.
37	CHIARLE M. & LUINO F.	1996	Colate detritiche torrentizie sul M. Mottarone innescate dal nubifragio dell'8 luglio	Atti del Convegno Internazionale Alba 1996 "La prevenzione delle

n°	AUTORE	anno	TITOLO	NOTE TIPOGRAFICHE
			1996 (Lago d'Orta-Piemonte)	catastrofi idrogeologiche: i contributo della ricerca scientifica", Alba (CN), Vol II, 231-245.
38	COJEAN R. & STAUB I.	1998	Mécanismes d'initiation des laves torrentielles dans les Alpes francaises	VIII Int. IAEG Congress, Balkema, Rotterdam, ISBN 90 5410 990 4, 2075-2082.
39	COUSSOT P.	1997	Lois d'écoulement des laves torrentielles	Université Européenne d'Eté sur les Riques Naturels, Risques torrentiels érosionet crues, St Niklaus (Valais, Suisse), 8-13 Septembre 1997
40	COUSSOT P., LAIGLE D., ARATTANO M., DEGANUTTI A. & MARCHI L.	1998	Direct determination of rheological characteristics of debris flow	Journal of Hydraulic Engeneering, vol. 124, n°8, agosto 1998, 865-868.
41	CROSTA G., GUZZETTI F., MARCHETTI M. & REICHENBACH P	1990	Morphological classification of debris-flow processes in South-Central Alps (Italy)	Pr. VI Int. Con. Int. Ass. of Eng. Geol., vol.3, 1565-1572
42	D'AGOSTINO V.	1996	Analisi quantitativa e qualitativa del trasporto solido torrentizio nei bacini montani del Trentino Orientale.	A.I.I.A. - A.I.I. - Scritti dedicati a Giovanni Tournon, Novara, 6-7 Giugno 1996, 111-123.
43	D'AGOSTINO V., CERATO M. & COALI R.,	1996	Il trasporto solido di eventi estremi nei torrenti del Trentino Orientale	Int. Symp. Interpraevent 1996, Garmisch-Partenkirchen, Tagungspublikation, Band 1, 377-386.
44	DEANGELI C. & GIANI G.P.	1996	Studi sperimentali sulle colate di detrito	Atti del Convegno Internazionale Alba 1996 "La prevenzione delle catastrofi idrogeologiche: i contributo della ricerca scientifica" Alba (CN), Vol. II, 169-174.
45	DEANGELI C. & GIANI G.P.	1999	Modellazione dei debris flow:	Atti del Convegno "Previsione e prevenzione di movimenti franosi rapidi" Trento, 17-19 Giugno 1999, Pubbl. Associazione Georisorse e Ambiente, Torino, 151-162.
46	DEGANUTTI A.M.	1999	Colate detritiche in ambiente	Atti del Convegno

n°	AUTORE	anno	TITOLO	NOTE TIPOGRAFICHE
	PASUTO A., SILVANO S. & TECCA P.R.		alpino	“Previsione e prevenzione di movimenti franosi rapidi” Trento, 17-19 Giugno 1999, Pubbl. Associazione Georisorse e Ambiente, Torino, 123-131.
47	De RISO R., BUDETTA P., CALCATERRA D. & SANTO A.	1999	Le colate rapide in terreni piroclastici del territorio campano	Atti del Convegno “Previsione prevenzione di movimenti franosi rapidi”, Trento 17-19 Giugno 1999, Pubbl. Associazione Georisorse e Ambiente, Torino, 133-150.
48	DUFFY J.D.	1999	Case studies on debris and mudslides barrier systems in California	Atti del Convegno “Previsione prevenzione di movimenti franosi rapidi”, Trento 17-19 Giugno 1999 (Pubblicazione Associazione Georisorse e Ambiente, Torino), 181-188
49	EUSEBIO A. & RABBI E.	1998	Metodologia di valutazione del rischio e difesa del territorio: l'esempio dell'arco morenico canavesano	Atti del Convegno “Rischio idrogeologico, opere di difesa ed uso del territorio nel Canavese”, Ivrea 8-9 Maggio 1998, 69-77.
50	FELL R.	1994	Landslides risk assessment acceptable risk	Can. Geotech. J., 31, 261-272 .
51	F.E.M.A.	1989	Alluvial Fans: Hazards and Management	Federal Insurance Administration Office of Loss Reduction – February 1989.
52	F.E.M.A.	1993	Assessment of Structural Flood-Control Measures on Alluvial Fans	US Army Corps of Engineering – Hydrologic Engineering Center, October 1993.
53	F.E.M.A.	1999	Flood hazard mapping – Guidelines for determining flood hazard on alluvial fans	<a href="http://166.112.200.140/mit_tsd/FT_alfan.htm">http://166.112.200.140/mit_tsd/FT_alfan.htm</a>
54	FIORASO G.	2000	Indagini geologico-morfologiche su aste torrentizie della Valtellina e della Valle di Susa ricorrentemente soggette a colate detritiche torrentizie ( <i>debris flow</i> )	Suppl. GEAM, Quaderni di Studi e Documentazione, n°23, marzo 2000.
55	FIORASO G. & CHIARLE M..	1996	Ruolo dei parametri morfometrici nella	Atti del Convegno Internazionale Alba 1996

n°	AUTORE	anno	TITOLO	NOTE TIPOGRAFICHE
			valutazione della pericolosità da colata detritica torrentizia	"La prevenzione delle catastrofi idrogeologiche: il contributo della ricerca scientifica", Vol. II, 191-200.
56	FRANZI L. & BIANCO G.	2000	A statistical method to predict debris-flow volumes deposited on a debris fan	Journal of Chemistry and Physics of Earth, 26/9, 83-688.
57	GOVI M.	1978	Analisi morfometriche applicate allo studio di piccoli bacini. Problemi di erodibilità e trasporto solido	Atti del Seminario sulla simulazione idrologica dei bacini imbriferi, Padova, 47-65.
58	GOVI M., MARCHI L., MORTARA G. & TURITTO O.	1990-91	Ricerche sulle colate detritiche torrentizie (debris flow) in ambiente alpino	Gruppo Nazionale per la Difesa delle Catastrofi Idrogeologiche, Rapporto 1990-1991, Linea 1, 405-420
59	HOOKE R. & ROHER W.L.	1977	Relative erodibility of source types, as determined from second-order variations on alluvial fan size	Geol. Soc. of Am. Bull., vol.88, Doc. N°70815, 1177-1183.
60	HUNGR O., MORGAN C. & KELLERHALS R.	1984	Quantitative analysis of debris torrent hazards for design of remedial measures	Can. Geotech. J., Vol. 21, 663-677.
61	JACOB M., MARTIN S. & SKERMER N.	1998	A record breaking debris flow at Hummingbird Creek, Marble Lake, B.C.	VIII Int. IAEG Congress, Balkema, Rotterdam, ISBN 90 5410 990 4, 2091-2098.
62	JOHNSON P.A., McCUEN R.H. & HROMADKA T.V	1991	Magnitude and frequency of debris flow	Journal of Hydrology, 123, 69-82.
63	KOSTASCHUK R.A., MACDONALD G.M. & PUTNAM P.E.	1986	Depositional process and alluvial-fan drainage basin morphometric relationship near Banff, Alberta, Canada	Earth Surface Processes and Landforms, Vol. 11, 471-484.
64	KRONFELLNER KRAUS	1986	New results and experiences in the quantitative estimation of torrents	International Symposium on Erosion, debris flow and disaster prevention, September 3-5, Tsukuba, Japan, pp. 107-110.
65	LEE H.J., ELLEN S.D. & KAYEN R.E	1988	Predicting transformation of shallow landslides into high-speed debris flows	V Int. Symp. on Landslides - Lausanne 10-15 July 1988.
66	LUINO F., CHIARLE M., MOSCARIELLO A & ARATTANO M.	1994	Un fenomeno di mobilitazione in massa presso Oropa (VC)	GEAM, Memorie e note, marzo-giugno 1994, 149-156.

n°	AUTORE	anno	TITOLO	NOTE TIPOGRAFICHE
	in collab. con TREBO' P.G.			
67	MARAGA F., MARCHI L., MORTARA G. & MOSCARELLO A	1998	Colate detritiche torrentizie: aspetti granulometrici e influenza sul territorio	Mem. Soc. Geol. It., 53, 75- 96.
68	MARCHI L. & BROCHOT S.	2000	Les cônes de déjection torrentiels dans les Alpes françaises. Morphométrie et processus de transport solide torrentiel	Revue de Géographie Alpine n°3/2000, 23-38.
69	MARCHI L. & TECCA P.R.	1996	Hill-slope debris flows in the Dolomites: characteristics and associated risk	Int. Symp. Interpraevent 1996 – Garmisch- Partenkirchen Tagungspublikation, Band 3, 83-92.
70	MARCHI L. & TECCA P.R.	1996	<i>Magnitudo delle colate detritiche nelle Alpi Orientali Italiane</i>	GEAM, Difesa del Suolo, n°2-3, 1996, 79-86.
71	MARCHI L., TECCA P.R. & CORBI I.	1999	Debris flow hazard in urban areas: a study in the mountains of Veneto (Northeastern Italy)	GEAM, marzo 1999, 65-68.
72	MOON A.T., OLDS R.J., WILSON R.A. & BURMAN B.C.	1991	Debris flow risk zoning at Montrose, Victoria	Landslides, Beel (ed.), 1991 Balkema, Rotterdam. ISBN 90 5410 032 X, 1015-1022.
73	MORTARA G. & TROPEANO D.	1978	Eventi di piena nei bacini de rri Gerardo e Perilleux in Val d Susa	Boll. Ass. Min. Subalp., ann XV, n.2, 181-202.
74	NATALE L. & GHILARDI P.	1999	Il rischio idraulico nelle aree di conoide	Quaderni regionali di ricerca della Regione Lombardia n°34.
75	OGUCHI T. & OHMORI H.	1994	Analysis of relationship among fan area, source basin area, basin slope and sediment yield	Z. Geomorph. N. E., 38, 4, 405-420.
76	PASUTO A., MARCHI L. & TECCA P.R.	1992	Tipologia del trasporto solido torrentizio su conoidi alluvionali nell'alto bacino dell'Avisio (Dolomiti)	Boll. Soc. Geol. It, 111, 41- 51.
77	PICARELLI L.	1999	Alcune considerazioni sui meccanismi d'innesco e di propagazione delle colate ir	Convegno "Previsione e prevenzione di movimenti franosì rapidi", Trento 17-19 giugno 1999, Atti Pubbl. Ass

n°	AUTORE	anno	TITOLO	NOTE TIPOGRAFICHE
			terreni sciolti e detritici	Geor. Amb. Torino, 163-179
78	PISANI S.	1996	Programma per la simulazione di un flusso di detrito su un cono	Relazione del Servizio Geologico del Canton Ticino, Luglio 1996.
79	REGIONE LOMBARDIA	2000	Procedure per la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio da frana in Regione Lombardia	Boll. Uff. Reg. Lomb. N°51, Edizione Speciale del 22 dicembre 2000.
80	REGIONE PIEMONTE – DIREZIONE SERVIZI TECNICI DI PREVENZIONE	1998	Regione Campania – Emergenza idrogeologica del 5 maggio 1998 – Rilievo geologico e geomorfologico dei versanti sovrastanti gli abitati di Sarno, Quindici, Siano e Bracigliano	Regione Piemonte, Banca Dati Geologica, Quaderno n°11, 1998
81	REGIONE PIEMONTE – DIREZIONE SERVIZI TECNICI DI PREVENZIONE POLITECNICO DI TORINO – D.I.T.I.C., CNR-IRPI, SUPSI - IST	2002	Condivisione di metodi e conoscenze sui processi di lave torrentizie per la difesa dei centri abitati- Azione 4 del PROGETTO INTERREG II Italia-Svizzera 1994-1999 “Collegamento delle reti di rilevamento e condivisione delle esperienze e delle conoscenze per la gestione del rischio idrogeologico”	Regione Piemonte, maggio 2002
82	REGIONE PIEMONTE - DIREZIONE SERVIZI TECNICI DI PREVENZIONE POLITECNICO DI TORINO, CEMAGREF GRENOBLE - ETNA	2002	Condivisione di metodi e conoscenze sui processi di lave torrentizie per la difesa dei centri abitati- Azione 5 del PROGETTO INTERREG II Italia-Francia 1994-1999 “Collegamento delle reti di rilevamento e condivisione delle esperienze e delle conoscenze per la gestione del rischio idrogeologico in ambito alpino”	Regione Piemonte, 2002
83	RICKENMANN D	1998	Ecoulement des laves torrentielles: méthodes de prédiction	Atti del Convegno “Rischio Idrogeologico, Opere di difesa ed uso del territorio nel Canavese”, Ivrea 8-9 maggio 1998, 49-58..
84	RITTER J.B., MILLER J.R., ENZEL Y., HOWES S.D. et al.	1993	Quaternary evolution of Cedar Creek Alluvial Fan, Montana	Geomorphology, 8, 287-304.
85	SAURET B.	1987	Coulées boueuses. Laves	Bull. liaison Labo P. et Ch.,

n°	AUTORE	anno	TITOLO	NOTE TIPOGRAFICHE
			torrentielles - Coulées de débris canalisées. Compte rendu bibliographique	150-151, Ref. 3203.
86	SCHEURINGER E	1988	Ermittung der massgeblicher Geschiebefracht aus Wildbach-Oberlauten (La determinazione del trasporto solido che può essere movimentato nei bacini dei torrenti)	Wildbach und Lawinenverbau 109, 87-95.
87	SCHILLING S.P. & IVERSON R.M.	1997	Automated, reproducible delineation of zones at risk from inundation by large volcanic debris flows	Debris-flow Hazards Mitigation: Mechanics, Prediction, and Assessment C.L. Chen, ed., American Society of Civil Engineers, 176-186.
88	SEMINARA G. & TUBINO M.	1994	Debris flows: meccanica, controllo e previsione - PARTE IV (Misure di campo, controllo e prevenzione: l'esperienza giapponese)	Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche - Linea 1, Linea 3.
89	TAKAHASCI T.	1991	Debris flow	Published for the Int. Ass. Hydr. Res. by A.A. Balkema/Rotterdam/Brookfield/1991 ISBN 90 5410 104 (
90	TROPEANO D., CASAGRANDE A., LUINO F. & CESCON F.	1996	Processi di mud-debris flow in Val Cenischia (Alpi Graie). Osservazioni nel bacino del T Marderello	Suppl. GEAM, Quaderno n.20, giugno-sett 1996.
91	TROPEANO D. & CURTARELLO M.	1998	A short report on debris flows in northwestern Italy during 1997	Managing Hydro-Geological Disasters in a vulnerable environment, CNR-GNDICI Pubbl. n°1900, 203-220, Perugia, 1998.
92	TROPEANO D., CURTARELLO M. GODONE F. & TURCONI L.	1998	Colate detritiche dell'estate 1998 in Ardenno (bassa Valtellina - SO)	Nimbus n. 15/16, gennaio-giugno 1997, 48-58.
93	TROPEANO D. & TURCONI L.	1998	Sediment budget for a high-mountain catchment in the western Italian Alps	GEAM, Difesa del Suolo, dicembre 1998, 293-302.
94	TROPEANO D., TURCONI L.	1999	Valutazione del potenziale detritico in piccoli bacini delle Alpi Occidentali e Centrali	Pubblicazione n°2058 del GNDICI

n°	AUTORE	anno	TITOLO	NOTE TIPOGRAFICHE
95	TROPEANO D. & TURCONI L.	2000	Antichi villaggi alpini scomparsi per eventi naturali alcuni casi di studio	Atti del Convegno "Geoben 2000", Torino 7-9 giugno 2000, 817-830.
96	VANDINE D.F.	1996	Debris flow control structures for forest engineering	Res. Br., B.C. Min. For., Victoria, B.C. Work. Pap. 22/1996
97	VISINTAINER P. & TURRINI M.C.	1995	Carta della pericolosità di eventi naturali della Val Duron (Trentino-Alto Adige)	Geologia Tecnica & Ambientale n°2/95.
98	ZARN B. & DAVIES R.H.	1994	The significance of processes on alluvial fans	Z. Geomorph. N.E., 38,4,487-500.
99	ZIMMERMANN	1997	Magnitude frequency aspects of alpine debris flow:	Eclogae geol. Helv., 90, 415-420





## ALLEGATO 2 Schede sintetiche\*

---

\* Le sezioni relative a *parole chiave*, *contenuto* e *conclusioni* sono contrassegnate dalla lettera (a) nel caso in cui siano riportati gli originali integralmente, (b) se le versioni originali sono state leggermente modificate o abbreviate e (c) se sono state redatte appositamente perché non disponibili in originale.



Scheda n°	1
Anno	1999
Autore/i	AGOSTONI S., CERIANI M., FOSSATI D., MAZZOCOLA D., QUATTRINI S. & SCIESA E.
10Titolo	Procedure per la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio da frana nei "siti a rischio" in Regione Lombardia in adempimento alla legge 267/98
Edizione	Professione Geologo, Notiziario dell'Ordine dei Geologi della Lombardia, n°9, dicembre 1999, 9-25.
Parole chiave (c)	Frane, trasporto in massa, zonazione della pericolosità e del rischio.
Contenuto (c)	Viene presentata la procedura che la Regione Lombardia ha utilizzato per la perimetrazione della pericolosità e del rischio legati a fenomeni franosi (crolli, crolli in massa, colate, colate di grandi dimensioni e trasporto in massa) in adempimento alla L. 267/98. Le metodologie proposte rispondono all'esigenza di una valutazione speditiva in accordo con i tempi molto brevi imposti dalla legge. Si è cercato tuttavia di mantenere un approccio tecnico-scientifico a questo tema così complesso e delicato. Le procedure comportano anche la standardizzazione della raccolta dati e la parametrizzazione degli elementi che concorrono alla valutazione della pericolosità, molto spesso lasciati alla soggettività del singolo.
Conclusioni (c)	In generale la pericolosità dei fenomeni franosi viene stimata in due fasi: 1) perimetrazione dell'area di possibile espansione; 2) valutazione della probabilità d'accadimento dei fenomeni. Le procedure sono differenziate in funzione della tipologia di frana: crolli, crolli in massa, colate e scivolamenti che evolvono in colate, scivolamenti e colate di grandi dimensioni di tipo appenninico, colate di detrito e trasporto solido e/o in massa lungo le conoidi alpine. Per i fenomeni localizzati, ad esempio i crolli, l'analisi è incentrata sui dettagli strutturali e geomeccanici, mentre per fenomeni estesi (trasporto in massa e colate) è fondamentale l'inquadramento geologico, geomorfologico e idrologico, nonché l'individuazione dei punti critici per il deflusso, la stima dei volumi di detrito mobilizzabile, ecc. La carta della pericolosità finale prevede cinque classi a pericolosità molto bassa, bassa, media, alta e molto alta. Per la zonazione del rischio è necessario incrociare le classi di pericolosità con quelle degli elementi a rischio, ricavate dalla carta dell'uso del suolo del P.R.C.G. Sono riportati esempi di perimetrazione per tutte le tipologie di fenomeno ed è proposto uno schema del programma degli interventi legati alla L. 267/98 relativi a versanti, corsi d'acqua e valanghe.
Valutazione	Lavoro contestuale, metodologico, esplicativo, dettagliato - Gruppo 2b

Scheda n°	2
Anno	1996
Autore/i	AGUSTONI S.
Titolo	Precipitazioni in grado di innescare frane e flussi di detrito nella regione del Cantone Ticino
Edizione	Rapporto di lavoro dell'Istituto Geologico della Repubblica e Cantone Ticino, n°5, gennaio 1996.
Parole chiave (c)	Precipitazioni, movimenti di massa, soglia di innesco.
Contenuto (a)	<p>Si è cercata una correlazione tra le precipitazioni e lo sviluppo di frane e flussi detritici nella regione del Canton Ticino, partendo da diversi casi selezionati dalla Banca Dati dell'Istituto Geologico e Idrologico cantonale.</p> <p>Il lavoro prende ampio spunto da uno studio commissionato dal Servizio Geologico della Regione Lombardia. In questo studio, partendo da casi di eventi di flussi detritici e di conseguenti alluvionamenti nel settore alpino della Regione Lombardia, gli autori hanno proposto dei modelli idrologici finalizzati all'identificazione delle quantità critiche di precipitazione e alla definizione delle soglie al di sopra delle quali il rischio di innesco di movimenti di massa su versante (flussi detritici e frane) risulta molto alto. Per diverse stazioni pluviometriche scelte in modo rappresentativo, i modelli idrologici considerati correlano tra loro l'intensità oraria e la durata dell'evento di precipitazione con il quantitativo di pioggia media annua.</p> <p>Allo stesso modo, usando uno dei modelli proposti nello studio testè citato, si è cercato di stabilire una soglia di precipitazioni anche per la Regione del Canton Ticino, che dal punto di vista climatico presenta, a grandi linee, non poche similitudini con quella lombarda.</p> <p>Tramite l'individuazione della soglia d'innesco dei fenomeni franosi e l'informazione fornita dall'Istituto Meteorologico indicante il quantitativo di precipitazioni globalmente previsto in un determinato lasso di tempo (es. le successive 24 ore) su una certa regione del cantone, si dovrebbe riuscire a valutare la possibilità che possano innescarsi movimenti di massa sui versanti, potendo così predisporre un sistema di pre-allarme.</p>
Conclusioni (b)	<p>Nonostante alcuni presupposti, come la consistenza relativamente bassa del campione di dati esaminato, le approssimazioni fatte in assenza di dati di misurazioni di pioggia su scale temporali inferiori al giorno, la correzione effettuata per i valori medi di pioggia annua di alcune stazioni che possiedono serie di misurazioni poco consistenti o che sono soggette a variazioni significative dei valori medi trentennali di pioggia annua, le notizie e/o informazioni imprecise, lo studio effettuato ha una buona validità e può essere rappresentativo del territorio subalpino considerato. Inoltre può avere risvolti interessanti per un territorio che, come gli altri, è da sempre toccato in maniera più o meno forte da variazioni climatiche.</p> <p>La conoscenza delle soglie critiche di precipitazione al di sopra delle quali la possibilità di innesco di movimenti di massa su versante risulta essere particolarmente elevato, può avere notevoli applicazioni pratiche nel campo della prevenzione di catastrofi naturali (frane e flussi detritici) legate a eventi di forti precipitazioni.</p> <p>All'Istituto Geologico ed Idrologico Cantonale esiste una serie di carte delle zone geologicamente a rischio del Cantone. In presenza dell'informazione del quantitativo di pioggia previsto, fornito dall'Istituto Meteorologico di Locarno-Monti, ed essendo ora a conoscenza di queste soglie di precipitazione, è possibile la messa in funzione di un sistema di preallarme da poter tempestivamente trasmettere alla protezione civile affinché possa tenere sotto controllo le eventuali zone a rischio di franamento.</p>
Valutazione	Lavoro contestuale, procedurale, esplicativo, dettagliato - Gruppo 3b

Scheda n°	3
Anno	1996
Autore/i	ALEOTTI P., BALDELLI P., POLLONI G. & DE MARCHI D.
Titolo	La valutazione della pericolosità da frana: esempi metodologici a varia scala
Edizione	Accademia Nazionale Lincei, Atti del Convegno "La stabilità del suolo in Italia: zonazione della sismicità - Frane", 30-31 Maggio 1996, Roma, 18-23.
Parole chiave (c)	Pericolosità, scala di lavoro, modello, algoritmo, reti neurali.
Contenuto (b)	<p>La valutazione della pericolosità da frana può essere condotta a diverse scale di lavoro in relazione principalmente allo scopo per cui la valutazione è richiesta e al grado di conoscenza della realtà fisica del problema.</p> <p>Per i problemi di pianificazione territoriale s.l. (piccola o media scala) sono necessari studi a livello regionale o areale (informazioni cartografiche o fotogrammetriche). In questo caso il livello di conoscenza dei fenomeni in atto e del contesto fisico può essere limitato; in questa direzione svariate sono le tecniche messe a punto per l'elaborazione di cartografie previsionali: base comune della maggior parte di questi metodi è l'approccio statistico con l'implementazione di modelli volti a predire l'evoluzione più probabile di una data area in relazione al tipo di dissesto considerato.</p> <p>Per contro una valutazione di pericolosità può essere richiesta per affrontare un problema puntuale (es. sicurezza di una struttura presente sul territorio). Tale valutazione può essere simile ai metodi sopra descritti, prevedendo però la raccolta di un determinato set di dati di varia natura, che, opportunamente "pesati" tra loro vengono successivamente assemblati in un algoritmo finale di valutazione.</p> <p>A queste metodologie si possono affiancare altre due tipologie di approccio: 1) deterministico (geotecnico) basato sul calcolo di un fattore di sicurezza o su tecniche più raffinate (legami sforzi-deformazioni dei materiali, ecc.); 2) probabilistico, fondato sulla determinazione dell'aleatorietà dei parametri su cui gravitano le incertezze (funzioni di densità di ogni variabile casuale).</p>
Conclusioni (c)	<p>1) Per una valutazione a piccola scala, nell'ambito di uno studio territoriale effettuato in Piemonte, è stata stimata la pericolosità dei dissesti idrogeologici (processi fluviali, conoidi, valanghe e frane). La pericolosità qui considerata non tiene conto rigorosamente della probabilità di accadimento, ma rappresenta semplicemente un indicatore di suscettibilità (propensione) del territorio. La procedura ha previsto il calcolo di diversi indici successivi propedeutici ad un indice di valutazione finale: i) indice di franosità, ii) indice litologico, iii) indice di franosità specifica, iv) indice di pericolosità.</p> <p>2) Per una valutazione a media scala, nell'ambito del progetto di attraversamento stabile dello Stretto di Messina è stata effettuata una V.I.A. con determinazione della stabilità dei versanti, a mezzo di tecniche G.I.S. I dati di <i>input</i> sono stati: carta geolitologica informatizzata, carta geomorfologica informatizzata, carte derivate da D.T.M. Per ogni tipo litologico sono state effettuate verifiche di stabilità, con determinazione dei valori soglia di energia di rilievo e pendenza. L'<i>output</i> è consistito in una carta della suscettibilità (priva di informazioni di tipo probabilistico) con indicazione di criteri progettuali da seguire.</p> <p>3) Per una valutazione a livello puntuale è stata messa a punto una metodologia per consentire la suddivisione di alcune aree franose già note in funzione del diverso grado di pericolosità, attraverso le reti neurali. Si è cercata una funzione matematica che riassume le informazioni contenute nella scheda di rilevamento informatizzata in un indice numerico complessivo in grado di esprimere la propensione al movimento di un pendio; la funzione ottenuta ben approssima le valutazioni date dagli esperti per il medesimo campione di aree. Dal confronto con un classico approccio statistico-regressivo, come emerge dal coefficiente di correlazione e dallo scarto quadratico medio, le reti neurali sembrano fornire un'approssimazione decisamente migliore.</p>
Valutazione	Lavoro procedurale, esplicativo, sintetico - Gruppo 2b+3b

Scheda n°	4
Anno	1998
Autore/i	ALEOTTI P. & POLLONI G.
Titolo	Risk scenarios in mountain alluvial fans: some examples in Italian Central Alps
Edizione	VIII Int. IAEG Congress, Balkema, Rotterdam, ISBN 90 5410 990 4, 2051-2058.
Parole chiave (c)	Alluvial fan, hazard, vulnerability, element at risk, risk.
Contenuto (c)	La Valtellina è una valle di origine glaciale ubicata nelle Alpi Centrali (Italia settentrionale). A causa della loro posizione favorevole i conoidi che si sono formati nel tempo all'uscita delle valli laterali sono intensamente soggetti all'attività antropica, nonostante costituiscano un serio rischio per la popolazione. Viene qui fornita la caratterizzazione morfometrica dei 60 conoidi principali della Valtellina (A da 0.1 a 6 km <sup>2</sup> ), concentrando l'attenzione in particolare su 7 casi. La pericolosità è stata stimata sulla base dei dati storici; gli elementi a rischio e il loro cambiamento nel tempo sono stati definiti attraverso l'analisi di diverse cartografie. Infine il rischio è stato stimato prendendo in considerazione il cambiamento di vulnerabilità a seguito della realizzazione di interventi.
Conclusioni (c)	I conoidi considerati (Valtellina, Italia) sono stati edificati principalmente da fenomeni di <i>debris flow</i> , come si può osservare dal numero di Melton proiettato in relazione alla pendenza dei rispettivi conoidi. Viene evidenziato come misure difensive siano state periodicamente implementate successivamente alle inondazioni, cosicché, nonostante la crescita degli elementi a rischio, il rischio totale appare mitigato, almeno per quanto riguarda i conoidi studiati. Le misure di difesa (argini) sono principalmente indirizzate a ridurre la vulnerabilità degli insediamenti in conoide; ovviamente per garantirne l'efficienza è necessaria una manutenzione costante. Per ridurre la pericolosità sarebbe necessario i) ridurre la quantità di materiale che lambisce il corso d'acqua (stabilizzazione dei versanti in frana, drenaggi estensivi e forestazioni) e ii) intercettare e trattenere il detrito trasportato in canale tramite briglie e bacini di stoccaggio.
Valutazione	Lavoro contestuale, metodologico, sintetico - Gruppo 2a+3a

Scheda n°	5
Anno	1998
Autore/i	ALLEGRA P., BARISONE G. & BOTTINO G.
Titolo	Methodological criteria for the evaluation of risk conditions in Alpine valleys. The case study of the Susa Valley
Edizione	VIII Int. IAEG Congress, Balkema, Rotterdam, ISBN 90 5410 990 4, 983-989.
Parole chiave (c)	Susa Valley, slope failures, river floods, alluvial fan, hazard, risk, thematic maps.
Contenuto (a)	Il lavoro propone criteri metodologici finalizzati allo studio dei problemi legati a fenomeni franosi o a piene fluviali/torrentizie nelle valli Alpine: è stata scelta come area <i>test</i> la Val di Susa, ubicata nel settore NW del Piemonte. Le fasi di lavoro sono state le seguenti: 1) raccolta di dati storici e geologici, per individuare le situazioni più pericolose e la sequenza cronologica degli eventi, che sono stati ordinati secondo le caratteristiche evoluzionali dei singoli fenomeni; 2) ciascuna area critica è stata esaminata attraverso fotointerpretazione e sopralluoghi e ogni evento è stato caratterizzato per quanto concerne i parametri che ne hanno causato l'insacco e/o influenzato l'evoluzione; 3) studio dei suddetti parametri, della loro importanza e ricorrenza, principalmente attraverso elaborazioni statistiche di dati storici e idrologici; 4) valutazione delle condizioni di rischio, basata su frequenza e volumi di ciascun fenomeno, velocità di evoluzione, presenza o meno di strade importanti o di aree abitate. Il risultato di questo lavoro è stato sintetizzato in due mappe tematiche realizzate alla scala 1:25.000.
Conclusioni (b)	L'elaborazione statistica dei dati raccolti ha fornito una correlazione preliminare tra precipitazioni e <i>patterns</i> di danni ed ha evidenziato la ripetitività della maggior parte delle frane e delle piene. L'analisi dei dati storici e idrologici è stata sintetizzata in due mappe tematiche: 1) la carta della pericolosità riporta le informazioni ricavate dalla raccolta dati e dalla fotointerpretazione (aree inondabili, conoidi e frane); aree a differente grado di pericolosità (basso, medio e alto) sono state rappresentate con simboli diversi; 2) la prima carta è stata la base per la stesura della carta del rischio, utile per individuare in ogni area critica il tipo di strutture coinvolte dai fenomeni sopradescritti (strada principale, ferrovia, case, campi...), i danni prodotti (distruzione totale o parziale, alluvionamento, ostruzione di ponti...), la tipologia ( <i>debris flow, debris flood, rock fall...</i> ) e la ricorrenza (molto frequente, frequente, non frequente) degli eventi. Queste informazioni sono state sintetizzate sulla carta con l'ausilio di un'etichetta a quattro sigle collegata ad ogni sito critico.
Valutazione	Lavoro contestuale, metodologico, dettagliato, esplicativo - <i>Gruppo 2b</i>

Scheda n°	6
Anno	1995
Autore/i	ALLEGRA P., BARISONE G., BOTTINO G. & TROPEANO D.
Titolo	Valutazione della pericolosità connessa all'attività fluviale e all'instabilità dei versanti nella media e alta Valle di Susa
Edizione	Il I.M.Y.R.A.G. - Peveragno, Italia 1995, sez. a, 1-6.
Parole chiave (c)	Dissesto, dati pluviometrici, correlazioni.
Contenuto (a)	<p>Il lavoro qui descritto è la prima fase della ricerca portata avanti dagli autori sul tema: "Dinamica dei versanti e condizioni di rischio relativo alle principali strade e ferrovie nell'alta e media Valle di Susa". Lo studio è stato principalmente incentrato sull'acquisizione di dati storici riguardanti la dinamica dei versanti, eventi idraulici e pluviometrici e relativi danni causati in quest'area; un'elaborazione statistica di questi dati fornisce una correlazione preliminare tra <i>patterns</i> di pioggia e di danni (tabella sintetica). Per studiare l'andamento delle precipitazioni nella valle sono state considerate otto stazioni: i dati forniti confermano le caratteristiche pluviometriche di quest'area, mostrando due picchi di intensità di pioggia che si verificano rispettivamente nei mesi di aprile-maggio e ottobre-novembre.</p> <p>I risultati finali dello studio evidenziano la ripetitività della maggior parte delle frane principali e delle piene, permettendo così l'identificazione e la mappatura di un certo numero di località altamente soggette a dissesto di versante e a processi di piena torrentizia (in ragione della rilevanza e frequenza dei fenomeni e della presenza di strutture particolarmente importanti). Sono presentati i risultati delle diverse correlazioni tra piogge e danni sia per le frane che per i fenomeni di piena.</p>
Conclusioni (b)	<p>Lo studio svolto ha permesso di evidenziare la ripetitività di gran parte delle fenomenologie di dissesto idrogeologico ricorrenti nella Valle di Susa e nelle valli secondarie ad essa collegate; esso è da intendersi come la prima fase di un più esteso lavoro volto ad individuare una serie di siti particolarmente vulnerabili sia per l'entità e la frequenza dei fenomeni che per la presenza di manufatti e infrastrutture di particolare rilevanza.</p> <p>La vulnerabilità del territorio, tuttavia, in un'area ad intensa antropizzazione quale quella studiata, è in continua evoluzione, per fattori legati alla sempre più intensa occupazione umana o per i cambiamenti verificatisi nell'ultimo secolo nel regime pluviometrico della valle o infine per l'evolversi dei fenomeni di dissesto; la fase finale dello studio verterà pertanto sull'indicazione (nelle aree evidenziate a rischio) delle modalità di controllo in grado di individuare precocemente il crearsi di situazioni di pericolo.</p>
Valutazione	Lavoro contestuale, metodologico, sintetico - Gruppo 3a

Scheda n°	7
Anno	1999
Autore/i	AMANTI M., CHIESSI V., CONTE G., MOTTERAN G. & VENTURA R
Titolo	Utilizzo di un GIS per la valutazione della suscettibilità del territorio campano alle colate rapide di fango - Un caso di studio alla scala 1:25.000
Edizione	Atti del Convegno "Previsione e prevenzione di movimenti franosi rapidi", Trento, 17-19 Giugno 1999, Pubbl. Associazione Georisorse Ambiente, Torino, 189-198.
Parole chiave (c)	Evento idrogeologico, colate di fango, attività di emergenza, suscettibilità al dissesto, cartografia
Contenuto (a)	<p>Il Servizio Geologico Nazionale (SNG), organo di protezione civile ai sensi della legge 225/92, ha partecipato alle attività di emergenza conseguenti l'evento idrogeologico che ha colpito la Campania il 5-6 maggio 1998 provocando più di 160 vittime.</p> <p>Nell'ambito di tali attività sono stati raccolti molti dati di campagna, sono state effettuate indagini specifiche e aerofotointerpretative e sono state redatte alcune carte a scala 1:25.000. Tali prodotti finali sono stati consegnati al Dipartimento della Protezione Civile per il seguito di competenza.</p> <p>Terminata la fase di emergenza il SGN ha deciso di proseguire le indagini e di effettuare ulteriori elaborazioni dei dati esistenti, utilizzando le moderne tecniche messe a disposizione dai moderni Sistemi Informativi Geografici (GIS), al fine di fornire strumenti efficaci per la valutazione della suscettibilità del territorio all'innescio dei fenomeni franosi noti come "colate rapide di fango" (<i>mud-flows</i>).</p> <p>Il presente lavoro illustra brevemente il lavoro compiuto nella fase di emergenza e descrive nel dettaglio le modalità utilizzate per la realizzazione della cartografia di "suscettibilità del territorio alle colate rapide di fango".</p>
Conclusioni (c)	<p>In fase di emergenza è stata stilata una "Carta preliminare della suscettibilità del territorio alle colate rapide di fango" alla scala 1:25.000 a coprire un'area di circa 230 km<sup>2</sup>, secondo le disposizioni del D.P.C.M. n°2787 del 21/5/1998 ("Delimitazione delle aree a rischio di colate di fango nel territorio della regione Campania avente le stesse caratteristiche geologiche e geomorfologiche della zona interessata dai dissesti del 5-6/05/1998").</p> <p>In seguito, grazie alla sufficiente quantità di dati disponibili per l'area di Sarno (<i>test area</i>) è stata redatta una formula per calcolare l'indice di suscettibilità (in funzione della pendenza, dello spessore della copertura piroclastica, della distanza dalle linee di deflusso, dell'uso del suolo, e dell'ordine del bacino di appartenenza) da applicare nelle aree di studio (<i>target area</i>), che devono avere necessariamente le stesse caratteristiche geologiche e morfologiche della <i>test area</i>.</p> <p>La carta proposta non pretende di dare una distribuzione esatta della pericolosità da colata piroclastica, ma deve servire da supporto per un corretto indirizzo degli studi di dettaglio nelle aree indicate come maggiormente esposte a dissesto.</p> <p>Infine si è tentata una valutazione delle aree di possibile espansione delle colate detritiche con la formula di Takahasci (1991); il confronto, effettuato dove possibile con le aree interessate dalle colate del maggio 1998, ha dato buoni risultati.</p>
Valutazione	Lavoro contestuale, metodologico, esplicativo, dettagliato - Gruppo 2b





Scheda n°	8
Anno	1994
Autore/i	ARATTANO M.
Titolo	Considerazioni sull'utilizzo della teoria dell'onda cinematica per la modellazione matematica di fenomeni di debris flow
Edizione	GEAM, Memorie e note, dicembre 1994, 253-262.
Parole chiave (c)	Modello matematico, onda cinematica, idrogramma, posizione del fronte
Contenuto (a)	In questa nota vengono illustrate alcune procedure che consentono di utilizzare il modello matematico per <i>debris flow</i> proposto da Arattano e Savage nel 1992 ai fini della ricostruzione delle condizioni di inizio movimento di un <i>debris flow</i> a partire dai dati registrati da una o più stazioni idrometrografiche disposte lungo l'alveo di un corso d'acqua. È quindi discussa l'applicazione di tali procedure ad alcuni fenomeni di <i>debris flow</i> italiani e statunitensi.
Conclusioni (c)	Sembra confermata l'ipotesi che il comportamento dei <i>debris flow</i> si presti ad una modellazione tramite equazioni sviluppate per il moto dei fluidi; è però molto dubbio che i <i>debris flow</i> possano considerarsi fluidi newtoniani: probabilmente la componente che si comporta come fluido newtoniano predomina su quella cui meglio si adatta la legge costitutiva di Bingham. L'accordo tra teoria ed esperienza è stato però di tipo qualitativo, fatta eccezione, nel caso del T. Moscardo, per le curve di esaurimento degli idrogrammi alla stazione di valle, non essendo stato necessario manipolare i dati; l'altezza del fronte è stata in questo caso ricavata sulla base dei dati registrati alla prima stazione, delle caratteristiche geometriche dell'alveo e della velocità media del fronte.
Valutazione	Lavoro contestuale, metodologico, dettagliato - Gruppo 3c

Scheda n°	9
Anno	1999
Autore/i	ARATTANO M.
Titolo	Recenti avanzamenti nelle misure di protezione di tipo passivo contro le colate detritiche torrentizie
Edizione	GEAM, Difesa del suolo, marzo 1999, 57-64.
Parole chiave (c)	Colata detritica, sistemi di allertamento, sismografo, velocità del fronte.
Contenuto (a)	<p>Le colate detritiche costituiscono una costante minaccia per numerosi abitati ubicati sul conoide di bacini montani. Anche strade, autostrade, ferrovie ed altre infrastrutture antropiche possono essere esposte al rischio di colate detritiche se si trovano ad interferire con torrenti montani, anche di ridotte dimensioni. Le misure di protezione che possono essere intraprese a riguardo si distinguono in due principali categorie: misure di tipo passivo e misure di tipo attivo. Tra le prime rientrano la mappatura delle aree soggette al pericolo di colata detritica e la realizzazione di sistemi di allertamento ed evacuazione; le misure attive (realizzazione e manutenzione di bacini di deposito, costruzione di briglie e di rivestimenti di sponda, ecc.) in molti casi risultano alquanto onerose e non garantiscono una completa sicurezza, e inoltre per fornire migliori prestazioni devono essere spesso abbinata a misure di tipo passivo (ad esempio sistemi di allertamento). Tuttavia questi ultimi non risultano ancora sufficientemente affidabili e provocano frequenti falsi allarmi che possono renderli inivisi ai responsabili locali della loro gestione e manutenzione. Per realizzare i sistemi di allertamento sono stati utilizzati sensori che misurano le vibrazioni indotte nel terreno dal passaggio delle colate detritiche (geofoni, accelerometri, velocimetri, sensori acustici, idrofoni). Una sistematica raccolta di dati di campagna a questo riguardo ed una loro successiva analisi potrebbe consentire di ridurre la possibilità di falso allarme dovuta all'utilizzo di questi sensori. A tale proposito vengono discussi in questa nota i risultati ottenuti registrando le onde sismiche prodotte dal passaggio di tre colate detritiche in un piccolo bacino attrezzato in rocce scistose delle Alpi Orientali.</p>
Conclusioni (a)	<p>Una rete di quattro sensori sismici posizionati un centinaio di metri l'uno dall'altro lungo la sponda di un torrente sede di colate detritiche ha registrato il passaggio di tre di queste colate nelle estati del 1995 e 1996.</p> <p>Le registrazioni ottenute mostrano come il passaggio di una colata detritica possa essere chiaramente identificato utilizzando sensori sismici posizionati ad una sufficiente distanza dall'alveo. Per uno degli eventi è stato inoltre possibile operare una stima della velocità di propagazione del fronte principale.</p> <p>Lo scopo originario di questo lavoro era quello di capire che tipo di informazioni potessero essere ricavate da sensori sismici, ma i primi risultati appaiono decisamente incoraggianti per future applicazioni dei sismografi sia nel campo del monitoraggio che in quello della mitigazione del rischio da colata detritica.</p>
Valutazione	Lavoro contestuale, procedurale, dettagliato - Gruppo 1

Scheda n°	10
Anno	1997
Autore/i	ARATTANO M., DEGANUTTI A.M. & MARCHI L.
Titolo	Debris flow monitoring activities in an instrumented watershed on the Italian Alps
Edizione	Repr. From Debris Flow Hazard Mitigation: Mechanics, Prediction and Assessment – Proc. I Int. Conf. – Water Res. Eng. Div. / ASCE, August 7-9, 1997, San Francisco, CA, 506-515.
Parole chiave (c)	Debris flow, monitoring activities, hydrographs.
Contenuto (a)	<p>La raccolta di dati di terreno relativi a fenomeni di <i>debris flow</i> è importante per numerosi scopi scientifici e pratici. Tuttavia, <i>debris flow</i> generalmente si verificano con una frequenza abbastanza elevata da creare problemi agli insediamenti umani, ma troppo bassa per un'efficace attività di monitoraggio in grado di fornire una sufficiente quantità di dati in un ridotto intervallo di tempo.</p> <p>Inoltre è anche difficile individuare torrenti montani in cui sia agevole e sicuro installare strumentazioni di monitoraggio. Nel 1984 è stato individuato un piccolo bacino nelle Alpi Orientali, che fosse accessibile e caratterizzato da elevata frequenza di <i>debris flow</i>.</p> <p>Nel 1989 questo bacino è stato attrezzato con un sistema composto di due sensori ultrasonici sul conoide e di un pluviografo nella parte alta del bacino. Dodici eventi di <i>debris flow</i> si sono verificati da allora: qui vengono presentati gli idrogrammi più significativi relativi a quegli eventi, accanto alle curve di precipitazione.</p>
Conclusioni (a)	<p>In questo lavoro vengono presentati i risultati di sette anni di attività di monitoraggio. I dati sperimentali raccolti, accanto a rilievi topografici, analisi granulometriche e <i>tests</i> reometrici costituiscono una base per future ricerche sui <i>debris flow</i> in bacini alpini. La rilevanza di questi dati è enfatizzata dalla difficoltà di raccogliere sistematicamente dati su questo particolare tipo di fenomeno di massa.</p> <p>I risultati mostrano come singoli eventi di <i>debris flow</i> possono avere caratteristiche molto diverse anche se si verificano nello stesso bacino: in particolare le velocità del flusso e le forme degli idrogrammi cambiano in modo sensibile. Queste differenze possono illustrare le difficoltà, connesse con la previsione della pericolosità legata a <i>debris flow</i>, di identificare le condizioni peggiori che si possono verificare in un dato bacino: la massima altezza possibile del fronte, il massimo volume di materiale coinvolgibile, la massima velocità, ecc...</p> <p>I <i>debris flow</i> che si sono verificati negli ultimi anni nel bacino del T. Moscardo hanno avuto <i>magnitudo</i> relativamente basse; tuttavia le scarse proprietà meccaniche delle rocce e i diffusi fenomeni di instabilità presenti nella parte alta dei bacini possono produrre grandi quantità di detrito e causare <i>debris flow</i> di <i>magnitudo</i> molto più elevata in futuro.</p>
Valutazione	Lavoro contestuale, dettagliato - Gruppo 1+3a



Scheda n°	11
Anno	1998
Autore/i	ARATTANO M., GRATTONI P. & MARCHI L.
Titolo	Measuring debris flow surface velocities through video image processing
Edizione	Estr. Hydroinformatics'98, Atti della III Conferenza Internazionale di Idroinformatica 24-26 Agosto 1998, ed. Babovic & Larsen.
Parole chiave (c)	Debris flow, surface velocity, video images.
Contenuto (a)	Questa nota presenta una tecnica basata sull'elaborazione di immagini video per la stima della velocità di superficie di <i>debris flow</i> . Il metodo è stato sviluppato e testato usando immagini registrate in occasione di due <i>debris flow</i> verificatisi in un bacino strumentato delle Alpi Occidentali (T. Moscardo).
Conclusioni (c)	Il confronto tra le velocità del fronte, della prima onda secondaria e della seconda onda secondaria di due eventi verificatisi nel 1996, dedotte dalle immagini video e calcolata grazie ai dati derivanti dai sensori ultrasonici, illustra un'ottima corrispondenza (massimo scarto pari a 0.4 m/s).
Valutazione	Lavoro contestuale, metodologico - <i>Gruppo 3a</i>

Scheda n°	12
Anno	1996
Autore/i	ARATTANO M. & MARCHI L.
Titolo	Il monitoraggio delle colate detritiche nel T. Moscardo (Alpi Carniche): gli eventi dei mesi di giugno e luglio 1996
Edizione	Atti del Convegno Internazionale Alba 1996: "La prevenzione delle catastrofi idrogeologiche: il contributo della ricerca scientifica", Alba (CN), Vol. II, 175-185.
Parole chiave (a)	Colate detritiche, monitoraggio, bacini attrezzati, Alpi Orientali, Italia.
Contenuto (a)	Nelle ricerche sulle colate detritiche i dati sperimentali raccolti in corso di evento presentano notevole interesse per l'interpretazione dei processi e la simulazione degli stessi mediante modelli numerici e fisici. La memoria riferisce in merito a recenti esperienze di misura delle colate detritiche in un torrente delle Alpi Carniche (T. Moscardo, A = 4.1km <sup>2</sup> ). Il sistema di monitoraggio risulta composto di un pluviografo, un set di geofoni installati in sponda destra lungo un tratto d'alveo a monte del conoide alluvionale, quattro sensori ad ultrasuoni installati in tre sezioni del torrente nella parte centrale del conoide ed una telecamera, posizionata in modo da riprendere gran parte dell'alveo fra le prime due stazioni attrezzate con i due sensori ad ultrasuoni (ecometri). Nei mesi di giugno e luglio del 1996 sono state registrate sul T. Moscardo due colate detritiche, a loro volta articolate in diverse pulsazioni. Le immagini video delle colate sono risultate di grande utilità per l'interpretazione dei fenomeni, mentre la contestuale disponibilità dei dati registrati dagli ecometri ha reso disponibile la valutazione delle velocità medie di traslazione del fronte della colata, delle portate al colmo e dei volumi defluiti nel tratto d'alveo attrezzato. Nel lavoro viene fornita una dettagliata descrizione delle colate detritiche registrate, con particolare attenzione alle diverse fasi in cui queste si sono articolate.
Conclusioni (b)	La maggior disponibilità di dati e di informazioni rispetto agli anni passati, con particolare riguardo alle immagini video, pone in evidenza la particolare complessità dei fenomeni oggetto di studio e, almeno per gli eventi del 1996, alcune interessanti peculiarità: la presenza di un'onda liquida che precede il <i>debris flow</i> , il persistere di turbolenze nella massa fluida per gran parte della durata dei fenomeni, l'esistenza nella massa defluente di movimenti trasversali rispetto alla direzione della colata, che caratterizzano i <i>debris flow</i> del T. Moscardo rispetto alle situazioni più note e più frequentemente documentate. I dati registrati hanno reso possibile una stima, sia pur approssimata, dei volumi defluiti e delle portate al colmo; appare significativo che l'evento dell'8 luglio, quello di maggiore entità dall'89, è stato interamente contenuto nel canale di deflusso, ad indicare una relativa stabilità dello stesso. La disponibilità delle immagini video potrà fornire elementi conoscitivi per la scelta degli approcci modellistici più idonei e per la valutazione dei risultati forniti dai modelli stessi.
Valutazione	Lavoro contestuale, dettagliato - Gruppo 1+3a

Scheda n°	13
Anno	1998
Autore/i	ARATTANO M. & MOIA F.
Titolo	Monitoraggio dell'evoluzione e propagazione di una colata detritica lungo un alveo naturale
Edizione	XXVI Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Catania, 9-12 Settembre 1998, 259-270.
Parole chiave (c)	Colate detritiche, sensori sismici, sismogrammi, velocità del fronte, altezza dell'onda, granulometria della colata
Contenuto (a)	<p>In questa memoria vengono presentati i primi risultati di una ricerca relativa all'utilizzo di sensori sismici per il monitoraggio delle colate detritiche (<i>debris flow</i>). Nella primavera del 1996 sono stati installati lungo un tratto d'alveo di un bacino attrezzato dell'Italia Nord-Orientale (T. Moscardo), ad una distanza di un centinaio di metri l'uno dall'altro, quattro geofoni e quattro sismografi. Il conoide di questo torrente era già stato attrezzato nel 1989 con una serie di stazioni idrometrografiche ad ultrasuoni per rilevare il passaggio delle colate detritiche e misurarne la velocità media di propagazione. I sensori sismici sono stati installati più di un chilometro a monte di queste stazioni ad ultrasuoni, più vicino alla testata del bacino in modo da poter eventualmente registrare il momento di innesco delle colate. Durante l'estate 1996 si sono verificati due <i>debris flow</i> entrambi registrati dalle attrezzature sia sismiche che ultrasoniche. Il confronto tra tali registrazioni ha rivelato, per il primo degli eventi verificatisi, una forte similarità tra gli idrogrammi riportati dagli ecometri ed i grafici riportanti la variazione della velocità media di vibrazione del terreno nel tempo misurata dai sismografi. In particolare è stato possibile identificare in entrambi i tipi di grafico il passaggio di un fronte d'onda molto ripido seguito da fronti successivi di minore ampiezza. È stato anche possibile operare una stima delle velocità medie di propagazione di tali fronti d'onda sia in corrispondenza del sito sismico che delle stazioni ultrasoniche.</p>
Conclusioni (b)	<p>Una serie di quattro stazioni sismiche disposte a circa 100 m di distanza una dall'altra lungo un tratto d'alveo del T. Moscardo ha registrato due colate detritiche nel corso dell'estate 1996; il confronto con le registrazioni ottenute da una serie di sensori ultrasonici posti circa un chilometro più a valle ha consentito un interessante raffronto tra i due tipi di risultato.</p> <p>Gli esperimenti condotti nel Moscardo hanno dimostrato che una significativa vibrazione del terreno viene registrata dai sismografi solo quando il <i>debris flow</i> è giunto sufficientemente vicino al punto in cui sono posizionati i sismografi; l'intervallo di tempo tra la registrazione ai diversi sensori è risultata dunque pari al tempo richiesto alla colata per propagarsi lungo il tragitto che li separa. Ciò ha reso possibile una stima della velocità media del fronte e di alcune onde secondarie (evento del 22 giugno 1996), che è stata messa a confronto con i dati ricavati dai sensori ultrasonici, evidenziando che i grafici relativi a velocità di vibrazione o altezza del fronte in funzione del tempo sono confrontabili per forma e principali caratteri peculiari. Si deduce una dipendenza della velocità media di vibrazione del terreno dall'altezza della colata e dalla sua granulometria.</p> <p>È stato inoltre possibile confrontare i valori delle velocità ottenuti con i due tipi di sensore: il fronte principale ha subito una diminuzione di velocità scendendo verso valle, mentre le onde secondarie hanno mantenuto velocità circa costante.</p> <p>Per l'evento dell'8 luglio, per il quale la corrispondenza tra dati sismici e ultrasonici è risultata inferiore, è stata fondamentale per l'interpretazione dei dati l'esperienza precedente.</p>
Valutazione	Lavoro contestuale, dettagliato - Gruppo 1+3a



Scheda n°	14
Anno	1996
Autore/i	ARMANINI A.
Titolo	Colate di detriti
Edizione	Rapporto di lavoro dell'Istituto Geologico della Repubblica e Cantone del Ticino, n°8, novembre 1996.
Parole chiave (c)	Colata detritica, conoide alluvionale, rischio.
Contenuto (c)	<p>Le colate di detriti sono caratterizzate da ricorrenza temporale assai rara; affinché si verifichino sono necessari due fattori: la disponibilità di quantità sufficienti di materiale e la realizzazione di eventi meteorici eccezionali capaci di movimentarli.</p> <p>Vengono descritte dettagliatamente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- le condizioni idrologiche di innesco di una colata,</li> <li>- le condizioni di stabilità di un ammasso granulare,</li> <li>- le caratteristiche generali del moto di una colata (uniforme, secondo la teoria delle pressioni dispersive di Bagnold),</li> <li>- il profilo del fronte della colata,</li> <li>- la portata di picco di una colata (metodo volumetrico e metodo del collasso di una diga naturale),</li> <li>- le condizioni di arresto di una colata: check-list secondo il modello Aulitzky (1980) per la valutazione del grado di rischio da colata del conoide, valutazione analitica semplificata della zona di arresto di una colata secondo Takahaschi (1981).</li> </ul>
Conclusioni (c)	<p>A valle dell'esame degli studi ripresi da letteratura e dell'esperienza acquisita in materia viene riportata la procedura Aulitzky (1980, II parte) per la valutazione del rischio potenziale che si verifichino colate detritiche torrentizie nel bacino in funzione di:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- danni causati nel territorio da eventi passati;</li> <li>- precipitazione giornaliera massima potenziale;</li> <li>- localizzazione e volume potenziale della colata nell'area sorgente del bacino;</li> <li>- ruolo della vegetazione e degli alberi all'interno della colata;</li> <li>- contenuto potenziale del suolo e materiale di superficie.</li> </ul>
Valutazione	Lavoro generale, procedurale, sintetico – Gruppo 3a

Scheda n°	15
Anno	1999
Autore/i	ARMANINI A.
Titolo	Dinamica delle colate di detriti
Edizione	Atti del Convegno "Previsione e prevenzione di movimenti franosi rapidi", Trento, 17-19 Giugno 1999, Pubbl. Associazione Georisorse e Ambiente, Torino, 207-221.
Parole chiave (c)	Colata detritica, innesco, moto, portata, portata di picco, modello matematico.
Contenuto (c)	In questo lavoro vengono trattati metodi quantitativi di valutazione dei parametri fisici coinvolti in particolari fenomeni di trasporto di massa (colate di detriti o colate di fango a seconda della composizione granulometrica del flusso); in particolare vengono discusse le condizioni di innesco di una colata in funzione della stabilità dell'ammasso granulare, le caratteristiche generali del moto (teoria delle pressioni dispersive di Bagnold) e vengono proposte valutazioni della portata di una colata e della portata di picco calcolata con il metodo volumetrico. Infine si riportano modelli matematici delle colate di detrito con uno schema di fluido omogeneo e schemi di miscele bifase.
Conclusioni (c)	<p>L'analisi di eventi verificatisi in diverse condizioni ha dimostrato che le colate si manifestano dopo una pioggia di intensità eccezionale che segue una pioggia di lunga durata; in una determinata area le colate di norma si verificano quando l'intensità della pioggia immediatamente precedente supera un determinato valore critico. I valori critici di pioggia dipendono ovviamente dalle caratteristiche geometriche, geologiche e morfologiche dell'ammasso granulare e del substrato su cui esso poggia. Naturalmente per l'innesco di un fenomeno di colata si deve verificare contemporaneamente la presenza di un ammasso di detriti sufficientemente profondo.</p> <p>Takahashi (1978) introduce la teoria della stabilità di ammassi di materiali sciolti per lo studio dell'innesco delle colate di detriti, in funzione dell'angolo di resistenza al taglio del materiale, di valori di concentrazione e densità dell'ammasso, del tirante idrico e di caratteristiche dei granuli (dimensioni, forma, disposizione nell'ammasso); per materiali lapidei non coesivi i valori di pendenza per cui si ha instabilità sono generalmente compresi tra <math>23^{\circ}51'</math> e <math>15^{\circ}9'</math>. Una volta innescato, il movimento può scendere su pendenze anche inferiori a <math>15^{\circ}9'</math>, mentre per pendenze inferiori a <math>3^{\circ}</math> si arresta comunque.</p> <p>Per quanto riguarda la valutazione della portata di una colata, dalle equazioni del bilancio di massa delle fasi liquida e solida si evince che la velocità del fronte deve essere inferiore a quella della coda e quindi la colata tende ad allungarsi procedendo verso valle.</p> <p>Per il calcolo della portata di picco i metodi più diffusi in letteratura sono il metodo volumetrico ed il metodo del <i>dam break</i>.</p> <p>In letteratura vengono proposti due tipi di modelli matematici per la simulazione di colate di detrito: nello schema più semplice la colata viene trattata come un fluido omogeneo del quale viene prescritta una particolare legge reologica; in uno schema più elaborato si cerca di trattare separatamente le fasi solida e liquida che compongono la colata.</p>
Valutazione	Lavoro generale, analitico, dettagliato - Gruppo 1+3c



Scheda n°	16
Anno	1993
Autore/i	ARMANINI A., DE COL R., DELLAGIACOMA F. & NARDIN M.
Titolo	Proposta di valutazione del rischio da debris-flow nei centri abitati del Trentino
Edizione	Studi Trentini Scienze Naturali, Vol. 68, Acta Geologica, pp. 271-282.
Parole chiave (a)	Geomorfologia, colate di detriti, rischio idrogeologico, Trentino, Italia.
Contenuto (a)	Vengono analizzati i criteri per l'analisi dei <i>debris flow</i> ed in seguito proposto un certo numero di schede finalizzate alla creazione di un <i>data-base</i> per la classificazione delle aree urbanizzate soggette a rischio di <i>debris flow</i> .
Conclusioni (c)	<p>La scheda informativa per la documentazione degli eventi passati verificatisi in Provincia di Trento andrà successivamente a formare una banca dati che integrerà le banche dati in corso d'attuazione per la mappatura dei rischi naturali. Si è tenuto conto del fatto che si possiede una descrizione qualitativa abbastanza retrodatata degli eventi di <i>debris flow</i> più importanti verificatisi nelle zone antropizzate; l'indagine storica sta infatti alla base della preparazione delle schede, così strutturate (la zona relativa al dissesto viene rilevata e memorizzata sulla base del rilievo in scala 1:10.000):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- scheda generale SB1 (appartenente al data base frane) dalla quale si ricava l'ubicazione del dissesto, i centri abitati, i torrenti che coinvolge,...</li> <li>- scheda base SB2 contenente informazioni geologiche, per individuare tipologia dissesto (es. colata detritica) all'interno della banca dati generale;</li> <li>- scheda SB3 relativa a generalità e stato attuale del dissesto (dimensioni, età, ecc...);</li> <li>- schede Sdb1a,b,c,...relative a ricostruzione di eventi passati, corredate da dati idrologici delle stazioni a disposizione;</li> <li>- schede Sdb2a,b,c,...relative alle caratteristiche morfologiche e geologiche;</li> <li>- schede Sdb3-Sdb15 relative ad effetti in termini di danni alle strutture e ai centri abitati (opere longitudinali e trasversali danneggiate e opere puntuali: opere spondali, briglie, opere di presa, repellenti, cunettoni, edifici...);</li> <li>- schede Sdb16-Sdb19 contenenti informazioni sulla zona di arresto: morfologia della zona di deposito, eventuali danni;</li> <li>- scheda Sdb20 relativa ai dati geologici del deposito.</li> </ul> <p>Tutte queste schede sono collegate con una banca dati grafica C.A.D. contenente i disegni della geometria delle opere e i rilievi dei profili del torrente.</p>
Valutazione	Lavoro generale, metodologico, dettagliato - Gruppo 1

Scheda n°	17
Anno	1980
Autore/i	AULITZKY H.
Titolo	Preliminary two-fold classification of torrents
Edizione	Int. Symp. Interpraevent 1980, Bad. Ischl., Austria 4, 285-309.
Parole chiave (c)	Basin, alluvial fan, torrent-index, risk.
Contenuto (c)	<p>Nella prima parte della classificazione, che riguarda il comportamento dei torrenti in conoide o nella parte bassa dei bacini, sono individuate quattro classi differenziate sulla base dei danni potenziali causati da torrenti con <i>debris flow</i>, torrenti con <i>debris flood</i>, torrenti con trasporto di fondo e torrenti di piena.</p> <p>La seconda parte della classificazione, che procede per distinzioni progressive, differenzia i torrenti in primo luogo sulla base dell'azione della portata superficiale (ruscellamento) e della portata legata a rottura di sbarramenti, trattando separatamente i torrenti speciali (distinti in valanghe di neve-detrito, torrenti di ghiacciaio, torrenti legati a terremoti) e torrenti compositi. Un'ulteriore grado di distinzione separa i torrenti che erodono in profondità da quelli che erodono lateralmente e anche tra torrenti condizionati da influenze strutturali e antropiche. Al livello più basso di differenziazione sono distinti i torrenti che scorrono in alveo naturale, torrenti con alveo indotto ma che possono erodere lateralmente e torrenti con alveo completamente indotto.</p> <p>La classificazione consente correlazioni con la zonazione del rischio e con la progettazione di interventi di difesa. La classificazione è applicabile anche al di fuori del contesto alpino.</p>
Conclusioni (c)	<p>La classificazione genetica dei torrenti proposta da Aulitzky è basata sull'esperienza e sarà probabilmente soggetta in futuro a ulteriori correzioni e perfezionamenti. Ciononostante sembra che l'utilizzo di categorie di movimenti di detrito (<i>debris flow</i>, <i>debris flood</i>, trasporto di fondo e piena torrentizia) costituiscano un approccio adeguato.</p> <p>In coda viene proposta una metodologia che conduce alla differenziazione delle aree di conoide sulla base della pericolosità da processi torrentizi fornendo un "indice di torrenzialità" (prime sei domande, dedicate a caratteristiche morfologico-vegetazionali del conoide) e alla caratterizzazione della tipologia di torrente (ulteriori cinque domande).</p>
Valutazione	Lavoro metodologico, analitico, molto dettagliato - Gruppo 2b.

Scheda n°	18
Anno	1989
Autore/i	AULITZKY H.
Titolo	The debris flows of Austria
Edizione	Bulletin of International Association of Engineering Geology, n°40, 5-13.
Parole chiave (c)	Debris flows, alluvial fan, flow velocity, discharge, hazard maps.
Contenuto (b)	Le condizioni topografiche, geologiche e idrogeologiche delle Alpi Orientali determinano la variabilità delle possibilità d'innesco di fenomeni di <i>debris flow</i> in Austria. Per esempio massi sciolti, che sono nella maggior parte dei casi depositi morenici ad alta quota, causano sovente disastri negli stati federali occidentali dell'Austria per fenomeni di <i>debris flow</i> . L'intensità delle precipitazioni raggiunge records mondiali nel settore sudorientale delle Alpi (600-670 mm in due ore e mezza). Lungo il bordo settentrionale e meridionale le precipitazioni giornaliere raggiungono i 200-250 mm. I volumi di deposito prodotti dalle colate vanno da 100.000 a 1.000.000 di m <sup>3</sup> . La morfologia dei conoidi fornisce indicazioni sul tipo di colata e sul rischio di impatto. Dall'esame della morfologia della colata è possibile inoltre calcolare la velocità della colata.
Conclusioni (a)	La struttura a falde della Alpi è di recente formazione e molti depositi morenici alle alte quote forniscono un gran numero di sorgenti di detrito. La combinazione di queste con l'elevata intensità di precipitazione comporta che l'area montuosa austriaca sia da considerare pericolosa per quanto riguarda i <i>debris flow</i> . I conoidi possono essere considerati come biglietti da visita del tipo di torrente coinvolto: torrenti caratterizzati da trasporto di fondo di materiale esclusivamente fine sviluppano solo un cono a bassa pendenza, mentre con l'aumento del contenuto in grossi blocchi e ciottoli sul fondo l'inclinazione del conoide aumenta in modo corrispondente. Viene applicata, con risultati soddisfacenti, la formula di Hampel basata su osservazioni di terreno, modellazioni teoriche e sulla correlazione tra i valori di <i>magnitudo</i> calcolati e osservati in 188 casi in Tirolo. Hampel tuttavia restringe il campo di applicazione alle aree alpine interne e a conoidi con inclinazione > 4%. Per quanto riguarda la delimitazione del rischio nelle regioni Alpine, sembra utile distinguere due tipologie di fenomeno: 1) <i>debris flow</i> (alte velocità e potere distruttivo, leggi dell'idraulica non valide) e 2) <i>debris flood</i> (una miscela perfetta di solidi acqua e tronchi d'albero per la quale sono valide le suddette leggi).
Valutazione	Lavoro contestuale, analitico - Gruppo 1

Scheda n°	19
Anno	1995
Autore/i	BARISONE G., BOTTINO G. & CRIVELLARI R.
Titolo	Studio e modellizzazione di una colata detritica connessa con l'evento alluvionale del 5-6 novembre 1994 nell'Anfiteatro Morenico di Ivrea
Edizione	Il I.M.Y.R.A.G. Peveragno (Italia), 1995, sez. A, 13-18.
Parole chiave (c)	Evento alluvionale, debris flow, modellazione, soglie pluviometriche, carte della pericolosità.
Contenuto (b)	<p>Come conseguenza dell'evento alluvionale del novembre 1994, nell'Anfiteatro Morenico d'Ivrea si sono verificati numerosi fenomeni franosi di diversa tipologia: tra questi sono di particolare importanza per numero, pericolosità ed entità dei danni i <i>debris flow</i>. Questi dissesti sono risultati alimentati da frane innescatesi nei depositi glaciali, alla testata di piccoli impluvi che puntano direttamente sui centri abitati.</p> <p>Lo studio qui presentato è incentrato sul fenomeno di <i>debris flow</i> che si è verificato a Bienca (Chiaverano); questo sito, sebbene l'evento sia stato di modesta entità, può essere considerato rappresentativo della zona per le sue caratteristiche litologiche, morfologiche e topografiche.</p> <p>Lo scopo di questo lavoro è quello di fornire un primo contributo per la modellizzazione di questo <i>debris flow</i> utilizzando un modello matematico ricavato dalla letteratura e modificato in modo da renderlo idoneo al contesto litologico e morfologico dell'area esaminata.</p> <p>Successivamente, attraverso lo studio idrologico e l'individuazione delle soglie pluviometriche che hanno dato origine ai dissesti e sulla base della modellizzazione dei fenomeni, si giungerà alla valutazione del rischio ed alla stesura di carte della pericolosità.</p>
Conclusioni (a)	<p>Questa metodologia, messa a punto per la stima delle aree invase da fenomeni di colate detritiche, ha permesso di calcolare dei valori di estensione longitudinale e di area invasa ottenendo dei risultati confrontabili con quelli reali misurati in sito. I limiti del metodo sono identificabili con il fatto che molte delle relazioni utilizzate sono state ricavate in seguito a sperimentazioni di laboratorio, con materiali di caratteristiche fisiche controllate, senza tenere conto della grande variabilità di litologia e granulometria dei materiali naturali.</p> <p>In base alle considerazioni espone, lo studio intende proseguire mettendo a punto un procedimento che meglio consenta di stimare i parametri necessari a calcolare il valore di <math>X_L</math>, tenendo conto delle caratteristiche litologiche, fisiche e granulometriche del materiale considerato. Si intende inoltre procedere con un più approfondito studio idrologico che consenta di individuare una soglia pluviometrica da potersi ritenere indicativa per l'innescio del fenomeno di crollo che origina il trasporto detritico.</p>
Valutazione	Lavoro contestuale, metodologico, esplicativo - Gruppo 3c

Scheda n°	20
Anno	1990
Autore/i	BENDA L.E. & CUNDY T.W.
Titolo	Predicting deposition of debris flows in mountain channels
Edizione	Canadian Geotechnical Journal, 27, 409-417
Parole chiave (a)	Debris flow, deposition, travel, erosion.
Contenuto (a)	Viene sviluppato un modello empirico per la previsione della deposizione di <i>debris flow</i> a tessitura grossolana in torrenti montani canalizzati, sulla base di misure di terreno di quattordici <i>debris flow</i> nel Pacific Northwest, U.S.A. Il modello usa due criteri per stabilire dove può avvenire deposizione: la pendenza del canale (inferiore a 3.5°) e l'angolo di confluenza dei tributari (maggiore di 70°). Il modello è testato sulla distanza percorsa da quindici <i>debris flow</i> nell'Oregon Coast Range e sei <i>debris flow</i> nelle Washington Cascades, U.S.A. Il modello è ulteriormente stato testato su quarantaquattro <i>debris flow</i> in due contesti litologici nell'Oregon Coast Range usando foto aeree e carte topografiche; per questi flussi sono note distanze percorse solo approssimative. Il modello può essere utilizzato dai ricercatori per identificare il potenziale d'impatto di <i>debris flow</i> .
Conclusioni (c)	Il modello empirico qui presentato permette di prevedere distanze percorse e siti di deposizione di <i>debris flow</i> che si verificano in torrenti canalizzati dell'Oregon Coast Range, sulla base dell'analisi delle cartografie disponibili e di fotointerpretazione. Può essere utilizzato da ingegneri e pianificatori per distinguere e zonare le aree a rischio. Inoltre il modello può essere utilizzato da geomorfologi come ausilio per prevedere erosione e deposizione di torrenti montani caratterizzati dalla presenza di materiale grossolano. Il modello dovrebbe essere testato e calibrato prima di essere usato in aree diverse.
Valutazione	Lavoro contestuale, metodologico, esplicativo, dettagliato - Gruppo 3c



Scheda n°	21
Anno	1997
Autore/i	BÉROD D. D.
Titolo	Processus météorologiques et hydrologiques – quantification de la crue de projet – mise en application des méthodes hydrologiques
Edizione	Univ. Europ. d’Eté sur les Risques Naturels, Risques Torrentiels: érosion et crues, S. Niklas (Valais, Suisse), 8-13 Septembre 1997.
Parole chiave (a)	Crue de projet, donnés de base, critères de choix, méthodes hydrologiques.
Contenuto (a)	<p>Sono disponibili molti metodi per il calcolo delle piene di progetto. La scelta e l'utilizzo devono essere attuati attentamente, in modo da limitare l'errore e di incrementare la fattibilità del risultato.</p> <p>I passi principali sono: acquisizione dati, scelta di un metodo, stima dei parametri, controllo e validazione, stima della piena di progetto. L'acquisizione dati comprende la raccolta, il controllo statistico e la formattazione. La scelta del metodo idoneo dipende da diversi criteri, che includono: oggetto di studio, disponibilità di dati e familiarità dell'operatore. La stima dei parametri comprende, quando possibile, calibrazione e validazione; un passo importante nei metodi relativi alla piena di progetto sono un'analisi di sensitività e un metodo di confronto.</p>
Conclusioni (a)	<p>L'applicazione di metodi idrologici comprende numerosi aspetti poco gratificanti, a causa del notevole grado di incertezza. La decisione più importante è quella di stabilire se sia o meno il caso di effettuare un'analisi idrologica. Quando sia presa questa decisione, è necessario grande rigore: nella maggior parte dei casi le lave calcolate una volta servono come giudice per altri progetti simili, senza prestare attenzione alle ipotesi di partenza. Si tratta ugualmente di tenere a mente tutte le imprecisioni generate nel corso del lavoro, al fine di relativizzare i risultati.</p>
Valutazione	Lavoro generale, analitico - Gruppo 1

Scheda n°	22
Anno	2000
Autore/i	BIANCO G. & FRANZI L.
Titolo	Estimation of debris-flow volumes from storm events
Edizione	Debris-Flow Hazards Mitigation: Mechanics, Prediction and Assessment, Wieczorek & Naeser (eds), Balkema, Rotterdam, ISBN 90 5809 149 X, 441-448.
Parole chiave (c)	Debris flow, volume of solid material, observed values, computed values, functional relationship, mathematical expression.
Contenuto (a)	<p>Il presente lavoro è un contributo per la corretta formulazione del problema della determinazione del volume totale di materiale solido, che, dopo essere stato mobilizzato come <i>debris flow</i>, si deposita in conoide durante un singolo evento eccezionale di pioggia. L'articolo è costituito da due parti. Nella prima parte è rivista la conoscenza sul tema e sono individuate le principali variabili ed i principali parametri coinvolti (incluso l'indice pluviometrico relativo alle precipitazioni eccezionali) in modo da proporre una relazione funzionale tra queste variabili per la previsione dei volumi di detrito. Nella seconda parte è fornita un'espressione matematica, dalla quale ricavare l'ordine di grandezza della <i>magnitudo</i> dei volumi solidi che si depositano in conoide durante un singolo evento eccezionale a partire dalle variabili e dai parametri dai quali il fenomeno dipende.</p>
Conclusioni (a)	<p>Viene proposta una formula razionale per la stima dei volumi di detrito che possono depositarsi in conoide.</p> <p>Nella prima parte viene presentato lo stato delle conoscenze attuali sul tema ed è stata evidenziata la necessità che gli strumenti di previsione tengano conto dello stato fisico del suolo e dell'influenza delle precipitazioni. È stata proposta la formula per ricavare l'indice pluviometrico I.P, che tiene sinteticamente conto delle caratteristiche degli eventi di pioggia antecedenti e delle condizioni di saturazione del bacino, attraverso l'esame delle precipitazioni precedenti all'evento.</p> <p>Nella seconda parte si è ricavata una relazione analitica che fornisce un <i>range</i> sufficientemente accurato di possibili volumi di detrito, attraverso l'utilizzo delle principali variabili dalle quali il fenomeno dipende.</p> <p>Poiché la formula proposta è stata ricavata da dati relativi a Piemonte, Val d'Aosta, Valtellina e Trentino, si rende necessaria una specifica calibrazione per l'utilizzo in regioni differenti, in modo da ottenere stime più accurate. La calibrazione ovviamente richiede un campione di dati.</p>
Valutazione	Lavoro procedurale, analitico, dettagliato - Gruppo 3b

Scheda n°	23
Anno	1999
Autore/i	BOLLEY S. & OLIARO P.
Titolo	Analisi dei <i>debris flows</i> in alcuni bacini campione dell'Alta Valle di Susa
Edizione	GEAM, Difesa del suolo, marzo 1999, pp. 69-74.
Parole chiave (c)	Metodologia, analisi di stabilità, analisi granulometrica, soglie di innesco, analisi idrologica.
Contenuto (a)	<p>Si illustrano la metodologia applicata ed i risultati ottenuti dallo studio dei bacini idrografici dei torrenti Rho, Perilleux, Champeyron e Marderello, situati in Val di Susa, periodicamente interessati da fenomeni di <i>debris flow</i>, colate di detrito che si propagano lungo l'asta torrentizia con velocità che raggiungono la decina di metri al secondo. Sono state individuate ed analizzate, nell'ambito di caratteristiche morfologiche piuttosto diversificate e tuttavia comuni alla maggior parte dei bacini dell'arco alpino, le cause predisponenti ed i fattori di potenziale innesco del fenomeno.</p> <p>Come è stato dimostrato da diversi autori (Wilson &amp; Wieczorek, 1995) esistono eventi pluviometrici critici che, in determinate condizioni geomorfologiche, possono determinare l'innesco di dissesti di vario tipo ed in particolare di colate di detrito. Lo studio dei fenomeni di <i>debris flow</i>, dalla genesi ed evoluzione degli stessi alla deposizione del materiale detritico nel fondovalle, deve pertanto comprendere l'analisi delle caratteristiche geomorfologiche, geotecniche, idrologiche ed idrauliche dell'intero bacino idrografico che è causa del fenomeno e ne subisce gli effetti.</p>
Conclusioni (c)	<p>Al fine di condurre uno studio per quanto possibile completo dei fenomeni di colata detritica, dalla genesi ed evoluzione delle stesse alla deposizione del materiale detritico nel fondovalle, si è proceduto alle seguenti fasi: 1) analisi geologico-morfologica del bacino con: 1a) analisi granulometrica dei materiali presenti nella colata e 1b) analisi di stabilità dei versanti instabili con stima del volume di materiale potenzialmente in grado di alimentare il trasporto solido del torrente; 2) elaborazione statistica dei dati pluviometrici con determinazione delle curve di possibilità climatica con determinazione delle soglie di innesco dei <i>debris flow</i>; 3) analisi idrologica con: 3a) determinazione portate di massima piena e 3b) valutazione del trasporto solido.</p> <p>Vengono presentati i risultati della metodologia sui quattro bacini esaminati, con indicazione delle soglie di innesco valide per ogni bacino e del quantitativo di materiale potenzialmente erodibile stimato nel corso dell'analisi (valori compresi tra 1.150.000 m<sup>3</sup>/anno per il T. Champeyron e 32.500.000 m<sup>3</sup>/anno per il T. Rho)</p>
Valutazione	Lavoro contestuale, metodologico, procedurale, esplicativo - Gruppo 3a+3b



Scheda n°	24
Anno	1998
Autore/i	BOTTINO G. & CRIVELLARI R.
Titolo	Analisi di colate detritiche connesse con l'evento alluvionale del 5-6 novembre 1994 nell'Anfiteatro Morenico di Ivrea
Edizione	Atti del Convegno "Rischio idrogeologico, opere di difesa ed uso del territorio nel Canavese", Ivrea, 8-9 Maggio 1998, 35-45.
Parole chiave (c)	Volume del conoide, velocità della colata, modellazione cinematica, soglie d'innesco, caratteristiche geotecniche dei materiali.
Contenuto (a)	Lo studio è stato condotto su otto impluvi interessati da <i>debris flow</i> durante l'evento del 1994, selezionati come significativi per la sperimentazione di una metodologia a carattere generale, basata sul confronto tra le indagini <i>in situ</i> (geomorfologiche, geotecniche e topografiche), prove di laboratorio, serie storiche delle precipitazioni e dei fenomeni con i risultati della modellizzazione fisico-matematica, ottenuta applicando alcuni fra i più consolidati modelli proposti dai vari A.A.
Conclusioni (b)	<p>Per tutti i casi esaminati, tranne che per il T. Assa, sono state ben individuate le tre zone, rispettivamente di formazione, di movimentazione e di deposito, i cui rilievi topografici di dettaglio hanno fornito come media delle inclinazioni rispettivamente 26°, 20° e 9°.</p> <p>Il volume dei conoidi detritici formati e l'area di impluvio del bacino sono inoltre risultate ben correlabili fra loro e ben confrontabili con le relazioni fornite dalla letteratura.</p> <p>Certamente l'estrema variabilità di alcuni dati, con la conseguente variabilità di alcuni risultati e correlazioni ricavate sottolineano la validità ristretta ad aree omogenee geomorfologicamente e climatologicamente di tale correlazioni.</p> <p>Dinamicamente la stima indiretta della velocità, basata sull'osservazione delle tracce lasciate <i>in situ</i> dalle colate, ha confermato i valori calcolati sulla base di alcuni relazioni empiriche, indicando la rapidità evolutiva dei fenomeni, mediamente variabili fra i 5 e i 10 m/s.</p> <p>È stato possibile individuare delle soglie d'innesco, in funzione del quantitativo di pioggia antecedente il dissesto, a fornire un limite ben preciso per l'innesco delle colate detritiche a scala locale che, associato ad un opportuno sistema di monitoraggio, può consentire un sistema efficace per il riconoscimento di potenziali situazioni di pericolo.</p> <p>L'utilizzo dei parametri fisico-geotecnici, infine, è risultato di fondamentale importanza per l'individuazione di alcune caratteristiche dei <i>debris flow</i>, utilizzabili per una corretta azione preventiva nei confronti di questo tipo di fenomeno.</p> <p>Lo studio tramite prove <i>in situ</i> e di laboratorio e l'applicazione dei risultati di tali misurazioni alla modellizzazione dei fenomeni dovrà essere applicata a situazioni geologiche e morfologiche diversificate (aree collinari, montuose) allo scopo di meglio definire sia la tipologia che le metodologie di rilevamento dei dati.</p> <p>L'esperienza maturata con il presente studio vuole quindi, oltre che fornire elementi per l'analisi e l'interpretazione dei fenomeni avvenuti nel novembre '94, portare ad una migliore definizione delle metodologie di indagine per lo studio di materiali che sono indubbiamente molto complessi e quindi difficilmente misurabili e parametrizzabili.</p>
Valutazione	Lavoro contestuale, metodologico, dettagliato - Gruppo 3b

Scheda n°	25
Anno	1996
Autore/i	BOTTINO G., CRIVELLARI R. & MANDRONE G.
Titolo	Eventi pluviometrici critici e dissesti: individuazione delle soglie di innesco di colate detritiche nell' Anfiteatro Morenico di Ivrea
Edizione	Atti del Convegno Internazionale Alba 1996 "La prevenzione delle catastrofi idrogeologiche: il contributo della ricerca scientifica", Alba (CN), Vol. II, 201-210.
Parole chiave (a)	Eventi meteorici, soglie d' innesco, debris flow, Ivrea, Italia.
Contenuto (b)	<p>Lo scopo di questo lavoro è quello di fornire un contributo all'individuazione delle soglie pluviometriche che, accanto ai caratteri morfologici, sono responsabili dell' innesco di fenomeni di dissesto; esiste, infatti, una stretta relazione tra gli episodi meteorici critici e l' innesco di colate detritiche. D'altronde il meccanismo di rottura del singolo caso di dissesto dipende dalle specifiche condizioni al contorno che si vengono a realizzare nel pendio interessato dalla situazione di disequilibrio. Per questo motivo in genere, a causa della grande variabilità delle condizioni geologiche ed idrogeologiche dei pendii, è di norma impossibile individuare delle relazioni empiriche tra piogge critiche e dissesti valide al di fuori di contesti regionali limitati, contraddistinti da una certa omogeneità di condizioni geologiche, idrologiche e meteorologiche.</p> <p>L'analisi di questi dissesti, che si sono manifestati inizialmente come scivolamenti e/o crolli rapidamente evoluti in colamenti incanalati entro incisioni torrentizie d'ordine inferiore, si è basata sullo studio delle "piogge critiche" ed ha avuto come obiettivo l'individuazione e la valutazione delle caratteristiche di precipitazione meteorica che portano all' innesco di estesi fenomeni di instabilità dei versanti di una certa area, con conseguente notevole trasporto di materiale solido a valle. Sulla scorta dei dati riferiti ad eventi passati è stato possibile infine individuare la relazione che lega, per l' area esaminata, l'intensità e la durata delle precipitazioni responsabili dell'attivazione delle colate detritiche.</p>
Conclusioni (c)	<p>Le colate verificatesi nell' Anfiteatro Morenico d' Ivrea sono risultate alimentate da frane in depositi glaciali alla testata di piccoli impluvi. Si è cercato di individuare le soglie pluviometriche che, associate alla morfologia dei siti, hanno innescato i fenomeni di dissesto: sulla scorta dei dati riferiti ad eventi passati si è individuata la relazione tra intensità e durata delle precipitazioni responsabili dell' attivazione delle colate detritiche.</p> <p>Vengono riportate due curve che definiscono la soglia di franosità per l' area studiata, che tengono conto dell' entità delle precipitazioni cumulate (PMA maggiore o minore del 14%) e che esprimono l' intensità (mm/h) in funzione della durata della precipitazione (h).</p> <p>Riguardo ai processi di dissesto sono risultate particolarmente significative le intense precipitazioni registrate nell' ambito delle 24 h: analizzando la situazione dal 1965 al 1994 si può notare l' esistenza di picchi molto accentuati ai quali corrispondono altezze pluviometriche considerevolmente superiori rispetto alla media dei massimi giornalieri che hanno arrecato gravi danni ai versanti e ai bacini montani: ciò sottolinea la validità di tale indicatore pluviometrico.</p> <p>L' evento del novembre 1994 assume però carattere di eccezionalità non tanto se si considerano le piogge cadute tra il 4 ed il 6 novembre (Tr tra 50 e 100 anni), ma per l' entità delle precipitazioni cumulate nei cinque giorni antecedenti (Tr tra 100 e 200 anni): ciò evidenzia la notevole importanza delle piogge antecedenti l' evento.</p>
Valutazione	Lavoro contestuale, procedurale, esplicativo - Gruppo 3b

Scheda n°	26
Anno	1993
Autore/i	BOTTINO G. & MANDRONE G.
Titolo	Metodologia per la cartografia del rischio connesso alla stabilità dei versanti in aree alpine
Edizione	Atti del II Convegno Internazionale di Geoidrologia, Firenze 1993
Parole chiave (c)	Rischio, pericolosità, vulnerabilità, antropizzazione.
Contenuto (a)	<p>Il lavoro risponde alla necessità emersa, a seguito di diverse esperienze di studio, di mettere a punto una metodologia specifica che, partendo dalle numerose proposte elaborate sia a livello internazionale che nazionale, adatti le stesse per renderle più idonee a definire le condizioni di rischio in questi contesti. La metodologia messa a punto per la descrizione delle caratteristiche di pericolosità e rischio è stata tarata in zone limitate e poi adottata in situazioni più complesse quali le frane di crollo con evoluzione a valanga di detrito o <i>debris flow</i>. A causa della disomogeneità del contesto morfologico non è stata eseguita la discretizzazione del territorio per maglie quadrate ma sono state individuate singole strutture, o gruppi di elementi potenzialmente a rischio e su di esse è stata condotta in maniera specifica l'analisi del rischio. La necessità di rendere confrontabili le valutazioni del rischio, condotte in aree sovente distanti tra loro e non omogenee, è stata risolta con l'applicazione, ai diversi parametri caratterizzanti la pericolosità, la vulnerabilità e l'antropizzazione, di coefficienti numerici funzione della grandezza e dell'importanza dei parametri stessi pesati in modo da rispettare semi-quantitativamente le loro caratteristiche al fine di uniformare il grado di analisi di situazioni diverse. Il dimensionamento dei vari parametri è stato effettuato in modo quantitativo o semiquantitativo, articolato in classi, la cui ampiezza segue una progressione esponenziale.</p>
Conclusioni (a)	<p>Partendo dalle numerose esperienze riguardanti la metodologia di realizzazione di carte della pericolosità e del rischio e dallo studio diretto di alcuni casi significativi di fenomeni franosi, si è messa a punto una metodologia espressamente finalizzata ad ottenere una microzonazione del rischio per aree comprese all'interno delle vallate alpine.</p> <p>Gli aspetti più significativi della metodologia proposta sono:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>valutazione dei vari fattori che definiscono la pericolosità, la vulnerabilità e l'antropizzazione espressa prevalentemente in forma semiquantitativa;</li> <li>parametrizzazione dei differenti fattori tramite valori numerici, che a seconda dei casi hanno valore moltiplicativo o riduttivo;</li> <li>possibilità di gestire il grande numero di dati, sia di base che derivati dai successivi passaggi dell'elaborazione, attraverso l'utilizzo di GIS;</li> <li>ricostruzione, nel caso di fenomeni complessi, del concatenarsi dei rischi nel tempo, in funzione dell'evolversi della pericolosità, secondo determinati scenari elaborati tramite l'analisi a ritroso e la modellizzazione delle condizioni attuali dei versanti;</li> <li>calcolo del rischio complessivo, somma dei rischi legati ai differenti fenomeni, geneticamente interconnessi tra loro.</li> </ul> <p>Il calcolo del rischio e l'elaborazione di una serie di cartografie tematiche ad esso relative, può costituire la base di partenza per la procedura di gestione sia di imposizione di vincoli territoriali che per la scelta della tipologia di sistemi di monitoraggio ed interventi, che, infine, per la operatività in caso di eventuali emergenze o calamità.</p>
Valutazione	Lavoro contestuale, metodologico, dettagliato - Gruppo 2c

Scheda n°	27
Anno	1994
Autore/i	BOTTINO G. & MANDRONE G.
Titolo	Valutazione del rischio connesso all'instabilità dei versanti nella media Valtourneche (Valle d'Aosta)
Edizione	Rencontre Internationale des Jeunes Chercheurs en Géologie Appliquée, Lausanne 21 Avril 1994
Parole chiave (c)	Rischio, pericolosità, vulnerabilità, antropizzazione, caduta blocchi, debris flow.
Contenuto (a)	<p>L'articolo tratta la valutazione del rischio connesso all'instabilità di versante in una vallata alpina. Viene brevemente descritta la metodologia semi-quantitativa utilizzata per definire il rischio da caduta di blocchi e da <i>debris flow</i>, accorpata in un unico fenomeno franoso complesso ubicato in un'area densamente popolata (presso Cervinia). Per ogni singolo oggetto (strade, singole abitazioni, gruppi di edifici, strutture speciali) sono illustrati i valori dei diversi parametri che entrano nella valutazione del rischio, della vulnerabilità, degli elementi a rischio e come risultato del rischio specifico e del rischio.</p> <p>Per una valutazione più realistica è illustrata l'evoluzione del rischio nel tempo e nello spazio, facendo uso di scenari all'interno dei quali dimensioni e probabilità di ciascun fenomeno cambiano nel tempo.</p>
Conclusioni (c)	<p>Il metodo proposto, partendo dalle numerose esperienze riscontrate in letteratura, definisce il rischio come prodotto della pericolosità per la vulnerabilità per i beni a rischio.</p> <p>Per la valutazione della pericolosità naturale, a partire dall'analisi a ritroso dei dissesti avvenuti nell'82-83, le tipologie che sono state prese in considerazione per l'area esaminata sono essenzialmente il crollo di blocchi ed i <i>debris flow</i>.</p> <p>La pericolosità è definita dal prodotto dei fattori di probabilità (da molto alta a molto bassa), area di espansione (da molto probabile a improbabile), velocità (da molto alta a molto lenta) e dimensioni (da molto grandi a piccole); il peso maggiore è stato assegnato al parametro dimensione, mentre gli altri parametri costituiscono dei correttivi (valore compreso tra 0 e 1).</p> <p>La vulnerabilità è definita dai fattori tipo di danno e protezione, sempre in ruolo di correttivi.</p> <p>L'antropizzazione (espressione dei beni a rischio) viene definita relativamente ai beni materiali ed alla presenza umana, parametrizzati in funzione dell'importanza strategica e del valore della struttura, nonché dell'entità della presenza umana.</p> <p>Sia per il crollo di blocchi che per il <i>debris flow</i> è stato preso in considerazione il problema della definizione di eventuali aree a diversa probabilità di coinvolgimento e quindi a diverso grado di sicurezza; la definizione di queste aree è stata effettuata in modo differente per i diversi tipi di dissesto.</p> <p>Allo scopo di rendere più completa e reale la valutazione del rischio si è scelto di rappresentare sottoforma di diagrammi l'evoluzione del rischio stesso nel tempo, formulando due ipotesi di scenario; la tecnica consiste nel definire, sulla scorta di osservazioni e di modelli, una successione logica di eventi collegati tra loro, valutando l'evoluzione nel tempo per quanto riguarda probabilità e dimensioni dei vari fenomeni; dai diagrammi si evince che il rischio non cessa contemporaneamente con il fenomeno principale ma in alcuni casi può mantenersi su valori elevati per lungo tempo, per poi decrescere progressivamente solo dopo molti mesi; inoltre può modificarsi non solo come entità, ma anche come tipologia, tanto che alcune aree possono passare da rischio da crollo a quello per <i>debris flow</i> e viceversa.</p> <p>Infine la valutazione semi-quantitativa delle condizioni di rischio ha evidenziato il ruolo positivo, anche se non del tutto risolutivo, degli interventi messi in opera post-evento.</p>
Valutazione	Lavoro contestuale, metodologico, esplicativo, dettagliato - Gruppo 2c

Scheda n°	28
Anno	1997
Autore/i	BROCHOT S.
Titolo	Approches globales pour l'estimation de l'érosion torrentielle (apports de versants et production de sédiment)
Edizione	Université Européenne d'Été sur les Risques Naturels, Risques torrentiels: érosion et crues, St Niklaus (Valais, Suisse), 8-13 Septembre 1997.
Parole chiave (c)	Érosion torrentielle, apports des versants, production de sédiments.
Contenuto (a)	<p>I corsi d'acqua montani sono caratterizzati da importante trasporto solido durante le piene; i materiali sono forniti da processi erosivi che si verificano in tutto il bacino. La conoscenza dei processi e la loro quantificazione è un punto importante per gli ingegneri che si occupano del rischio connesso ai torrenti. Il lavoro è ristretto ad un ambito di piccola scala spaziale, in cui si osservano i processi a occhio nudo; essi sono considerati in modo globale ed integrato. Il campo di disciplina dell'erosione torrentizia è complementare per idraulica torrentizia ed idrologia. Esso può essere suddiviso in due sezioni: sedimenti forniti dai versanti e trasporto solido. Lo scopo del presente lavoro è presentare le conoscenze di base e i metodi ingegneristici. La piena è un fenomeno che integra i flussi di materiale: sedimenti forniti dai versanti possono raggiungere l'alveo e si rendono disponibili per trasporto immediato o per flussi differiti. Il trasporto solido può rappresentare trasporto di fondo o <i>debris flow</i>. La geomorfologia permette di individuare attuali situazioni di erosione su una scala temporale e di stimare se il bacino esaminato è in condizioni di equilibrio o in crisi. I dati sull'erosione torrentizia sono rari. Su versante ogni processo erosivo ha il suo ritmo e i flussi sono intermittenti e quantificare gli apporti di sedimento è molto difficile. Vengono suggeriti alcuni metodi. Vengono presentate le ragioni per le quali l'apporto di sedimenti non è la somma degli apporti provenienti dai versanti. Alcuni metodi empirici e statistici possono aiutare nella previsione. La validazione costituisce un punto critico.</p>
Conclusioni (c)	<p>Attraverso l'analisi delle caratteristiche dell'erosione torrentizia e la stima degli apporti dai versanti vengono presentate le fasi di lavoro da seguire per lo studio di un bacino soggetto a piene con ingente trasporto solido: a) stesura di cartografie relative ad unità omogenee per quanto riguarda i processi erosivi; b) quantificazione, attribuendo ad ogni unità un apporto di materiale per l'evento considerato; c) validazione.</p> <p>Per la stima della produzione di sedimenti vengono presentati metodi ingegneristici: a) statistici o concettuali, che collegano la produzione di sedimenti alle caratteristiche del bacino; b) spaziali, utili per ricostruire eventi di piena e convalidare le ipotesi di quantificazione. L'utilizzo della morfologia dell'alveo (sezioni trasversali, pendenza locale, granulometria) può permettere di estrapolare dati a bacini adiacenti.</p> <p>Per la validazione, di fondamentale importanza, ci si basa su dati storici o su osservazioni morfologiche (es. volume del conoide) o sulla datazione dei depositi.</p>
Valutazione	Lavoro generale, analitico, dettagliato – Gruppo 1



Scheda n°	29
Anno	1994
Autore/i	CANUTI P. & CASAGLI N.
Titolo	Considerazioni sulla valutazione del rischio da frana
Edizione	Atti del Convegno "Fenomeni franosi e centri abitati", Bologna, 27 Maggio 1994
Parole chiave (c)	Cause, effetti, intensità, pericolosità, elementi a rischio, vulnerabilità, rischio accettabile, gestione del rischio.
Contenuto (b)	<p>La mitigazione dei danni causati dalle catastrofi naturali e la riduzione del rischio sono fra i compiti istituzionali dell'UNESCO. Nel 1976 l'UNESCO ha promosso la costituzione di una "commissione frane" presso l'IAEG (<i>International Association of Engeneering Geology</i>) per svolgere ricerche sulla zonazione della pericolosità da frana.</p> <p>Nonostante il lavoro delle commissioni scientifiche nazionali ed internazionali, permane però fra i tecnici che operano sul territorio una certa confusione relativa ai concetti di pericolosità, vulnerabilità e rischio, nonché alla valutazione dei parametri con cui tali concetti possano essere quantificati.</p> <p>In questa nota gli autori si prefiggono di contribuire al chiarimento di tali concetti, attraverso una revisione della letteratura scientifica più recente e dei rapporti delle commissioni nazionali ed internazionali.</p>
Conclusioni (b)	<p>Nella presente nota è presentata una revisione delle metodologie per la valutazione del rischio di frana e delle sue componenti.</p> <p>Questo lavoro è un tentativo di inquadramento delle diverse esperienze, italiane ed internazionali, entro un comune schema formale. Nella definizione di tale schema si è cercato di essere il più possibile consistenti con la terminologia dell'UNESCO, anche se alcune precisazioni ed interpretazioni sono state necessarie. Lo schema formale prevede la seguente successione di livelli di studio:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Descrizione dello stato della natura</li> <li>Valutazione dell'intensità</li> <li>Valutazione della pericolosità</li> <li>Definizione degli elementi a rischio</li> <li>Valutazione della vulnerabilità</li> <li>Valutazione del rischio</li> <li>Definizione del rischio accettabile</li> <li>Gestione del rischio.</li> </ul> <p>Nell'ambito di tale schema ogni parametro può essere valutato soggettivamente sulla base dell'esperienza o oggettivamente sulla base di precisi caratteri fisico-meccanici associati al fenomeno o socio-economici associati agli elementi a rischio.</p>
Valutazione	Lavoro generale, sintetico, molto dettagliato - Gruppo 2c



Scheda n°	30
Anno	1996
Autore/i	CANUTI P. & CASAGLI N.
Titolo	Previsione e prevenzione del rischio di frana
Edizione	Accademia Nazionale dei Lincei. Atti del Convegno "La stabilità del suolo in Italia: zonazione della sismicità - Frane", Roma 30-31 Maggio 1996, 47-58.
Parole chiave (c)	Rischio, pericolosità, vulnerabilità, elementi a rischio, rischio specifico, danno potenziale.
Contenuto (c)	Revisione critica dei criteri e metodi di previsione e prevenzione del rischio di frana con aggiornamenti ed approfondimenti. Sono riprese le definizioni di: rischio, vulnerabilità, valore dell'elemento a rischio, equazione del rischio, rischio specifico e danno potenziale. È affrontato il tema della previsione del rischio di frana e della pericolosità con l'introduzione del tempo di ritorno. Sono descritte le principali carte tematiche generalmente usate anche se non sono approfondite le tecniche usate per il confronto iterativo dei risultati con la carta dei fenomeni di instabilità (nel testo è citato il solo teorema di Bayes). Infine viene descritta la prevenzione del rischio di frana basata su interventi di tipo strutturale e non strutturale.
Conclusioni (c)	Le difficoltà nella ricerca di dati portano alla definizione di un grado di pericolosità relativa, espressa come probabilità di occorrenza relativa per le varie porzioni del territorio indagato, oppure alla classificazione del territorio secondo classi di pericolosità molto generali, senza la previsione esplicita del tempo di ritorno degli eventi. Il teorema di Bayes permette di effettuare un progressivo aggiornamento delle probabilità. Lo studio della prevenzione del rischio di frana mette in evidenza come l'aumento delle soglie di rischio socialmente tollerabile sia perseguibile essenzialmente attraverso l'informazione della popolazione con campagne informative da organizzarsi nelle zone a rischio.
Valutazione	Lavoro generale, metodologico, esplicativo, dettagliato - Gruppo 2c



Scheda n°	31
Anno	1992
Autore/i	CASORZI F. & DALLA FONTANA G.
Titolo	L'utilizzo dei Sistemi Informativi Geografici nello studio idrologico di bacino
Edizione	Quaderni di Idronomia Montana, n°11/12, 83-115 (Pubbl. Associazione Italiana di Idronomia)
Parole chiave (c)	GIS cartografico, GIS analitico, modelli, indicatori idrologici, indice di suscettività di saturazione.
Contenuto (b)	I GIS si sono imposti negli ultimi anni come importante strumento per la gestione del territorio. Nello studio del bacino idrografico è preferibile adottare strumenti che diano priorità all'analisi delle caratteristiche morfometriche e tematiche, rispetto alla descrizione delle stesse. In questo lavoro si effettua una seppur primitiva classificazione funzionale dei GIS in cartografici e analitici (basati su DTM).
Conclusioni (b)	L'impiego dei sistemi informativi geografici come potente strumento conoscitivo della complessa realtà territoriale ha ormai definitivamente superato la fase sperimentale. Nel campo più specialistico della modellistica idrologica le potenzialità dei GIS non si sono ancora manifestate appieno anche se alcune linee evolutive sono ormai chiaramente delineate. Queste ricerche costituiscono la premessa per un'interpretazione essenzialmente topografica del meccanismo di generazione dei deflussi di piena. Ciò ha portato, tra l'altro, allo sviluppo di interessanti "indicatori idrologici" per l'identificazione delle aree ad elevata propensione al deflusso, come l'"indice di suscettività di saturazione". La definizione di indicatori idrologici presenta inoltre interessanti risvolti nell'ambito della pianificazione territoriale per quanto concerne la caratterizzazione del grado di "vulnerabilità idrologica" delle diverse aree del bacino.
Valutazione	Lavoro contestuale, procedurale, analitico - Gruppo 1



Scheda n°	32
Anno	1994
Autore/i	CELLINO M., BIANCO G., ARATTANO M. & ROSSO M.
Titolo	Modello cinematico per lo studio della propagazione in alvei naturali di debris flows con notevole variazione di volume in moto
Edizione	Atti del IV Convegno Internazionale di Geoingegneria "Difesa e valorizzazione del suolo e degli acquiferi", Torino 10-11 Marzo 1994, 53-56.
Parole chiave (c)	Debris flows, modello matematico, Nevado del Ruiz (Colombia), Pine Creek (U.S.A.).
Contenuto (a)	In questa nota viene presentato un modello matematico per lo studio della propagazione dei <i>debris flow</i> che, a differenza di altri già proposti, è in grado di tenere conto delle variazioni di volume che possono avvenire durante il moto della miscela fluida lungo un alveo a pendenza variabile. Si è verificato che il modello simula, con risultati soddisfacenti, due <i>debris flow</i> per i quali è stato registrato un numero di dati sufficiente alla sua applicazione. Il primo di tali <i>debris flow</i> si è originato sulle pendici del vulcano Nevado del Ruiz (Colombia) in occasione dell'eruzione del 13 novembre 1985 ed il secondo il 18 maggio 1980 nel Pine Creek sul Mt. S. Helens nello stato di Washington (U.S.A.).
Conclusioni (a)	Il modello cinematico proposto consente di descrivere con buona approssimazione la propagazione di un <i>debris flow</i> lungo un alveo naturale. Per mezzo di una funzione di volume e di una funzione di pendenza, esso è in grado di tenere conto delle variazioni dell'iniziale volume della miscela solido-liquida che, durante il moto, avvengono lungo l'asta torrentizia. Sono riportate due equazioni, la prima valida per la zona di erosione e l'altra valida per la zona di deposito. Si è potuta effettuare la taratura delle due suddette funzioni per l'evento verificatosi sul Nevado del Ruiz, uno dei pochi registrati nel dettaglio. L'uso del modello ha consentito di prevedere l'evoluzione dell'altezza e della velocità del fronte fornendo risultati in buon accordo con le registrazioni disponibili. Per l'evento verificatosi nel Pine Creek si sono invece stimati i volumi in moto calcolando i parametri della funzione di volume in modo tale che risultasse minima la somma degli scarti tra altezze del fronte misurate e calcolate; ciò perché non erano disponibili i dati relativi alle effettive variazioni del volume in moto. Anche in questo caso l'accordo tra teoria e dati misurati è stato buono, anche se in misura minore rispetto al caso precedente.
Valutazione	Lavoro contestuale, metodologico, dettagliato - Gruppo 3c



Scheda n°	33
Anno	2000
Autore/i	CERIANI M., CROSTA G., FRATTINI P. & QUATTRINI S.
Titolo	Evaluation of hydrogeological hazard on alluvial fans
Edizione	Int. Symp. Interpraevent 2000 - in stampa
Parole chiave (c)	Stream-flow, debris flood, debris flow, morphological parameters, statistical techniques, magnitude.
Contenuto (a)	A partire dai primi anni sessanta i ricercatori hanno cercato di caratterizzare i conoidi attraverso misure e calcoli su parametri morfometrici correlabili con la pericolosità e il rischio di piena. Questo approccio viene discusso in questa nota a partire da una serie di dati e osservazioni raccolte nelle Alpi Centrali Italiane, nel territorio della Regione Lombardia. Vengono utilizzate tecniche statistiche per discriminare 97 conoidi e ottenere formule semiempiriche per la stima della <i>magnitudo</i> di eventi di piena a partire dai parametri morfometrici.
Conclusioni (b)	In questo lavoro sono stati raccolti e analizzati un gran numero di dati morfometrici relativi a conoidi e ai rispettivi bacini. Analisi univariate e bivariate mostrano molti limiti a causa della complessità del sistema bacino-conoide. Tecniche multivariate sembrano essere più efficaci per descrivere un comportamento così complesso. La formula empirica che abbiamo ricavato da questa analisi deve essere naturalmente testata in contesti geografici e geologici diversi. I parametri "indice di erosione" e "indice di frana" sono stati introdotti nell'analisi per consentire una migliore descrizione geomorfologica del bacino di drenaggio. Gli indici di erosione e di frana rispecchiano lo stato di attività e il tipo di interazione tra le pendenze del bacino e il reticolo di drenaggio (questa interazione è importante soprattutto per conoidi e bacini interessati da <i>debris flow</i> ). Al contrario è risultato scarsamente influente l'indice geologico.
Valutazione	Lavoro contestuale, procedurale, molto dettagliato, esplicativo - Gruppo 3b



Scheda n°	34
Anno	1998
Autore/i	CERIANI M., CROSTA G. & QUATRINI S.
Titolo	Valutazione della pericolosità idrogeologica sulle conoidi: metodologia per il censimento (Valcamonica e Valchiavenna - Alpi Centrali)
Edizione	Atti dei Convegni Lincei 154 "Il rischio idrogeologico e la difesa del suolo", Roma 1-2 Ottobre 1998.
Parole chiave (c)	Analisi geomorfologica, dati storici, valutazione della pericolosità.
Contenuto (c)	Viene presentata una metodologia di perimetrazione della pericolosità distinta nelle seguenti fasi: raccolta dati eventi storici, analisi preliminare sulle, raccolta dati relativi al bacino sotteso e realizzazione di carte tematiche sul conoide (metodologia Aulitzky modificata).
Conclusioni (a)	Lo studio dei conoidi, in ambiente alpino, risulta di fondamentale importanza nelle scelte pianificatorie poiché su di essi si ha il maggiore sviluppo delle attività umane. L'analisi di pericolosità deve tenere in considerazione aspetti che riguardano sia le caratteristiche fisiche dei fenomeni e del territorio sul quale si esplicano, sia la loro interazione con le opere di sistemazione esistenti. La perimetrazione della pericolosità sui conoidi deve essere condotta seguendo degli schemi che incorporino osservazioni di terreno, dati tecnico-scientifici e riscontri storici documentati. Attualmente l'approccio proposto presenta una forte componente di soggettività e non introduce dei pesi per la valutazione dei singoli parametri considerati. Lo scopo che la ricerca in atto si prefigge è anche quello di individuare una metodologia <i>standard</i> che conduca ad una valutazione quantitativa dei parametri che incidono sulla pericolosità di un conoide. Nonostante ciò uno schema di classificazione soggettivo che incorpori osservazioni ed esperienza sembra offrire una valida alternativa a schemi quantitativi più rigidi.
Valutazione	Lavoro contestuale, procedurale, esplicativo, dettagliato - Gruppo 2b

Scheda n°	35
Anno	1998
Autore/i	Ceriani M., Fossati D. & Quattrini S.
Titolo	Valutazione della pericolosità geologica sulle conoidi. Esempio della metodologia di Aulitzky applicata alla conoide del Torrente Re di Gianico - Valcamonica (BS)
Edizione	Atti del XXVI Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Catania, 9-12 Settembre 1998, Vol. III, 15-26
Parole chiave (c)	Analisi geomorfologica, dati storici, perimetrazione della pericolosità.
Contenuto (c)	Ad un metodo di analisi tipicamente geomorfologico (Aulitzky, 1980) sono state affiancate la ricerca e l'analisi di una serie di dati scientifici (serie pluviometriche, lavori tecnici, pubblicazioni, riprese aeree) e storici (ricerca dati negli archivi comunali, interviste alla popolazione). Si è cercato di mettere a punto e di applicare un percorso metodologico per lo studio della pericolosità in conoide al fine di creare un modello di riferimento semplice, utilizzabile in futuro per scopi analoghi.
Conclusioni (a)	<p>Lo studio del conoide del torrente Re di Gianico ha permesso di sperimentare la metodologia di Aulitzky e di mettere a punto uno <i>standard</i> di lavoro per la valutazione della pericolosità sulle conoidi basata principalmente sull'analisi morfologica e su una ricerca storica degli eventi che hanno interessato l'area in studio. Questo metodo consente di ottenere un buon risultato nella perimetrazione della pericolosità geologica sulle conoidi e può essere condotto in tempi relativamente brevi, consentendo di programmare eventuali interventi di difesa e le conseguenti scelte pianificatorie.</p> <p>La ricerca di dati scientifici e storici ha permesso di constatare come questa porzione di territorio fosse stata ampiamente studiata negli aspetti riguardanti lo stato di dissesto del bacino mentre minore attenzione era stata data alle problematiche di dissesto sul conoide.</p> <p>La Regione Lombardia sta avviando dei progetti con i quali si prefigge di superare l'attuale dispersione dei dati scientifici e storici riguardanti il dissesto idrogeologico sul territorio lombardo attraverso una capillare ricerca di tutti questi dati, la loro validazione ed il loro inserimento in un <i>data base</i>.</p> <p>Attualmente presso il Servizio Geologico si sta predisponendo una scheda per lo studio dei conoidi che servirà per realizzare un censimento delle stesse, consentendo già in prima analisi di individuare i conoidi a più alta pericolosità.</p>
Valutazione	Lavoro contestuale, procedurale, esplicativo, dettagliato - Gruppo 2b

Scheda n°	36
Anno	1995
Autore/i	CHIARLE M., FIORASO G., ARATTANO M., MORTARA G. & TURITTO O.
Titolo	Debris flow hazard in alpine environment: the cases of T. di Fiernaz (AO) e T. di Valle Materlo (SO), Northern Italie
Edizione	Il I.M.Y.R.A.G. Peveragno Italia, 1995, sez. A, 38-43.
Parole chiave (c)	Debris flow, hazard, morphometric parameters, T. di Fiernaz (Valle d'Aosta), T. di Valle Materlo (Valtellina).
Contenuto (c)	Dal 1700 più di un migliaio di comuni montani in Italia sono stati colpiti da fenomeni di <i>debris flow</i> , con un totale di 550 vittime. È così giustificata l'attenzione posta a questi fenomeni da parte della comunità scientifica. L'attività del CNR-IRPI di Torino è indirizzata ad analizzare il ruolo dei principali parametri morfometrici e idrologici e delle caratteristiche geo-strutturali dei bacini interessati da fenomeni di <i>debris flow</i> per i quali sia disponibile una serie cronologica documentata di eventi. In questa nota sono illustrati i casi del T. Fiernaz (Valle d'Aosta) e del T. Materlo (Valtellina), i quali sono stati scelti, oltre che per l'analogia delle caratteristiche morfometriche e della zona di alimentazione, anche per l'elevato rischio di cui costituiscono potenziale fonte per gli abitati costruiti sui relativi conoidi.
Conclusioni (b)	<p>I due bacini analizzati possono produrre inaspettatamente enormi quantità di detrito in confronto alle loro aree relativamente piccole, come testimoniato dalle dimensioni dei rispettivi conoidi. Questo può essere compreso analizzando le caratteristiche strutturali dei bacini, segnati da numerosi sistemi di discontinuità, accanto a fenomeni crioclastici, che predispongono i versanti al distacco di blocchi o di masse di roccia più consistenti.</p> <p>Le discontinuità nel substrato dei due bacini costituiscono una fonte inesauribile di detrito che può essere successivamente mobilizzato. Per il T. Fiernaz i grossi elementi di distacco generalmente raggiungono il conoide, mentre nel T. Materlo si fermano nella parte inferiore del bacino, per essere rimobilizzati solo durante i processi di <i>debris flow</i>. Questo diverso comportamento causa una differenziazione nel meccanismo di formazione dei conoidi: nel primo caso esso è infatti costituito principalmente dagli elementi di collasso, mentre nel secondo da fenomeni di flusso tipo colata. Ciò è evidente analizzando la pendenza dei due apparati di conoide, rispettivamente di 27° e 17°.</p> <p>Il rischio connesso a questa tipologia di alimentazione è di solito sottostimato, date le ridotte dimensioni dei bacini e gli ampi intervalli di tempo tra due eventi successivi.</p>
Valutazione	Lavoro contestuale, analitico, dettagliato - Gruppo 1

Scheda n°	37
Anno	1996
Autore/i	CHIARLE M. & LUINO F.
Titolo	Colate detritiche torrentizie sul M. Mottarone innescate dal nubifragio dell'8 luglio 1996 (Lago d'Orta - Piemonte)
Edizione	Atti del Convegno Internazionale Alba 1996 "La prevenzione delle catastrofi idrogeologiche: il contributo della ricerca scientifica", Alba (CN), Vol. II, pp. 231-245.
Parole chiave (a)	Colata detritica torrentizia, conoide, pianificazione territoriale, Piemonte, Italia.
Contenuto (a)	<p>Durante la notte fra il 7 e l'8 luglio 1996 sul M. Mottarone, contrafforte granitico che divide il Lago d'Orta dal Lago Maggiore (Piemonte Settentrionale), si abbatté un violento nubifragio. Il fenomeno meteorologico fu caratterizzato da precipitazioni continue fin dalle ore pomeridiane del 7 luglio, manifestandosi con particolare intensità dalle ore 0.30 alle ore 3.00 del giorno successivo: in tale intervallo di tempo, un pluviografo situato sulla cima del M. Mottarone registrò 157.6 mm di pioggia, con un picco di 43.8 mm fra le ore 2 e le 2.30. In quattro piccoli bacini idrografici si originarono colate detritiche torrentizie, in particolare nei tre incombenti sulla città di Omegna. Le colate si espansero sui conoidi provocando una vittima e gravi danni a strutture e infrastrutture per alcune decine di miliardi di lire. Particolare attenzione è stata rivolta al bacino del T. Inferno, dove si sviluppò il fenomeno di maggiori dimensioni, valutato in ca. 30.000 m<sup>3</sup>, caratterizzato da blocchi rocciosi anche di 60 m<sup>3</sup> di volume. Nel tratto mediano del torrente si è tentata una valutazione indiretta delle portate utilizzando un metodo che consente di determinare la velocità della colata in base alla differenza di altezza delle tracce rilevata sulle due sponde del corso d'acqua. La velocità ottenuta è risultata pari a 7.5 m/s, da cui si è ricavata una portata al colmo di 750 m<sup>3</sup>/s, valore elevatissimo per un bacino di appena 1.76 km<sup>2</sup> di superficie.</p>
Conclusioni (b)	<p>Dal 1935 i centri abitati che si sviluppano sui conoidi dei T. S. Rocco, Bertogna ed Inferno hanno subito un incremento urbanistico in alcuni casi pari a 15 volte (da 2 edifici a 32), ad indicare la scarsa attenzione nella localizzazione delle aree di nuova espansione; inoltre è da sottolineare la scarsa attenzione prestata ai corsi d'acqua minori, come si nota dal frequente sottodimensionamento delle opere di attraversamento per sottostima delle massime portate prevedibili.</p> <p>A ciò si aggiunge una scarsa conoscenza che ancora si ha del fenomeno, legata alla difficoltà di stimare le precipitazioni critiche, alla rapidità di evoluzione delle colate, alla difficoltà ad individuare una probabile area di espansione della colata stessa.</p> <p>Risulta così necessario: a) raccogliere un maggior numero di dati quantitativi su eventi avvenuti; b) l'installazione di stazioni pluviografiche ed idrometrografiche per individuare le condizioni meteorologiche predisponenti, la velocità ed il profilo idrometrico della colata; c) l'analisi storica degli eventi progressi.</p>
Valutazione	Lavoro contestuale, analitico, dettagliato - Gruppo 1

Scheda n°	38
Anno	1998
Autore/i	COJEAN R. & STAUB I.
Titolo	Mécanismes d'initiation des laves torrentielles dans les Alpes françaises
Edizione	VIII Int. IAEG Congress, 1998 Balkema, Rotterdam, ISBN 90 5410 990 4, 2075-2082.
Parole chiave (c)	Laves torrentielles, courbe granulométrique spécifique, zones sources, zones de dépôt, mécanismes d'initiation, facteurs de prédisposition, zones potentielles d'initiation.
Contenuto (a)	<p>La formazione di lave torrentizie è stata studiata in dodici bacini delle Alpi francesi. Analisi comparative tra i materiali delle zone sorgente e i depositi delle colate hanno messo in evidenza il fatto che un materiale può trasformarsi in lava torrentizia esclusivamente a condizione che presenti una curva granulometrica specifica. Infatti non si realizza alcun smistamento tra le zone sorgente e le zone di deposito, per le lave coesive come per le lave granulari.</p> <p>I rilievi di terreno hanno permesso di identificare dieci principali meccanismi d'innescò, includendo anche l'erosione in rivoli e torrenti dovuta ad impatto delle gocce di pioggia e della grandine, la riattivazione di fenomeni franosi antichi in seguito a precipitazioni prolungate, la sottoescavazione e la rottura degli argini, la liquefazione dei materiali saturi nell'alveo dei torrenti a seguito dell'impatto di masse in scivolamento, la rottura di bacini naturali creatisi nel letto dei torrenti. Alcuni di questi meccanismi sono illustrati.</p> <p>Infine la cartografia di cinque f15</p> <p>151 attori di predisposizione relativi alla pendenza, alla litologia, ad un indice di instabilità dei versanti, ad un indice granulometrico e ai volumi mobilizzabili permette di identificare le zone di potenziale innescò delle lave torrentizie.</p>
Conclusioni (a)	<p>Lo studio di numerosi torrenti soggetti a lave torrentizie ha permesso di stabilire dieci possibili tipologie di meccanismi d'innescò e formazione di lave torrentizie. Essi sono molteplici e dipendono dal quadro geologico e geomorfologico del bacino. L'eredità quaternaria gioca un ruolo importante, così come l'evoluzione recente olocenica.</p> <p>Dei fattori predisponenti all'innescò di lave torrentizie permettono di identificare potenziali zone d'innescò: valori di pendenza, natura litologica dei materiali, stato d'instabilità dei versanti. Tuttavia due fattori complementari essenziali, la composizione granulometrica dei materiali ed il volume effettivamente mobilizzabile, permettono di parlare di zone sorgente verosimili, localizzate in certe parti del bacino o ben ripartite su vaste superfici a seconda dei casi.</p> <p>Si dispone così di una chiave per stabilire una cartografia dell'attitudine all'innescò delle lave torrentizie. A partire da tale documento, si possono visualizzare delle azioni di prevenzione e di sorveglianza più mirate, per una migliore stima del rischio.</p>
Valutazione	Lavoro metodologico, generale, esplicativo, dettagliato – Gruppo 2a



Scheda n°	39
Anno	1997
Autore/i	COUSSOT P.
Titolo	Lois d'écoulement des laves torrentielles
Edizione	Univerité Européenne d'Eté sur les Risques Naturels, Risques torrentiels: érosion et crues, St Niklaus (Valais, Suisse), 8-13 Septembre 1997.
Parole chiave (c)	Laves torrentielles, rhéologie, modèle viscoplastique, modèle "granulaire", hydraulique.
Contenuto (a)	I <i>debris flow</i> sono miscugli di acqua, argilla, sabbia e ciottoli che fluiscono in torrenti montani a seguito di periodi di intense precipitazioni. I <i>debris flow</i> differiscono da altri movimenti di massa su versante (frane, trasporto solido) poiché, in prima approssimazione, il loro materiale costituente può essere considerato un fluido viscoso. Di conseguenza le loro caratteristiche di flusso sono peculiari: trasporto di blocchi, flussi laminari, arresto su versanti ripidi, ecc. Sono state seguite due vie per la modellazione del comportamento dei <i>debris flow</i> (in particolare della viscosità): modello viscoplastico o di Bagnold, a seconda del tipo di materiale dominante presente nel fluido, che può essere costituito rispettivamente da frazione argillosa e granuli.
Conclusioni (c)	A seguito della trattazione sulle tipologie di modello, viene discussa l'idraulica delle laves torrentizie a grossi blocchi, attraverso la determinazione pratica dei parametri reologici delle lave stesse, della velocità in regime quasi-permanente, dell'estensione del deposito sul conoide e della forza d'impatto della lava nei confronti di ostacoli lungo il percorso.
Valutazione	Lavoro generale, analitico, dettagliato – Gruppo 1



Scheda n°	40
Anno	1996
Autore/i	COUSSOT P., LAIGLE D., ARATTANO M., DEGANUTTI A.M. & MARCHI L.
Titolo	Direct determination of the rheological characteristics of debris flow
Edizione	J. Hydr. Eng., vol. 124, n°8, agosto 1998, 865-868.
Parole chiave (c)	Rheological behaviour, mixtures, rheometrical techniques, yield stress-solid curve, flow curve evolution.
Contenuto (a)	<p>I <i>debris flow</i> sono miscugli naturali di acqua e detriti in elevata concentrazione che, formati solitamente in seguito a piogge intense o di lunga durata, si propagano lungo le aste torrentizie dei bacini montani causando a volte danni considerevoli su zone particolarmente vulnerabili. Al fine di predire le caratteristiche di propagazione di un <i>debris flow</i> è necessario determinare le proprietà reologiche del materiale di cui esso è costituito; questo non è un compito semplice, per la presenza di detriti di grosse dimensioni che impediscono l'utilizzo dei comuni reometri. Una possibile soluzione consiste nel generare artificialmente una serie di miscugli mescolando al quantitativo d'acqua presente nel <i>debris flow</i> frazioni di materiale di dimensioni progressivamente maggiori tratte da un campione secco dello stesso; dai risultati ottenuti è possibile in seguito tentare di dedurre il comportamento dell'intero materiale costituente il <i>debris flow</i>.</p> <p>Questa procedura è stata adottata per una colata detritica verificatasi nel 1995 in un torrente del Friuli, impiegando una vasta gamma di tecniche reometriche su un campione di materiale prelevato da un deposito individuato in alveo. I parametri reologici e la tipologia di comportamento del <i>debris flow</i> esaminato sono stati ottenuti per estrapolazione in base alla curva esprimente la variazione del valore critico dello sforzo tangenziale (il valore in corrispondenza del quale inizia la deformazione) in funzione a) della frazione solida e b) del gradiente di velocità.</p>
Conclusioni (b)	Questo è probabilmente il primo lavoro in cui viene usata una vasta gamma di tecniche di misura su un insieme di diversi miscugli generati a partire dallo stesso campione (reale) di <i>debris flow</i> . Con opportune assunzioni è stato possibile dedurre le proprietà reologiche del deposito: si nota un aumento dello sforzo tangenziale all'aumentare della frazione solida dei miscugli, oppure del diametro massimo dei sedimenti in essi contenuti (comportamento di un fluido pseudo-plastico dotato di un valore critico dello sforzo tangenziale, tipo Herschel-Bulkley).
Valutazione	Lavoro descrittivo, esplicativo, dettagliato – Gruppo 1

Scheda n°	41
Anno	1990
Autore/i	CROSTA G., MARCHETTI M., GUZZETTI F. & REICHENBACH P.
Titolo	Morphological classification of debris flow processes in South-Central Alps (Italy)
Edizione	Proc. VI Int. IAEG Congress, Ass. Eng. Geol., vol. 3, 1565-1572.
Parole chiave (c)	Debris flow, morphological classification, hazard, Valtellina (Italy).
Contenuto (a)	Vengono presentati i risultati di uno studio preliminare su più di cinquecento <i>debris flow</i> verificatisi il 17-19 luglio 1987 nei bacini Tartano, Madrasco e Presio, in Valtellina. Sono stati osservati quattro tipi di <i>debris flow</i> sulla base del tipo di meccanismo d'innescò, della pendenza dei versanti, della topografia, della presenza di vegetazione e dell'ubicazione rispetto alla rete di drenaggio. Sono riportate alcune considerazioni sul rischio legato a processi di <i>debris flow</i> .
Conclusioni (b)	<p>Sono state individuate quattro categorie di fenomeni distinti sulla base del movimento iniziale del versante, della pendenza del versante, della topografia, della presenza di vegetazione e della posizione rispetto al sistema di drenaggio:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>soil slip</i> non incanalati in bacini di ordine zero;</li> <li><i>soil slip</i>/colate di detrito in bacini incanalati;</li> <li>valanghe di detrito in interbacini;</li> <li>torrenti di detrito.</li> </ul> <p>I <i>soil slip</i> non incanalati sono risultati i più abbondanti (59.2%), seguiti dai <i>soil slip</i>/colate di detrito incanalate (20.1%), dalle valanghe di detrito (18.3%) e dai torrenti di detrito (2.4%).</p> <p>Ogni bacino torrentizio può essere suddiviso in tre parti, la prima caratterizzata da formazione di detrito, una da trasporto e una da deposito. È stato fatto un tentativo di correlazione tra i diversi tipi di <i>debris flow</i> osservati in Valtellina, classificati in base a caratteristiche morfologiche, topografiche, idrologiche e geotecniche, in relazione a aree sorgente, di trasporto e di deposizione dei bacini di drenaggio.</p> <p>I <i>debris flow</i> verificatisi nei tre bacini osservati in relazione all'evento del luglio 1987 hanno causato danni sostanziali e perdita di vite umane in tre modi differenti: per franamento, scorrimento, erosione, sottoescavazione o erosione laterale principalmente nell'area sorgente;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>attraverso impatto diretto o indiretto di detrito e acqua nell'area in cui sono transitate le pulsazioni di detrito;</li> <li>attraverso piene detritiche come risultato di sbarramenti o diversioni del canale principale a causa di un <i>debris flow</i>.</li> </ul>
Valutazione	Lavoro contestuale, procedurale, dettagliato, esplicativo - Gruppo 2c

Scheda n°	42
Anno	1996
Autore/i	D'AGOSTINO V.
Titolo	Analisi quantitativa e qualitativa del trasporto solido torrentizio nei bacini montani del Trentino Orientale
Edizione	A.I.I.A. - A.I.I. - Scritti dedicati a Giovanni Tournon, Novara, 6-7 giugno 1996, pp. 111-123.
Parole chiave (c)	Trasporto solido, volume di detrito, parametri morfometrici, indice di trasporto, indice geologico.
Contenuto (a)	L'analisi quantitativa e qualitativa del trasporto solido torrentizio rappresenta una problematica fondamentale nella progettazione degli interventi di sistemazione d'alveo in ambito montano. Nel presente lavoro, con riferimento a 62 eventi storici di trasporto estremo verificatisi in alcuni bacini di piccola e media estensione del Trentino Orientale, vengono determinate alcune espressioni in grado di correlare i volumi di sedimento mobilizzati con le principali variabili che influenzano l'entità del fenomeno: superficie del bacino, pendenza del collettore, forma di trasporto, geologia, pendenza del conoide. L'ultima variabile, abbinata ad un indice morfologico del bacino (numero di <i>Melton</i> ) si è confermata un interessante indicatore sulla forma di trasporto dominante in un bacino idrografico: <i>debris flow/debris flood</i> o trasporto di fondo per scorrimento.
Conclusioni (a)	<p>La stima della <i>magnitudo</i> di un evento di trasporto solido torrentizio di tipo estremo può essere operata con difficoltà ricorrendo ad una metodologia puramente deterministica, poiché le variabili idrologiche, sedimentologiche e morfologiche coinvolte nel fenomeno sono affette da un grado di incertezza non trascurabile e da una distribuzione disomogenea all'interno del bacino. La ricostruzione di eventi storici a carattere eccezionale appare quindi di notevole utilità per una comprensione del fenomeno, anche se essa viene condotta limitatamente all'area geografica di interesse.</p> <p>L'analisi di un campione di eventi estremi verificatisi nel Trentino Orientale ha messo in evidenza come sia possibile ottenere buoni livelli di previsionabilità della <i>magnitudo</i> del trasporto solido avvalendosi di un approccio di tipo empirico. Il grado di accuratezza della stima è risultato soddisfacente grazie all'introduzione, nelle indagini di correlazione multiparametrica, di due nuovi indici relativi alla geologia delle fonti di alimentazione e alla forma del trasporto. Questi nuovi indici si sono affiancati all'area del bacino ed alla pendenza media del torrente, confermatesi le variabili più influenti sulla dimensione dell'evento.</p> <p>Una variabile morfologica particolarmente significativa è infine risultata la pendenza della conoide, che è stata impiegata per determinare un'equazione di inviluppo dei volumi di sedimento osservati e per prevedere, se utilizzata insieme al numero di <i>Melton</i> del bacino, la tipologia del trasporto solido atteso da un evento di natura eccezionale.</p>
Valutazione	Lavoro contestuale, procedurale, esplicativo - Gruppo 3b

Scheda n°	43
Anno	1996
Autore/i	D'AGOSTINO V., CERATO M. & COALI R.
Titolo	Il trasporto solido di eventi estremi nei torrenti del Trentino Orientale
Edizione	Int. Symp. Interpraevent 1996, Garmisch-Partenkirchen – Tagungspublication, Band 1, Seite 377-386.
Parole chiave (c)	Indice di trasporto, indice geologico, coefficiente di sistemazione, volume di detrito.
Contenuto (a)	La previsione quantitativa e qualitativa del trasporto solido torrentizio rappresenta una fase fondamentale nella progettazione degli interventi di sistemazione idraulica in ambito montano. Nel presente lavoro, dopo aver ricostruito degli eventi significativi di trasporto estremo verificatisi in alcuni bacini di piccola e media estensione del Trentino Orientale (Italia), vengono determinate alcune espressioni in grado di correlare i volumi di sedimento convogliati sulla conoide con le principali variabili che condizionano l'entità del fenomeno: superficie del bacino, pendenza del collettore, forma di trasporto, geologia, grado di sistemazione.
Conclusioni (a)	I risultati della ricerca appaiono indubbiamente promettenti grazie al buon livello di previsionalità raggiunto dalle equazioni di stima del trasporto solido di eventi estremi. L'impostazione metodologica ha messo in luce il ruolo fondamentale, oltreché delle due variabili di base già proposte da <i>Kronfeller-Kraus</i> (area del bacino e pendenza del versante), della geologia delle fonti di alimentazione, del grado di sistemazione del bacino e della forma con la quale si manifesta il trasporto solido. Uno sviluppo ulteriore di questa metodologia potrà quindi essere rivolto, oltre che all'acquisizione di nuovi dati per differenti aree geografiche, ad una parametrizzazione delle variabili suddette secondo un criterio sempre più oggettivo ed esauriente.
Valutazione	Lavoro contestuale, procedurale, esplicativo – Gruppo 3b

Scheda n°	44
Anno	1996
Autore/i	DEANGELI C. & CIANI G.P.
Titolo	Studi sperimentali sulle colate di detrito
Edizione	Atti del Convegno Internazionale Alba 1996 "La prevenzione delle catastrofi idrogeologiche: il contributo della ricerca scientifica", Alba (CN), Vol. II, 169-174.
Parole chiave (a)	Colata di detrito, modellazione fisica.
Contenuto (a)	<p>La nota riporta un lavoro a carattere prevalentemente sperimentale svolto per analizzare le principali fasi del movimento di colate di detrito. In particolare si esaminano la fase di innesco ed il regime di scorrimento. Un modello fisico costituito da un canale opportunamente alimentato e strumentato con apparecchiature televisive e fotografiche è stato utilizzato per analizzare il colamento di materiale granulare, in seguito alla rottura di versante.</p> <p>I risultati ottenuti dalla modellazione fisica ed il confronto con alcuni lavori sperimentali riportati in letteratura mostrano come a differenti tipi di innesco del fenomeno corrispondano differenti caratteristiche della colata e che per il caso trattato sia necessario studiare il contributo delle pressioni neutre a partire dalla fase di rottura del versante.</p>
Conclusioni (a)	<p>Gli studi sperimentali effettuati hanno mostrato che le colate di detrito ottenute dalla rottura di un versante presentano caratteristiche differenti da quelle generate da una portata d'acqua in grado di mobilitare un deposito di materiale granulare.</p> <p>In primo luogo il flusso ottenuto nell'ambito di questo lavoro è caratterizzato da una deposizione di sabbia dopo l'innesco del fenomeno e durante lo sviluppo della colata. Le deboli pendenze indagate mostrano di non essere sufficienti, per il tipo di innesco utilizzato, a mantenere il fenomeno sviluppato per più di 3 o 4 m.</p> <p>La causa di mantenimento seppur limitato del flusso sembra quindi da ricercarsi nell'eccesso di pressione neutra che si genera a partire dalla liquefazione del rilevato e si alimenta durante il flusso per la continua scompaginazione della struttura del materiale granulare che grava sulla fase liquida. Lo studio del comportamento del flusso dovrebbe quindi considerare il contributo delle pressioni neutre e in quale modo queste eventualmente siano legate al contributo delle pressioni dispersive. Ulteriori studi sperimentali potrebbero quindi riguardare la misura delle pressioni neutre all'interno del flusso in corrispondenza di diverse pendenze del sottofondo.</p>
Valutazione	Lavoro generale, procedurale, esplicativo - Gruppo 1+3a



Scheda n°	45
Anno	1999
Autore/i	DEANGELI C. & CIANI G.P.
Titolo	Modellazione dei debris flows
Edizione	Atti del Convegno "Previsione e prevenzione di movimenti franosi", Trento, 17-18-19 Giugno 1999, 151-162.
Parole chiave	Codici di calcolo, simulazioni numeriche, back-analysis, analisi previsionale.
Contenuto (a)	La nota descrive un codice numerico tridimensionale messo a punto per prevedere l'evoluzione di <i>debris flow</i> in regime granulo-inerziale. Vengono quindi riportate due applicazioni del metodo: la prima consistente nella simulazione di una serie di modellazioni fisiche di <i>debris flow</i> effettuate in laboratorio; la seconda relativa ad una <i>back-analysis</i> e ad una analisi previsionale di un caso reale.
Conclusioni (a)	I risultati delle simulazioni numeriche messe a punto con il codice di calcolo ad Automi Cellulari hanno mostrato la versatilità del programma a diverse applicazioni e hanno indicato la possibilità di utilizzarlo come strumento previsionale. Bisogna tuttavia osservare che un'affidabile previsione dell'evoluzione di un <i>debris flow</i> può essere effettuata solo sulla base dei risultati di analisi a ritroso di casi verificatisi in aree adiacenti a quelle oggetto d'indagine.
Valutazione	Lavoro contestuale, procedurale, esplicativo - Gruppo 3c

Scheda n°	46
Anno	1999
Autore/i	DEGANUTTI A.M., PASUTO A., SILVANO S. & TECCA P.R.
Titolo	Colate detritiche in ambiente alpino
Edizione	Atti del Convegno "Previsione e prevenzione di movimenti franosi rapidi", Trento, 17-19 Giugno 1999, (Pubblicazione <i>Associazione Georisorse e Ambiente</i> , Torino), 123-131.
Parole chiave (c)	Debris flow, pianificazione territoriale, morfologia, delimitazione aree a rischio.
Contenuto (a)	<p>Lo studio dei <i>debris flow</i> ha in questi ultimi anni subito un grande impulso sia da parte di gruppi di ricerca che di enti preposti alla gestione del territorio; essi sono infatti tra i processi geomorfologici più frequenti e distruttivi che interessano le aree montane in diversi ambienti morfoclimatici.</p> <p>Alla notevole diffusione e pericolosità dei <i>debris flow</i> fa riscontro una conoscenza a volte lacunosa di questi fenomeni estremamente complessi e caratterizzati da un comportamento intermedio tra le frane e i processi idraulici. Particolari difficoltà si hanno nella corretta individuazione delle aree sorgente, nell'interpretazione dei meccanismi d'innescio, nella delimitazione delle aree potenzialmente coinvolgibili. Ciò pone rilevanti problemi in ordine ad una corretta pianificazione territoriale specialmente in questi ultimi anni in cui si è assistito ad una crescente urbanizzazione delle aree montane.</p> <p>Questo lavoro presenta una sintesi, per quanto parziale, degli studi più recenti e delle nuove conoscenze acquisite relativamente all'identificazione delle aree sorgente, alla valutazione dei volumi mobilizzabili, alla definizione della morfologia dei canali e delle conoidi e alla delimitazione delle aree a rischio.</p>
Conclusioni (c)	<p>La difficoltà di definire le aree a rischio è legata al fatto che differenti episodi che colpiscono lo stesso bacino possono svilupparsi lungo percorsi che non necessariamente coincidono, soprattutto nel tratto terminale, con il canale principale.</p> <p>Nella regione alpina le colate detritiche, distribuite in modo continuo lungo tutto l'arco e quindi indipendentemente dal dominio litologico, avvengono in netta prevalenza nei mesi estivi (per fenomeni temporaleschi) e autunnali (per precipitazioni abbondanti), con frequenze particolarmente elevate nei mesi di luglio e novembre.</p> <p>I <i>debris flow</i> possono attivarsi sia nelle incisioni torrentizie, che su versanti coperti da falde detritiche, in corrispondenza dello sbocco di valleciole e canali in grado di determinare cospicui e repentini apporti idrici.</p> <p>La corretta identificazione della tipologia dei processi torrentizi è di basilare importanza per la definizione delle aree a rischio e per la progettazione e il dimensionamento delle opere di difesa, poiché esistono sostanziali differenze reologiche tra i diversi tipi di flusso, che conseguentemente producono morfologie ed effetti differenti.</p> <p>L'adozione di misure attive e passive per la riduzione del rischio necessita anche della conoscenza dei volumi massimi mobilizzabili per ogni singolo evento, cioè del potenziale materiale detritico disponibile nel canale e sui versanti.</p> <p>Per migliorare ed ampliare la conoscenza degli aspetti dinamici delle colate detritiche, accanto agli studi sedimentologici, morfometrici e geomorfologici, sono state avviate anche nelle Alpi italiane, già da diversi anni, attività di monitoraggio di alcuni bacini soggetti a colate detritiche.</p>
Valutazione	Lavoro generale, esplicativo, molto dettagliato - Gruppo 1

Scheda n°	47
Anno	1999
Autore/i	De RISO R., BUDETTA P., CALCATERRA D. & SANTO A.
Titolo	Le colate rapide in terreni piroclastici del territorio campano
Edizione	Atti del Convegno "Previsione prevenzione di movimenti franosi rapidi", Trento 17-19 Giugno 1999 (Pubblicazione <i>Associazione Georisorse e Ambiente</i> , Torino), 133-150.
Parole chiave (c)	Rocce carbonatiche, coperture, volumi mobilizzati, zone di distacco.
Contenuto (a)	<p>Sono stati analizzati nel dettaglio molti siti rappresentativi dell'area vulcanica flegrea e di alcuni territori montani in rocce carbonatiche ove si verificano da tempo frane di colata rapida in terreni piroclastici "sciolti".</p> <p>In particolare vengono illustrati: a) la stratigrafia e gli spessori di tali depositi; b) i loro rapporti con il substrato; c) le pendenze più frequenti delle zone di distacco, trasferimento e accumulo; d) il rapporto tra dislivelli e distanze massime di invasione; e) i rapporti tra ubicazione delle zone di distacco e assetto morfologico locale.</p> <p>Si evidenziano altresì le differenze fra l'intensità dei fenomeni nell'area flegreo-napoletana e quella degli eventi tipici delle aree del "complesso carbonatico" e si prospettano gli indirizzi futuri della ricerca, in vista di una migliore definizione dei meccanismi d'innescamento e delle misure di prevenzione e previsione.</p>
Conclusioni (b)	<p>L'insieme dei dati illustrati consente di ribadire che nelle aree del "complesso carbonatico" situate ad E ed a S del Vesuvio le frane di colata rapida studiate presentano le seguenti caratteristiche:</p> <p>Spessori delle coperture, nelle aree di distacco, oscillanti fra 0.5 e 4 m con presenza costante (nei casi osservati) di piroclastiti pedogenizzate e di 1 o 2 livelli di pomice, il più delle volte separati dai calcari dall'interposizione di sottili livelli cineritici</p> <p>Volumi molto ridotti delle masse coinvolte nel fenomeno di primo distacco</p> <p>Volumi totali mobilizzati oscillanti da alcune migliaia di m<sup>3</sup> fino a circa 300.000 m<sup>3</sup> (vedi Sarno) in relazione ad estensione e sviluppo lineari dei versanti interessati</p> <p>Ubicazione frequente delle zone di primo distacco alla sommità o alla base di cornici di morfoselezione o in corrispondenza di tagli artificiali</p> <p>Sviluppo successivo del movimento lungo versanti regolari (in tal caso la forma dell'impronta è triangolare con vertice di monte corrispondente con la zona di distacco) ovvero lungo "canali" di trasferimento (in tal caso innescano fenomeni di erosione di fondo con distacchi retrogressivi di coperture presenti lungo i versanti)</p> <p>Distanze di invasione dei cumuli oscillanti tra 1.5-2 km (calcolate rispetto alla prima rottura di pendenza alla base del versante) e 3-4 km (calcolate in relazione al primo ostacolo significativo incontrato dalla colata), per dislivelli di 7-900 m</p> <p>Valori più frequenti di acclività delle zone di primo distacco maggiori di 35° e comprese tra 30° e 35° nelle zone di scorrimento</p> <p>Velocità di trasferimento variabile con massimi stimati (es. Sarno) non inferiori ai 15-20 m/s</p> <p>Deflussi idrici, in taluni casi, dalle fessure del substrato carbonatico</p> <p>Estensione, tipo e densità del mantello vegetale apparentemente non essenziali ai fini degli inneschi.</p> <p>Obiettivo principale dei monitoraggi e della contestuale attività di sperimentazione <i>in situ</i> ed in laboratorio dovranno riguardare il ruolo della vegetazione (in termini di intercettazione di aliquote di importanti apporti meteorici e di ruolo dell'apparato radicale), le proprietà geotecniche e idrauliche dei terreni di copertura (quelli pomiceo e pedogenizzati a grana fine) e il loro comportamento in concomitanza di eventi meteorici di determinata intensità e durata e infine la struttura della roccia carbonatica del substrato, che condiziona la circolazione idrica interagente con quella della copertura.</p>
Valutazione	Lavoro contestuale, analitico, descrittivo - Gruppo 2a





Scheda n°	48
Anno	1999
Autore/i	DUFFY J.D.
Titolo	Case studies on debris and mudslides barrier systems in California
Edizione	Atti del Convegno "Previsione prevenzione di movimenti franosi rapidi", Trento 17-19 Giugno 1999 (Pubblicazione <i>Associazione Georisorse e Ambiente</i> , Torino), 181-188.
Parole chiave (c)	Control measures, flexible barriers, barrier systems.
Contenuto (c)	In California si è studiato l'effetto nel tempo di barriere flessibili e di sistemi di trattenuta a rete metallica intrecciata; viene discussa l'efficacia e la durata nel tempo di questi sistemi, che sono stati introdotti inizialmente per mitigare le frane di crollo. In realtà si sono dimostrati molto più utili di quanto previsto, in quanto in alcuni casi 500 m <sup>3</sup> di valanghe di detrito e di <i>debris flow</i> sono stati trattenuti dalle barriere. Come risultato di queste esperienze è stata adottata un'applicazione più diffusa di questi sistemi.
Conclusioni (a)	L'efficacia di molti dei sistemi sperimentati in California è stata testata in funzione delle capacità di carico in condizioni estreme. I risultati sono che i sistemi di difesa come barriere flessibili, reti di trattenuta ecc. sono molto validi per la protezione di edifici dall'instabilità di versante, comprese le valanghe di roccia e di detrito. Il potenziale massimo di trattenuta è ancora sconosciuto, ma può essere stimato senza grandi difficoltà se gli studi e gli esperimenti proseguiranno. Allo stesso tempo si è dimostrato che i suddetti sistemi di difesa sono un eccellente metodo di mitigazione per aree in cui versanti instabili minacciano infrastrutture.
Valutazione	Lavoro contestuale, descrittivo, analitico – Gruppo 1

Scheda n°	49
Anno	1996
Autore/i	EUSEBIO A. & RABBI E.
Titolo	Metodologia di valutazione del rischio e difesa del territorio: l'esempio dell'arco morenico canavesano
Edizione	Atti del Convegno "Rischio idrogeologico, opere di difesa ed uso del territorio nel Canavese", Ivrea 8-9 Maggio 1998, 69-77.
Parole chiave (c)	Dissesto gravitativo, cause scatenanti, fattore d'instabilità, cartografie.
Contenuto (a)	Viene presentata la metodologia utilizzata per l'individuazione di settori instabili di versante e vengono discussi i risultati applicati su un areale di circa 90 km <sup>2</sup> che si sviluppa in corrispondenza dell'Anfiteatro Morenico di Ivrea (To) ed in cui si sono registrati, durante l'evento alluvionale del novembre 1994, importanti e diffusi dissesti gravitativi.
Conclusioni (b)	<p>Le osservazioni ed i risultati emersi dagli studi redatti per le varie Amministrazioni hanno condotto ad un duplice risultato.</p> <p>Da una parte essi hanno costituito un elemento fondamentale per la definizione delle aree critiche e del grado di rischio associato, nelle quali si sono potuti concentrare gli interventi di messa in sicurezza immediata (Pronto intervento = classe 1) ed i successivi interventi finalizzati alla riduzione del rischio o alla sua eliminazione (classi 2 e 3). Inoltre l'estensione dell'analisi su tutto il territorio comunale ha permesso la definizione delle priorità e delle tipologie di intervento inserite nei successivi Progetti Preliminari.</p> <p>D'altra parte sono risultati essere uno strumento di pianificazione indispensabile e dinamico per la soluzione dei problemi immediati a seguito dell'evento alluvionale, permettendo di individuare e delimitare in apposite cartografie (Carta di Sintesi) aree che ai fini di una pianificazione territoriale presentano differenti problematiche; l'aggiornamento delle cartografie di sintesi e quindi della destinazione urbanistica del territorio è stata inoltre possibile a valle degli interventi realizzati.</p>
Valutazione	Lavoro contestuale, procedurale, tecnico - Gruppo 2c



Scheda n°	50
Anno	1994
Autore/i	FELL R.
Titolo	Landslide risk
Edizione	Can. Geot. J., 31, 261-272
Parole chiave (c)	Landslide, slope stability, acceptable risk, risk.
Contenuto (a)	Vengono presentate definizioni del rischio e della pericolosità adatte alla valutazione del rischio da frana. È discusso il "rischio accettabile" in relazione ad altri rischi accettati dalla comunità e vengono proposti "rischi specifici accettabili" a seconda che il fenomeno franoso sia naturale o legato a cause antropiche. Sono discusse metodologie per la quantificazione del rischio e vengono suggerite definizioni qualitative da utilizzare quando necessarie. Sono forniti esempi concreti di valutazione del rischio in aree colpite da frana e da <i>debris flow</i> .
Conclusioni (b)	C'è qualcosa di nuovo in questa pubblicazione, rivolta ad esperti, riguardante la valutazione del rischio. La speranza è che ci sia materiale utile su cui riflettere per ingegneri geotecnici e geologi ingegneri incaricati di delimitare fenomeni franosi e che gli stessi siano incoraggiati a formalizzare le loro stime del rischio. L'adozione di consistenti definizioni e procedure relative al rischio, come evidenziato, dovrebbe almeno ridurre la confusione. Si spera anche che raggiungendo consapevolezza del rischio accettato in altri ambiti dell'ingegneria e di quanto sia accettato un rischio più elevato in molti lavori relativi a frane, il dibattito possa accendersi sulla questione in generale del rischio accettabile. La risposta può essere che i livelli di rischio accettabile considerati da enti come Health and Safety Executive in Gran Bretagna sono più bassi di quanto la comunità si possa permettere e più bassi di quanto la comunità inconsapevolmente accetti per un ampio <i>range</i> di altre attività.
Valutazione	Lavoro generale, procedurale, analitico, dettagliato - Gruppo 2c

Scheda n°	51
Anno	1989
Autore/i	F.E.M.A.
Titolo	Alluvial fans: hazards and management
Edizione	Federal Insurance Administration Office of Loss Reduction - february 1989, F.E.M.A. 165
Parole chiave (c)	Alluvial fan, risk, mitigation tools, management tools, protection.
Contenuto (c)	<p>Questa nota affronta l'analisi del rischio in conoide negli U.S.A., partendo dall'esaminare dove si trovano i conoidi e come si sono formati; viene definita la formazione di un conoide alluvionale "ideale", specificando come si identifica un conoide e quali sono i rischi di piena ad esso associati; infine si distingue tra conoidi attivi e inattivi.</p> <p>Di seguito si tratta invece della gestione del territorio sui conoidi alluvionali: come una comunità dovrebbe gestire lo sviluppo sui conoidi, quali sono gli strumenti di contenimento delle piene in conoide (protezione totale, protezione localizzata, protezione dei singoli lotti), quali fattori si devono considerare quando si costruisce su un singolo lotto e infine come e quando introdurre singole strutture di protezione.</p>
Conclusioni (c)	<p>Le tipologie di rischio che possono riguardare i conoidi sono le seguenti:  alta velocità del flusso (5-10 m/s) che produce significative forze idrodinamiche (es. pressione idrostatica contro le abitazioni);  erosione/trasporto (fino a profondità di alcuni metri)  deposizione di sedimenti e detrito (sono stati osservati spessori di detrito fino a 5-6 m)  debris flow/forze d'impatto e mud-flows  inondazione, produzione di forze idrostatiche/di galleggiamento (pressione contro le case causata dall'acqua);  flusso istantaneo (ridotti tempi di allertamento).</p> <p>Gli strumenti di gestione delle piene in conoide, basati su dimensioni e densità abitativa dello sviluppo urbanistico in progetto, possono essere realizzati in modo differente a seconda della scala a cui si opera:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) per interventi a protezione di tutto il conoide le strutture devono essere progettate per intercettare i flussi e il detrito provenienti dal bacino in apice e per trasportare acqua e sedimenti attorno e oltre la zona abitata del conoide. Esse devono resistere allo scorrimento, all'erosione, alla deposizione di sedimenti, alle forze idrostatiche, alle forze d'impatto e idrodinamiche e alle elevate velocità del flusso (la manutenzione costante è essenziale per ottimizzare l'operazione e può essere costosa).</li> <li>2) Misure a scala minore finalizzati ad una protezione più localizzata possono essere utilizzate su conoidi moderatamente edificati per intrappolare il detrito e per instradare acqua e sedimenti attorno o attraverso individuali aree residenziali. Gli elementi di protezione devono prevenire la formazione di nuovi percorsi di scorrimento delle acque e/o la riattivazione di tracciati esistenti; le strutture di controllo delle piene devono resistere alle alte velocità, all'erosione, alla deposizione alle forze idrodinamiche e idrostatiche.</li> <li>3) Infine alcuni interventi possono essere realizzati anche alla scala del singolo lotto (ad esempio rinforzi dei muri di monte, sopraelevazione delle fondazioni, ecc.).</li> </ol> <p>La scelta delle misure appropriate dipenderà in ultimo dalla pianificazione territoriale vigente e dal livello e dall'estensione areale di protezione desiderata.</p>
Valutazione	Lavoro generale, procedurale, analitico - Gruppo 1

Scheda n°	52
Anno	1993
Autore/i	F.E.M.A.
Titolo	Assessment of structural flood-controls measures on alluvial fans
Edizione*	US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, October 1993
Parole chiave (c)	Debris flow, alluvial fan, case study, flood-control measures,
Contenuto (a)	<p>La <i>Federal Emergency Management Agency</i> (FEMA) prepara <i>Flood Insurance Rate Maps</i> (FIRMs) basate sui risultati di <i>Flood Insurance Studies</i> (FIS). Tali studi determinano le aree con 1% di probabilità annuale di essere inondate. La piena è definita dalla FEMA come la <i>Base Flood</i> (100 anni). Il FIS deve valutare i sistemi esistenti di contenimento della piena, a comprendere anche le misure installate per il controllo delle piene. La determinazione delle aree inondate può dipendere dal fatto che le misure di controllo possano proteggere parte della piana alluvionale. Con lo sviluppo crescente della porzione arida occidentale degli Stati Uniti, un numero maggiore di persone sono esposte a pericolosità da piene eccezionali associate a piene improvvise, <i>mud</i> e <i>debris flow</i>, elevate velocità di flusso, avulsione del canale, erosione e migrazione del canale sui conoidi alluvionali. I processi fluviali dominanti che si verificano sui conoidi sono episodici e scarsamente compresi. Ciononostante è necessario considerare se le misure di controllo delle piene adempiono bene il loro compito sui conoidi, e se così avviene, se può essere stimata la loro resa.</p>
Conclusioni (b)	<p>Ci sono pochi eventi documentati per strutture di controllo delle piene sui conoidi. Questa pubblicazione è estesa ad includere strutture esistenti in ambito di conoide. La resa (o i problemi) delle strutture di controllo delle piene sui conoidi possono essere simili a quelle relative a correnti alluvionali ad alta velocità. Ogni situazione e progetto è in qualche modo unico, tuttavia possono essere tracciate delle considerazioni generali dall'esperienza documentata.</p> <p>Lo studio tradizionale sulle strutture di contenimento delle piene valuta l'equilibrio tra la detenzione delle piene e un trasporto più efficiente della piena. Sui conoidi il problema si espande ad includere l'accumulo ed il trasporto di sedimenti e detriti. Le scelte strutturali di base sono due:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>sviluppo di canali confinati che trasportino la piena ed i detriti in modo sicuro attraverso o attorno all'edificato;</li> <li>sviluppo di bacini di raccolta del detrito a monte dell'abitato e trasporto dell'acqua relativamente pulita attraverso o attorno all'edificato;</li> <li>combinazione delle prime due ipotesi.</li> </ul> <p>Ogni fattore riguardante la natura della piena e i problemi relativi al detrito, oltre allo sviluppo delle zone edificate e la relativa suscettibilità ad eventi di piena, pesa sulla fattibilità delle opzioni di contenimento delle piene. Non esiste una regola nell'approccio ad un progetto per un'effettiva riduzione delle piene. La pianificazione e progettazione di strutture di contenimento sui conoidi deve sempre considerare l'effetto di tutti i possibili flussi sulla struttura così come gli effetti che la struttura può avere sul flusso a livello locale e verso valle. Mentre i criteri del FIA sono basati su una probabilità dell'1%, la progettazione più adatta di ogni struttura di contenimento dovrebbe considerare la resa dell'opera per l'intero <i>range</i> di piene, ad includere piene superiori alla <i>Base Flood</i>.</p>
Valutazione	Lavoro generale, analitico, molto dettagliato - Gruppo 1

\* materiale disponibile sul sito [http://166.112.200.140/mit/tsd/FT\\_alfan.htm](http://166.112.200.140/mit/tsd/FT_alfan.htm)



Scheda n°	53
Anno	1999
Autore/i	F.E.M.A.
Titolo	Flood hazard mapping - Guidelines for determining flood hazard on alluvial fans
Edizione	<a href="http://166.112.200.140/mit/tsd/FT_alfan.htm">http://166.112.200.140/mit/tsd/FT_alfan.htm</a>
Parole chiave (a)	Alluvial fan, hazard map, flood.
Contenuto (c)	<p>Le linee guida per la determinazione della pericolosità di piena in conoide tracciate dalla F.E.M.A. propongono un approccio distinto in tre fasi per l'identificazione e la mappatura delle aree inondabili in conoide: determinare se l'area in studio sia un conoide alluvionale; identificare quali porzioni del conoide sono attive (soggette a piene) o non attive; definire e caratterizzare le piene con 100 anni di tempo di ritorno nelle aree sopra definite.</p> <p>Per svolgere il punto tre vengono elencati i principali metodi per la definizione delle piene con tempo di ritorno 100 anni, elencando per ciascuno di essi limiti e raccomandazioni per l'applicazione.</p> <p>Viene operata una distinzione tra <i>apice topografico</i> e <i>apice idrografico</i>; l'area compresa tra i due apici è il settore inattivo (in cui il canale può contenere la portata di 100 anni di tempo di ritorno senza straripamenti); l'area a valle dell'apice idrografico è il conoide attivo.</p>
Conclusioni (c)	<p>La nota espone con ampio dettaglio i passi con cui procedere nell'analisi di pericolosità da inondazione, specificando le caratteristiche "fisiche" del conoide (composizione, morfologia, ubicazione, caratteristiche dei margini), come distinguere le porzioni attive da quelle inattive, tipologia di evoluzione delle piene (lungo il canale principale, per flusso laminare, ecc.), infine dettagliando i metodi di stima della piena con 100 anni di tempo di ritorno.</p>
Valutazione	Lavoro procedurale, analitico, dettagliato - Gruppo 2c+3c

Scheda n°	54
Anno	2000
Autore/i	FIORASO G.
Titolo	Indagini geologico-morfologiche su aste torrentizie della Valtellina e della Valle di Susa ricorrentemente soggette a colate detritiche torrentizie (debris flow).
Edizione	Supplemento a GEAM, Quaderni di Studi e Documentazione, n°23, marzo 2000
Parole chiave (c)	Morfometria, dati pluviometrici, eventi storici, meccanismi d'innesco.
Contenuto (b)	<p>Sono qui presentati i risultati di un'indagine mirata alla definizione di una metodologia di studio per la caratterizzazione e l'individuazione di validi indicatori della propensione di un bacino a generare colate detritiche. Nella prima fase della ricerca è stata effettuata un'approfondita indagine morfometrica condotta su 34 bacini distribuiti in Valtellina (SO) e in Valle di Susa (TO): la scelta, basata su una preventiva ricostruzione storica degli eventi pregressi nelle due vallate, è caduta su impluvi che risultavano essere stati ripetutamente sede di fenomeni di trasporto solido in massa. Nella seconda fase sono state svolte accurate indagini idrologiche, geologiche e morfologiche su otto bacini campione: questi sono stati selezionati poiché, a fronte di una modesta superficie (inferiore a 1.4 Km<sup>2</sup>), sono in grado di generare colate di insospettata imponenza, talvolta frequentemente ripetute nel tempo.</p> <p>Allo scopo di garantire una completa e oggettiva raccolta dei dati, per ciascuno degli otto bacini è stata compilata una scheda nella quale l'organizzazione delle informazioni in forma schematica ne consente una migliore lettura, confronto ed elaborazione.</p>
Conclusioni (c)	<p>Pur con i limiti imposti da un'analisi condotta su un ristretto numero di torrenti, peraltro caratterizzati da un'estrema variabilità del contesto geologico ed antropico, l'insieme delle informazioni raccolte ha permesso di evidenziare una serie di elementi indicativi della predisposizione di un bacino ad ospitare fenomeni di colata detritica torrentizia, come ad esempio la disponibilità di sedimenti e la loro localizzazione in aree strategicamente rilevanti nei confronti dei fenomeni di trasporto solido.</p> <p>Inoltre è emersa la necessità di utilizzare un approccio multidisciplinare che contempli le numerose variabili in gioco coinvolte in questi particolari processi naturali, ciò che consente il superamento dei limiti intrinseci delle singole metodologie di studio. L'intreccio delle informazioni garantisce in tal modo una maggiore oggettività nell'interpretazione dei dati ed efficacia nelle attività di prevenzione, obiettivo ultimo di questo tipo di indagini.</p>
Valutazione	Lavoro contestuale, procedurale, analitico, molto dettagliato <i>Gruppo 2a</i>

Scheda n°	55
Anno	1996
Autore/i	FIORASO G. & CHIARLE M.
Titolo	Ruolo dei parametri morfometrici nella valutazione della pericolosità da colata detritica torrentizia
Edizione	Atti del Convegno Internazionale Alba 1996 "La prevenzione delle catastrofi idrogeologiche: il contributo della ricerca scientifica" Alba (CN), Vol. II, pp-191-200.
Parole chiave (c)	Colata detritica torrentizia, analisi storica, parametri morfometrici, pericolosità, Valle d'Aosta, Valtellina.
Contenuto (a)	<p>Nell'ambito di un programma di ricerca dell'Unione Europea, finalizzato all'individuazione di misure adeguate per la mitigazione del rischio da colata detritica torrentizia, dall'archivio storico del CNR-Irpi di Torino sono stati selezionati documenti riguardanti più di 400 eventi verificatisi in 191 bacini di Valle d'Aosta e Valtellina (Italia settentrionale): 67 di questi sono stati caratterizzati sotto l'aspetto morfometrico. Lo studio ha evidenziato che: a) l'area dei bacini è compresa tra 0.3 e 32.5 km<sup>2</sup>, ma il 91% ha un'area inferiore a 18km<sup>2</sup> ed il 60% un'area inferiore a 6 km<sup>2</sup>; b) la distribuzione delle pendenze medie dei bacini presenta un massimo nell'intervallo 36°-39°; c) la pendenza media dell'asta principale varia tra 10° e 40°: la distribuzione dei valori ha un andamento irregolare; d) le pendenze dei conoidi sono comprese tra 4° e 27°, con un massimo nell'intervallo 7°-9°. Una matrice di correlazione realizzata per i principali parametri considerati ha evidenziato una buona corrispondenza del perimetro e della lunghezza media del bacino con l'area, che ben si correla anche con la lunghezza e pendenza dell'asta principale: anche queste due ultime grandezze risultano ben correlate tra loro. Prive di relazioni significative con gli altri parametri sono risultate la pendenza media del bacino, l'area e la pendenza del conoide alluvionale. Alcune differenze sono emerse dal confronto tra bacini caratterizzati da una distribuzione temporale degli eventi regolare oppure del tutto casuale, avendo i primi superficie mediamente maggiore.</p>
Conclusioni (a)	<p>Sulla base dell'esperienza finora acquisita nei due ambiti geografici qui considerati, l'analisi morfometrica non è risultata uno strumento in grado di fornire, da solo, indicazioni sulla propensione o meno di un bacino a sviluppare colate di detrito, nemmeno ai fini di una zonazione di massima o preliminare in riferimento a tale problematica. Secondo gli autori questo è anche da porsi in relazione al fatto che in aree alpine la quasi totalità dei bacini con superficie compresa nell'intervallo considerato (0.3-32.5 km<sup>2</sup>) possono essere sede di fenomeni di tale natura, qualora si verificchino le condizioni necessarie e vi sia la necessaria disponibilità di materiale detritico mobilizzabile.</p> <p>Alcune differenze sono invece emerse tra bacini caratterizzati da diversa modalità di ricorrenza dei fenomeni: in particolare i bacini caratterizzati da eventi distribuiti con una certa regolarità nel tempo presentano superficie mediamente più grande. Questo fatto può essere messo in relazione alla maggiore probabilità che un evento idrologico critico per l'innescio di colate detritiche colpisca un bacino con una superficie relativamente estesa piuttosto che uno di dimensioni molto piccole. Al momento, tuttavia, sono emerse solamente indicazioni di tendenza. È necessario comunque sottolineare che lo studio ha coinvolto bacini disomogenei dal punto di vista climatico ma soprattutto litologico: un approfondimento dell'indagine che tenga conto anche di questi aspetti potrebbe apportare ulteriori elementi di valutazione sulla significatività dei caratteri morfometrici nell'intento di riconoscerne il ruolo di attendibili indicatori di pericolosità.</p>
Valutazione	Lavoro contestuale, procedurale, dettagliato - Gruppo 3a+3b



Scheda n°	56
Anno	2000
Autore/i	Franzi L. & Bianco G.
Titolo	A statistical method to predict debris-flow volumes deposited on a debris fan
Edizione	Journal of Chemistry and Physics of Earth, 26/9, 83-688.
Parole chiave (c)	Debris volume, prediction, statistical indication, probabilistic approach, application.
Contenuto (a)	<p>Il presente lavoro si pone come obiettivo di fornire un'utile metodologia per la previsione del volume <math>G_s</math>, associato ad un <i>debris flow</i> che si deposita in conoide nella regione alpina. Prevedere il verificarsi e la <i>magnitudo</i> di un <i>debris flow</i> è spesso un compito molto difficile, in quanto è necessario considerare la variabilità dei fattori geologici, idraulici e pluviometrici connessi all'innesco, alla propagazione e alla deposizione di un <i>debris flow</i>. Tali fattori non sono facilmente quantificabili, così come la loro influenza sui volumi depositi in conoide. Anche se qualche relazione matematica (e deterministica) è stata proposta da vari autori per prevedere i probabili volumi, essi non sembrano considerare l'alta variabilità dei fattori che influenzano il fenomeno. Per questo motivo viene preso in considerazione un metodo di investigazione statistico della relazione tra <math>G_s</math> e l'area del bacino A.</p> <p>Viene proposto un nuovo criterio per la previsione dei probabili valori di <math>G_s</math> a partire da metodologie statistiche più conosciute e da un campione di circa 200 dati provenienti dalla regione alpina. Per un dato bacino il valore probabile di <math>G_s</math> è ottenuto sulla base del grado di rischio statistico scelto arbitrariamente. Viene proposta anche una metodologia probabilistica da usare quando non siano disponibili per un particolare bacino i risultati di accurati sopralluoghi e può costituire la base razionale per una prima definizione della pericolosità e per la progettazione di misure di difesa.</p>
Conclusioni (c)	<p>Il metodo proposto deve essere considerato un mezzo per ottenere indicazioni statistiche sulla magnitudo di eventi di <i>debris flow</i> che si sono verificati in passato nella regione alpina oppure sui valori di <math>G_s</math> ottenuti attraverso l'impiego di formule matematiche. Inoltre, essendo basato su una teoria probabilistica può essere considerato innovativo rispetto ad altri approcci che si limitano alla statistica descrittiva. In questo contesto la metodologia è peculiarmente basata su un concetto di grado di rischio statisticamente inteso. Ciononostante un grosso limite del metodo proposto consiste nell'assumere fenomenologicamente simili i bacini alpini; ciò, pur essendo plausibile, non può essere rigorosamente provato. Comunque anche nell'approccio matematico è arduo rimuovere questa ipotesi a causa dell'attuale stato delle conoscenze e della mancanza di dati.</p> <p>Come i risultati ottenuti sono pieni di significato sotto il profilo statistico, deve seguire necessariamente un accurato rilievo di campagna in modo da conseguire una più dettagliata conoscenza di ciascuna specifica situazione. Questo approccio è tuttora in via di perfezionamento in modo da prendere in considerazione altre variabili per una stima più accurata di <math>G_s</math>.</p>
Valutazione	Lavoro metodologico, procedurale, analitico, dettagliato - Gruppo 3b

Scheda n°	57
Anno	1978
Autore/i	GOVI M.
Titolo	Analisi morfometriche applicate allo studio di piccoli bacini. Problemi di erodibilità e di trasporto solido.
Edizione	Estr. Atti del Seminario sulla simulazione idrologica dei bacini imbriferi, Padova 14-18 Febbraio 1977
Parole chiave (c)	Erodibilità, superficie effettiva del bacino, rete di drenaggio, coefficiente di incisività, volume del conoide, superficie di inviluppo.
Contenuto (a)	<p>Vengono descritti i primi risultati di una ricerca finalizzata alla quantificazione dell'erodibilità e delle capacità di trasporto solido in piccoli bacini alpini. Sono stati presi in considerazione i volumi dei conoidi alluvionali edificati da 15 torrenti nella media Val di Susa (Torino); le indagini sono state quindi concentrate sulla individuazione di un parametro morfometrico dei bacini da porsi in relazione ai volumi dei conoidi.</p> <p>Sono state ricostruite su carte topografiche, attraverso il metodo delle curve inviluppo delle isoipse, le forme del rilievo di ciascun bacino precedenti alla fase erosiva torrentizia. Tenendo conto della pendenza media del terreno, sono state misurate le superfici effettive dei bacini, sia precedenti che successive all'attività erosiva dei torrenti. Dalla differenza tra le due aree così misurate si è ricavato l'incremento di superficie dovuto all'incisione dei corsi d'acqua.</p> <p>Il coefficiente di incisività, rappresentato dal rapporto tra questo incremento areale e la lunghezza totale della rete di drenaggio, presenta un'ottima correlazione con i volumi unitari dei conoidi, quando vengono raffrontati bacini di dimensioni non molto diverse. Questo parametro è un sensibile indice dell'erodibilità globale del bacino.</p>
Conclusioni (c)	<p>Il coefficiente di incisività (dato dal rapporto tra l'incremento areale del bacino dovuto all'incisione dei corsi d'acqua e la lunghezza totale della rete di drenaggio), manifestando un buon grado di correlazione con le quantità di materiali accumulati nei conoidi per aree di bacini confrontabili, appare un buon indice delle capacità di trasporto solido di una rete idrografica ed in questo senso, predisponendo una tabella di taratura, è utilizzabile anche senza un confronto con i volumi dei conoidi alluvionali.</p> <p>Tale coefficiente caratterizza quindi un bacino, esprimendo numericamente la globalità dei processi erosivi che vi si sono svolti in un determinato intervallo di tempo, potendosi spesso valutare quest'ultimo, almeno nei suoi valori estremi, in funzione del significato cronostatigrafico attribuibile alla superficie originaria ricostruita con le curve d'inviluppo.</p>
Valutazione	Lavoro generale, metodologico, dettagliato - Gruppo 3b

Scheda n°	58
Anno	1990-91
Autore/i	GOVI M., MARCHI L., MORTARA G. & TURITO O.
Titolo	Ricerche sulle colate detritiche torrentizie (debris flows) in ambiente alpino
Edizione	Gruppo Nazionale per la Difesa dalle catastrofi idrogeologiche, Rapporto 1990-1991, Linea 1, 405-420.
Parole chiave (a)	Fattori innescanti, modalità di evoluzione, difesa, previsione, prevenzione.
Contenuto (a)	Le indagini svolte presso gli Istituti IRPI di Torino e Padova su numerosi fenomeni torrentizi avvenuti nelle Alpi e identificabili come <i>debris flow</i> , hanno consentito di individuare i luoghi ove i processi hanno origine, riconoscere i fattori che ne favoriscono l'innescio, ricostruire le modalità di traslazione delle masse fluide ed ottenere, per diversi bacini, una scala di frequenza empirica degli eventi.
Conclusioni (b)	<p>Dalle indagini svolte si può dedurre che a scala regionale o di grandi bacini i fenomeni di <i>debris flow</i> si ripropongono ad intervalli sicuramente inferiori a due anni, a sottolineare la pericolosità connessa a questi fenomeni nonostante i deflussi "normali" modesti o quasi nulli dei corsi d'acqua minori, se osservati singolarmente.</p> <p>Il problema della difesa da questi fenomeni presenta aspetti di difficile soluzione per i seguenti motivi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- scarsità di dati quantitativi circa velocità e volumi assegnabili alla miscela solido-liquida durante un evento di piena;</li> <li>breve intervallo di tempo con cui le aste torrentizie rispondono ad un evento pluviometrico (aree dei bacini molto ridotte);</li> <li>incertezza nella previsione quantitativa delle precipitazioni;</li> <li>le caratteristiche pluviometriche degli eventi non sempre rappresentano l'unico fattore innescante.</li> </ul> <p>Prescindendo dai citati fattori imponderabili un bacino può fornire risposte differenziate pur sotto l'azione di precipitazioni di altezza e intensità confrontabili. Per una prevenzione dei danni producibili viene suggerita una serie di indagini precisamente finalizzate all'identificazione dei bacini maggiormente pericolosi e al riconoscimento delle aree di potenziale espansione delle colate. Tali attività di controllo potrebbero sembrare improponibili per l'intera regione alpina o quanto meno molto onerose, tenuto conto dell'alto numero di aste torrentizie lungo le quali possono generarsi impulsive colate detritiche.</p> <p>Se si considera che dal '700 ad oggi le vittime di attività parossistica che hanno colpito abitati in conoide sono state più di 550, in via prioritaria dovrebbero essere presi in considerazione corsi d'acqua con conoidi sede di centri abitati; il riconoscimento di indizi premonitori peculiari, affiancato da studi retrospettivi e da una caratterizzazione morfometrica dei bacini, risulterebbe di particolare efficacia per elaborare le più idonee strategie di intervento, di tipo attivo o passivo.</p>
Valutazione	Lavoro generale, descrittivo, analitico, dettagliato - Gruppo 1

Scheda n°	59
Anno	1977
Autore/i	HOOKE R. & ROHER W.L.
Titolo	Relative erodibility of source area rock types, as determined from second-order variations in alluvial-fan size
Edizione	Geol. Soc. of Am. Bull., vol.88, Doc. n°70815, 1177-1183.
Parole chiave (c)	Basin, relative erodibility coefficient, multiple linear regression, fracture density.
Contenuto (a)	L'area di un conoide è circa proporzionale a 0.9 volte il potere del bacino di drenaggio di scaricare materiale in conoide. La costante di proporzionalità è in parte una funzione dell'erodibilità del substrato nell'area sorgente. Utilizzando tecniche di regressione lineare multipla per analizzare questa relazione funzionale in tre gruppi di conoidi in California si sono determinati coefficienti di erodibilità relativa per alcune delle tipologie di rocce prevalenti. Il confronto di questi coefficienti con le caratteristiche di alterazione osservate sul terreno e con i cambiamenti subiti dalle rocce durante alcuni esperimenti di simulazione dell'alterazione in laboratorio suggerisce che la densità delle fratture è più importante rispetto alla mineralogia nel determinare l'erodibilità di una roccia.
Conclusioni (b)	I valori del coefficiente di erodibilità devono essere sicuramente presi con cautela, ma sembra possibile usare variazioni di secondo ordine nelle aree di conoide per determinare l'erodibilità relativa delle rocce predominanti nell'area studiata; questi valori sono coerenti con le descrizioni delle litologie di letteratura. Tuttavia il modello non è completamente adeguato e almeno per conoidi piccoli altri fattori sembrano determinanti per le dimensioni del conoide (es. la pendenza dei versanti, la storia geologica, le variazioni delle precipitazioni con l'altitudine, cambiamenti climatici avvenuti nel Quaternario e cambiamenti di <i>facies</i> ). Probabilmente il risultato più importante di questo studio è l'implicazione derivante sia dalle analisi di laboratorio che da quelle di terreno circa il fatto che i giunti e le fratture possono essere più importanti della mineralogia nel determinare l'erodibilità di una roccia. La densità delle fratture può essere controllata da numerosi fattori: la storia geologica e/o tettonica della roccia, differenze nella mineralogia, ecc.
Valutazione	Lavoro contestuale, procedurale, esplicativo - Gruppo 3b

Scheda n°	60
Anno	1984
Autore/i	HUNGR O., MORGAN C. & KELLERHALS R.
Titolo	Quantitative analysis of debris torrent hazards for design of remedial measures
Edizione	Can. Geot. J., 21, 663-677.
Parole chiave (a)	Debris torrents, debris flows, slope hazard, landslide dynamics, remedial measures, engineering design.
Contenuto (a)	<p>I <i>debris torrents</i>, ossia flussi rapidi di suolo e detrito organico che scendono verso valle lungo canali montani, sono uno dei maggiori rischi naturali della <i>British Columbia</i>. Due anni di studi hanno condotto ad una stima della pericolosità legata a questi fenomeni, portando alla possibilità di progettare un idoneo sistema di interventi di difesa comprendenti barriere di ritenzione, bacini, canali di diversione oltre alla ricostruzione di ponti. Dal momento che non esistevano precise indicazioni progettuali a riguardo, si è dimostrato necessario redigere nuove procedure di progettazione adatte al comportamento dinamico delle colate.</p> <p>Questo lavoro fornisce un approccio nella determinazione della <i>magnitudo</i>, della frequenza, della portata di picco, della velocità, delle condizioni di deposizione, del comportamento in curva, della spinta dinamica e della forza d'impatto. Le procedure sono basate su alcuni dei presupposti basilari della letteratura, integrati con semplici teorie originali e calibrati su numerosi eventi di <i>debris flow</i> verificatisi in <i>British Columbia</i> di recente, per i quali esistono sufficienti serie di dati; tali procedure sono presentate qui come ipotesi di lavoro che possono essere utilizzate come strumento progettuale di ausilio alle indagini dirette.</p>
Conclusioni (a)	<p>Questa pubblicazione descrive un primo tentativo di previsione quantitativa del comportamento dei <i>debris torrents</i> in Canada. La progettazione di interventi di mitigazione in altri paesi specialmente europei fa pesantemente assegnamento su esperienze specifiche sul sito di moltissimi anni. Ciò non è possibile in Canada, quindi l'autore ha cercato di combinare la comprensione teorica dei fenomeni con osservazioni dettagliate, per ottenere un metodo di progettazione semi-empirico. È opportuno raccogliere quanto più possibile dati relativi a volumi di detrito, sezioni trasversali di deflusso e velocità; tenendo presente i limiti di applicabilità in altri contesti, questo metodo rappresenta un approccio razionale per la progettazione e può costituire un utile strumento nello sviluppo delle strutture che devono far fronte alla pericolosità da <i>debris torrents</i>.</p>
Valutazione	Lavoro contestuale, metodologico, analitico, dettagliato - Gruppo 3b

Scheda n°	61
Anno	1998
Autore/i	JACOB M., MARTIN S., SKERMER N., CAMPBELL C., ANDERSON D. & FULLERT.
Titolo	A record breaking debris flow at Hummingbird Creek, Mara Lake, B.C.
Edizione	VIII Int. IAEG Congress, 1998 Balkema, Rotterdam, ISBN 90 5410 990 4, 2091-2098.
Parole chiave (c)	Culvert, debris avalanche, debris flow, volume, peak discharge, rheology, impact.
Contenuto (a)	L'11 luglio 1997 si è verificato un <i>debris flow</i> di grande intensità a Hummingbird Creek, Mara Lake, British Columbia. Le precipitazioni che hanno preceduto l'evento sono state elevate ma non estreme. Una valanga di detrito di 25.000 m <sup>3</sup> ha preso origine da un canale sotterraneo, che drenava un piccolo bacino incrementato artificialmente di un fattore tre. La valanga, una volta raggiunto l'Hummingbird Creek ha innescato un <i>debris flow</i> . Le velocità sono state calcolate a posteriori usando l'equazione del vortice forzato e moltiplicate per l'area della sezione trasversale ad ottenere la portata di picco, le cui stime sono comprese tra 600 e 1000 m <sup>3</sup> /s. Circa 90000 m <sup>3</sup> di sedimento sono stati depositi durante questo evento, che costituisce l'evento non-vulcanico di maggiore entità che si sia mai verificato in British Columbia fino ad oggi. Questo studio enfatizza la necessità di amministrare con molta attenzione le risorse forestali in aree ad alto rischio, così come la necessità di stimare la pericolosità in aree di conoide prima di edificare.
Conclusioni (c)	L'evento dell'11 luglio 1997 ha avuto la più grande <i>magnitudo</i> di <i>debris flow</i> generato da sorgente granitica che si sia verificato in British Columbia. L'umidità della coltre superficiale era elevata a causa dell'estrema piovosità dei mesi precedenti l'evento e della pioggia intensa caduta tra il 5 e l'11 luglio. Ci sono indicazioni che eventi di <i>magnitudo</i> paragonabile si verificano almeno ogni 20 anni in media sul Hummingbird-Mara Creek, sebbene non sia chiaro quale dei due bacini adiacenti sia più attivo. Il volume totale e la portata di picco sono stati particolarmente elevati, a causa del notevole volume legato alla grande rottura iniziale ma anche del materiale disponibile all'interno del canale. Quest'ultimo segue una zona di debolezza strutturale ed è caratterizzato da elevati rapporti di ricarica. Le caratteristiche fisiche dei depositi puntano verso il modello di flusso granulare suggerito da Bagnold (1954). Il <i>debris flow</i> ha distrutto diverse abitazioni ed interrotto l'autostrada, senza fortunatamente causare la perdita di vite umane. Processi geomorfologici di elevata <i>magnitudo</i> e bassa frequenza sono poco compresi in British Columbia a causa della relativa giovane età degli insediamenti abitativi e quindi della scarsa documentazione disponibile. Ciononostante la notevole crescita della popolazione comporterà lo sviluppo insediativo di siti ad elevato rischio.
Valutazione	Lavoro contestuale, analitico - Gruppo 3a

Scheda n°	62
Anno	1991
Autore/i	JOHNSON P., McCUEN R.H. & HROMADKA T.V.
Titolo	Magnitude and frequency of debris flows
Edizione	Journal of Hydrology, 123, 69-82.
Parole chiave (a)	Relief ratio, hypsometric index, interval between burns, drainage area, return period, equations.
Contenuto (c)	<p>I <i>debris flow</i> periodicamente comportano la perdita di vite umane e di beni. Le strutture ingegneristiche progettate per controllare i <i>debris flow</i> sono spesso inadeguate a causa delle scarse conoscenze sulla <i>magnitudo</i>. L'obiettivo di questo studio era di sviluppare un metodo utilizzabile per stimare la <i>magnitudo</i> e la frequenza dei <i>debris flow</i>. Il data-base per lo studio comprende 29 bacini nell'area di Los Angeles, con aree di drenaggio inferiori a 3 mile<sup>2</sup>. Assumendo una distribuzione log-normale, sono state sviluppate equazioni per 2, 5, 10, 25, 50 anni di tempo di ritorno, in funzione del rapporto di rilievo, dell'indice ipsometrico, dell'intervallo tra gli incendi e dell'area di drenaggio. Le principali componenti e le analisi di correlazione sono state usate per selezionare le variabili di previsione; per calibrare il modello è stata usata un'ottimizzazione numerica. Le equazioni di previsione possono essere usate per stimare la <i>magnitudo</i> dei <i>debris flow</i> per bacini che non sono stati misurati, dove stime sono richieste per la valutazione della quantità di detrito presente nel bacino e nel canale, per la protezione di strade e condotte, per la pianificazione del territorio e per zonizzare e stabilire gli importi di assicurazione.</p>
Conclusioni (a)	<p>Il lavoro contiene equazioni che sono state sviluppate per la stima della <i>magnitudo</i> e della frequenza dei <i>debris flow</i> nell'area di Los Angeles; tali equazioni sono una funzione delle caratteristiche del bacino (rapporto di rilievo ed indice ipsometrico) e dell'intervallo tra gli incendi. L'occorrenza di un incendio subito prima di un temporale che genera <i>debris flow</i> può aumentare il volume di detrito di un fattore 5. Il volume ottenuto comprende l'acqua e il detrito trasportato.</p> <p>Piuttosto che basare la progettazione di un bacino di raccolta sul volume di eventi passati, si è preferito basare la previsione sul tempo di ritorno degli eventi e sull'intervallo di tempo intercorso tra incendi successivi.</p>
Valutazione	Lavoro contestuale, metodologico, dettagliato - Gruppo 3b

Scheda n°	63
Anno	1986
Autore/i	KOSTASCHUK R.A., MACDONALD G.M. & PUTNAM P.E.
Titolo	Depositional processes and alluvial fan drainage basin morphometric relationships near Banff, Alberta, Canada.
Edizione	Earth Surface Processes and Landforms, Vol. 11, 471-484.
Parole chiave (a)	Alluvial fan, aggradation, debris flow, paraglacial, morphometrical analysis.
Contenuto (a)	<p>Nella Bow River Valley nell' Alberta (Canada) esistono due diversi tipi di conoide: il primo dominato da processi fluviali e il secondo da processi tipo <i>debris flow</i>. Conoidi ampi a bassa pendenza sono associati a bacini grandi e abbastanza regolari, mentre piccoli bacini irregolari producono piccoli conoidi dominati da colate detritiche. Analisi quantitative dimostrano che intercorrono forti relazioni morfometriche tra conoidi e bacini nonostante la breve storia dei conoidi.</p> <p>L'analisi statistica delle relazioni area conoide-area bacino indica che l' area dei conoidi generati da fenomeni di <i>debris flow</i> non cresce così velocemente come l' area del bacino. La relazione tra l' area del conoide e quella del bacino per conoidi generati da processi fluviali non è statisticamente significativa; tuttavia tale relazione può essere condizionata da processi erosivi sul conoide.</p> <p>L'esame delle relazioni tra pendenza del conoide e regolarità del bacino indica che la prima cresce più rapidamente della seconda per entrambi i tipi di bacino. Ciò è in parte legato alla portata irregolare e agli effetti della granulometria del materiale sui conoidi e al rimodellamento ad opera di processi fluviali sui conoidi generati da <i>debris flow</i>.</p>
Conclusioni (a)	<p>Da questo studio sono emerse le seguenti considerazioni:</p> <p>Nell' area studiata sono stati individuati due tipi di conoide, uno dominato da processi fluviali e l' altro da <i>debris flow</i> ed esiste una chiara relazione tra forme e processi.</p> <p>I risultati ottenuti suggeriscono che le relazioni tra conoide e bacino in una regione sub-umida recentemente interessata dalla presenza dei ghiacciai possono essere forti come quelle di una regione arida non glaciale.</p> <p>La relazione tra area del bacino e area del conoide non è statisticamente valida per i conoidi edificati da processi fluviali, ma è significativa per quelli generati da <i>debris flow</i>. L' allometria negativa per i conoidi fluviali è in primo luogo il risultato della notevole incisione della Bow Valley e dell' erosione del Bow River. Per i conoidi legati a <i>debris flow</i> l' allometria negativa può risultare da variazioni nell' energia del detrito o dalla breve storia paraglaciale del conoide.</p> <p>Questo studio suggerisce che debbano proseguire le ricerche sulle relazioni morfometriche tra conoide e bacino al fine di esaminare il ruolo dei processi di deposizione. Ciò dovrebbe includere se i processi fluviali e i <i>debris flow</i> risultino in differenze significative nelle relazioni morfometriche. Dovrebbe essere quantificato per ogni tipologia di conoide il ruolo delle variabili più importanti: per i conoidi fluviali portata, dimensione dei granuli, e concentrazione dei sedimenti, mentre per i conoidi generati da <i>debris flow</i> dimensione dei detriti, angolo di frizione interna, concentrazione dei granuli e profondità del flusso.</p> <p>Sfortunatamente tali dati non sono di solito disponibili e in siti "frontiera" come la Bow Valley molto difficili da ottenere.</p>
Valutazione	Lavoro contestuale, analitico, esplicativo, dettagliato - Gruppo 3b



Scheda n°	64
Anno	1985
Autore/i	KRONFELLNER-KRAUS
Titolo	Quantitative estimation of torrent erosion (traduzione italiana)
Edizione	International Symposium on Erosion, debris flow and disaster prevention, September 3-5, Tsukuba, Japan, pp. 107-110.
Parole chiave (c)	Attività torrentizia, analisi quantitativa, trasporto solido, fattore di torrenzialità.
Contenuto (c)	Viene proposto un metodo di calcolo della volumetria di detrito trasportabile in piena torrentizia nell'ambito del territorio austriaco. Il totale dei bacini considerati (area fino a 80 km <sup>2</sup> , con estrapolazioni fino a 120 km <sup>2</sup> ) viene suddiviso in aree morfoclimatiche omogenee per la valutazione del fattore di torrenzialità, che tiene conto delle condizioni di sedimentazione e trasporto a seconda della geomorfologia e delle dimensioni del bacino; altri elementi determinanti per il calcolo sono l'area del bacino e la pendenza media dell'asta torrentizia. Eventi alluvionali che si sono verificati tra il 1983 e il 1985 hanno permesso di verificare il modello proposto, che si ritiene comunque valido solo nel tratto del torrente a monte dell'apice del conoide e quindi della principale zona di deposizione.
Conclusioni (c)	Il metodo fornisce risultati attendibili, come la suddivisione in zone omogenee. Vengono indicati valori estremi di <i>magnitudo</i> per le differenti zone, riferiti ad eventi già avvenuti o che potranno avvenire in futuro; è sempre consigliabile considerare i valori estremi e determinare il valore puntuale sulla base di una valutazione del fattore di torrenzialità, della protezione del suolo, della sistemazione, ecc. I valori medi hanno minor significato di quello estremo ammissibile e indurrebbero a dimensionamenti errati. L'effetto delle sistemazioni nell'area considerata è evidente: i torrenti in alcuni casi hanno avuto trasporto solido pari al valore inferiore calcolato; la corretta manutenzione delle opere e un attento uso del suolo sono di estrema importanza. Il metodo è appropriato per condizioni di scorrimento e di sedimentazione comparabili, e soprattutto per alvei relativamente stretti e a pendenza sufficientemente elevata per mantenere una certa capacità di trasporto. In sostanza la formula proposta è idonea per la valutazione del trasporto solido e per la pianificazione delle aree soggette a pericolo fino all'apice del conoide.
Valutazione	Lavoro contestuale, metodologico, dettagliato, esplicativo - Gruppo 3b



Scheda n°	65
Anno	1988
Autore/i	LEE H.J., ELLEN S.D. & KAYEN R.E.
Titolo	Predicting transformation of shallow landslides into high-speed debris flows
Edizione	V International Symposium on Landslides, Lausanne 10-15 luglio 1988.
Parole chiave (c)	Soil unit, void ratio, steady-state line, triaxial compression, prevision, liquid limit.
Contenuto (c)	Un metodo per la previsione della trasformazione di frane superficiali in <i>debris flow</i> ad alta velocità è stato testato su cinque frane indotte dalle precipitazioni nella baia di S. Francisco (California). Tre di queste frane comprendono più di un'unità di suolo. Per ogni unità di suolo una linea che definisce lo stato di quiete in assenza di <i>stress</i> è stata determinata con compressione triassiale su campioni naturali o ricostituiti. Esiste una relazione tra il comportamento delle frane e le posizioni dei rapporti dei vuoti e dei corrispondenti <i>stress</i> naturali effettivi dei depositi in relazione alla linea di quiete. Frane che evolvono in <i>debris flow</i> hanno iniziali rapporti dei vuoti oltre la linea di quiete, mentre le frane che non evolvono o evolvono parzialmente in <i>debris flow</i> hanno rapporti dei vuoti che stanno al di sotto della stessa linea. Le caratteristiche della linea di quiete sembrano correlate con il limite liquido del suolo.
Conclusioni (c)	Queste ricerche hanno condotto a stabilire una correlazione diretta tra le caratteristiche della mobilitazione di un <i>debris flow</i> da frane superficiali e la posizione dei punti indicanti lo <i>stress</i> effettivo espresso come rapporto dei vuoti in relazione alla linea dello stato di quiete. Un rapporto dei vuoti che cade molto al di sopra della suddetta linea è correlabile con completa e rapida mobilitazione in flussi di detrito che lasciano un modesto spessore di depositi, mentre i punti vicino alla linea si correlano ad assenza di mobilitazione o a mobilitazione parziale (che lascia un deposito relativamente spesso di detriti, che possono muoversi lentamente). In due casi in cui non si è verificato movimento, per i quali i valori cadono al di sopra della linea di quiete, si può assumere che con grande probabilità in caso di rottura il movimento evolva come <i>debris flow</i> . Ciò costituisce un discreto metodo previsionale, tanto più che si è riscontrata una correlazione tra il rapporto dei vuoti in posizione di quiete ed il limite liquido dei materiali, valutabile con grande facilità per un'analisi su vasti territori.
Valutazione	Lavoro contestuale, metodologico, esplicativo - Gruppo 3a+3b

Scheda n°	66
Anno	1994
Autore/i	LUINO F., CHIARLE M., MOSCARIELLO A. et al.
Titolo	Un fenomeno di mobilitazione in massa presso Oropa (VC)
Edizione	GEAM, Memorie e note, giugno-settembre 1994, 149-156.
Parole chiave (c)	Dati pluviometrici, superficie di rottura, canaletta artificiale.
Contenuto (a)	A seguito di una precipitazione breve ed intensa, il 2 giugno 1992 si produsse lungo un'incisione di primo ordine nel bacino del T. Oropa (Biella) un processo di trasporto torrentizio in massa. I risultati delle analisi delle serie storiche di piogge hanno messo in evidenza come le precipitazioni registrate prima e durante l'evento non siano da ritenere di carattere eccezionale, avendo tempi di ritorno compresi tra 2 e 3 anni, e non possa quindi essere ricercata in queste la causa principale del fenomeno. Un ruolo più importante è invece attribuibile ai deflussi convogliati da una canaletta artificiale deviante le acque di un ruscello che provocarono l'instabilità della copertura detritico-colluviale in un impluvio adiacente.
Conclusioni (a)	Dalle analisi idrologiche eseguite emerge in modo chiaro ed evidente che le piogge antecedenti il fenomeno gravitativo studiato non furono affatto straordinarie, essendo mediamente superate in entità una volta ogni due o tre anni. Piogge brevi ed intense non sono inoltre eventi eccezionali in giugno, mese nel quale si sono verificati 12 dei 52 casi di massima precipitazione oraria annuale presi in considerazione per le elaborazioni statistiche. Si può anche escludere un anomalo imbibimento del terreno dovuto a piogge prolungate nel mese antecedente l'evento. Durante sopralluoghi effettuati nell'alto bacino del T. Oropa non sono stati rilevati altri fenomeni d'instabilità riferibili all'evento idrologico del 2 giugno. In base a tali considerazioni si può supporre che la destabilizzazione del detrito di falda abbia avuto come fattore predisponente l'infiltrazione dell'acqua di pioggia all'interno del deposito di materiali sciolti e come fattore innescante il convogliamento concentrato di acque realizzatosi a seguito delle posa in opera di una canaletta artificiale, che comportò un aumento pari a 46 volte della superficie del bacino sotteso alla testata dell'impluvio sede del fenomeno di trasporto in massa. Quest'ultimo si produsse quindi a seguito dell'anormale deflusso di acque sul <i>talus</i> detritico: in tali materiali, infatti la destabilizzazione è dovuta all'aumento della pressione interstiziale dei sottostanti livelli di materiale fine, con conseguente diminuzione della coesione. La modificazione delle condizioni fisico-meccaniche provocate dall'imbibizione e dalla conseguente fluidificazione di tali livelli di ghiaie sabbioso-limoso-argillose, può essere ritenuta sufficiente per determinare l'innescamento del fenomeno gravitativo nonché del successivo processo torrentizio.
Valutazione	Lavoro contestuale, dettagliato - Gruppo 1

Scheda n°	67
Anno	1998
Autore/i	MARAGA F., MARCHI L., MORTARA L. & MOSCARELLO A.
Titolo	Colate detritiche torrentizie: aspetti granulometrici e influenza sul territorio
Edizione	Mem. Soc. Geol. It., 53, 75-96.
Parole chiave (a)	Conoide alluvionale, granulometria, colata detritica torrentizia, pericolosità naturale, Dolomiti, Alpi
Contenuto (a)	<p>Vengono esaminati i parametri granulometrici di dimensione e di assortimento ricavati da osservazioni dirette su singoli eventi di deposizione fuori canale che hanno generato accrescimento o neoformazione di conoidi alluvionali ghiaiosi, per apporto solido attuale di colate detritiche torrentizie. Tali fenomeni, frequenti nei corsi d'acqua montani, riflettono attività parossistica di trasporto solido in massa e pongono in condizioni di rischio le attività antropiche esistenti o in pianificazione nelle aree di fondovalle e di contiguo versante.</p> <p>Le analisi indicano distribuzioni granulometriche molto simili, caratterizzate da una brusca diminuzione di pendenza della curva al limite delle ghiaie con le sabbie (2 mm), su frequenze di passante comprese tra il 20 e il 34%, in cui le argille sono componenti fino al 6%.</p> <p>Le caratteristiche sedimentarie dei depositi alluvionali di colata detritica torrentizia nell'area Dolomitica sono quindi messe a confronto con i dati granulometrici raccolti per analoghi fenomeni occorsi in altre parti dell'arco alpino durante gli ultimi venti anni e precisamente: 1 caso per rocce dolomitiche nelle Alpi Occidentali, 8 casi per rocce scistose nelle Alpi Orientali e Occidentali, 9 casi per rocce cristalline massicce nelle Alpi Centrali e Occidentali.</p> <p>L'indagine porta ad individuare significative differenze sia nelle dimensioni sia nella tessitura dei depositi, in relazione alla litologia del bacino di provenienza. Generalmente dimensioni e selezione granulometrica di matrice sono maggiori nelle colate prodotte in ambiente dolomitico. Peraltro, le caratteristiche dei danni riscontrati in campo di deposizione risultano globalmente confrontabili.</p>
Conclusioni (b)	<p>Fra i vari aspetti rilevanti per la caratterizzazione dei depositi di colata, assumono particolare significato le dimensioni granulometriche e la tessitura dei sedimenti trasportati, in quanto esprimono l'intensità del fenomeno di morfogenesi ed il peso delle conseguenze dannose sul tessuto antropico. A quest'ultimo proposito si segnala, ad esempio, che la rimozione dei detriti per il ripristino delle condizioni originarie a seguito di una deposizione a grossi blocchi deve talora essere effettuata con l'utilizzo di esplosivi.</p> <p>Sulla base di una casistica estesa all'intero arco alpino, è stato osservato che le maggiori dimensioni granulometriche del deposito in massa sono pertinenti a bacini idrografici con rocce massicce cristalline, dove sono stati misurati blocchi anche dell'ordine di 100 m<sup>3</sup> e frequenze del 25% su diametri superiori al metro. In riferimento alle associazioni granulometriche di matrice, la caratterizzazione dei corpi sedimentari rilevati in 22 episodi di colata detritica torrentizia ha mostrato una stretta dipendenza granulometrica dei sedimenti dalla litologia del substrato del bacino idrografico di alimentazione. In particolare i risultati delle indagini hanno messo in luce che i sedimenti per i depositi di colata in Area Dolomitica presentano carattere distintivo sia di dimensione che di assortimento rispetto agli ambiti litologici delle rocce massicce cristalline e delle rocce scistose (carbonatiche, silicee e pelitiche). Più precisamente i diametri mediani sono maggiori e la distribuzione granulometrica è poco più assortita rispetto ai sedimenti prodotti da graniti e metamorfiti massicce, ma molto meno assortita rispetto ai sedimenti prodotti da calcescisti, quarziti e argilloscisti.</p>
Valutazione	Lavoro procedurale, esplicativo, dettagliato - Gruppo 1+3a

Scheda n°	68
Anno	2000
Autore/i	MARCHI L. & BROCHOT S.
Titolo	Les cônes de déjection torrentiels dans les Alpes françaises
Edizione	Révue de Géographie Alpine, n°3/2000, 23-28.
Parole chiave (c)	Caractéristiques morphométriques, pente moyenne, superficie, dénivelée spécifique, corrélation, isométrie.
Contenuto (b)	<p>In generale i conoidi sono zone favorevoli alle attività agricole e all'urbanizzazione. Tuttavia sono soggetti ad elevato rischio di piena e di fenomeni di lava torrentizia, che pongono importanti problemi per la protezione delle zone urbanizzate e delle infrastrutture. L'apporto stesso di sedimenti richiede misure di gestione sui conoidi, per limitare divagazioni e fuoriuscite dall'alveo, e a valle del corso d'acqua principale (bacini di trattenuta).</p> <p>Aulitzky (1980) ha proposto una classificazione dei processi torrentizi a partire da indici morfologici, che elaborati sulla base di osservazioni geomorfologiche e sedimentologiche, possono essere ricondotti specificatamente a tipologie di processo torrentizio, divenendo così loro stessi testimoni permanenti, a prescindere da quello che succede. Questo tipo di approccio è fruttuoso perché permette di dedurre conoscenze relative alla natura delle colate a partire da osservazioni geomorfologiche, come si è perseguito in questa sede: le caratteristiche morfometriche dei conoidi e dei relativi bacini sono state confrontate con il tipo di processo. Questa pubblicazione presenta i risultati di questa analisi pratica su un campione di 46 torrenti delle Alpi francesi.</p>
Conclusioni (a)	<p>La correlazione tra area dei conoidi e quella dei relativi bacini è debole: ciò si spiega con la costrizione topografica dovuta alla larghezza delle valli principali, che è sovente modesta e che condiziona l'espansione dei conoidi. Questo fatto limita fortemente la possibilità di utilizzare la superficie del conoide come indicatore dell'erosione e della produzione di sedimenti del bacino a monte, anche come valore relativo.</p> <p>La pendenza del conoide e il dislivello specifico (indice di Melton) del bacino sono legate tra loro da una relazione funzionale di tipo isometrico, in accordo con i risultati di molti altri autori. Tale relazione, espressa da un semplice grafico, permette di distinguere chiaramente i conoidi generati da trasporto solido da quelli generati da processi tipo lava torrentizia o misti. In questo grafico i conoidi formati da torrenti a comportamento sconosciuto si trovano nello stesso settore delle lave torrentizie. A questo proposito si sottolinea l'eventuale differenza tra il periodo di formazione del conoide e il periodo relativo al quale si dispone di informazioni storiche sulla tipologia di processi torrentizi: in effetti i conoidi classificati come sconosciuti possono essere stati edificati da processi di lava torrentizia ma ciò non è confermato da informazioni d'archivio. In questi casi l'analisi morfometrica può supplire alla carenza di dati storici.</p> <p>Benchè la pendenza dei conoidi non sia fondamentale per lo studio e la sistemazione dei bacini così come i volumi e la frequenza dell'apporto di sedimenti, costituisce, congiuntamente con il dislivello specifico del bacino, un indicatore pertinente della tipologia dei processi di deposizione allo sbocco del bacino stesso.</p>
Valutazione	Lavoro contestuale, procedurale, esplicativo - Gruppo 3b

Scheda n°	69
Anno	1996
Autore/i	MARCHI L. & TECCA P.R.
Titolo	Hill-slope debris flows in the Dolomites: characteristics and associated risk
Edizione	Int. Symp. Interpraevent 1996 – Garmisch-Partenkirchen, Tagungspublikation, Band 3, Seite 83-92.
Parole chiave	Hill-slope debris flow, initiation, path, deposition, magnitude, hazard.
Contenuto	Vengono descritte le proprietà morfologiche delle colate di detrito che colpiscono le coltri di detrito nelle Dolomiti (Italia nord-orientale). Tra i fattori determinanti nella valutazione del rischio legato a questo tipo di processo si privilegiano i volumi di detrito prodotti. La produzione di sedimento per unità di lunghezza delle aste è stata valutata attraverso rilievi di terreno per un certo numero di <i>debris flow</i> di entità piccola o media. Questo parametro può essere utilizzato per la stima della <i>magnitudo</i> di eventi non eccezionali, che si sviluppano a partire da piccole rotture di versante. Si considera ugualmente il problema della stima della <i>magnitudo</i> di eventi più importanti legati a zone di rottura più ampie.
Conclusioni	Questo contributo evidenzia le caratteristiche basilari delle colate di detrito su versante che colpiscono i canali nelle Dolomiti. Gli aspetti morfologici rilevanti di questi fenomeni sono: la limitata area planimetrica dei bacini di alimentazione, consistenza di affioramenti nudi molto ripidi, presenza di zone di innesco generalmente collocate al contatto tra roccia madre e copertura detritica, possibilità di diversione nella parte mediana e terminale dei percorsi delle colate. Vengono proposte due procedure empiriche per la stima della <i>magnitudo</i> di colate detritiche a scala “normale” o molto grande. La prima è basata sul <i>channel debris yield rate</i> , il rapporto tra il volume totale del flusso e la lunghezza del tratto di canale contraddistinto da erosione. Questa procedura è applicabile a <i>debris flow</i> modesti, contraddistinti da <i>magnitudo</i> bassa o media, per i quali l’innesco è legato a limitate superfici di rottura. La seconda procedura è finalizzata ad ottenere una stima della <i>magnitudo</i> legata ad eventi catastrofici, originati da rotture di versante notevoli ed è basata sulla stima del volume di sedimento abbandonato in prossimità dell’area di innesco. Le osservazioni concernenti l’assetto geomorfologico delle colate detritiche su versante e la stima della <i>magnitudo</i> possono essere applicate ad altre aree montane contraddistinte da condizioni geologiche e fisiografiche simili a quelle delle Dolomiti.
Valutazione	Lavoro contestuale, procedurale, dettagliato – Gruppo 3b

Scheda n°	70
Anno	1999
Autore/i	MARCHI L. & TECCA P.R.
Titolo	Magnitudo delle colate detritiche nelle Alpi Orientali Italiane
Edizione	GEAM, Difesa del Suolo, n°2-3, 1996, 79-86.
Parole chiave (c)	Eventi storici, parametri morfometrici, correlazioni, curva d'involuppo.
Contenuto (a)	Dati sulla <i>magnitudo</i> delle colate detritiche, ovvero sul volume complessivo dei materiali depositati durante un singolo evento, sono stati raccolti per circa 45 <i>debris flow</i> avvenuti nelle Alpi Orientali Italiane a partire dal secolo scorso. I dati vengono presentati focalizzando l'attenzione su alcuni casi particolari per l'entità dei fenomeni o per le caratteristiche dell'evento. La memoria analizza quindi le relazioni fra la <i>magnitudo</i> delle colate detritiche e alcuni semplici parametri morfometrici, quali l'area del bacino idrografico e la pendenza del conoide alluvionale. Vengono infine brevemente discussi utilità e limiti della raccolta di dati storici e dell'impiego di semplici metodi empirici ai fini della valutazione quantitativa dei volumi di sedimento depositati dai <i>debris flow</i> .
Conclusioni (a)	<p>Le colate detritiche interessano diffusamente i bacini torrentizi delle Alpi Orientali Italiane. I fenomeni di maggiore entità si possono verificare sia in occasione di eventi meteorici di carattere regionale (novembre 1966), sia durante precipitazioni estive spazialmente limitate (T. Tina nell'agosto del 1921, T. Masul nell'agosto 1988). Nella quasi totalità dei casi l'innescò dei fenomeni studiati è stato determinato da piogge di elevata intensità; solo in pochi casi all'attivazione delle colate detritiche hanno concorso altri processi, quali la fluidificazione di grandi frane. I <i>debris flow</i> di <i>magnitudo</i> più elevata si sono verificati solitamente in bacini caratterizzati dall'estesa presenza di depositi quaternari fortemente erodibili quali detriti morenici e di falda (T. Gosalda, T. Chieppena, Rio Cavallaccio, T. Tina, Gonderbach). Sono stati raccolti i dati sui volumi di sedimento depositati in occasione di circa 45 eventi di <i>debris flow</i>. Questa base di dati, ancorché numericamente limitata, appare sufficiente a fornire un quadro di insieme sull'entità dei processi di <i>debris flow</i> nella regione oggetto di studio e ad evidenziare alcune relazioni tra la <i>magnitudo</i> delle colate detritiche e le caratteristiche morfometriche dei bacini idrografici e dei conoidi alluvionali. Si sottolinea, a questo proposito, come i metodi empirici, basati su parametri morfometrici del bacino, della rete idrografica e del conoide, utilizzabili per la quantificazione della massima <i>magnitudo</i> dei <i>debris flow</i> possano fornire solo indicazioni di prima approssimazione. Tali stime approssimative, peraltro sicuramente utili, necessitano di essere integrate con dettagliati rilievi di campagna finalizzati alla caratterizzazione delle aree sorgenti di sedimento e dei fenomeni di instabilità presenti nei bacini.</p> <p>Appare importante ampliare la base di dati costituita da eventi per i quali esistono stime attendibili dei volumi depositati dalle colate detritiche. Ciò non solo in vista dell'affinamento dei già ricordati metodi previsionali, ma perché la stessa disponibilità di dati sperimentali è fonte di elementi di valutazione e confronto utili per la definizione di opere di difesa e, in genere, di misure di prevenzione e di attenuazione di questi fenomeni torrentizi.</p>
Valutazione	Lavoro contestuale, analitico, dettagliato - Gruppo 3b

Scheda n°	71
Anno	1999
Autore/i	MARCHI L., TECCA P.R. & CORBI I.
Titolo	Debris flow hazard in urban areas: a study in the mountain of Veneto (Northestern Italy)
Edizione	GEAM, marzo 1999, pp. 65-68.
Parole chiave (c)	Debris flow, hazard, hystoric documents, aerial photo-interpretation.
Contenuto (a)	Viene presentata l'applicazione in una zona di studio appartenente alla fascia montana del Veneto di una procedura utile per identificare le zone edificate soggette al rischio da lava torrentizia. Il metodo consiste nell'affiancare l'analisi dei dati storici disponibili contenenti registrazioni di eventi di colate verificatesi in passato all'osservazione di foto aeree. Il metodo fornisce informazioni per la caratterizzazione delle colate ed è valido per la redazione di carte-inventario di questi fenomeni a scala regionale, importante strumento per la valutazione del rischio e per la sua gestione.
Conclusioni (b)	<p>Le considerazioni che emergono sono le seguenti: nell'area campione si sono riscontrati eventi di <i>debris flow</i> su tutti i litotipi, con differenze nella tipologia di flusso (<i>mud</i> o <i>earth flows</i> piuttosto che <i>debris flow</i>) a seconda delle dimensioni medie del materiale in movimento.</p> <p>Le aree di drenaggio dei bacini esaminati sono comprese tra 0.1 e 15 km<sup>2</sup> (due terzi del campione hanno area inferiore a 2.5 km<sup>2</sup>); la pendenza media del canale supera il 20% raggiungendo in alcuni casi il 65%; il numero di Melton è compreso tra 0.5-1.5, ad indicare bacini potenzialmente soggetti a <i>debris flow</i>.</p> <p>Per quanto riguarda gli insediamenti abitativi 38 sono stati classificati a rischio mediante fotointerpretazione, 36 attraverso l'analisi dei dati storici; il 45% dei casi è risultato a rischio secondo entrambe le metodologie di analisi.</p> <p>La fotointerpretazione mostra evidenze di attività da <i>debris flow</i> anche in situazioni in cui le registrazioni storiche sono assenti (può essere mancata la registrazione dell'evento oppure l'evento può non essersi verificato nell'intervallo di tempo considerato). Al contrario gli abitati colpiti da colate detritiche secondo i dati storici, per i quali l'analisi fotointerpretativa non ha fornito risultati sono stati interessati nella maggior parte dei casi da fenomeni sviluppati in canali minori o effimeri.</p> <p>Questo studio sottolinea la ragionevolezza di combinare l'uso di foto aeree e di dati storici per l'identificazione di aree urbane a rischio da <i>debris flow</i> nelle Alpi italiane. Lo studio è adatto ad una scala regionale che può sfociare in carte alla scala 1:25.000-1:50.000. Una zonazione della pericolosità più dettagliata richiede sopralluoghi in campo e la stima delle variabili quantitative dei fenomeni di colata detritica.</p>
Valutazione	Lavoro contestuale, procedurale, dettagliato - Gruppo 2a+2b





Scheda n°	72
Anno	1991
Autore/i	MOON A.T., OLDS R.J., WILSON R.A. & BURMAN B.C.
Titolo	Debris flow risk zoning at Montrose, Victoria
Edizione	Landslides, Beel (ed.), 1991, Balkema, Rotterdam. ISBN 90 5410 032 X, 1015- 1022.
Parole chiave (c)	Debris flow, risk, colluvium, model.
Contenuto (a)	Nel 1981 un <i>debris flow</i> di 30.000 m <sup>3</sup> ha percorso 2 km lungo i versanti del M. Dandenong in Montrose, Victoria. Sono stati cartografati i depositi di tale evento ( <i>colluvium</i> recente) alla base dei versanti e ricostruito il fenomeno di frana precursore. Molte altre frane si sono verificate su versanti molto ripidi, ma la presenza di suoli maturi e l'assenza di <i>colluvium</i> recente sui conoidi suggerisce che non si sono verificati eventi confrontabili di <i>debris flow</i> nell'area studiata durante l'Olocene. Sono stati usati sette fattori correlati al rischio relativo che si verifichi un <i>debris flow</i> per classificare 26 piccoli bacini. Sulla base del modello del 1981 si possono prevedere volumetrie e aree di deposizione. Sono stati assunti intervalli di ricorrenza per differenti categorie di rischio. Sono state adottate quindici zone di rischio legato a <i>debris flow</i> ed è stata prodotta una carta in scala 1:2.500.
Conclusioni (a)	L'importanza di capire l'età e l'origine dei suoli durante la stesura di carte geologiche ha reso possibile riconoscere i depositi di <i>debris flow</i> dell'evento del 1981 e ricostruire il fenomeno di frana precursore. Ha reso inoltre possibile dimostrare che non si sono verificati eventi simili nell'Olocene. Questo studio è un esempio di approccio per una classificazione del rischio relativo utilizzabile quando il <i>data-base</i> è scarso. Tale approccio richiede di stabilire quali fattori siano determinanti per l'analisi in oggetto; nel momento in cui si opera in questa direzione l'importanza di fattori locali o specifici legati a dati geologici o geomorfologici non deve essere sovrastimata. Questo generalmente significa che i sistemi di classificazione sono puntuali e specifici e che non possono essere adottati dovunque.
Valutazione	Lavoro contestuale, metodologico, esplicativo - Gruppo 2b

Scheda n°	73
Anno	1978
Autore/i	MORTARA G. & TROPEANO D.
Titolo	Eventi di piena nei bacini dei rii Gerardo e Perilleux in Val di Susa
Edizione	Boll. Ass. Min. Subalp., anno XV, n°2, 181-202.
Parole chiave (c)	Bacino idrografico, eventi alluvionali, lineamenti geomorfologici, evoluzione, disequilibrio.
Contenuto (a)	Vengono descritti i caratteri geomorfologici di due piccoli bacini della media e alta Val di Susa, sottesi rispettivamente dai rii Gerardo e Perilleux, in relazione ai ricorrenti eventi di piena che caratterizzano questi ultimi. L'evoluzione morfologica del bacino del Rio Gerardo è in una fase relativamente più avanzata e i suoi motivi di squilibrio sono fondamentalmente imputabili al modellamento conseguente alle ultime glaciazioni. Le condizioni morfologiche del bacino del Rio Perilleux sono invece in uno stadio iniziale di sviluppo ed a ciò soprattutto sono dovuti i diffusi processi degradatori sui ripidi versanti e l'elevato trasporto solido del torrente.
Conclusioni (b)	<p><i>Rio Gerardo.</i> Nell'assetto idrogeologico del bacino del Rio Gerardo assumono un ruolo determinante i depositi quaternari, rappresentati da estese coltri detritiche e imponenti masse di materiali morenici. Lungo l'asta del corso d'acqua sono state edificate in epoche successive tre conoidi alluvionali a testimoniare una complessa evoluzione legata agli stretti rapporti con i bacini adiacenti (rii Pissaglio e Corrente).</p> <p>La piena del '72 non è che uno dei tanti episodi di pulsazione attraverso i quali si attua l'evoluzione morfologica del Gerardo, innescatasi molto recentemente ed ancora in pieno atto. Tale piena, purtroppo non quantificabile per assenza di dati di piovosità e portata, non sembra rientrare tra le più gravi in base agli effetti osservati.</p> <p>Il disequilibrio morfologico che caratterizza il bacino è testimoniato da molteplici indizi: a) relitti morfologici, corrispondenti alle superfici terrazzate presso le località Rif. UGET, Cervetto, Baroni, ecc.; b) evidenza di modificazioni recenti nel reticolo idrografico; c) frequente attività torrentizia sul conoide; il tronco d'alveo attualmente soggetto a più rapide modificazioni è quello medio-inferiore.</p> <p><i>Rio Perilleux.</i> La spiccata asimmetria dei versanti del Rio Perilleux, determinata dalle condizioni giaciture del substrato, si traduce in un apporto pressoché continuo di detriti in alveo da parte del versante sinistro, mentre il contributo del destro è saltuario per occasionali fenomeni di crollo. La roccia è in genere subaffiorante con una coltre detritica di potenza modesta; dove si aggiungono pendenze elevate le precipitazioni vengono immediatamente smaltite e convogliate nell'asta torrentizia.</p> <p>In occasione dell'evento del 1973, durante il quale non furono registrati neppure 50 mm in 15 ore e l'intensità non superò i 10 mm/ora, la velocità della corrente misurata è stata di 5 m/s (sicuramente in difetto perché misurata in piena decrescente); in base al rilievo delle sezioni bagnate, eseguito poco dopo l'evento di piena, venne calcolata in due punti una portata al colmo di 22 e 28 m<sup>3</sup>/s.</p> <p>L'elevata torrenzialità del Rio Perilleux trova una sua immediata ragione d'essere nella forte acclività del profilo longitudinale, associata alle specifiche condizioni geologiche del bacino; pertanto non sembrano necessarie grandi quantità di precipitazione per determinare danni sul conoide. Qui subentrano due fattori antropici alle ricorrenti conseguenze negative degli eventi di piena: il ponte sulla S.S. n°335 e la galleria artificiale lungo la linea ferroviaria Torino-Modane, che sottopassa l'alveo poco a monte del suddetto ponte. Si rende tuttora necessaria sui versanti e lungo tutta l'asta torrentizia, una più sistematica attuazione di opere sistematorie, di cui solo una costante manutenzione potrà garantirne l'efficienza e la durata.</p>
Valutazione	Lavoro contestuale, molto dettagliato - Gruppo 1

Scheda n°	74
Anno	1999
Autore/i	NATALE L. & GHILARDI P.
Titolo	Il rischio idraulico nelle aree di conoide
Edizione	Quaderni regionali di ricerca della Regione Lombardia n°34
Parole chiave (c)	Debris flow, conoide, modello matematico, valutazione del rischio, soglie d'innesco, protezione civile.
Contenuto (c)	<p>Vengono descritte le caratteristiche principali delle correnti detritiche (moto uniforme, tipologie di <i>debris flow</i>, erosione e deposito), attraverso un'analisi matematica sia unidimensionale che bidimensionale.</p> <p>Vengono proposte le applicazioni di alcuni modelli matematici ed una serie di metodologie pratiche per la valutazione del rischio, applicate al Rio Rondinera e al Rio Re di Gianico.</p> <p>Vengono valutate la predisposizione alla formazione di correnti detritiche e le precipitazioni di soglia per l'innesco.</p> <p>In ultimo è esposta la normativa in materia di protezione civile per diversi paesi: Confederazione elvetica, Austria, Svezia, Portogallo, Giappone.</p>
Conclusioni (c)	<p>Le simulazioni matematiche e l'applicazione delle metodologie di letteratura conducono a risultati soddisfacenti, sulla base del confronto con i dati reali di spessore dei depositi e di estensione delle aree interessate da colata detritica torrentizia.</p> <p>Inoltre, stimando con il metodo razionale le portate di massima piena in corrispondenza di eventi con diversi tempi di ritorno, vengono formulate delle ipotesi di alluvionamento in conoide, per valutare in modo previsionale la possibile estensione delle colate nelle aree studiate.</p>
Valutazione	Lavoro metodologico, dettagliato, abbastanza esplicativo - Gruppo 1+3c



Scheda n°	75
Anno	1994
Autore/i	OGUCHI T. & OHMORI H.
Titolo	Analysis of relationships among alluvial fan area, source basin area, basin slope and sediment yield
Edizione	Z. Geomorph. N. E., 38, 4, pp.405-420.
Parole chiave (c)	Alluvial fan, morphometric parameters, erosion rate.
Contenuto (a)	La relazione tra area del bacino e area del conoide è espressa dalla relazione $A_f = cAb^n$ . Questo lavoro esamina le implicazioni geomorfologiche delle costanti $c$ ed $n$ e cerca le cause per differenti valori di tali parametri in alcuni bacini del Giappone e dell'America. Dal punto di vista della produzione di sedimenti, del trasporto e della deposizione lungo un sistema versante - canale - conoide, l'equazione può essere vista come un'associazione di tre relazioni funzionali tra area del bacino e pendenza del bacino, pendenza del bacino e tasso di sedimenti, tasso di sedimenti e area del conoide. Quest'ipotesi è convalidata dai dati morfometrici dei conoidi giapponesi e americani.
Conclusioni (b)	Come prima approssimazione l'area del conoide in ciascuna regione risulta direttamente proporzionale al carico di sedimenti trasportati per unità di tempo. I valori più alti di $c$ per i conoidi giapponesi rispetto a quelli americani sono ricondotti a rapporti di erosione più elevati in concomitanza di intense precipitazioni. I valori più bassi di $n$ dei conoidi giapponesi sono anch'essi ricondotti ad un maggiore rapporto d'erosione, così come la più rapida diminuzione della pendenza dei bacini al crescere dell'area dei bacini. La forza erosiva e l'energia di rilievo esercitano il maggiore controllo sulle relazioni area del conoide - area del bacino per le due regioni considerate.
Valutazione	Lavoro contestuale, analitico, dettagliato - Gruppo 3b

Scheda n°	76
Anno	1992
Autore/i	PASUTO A., MARCHI L. & TECCA P.R.
Titolo	Tipologia del trasporto solido torrentizio su conoidi alluvionali nell'alto bacino dell' Avisio (Dolomiti)
Edizione	Boll. Soc. Geol. It., 111, 41-51.
Parole chiave (a)	Bacini alpini, conoidi alluvionali, debris flow, trasporto solido, morfometria
Contenuto (a)	<p>L'analisi delle caratteristiche morfologiche dei conoidi alluvionali edificati dai piccoli corsi d'acqua montani può fornire utili indicazioni sull'entità dei processi di rimozione e convogliamento del sedimento dai bacini imbriferi presenti a monte e sulle modalità con cui avvengono i fenomeni di trasporto solido nella parte inferiore degli alvei. Nel presente lavoro, che ha interessato i bacini di venti tributari dell'Avisio (Italia Nord-Orientale, Dolomiti), sono state esaminate le relazioni intercorrenti fra i principali parametri dei conoidi (area, volume e pendenza), le caratteristiche morfometriche dei bacini e i litotipi in essi presenti. In questo contesto è stata riscontrata e discussa una relazione inversa tra il volume unitario delle conoidi e la superficie dei bacini idrografici.</p> <p>Le relazioni tra la pendenza delle conoidi e alcuni parametri dei bacini, unitamente alle evidenze emerse da indagini di campagna, sono state oggetto di un particolare approfondimento, finalizzato alla definizione di criteri per la valutazione del rischio da piena e da <i>debris flow</i> nei tratti terminali dei corsi d'acqua. È stata proposta una suddivisione dei conoidi alluvionali in tre gruppi: conoidi edificati da processi di trasporto selettivo, conoidi edificati prevalentemente da fenomeni di <i>debris flow</i> e conoidi ad accrescimento misto. La pendenza dei conoidi e l'indice di Melton dei bacini idrografici sono risultate essere due variabili in grado di discriminare con buona risoluzione i tre gruppi. La suddivisione adottata sembra presentare sufficiente flessibilità, tale da poter fornire elementi di valutazione per l'attuazione di misure di difesa nella regione geografica studiata.</p>
Conclusioni (b)	<p>Le indagini sviluppate, oltre a fornire un inquadramento dei rapporti fra la morfometria dei conoidi e le caratteristiche morfologiche e litologiche dei bacini, hanno consentito di suddividere i conoidi alluvionali in tre gruppi, identificati sulla base dei processi di trasporto solido prevalenti sui tratti terminali dei collettori. La determinazione della pendenza del conoide alluvionale, anche se più laboriosa del calcolo dell'indice di Melton, appare fortemente raccomandabile ai fini della valutazione delle forme di trasporto nei tratti terminali dei torrenti (nel caso in cui si abbiano conoidi coalescenti o che il conoide non sia ben individuabile il numero di Melton è almeno indicativo).</p> <p>Benchè il numero dei bacini considerati non sia molto elevato, le buone caratteristiche di rappresentatività dell'area prescelta inducono a ritenere sufficientemente attendibili i risultati ottenuti. Lo studio di ulteriori casi, accompagnato dove possibile dall'analisi di dettaglio di recenti episodi di attività torrentizia, potrà fornire ulteriori elementi per una più completa valutazione delle condizioni di rischio sui conoidi dei piccoli corsi d'acqua delle Alpi Orientali Italiane. Le informazioni storiche disponibili, anche se in forma frammentaria e incompleta, possono rappresentare una logica integrazione dell'approccio sviluppato nel presente lavoro, basato sull'analisi congiunta di parametri morfometrici e dei risultati di indagini di campagna.</p>
Valutazione	Lavoro metodologico, esplicativo, dettagliato - Gruppo 3b



Scheda n°	77
Anno	1999
Autore/i	PICARELLI L.
Titolo	Alcune considerazioni sui meccanismi d'innesco e di propagazione delle colate in terreni sciolti e detritici
Edizione	Atti del Convegno "Previsione e prevenzione di movimenti franosi rapidi", Trento, 17-19 Giugno 1999, (Pubblicazione <i>Associazione Georisorse e Ambiente</i> , Torino), 163-179.
Parole chiave	Colate, sicurezza, gestione del territorio, modellazione numerica.
Contenuto	Le colate sono una tipologia di frana che può interessare qualsiasi tipo di terreno. La previsione del momento d'innesco, dei percorsi e della velocità di propagazione è il problema fondamentale, la cui soluzione consentirebbe di affrontare con razionalità i problemi di sicurezza e di gestione del territorio. Questo contributo è riferito principalmente al caso delle colate in argilla, ma vengono comunque svolti confronti con altri materiali, evidenziando come esistano elementi di somiglianza tra fenomeni che coinvolgono terreni anche molto differenti. Viene infine mostrato che in linea di principio è possibile affrontare una modellazione numerica del problema e quindi effettuare la previsione degli effetti provocati dalle colate, a patto che siano chiari gli intimi meccanismi che presiedono alla loro formazione ed evoluzione meccanica.
Conclusioni	Le colate sono particolari fenomeni di frana le cui peculiarità vanno ricercate nella fase post-rottura. Le caratteristiche morfologiche e meccaniche delle colate, in qualsivoglia tipo di materiale si verificano (dai detriti grossolani alle argille ai materiali di discarica), sono molto simili: questo naturalmente spinge a ricercare gli aspetti che accomunano i vari fenomeni. Nel presente articolo si è cercato di mettere in evidenza proprio alcuni aspetti comuni tra diversi tipi di colate. Si è inoltre mostrato che, per lo meno per le argilliti a scaglie, è possibile definire modelli di comportamento che si prestano ad una interpretazione meccanica dei fenomeni ed alla spiegazione di alcune caratteristiche che emergono dall'osservazione dei processi evolutivi di numerose colate indagate negli anni più recenti.
Valutazione	Lavoro contestuale, dettagliato, abbastanza esplicativo - Gruppo 3c

Scheda n°	78
Anno	1996
Autore/i	PISANI S.
Titolo	Programma per la simulazione di un flusso di detrito su un cono
Edizione	Relazione del Servizio Geologico Canton Ticino, luglio 1996.
Parole chiave (c)	Criteri d'innescò, equazioni di moto, programmi di calcolo, esempi di laboratorio, casi reali.
Contenuto (c)	<p>Il programma descritto è basato sul modello dilatante di Bagnold, che descrive correttamente il comportamento di una miscela dal profilo reologico. Due parti compongono il codice di calcolo:</p> <p>I modulo per il calcolo di portata, velocità e altezza del flusso di detriti attraverso una sezione a partire dall'idrogramma di acqua pura, che può essere utilizzato da solo per la verifica di una sezione specifica o come preprocessore per fornire l'idrogramma in ingresso su un cono. Questo modulo assume una dinamica monodimensionale e un fondo fisso.</p> <p>Il modulo per il calcolo del moto bidimensionale su un cono alluvionale, che necessita di una topografia iniziale di dettaglio (misure spaziate 10-30 metri con una risoluzione dell'ordine dei 10 cm) e che serve a calcolare la dinamica della miscela sul cono in modo da poter delimitare diverse zone sul territorio in funzione del grado di intensità del fenomeno. Questo modulo tiene conto dei processi di deposizione e erosione che avvengono nel corso dell'evento.</p> <p>I temi affrontati in questa relazione sono i seguenti:</p> <p>Descrizione dei criteri d'innescò dei flussi di detrito: approccio fisico e statistico. Cenni di teoria dei flussi di detrito e equazioni che governano il moto.</p> <p>Descrizione del programma con relativi dati in ingresso e uscita.</p> <p>Confronto con casi reali: esempio di laboratorio e esempio sul campo.</p> <p>5) Due prove di applicazione al cono di Mezzovico (riale di Duragno) e al riale Ramaiolo, con descrizione delle metodologie adottate per la determinazione dei dati in ingresso del modello. Sono riportate le schede di <i>input</i> dei diversi programmi coinvolti nella trattazione dei flussi di detrito e la descrizione di alcune procedure da utilizzare in connessione con il programma.</p>
Conclusioni (c)	<p>I due moduli non valutano la possibilità di innescò ma simulano solo il moto una volta che esso si sia innescato. Per valutare le possibilità d'innescò si possono utilizzare: a) l'approccio fisico, che valuta lo spessore distaccato in funzione dell'altezza dell'acqua e definisce la classe di moto in cui si ricade, stabilendo a priori quali sono le zone dove il materiale è sufficiente ad alimentare il flusso; b) l'approccio statistico, per la definizione delle curve d'innescò, stabilendo a priori le zone soggette all'innescò nel caso in cui vengano superate le precipitazioni soglia.</p>
Valutazione	Lavoro contestuale, metodologico, analitico, dettagliato - Gruppo 3c



Scheda n°	79
Anno	2000
Autore/i	REGIONE LOMBARDIA
Titolo	Procedure per la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio da frana in Regione Lombardia
Edizione	Bollettino Ufficiale Regione Lombardia, n°51, Edizione speciale del 22 dicembre 2000
Parole chiave (c)	Crolli, colate, scivolamenti, colate di detrito, zonazione, pericolosità, rischio.
Contenuto (b)	Il metodo di studio illustrato è stato sviluppato dalla Struttura Rischi Idrogeologici della Regione Lombardia per fornire degli <i>standard</i> di lavoro e per uniformare i metodi di raccolta ed analisi dei dati sulle frane. Si tratta di un metodo speditivo di valutazione della pericolosità da frana, intesa come suscettibilità, che permette di zonare il territorio secondo classi di pericolosità e di rischio relativi differenti.
Conclusioni (b)	Nelle procedure descritte la pericolosità legata alle principali tipologie di frana osservate sul territorio lombardo (crolli di singoli massi o in massa, scivolamenti e colate superficiali, scivolamenti, scivolamenti-colate e colate di grandi dimensioni, trasporto in massa su conoidi) è valutata in due fasi: la prima prende in considerazione i fattori preparatori e definisce una pericolosità preliminare, la seconda considera i fattori che indicano l'attività o le cause innescanti e permette di valutare la pericolosità finale.
Valutazione	Lavoro contestuale, metodologico, esplicativo, dettagliato - Gruppo 2b



Scheda n°	80
Anno	1998
Autore/i	REGIONE PIEMONTE – Direzione Regionale Servizi Tecnici di Prevenzione
Titolo	Quaderno n°11 – Regione Campania - Emergenza idrogeologica del 5 maggio 1998 – Rilievo geologico e geomorfologico dei versanti sovrastanti gli abitati di Sarno, Quindici, Siano e Bracigliano
Edizione	Banca Dati Geologica Regione Piemonte, Quaderno n°11, 1998.
Par. ch. (c)	Dissesto, colata di fango, rischio, interventi di mitigazione.
Contenuto (b)	<p>I centri abitati maggiormente colpiti dal dissesto sono stati quelli di Sarno, Siano, Quindici e Bracigliano. Per il centro abitato di Sarno è stato eseguito un rilievo di dettaglio di tutte le nicchie di distacco delle frane innescatesi sul versante sovrastante l'abitato, anche al fine di individuare situazioni d'instabilità incipienti. Durante tali rilievi sono state allo stesso modo esaminate le zone sommitali del versante comprese tra le nicchie di distacco di cui sopra.</p> <p>Si è proceduto inoltre all'esame delle aree di conoide, sulla cui parte distale sorgono gli edifici gravemente danneggiati, allo scopo di individuare gli accumuli presenti lungo l'apparato di conoide e le caratteristiche morfologiche di tali zone. È stata valutata anche la possibilità di predisporre un monitoraggio topografico su alcune aree instabili individuate nei primi giorni di rilievo. Tale possibilità si è rivelata non attuabile nella fase di emergenza, sia per limiti tecnici di applicabilità del metodo (distanze, visibilità, copertura vegetale), sia per problemi di sicurezza (posizione del soggetto rilevatore).</p> <p>Un sopralluogo è stato finalizzato a verificare l'idoneità di un sito per l'ubicazione di una stazione di rilevamento meteorologico presso il Pizzo d'Alvano.</p> <p>I dati rilevati sono stati forniti alle persone incaricate di svolgere i rilievi geomorfologici per la determinazione del rischio residuo sull'abitato di Sarno e zone limitrofe.</p> <p>Nel corso dei rilievi di terreno sono stati prelevati dei campioni delle coperture piroclastiche allo scopo di determinare le caratteristiche granulometriche dei materiali franati.</p>
Conclusioni (b)	<p>Il fenomeno studiato può essere interpretato in chiave geotecnica facendo riferimento alle differenti permeabilità tra i livelli piroclastici. L'azione della pioggia unita alla circolazione idrica sotterranea nell'ammasso hanno portato ad un incremento delle pressioni idrauliche in corrispondenza dell'interfaccia tra il livello piroclastico a permeabilità maggiore (pomici profonde) a quello a permeabilità inferiore (ceneri vulcaniche superficiali), provocando il rapido annullamento delle tensioni efficaci e dando via ai fenomeni della liquefazione.</p> <p>In genere vengono mobilizzati ridotti volumi delle coperture piroclastiche fini che impattando sui sottostanti analoghi depositi piroclastici già in condizioni di saturazione critiche, provocano una loro immediata attivazione. In seguito le colate si autoalimentano progressivamente lungo il percorso, richiamando apporti anche dai fianchi degli impluvi. A partire dall'apice dei conoidi in parte si espandono nelle zone più pianeggianti, depositando modesti spessori di materiale ed in parte percorrono gli alvei incisi raggiungendo le aree abitate; in tali aree esiste una rete idrica non in grado di smaltire portate caratterizzate da ingente trasporto solido: si ha quindi un immediato effetto di sbarramento con conseguente innalzamento del materiale di colata a monte ed effetti devastanti per le abitazioni coinvolte.</p>
Valutazione	Lavoro contestuale, analitico, dettagliato – Gruppo 2a

Sch. n°	81
Anno	2002
Autore/i	REGIONE PIEMONTE - DIREZIONE SERVIZI TECNICI PREVENZIONE, POLITECNICO TORINO - D.I.T.I.C., CNR - IRPI, SUPSI - IST.
Titolo	PROGETTO INTERREG II Italia-Svizzera 1994-1999 "Collegamento delle reti di rilevamento e condivisione delle esperienze e delle conoscenze per la gestione del rischio idrogeologico", Azione 4
Edizione	Regione Piemonte, 2002
Par. ch. (c)	Soglie pluviometriche d'innesco, zone d'innesco, volumi solidi, modellazione matematica, aree a rischio, interventi di difesa,
Contenuto (c)	<p>1) Contributo del Dipartimento di Idraulica Trasporti e Infrastrutture Civili del Politecnico di Torino</p> <p>Nel caso in studio (T Inferno, Omegna-VB) sono stati affrontati: lo studio delle caratteristiche pluviometriche dell'evento associato alla colata detritica verificatasi nel luglio 1996 ( Caratteristiche dell'evento - Confronto con gli eventi pluviometrici ante e post l'8 luglio 1996 - Soglie pluviometriche d'innesco); il riconoscimento delle possibili zone d'innesco di colate detritiche (attraverso il Metodo delle pendenze e il Metodo basato sulla meccanica della stabilità) con alcune considerazioni sull'uso dei metodi proposti per la ricerca di zone di innesco di colate; stima dei volumi solidi; modellazione matematica della colata di detrito lungo l'asta principale del T. Inferno (Equazioni differenziali utilizzate e modello reologico - Condizioni al contorno - Ipotesi e criteri per la definizione dell'idrogramma solido liquido in ingresso - Implementazione e risultati della simulazione - Possibili interventi passivi e/o attivi e dei sistemi di allertamento e controllo del fenomeno - Possibili linee programmatiche per la difesa e l'uso della zona di conoide).</p> <p>2) Contributo del C.N.R.-I.R.P.I. di Torino</p> <p>A seguito dell'acquisizione dati e della validazione dati acquisiti si è proceduto a determinare: il volume di materiale solido mobilizzabile con applicazioni al T. Inferno (valori unitari di riferimento e metodi empirici di involucro - Metodi semiempirici e correlativi - Approccio geomorfologico - Utilizzo di dati storici per le relazioni tra volume e frequenza; velocità media e profondità di flusso in apice del conoide; i possibili interventi passivi e i sistemi di allertamento e controllo del fenomeno - delimitazione e mappatura delle aree a rischio (delimitazione dell'area di deposito - sistemi di allarme); linee programmatiche per la difesa e l'uso della zona di conoide (ulteriori osservazioni e misure post-evento in bacini interessati da colate detritiche).</p> <p>3) Contributo dell'I.S.T. del Canton Ticino</p> <p>Sono illustrati: il modello DEBRIS (Moto su un cono - Condizioni al contorno - La topografia - I dati di <i>output</i> e la loro utilizzazione - I risultati delle simulazioni - Simulazioni con un'esonazione in più punti), il modello DFWALK (Modellizzazione della velocità e determinazione del raggio di azione della colata (Modellizzazione del moto sul cono - Taratura della velocità - Ipotesi utilizzate - <i>Multiple flow-direction</i> per <i>debris flow</i> - Modellizzazione della sedimentazione) ed il confronto tra i risultati.</p>
Conclusioni (c)	<p>1) Contributo del Dipartimento di Idraulica Trasporti e Infrastrutture Civili del Politecnico di Torino</p> <p>Le metodologie idrauliche utilizzate per la ricostruzione del possibile scenario nell'ambito del quale si è innescata e propagata la colata fino al conoide del Rio Inferno nel luglio 1996 hanno richiesto un certo numero di ipotesi e la conoscenza dello scenario pluviometrico sotto cui si sono sviluppati i deflussi solido-liquidi fino alla colata. I margini di incertezza nei riguardi delle ipotesi assunte e dello stato evolutivo della modellizzazione numerica, bidimensionale in conoide, consigliano di non affidarsi unicamente ai risultati numerici per la definizione delle fasce di rischio. Tuttavia le peculiarità di tale strumento, che permette in tempi brevi e costi contenuti di studiare più scenari, inducono ad affinare tale metodologia.</p> <p>L'utilizzo di modellazioni richiede la definizione delle condizioni al contorno e iniziali, ovvero appositi idrogrammi solido-liquidi in una sezione di monte del corso d'acqua laddove si ipotizza l'innesco del flusso di colata. La conoscenza dei volumi inizialmente posti in movimento è elemento indispensabile per la modellazione; quelli attesi in conoide costituiscono invece dato di progetto con cui avviare la scelta delle misure da adottare per la mitigazione della pericolosità in conoide.</p> <p>2) Contributo del C.N.R.-I.R.P.I. di Torino</p> <p>Dall'insieme delle elaborazioni effettuate emerge che per le analisi modellistiche si può utilizzare un volume di circa 50.000 m<sup>3</sup>. I valori più elevati, risultanti dall'applicazione di alcuni metodi empirici d'involuppo, non sembrano trovare riscontro né in una valutazione del sedimento mobilizzabile basata su informazioni di tipo geologico e geomorfologico, né dall'analisi dei dati storici, dai quali l'evento dell'8 luglio 1996 sembra emergere come il maggiore fra quelli avvenuti negli ultimi 100 anni. Colate detritiche di volume più elevato potrebbero aversi se si verificassero ingenti crolli di roccia nella zona di testata del bacino; la stima del volume potrebbe essere periodicamente aggiornata aggiungendo il volume di materiale eventualmente resosi disponibile.</p> <p>Sono descritte nel dettaglio le osservazioni e le misure da effettuare nel corso di un rilevamento post-evento:</p>

	<p>analizzare i depositi lasciati da una colata per effettuare una stima della velocità media e della portata al colmo, individuando tratti curvilinei di torrente ove la colata stessa abbia lasciato tracce del suo passaggio.</p> <p>individuare nell'area di innesco le zone da cui ha avuto inizio il fenomeno ed eventualmente riconoscere modalità d'innesco;</p> <p>effettuare rilievi topografici di sezioni trasversali e del profilo longitudinale dell'asta torrentizia e rilevare le principali aree instabili o in erosione che hanno operato come sorgenti di sedimento in occasione dell'evento alluvionale;</p> <p>rilevare i depositi terminali per la valutazione del <i>runout</i> (massima estensione longitudinale) della colata e per la determinazione dei volumi di detrito depositati;</p> <p>rilievi di campagna per definire estensione dei depositi, valutazione degli spessori sulle varie parti del conoide ed esecuzione di rilievi granulometrici.</p> <p>3) Contributo dell'I.S.T. del Canton Ticino</p> <p>L'utilizzo di due modelli diversi (DEBRIS e DFWALK) ha permesso di raggiungere una prima conoscenza di carattere qualitativo e al tempo stesso quantitativo del grado di pericolo cui può considerarsi soggetto il conoide del Rio Inferno, con riferimento in particolare all'evento del luglio 1996: il primo modello, basato sul modello dilatante di Bagnold, è composto da una parte monodimensionale che riguarda l'asta del torrente fino allo sbocco in conoide e una bidimensionale riguardante il conoide stesso; il secondo modello è costituito da una combinazione di diversi modelli e/o approcci (tecnica random walk, metodo di simulazione Montecarlo, modello di velocità a due parametri, ipotesi della pendenza media e modello per simulare la sedimentazione del flusso di detrito).</p> <p>Un'integrazione da un lato delle classi di intensità definite dal programma DEBRIS in termini di flusso di detrito e moto fluido e dall'altro della probabilità di alluvionamento calcolata con il modello probabilistico rappresenta un passo successivo, attualmente in fase di implementazione.</p>
Valutaz.	Lavoro metodologico, procedurale, analitico, dettagliato - <i>Gruppi 1+3c</i>

Scheda n°	82
Anno	2002
Autore/i	REGIONE PIEMONTE - Direzione Servizi Tecnici Prevenzione, CSI-Piemonte Settore Ambiente, Politecnico Torino - D.I.T.I.C., Università Torino - Fac. Agraria, Università di Genova - Fac. Ing., Préfecture de la Région Rhone-Alpes-S.G.A.R., Pole Grenoblais d'Etude et de Recherche pour la Prévention des Risques Naturels, Météo-France, EDF-DTG, CEMAGREF Lyon et Grenoble, LTHE - Institute National Polytechnique de Grenoble.
Titolo	PROGETTO INTERREG II Italia-Francia 1994-1999 "Collegamento delle reti di rilevamento e condivisione delle esperienze e delle conoscenze per la gestione del rischio idrogeologico in ambiente alpino", Az. 5
Edizione	Regione Piemonte, 2002
Parole chiave (c)	Elementi di riconoscimento, check lists, modelli numerici, previsione dei volumi solidi.
Contenuto (c)	<p>Sono descritti:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) I fattori che concorrono alla formazione delle colate detritiche negli alvei torrentizi come elementi per il riconoscimento dei bacini e torrenti a rischio di colate detritiche.</li> <li>2) Lo studio della propagazione di colate con modelli numerici nel Rio Gran Vallon.</li> <li>3) La previsione dei volumi solidi rilasciati in conoide da colate detritiche</li> </ol>
Conclusioni (c)	<p>1) L'insieme dei fattori esaminati costituisce un insieme di indicatori utili, in prima istanza, sia per il riconoscimento di bacini sia di corsi d'acqua torrentizi in grado di generare <i>debris flow</i>. L'insieme di tali fattori e dei pesi relativi assegnati a ciascuno, opportunamente organizzati secondo le diverse metodologie permettono di apprezzare la maggiore o minore propensione di un bacino e del relativo corso d'acqua a generare eventi di <i>debris flow</i>.</p> <p>2) Relativamente agli aspetti generali della modellizzazione numerica di colate si osserva che:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- l'elevato numero di modelli disponibili in letteratura non è rappresentativo di una sostanziale facilità e accuratezza nella descrizione numerica della propagazione e dell'arresto di una colata.</li> </ul> <p>Accanto alle note approssimazioni relative alla definizione delle condizioni iniziali di correnti in alvei naturali e all'impossibilità di mettere in conto le singolarità che si presentano lungo il percorso, esiste il problema di ipotizzare a priori la legge reologica, che nel caso delle colate può subire anche notevoli variazioni nello spazio e nel tempo.</p> <p>La maggiore o minore affidabilità di un modello va ricercata: nell'adeguatezza e completezza delle equazioni utilizzate, nel numero di confronti tra soluzioni numeriche e sperimentali osservate in campo (idrogrammi registrati lungo l'asta torrentizia, condizioni pluviometriche concomitanti l'innescamento, possibili zone d'innescamento, caratteristiche reologiche del materiale coinvolto, ecc.).</p> <p>L'uso della modellizzazione numerica in via previsionale richiede a priori la validazione del modello, ovvero le necessarie operazioni di taratura.</p> <p>Parte delle difficoltà elencate possono essere superate adottando una serie di possibili condizioni iniziali e più leggi reologiche (molteplicità di soluzioni).</p> <p>Resta comunque l'impossibilità di mettere in conto le singolarità e le specifiche condizioni locali difficilmente prevedibili.</p> <p>3) Sono illustrati: a) lo stato delle conoscenze; b) il contributo del D.I.T.I.C.: la relazione Bianco &amp; Franz (2000) e c) il contributo del CEMAGREF: Creazione del campione di torrenti - Caratteristiche fisiche dei bacini studiati - Studio di un nuovo metodo di previsione - Calibratura.</p> <p>Sono riportati esempi di applicazione delle relazioni prodotte in b) e c) e il confronto dei risultati ottenuti per il Rio Gran Vallon (TO): la relazione b) fornisce <math>V_{\text{medio}} = 47.491 \text{ m}^3</math>; <math>V_{\text{max}} = 71.582 \text{ m}^3</math>; <math>V_{\text{min}} = 23.392 \text{ m}^3</math>; la relazione c) fornisce <math>V_s = 20.000 \text{ m}^3</math>, che è dello stesso ordine di grandezza di <math>V_{\text{min}}</math>. Ciò mostra che esiste ancora incertezza in questo tipo di valutazione, derivante più dal campione di dati usato per la taratura delle relazioni piuttosto che dalla struttura dei modelli sostanzialmente simile. Da ciò deriva la necessità di porre molta attenzione all'applicazione delle relazioni b) e c) a zone diverse da quelle da cui derivano i dati usati per la loro taratura.</p>
Valutazione	Lavoro procedurale, dettagliato, sintetico - Gruppo 3b+3c



Scheda n°	83
Anno	1998
Autore/i	RICKENMANN D.
Titolo	Ecoulement des laves torrentielles: méthodes de prédiction
Edizione	Atti del Convegno "Rischio idrogeologico, opere di difesa ed uso del territorio nel Canavese", Ivrea 8-9 maggio 1998, 49-58.
Parole chiave (c)	Zone de départ, pente du lit, pente du versant, potential en matériaux, classe de risque, volume, débit maximal, vitesse d'écoulement, dépôt, distance parcourue.
Contenuto (a)	Colate detritiche intervengono spesso in concomitanza di forti precipitazioni e possono provocare gravi danni in aree edificate. La complessità dei processi di deflusso obbliga ad una stima basata su formule empiriche dei parametri descrittivi più importanti. In questo contributo si vuole dare una visione d'insieme dei metodi e delle formule che gli ingegneri possono adottare in casi concreti per stimare il potenziale di pericolo e pianificare le misure di protezione.
Conclusioni (a)	<p>Gli aspetti più importanti per una stima grossolana del pericolo da colata torrentizia possono essere così riassunti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- inclinazione dell'alveo/dei versanti e potenziale di detrito mobilizzabile (classi di pericolo);</li> <li>- tracce di colate torrentizie precedenti;</li> <li>- individuazione di eventuali punti d'innescio in alta montagna (rottura in laghi proglaciali, depositi morenici).</li> </ul> <p>La stima più dettagliata di alcuni aspetti importanti necessita un'analisi del sito (geomorfologia, tracce). Con le formule presentate e con le regole di approssimazione, si possono fare le seguenti stime:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>volume della colata previsto, tenendo conto di correzioni effettuate sul terreno;</li> <li>portata massima della colata (confrontando il valore ottenuto con curve rappresentative);</li> <li>capacità di contenimento della colata da parte del canale in conoide, a confronto con la portata massima, evidenziando possibili punti di disalveamento o ingorgamento;</li> <li>capacità di stoccaggio del canale, a confronto con i volumi attesi;</li> <li>distribuzione del volume di detrito in relazione ai depositi di colata, anche sulla base dell'osservazione di depositi antichi.</li> </ul> <p>Sulla base di una valutazione complessiva di tutte le informazioni disponibili (dati <i>in situ</i>, tracce, stime quantitative) è necessario individuare lo scenario più verosimile entro tutta la gamma di avvenimenti possibili.</p> <p>Le formule proposte si prefiggono di fornire unicamente un ordine di grandezza dei principali parametri della colata; una stima più precisa necessita di un'analisi <i>in situ</i>.</p>
Valutazione	Lavoro procedurale, sintetico, dettagliato - Gruppo 2c+3b



Scheda n°	84
Anno	1993
Autore/i	RITTER J.B., MILLER J.R., ENZEL Y. et al.
Titolo	Quaternary evolution of Cedar Creek Alluvial Fan, Montana
Edizione	Geomorphology, 8, 287-304.
Parole chiave	Alluvial fan deposits, stratigraphic relationships, aggradation, entrenchment, climate.
Contenuto (b)	<p>Il conoide alluvionale di Cedar Creek è un esempio didattico a causa della sua forma a grembiule con contorni regolari e concentrici e perfettamente simmetrica. Indagini di terreno hanno dimostrato che il conoide è formato da quattro tipi di deposito di età diversa, la cui genesi è correlata all'attività fluvioglaciale (Pleistocene); l'incisione nella parte sommitale e il deposito in quella terminale sono invece da ricondurre all'Olocene.</p> <p>Il lavoro descrive nel dettaglio le caratteristiche dei depositi che costituiscono il conoide, con particolare riguardo ai rapporti stratigrafici che intercorrono tra gli stessi.</p>
Conclusioni (b)	<p>Il conoide di Cedar Creek è composto da cinque tipi di deposito alluvionale temporalmente e spazialmente distinti, che riflettono due periodi di maggiore aggradazione durante il tardo Pleistocene e almeno tre periodi di incisione nella parte alta del conoide e secondariamente di deposizione durante l'Olocene. La stratigrafia del Quaternario, la sedimentologia, e la geomorfologia del conoide illustrano l'influenza del clima sui processi deposizionali ed erosionali (equilibrio tra apporto di sedimenti e capacità di trasporto del canale principale).</p> <p>Due tipi di deposizione si sono verificati sul conoide di Cedar Creek: 1) depositi da dilavamento che si estendono dall'apice alle zone distali del conoide, associati all'aumento dell'apporto di sedimenti e della portata di acqua e detrito durante i periodi glaciali; 2) depositi secondari con apice nella parte bassa del conoide, associati all'incisione nella parte alta del conoide nei periodi interglaciali.</p>
Valutazione	Lavoro contestuale, analitico, descrittivo - Gruppo 1

Scheda n°	85
Anno	1987
Autore/i	SAURET B.
Titolo	Coulées boueuses. Laves torrentielles - Coluées de débris canalisées. Compte rendu bibliographique
Edizione	Bull. liason Labo P. et Ch., 150/151, juil-aout/sept-oct 1987, Ref. 3203.
Parole chiave (a)	Glissement (terrain), boue, écoulement du sol, rhéologie, dépôt, granulométrie (granularité), cause, prévision, risque, montagne, coulées de débris.
Contenuto (a)	In primo luogo, l'analisi di diversi tipi di colate di detrito canalizzate permette di definire le caratteristiche principali di questo tipo di trasporto in massa molto particolare e di raccogliere diversi dati sui parametri fisici significativi. In seguito viene affrontato l'aspetto reologico di tali colate, con la descrizione particolareggiata dei depositi che esse producono. Ci si interessa, infine, ai problemi di genesi e modalità di innesco. Inoltre, vengono proposte diverse considerazioni a proposito della valutazione del rischio legato a tali fenomeni.
Conclusioni ©	Forti pendenze e assenza di vegetazione sembrano essere condizioni predisponenti per bacini a rischio di <i>debris flow</i> , anche se in certi casi si manifestano su pendenze inferiori a 15° o su versanti boscati. I terreni suscettibili a tali fenomeni possono essere ricondotti a due categorie principali: formazioni appartenenti ad un substrato soggetto ad intensa disgregazione per trasformazioni di origine meccanica - tettonica- e/o chimico-fisica di alterazione; formazioni superficiali (derivanti da trasporto più o meno spinto, depositi di frana, depositi morenici, terrazzi, materiali di rimaneggiamento o provenienti da movimenti di massa localizzati). A prescindere dalle condizioni del sito e dal tipo di terreno coinvolto, la disponibilità di una gran quantità di acqua durante un breve lasso di tempo è stato riconosciuto come la causa fondamentale dell'innesco di <i>debris flow</i> . La maggior parte degli osservatori mostrano che essi sono più sovente associati a picchi d'intensità di pioggia, temporali, cicloni, o scioglimento improvviso di neve o ghiaccio. Alcuni autori distinguono tra: <i>debris flow</i> innescati per saturazione dell'orizzonte superficiale; <i>debris flow</i> risultanti da scivolamenti del terreno. La messa in posto di sistemi di protezione adeguati e la costruzione di opere non possono esistere senza una corretta valutazione del rischio caso per caso. Se i metodi di osservazione di terreno possono in prima analisi essere sufficienti, non si può esumere dall'utilizzare programmi di calcolo più sofisticati.
Valutazione	Lavoro analitico, dettagliato - Gruppo 1



Scheda n°	86
Anno	1988
Autore/i	SCHEURINGER E.
Titolo	Ermittung der massgeblichen Geschiebefracht aus Wildbach-Oberlauten (La determinazione del trasporto solido che può essere movimentato nei bacini dei torrenti) (traduzione italiana)
Edizione	Wildbach und Lawinenverbau 109, 87-95.
Parole chiave (c)	Bilancio del trasporto solido, opere, zonazione, rischio.
Contenuto (c)	Viene descritta nel dettaglio la serie di osservazioni preliminari da effettuare a tavolino e di analisi di terreno indispensabili per una valutazione del potenziale di trasporto solido che può essere generato in un bacino; l'analisi conduce ad un vero e proprio bilancio del trasporto solido.
Conclusioni (c)	Lo scopo di questa comunicazione è illustrare, senza pretese di completezza, il modo di procedere alla determinazione del trasporto solido che in caso di evento eccezionale può arrivare allo sbocco del conoide e di indicare gli aspetti da tenere in considerazione.
Valutazione	Lavoro metodologico, esplicativo, dettagliato - Gruppo 3b



Scheda n°	87
Anno	1997
Autore/i	SCHILLING S.P. & IVERSON R.M.
Titolo	Automated, reproducible delineation of zones at risk from inundation by large volcanic debris flows
Edizione	Debris-Flow Hazard Mitigation: Mechanics, Prediction and Assessment, C.L., Chen, ed., American Society of Civil Engineers, 176-186.
Parole chiave (c)	Debris flow, lahar, model, hazard.
Contenuto (a)	<p>Ampi <i>debris flow</i> possono creare condizioni di pericolo per persone e proprietà a valle dei vulcani. Viene sviluppato un metodo rapido, riproducibile, oggettivo ed economico per definire le zone distali esposte a pericolo di inondazione da <i>debris flow</i>. Si utilizzano i risultati di analisi statistiche "pesate" sulla geometria di flussi di detrito vulcanico (<i>lahars</i>) per prevedere le aree delle sezioni trasversali (A) e planimetriche (B) inondabili, in funzione del volume del <i>lahar</i>. Si usa un <i>range</i> di valori specifici di volume per stimare A e B. Con l'ausilio di un GIS si utilizza il <i>range</i> dei risultati previsti per A e B per delineare l'aumento nella pericolosità da inondazione, più alto vicino al vulcano e lungo i canali, a diminuire con l'aumento della distanza dal vulcano e con l'elevazione rispetto al fondo valle. Dal confronto tra le mappe del rischio così prodotte e quelle costruite con metodi tradizionali basati su indagini di terreno, emerge che il metodo qui presentato può fornire un accurato grado di delimitazione delle aree ad alta pericolosità.</p>
Conclusioni (a)	<p>Un metodo automatico, oggettivo, basato su un GIS fornisce un'alternativa ai metodi tradizionali di indagine sul terreno per delineare le aree a pericolo di inondazione da <i>lahars</i> di differente volume. Una serie di possibili volumi di <i>lahars</i> può essere postulato per ogni valle che si origina sui fianchi di un vulcano e una serie di possibili zone d'inondazione può essere calcolata di conseguenza. I risultati evidenziano l'esistenza di zone a grado di pericolosità differente a seconda della distanza dal vulcano e dal canale principale.</p>
Valutazione	Lavoro metodologico, contestuale, analitico, molto dettagliato - Gruppo 3b



Scheda n°	88
Anno	1993
Autore/i	SEMINARA G. & TUBINO M.
Titolo	Debris flows: meccanica, controllo e previsione - PARTE IV (Misure di campo, controllo e prevenzione: l'esperienza giapponese)
Edizione	Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche – Linea 1, Linea 3.
Parole chiave (c)	Colata detritica, organizzazione della prevenzione, bacini sperimentali giapponesi, indici di rischio, sistemi di previsione, interventi strutturali.
Contenuto (c)	Viene trattato il problema dell'organizzazione della prevenzione da fenomeni di colata, attraverso osservazioni in bacini sperimentali giapponesi; l'attenzione è posta su formazione, propagazione e arresto dei fenomeni di <i>debris flow</i> , attraverso un'analisi delle diverse tipologie di processo, dei meccanismi di formazione e delle modalità di evoluzione.
Conclusioni (c)	Si propone un metodo di controllo e prevenzione dei fenomeni di colata detritica basato su indici di rischio e sistemi di previsione (curve critiche di precipitazione, metodi empirici di calcolo della pericolosità, valutazione quantitativa dei parametri di portata, <i>magnitudo</i> , spessore dei depositi, velocità del flusso, ecc., individuazione delle aree soggette a deposito) e su interventi strutturali e non in alveo (sistemi di stabilizzazione dei depositi, opere di intercettazione, bacini di espansione, ecc.).
Valutazione	Lavoro metodologico, procedurale, analitico, dettagliato – Gruppo 1+2c



Scheda n°	89
Anno	1991
Autore/i	TAKAHASHI T.
Titolo	Debris flow
Edizione	Published for the International Association for Hydraulic Research by A.A. Balkema/Rotterdam/Brookfield/1991 ISBN 90 5410 104 0
Parole chiave (c)	Nature of debris flows, mechanics of flow, occurrence, development, declination, characteristics of fully developed flow, processes of deposition.
Contenuto (b)	In questa monografia viene discussa la natura dei <i>debris flow</i> sulla base di osservazioni di terreno; in seguito sono descritte altre caratteristiche che autori diversi hanno ricavato da prove di laboratorio attraverso modelli semplici. Sebbene i modelli introdotti possano essere modificati nel corso delle ricerche sulle relazioni costitutive nei flussi multifase, questo è il primo tentativo di trattare in modo comprensivo i <i>debris flow</i> dall'innescò alla deposizione.
Conclusioni (c)	Vengono affrontate le problematiche relative alle varie tipologie di <i>debris flow</i> : <i>stony debris flow</i> , <i>immature debris flow</i> , <i>turbolent mud flow</i> , ibridi di <i>stony</i> e <i>muddy debris flow</i> nel range inerziale ed in quello macroviscoso. In seguito vengono descritte modalità di innescò, sviluppo e deposizione in diverse situazioni (aumento del flusso d'acqua superficiale, liquefazione di masse in frana, collasso di dighe naturali). Per quanto riguarda la deposizione si affronta il problema dell'arresto di uno <i>stony debris flow</i> in regime inerziale, l'analisi della deposizione in un canale di ampiezza costante, la formazione del cono di detrito.
Valutazione	Lavoro generale, procedurale, analitico, dettagliato - Gruppo 1+3b

Scheda n°	90
Anno	1996
Autore/i	TROPEANO D., CASAGRANDE A., LUINO F. & CESCONE F.
Titolo	Processi di mud-debris flow in Val Cenischia (Alpi Graie). Osservazioni nel bacino del T. Marderello.
Edizione	Suppl. GEAM , Quaderno n°20, giugno-settembre 1996.
Parole chiave (c)	Mud-debris flow, alluvial fan, hystoric cases, monitoring activities.
Contenuto (a)	<p>Sono illustrate le caratteristiche ambientali di un piccolo bacino idrografico d'alta montagna, inciso dal T. Marderello, tributario del Cenischia (Val di Susa). Il corso d'acqua, incumbente sulla conca di Novalesa a partire dai 3500 m di quota (M. Rocciamelone), è ricorrentemente propenso alla generazione di processi di trasporto solido in massa (<i>mud-debris flow</i>), come documentato per una quarantina di casi storici, con la frequenza di un evento ricorrente ogni 3-4 anni, in grado di mobilitare in conoide volumi di materiali dell'ordine di varie migliaia di m<sup>3</sup>. I casi di recente osservati (23 luglio 1991, 24 settembre 1993 e 13 agosto 1995) ripropongono in tutta la sua gravità il problema del sovraccarico impulsivo di sedimenti in alveo. Cause predisponenti al fenomeno risiedono nell'assetto sfavorevole del substrato roccioso, nella disponibilità di abbondanti materiali detritici connessa a imponenti processi gravitativi e nell'elevata pendenza media dei versanti e dell'asta principale. I danni riguardano di regola, nel settore di conoide, le attività agricole e la viabilità locale, ma talora gravi sono state le minacce per parte delle aree edificate. Permane, per le condizioni di manifesta instabilità di alcuni settori di versante, il pericolo potenziale di improvvise ostruzioni d'alveo. Le osservazioni sperimentali, in aree appositamente attrezzate dall'IRPI per il monitoraggio telematico delle condizioni meteorologiche predisponenti la genesi dei <i>mud-debris flow</i> e delle caratteristiche dei fronti di colata in conoide, decorrono dall'estate 1994: si riferisce sui primi risultati.</p>
Conclusioni (b)	<p>I primi dati acquisiti dimostrano che l'insorgere dei <i>mud-debris flow</i> è legato a piogge in alta quota (2.000 m e oltre) di altezza cumulata anche modesta, ma con relativa alta intensità (20-30 mm/h) per pochi minuti di durata, senza con ciò escludere l'influenza delle condizioni generali di stabilità delle sponde in terreni sciolti incumbenti sulle incisioni torrentizie ed il ruolo "preparatorio" di scrosci piovosi nelle ore antecedenti.</p> <p>Parametro complementare e determinante ai fini dell'instaurarsi o meno di fenomeni di ruscellamento concentrato oltre i 2.400 m su pareti in roccia in grado di restituire ingenti contributi idrici in brevissimo tempo è la variazione di temperatura (che influisce sulla quota dello zero termico) cui è legata l'interfaccia pioggia-neve.</p> <p>La risposta del bacino agli scrosci piovosi efficaci all'innesco di <i>mud-debris flow</i> si genera nello spazio di poche decine di minuti: si è rilevato in più casi un tempo di risposta, ai sensori in conoide, nell'intorno dei 40'. Tale dato trova singolare conferma nel valore medio del tempo di corrivazione desunto dall'applicazione di varie formule empiriche.</p> <p>La velocità di traslazione delle miscele, legata alla pendenza dell'alveo e alla viscosità del fluido, dipendente a sua volta dalla natura dei sedimenti progressivamente disponibili combinata con il quantitativo di frazione liquida, è stata in un caso valutata, su pendenze prossime al 30%, superiore a 13 m/s; in conoide, su pendenze medie del 10%, la stima scende a 1-3 m/s.</p>
Valutazione	Lavoro contestuale, molto dettagliato - Gruppo 1

Scheda n°	91
Anno	1998
Autore/i	TROPEANO D. & CURTARELLO M.
Titolo	A short report on debris flows in northwestern Italy during 1997
Edizione	Managing Hydrogeological Disasters in a vulnerable environment, CNR-GDCI Pubbl. n°1900, Perugia 1998, 203-220.
Parole chiave (a)	Event, basin, effects, thermal conditions, rainfalls.
Contenuto (b)	In questa nota sono brevemente esaminati sei eventi di <i>debris flow</i> che si sono verificati nelle Alpi Centrali e Occidentali durante l'estate del 1997. Alcuni di questi sono stati caratterizzati da elevata <i>magnitudo</i> (fino a 350.000 m <sup>3</sup> ). Sono forniti nuovi dati per meglio comprendere le cause innescanti e altri processi fisici strettamente correlati ai <i>debris flow</i> . La chiave della ricerca deriva dalla necessità di stimare il bilancio di detrito e sedimenti nell'ottica della prevenzione e dell'uso del suolo.
Conclusioni (b)	Il lavoro portato avanti dal CNR-IRPI di Torino ha lo scopo di raccogliere il maggior numero possibile di informazioni post-evento relative ad eventi di <i>debris flow</i> , per valutarne la frequenza temporale e spaziale, le implicazioni geomorfologiche, la <i>magnitudo</i> e gli effetti collegati a questo tipo di processo. È comunque necessaria una conoscenza più approfondita sulle cause innescanti (inclusi i fattori meteorologici), le caratteristiche geotecniche e reologiche dei materiali disponibili ad essere mobilizzati, le velocità delle miscele solido-liquide, le altezze dei fronti d'onda le portate solide. A questo scopo sono stati attrezzati due bacini (il Rio Moscardo nelle Alpi orientali e il Rio Marderello nelle Alpi occidentali), con stazioni meteorologiche, sensori ad ultrasuoni e geofoni in corrispondenza di differenti sezioni, i cui dati confermano gli importanti <i>stress</i> termici cui sono soggette le fasce di quota oltre i 2000 m e l'importanza dell'intensità di precipitazione contro la pioggia totale per l'innescamento di <i>debris flow</i> .
Valutazione	Lavoro contestuale, analitico, dettagliato - Gruppo 1

Scheda n°	92
Anno	1997
Autore/i	TROPEANO D., CURTARELLO M., GODONE F. & TURCONI L.
Titolo	Colate detritiche dell'estate 1998 in Ardenno (Bassa Valtellina – SO)
Edizione	Nimbus n°15-16, gennaio-giugno 1997, 48-58.
Parole chiave (c)	Debris flow, sediment budget, strutture di regimazione e contenimento.
Contenuto (a)	<p>Il 26 e 27 giugno e il 7 luglio 1998, a seguito di tre distinti scrosci di pioggia di simile entità (12 mm in circa 30 minuti), il Comune di Ardenno veniva più volte invaso da colate di fango e detriti provenienti dai cinque valloni che sovrastano l'abitato (area totale pari a 2.9 km<sup>2</sup>). Il volume complessivo del materiale è stato valutato in 15.000 m<sup>3</sup>. Anche per il felice esito conseguito dagli interventi disposti nell'emergenza sono stati scongiurati maggiori pericoli e danni, benchè un centinaio di abitazioni si siano rese temporaneamente inagibili e 161 persone siano state evacuate.</p> <p>L'analisi storica dimostra che eventi simili si sono ripetutamente manifestati in passato (almeno 10 volte in 70 anni) e potranno ancora ripetersi: la conformazione geomorfologica dei bacini, e in particolare l'alta acclività dei versanti, il substrato costituito da gneiss a elevato grado di fessurazione, una diffusa coltre detritica e un manto boschivo instabile laddove malgovernato, sono fattori che concorrono a creare un potenziale erosivo relativamente elevato. Si distingue un <i>sediment budget</i> diretto dell'ordine di grandezza di 12.000 m<sup>3</sup>, nell'ipotesi del rilascio di 1 m<sup>3</sup> di detrito per ogni metro lineare di asta torrentizia, e un rilascio differito dell'ordine di 300.000 m<sup>3</sup>, stimato sull'ipotesi di una resa di materiale per lo spessore medio di 10 cm, ripartito sui circa 3 km<sup>2</sup> di superficie effettiva dei bacini. Si ipotizzano inoltre dei periodi di "ricarica" o di quiescenza, al termine dei quali nei bacini montani vengono a rendersi disponibili quantità crescenti di detrito, suscettibile di mobilitazione al sopraggiungere di eventi pluviometrici di entità anche non eccezionale. Le condizioni di dissesto potranno essere contrastate con adeguati interventi sui versanti e lungo gli alvei torrentizi: una efficiente "piazza" di deposito, integrata con altre strutture di regimazione e contenimento, è già operante.</p>
Conclusioni (b)	<p>L'eccezionalità delle circostanze che hanno portato all'innesco dei ripetuti fenomeni di trasporto detritico in massa in Ardenno, il 26 e 27 giugno 1998 (3 eventi in 12 giorni) non sembra risiedere nelle sole caratteristiche delle piogge, di intensità notevole ma non eccezionale (0.3-0.8 mm/min presunti) e di modesta entità cumulata, quanto nella ravvicinata sequenza di eventi pluviometrici abbattutisi nella stessa area dal 23 giugno in poi.</p> <p>Alcuni parametri morfometrici, opportunamente calcolati, se tarati ed integrati con dettagliate ricognizioni geomorfologiche in sito, possono fornire utili indicazioni di progetto circa l'entità dei volumi sciolti ancor producibili a medio e lungo termine.</p> <p>È da sottolineare infine che la casualità e quindi l'imprevedibilità delle concatenazioni cause-effetti negli eventi di dissesto dipende anche dal precario assetto dello strato detritico superficiale combinato con il generale stato di disordine del manto vegetale.</p>
Valutazione	Lavoro contestuale, dettagliato - Gruppo 1

Scheda n°	93
Anno	1998
Autore/i	TROPEANO D. & TURCONI L.
Titolo	Sediment budget for a high-mountain catchment in the western Italian Alps
Edizione	GEAM, Difesa del suolo dicembre 1998, 293-302.
Parole chiave (c)	Debris flow, quantitative analysis, predictional model, sediment budget, debris volume.
Contenuto (a)	Traendo spunto dai fenomeni osservati in seguito all'evento temporalesco abbattutosi il 12 agosto 1998 in alta Valle Thuras (Valle di Susa, Piemonte occidentale) è stata sviluppata un'analisi quantitativa delle forme di accumulo ( <i>debris flow</i> ), con successivo raffronto tra processi analoghi più volte replicatisi nei quarant'anni trascorsi nello stesso settore vallivo, con coinvolgimento parziale o totale dei 27 sub-bacini da cui si originano gli apporti di sedimento all'asta principale. Sulla base di accurate misure (area effettiva e pendenza dei bacini, aree sorgente di detrito/sedimenti, sommatoria delle lunghezze dei canali soggetti a colata detritica) e stime volumetriche (potenziale detritico a medio e lungo termine) è stato sviluppato un modello predittivo dei volumi massimi mobilizzabili per un evento estremo di <i>debris flow</i> , applicabile a impluvi e piccoli bacini di area effettiva compresa tra 0.1 e 1.5 km <sup>2</sup> , in ambito geomorfologico e geolitologico analogo a quello esaminato (aree sorgenti in calcescisti, apparati di conoide attiva a canali intrecciati da <i>debris flow</i> ).
Conclusioni (c)	<p>Il modello qui presentato può essere molto utile per classificare un torrente quando è necessario stilare delle carte del rischio o dimensionare interventi strutturali.</p> <p>Lo scopo è stato quello di effettuare una stima volumetrica mediante i parametri geomorfologici del bacino attraverso lo sviluppo di un modello previsionale del carico potenziale di detrito nell'alta valle Thuras.</p> <p>Il calcolo consente la stima, anche se molto semplificata, delle quantità e dei tempi di produzione, di trasferimento e di rilascio di detrito/sedimento da parte di tutti i sotto-bacini della valle considerata. Il modello può essere riassunto in tre fasi: 1) produzione di detrito/sedimento nei bacini e nei canali; 2) rimaneggiamento di detriti/sedimenti sull'area di conoide e nell'area alluvionale; 3) immissione di sedimenti nel corso d'acqua principale.</p> <p>Le fasi 1 e 3 approssimativamente rendono conto di 1.000 m<sup>3</sup>/anno e la fase 2 di 10.000 m<sup>3</sup>/anno. Ciò vuol dire che le aree comprese tra i conoidi e le estremità inferiori dei bacini sono dieci volte più attive delle aree sorgente, circa equivalenti agli ingressi nel canale principale.</p> <p>Nel bacino in esame si può stimare che in 50 anni, assumendo uno spessore di detrito mobilizzabile di 0.30 m, il volume rilasciato dai bacini minori sia pari a tutto il sedimento disponibile presente nel canale principale; così è richiesto un tempo di ricarica di circa 50 anni.</p>
Valutazione	Lavoro contestuale, procedurale, sintetico - Gruppo 3b

Scheda n°	94
Anno	1999
Autore/i	TROPEANO D. & TURCONI L.
Titolo	Valutazione del potenziale detritico in piccoli bacini delle Alpi Occidentali e Centrali
Edizione	Gruppo Nazionale per la Difesa da Catastrofi Idrogeologiche, Pubblicazione n° 2058, 1999.
Parole chiave (c)	Ricerca storica, analisi fotointerpretativa, analisi geomorfologica, apporti di detrito, schede.
Contenuto (b)	<p>È sviluppato un metodo per lo studio quantitativo di piccoli bacini montani, soggetti in tempi recenti o passati a fenomeni di colata detritica torrenziale e/o di apporto solido a carattere impulsivo. La ricerca, finalizzata alla valutazione dei volumi di detrito potenzialmente mobilizzabili a seguito di un evento parossistico alla scala del singolo bacino, ha preso in esame una casistica di situazioni volutamente variegata, nell'ambito dell'Alpi Occidentali e, in subordine, quelle Centrali. Attraverso una mirata ricerca storica dei dati pregressi, interpretazione e selezione delle informazioni raccolte, analisi cronologica fotointerpretativa, misure morfometriche e sopralluoghi su terreno si è cercato di individuare, mediante correlazioni di tipo statistico, il peso esercitato dai diversi parametri considerati sulla quantità di materiali potenzialmente coinvolgibili in eventi parossistici.</p> <p>La metodologia di analisi e calcolo qui proposta è basata sulla combinazione dei caratteri geomorfologici con notizie storico-descrittive degli effetti prodotti da passati eventi di piena in bacini con aree comprese tra 0.1 e 15 km<sup>2</sup>; inizialmente il metodo è stato applicato esclusivamente alla Valle Thuras, ma dal momento che i risultati sono stati soddisfacenti, essa è stata applicata in totale ad una cinquantina di bacini dalle caratteristiche litologiche, morfologiche e climatiche differenti.</p>
Conclusioni (c)	<p>Una metodologia procedurale è stata proposta per la valutazione del trasporto solido in piccoli bacini. Essa è articolata in: indagine storica, analisi cronologica fotointerpretativa, specifico rilevamento di terreno, analisi morfologica.</p> <p>L'affinamento della formula empirica proposta sembra attendibile, con l'assunzione e l'impiego di dati dettagliati sugli spessori di detrito e l'utilizzo di ulteriori elementi qui non considerati (uso del suolo e carico vegetale, dati di precipitazione e assetto strutturale dei materiali di provenienza in riferimento alla predisposizione di un certo litotipo al rilascio ed alla produzione di detriti dal punto di vista geomeccanico).</p> <p>Sembra comunque possibile sulla base delle caratteristiche morfologiche, geotecniche e vegetazionali specifiche dei luoghi, stimare, almeno in prima approssimazione, la propensione del territorio al degrado a scala di bacino e ricavare da ciò un contributo alla mappatura del rischio idrogeologico su base quantitativa.</p>
Valutazione	Lavoro contestuale, procedurale, sintetico - <i>Gruppo 3b</i>



Scheda n°	95
Anno	2000
Autore/i	TROPEANO D. & TURCONI L.
Titolo	Antichi villaggi alpini scomparsi per eventi naturali: alcuni casi di studio
Edizione	Atti del Convegno GEOBEN 2000, Torino 7-9 Giugno 2000, 817-830.
Parole chiave (a)	Memoria storica, colata detritica, villaggio alpino.
Contenuto (b)	Sono illustrati, tra i numerosissimi noti, tre casi di abitati alpini scomparsi in seguito a grandi movimenti di massa per frana e colata detritica. Il primo, in ordine geografico, riguarda il graduale seppellimento di una parte dell'abitato del Capoluogo di Acceglio, in alta Valle Maira (CN, Alpi Cozie), avvenuto a più riprese nella prima metà del XIX secolo (1839-1846), in seguito a flussi di detrito conseguenti alla frana del Monte Gollone. Il secondo caso riguarda l'abitato del Comune di Piuro, in Val Bregaglia (SO, Alpi Retiche), totalmente cancellato dal fondovalle per un crollo in roccia seguito da "valanga di detrito" il 25 agosto 1618 che provocò la morte di un migliaio di persone. Infine si descrivono le conseguenze catastrofiche della colata di detrito discesa in seguito ad un crollo poderoso dal Monte Antelao (Dolomiti bellunesi) il 21 aprile 1814. Essa, con la mobilitazione di un volume di detrito stimato tra 1 e 2 milioni di m <sup>3</sup> , rase al suolo gli abitati di Marceana e Taulén, in Comune di Borca di Cadore, provocando oltre trecento vittime.
Conclusioni (b)	In tutti e tre i casi, remoti nel tempo, le situazioni odierne sono tali da far supporre improbabile una replica disastrosa di quanto già accaduto, ma condizioni tuttora in atto di instabilità in siti contigui inducono quanto meno a riflessioni sui possibili scenari di evento in aree oggi assai più intensamente antropizzate che in passato. Le differenziate fasi evolutive dei fenomeni, così come descritto dalle cronache passate, testimoniano diversi livelli di pericolosità e di conseguenza concorrono a spiegare il perché vi furono vittime in gran numero in due casi (Piuro e Borca) mentre rimasero indenni gli abitanti nel terzo caso (Acceglio).
Valutazione	Lavoro contestuale, dettagliato – Gruppo 1

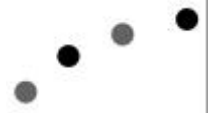
Scheda n°	96
Anno	1996
Autore/i	VANDINE D.F.
Titolo	Debris flow control structures for forest engineering
Edizione	Res. Br., B.C. Min. For., Victoria, B.C. Work. Pap. 22/1996.
Parole chiave (c)	Mitigation, design, channelized debris flow, open debris flow.
Contenuto (b)	Questo lavoro riassume i risultati di uno studio relativo all'uso delle strutture di controllo dei <i>debris flow</i> in conoide nell'ingegneria forestale. Gli scopi dello studio sono: a) rivedere e stimare l'adeguatezza ed i limiti di tali strutture, b) fornire un certo numero di progettazioni concettuali appropriate per l'ingegneria forestale. Sebbene siano esaminati tutti i tipi di struttura di controllo, un accento è stato posto sulle strutture meno costose che possono essere costruite dal personale delle compagnie forestali utilizzando materiali locali, attrezzature generalmente disponibili e tecniche costruttive convenzionali.
Conclusioni (c)	A valle di una prima distinzione tra mitigazione attiva e passiva, l'attenzione viene posta sulla modalità di deposizione dei <i>debris flow</i> (pendenza della zona d'innescò, trasporto/erosione/deposito, cause della deposizione, forme dei depositi), sulle caratteristiche dei <i>debris flow</i> canalizzati (frequenza, <i>magnitudo</i> , portata massima e profondità del flusso, dimensione dei detriti, percorsi di flusso sul conoide, distanza potenzialmente percorribile, forze d'impatto potenziale, potenziale sopraelevazione in curva, probabile angolo di stoccaggio), sulle strutture di controllo sui <i>debris flow</i> canalizzati (pettini, barriere, bacini di stoccaggio con strutture di filtraggio nelle barriere) e non canalizzati (aree di deposizione non confinate, impedimenti al flusso, briglie, muri laterali, muri deflettenti, muri terminali, argini o barriere) e strutture di controllo dei sedimenti. I risultati dello studio sono stati utilizzati per la progettazione e la costruzione di alcuni prototipi di strutture di controllo ubicate sulle Queen Charlotte Islands.
Valutazione	Lavoro generale, tecnico, sintetico, molto dettagliato - Gruppo 1

Scheda n°	97
Anno	1995
Autore/i	VISINTAINER P. & TURRINI M.C.
Titolo	Carta della pericolosità di eventi naturali della Val Duron (Trentino-Alto Adige)
Edizione	Geologia Tecnica e Ambientale, n°2/95.
Parole chiave (c)	Pericolosità da frana, pericolosità da alluvione, pericolosità da valanga, aree esposte a pericolosità, punteggio.
Contenuto (b)	<p>In questo lavoro l'applicazione di metodologie vecchie e nuove ha consentito la costruzione di carte tematiche in cui si è voluto evidenziare la pericolosità da frana, da alluvione (metodo Aulitzky, 1973) e da valanga nel territorio del comune montano di Campitello di Fassa, in provincia di Trento.</p> <p>Tale zona, data la sua conformazione fisiografica, ben si presta a questo tipo di studio, consentendo l'applicazione e la messa a punto di varie metodiche per la costruzione delle carte della pericolosità e del rischio. La localizzazione dell'area studiata nelle Dolomiti trentine, inoltre, ne fa un territorio di particolare interesse in quanto l'ambiente nella sua accezione più ampia è la primaria fonte di reddito per le popolazioni locali.</p>
Conclusioni (c)	<p>Il lavoro svolto ha analizzato quegli eventi naturali che maggiormente possono condizionare la destinazione d'uso di un territorio montano; in particolare si è cercato di quantificare, attraverso metodi cartografico-numeriche e in modo relativo, le varie pericolosità considerate. Dall'analisi delle cartografie di pericolosità si può dire che poca è l'area completamente sicura da eventi naturali; d'altra parte però l'attuale uso del suolo, che nella Val Duron in pratica consiste quasi esclusivamente di pastorizia e di attività ricreative legate al turismo, non mette a rischio nessuna struttura antropica di particolare rilevanza. Il paese di Campitello che sorge sul conoide del Rio Duron ha qualche problema legato alla possibilità di esondazione; in particolare l'area sulla destra idrografica risulta con il metodo Aulitzky essere a media pericolosità di esondazione.</p> <p>A conclusione di quanto esposto bisogna sottolineare che le carte costruite non hanno e non vogliono avere valore assoluto: la loro utilizzazione deve essere preliminare ad altre indagini più dettagliate, puntuali, relativamente all'intervento sul territorio che si vuole effettuare. La costruzione di tali carte, relativamente semplice, veloce e di basso impegno economico può essere di un certo aiuto per gli amministratori e i tecnici comunali nella valutazione della destinazione d'uso del territorio.</p>
Valutazione	Lavoro contestuale, metodologico, analitico, dettagliato - Gruppo 2b

Scheda n°	98
Anno	1994
Autore/i	ZARN B. & DAVIES T.R.H.
Titolo	The significance of processes on alluvial fans
Edizione	Z. Geomorph. N.E., 38, 4, 487-500.
Parole chiave (c)	Alluvial fan, sperimetal fan, risk, return periods.
Contenuto (c)	Attraverso sperimentazioni di laboratorio in cui si sono riprodotti artificialmente quattro apparati di conoide (h=2m, l=5m, pendenza longitudinale=1%), viene proposto un metodo che permette di definire una carta dei pericoli che si prospettano su un conoide. Per la stima del rischio di lava torrentizia a breve termine in un punto qualunque del cono intervengono fattori quali l'erosione delle sponde sotto l'effetto della colata, la migrazione del canale, ecc., essendo il rischio una funzione della posizione assoluta del punto sul conoide, della posizione in riferimento al canale, della forma del cono e delle sue condizioni di pendenza. Il rischio di colata al lungo termine è determinato esclusivamente dalla forma del cono e non è funzione che della posizione assoluta del punto sul cono.
Conclusioni (a)	<p>A causa della lentezza dei processi che operano su un conoide alluvionale, lo studio su conoidi sperimentali in laboratorio è molto utile per riconoscere e capire i processi che portano all'edificazione di un tale apparato. In esperimenti con <i>input</i> costante di acqua e detrito si è visto che il rischio a lungo termine su un dato punto del conoide è solo funzione della collocazione di tale punto o è correlato alla forma tridimensionale del cono. Il rischio a breve termine di un punto sul conoide è invece funzione oltre che della collocazione del punto anche della sua collocazione in relazione al canale principale, della forma del conoide e delle sue condizioni di pendenza. Quindi per formulare una mappa del rischio devono essere indagati i processi che edificano il canale. Durante gli esperimenti sono stati riconosciuti due tipi di processi: a) incisione e aggradazione del canale, correlate a punti di biforcazione e b) migrazione del canale causata da erosione delle sponde.</p> <p>Il metodo suggerito è basato sulla forma del conoide, l'età della vegetazione e la sua distribuzione, l'ubicazione del canale, i processi che si sono verificati sui conoidi sperimentali e la portata della colata. Inoltre, si assume che la distribuzione del rischio sia simile alla distribuzione della frequenza del flusso. Generalmente le aree più sicure su un conoide sono quelle poste nella zona distale. Se c'è un canale inciso permanente, l'area a monte del punto di biforcazione appartiene alla zona a rischio nullo. Per testare e convalidare il metodo è necessario applicarlo a conoidi naturali.</p>
Valutazione	Lavoro generale, metodologico, dettagliato - Gruppo 3a+3b



Scheda n°	99
Anno	1997
Autore/i	ZIMMERMANN M., MANI P. & ROMANG H.
Titolo	Magnitude-frequency aspects of alpine debris flows
Edizione	Eclogae Geol. Helv., 90, 415-420.
Parole chiave (a)	Natural hazard, debris flow, magnitude, frequency, climatic variations.
Contenuto (a)	Sulla base di dati storici è stata valutata la storia evolutiva di 17 torrenti montani delle Alpi Svizzere. Si possono distinguere quattro classi di frequenza degli eventi di <i>debris flow</i> . La <i>magnitudo</i> non dipende necessariamente dal tempo di ritorno; essa è controllata principalmente dalle caratteristiche del bacino (predisposizione). Al fine di valutare gli effetti delle variazioni climatiche sull'attività del <i>debris flow</i> , sono necessarie informazioni su <i>magnitudo</i> e frequenza dei fenomeni.
Conclusioni (b)	<p>Le informazioni trovate nei diversi archivi permettono di valutare e stimare passati eventi di <i>debris flow</i>. In alcuni casi è coperto un periodo di 300-400 anni. Per la maggior parte degli eventi possono essere classificati la data dell'evento, un ordine di grandezza della <i>magnitudo</i> ed il tipo di processo.</p> <p>A seconda della predisposizione del bacino l'intervallo di ricorrenza può essere regolare (casi in cui il rifornimento di materiale è limitato); per bacini con rifornimento illimitato la frequenza degli eventi è controllata dagli eventi innescanti e dalle condizioni pre-evento. La <i>magnitudo</i> degli eventi non è necessariamente correlata all'intervallo di ricorrenza; quindi il concetto ampiamente applicato in idrologia non può essere adottato per i <i>debris flow</i>. La <i>magnitudo</i> è principalmente correlata alle sorgenti di detrito e alle condizioni del bacino.</p> <p>Ci sono solo pochi casi per i quali i <i>debris flow</i> non hanno paralleli storici, tuttavia ci sono molti casi in cui l'attività presente dei <i>debris flow</i> non rappresenta l'attività passata. In pochi ambiti delle Alpi Svizzere il cambiamento delle condizioni naturali può modificare drasticamente la pericolosità da <i>debris flow</i>.</p> <p>Le informazioni ottenute mediante l'analisi di documenti storici possono essere molto chiare ed accurate in alcuni casi ma molto vaghe in altri. La conoscenza è ancora limitata.</p>
Valutazione	Lavoro contestuale, analitico, dettagliato - Gruppo 3a



## ELENCO PAROLE CHIAVE

Parole chiave	n° scheda
<i>Aerial photo-interpretation</i> (vedi anche <u>analisi fotointerpretativa</u> )	71
<i>Aggradation</i>	63-84
Algoritmo	3
<i>Alluvial fan</i> (vedi anche <u>conoide(i)</u> )	4-5-17-18-51-52- 53-63-75-90-98
<i>Alluvial - deposits</i>	84
Alpi	67
- Orientali	12
Altezza dell'onda	13
Analisi - di stabilità	23
- fotointerpretativa (vedi anche <u>aerial photo-interpretation</u> )	94
- geomorfologica	34-35-94
- granulometria	23
- idrologica	23
- previsionale	45
- quantitativa (vedi anche <u>quantitative analysis</u> )	64
- storica	55
Antropizzazione	26-27
<i>Application</i>	56
Apporti di detrito	94
<i>Apports de versant</i>	28
Aree - a rischio	81
- esposte a pericolosità	97
Attività - di emergenza	7
- torrentizia	64
Bacino(i) - alpini	76
- attrezzati	12
- idrografico	73
- sperimentali giapponesi	88
<i>Back-analysis</i>	45
<i>Barrier systems</i>	48
<i>Basin</i>	17-59-91
Bilancio del trasporto solido	86
<i>Boue</i>	85
Caduta blocchi	27
Canaletta artificiale	66
Caratteristiche geotecniche dei materiali	24
<i>Caractéristiques morphométriques</i>	68

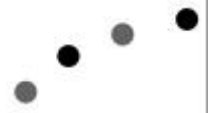


Carte della pericolosità	19
Cartografia(e)	7-49
<i>Case study</i>	52
Casi reali	78
Cause (vedi anche <u>cause</u> )	85
Causa(e) (vedi anche <u>cause</u> )	29
- scatenanti	49
<i>Channellized debris flow</i>	96
<i>Characteristics of fully developed flow</i>	89
<i>Check lists</i>	82
<i>Climate</i>	84
<i>Climatic variations</i>	99
Codici di calcolo	45
Coefficiente - di incisività	57
- di sistemazione	43
Colata(e)	77-79
- detritica(he)/di detrito	9-12-13-14-15- 16-44-79-88-95
- detritica torrentizia	37-55-67
- di fango	7-80
<i>Colluvium</i>	72
<i>Computed values</i>	22
Conoide (alluvionale) (vedi anche <u>alluvial fan</u> )	14-37-67-74-76
<i>Control measures</i>	48
Coperture	47
<i>Correlation</i> (vedi anche <u>correlazione</u> )	68
Correlazione(i) (vedi anche <u>correlation</u> )	6-70
<i>Coulées de débris</i> (vedi anche <u>colata detritica</u> e <u>debris flow</u> )	85
<i>Courbe granulométrique spécifique</i>	38
<i>Critères de choix</i>	21
Criteri d'inesco	78
Crolli	79
<i>Crue de project</i>	21
<i>Culvert</i>	61
Curva d'inviluppo	70
Danno potenziale	30
Dati - pluviometrici	6-54-66
- storici	34-35
<i>Débit maximal</i> (vedi anche <u>peak discharge</u> e portata di picco)	83
<i>Debris - avalanche</i>	61
- flood	33
- flow(s)	10-11-18-19-20-



	22-25-27-32-33-
	36-41-46-52-60-
	61-63-71-72-74-
	76-87-92-93-99
- <i>torrents</i>	60
- <i>volume</i>	56-93
<i>Declination</i> (vedi anche <u>pendenza</u> e <u>pente</u> )	89
Delimitazione aree a rischio	46
<i>Dénivelée spécifique</i>	68
<i>Deposition</i>	20-69
<i>Dépôt</i>	83-85
<i>Design</i>	96
<i>Development</i>	89
Difesa	58
<i>Discharge</i> (vedi anche <u>portata</u> )	18
<i>peak</i> - (vedi anche <u>débit maximal</u> e <u>portata di picco</u> )	61
Disequilibrio	73
Dissesto	6-80
- gravitativo	49
<i>Distance parcourue</i> (vedi anche <u>travel</u> )	83
Dolomiti	67
<i>Donnés de base</i>	21
<i>Drainage area</i> (vedi anche <u>superficie</u> )	62
<i>Ecoulement du sol</i>	85
<i>Effects</i> (vedi anche <u>effetti</u> )	91
Effetti (vedi anche <u>effects</u> )	29
<i>Element at risk</i> (vedi anche <u>elementi a rischio</u> )	4
Elementi - a rischio (vedi anche <u>element at risk</u> )	29-30
- di riconoscimento	82
<i>Engineering design</i>	60
<i>Entrenchment</i>	84
<i>Equations</i>	62
Equazioni di moto	78
Erodibilità	57
<i>Erosion</i>	20
- <i>rate</i>	75
- <i>torrentielle</i>	28
Esempi di laboratorio	78
<i>Event</i> (vedi anche <u>evento</u> )	91
Evento(i) - alluvionale(i)	19-73
- idrogeologico	7
- meteorici	25

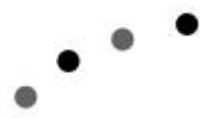




- storici	54-70
Evoluzione	73
<i>Facteurs de prédisposition</i>	38
Fattore(i) - d'instabilità	49
- di torrenzialità	64
- innescenti	57
<i>Flexible barriers</i>	48
<i>Flood</i>	53
- control measures	52
<i>Flow - curve evolution</i>	40
- velocity	18
<i>Fracture density</i>	59
Frane (vedi anche <u>landslides</u> )	1
<i>Frequency</i>	99
<i>Functional relationship</i>	22
Geomorfologia	16
Gestione - del rischio	29
- del territorio	77
GIS - analitico	31
- cartografico	31
<i>Glissement (terrain)</i>	85
Granulometria (vedi anche <u>granulométrie</u> )	67
- della colata	13
<i>Granulométrie (granularité)</i> (vedi anche <u>granulometria</u> )	85
<i>Hazard</i> (vedi anche <u>pericolosità</u> )	4-5-69-71-87
- maps	18-36-41-53-
<i>slope -</i>	60
<i>natural -</i>	99
<i>Hill-slope debris flow</i>	69
<i>Hydraulique</i>	39
<i>Hydrographs</i> (vedi anche <u>idrogramma</u> )	10
<i>Hypsometric index</i>	62
<i>Hystoric cases</i>	90
<i>Hystoric documents</i>	71
Idrogramma (vedi anche <u>hydrographs</u> )	8
<i>Impact</i>	59
Indicatori idrologici	31
Indice(i) - di trasporto	42-43
- di rischio	88
- di suscettività di saturazione	31
- geologico	42-43



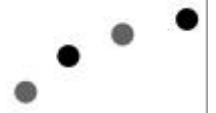
<i>Initiation</i> (vedi anche <a href="#">innesco</a> )	69
Innesco (vedi anche <a href="#">initiation</a> )	15
Intensità	29
<i>Interval between burns</i>	62
Interventi - di difesa	81
- di mitigazione	80
- strutturali	88
<i>Isométrie</i>	68
Italia	12-16-25-37
Ivrea	25
<i>Landslide(s)</i> (vedi anche <a href="#">frane</a> )	50
- <i>dynamics</i>	60
Lahar	87
<i>Laves torrentielles</i>	38-39
Lineamenti geomorfologici	73
<i>Liquid limit</i>	65
<i>Magnitude</i>	33-69-99
<i>Management tools</i>	51
<i>Mathematical expression</i>	22
<i>Mechanics of flow</i>	89
Meccanismi d'innesco (vedi anche <a href="#">mécanismes d'initiation</a> )	54
<i>Mécanismes d'initiation</i> (vedi anche <a href="#">meccanismi d'innesco</a> )	38
Memoria storica	95
<i>Méthodes hydrologiques</i>	21
Metodologia	23
<i>Mitigation</i>	96
<i>Mitigation - tools</i>	51
<i>Mixtures</i>	40
Modalità di evoluzione	58
<i>Model</i> (vedi anche <a href="#">modello(i)</a> )	72-87
<i>Modèle viscoplastique</i>	39
<i>Modèle "granulaire"</i>	39
Modellazione	19
- cinematica	24
Modellazione - fisica	44
- matematica (vedi anche <a href="#">modelli matematici</a> )	81
- numerica (vedi anche <a href="#">modelli numerici</a> )	77
Modello(i) (vedi anche <a href="#">model</a> )	3-31
- matematico (vedi anche modellazione <a href="#">matematica</a> )	8-15-32-74
- numerici (vedi anche modellazione <a href="#">numerica</a> )	82
Monitoraggio (vedi anche <a href="#">monitoring activities</a> )	12



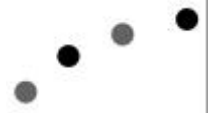
<i>Monitoring activities</i> (vedi anche <u>monitoraggio</u> )	10-90
Morfologia	46
Morfometria	54-76
<i>Morphological - parameters</i>	33
- <i>classification</i>	41
<i>Morphometric - analysis</i> (vedi anche <u>analisi morfometrica</u> )	63
- <i>parameters</i>	36-75
Moto	15
Mountagne	85
Movimenti di massa	2
<i>Mud debris flow</i>	90
<i>Multiple linear regression</i>	59
<i>Nature of debris flow</i>	89
Nevado del Ruiz (Colombia)	32
<i>Open debris flow</i>	96
<i>Observed values</i>	22
Occurrence	89
Onda cinematica	8
Opere	86
Organizzazione della prevenzione	88
<i>Paraglacial</i>	63
Parametri morfometrici (vedi anche <u>morphometric parameters</u> )	42-55-70-75
<i>Path</i>	69
<i>Pente - du lit</i>	83
- <i>du versant</i>	83
- <i>moyenne</i>	68
Pericolosità	3-26-27-29-30-55-79
carte della -	19
- da alluvione	97
Pericolosità - da frana	97
- da valanga	97
Pericolosità - naturale	67
perimetrazione della -	2-35
valutazione della -	34
zonazione della - e del rischio	1
Pianificazione territoriale	37-46
Piemonte	37
Pine Creek (U.S.A.)	32
Portata (vedi anche <u>discharge</u> )	15
- di picco (vedi anche <u>débit maximal</u> e <u>peak discharge</u> )	15
Posizione del fronte	8



<i>Potential en matérieaux</i>	83
Precipitazioni (vedi anche <i>rainfalls</i> )	2
<i>Prediction</i>	56
<i>Predictional model</i>	93
Prevenzione	58
<i>Prévision</i> (vedi anche <i>previsione</i> e <i>prevision</i> )	85
<i>Prevision</i> (vedi anche <i>prévision</i> e <i>previsione</i> )	65
Previsione (vedi anche <i>prévisions</i> e <i>prevision</i> )	58
- dei volumi solidi	82
<i>Probabilistic approach</i>	56
<i>Processes of deposition</i>	89
<i>Production de sédiment</i>	28
Programmi di calcolo	78
<i>Protection</i>	51
Protezione civile	74
Punteggio	97
<i>Quantitative analysis</i> (vedi anche <i>analisi quantitativa</i> )	93
<i>Rainfalls</i> (vedi anche <i>precipitazioni</i> )	91
<i>Relative erodibility coefficient</i>	59
<i>Relief ratio</i>	62
<i>Remedial measures</i>	60
Rete di drenaggio	57
Reti neurali	3
<i>Return period</i>	62-98
<i>Rheological behaviour</i>	40
<i>Rhéologie</i> (vedi anche <i>rheology</i> )	39-85
<i>Rheology</i> (vedi anche <i>rhéologie</i> )	61
<i>Rhéometrical techniques</i>	40
Ricerca storica	94
Rischio (vedi anche <i>risk</i> e <i>risque</i> )	14-26-27-29-30- 79-80-86
- accettabile (vedi anche <i>acceptable risk</i> )	29
- idrogeologico	16
- specifico	30
valutazione del -	74
zonazione della pericolosità e del -	1
<i>Risk</i> (vedi anche <i>rischio</i> e <i>risque</i> )	4-5-17-50-51-72
<i>acceptable</i> - (vedi anche <i>rischio accettabile</i> )	50-98
<i>Risque</i> (vedi anche <i>rischio</i> e <i>risk</i> )	85
<i>classe de</i> -	83
<i>River floods</i>	5
Rocce carbonatiche	47



Scala di lavoro	3
Schede	94
Scivolamenti	79
<i>Sediment budget</i>	92-93
Sensori sismici	13
Sicurezza	77
Simulazioni numeriche	45
Sismografo	9
Sismogrammi	13
Sistemi di allertamento	9
- di previsione	88
<i>Slope – failures</i>	5
- <i>stability</i>	50
Soglia(e) (pluviometriche) d’innescio	2-19-23-24-25-74-81
<i>Soil unit</i>	65
<i>Sperimental fan</i>	98
<i>Statistical - indication</i>	
- <i>techniques</i>	33
<i>Steady-state line</i>	65
<i>Stratigraphic relationships</i>	84
<i>Stream-flow</i>	33
Strutture di regimazione e contenimento	92
Superficie	68
Superficie - d’involuppo	57
- di rottura	66
- effettiva del bacino	57
<i>Surface velocity</i>	11
Susa Valley	5
Suscettibilità al dissesto	7
T. di Fiernaz (Valle d’Aosta)	36
T. di Valle Materlo (Valtellina)	36
<i>Thematic maps</i>	5
<i>Thermal conditions</i>	91
<i>Torrent-index</i>	17
Trasporto - in massa	1
- solido	42-64-76
<i>Travel</i> (vedi anche <i>distance parcourue</i> )	20
Trentino	16
<i>Triaxial compression</i>	65
Valle d’Aosta	55
Valtellina	55



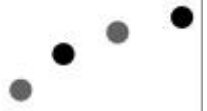
Valtellina (Italy)	41
Variazioni climatiche	99
Velocità - della colata	24
- del fronte	9-13
<i>Video images</i>	11
Villaggio alpino	95
<i>Vitesse d'écoulement</i>	83
<i>Void ratio</i>	65
Volume	61-83
- del conoide	24-57
- di detrito	42-43
<i>Volume of solid materials</i>	22
Volumi – mobilizzati	47
– solidi	81
Vulnerabilità (vedi anche <u>vulnerability</u> )	26-27-29-30
<i>Vulnerability</i> (vedi anche <u>vulnerabilità</u> )	4
<i>Yield stress-solid concentration curve</i>	40
Zonazione	79-86
<i>Zone de départ</i> (vedi anche <u>zone d'innesco</u> )	83
Zone - d'innesco (vedi anche <u>zone de départ</u> )	81
- di distacco	47
<i>Zones potentielles d'initiation</i>	38
<i>Zones sources</i>	38
<i>Zones de dépôt</i>	38



## QUADERNI

### *Collana informativa tecnico – scientifica*

- n° 1 - 1995 ottobre: **Evento alluvionale del 23/25/9/1993 Fiume Dora Baltea tratto Carema - Ivrea.**  
*Struttura Studi e Ricerche Banca Dati Geologica - Torino*
- n° 2 - 1995 novembre: **Evento alluvionale del 23/25/9/1993 Torrente Orco tratto Cuorgnè - Chivasso.**  
*Struttura Studi e Ricerche Banca Dati Geologica - Torino*
- n° 3 - 1996 marzo: **Comune di Casale Monferrato: alcune informazioni inerenti il dissesto ricavate dagli archivi della Banca Dati Geologica.**  
*Struttura Studi e Ricerche Banca Dati Geologica - Torino*
- n° 4 - 1996 giugno: **Evento alluvionale del 5-6/ 11/1994 processi di dissesto ed effetti indotti nell'area delle "Valli Monregalesi" (T. Ellero, T. Maudagna, T. Corsaglia medio - superiore) con integrazioni relative a processi precedenti o posteriori a tale data.**  
*Struttura Studi e Ricerche Banca Dati Geologica - Mondovì  
ESAU RITO*
- n° 5 - 1996 giugno: **Evento alluvionale del 5-6/ 11/1994 processi di dissesto ed effetti indotti nell'area delle "Valli Monregalesi" (T. Casotto, T. Mongia, T. Corsaglia inferiore) con integrazioni relative a processi precedenti o posteriori a tale data.**  
*Struttura Studi e Ricerche Banca Dati Geologica - Mondovì  
ESAU RITO*
- n° 6 - 1996 agosto: **L'attività di studio e ricerca sui vincoli di natura fisica in Piemonte nell'ottica della prevenzione e della gestione territoriale a scala regionale.**  
*Struttura Studi e Ricerche Banca Dati Geologica - Torino.*
- n° 7 - 1997 gennaio: **Esame di alcuni dati storici relativi ad eventi alluvionali e fenomeni di instabilità naturale nelle valli dei torrenti Orco e Soana, Alto Canavese, Provincia di Torino.**  
*Struttura Studi e Ricerche Banca Dati Geologica - Torino*
- n° 8 - 1997 agosto: **Analisi comparata dell'evoluzione storica dell'alveo del Fiume Sesia e delle piene del novembre 1968 e del settembre 1993, finalizzata alla prevenzione degli effetti indotti da eventi alluvionali.**  
*Struttura Studi e Ricerche Banca Dati Geologica - Biella*
- n° 9 - 1997 settembre: **5 - 6 Novembre 1994: la piena del Belbo.**  
*Struttura Studi e Ricerche Banca Dati Geologica - Torino*
- n° 10 - 1997 novembre: **Il dissesto idrogeologico nelle fonti storiche: l'esempio del comune di Pietramarazzi in provincia di Alessandria.**  
*Servizio Prevenzione Territoriale per la provincia di Alessandria.*



- n° 11 - 1998 agosto: **Regione Campania, emergenza idrogeologica del 5 maggio 1998. Rilievo geologico e geomorfologico dei versanti sovrastanti gli abitati di Sarno, Quindici, Siano e Bracigliano.**  
*Settore Prevenzione Territoriale del Rischio Geologico - Area di Torino, Novara e Verbania - Indagini Geotecniche ed Idrogeologiche.*
- n° 12 - 1998 novembre: **Ricostruzione storica degli eventi alluvionali nelle Valli di Lanzo tra il 1400 ed il 1990.**  
*Settore Studi e Ricerche Geologiche - Sistema Informativo Prevenzione Rischi, Università degli Studi di Torino.*
- n° 13 - 1999 ottobre: **Ricostruzione storica degli eventi alluvionali del torrente Orco tra Cuornè e la confluenza nel Po.**  
*Settore Studi e Ricerche Geologiche - Sistema Informativo Prevenzione Rischi, Università degli Studi di Torino.*
- n° 14 - 1999 ottobre: **Alluvioni in Valsesia (dal Medio Evo ai giorni nostri).**  
*Settore Studi e Ricerche Geologiche - Sistema Informativo Prevenzione Rischi - Biella.*
- n° 15 - 1999 dicembre: **Raccolta e analisi dei dati storici per la prevenzione del rischio geologico nella piana alessandrina.**  
*Settore Prevenzione Territoriale del Rischio Geologico - Area di Alessandria*
- n° 16 - 2001 dicembre: **I campeggi turistici nella Regione Piemonte. Identificazione degli ambiti e indicazioni sulla compatibilità ambientale nei confronti della pericolosità geologica, catasto dei dati, testo delle raccomandazioni.**  
*Settore Studi e Ricerche Geologiche - Sistema Informativo Prevenzione Rischi, sede di Mondovì.*
- n° 17 - 2002 ottobre: **Caratterizzazione dei fenomeni di mobilitazione rapida della coltre superficiale mediante indagini di terreno: proposta di studio e applicazione ad un caso reale.**  
*Settore Studi e Ricerche Geologiche - Sistema Informativo Prevenzione Rischi - Torino*