

# PERICOLOSITA' IDRAULICA NEL TERRITORIO MONTANO ITALIANO ED APPLICAZIONE DELLA DIRETTIVA EUROPEA "ALLUVIONI"

*Bolzano, 9 Giugno 2011*

*Quantificazione  
e dinamica delle  
alluvioni solide  
nei corsi  
d'acqua montani*



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI DI PADOVA



*Prof. Ing. Vincenzo D'Agostino  
Dipartimento TeSAF*

**... l'acqua e l'arte di trasportare detriti**



**in modo selettivo**



**o in modo massivo**

**Il recente D.L. 23/02/2010, n. 49, recependo la direttiva 2007/60/CE, ha regolato le attività di gestione dei rischi di alluvioni al fine di ridurre le conseguenze negative per la salute umana, per il territorio, per i beni, per l'ambiente, per il patrimonio culturale e per le attività economiche e sociali derivanti dalle stesse alluvioni.**

**Secondo la direttiva un'alluvione viene definita come “l'allagamento temporaneo, anche con trasporto ovvero mobilitazione di sedimenti anche ad alta densità, di aree che abitualmente non sono coperte d'acqua” escludendo “gli allagamenti non direttamente imputabili ad eventi meteorologici”.**

**La definizione normativa pone, pertanto, proprio nella giusta luce l'importanza dei fenomeni di pericolosità che hanno origine**

**nei bacini montani**

**e che implicano piene a rapida evoluzione temporale (*flash flood*), erosioni diffuse ed incanalate, trasporto di fondo e colate detritiche (*debris flow*), accompagnate da instabilità di versanti ed alla corrosione dei suoli.**

# **Due domande chiave dopo un'alluvione solida**

## **DOMANDA 1:**

**CHE VOLUME DI SEDIMENTI ESCE DAL BACINO E CON QUALE MODALITA' DI TRASPORTO ENTRA NEL 'SISTEMA' RICEVENTE**

## **DOMANDA 2:**

**COME SI RIDISTRIBUISCE ALL'INTERNO DEL BACINO IL QUANTITATIVO DI SEDIMENTI CHE VIENE 'DISTACCATO' DA VERSANTI/ RETICOLO IDROGRAFICO E CHE NON ESCE DAL BACINO STESSO?**

# Trasporto di fondo



# Debris flood

- Aulitzky (1982) describe come:  
“spreading as flat blankets on torrent cones and fans”.

“Depositi poco assortiti, spesso molto ricchi di materiale granulare fine con presenza di grossi massi in superficie, parzialmente sepolti e che sembrano simili a ‘missili’ fermatisi in modo casuale quando hanno trovato pendenze più contenute od ostacoli” (D’Agostino, 2011).

# Debris flood



# Debris flood



**Venezuela,  
Dicembre 1999**



# Debris flow

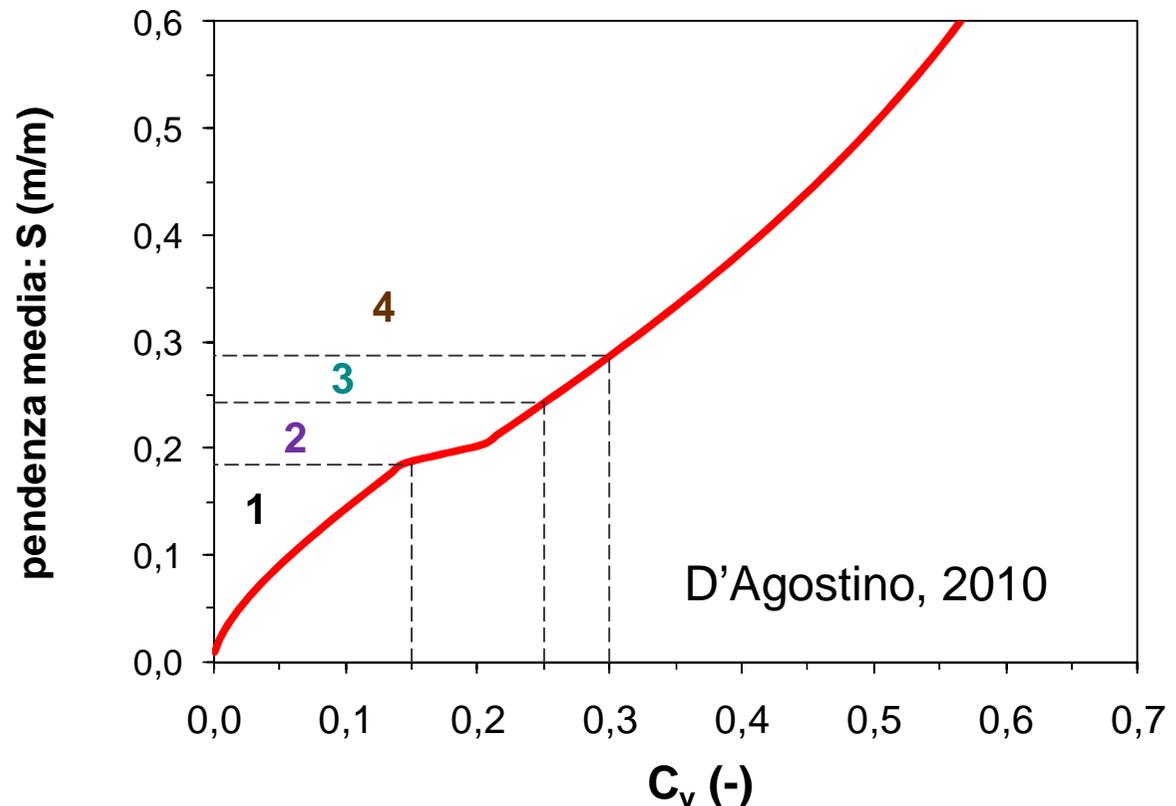


# Pendenza energetica e forma di trasporto “potenzialmente” attesa

1. bedload:  
 $S < 0.19$  ( $11^\circ$ )
2. debris flood:  
 $S = 0.19 - 0.24$  ( $13.5^\circ$ )
3. debris flood/flow:  
 $S = 0.24 - 0.29$  ( $16^\circ$ )
4. debris flow:  
 $S > 0.29$

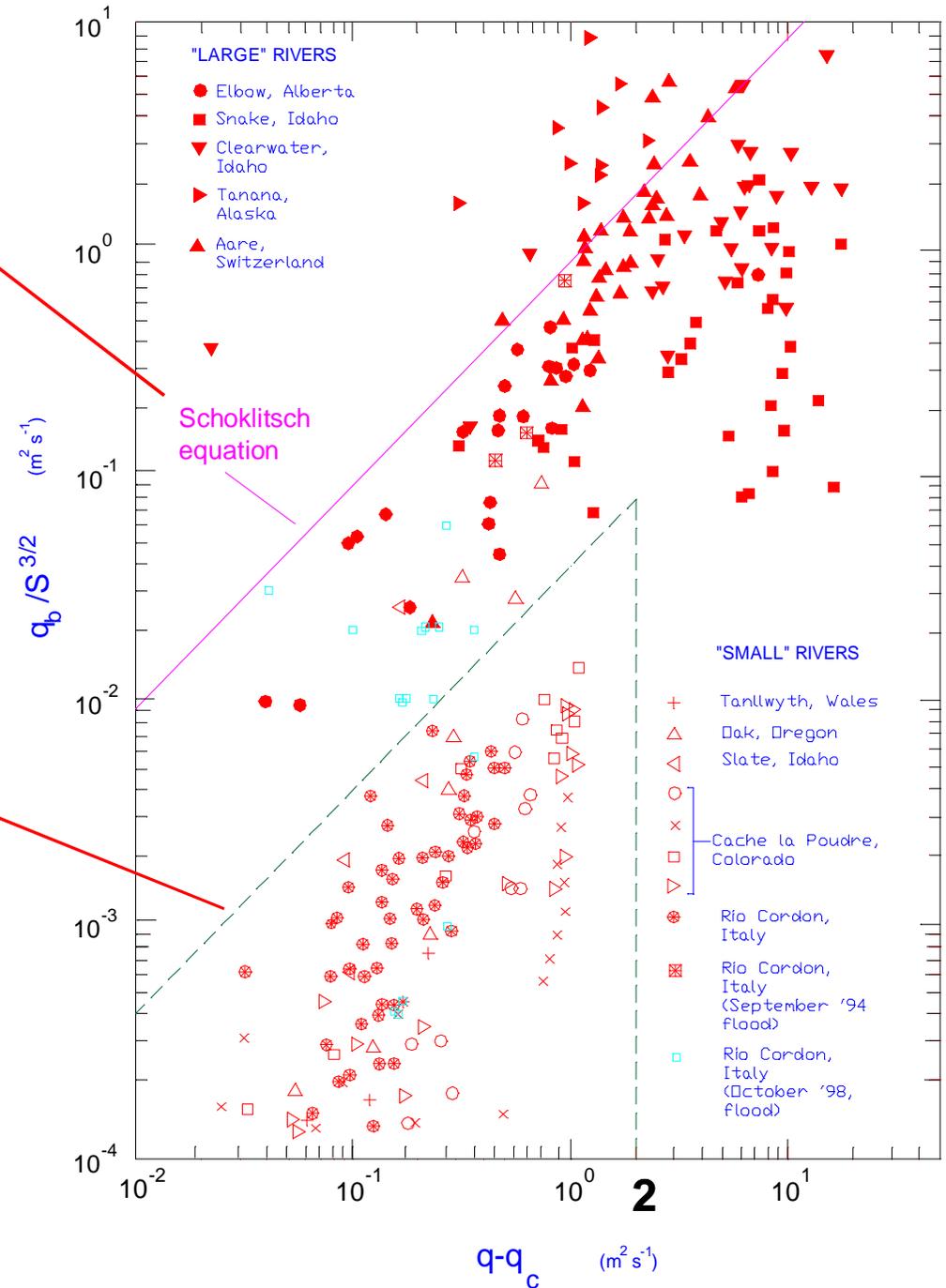
Limite ‘di campo’  
più basso per i  
debris flow  
 $S_{\min}$  intorno 20%  
(invece di 24%).

2-3: Hypeconcentrated flow:  
“Large quantities of coarse sediment (sand  
and possibly gravel) at high concentration in  
intermittent dynamic suspension”  
(Pierson 2005).



$$\frac{q_s}{S^{3/2}} \cong 0.94 (q - q_c)$$

$$\frac{q_s}{S^{3/2}} \cong 0.04 (q - q_c)$$



**D'Agostino e Lenzi (1999)**

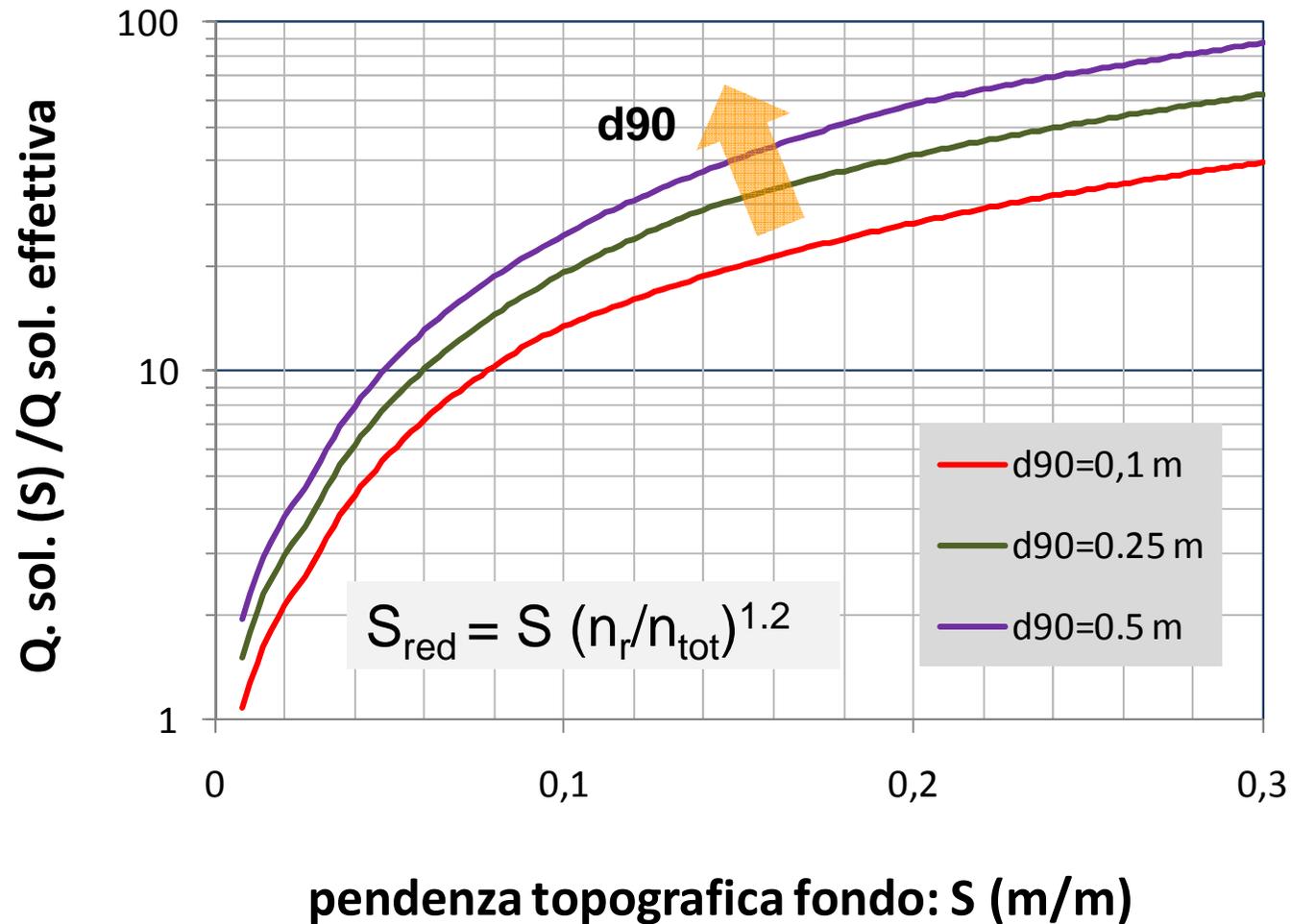
$$Q_s = A S^a (Q - Q_c) \left. \vphantom{Q_s} \right\} \begin{array}{l} \text{quale pendenza energetica } S ? \\ a = 1.5 - 2.0 \end{array}$$



RIDOTTA ?  $\rightarrow$   $S_{red}$



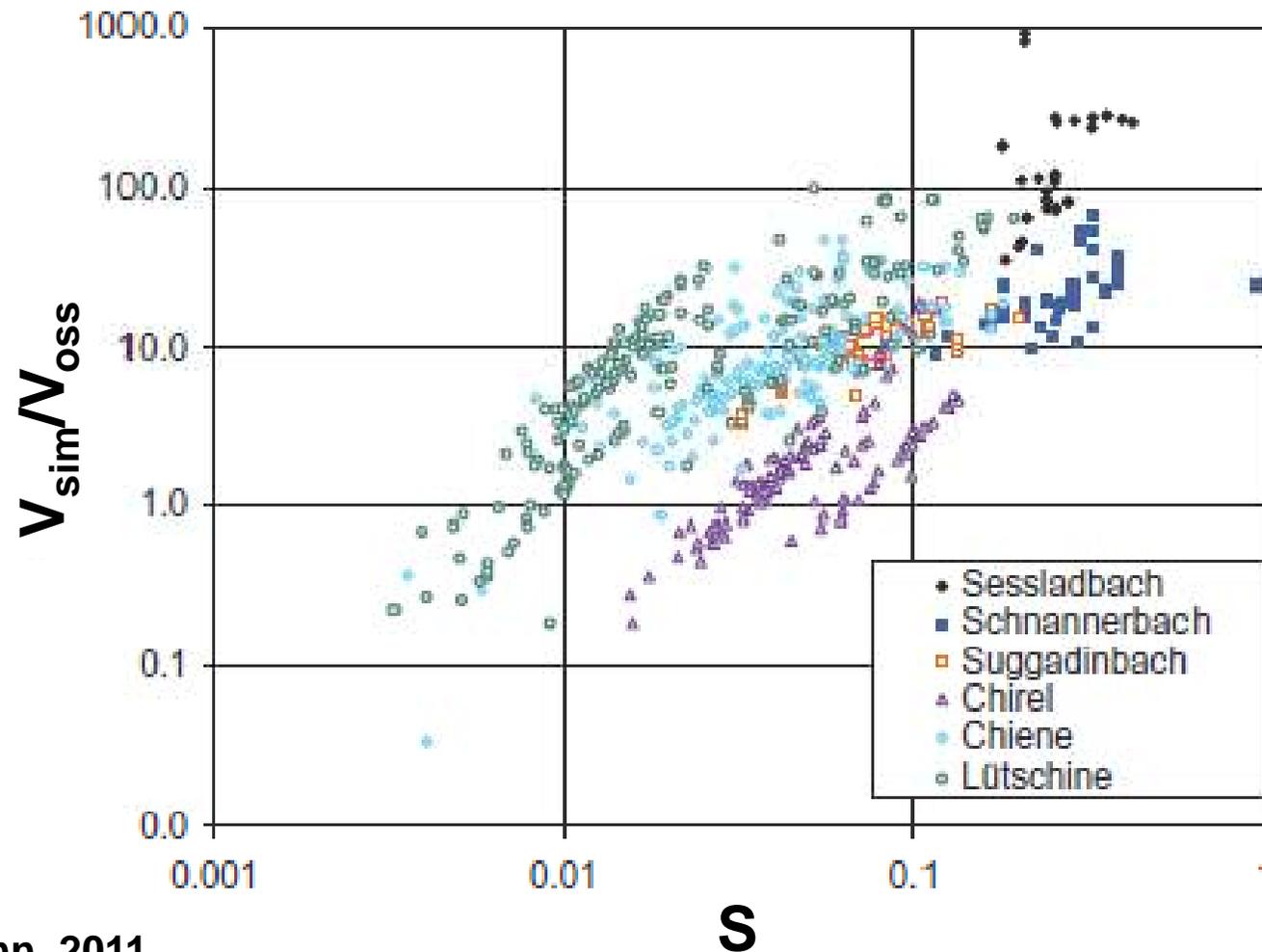
... al crescere della dimensione dei sedimenti diminuisce la pendenza energetica ( $S_{red}$ ) che è disponibile per il trasporto solido di fondo.



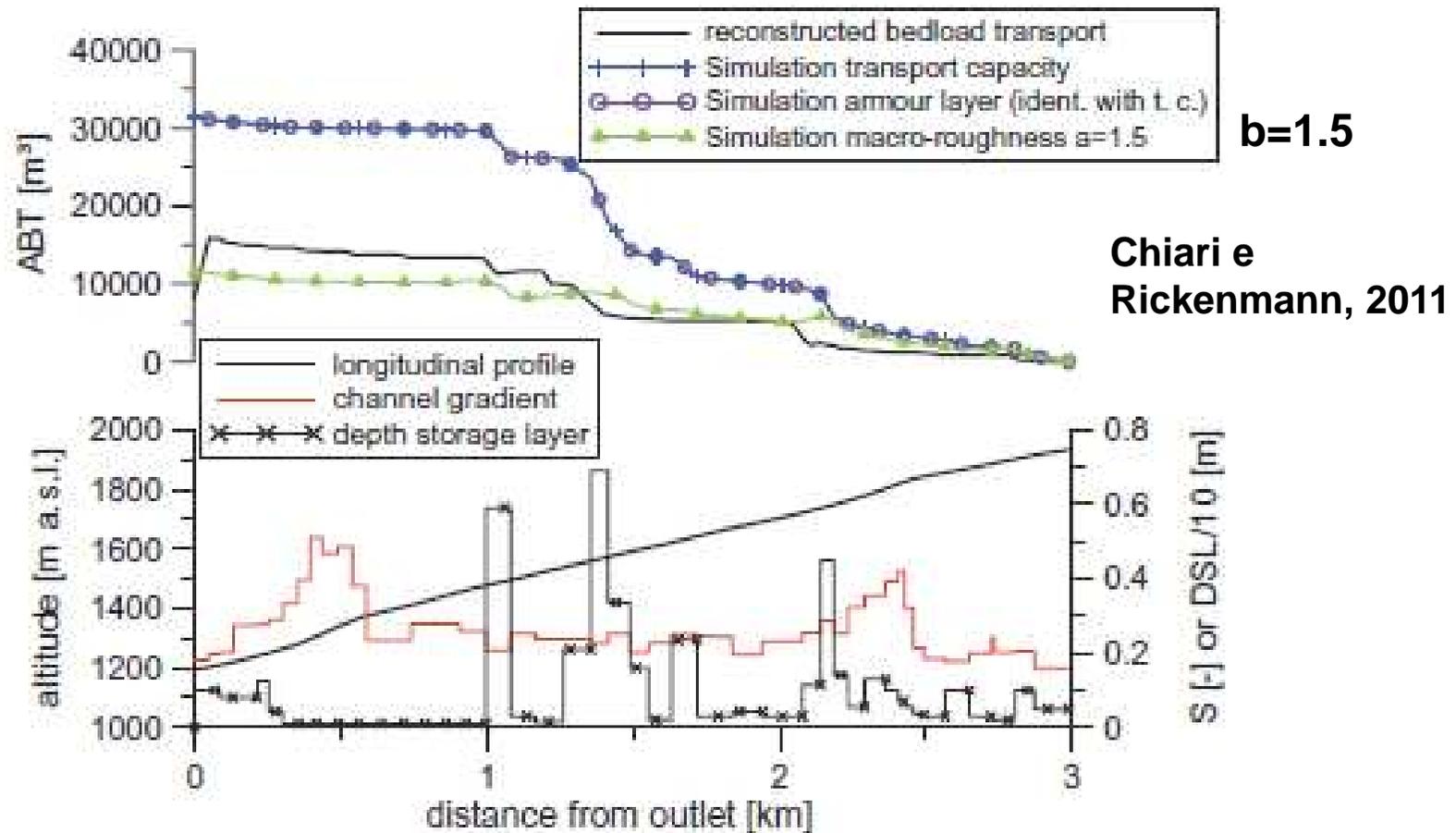
... cautela, poiché durante fasi intense di trasporto, può avvenire una sorta di spianamento/livellamento/sovralluvionamento delle macroscabrezze

## ... I RISULTATI DI ALCUNE SIMULAZIONI (SETRAC)

- senza dissipazione da macrocabrezza
- profondità illimitata dello strato di sedimenti disponibile (DSL=storage layer depth= non limitato)



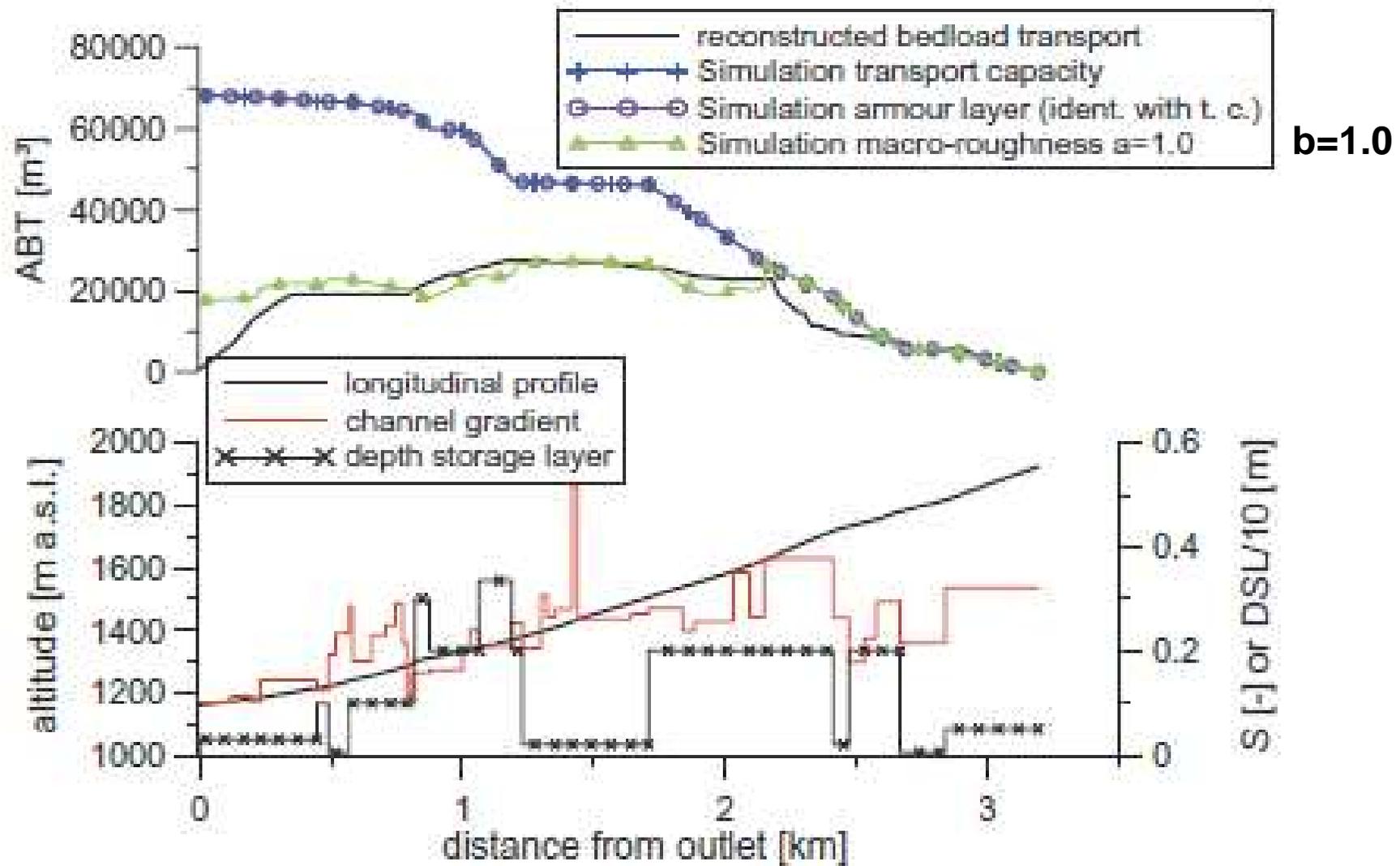
Simulated case study	Catchment area (km <sup>2</sup> )	Mobilized bedload (m <sup>3</sup> )	Mean channel gradient	Sim. river length (m)	Discretisation length (m)	Peak discharge (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	Event duration (h)	a (best fit)
Sessladbach	9.9	16 000	0.25	3 250	25	25	47	1.5
Schnannerbach	6.3	33 000	0.24	3 000	25	24	35	1.0



**SETRAC – Sediment transport model in Alpine Catchments (Chiari et al., 2010)**

**Sessladbach, back-analysis piena Agosto 2005**

Simulated case study	Catchment area (km <sup>2</sup> )	Mobilized bedload (m <sup>3</sup> )	Mean channel gradient	Sim. river length (m)	Discretisation length (m)	Peak discharge (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	Event duration (h)	<i>a</i> (best fit)
Sesslabach	9.9	16 000	0.25	3 250	25	25	47	1.5
Schnannerbach	6.3	33 000	0.24	3 000	25	24	35	1.0



**Schnannerbach: back-analysis piena Agosto 2005**

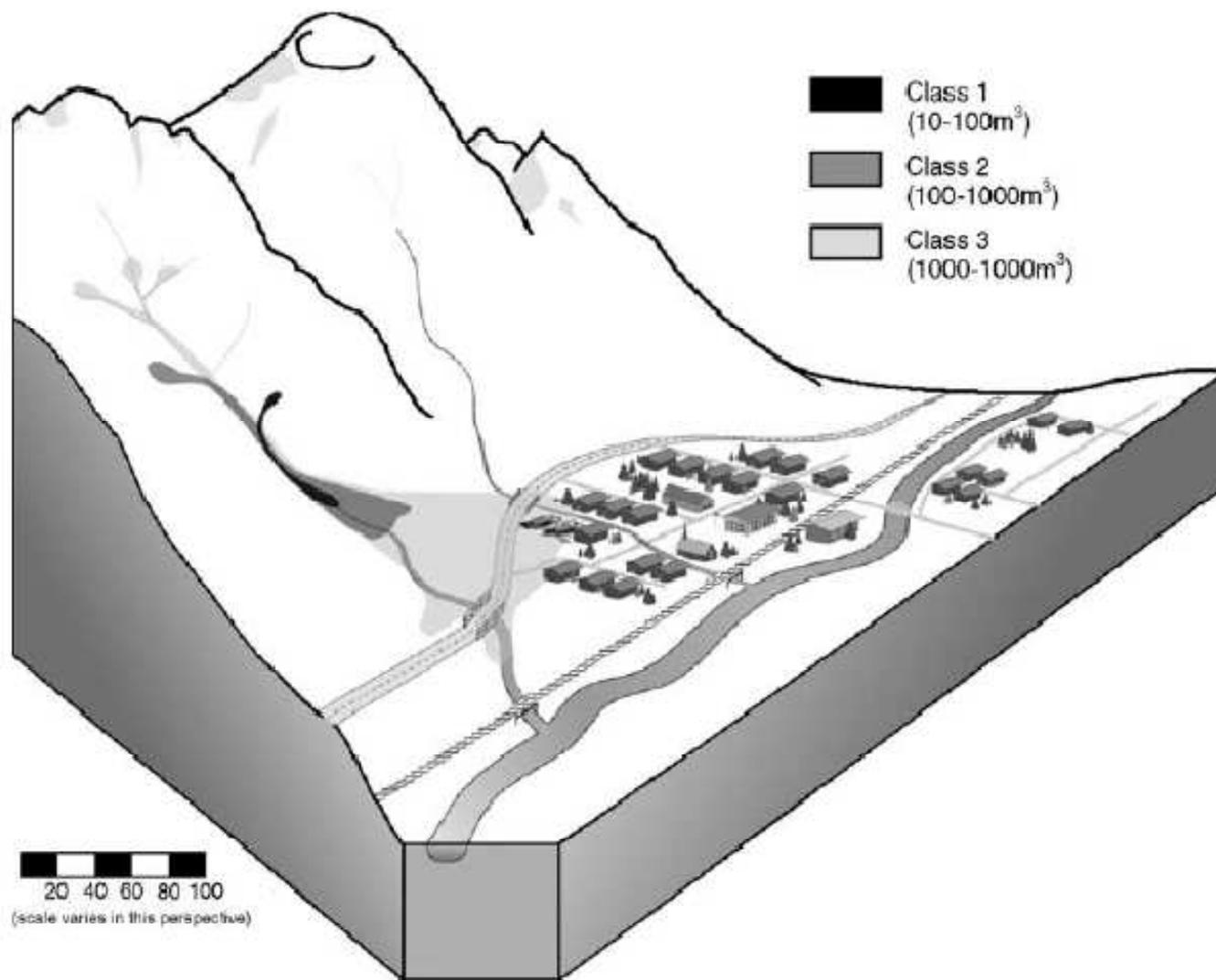
# **Metodi per la stima dei volumi delle colate detritiche**

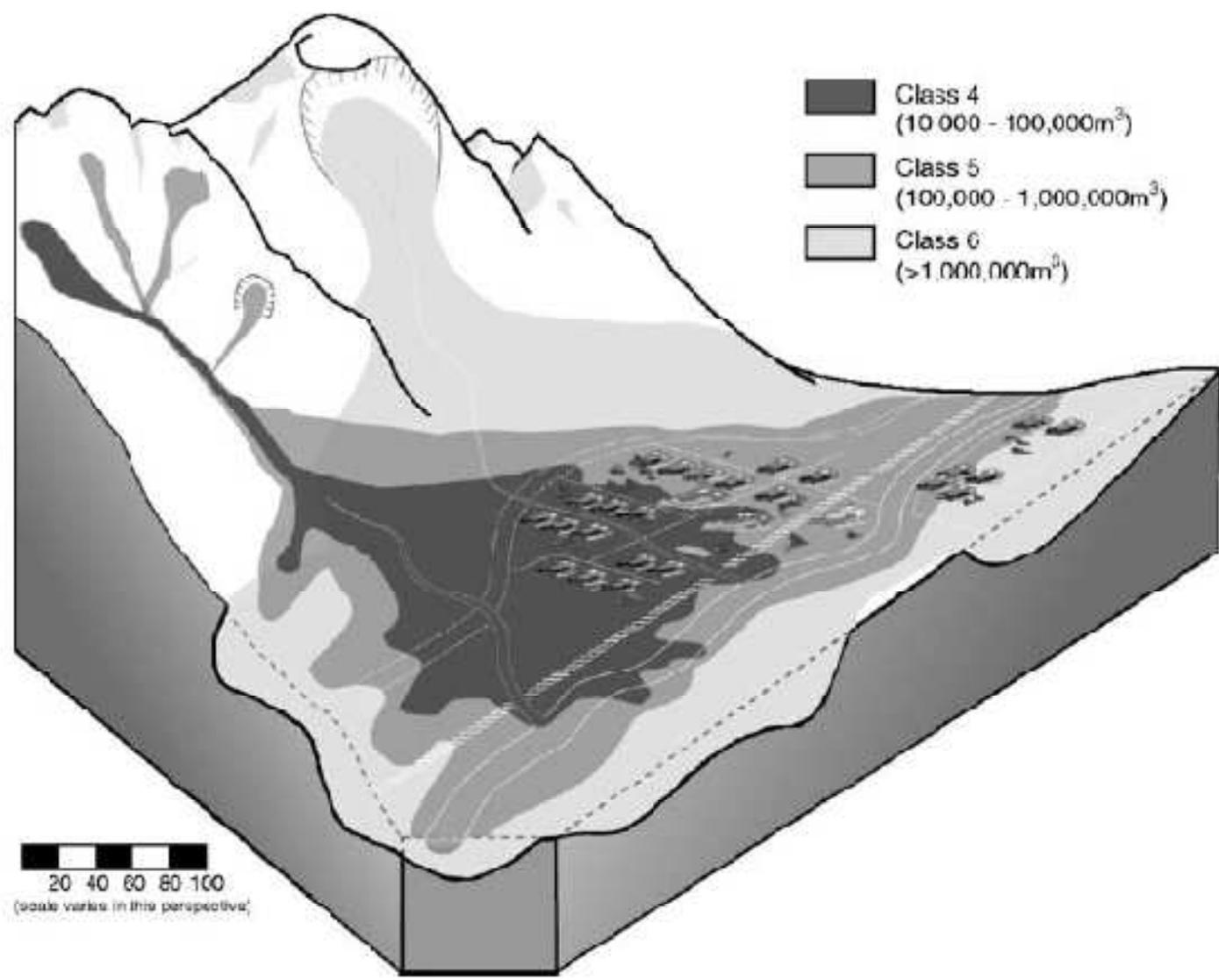
- 1. Indagini storiche**
- 2. Regolarizzazione statistico-probabilistiche di max annuali**
- 3. Formule empiriche a base regionale**
- 4. Stime geomorfiche (geomorfologiche) di campo**
- 5. Metodo idrologico**
- 6. Comparazione critica dei precedenti metodi**

## Classificazione della magnitudo dei debris flow (Jakob, 2005)

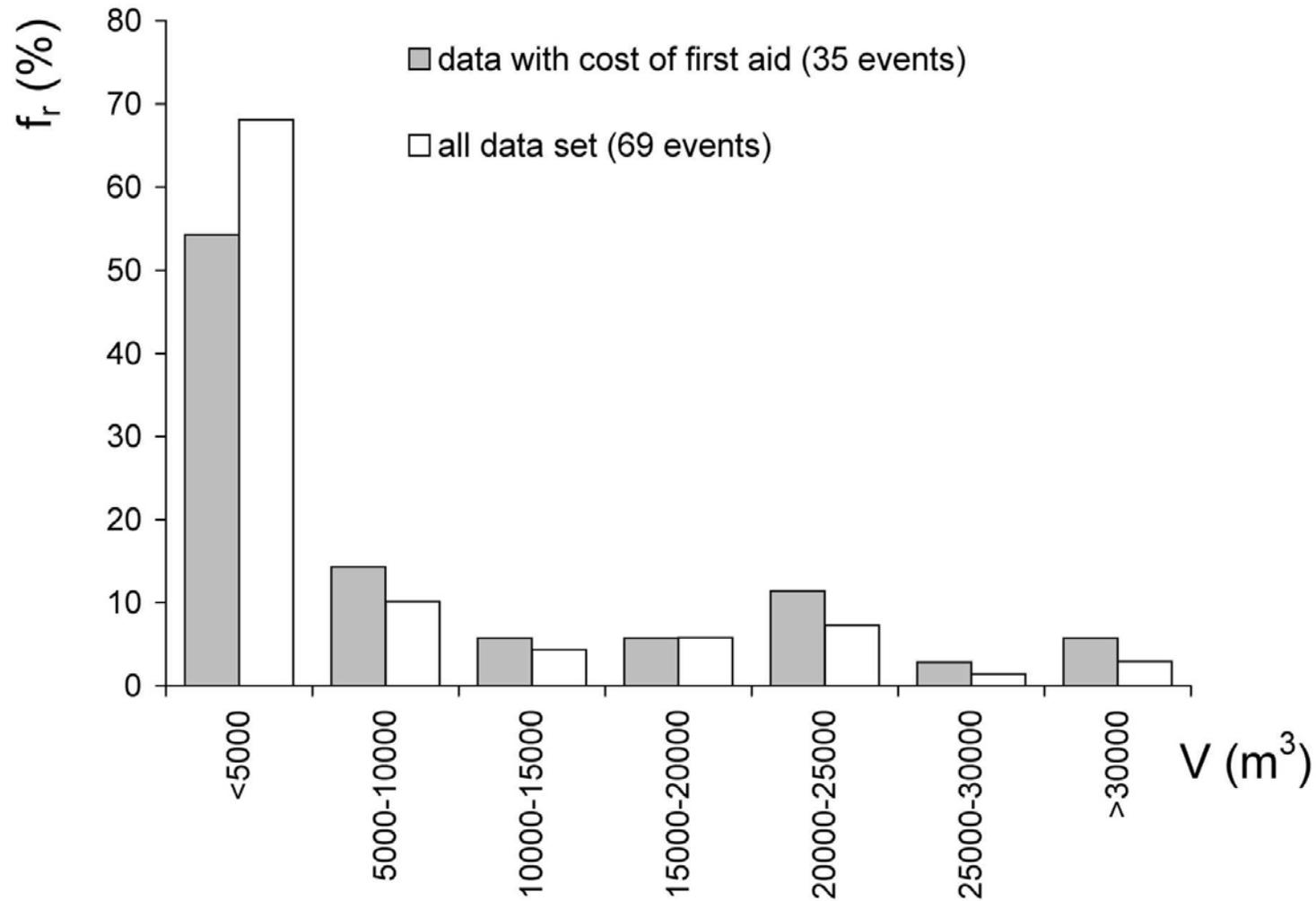
<b>Classe</b>	<b>Volume (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Portata (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Area (ha)</b>	<b>Conseguenze potenziali</b>
<b>1</b>	<100	<5	0.04	Danni localizzati, interessato reticolo minore, danni a piccoli edifici.
<b>2</b>	100 – 1000	5 – 30	0.04 – 0.2	Seppellimento auto, distruzione edifici in legno, rottura alberi, ostruzione tombini, deragliamento treni.
<b>3</b>	1000 – 10 <sup>4</sup>	30-200	0.2 –0.9	Danneggiamento grossi edifici, pile di ponti in cls, blocco o danni a grandi vie di comunicazione e tubidotti.
<b>4</b>	10000 – 10 <sup>5</sup>	200-1500	0.9 –4	Distruzione parti di villaggi, distruzione di parti di infrastrutture di attramento e di ponti, blocco di rivi.
<b>5</b>	10 <sup>5</sup> – 10 <sup>6</sup>	1500-12000	4 –20	Distruzione parti di paesi, distruzione di parti di foreste 2 km <sup>2</sup> , ostruzione di torrenti e rii
<b>6</b>	10 <sup>5</sup> – 10 <sup>6</sup>	> 12000	>20	Distruzione di cittadine, modifica di parti di valle e conoide fino a diverse decine di km <sup>2</sup> , ostruzione di fiumi.
<b>7</b>	10 <sup>7</sup> – 10 <sup>8</sup>	non osserv.	non osserv.	

**Superiori alla classe 7: solo colate vulcaniche**





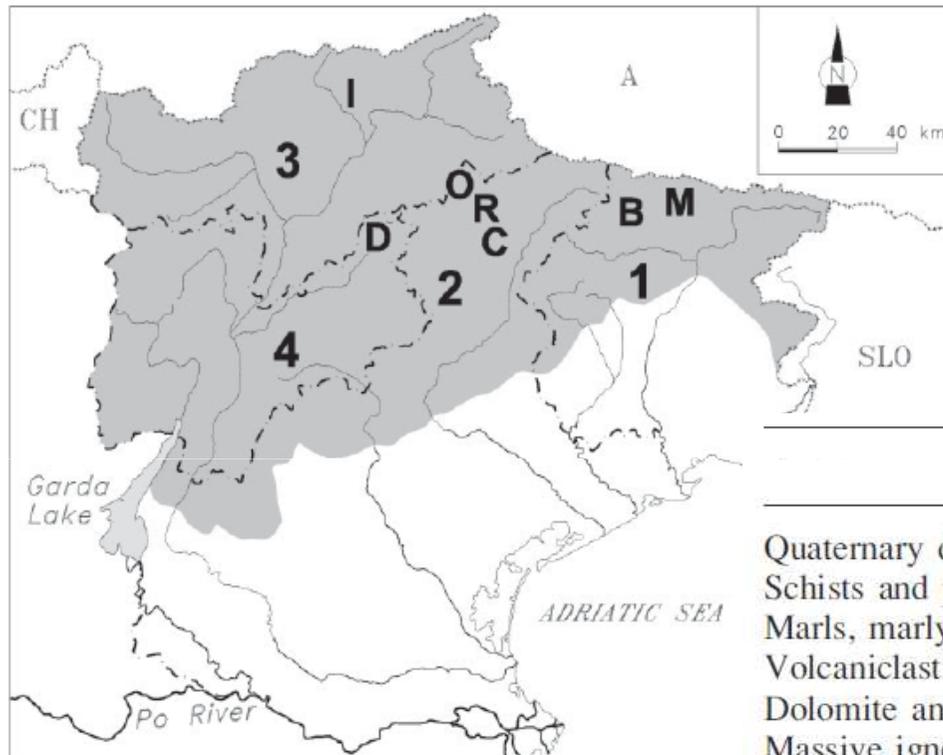
**... le piccole volumetrie hanno un peso non trascurabile nella messa  
In sicurezza del territorio**



**PROVINCIA DI BOLZANO (10 anni di catasto eventi: ED30)**

## Marchi e D'Agostino (2004):

### 127 eventi nell'Italia Nord-Orientale



$$V = 18000 A^{1.16} I_c^{1.30} (\text{GI})$$

$A$  [ $\text{km}^2$ ];  $I_c$  [ $\text{m/m}$ ];  $V$  [ $\text{m}^3$ ]

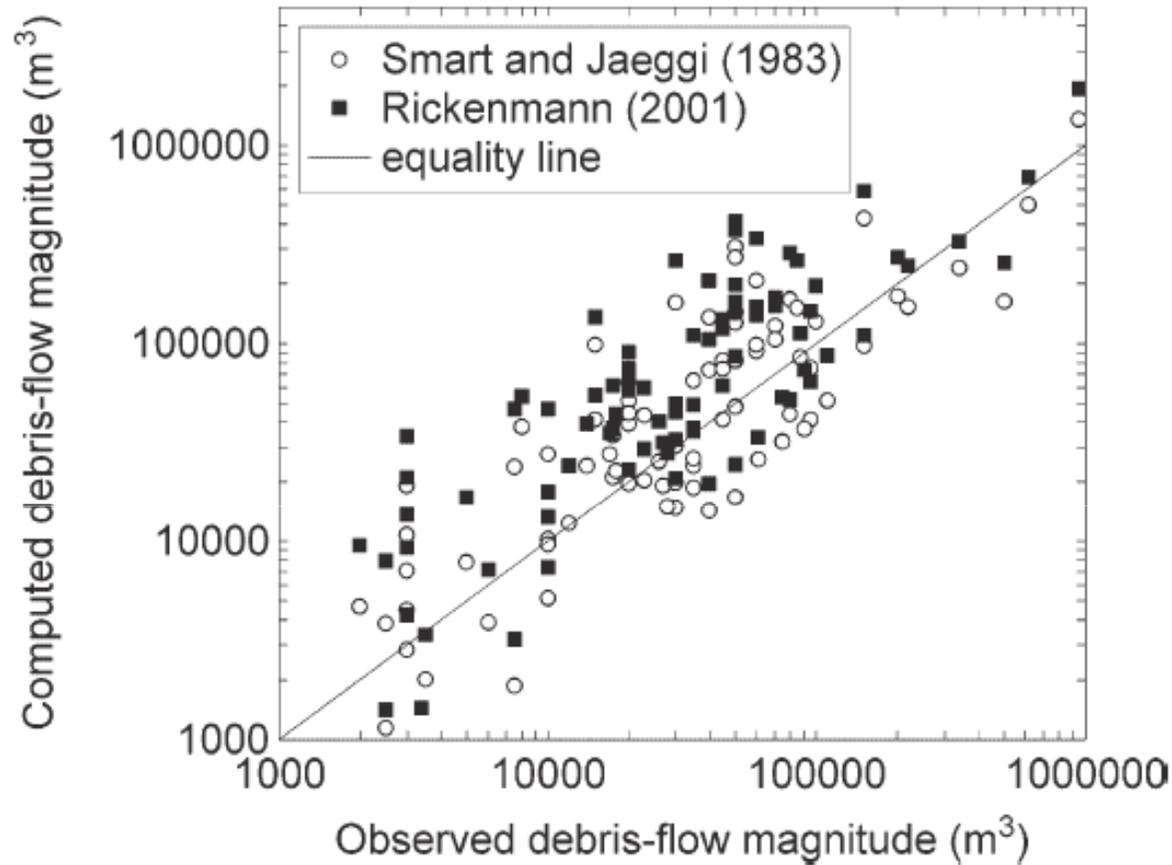
**GI = indice geologico**

	GI value
Quaternary deposits	5
Schists and phyllites	4
Marls, marly limestone, siltstones, etc.	3
Volcaniclastic rocks	2
Dolomite and limestone rocks	1
Massive igneous and metamorphic rocks*	0
Intensely fractured and weathered rocks for all lithologies	3–5

$$V = 65000 A^{1.35} I_c^{1.7}$$



$$V = 2.9 V_{runoff} I_c^2$$



**Smart-Jaeggi: trasporto  
alta pendenza**

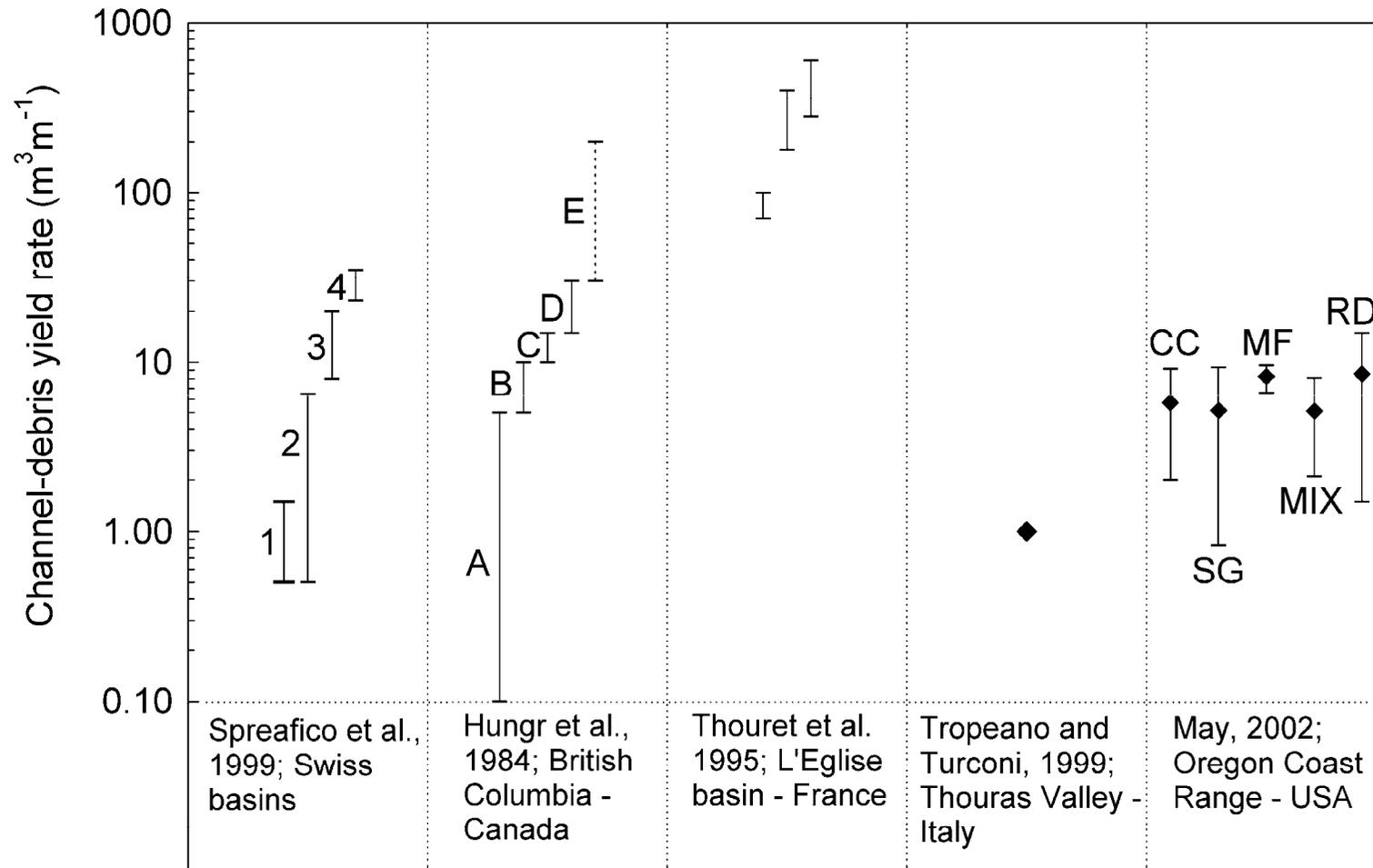
$$V = 2.5 V_{runoff} I_c^{1.6}$$

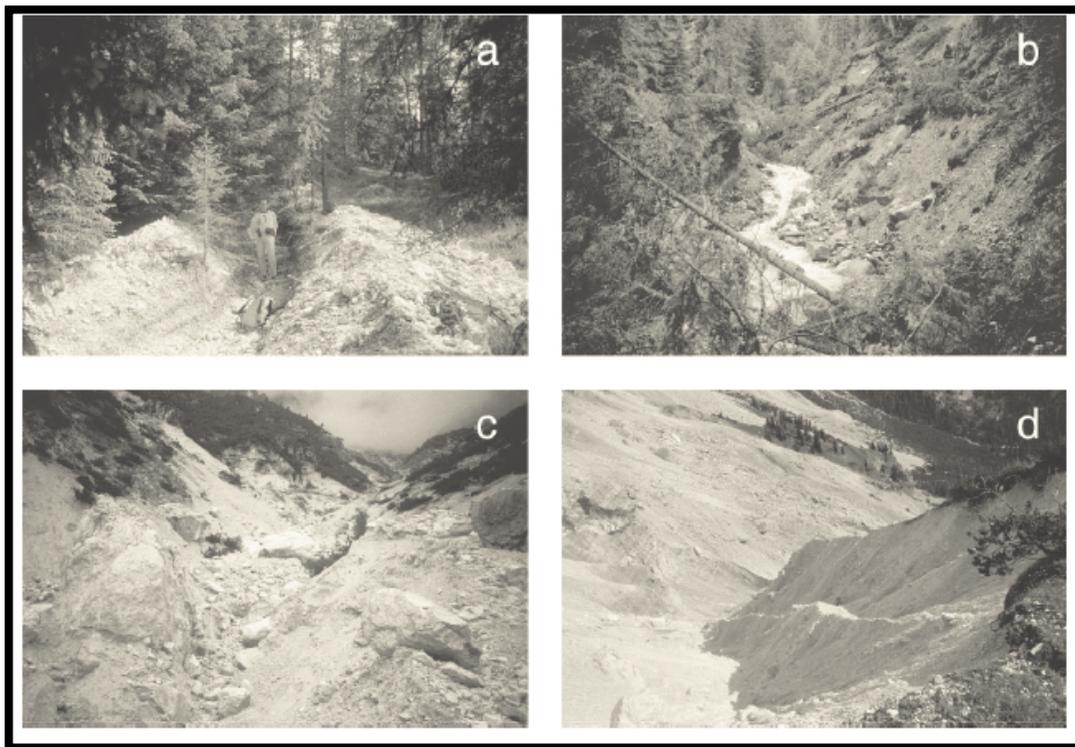
**Rickenmann: trasporto**

$$V = 5.8 V_{runoff} I_c^2$$

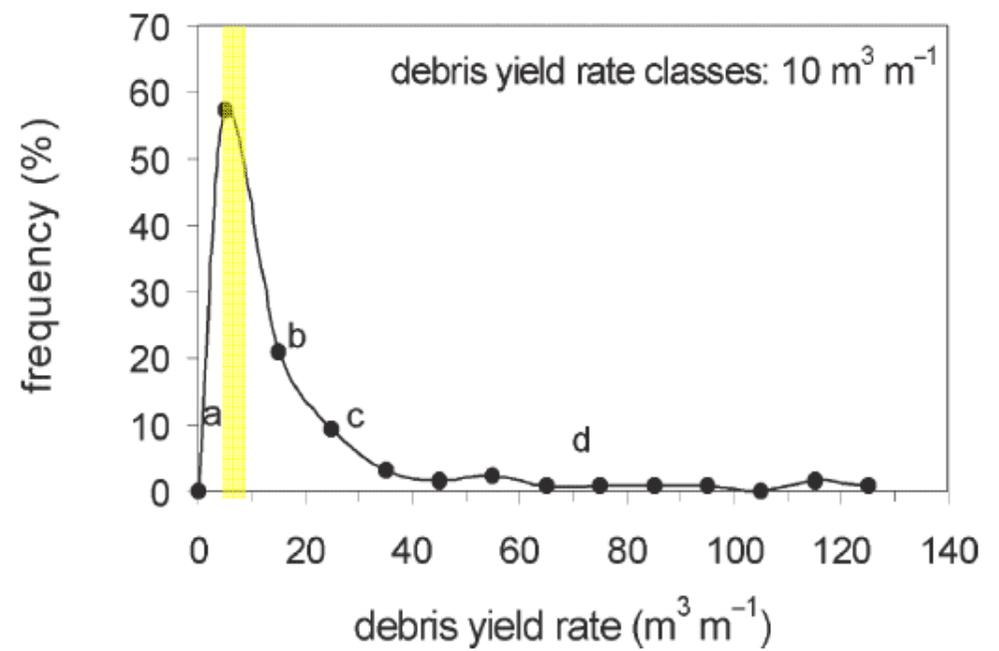
**... in termini di volumi totali mobilizzati emerge una certa convergenza  
con la capacità di trasporto**

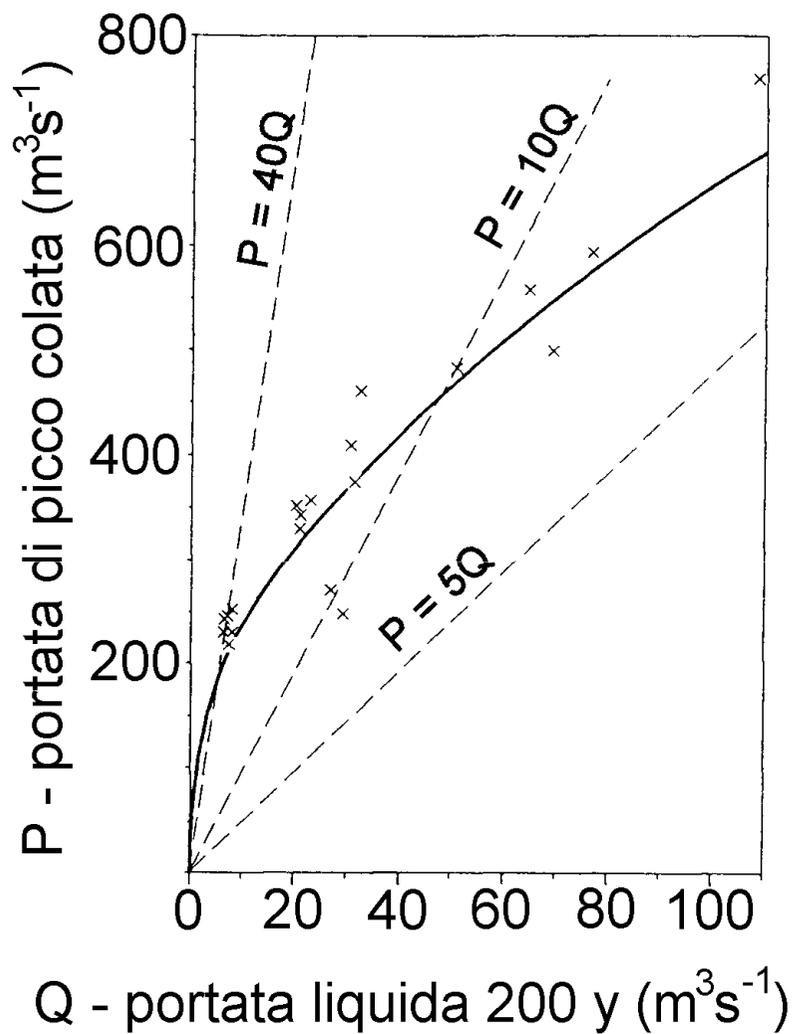
# Stime geomorfiche o geomorfologiche





**Marchi e D'Agostino, 2004**





$$Q_{df} = 10 Q$$

**Non sempre  
un limite  
superiore!**

**British Columbia (Canada)  
(Van Dine, 1996)**

# ARATURA

Breien et al., 2008 (Norvegia)

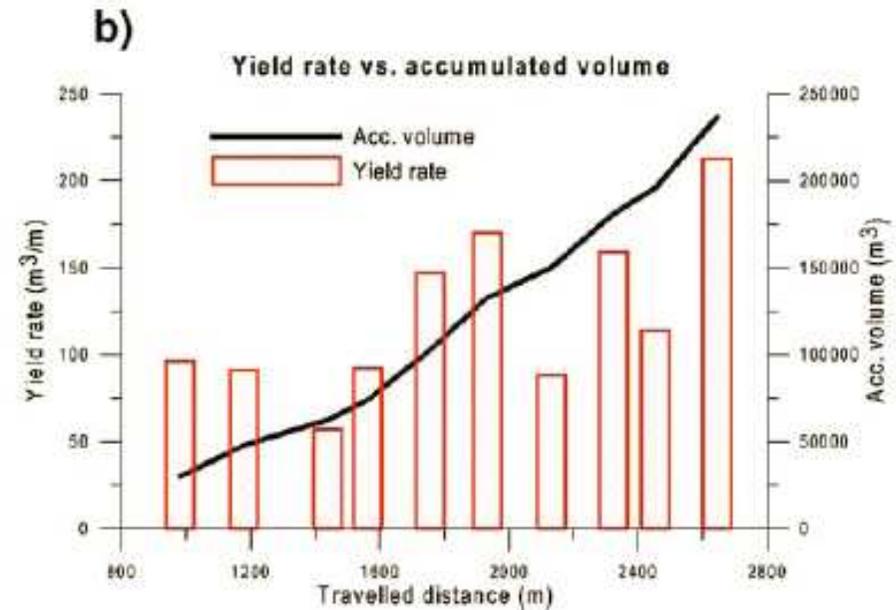
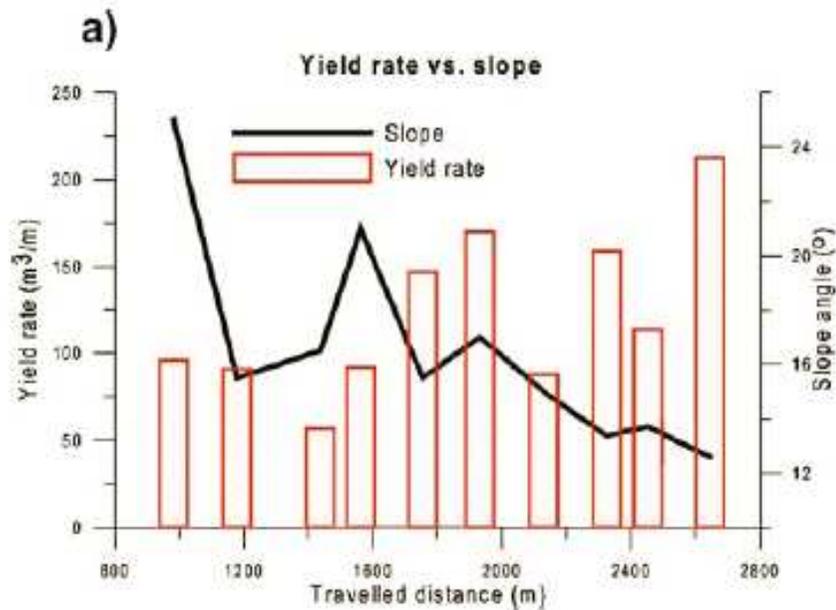
**Glacial outburst: 8 Maggio 2004**

Volume acqua = 100 000 m<sup>3</sup>

Volume debris iniziale = 25 000 m<sup>3</sup>

Volume debris finale = 240 000 m<sup>3</sup>

Yield rate finale = 212 m<sup>3</sup>/m



### **Priorità metodologiche**

- 1 . Non si devono mai svolgere indagini teoriche avulse dallo specifico bacino che si sta analizzando.**
- 2. Le modalità di rifornimento solido esterno e interno al canale vanno censite e mappate con scrupolo ed attenzione.**
- 3. Il riconoscimento delle forme di trasporto solido dominante nei vari comparti del bacino deve essere sempre condotta sul campo.**
- 4. L'analisi degli eventi alluvionali passati è essenziale, poiché spesso forniscono scenari d'evento che, se non fossero realmente avvenuti, verrebbero poco considerati nella progettazione e nell'analisi del pericolo.**

### Criteri quantitativi trasporto di fondo/ debris flood

- 1 . La dinamica d'evento va sempre accoppiata alla sua stima quantitativa.
2. La stima del trasporto solido reale ha dimostrato numerosi aspetti limitanti rispetto alla capacità potenziale, quali:
  - Sediment supply, armour del letto, 'storage layer depth'
  - Macroscabrezza e pendenza energetica utile, eterogeneità morfologica
  - Assetto dell'alveo dopo la precedente piena.

*Se l'obiettivo dello studio è la sicurezza del territorio si deve assolutamente continuare a ragionare sulle quantità potenziali accoppiate a scenari d'evento pessimistici (p.e. durate dell'evento anche lunghe per trasporto solido di fondo).*

*Se l'obiettivo dello studio è la stima del budget di sedimenti atteso – piano di previsione/gestione del trasporto solido nel medio lungo periodo – tutti gli affinamenti deterministici sono da perseguire.*

### **Criteria quantitativi iperconcentrato/ debris flow**

1 . La reologia dell'evento va sempre accoppiata alla sua stima quantitativa.

2. La stima di portate e volumi deve seguire un approccio multi-criteriale: storico, geomorfico, idrologico

- il budget di sedimenti disponibili prima dell'evento è un fattore chiave per un evento con zona di innesco nella parte alta del bacino e crescita progressiva verso valle con coinvolgimento di sedimenti prontamente disponibili.

- il volume/portata del debris flow/flood sono invece 'estremi' se l'evento di debris flow nasce in alveo per effetto di una piena idrica sovra-satura di acqua rispetto alla concentrazione solida di equilibrio: dambreak (rottura vaso/ostruzione) oppure per contributi idrici simultanei da più sottobacini: i volumi di sedimento mobilizzati sono anche quelli non stimati come prontamente disponibili (p.e. collasso opere consolidamento, erosione dell'alveo fino al bedrock).