

# Fenomeni idrogeologici

generati dalle piogge (e non)



Riccardo Rigon, Marta Martinengo, Marialaura Bancheri et al.

*“Co i modei se sbaia.  
Figuremose senza.”\**

*“Con i modelli si sbaglia.  
Figuriamoci senza!”*

*A. Marani*

At the end, a model is schematised by a set of ordinary differential equations, say

$$\frac{d\vec{x}}{dt} = \vec{i}(\vec{x}, \vec{\theta}) - \vec{o}(\vec{x}, t)$$

*vector of quantities*

*vector of inputs*
*vector of parameters*
*vector of outputs*

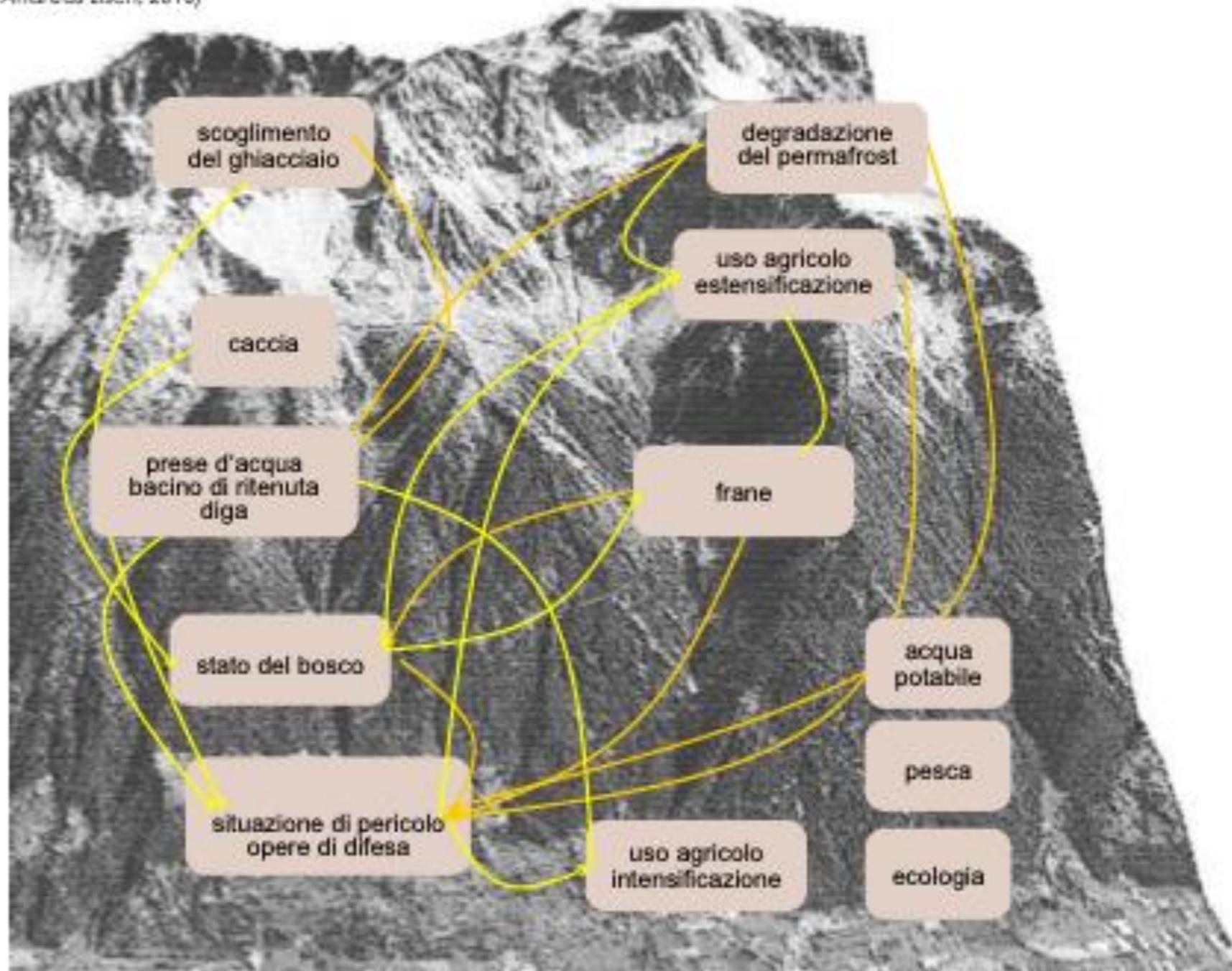
$$\vec{x}(t_0) = \vec{x}_0 \longrightarrow \textit{initial conditions}$$

Therefore a catchment becomes member of the **dynamical systems**

In questa presentazione si usano varie foto, mappe e altro trovato in Internet. Cito sempre la fonte (che spesso è un sito web). Il fatto che le fonti siano citate, non significa che vi sia, necessariamente un “endorsement” di quanto scritto nei siti web. Molto spesso sono scritte cose sensate. Ma non sempre.

Soprattutto NON si vuole adombrare la superiorità di alcun sapere scientifico settoriale. FRANCA rappresenta un “contenitore” perfetto per manifestare la pari dignità. Ecologi e biologi, geologi e forestali, idraulici e geotecnici, sociologi ed economisti, giornalisti ed urbanisti, ..., devono porsi in dialogo e contribuire in modo organico alla difesa idrogeologica.

Fig. 3 - Interazioni ecologiche e di uso del suolo in un bacino  
(Andreas Zisch, 2010)



ci sono condizioni di gestione del territorio che le possono favorire il rischio



*Sarno e Quindici, 5 maggio 1998 - <http://www.centrometeo.com/articoli-reportage-approfondimenti/meteo-ambiente-immagini/5399-sarno-siano-quindici-quadrilatero-infernale-campania-frane-alluvioni>*

## Colata di fango



*Sarno e Quindici, 5 maggio 1998 - <http://www.centrometeo.com/articoli-reportage-approfondimenti/meteo-ambiente-immagini/5399-sarno-siano-quindici-quadrilatero-infernale-campania-frane-alluvioni>*

## Colata di fango



*Campolongo, 15 Agosto, 2010 - Foto Provincia di Trento, Dipartimento risorse forestali e montane*



MO  
.it

©Lillo Lo Cascio

*Giampileri, 2009*

## Colata detritica (di cui vediamo la zona di propagazione)



*Giampileri, 1 Ottobre 2009*

## Colata detritica (di cui vediamo la zona di distacco)

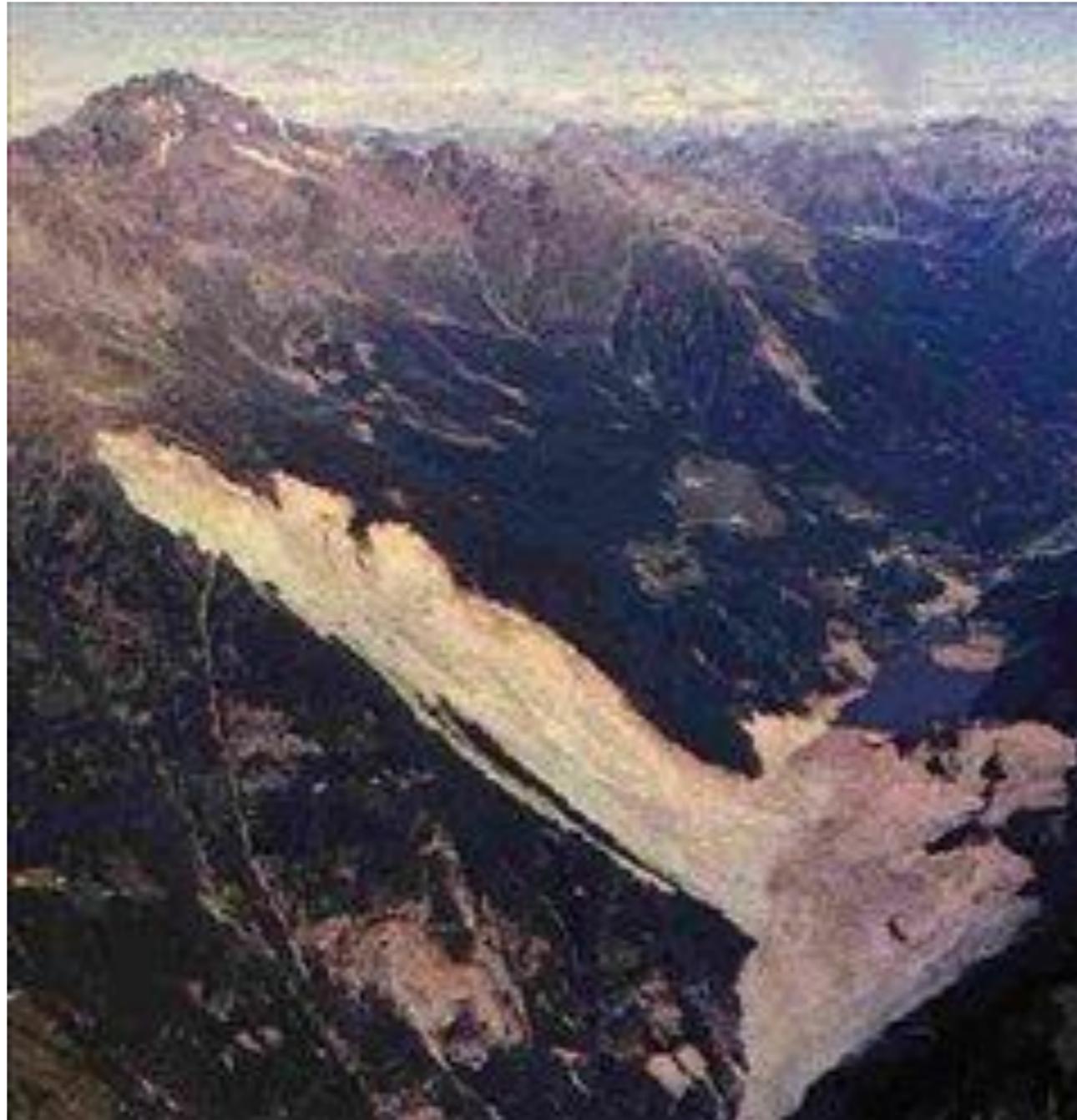


*Torrente Letze, 2001 ?*

## Colata detritica (di cui vediamo la zona di deposito)

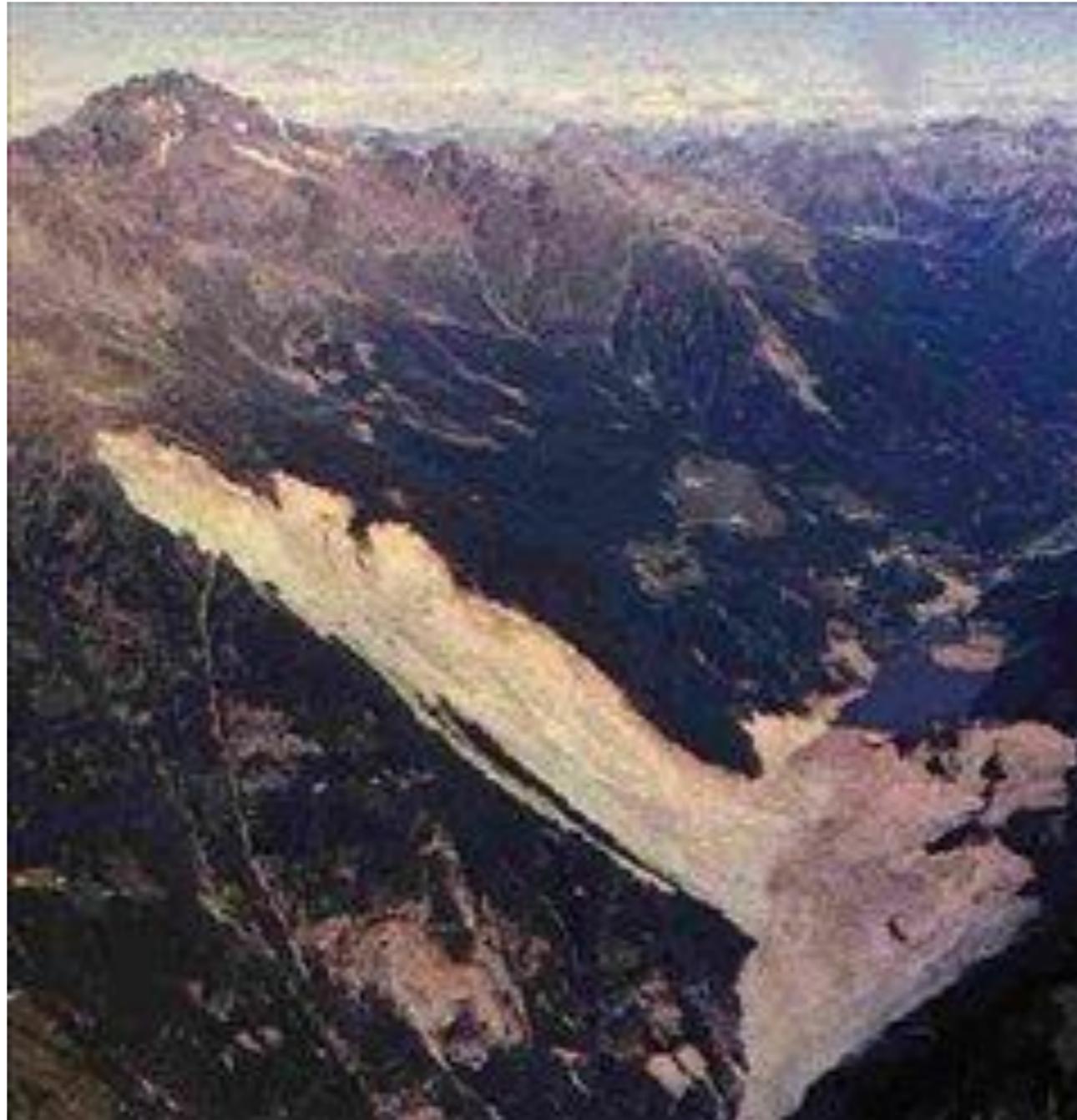


*Torrente Letze, 2001 ?*



*Val di Pola, 28 Luglio 1987*

## Frana gravitativa profonda ?



*Val di Pola, 28 Luglio 1987*

si veda anche <http://www.studiomajone.it/la-frana-della-val-pola-in-valtellina-1987/>

## Frana gravitativa profonda ?



<http://newsgo.it/2015/07/tragica-frana-val-pola-28-luglio-1987/>

## Caduta Massi



*Località e data ignote (presumibilmente in Trentino)*

Piena sì, ma ...



*Courtesy M. Borga & L. Marchi*

## Piena di un **torrente Alpino** con **trasporto solido** e trasporto di legname



*Courtesy M. Borga & L. Marchi*

## Piena in un fiume di pianura



*Fiume Panaro - Courtesy S. Orlandini, G. Moretti & M. Fiorentini*

## Esondazione (simulata)



*Ponte S. Nicolò, Casalserugo, Bovolenta - Foto Distretto Idrografico Alpi Orientali*

... ma il problema è la **rottura dell'argine**



*Foto Distretto Idrografico Alpi Orientali*

... ma il problema è la rottura dell'argine



*Caldogno, Novembre 2010 - Foto Distretto Idrografico Alpi Orientali*

## Ancora esondazione ... in città



*Vicenza, 31 Ottobre-2Novembre 2010 - Foto Distretto Idrografico Alpi Orientali*

E' chiaramente un'esondazione ... ma chi è esondato ?



## Alluvione sì ... ma **dal mare**



[https://it.wikipedia.org/wiki/Alluvione\\_di\\_Venezia\\_del\\_1966](https://it.wikipedia.org/wiki/Alluvione_di_Venezia_del_1966)

Le “acque alte” sono generate dalle maree, fenomeni periodici comandati dalla posizione reciproca di Terra e Luna. Tuttavia i livelli del mare non sono comandati solo da questo fenomeno, ma anche, per esempio dai venti. In particolare quando un vento (nel caso di Venezia, lo Scirocco) spira con costanza su una superficie di un lago od un mare (l’Adriatico), il livello del mare si innalza con pendenza allineata alla direzione del vento. Il fenomeno si chiama “sessa”.

L’acqua alta del 1966 fu prodotta dalla sessa dell’Adriatico, innalzando il livello del mare a Venezia per on la marea che rimase per 22 ore sopra quota +110 cm e per circa 40 ore sopra i +50 cm\*.

\*[https://it.wikipedia.org/wiki/Alluvione\\_di\\_Venezia\\_del\\_1966](https://it.wikipedia.org/wiki/Alluvione_di_Venezia_del_1966)

## Alluvione Trento 1966



Corso degli Alpini, Trento. 6 novembre 1966

<http://www.dna.trentino.it/alluvione-a-trento-quelle-notti-di-novembre-1966/>

## Neve e Valanghe



<http://www.fondazionemontagnasicura.org/blog-valanghe/novita-bollettino-neve-e-valanghe-valle-daosta/>

# Ripartiamo da capo



Riccardo Rigon, Marta Martinengo, Marialaura Bancheri

## Colata di fango



*Sarno e Quindici, 5 maggio 1998 - <http://www.centrometeo.com/articoli-reportage-approfondimenti/meteo-ambiente-immagini/5399-sarno-siano-quindici-quadrilatero-infernale-campania-frane-alluvioni>*

Questo fenomeno **NON** ha a che fare con portate d'acqua grandi.

Segue un paio di giorni di precipitazioni (**intense ?**) ~200 mm al giorno ma il fenomeno rilevante è **l'innescò del trasporto solido e la sua successiva propagazione** in cui il volume di acqua ha un ruolo sostanziale. Elementi essenziali:

- La presenza di un **volume** di acqua sufficiente nel suolo
- La presenza di **volume di sedimento** trasportabile

**L'intensità** di precipitazione, di per se, **conta di meno del volume.**

Su che cos'è una precipitazione intensa torno più tardi.

- Questo tipo di fenomeni avviene:
- Dove si manifestano **pendenze elevate**
- In bacini che hanno un'area a monte relativamente modesta (di solito)

# In una colata di fango, il fango e l'acqua

sono ben miscelati e legati, in alcuni casi chimicamente. Si muovono come un tutt'uno. Come un dentifricio (fluidi di Bingham)



## Colata detritica (di cui vediamo la zona di distacco)



*Torrente Letze, 2001 ?*

## Colata detritica (di cui vediamo la zona di deposito)



*Torrente Letze, 2001 ?*

Questo fenomeno **NON** ha a che fare con portate d'acqua grandi.

Ha le stesse caratteristiche del fenomeno di colata di fango.

**Ma il materiale trasportato è più grossolano e la dinamica del moto di questo materiale, non è esattamente quella del fango.**

Osservare la **zona di distacco**, ci consente di capire che ci vorrà **del tempo** perchè il materiale si riformi a partire dalla roccia consolidata.

**Quindi, per un pò di tempo, non avremo più colate nello stesso luogo.**

**Come nel caso del fango, i modelli interpretativi devono prevedere anche dove il sedimento si ferma.**

**Le velocità di propagazione possono raggiungere anche 100 km/h**

**mplice esperimento  
aiuta a capire**

**Highly concentrated (and not  
smelling!) mixture of water and  
porphyrin powder**





inclined plat  
as at rest

**Add water to the mixture. It becomes less concentrated. Inclining the plate more ....**



... and more ...



... the mixture starts moving.



**Let's now add some sands to  
the previous mixture**



After some

the plate



**... and the mixture do not  
flow away.**



A person's hand is visible at the top left, holding a bucket and pouring water into a large, clear, cylindrical container. The container is placed on a wooden boardwalk. The water inside the container is a dark, murky brown color. The boardwalk is made of light-colored wooden planks. In the background, there are orange hoses and a grey concrete floor. The text "Add some water" is overlaid in the center of the image.

**Add some water**



**Pour it over the inclined plate**



**And the mixture flows .....**



**... but not all of it!**



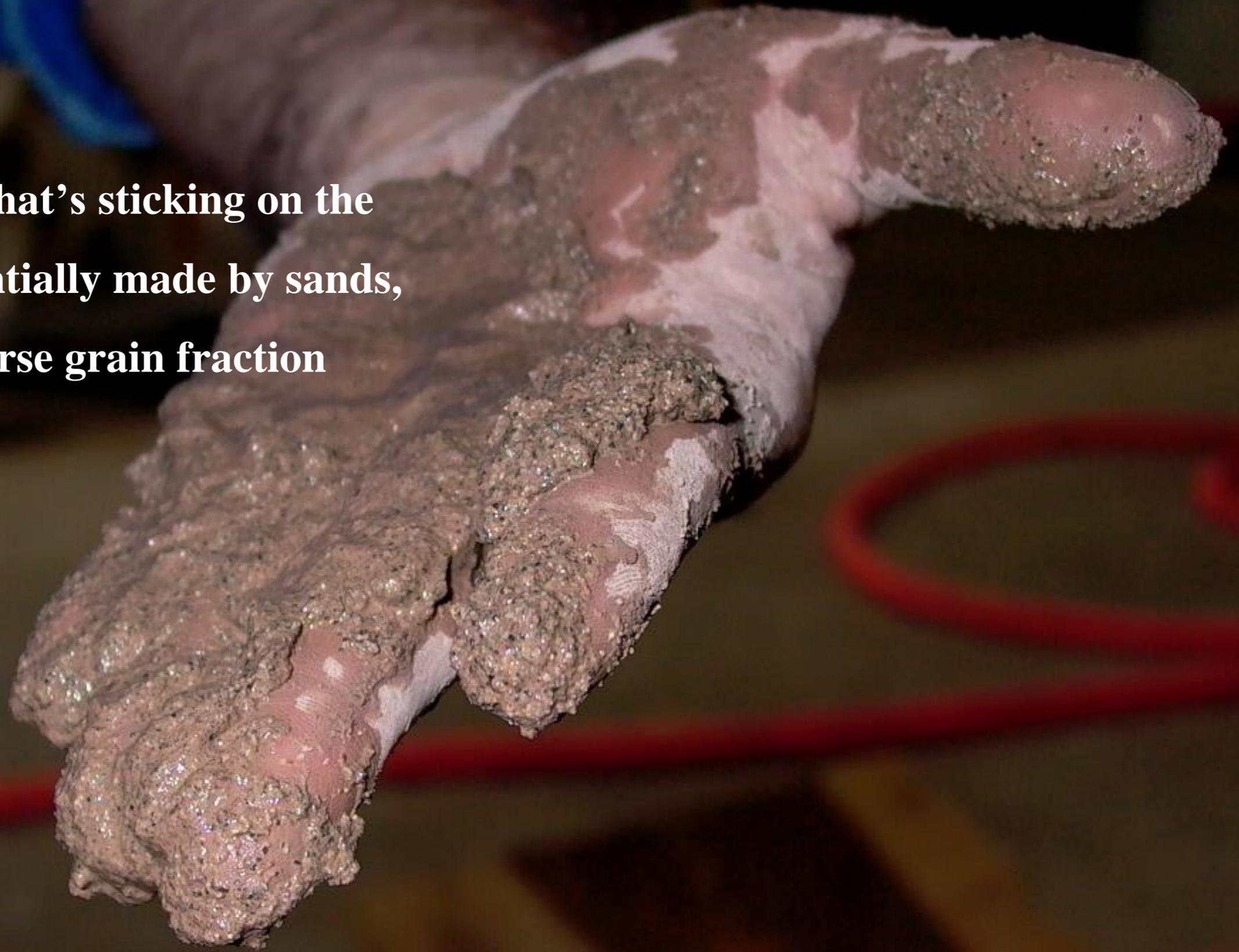
something lags behind

Even at a steep slope!





**You see what's sticking on the  
bed is essentially made by sands,  
the coarse grain fraction**



S



Muddy debris-flow



Deposito di una  
colata di detriti  
sul t. Chieppena  
Villa (TN) 4  
nov. 1966



In generale siamo interessati a rispondere alle seguenti domande:

- **quanto materiale c'è ?**
- **da dove parte ?**
- **dove arriva ?**
- **quando (arriva, parte) ?**

Chi risponde a queste domande ?



IHM - Netherlands Chapter  
drawings by STRESSED/AFRICAN



# Hazard assessment procedures (USGS)

**Where?**

(hazard mapping)

**When?**

(rainfall intensity-duration thresholds)

**How big?**

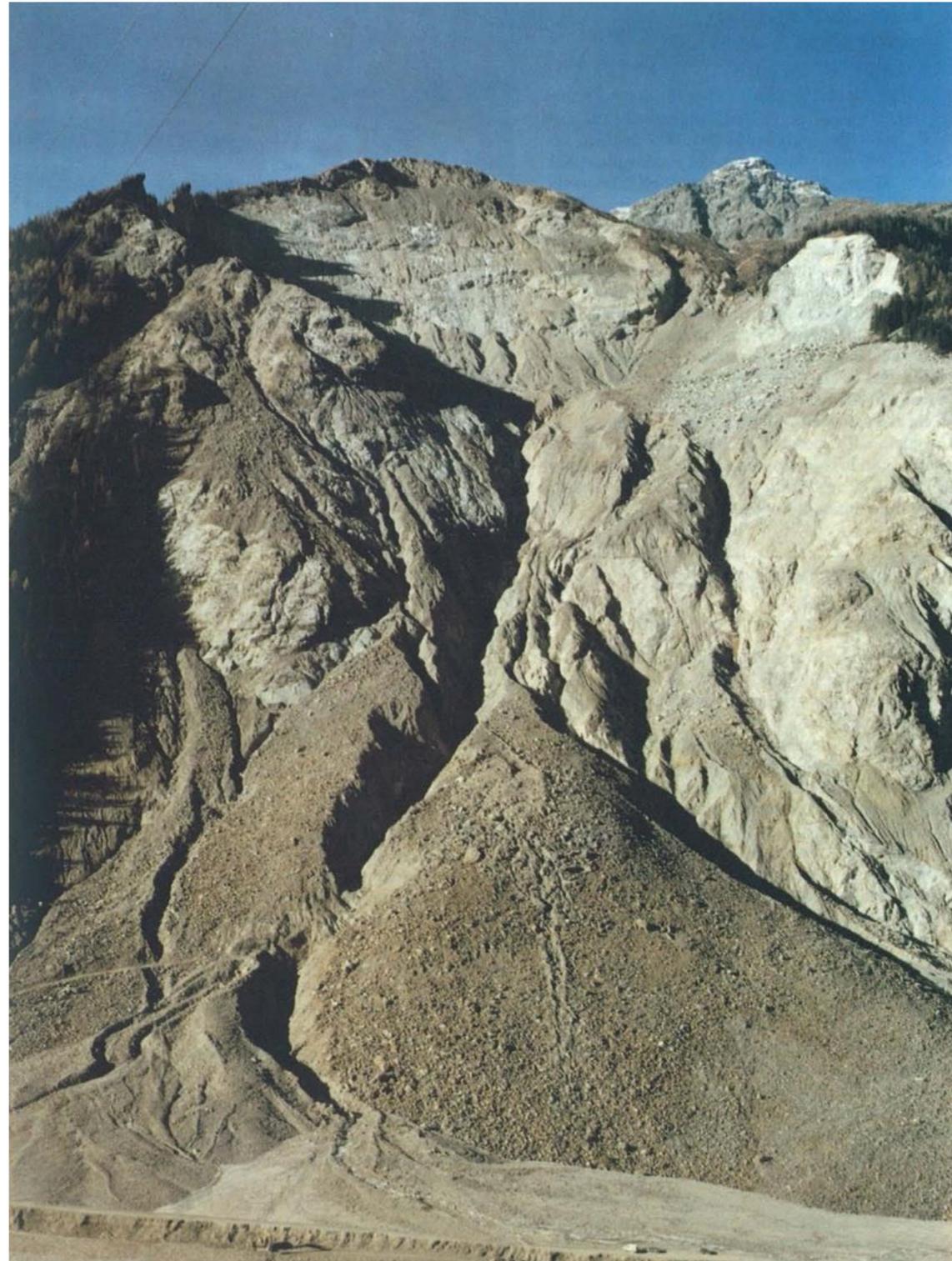
(volume or peak discharge)

**How far?**

(runout and inundation-area mapping)

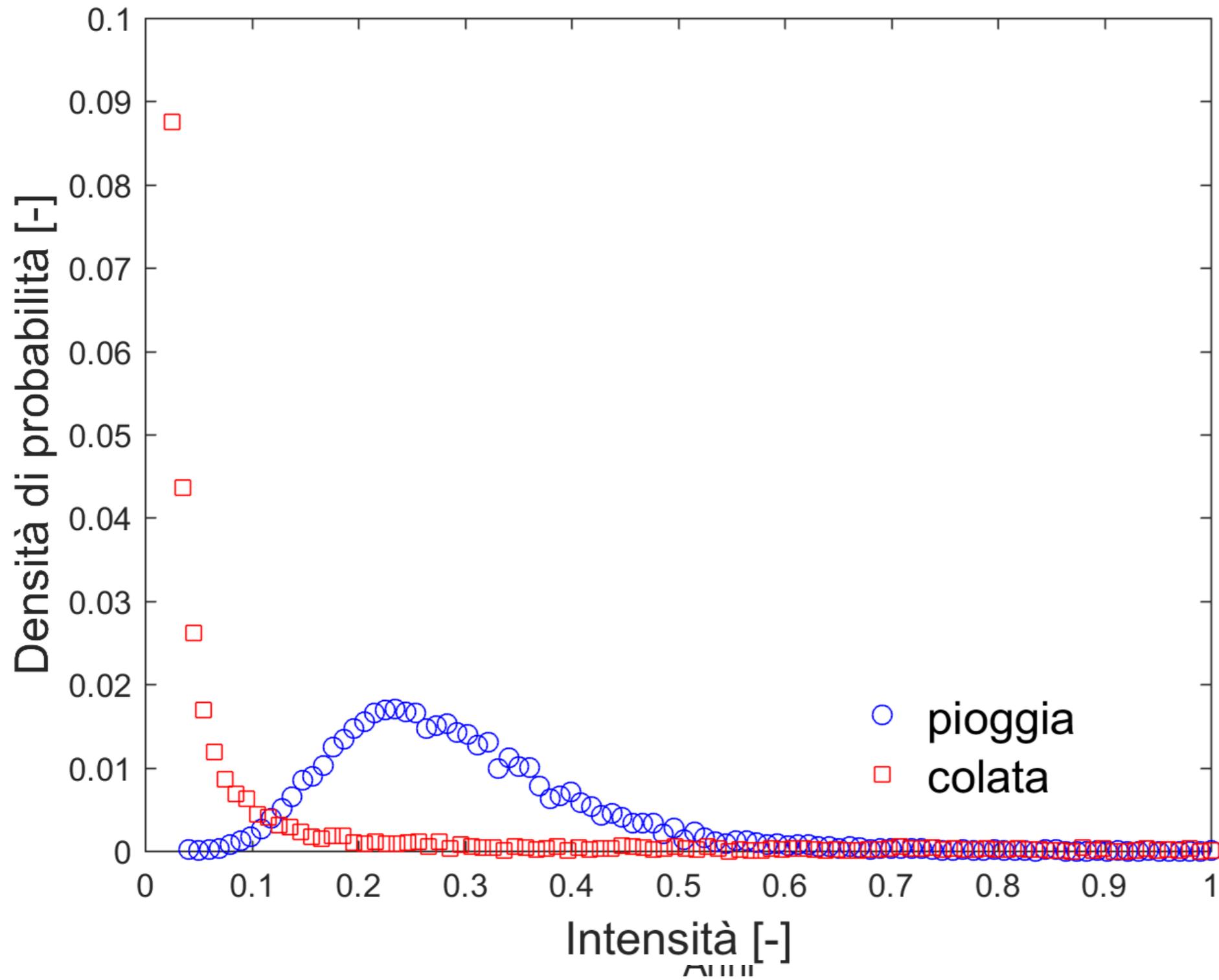
**Statistics and Hazard Maps**

## Esercizio didattico

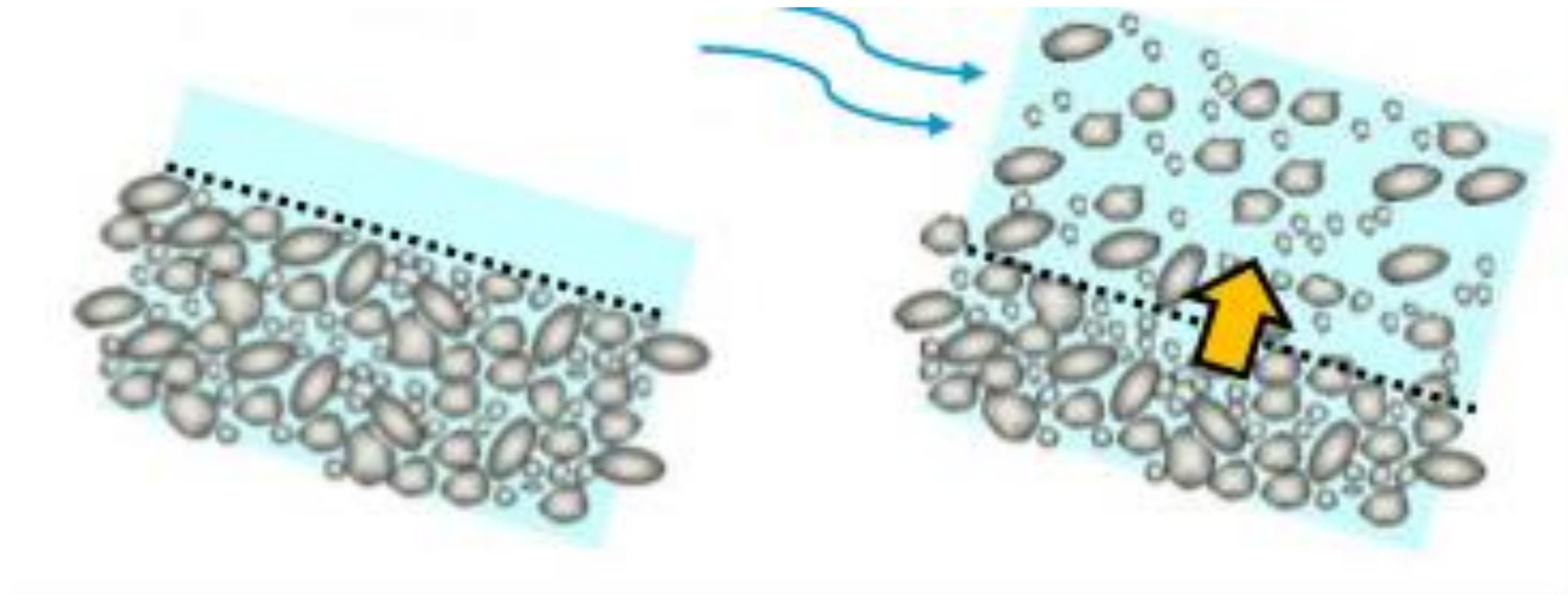


[http://centrointerregionale-gis.it/Rivista/Arretrati/24\\_1992/24\\_09.pdf](http://centrointerregionale-gis.it/Rivista/Arretrati/24_1992/24_09.pdf)

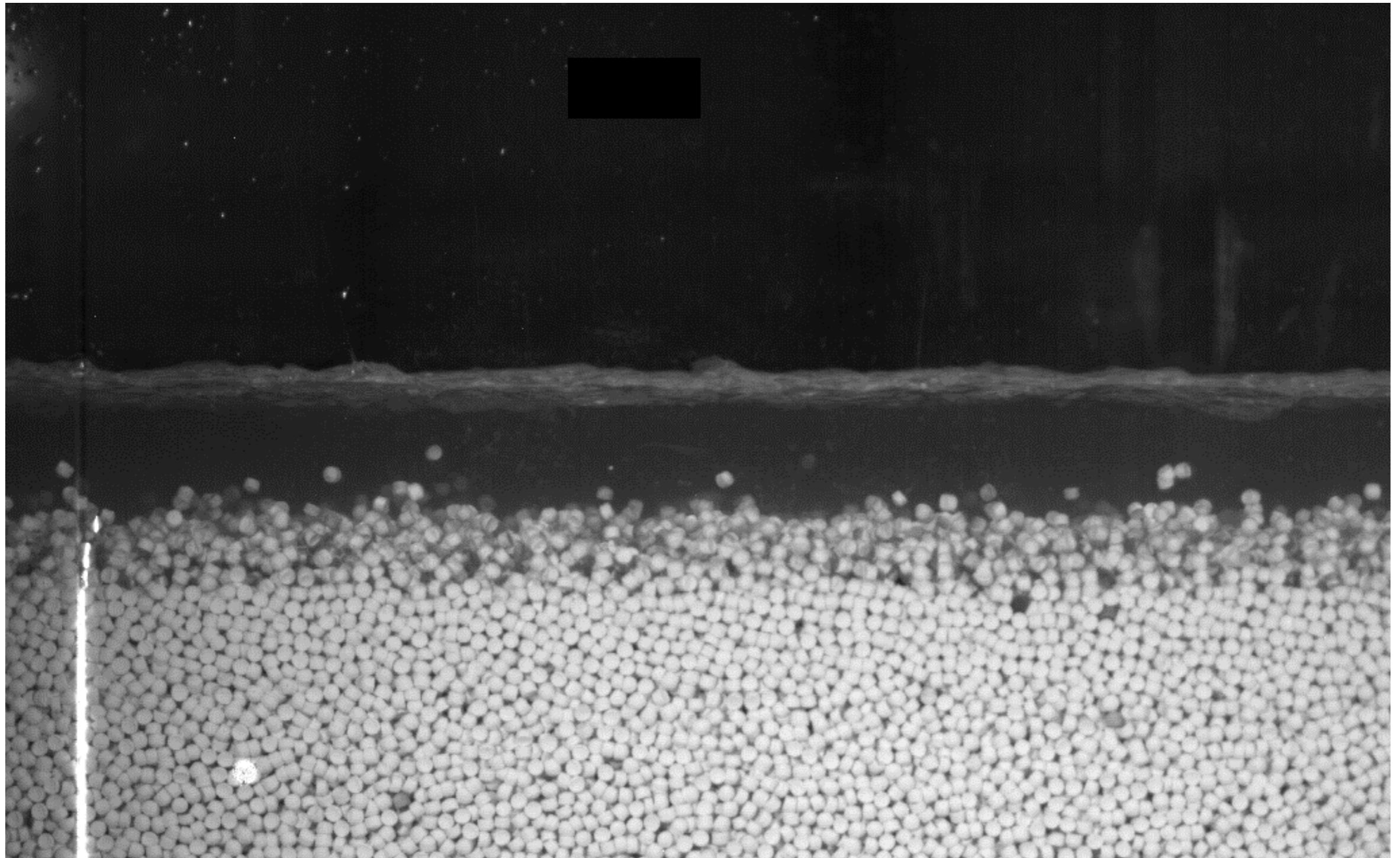
# Esercizio didattico



Qui l'acqua e il sedimento NON sono ben miscelati



Questo è particolarmente importante per stabilire dove la colata si arresta





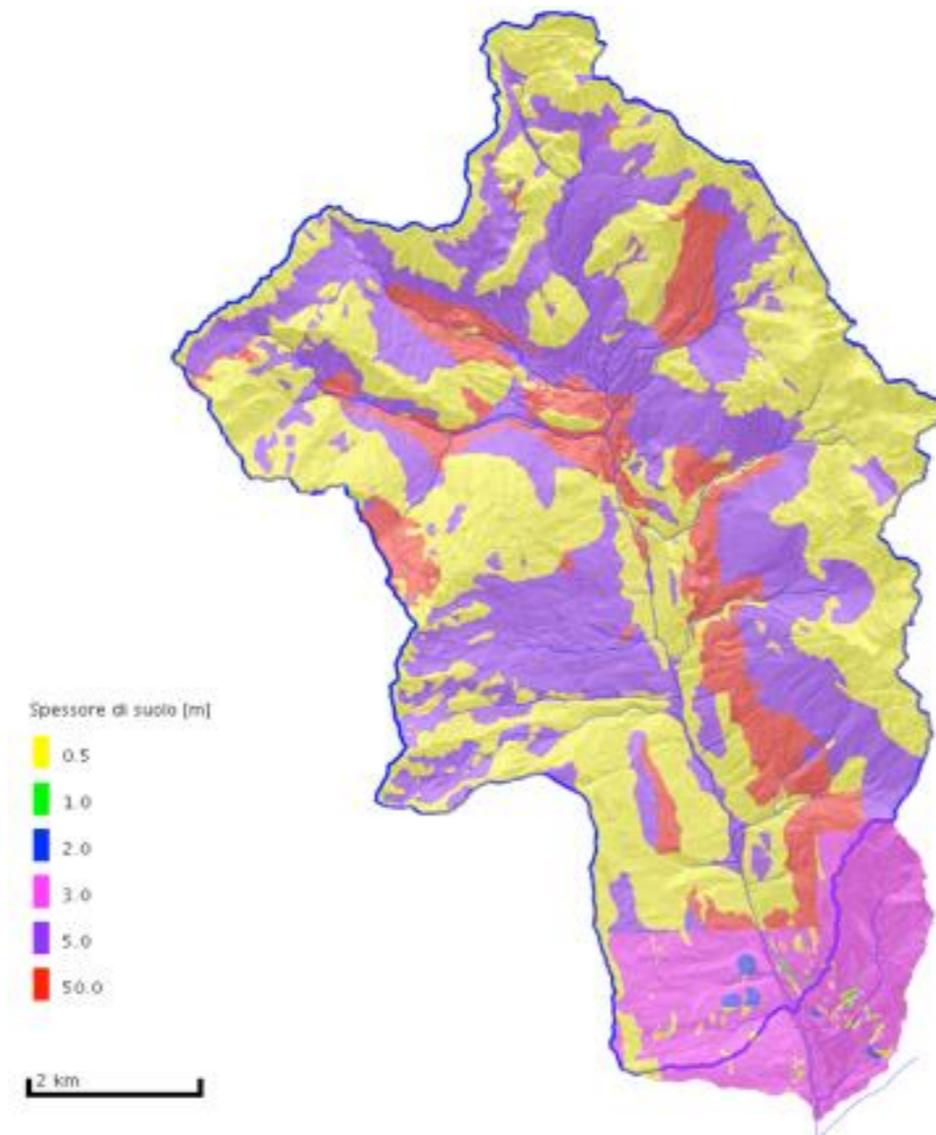
**Questo lo studia il geologo o, se si tratta di suolo, il pedologo (o l'idropedologo) ?**



# Mettiamoci ora il sedimento

Supponiamo di avere un geologo a disposizione che ci dica dove c'è sedimento

A. Sperandio

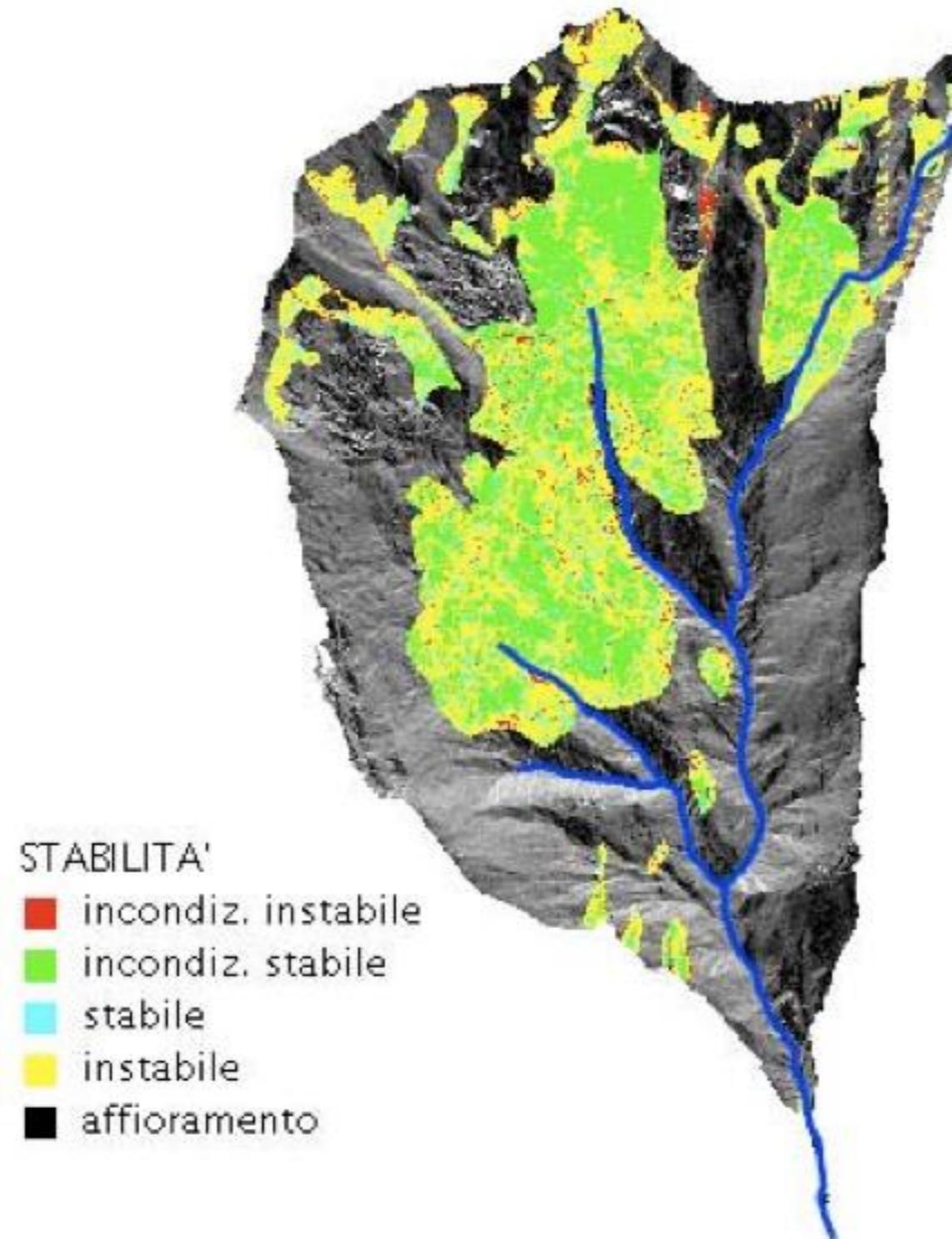




**Questo lo studia l'ingegnere geotecnico (o l'idrologo, o il geologo, o l'agronomo forestale)**



## Vediamo ora dove è instabile



Qui abbiamo applicato una teoria semplificata della stabilità



**Questo lo studia l'idrologo (l'ing. ambientale etc. etc.) ...  
Ma veramente non lo sa nessuno.**



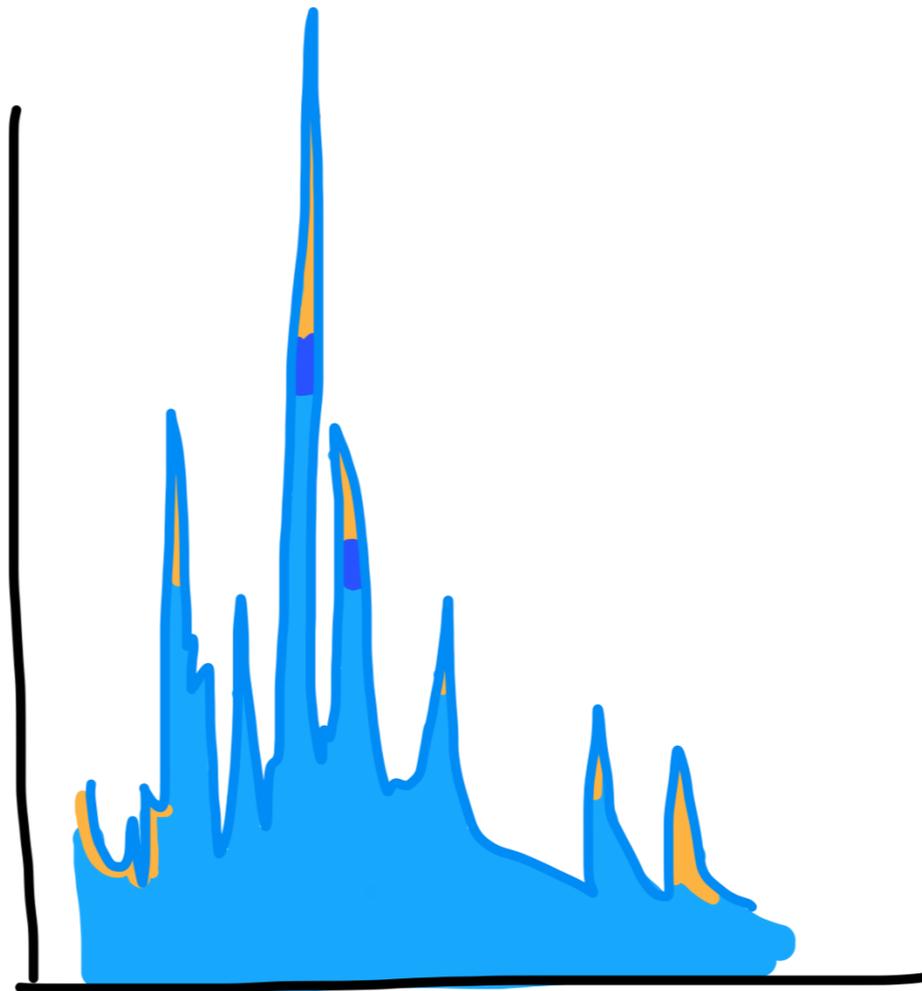
## Di solito ci pensa l'ingegnere idraulico

Un Po di carte. La dinamica fluviale del Po nell'Ottocento e le tavole della commissione Brioschi  
Curatore: [I. Ferrari](#), [M. Pellegrini](#)

\*L'idea, tutta da provare, è di Aronne Armanini ed io la sottoscrivo

## È così\*

Cioè oltre al sedimento, almeno in alcuni fenomeni estremi, c'è anche un “surplus” di acqua dovuto al rilascio delle colate, il cui detrito è fermo a monte.





**Servono varie competenze che si possono (teoricamente) anche trovare in una sola persona (l'ideale di un certo ingegnere ambientale), ma che generalmente sono patrimonio di varie professioni specialistiche!**

## Frana gravitativa profonda ?

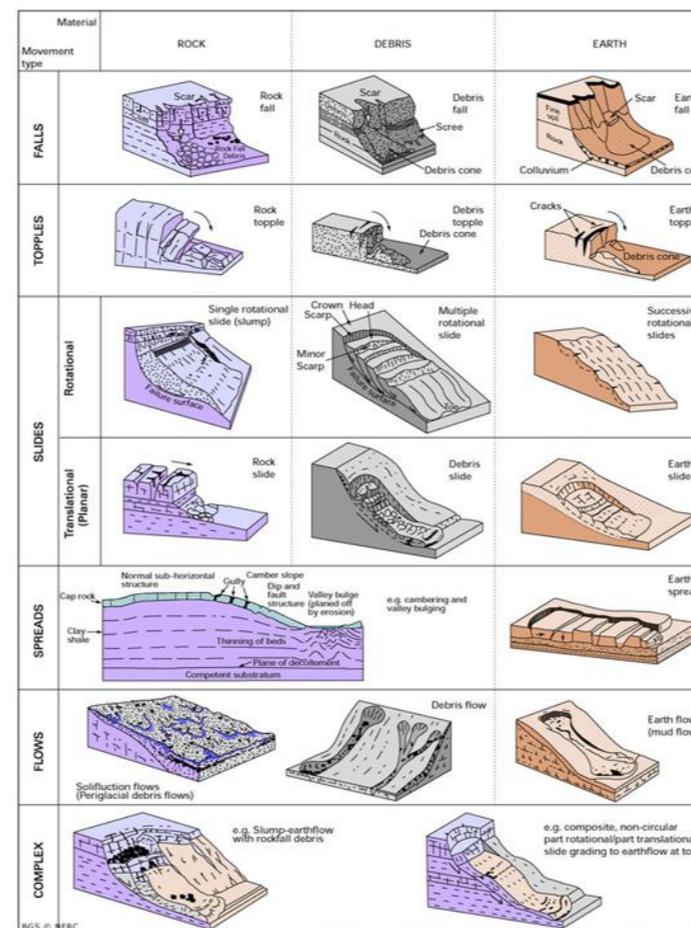


<http://newsgo.it/2015/07/tragica-frana-val-pola-28-luglio-1987/>

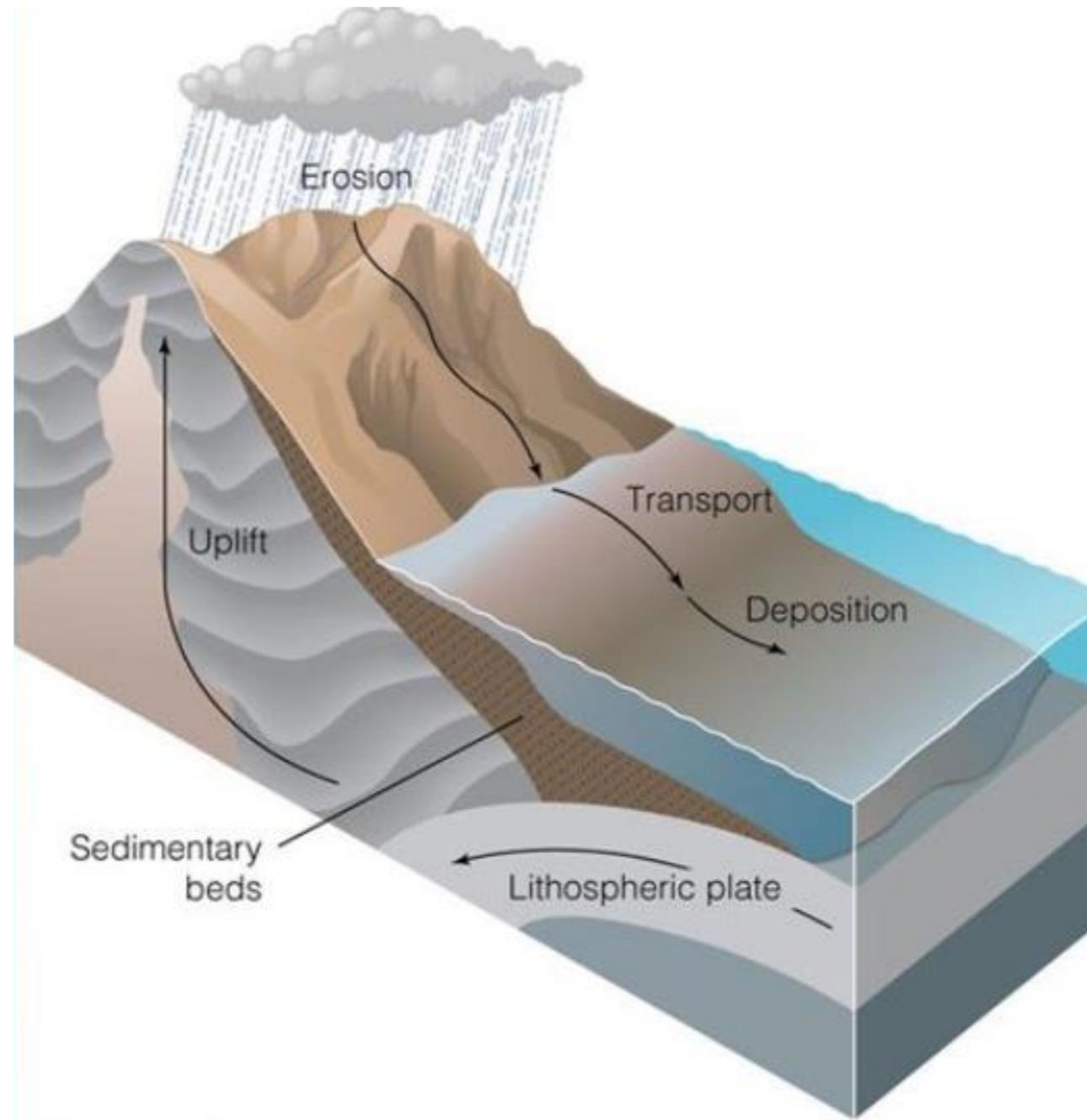
Anche qui la frana è stata innescata da **fenomeni di precipitazione intensi.**

Su un substrato **geologico instabile. Bisogna conoscere la stratigrafia dei luoghi**

Ma le **frane** sono un mondo molto variegato e le velocità le più varie ... fino a 400 km all'ora (calcolati nel caso della Val di Pola).



[http://www.bgs.ac.uk/landslides/how\\_does\\_bgs\\_classify\\_landslides.html](http://www.bgs.ac.uk/landslides/how_does_bgs_classify_landslides.html)



Questo è tutto parte del grande ciclo dei sedimenti !



Giampileri, 2009

Le case ce le abbiamo messe noi nel posto sbagliato !?

## Piena di un **torrente Alpino** con **trasporto solido** e trasporto di legname



*Courtesy M. Borga & L. Marchi*



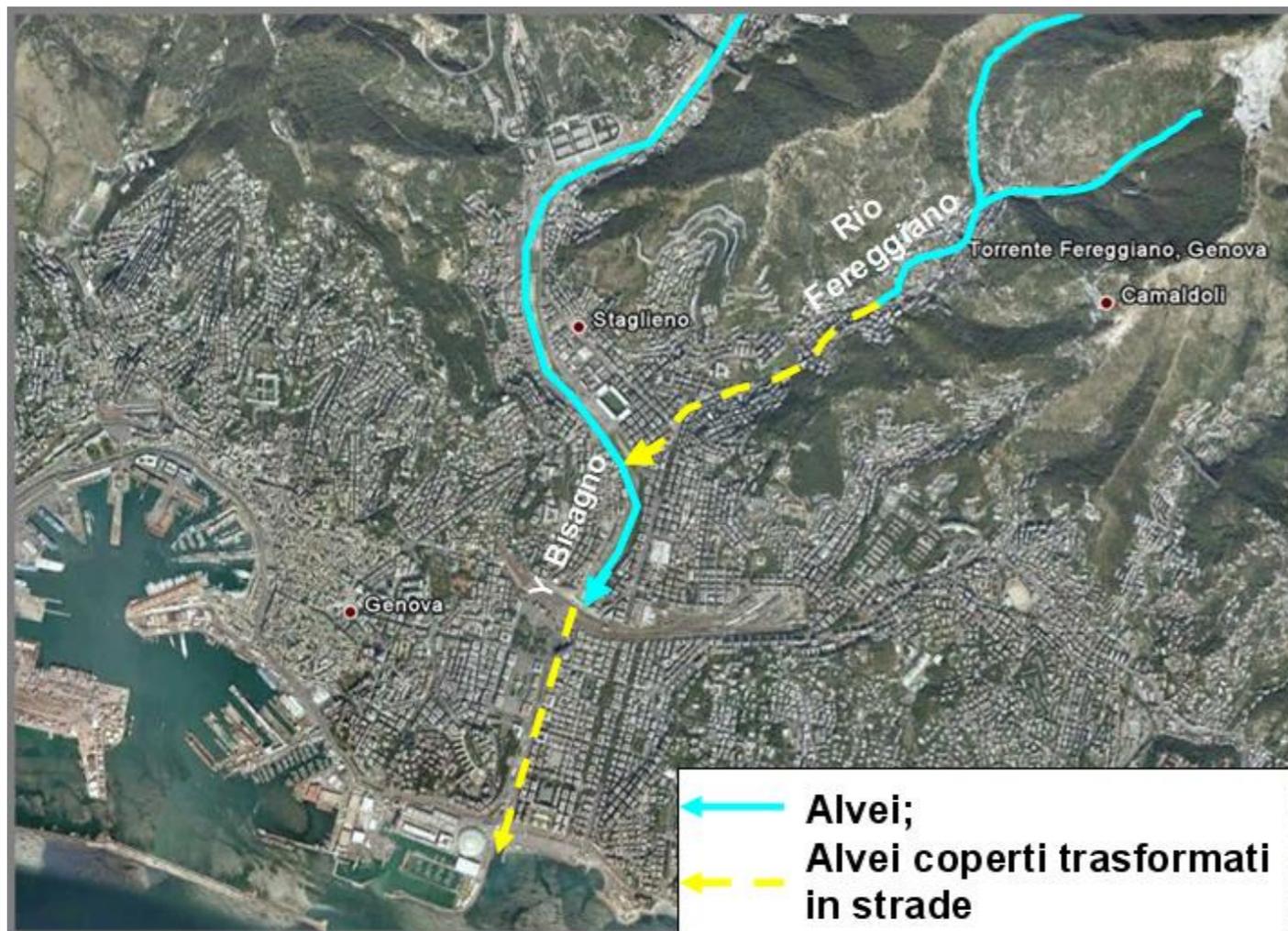
**Piogge brevi (< 1h) e di grande intensità (il tempo di corrivazione!).**

Se le **pendenze** sono **elevate** e il **sedimento** è **presente**, allora **si possono generare colate detritiche**.

Nel caso in esame **l'apporto da scioglimento della neve** può essere importante.

La **velocità dell'acqua** è di alcuni m al secondo ~ 10 km/ora





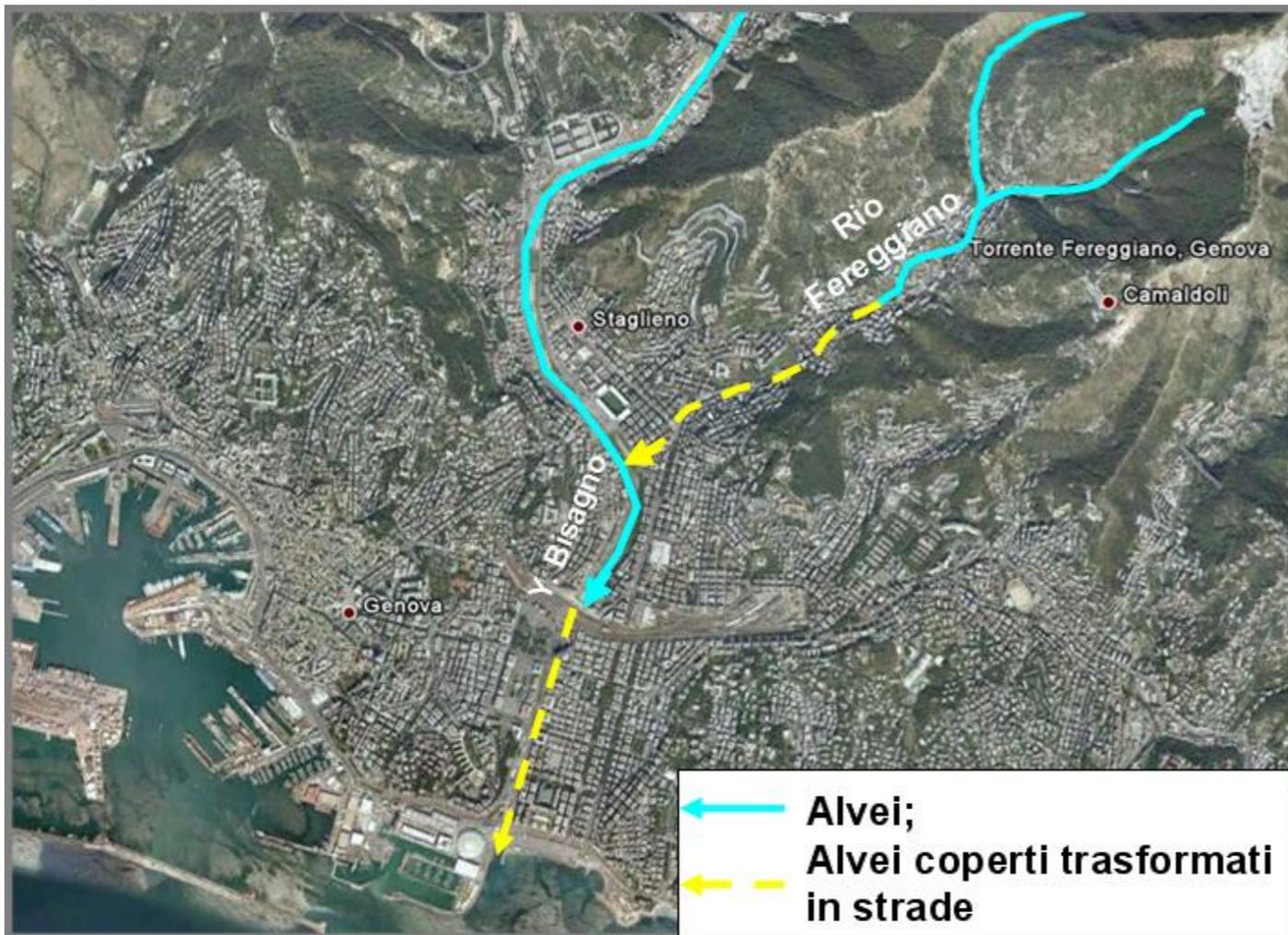
Piogge brevi e di grande intensità significa che **se non prevedi bene le precipitazioni**, c'è troppo poco tempo per prepararsi.

Specialmente quando il torrente è interamente (o quasi urbanizzato).

Tutto dal punto di vista delle precipitazioni funziona come nel caso "naturale" ma ....



<https://storiadiunimpiegato.wordpress.com/2016/03/24/ti-racconto-un-quartiere-marassi-marasci-municipio-iii/>

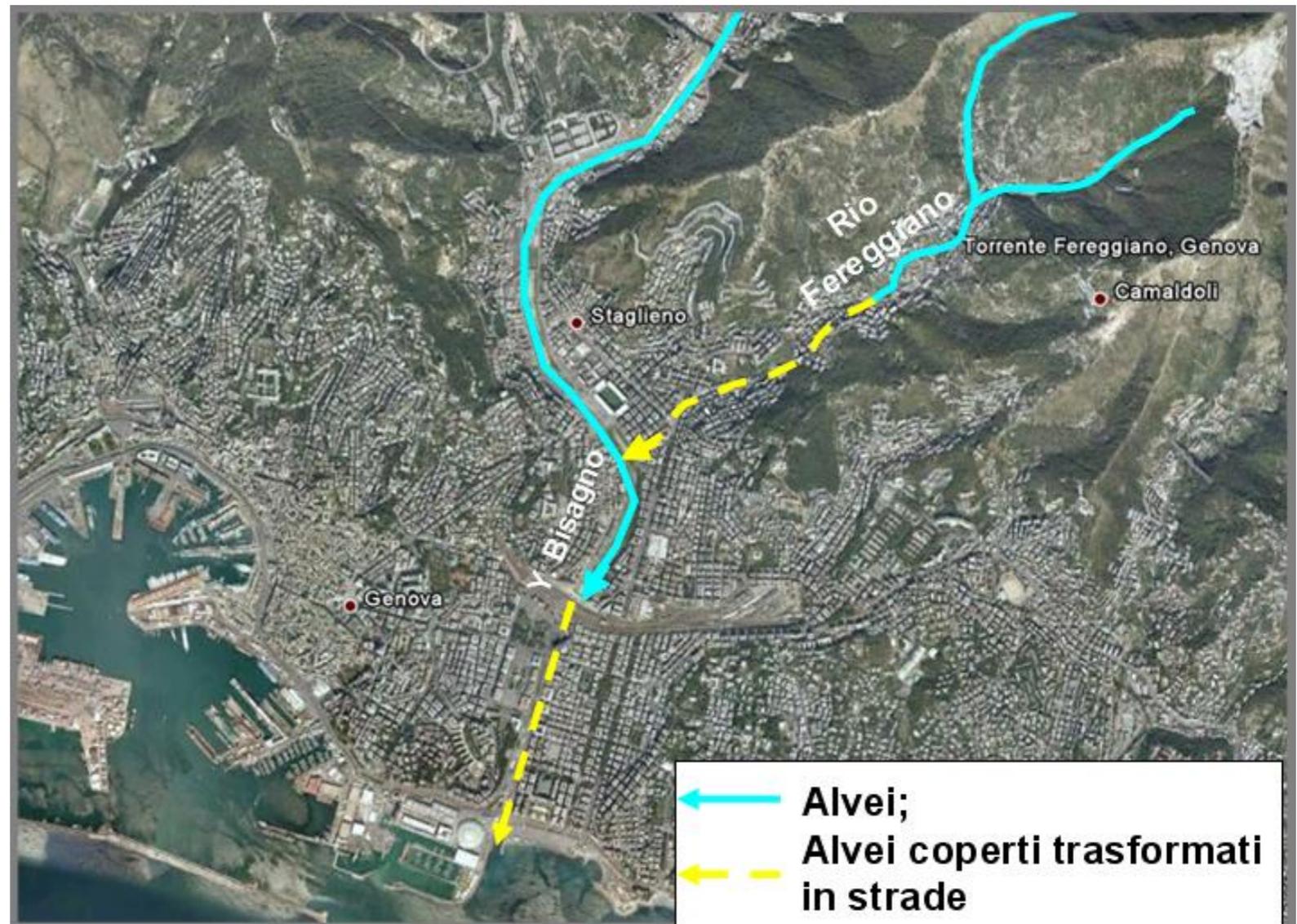


... ma qui:

- l'infiltrazione è limitata dalle superfici urbane
- i canali sono stati limitati



<https://storiadiunimpiegato.wordpress.com/2016/03/24/ti-racconto-un-quartiere-marassi-marasci-municipio-iii/>



<https://storiadiunimpiegato.wordpress.com/2016/03/24/ti-racconto-un-quartiere-marassi-marasci-municipio-iii/>

... ma il problema è la rottura dell'argine



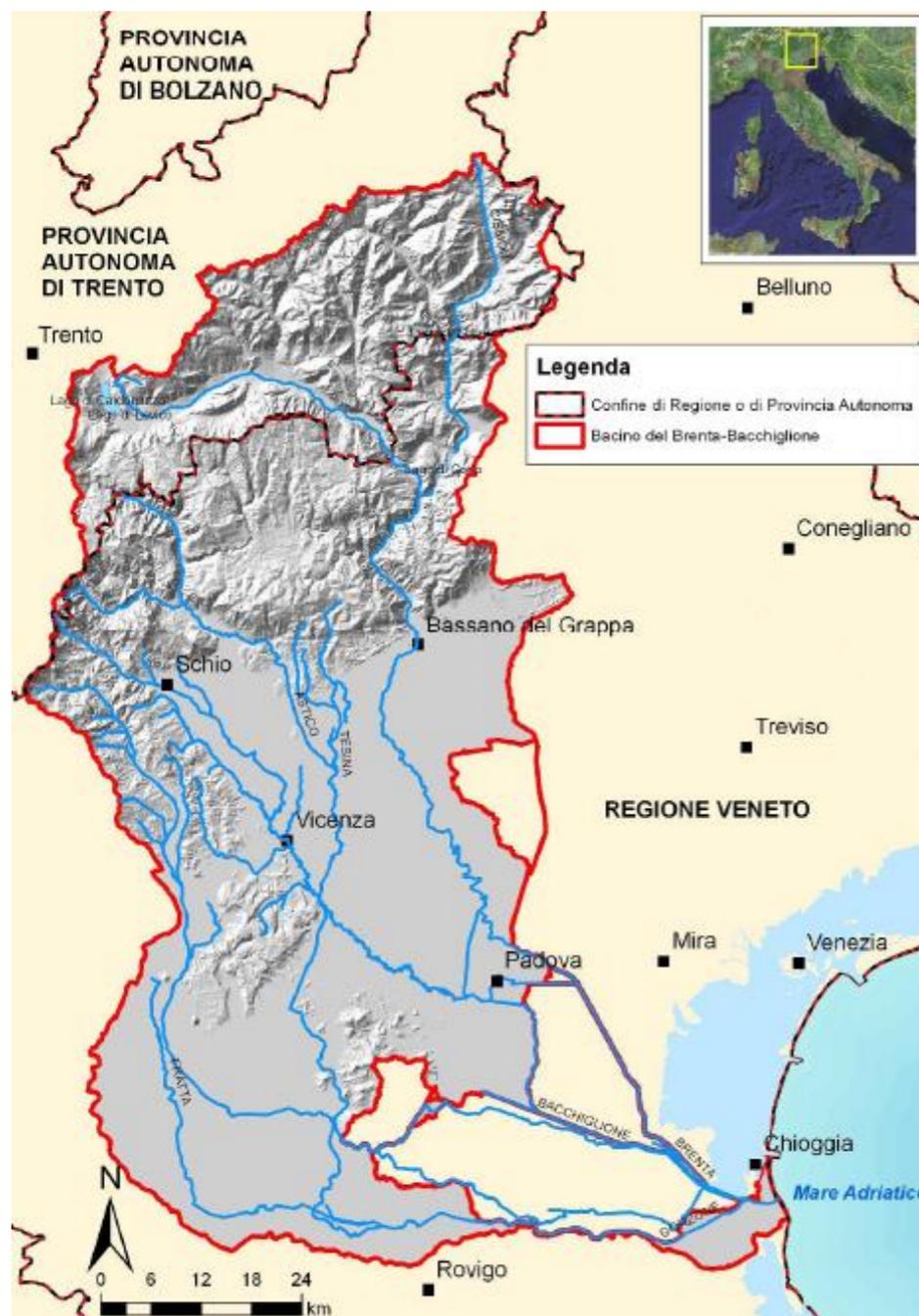
*Caldogno, Novembre 2010 - Foto Distretto Idrografico Alpi Orientali*

## Ancora esondazione ... in città



*Vicenza, 31 Ottobre-2Novembre 2010 - Foto Distretto Idrografico Alpi Orientali*

## Medi bacini



**Piogge di media durata: il tempo di corrivazione è (~ 10 - 24 h o più). Le precipitazioni non sono generalmente dei singoli eventi convettivi, ma eventi più strutturati, per esempio all'interno di un fronte.**

**Le velocità dell'acqua coinvolte: sono le stesse dei piccoli bacini.**

C'è più tempo per prevedere, ma alla modellazione idrologica deve seguire una modellazione idraulica, anche semplificata.





... ma il problema è la rottura dell'argine e dunque la modellazione idrologica, ed **idraulica** deve seguire anche una **modellazione (geotecnica)** degli argini e della loro **probabilità di rottura**.



*Caldogno, Novembre 2010 - Foto Distretto Idrografico Alpi Orientali*

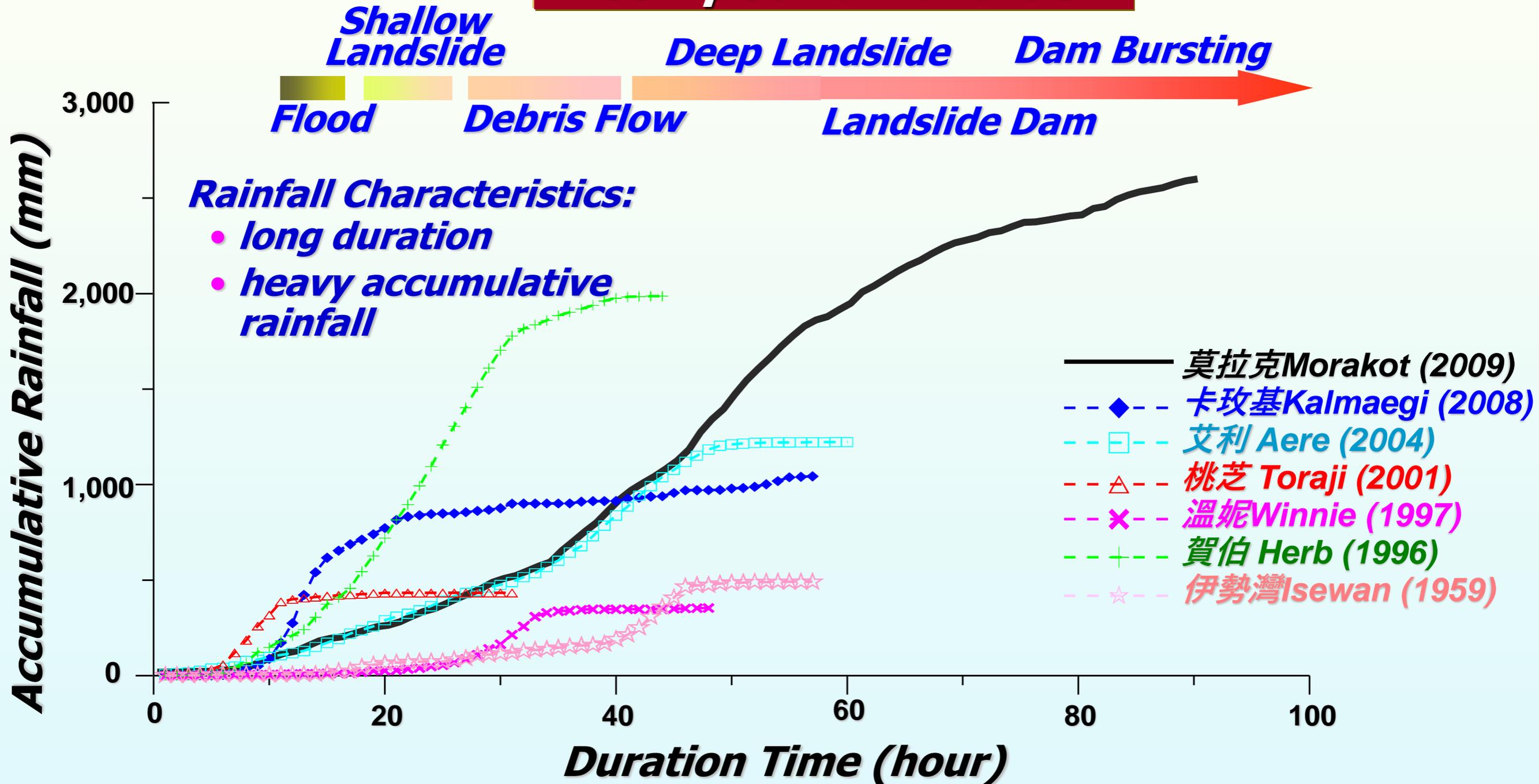
YES

Ma dobbiamo aver consapevolezza che la maggior parte dei fiumi in Italia (ma in tante parti del mondo) ha subito importanti **modifiche almeno da un paio di migliaia di anni**. Molti fiumi in pianura, proprio per questa loro “natura costruita” hanno l'alveo sopraelevato rispetto al piano campagna\*. Ma se non fosse stato fatto così non avremo abitato questi luoghi. Si poteva fare diversamente ? E' **wishful thinking**. Il passato non lo possiamo cambiare. Il futuro, forse, sì lo possiamo mutare.

\*E qualche collega, credo [Andrea Rinaldo](#), mi ha fatto notare che la pianura si definisce alluvionale. Una parola che esprime un concetto chiaro, io credo.

# Rainfall-Duration Curve between the Morakot & Historic Typhoons

## Compound Hazards



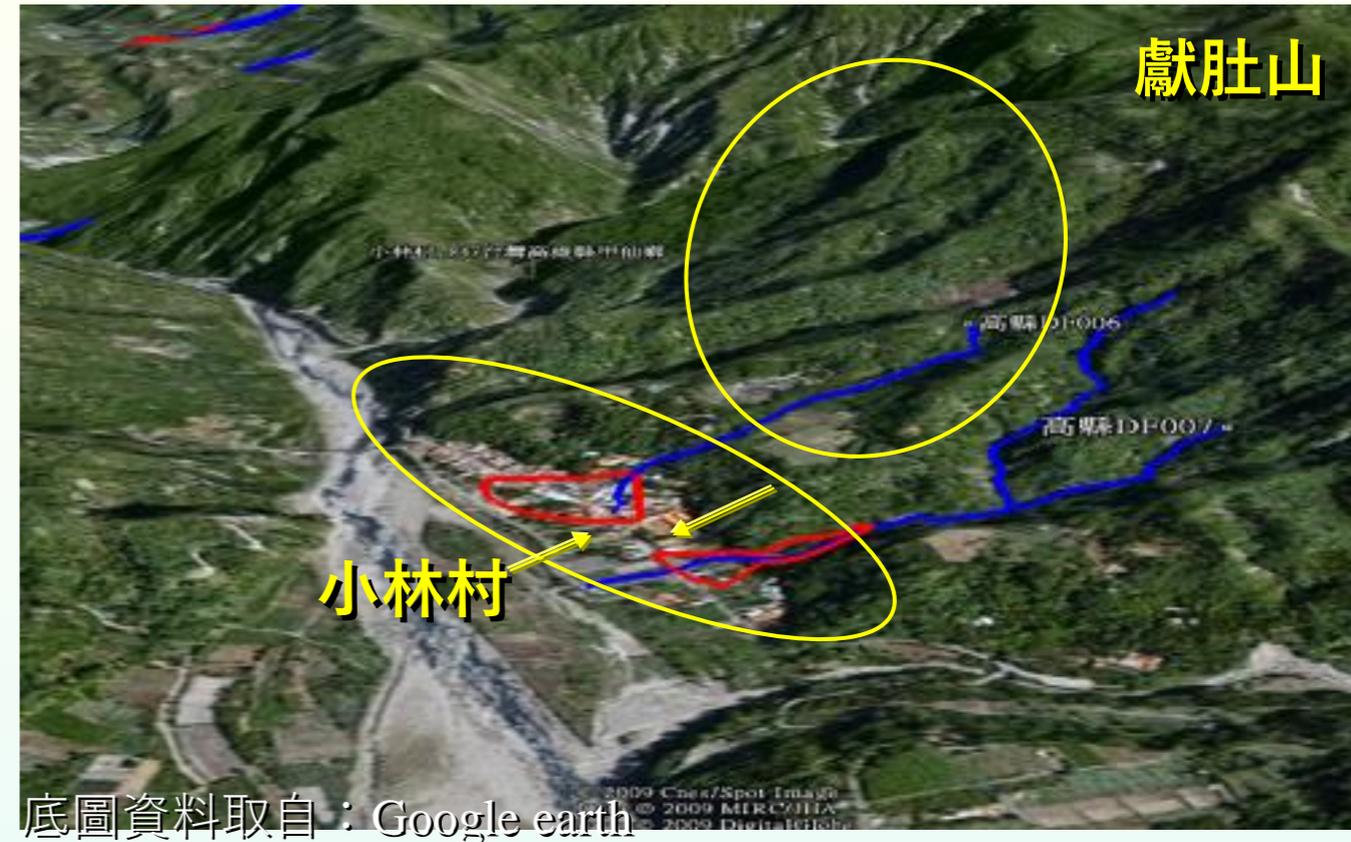


# Compound Hazards Occurred Simultaneously

## ✓ **Compound hazards** **at Xiao-lin Village, Chia-xien,** **Kaohsiung County:**

- ↪ **Flooding**
- ↪ **Shallow landslide**
- ↪ **Debris flow**
- ↪ **Deep landslide**
- ↪ **Landslide barrier dam**
- ↪ **Dam bursting**

- **Dead and missing: 457 people**
- **Rainfall accumulated: 2,076mm**
- **landslide coverage area: 350 ha**
- **Sediment yield of  
Landslide:  $9.5 \times 10^6 \text{ m}^3$**





E' chiaramente un'esondazione ... ma chi è esondato ?



## Alluvione sì ... ma dalle falde acquifere !

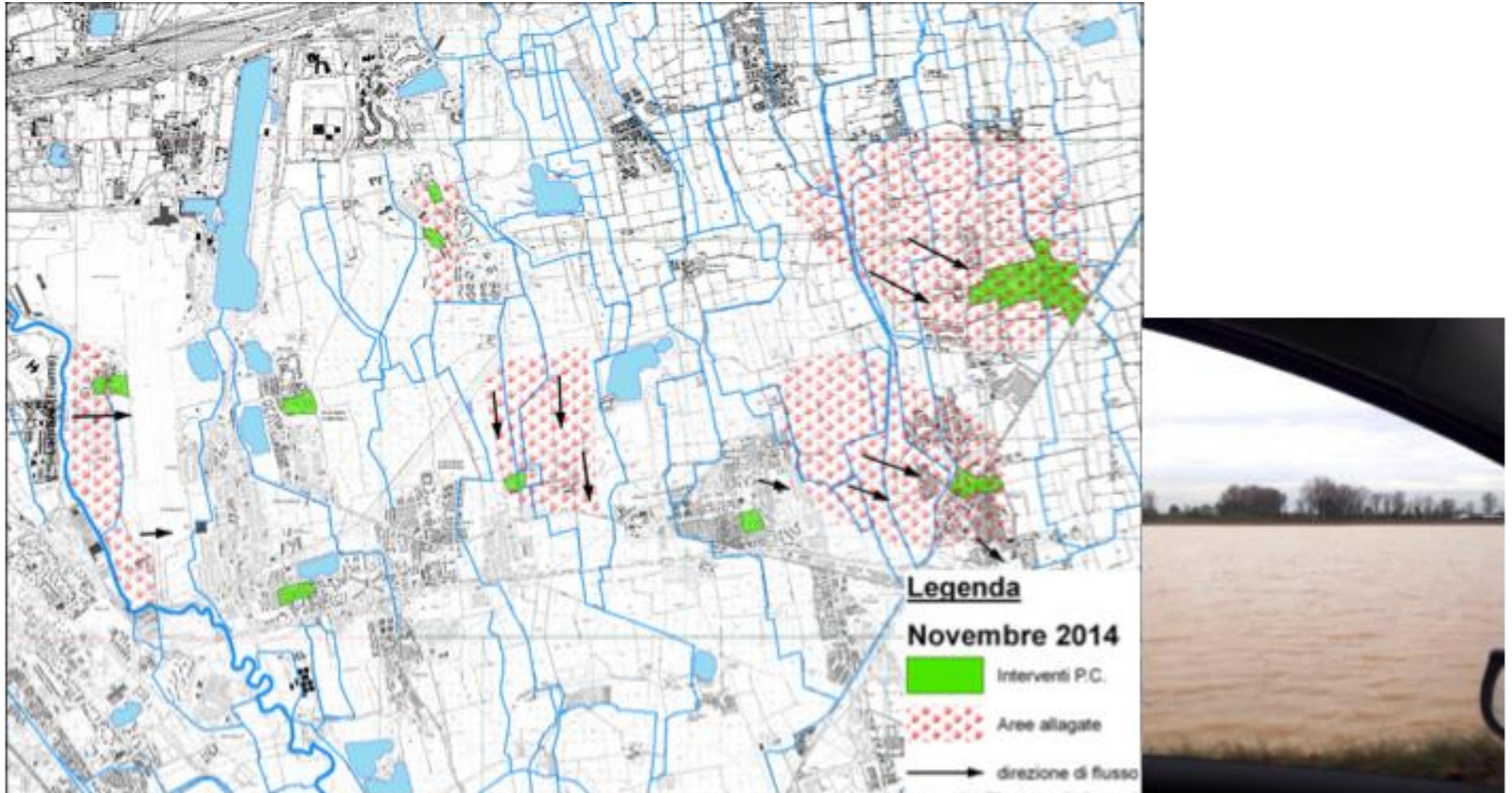


Fig. 6 – a) carta delle aree allagate nell'evento alluvionale del novembre 2014 e interventi puntuali della protezione civile. b) Foto di una campo agricolo a Calepio di Settala completamente allagato.



Barolla, Rampozzi, Francani, [Cause dei periodici allagamenti nella provincia di Milano fra Lambro e Adda](#)

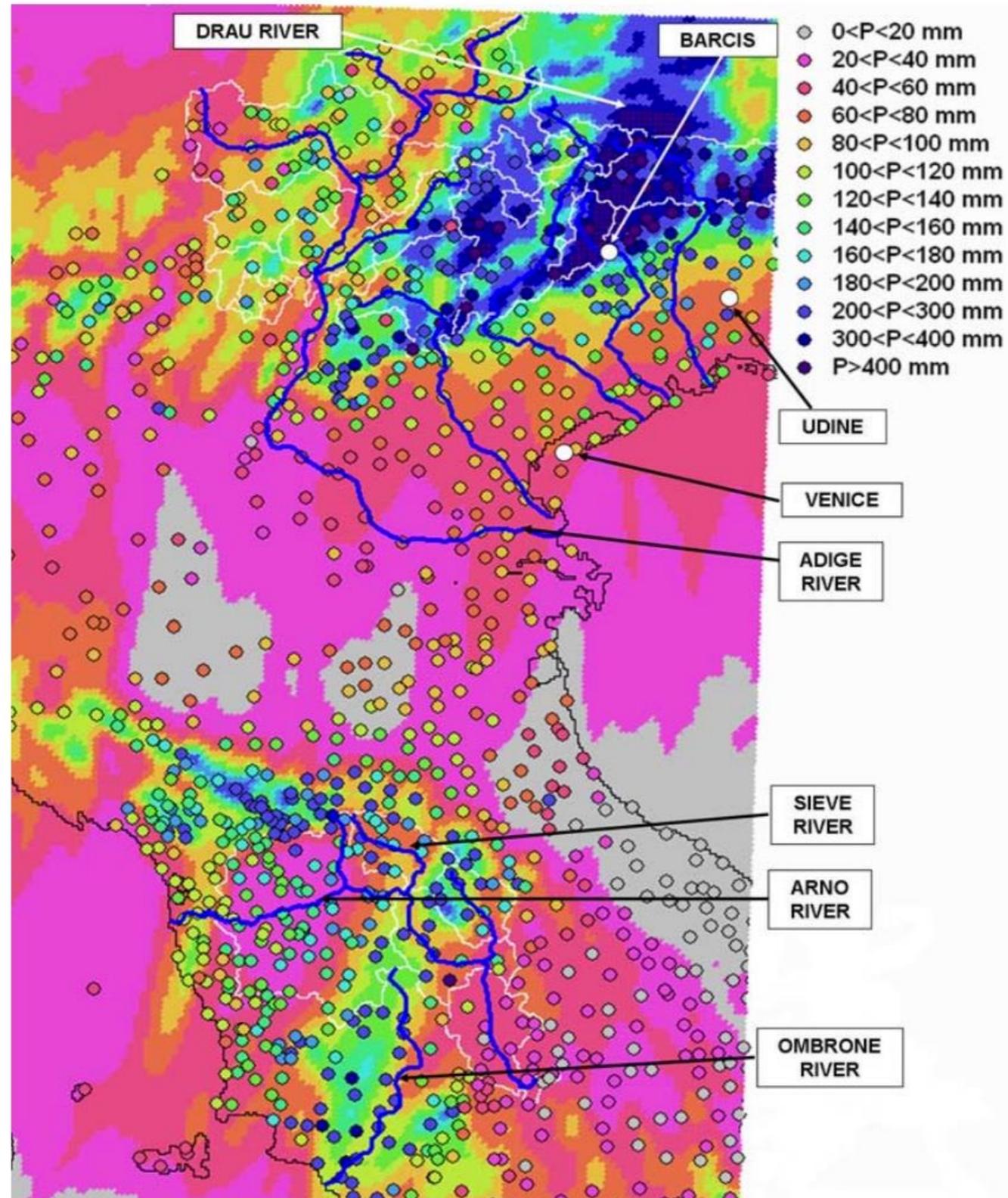
## Alluvione Trento 1966



Corso degli Alpini, Trento. 6 novembre 1966

<http://www.dna.trentino.it/alluvione-a-trento-quelle-notti-di-novembre-1966/>

Malguzzi, P., G. Grossi, A. Buzzi, R. Ranzi, and R. Buizza (2006), The 1966 “century” flood in Italy: A meteorological and hydrological revisitation, *J. Geophys. Res.*, 111, D24106, doi:10.1029/2006JD007111.



**Figure 4.** Observed 48 hour accumulated rainfall (circles) in the period ending 5 November 1966, 0800 UTC, superimposed over the precipitation field produced by MOLOCH for Exp3CONV (see text). The blue lines represent the major rivers described in the paper; white lines represent the major watershed divides.

## Neve e Valanghe



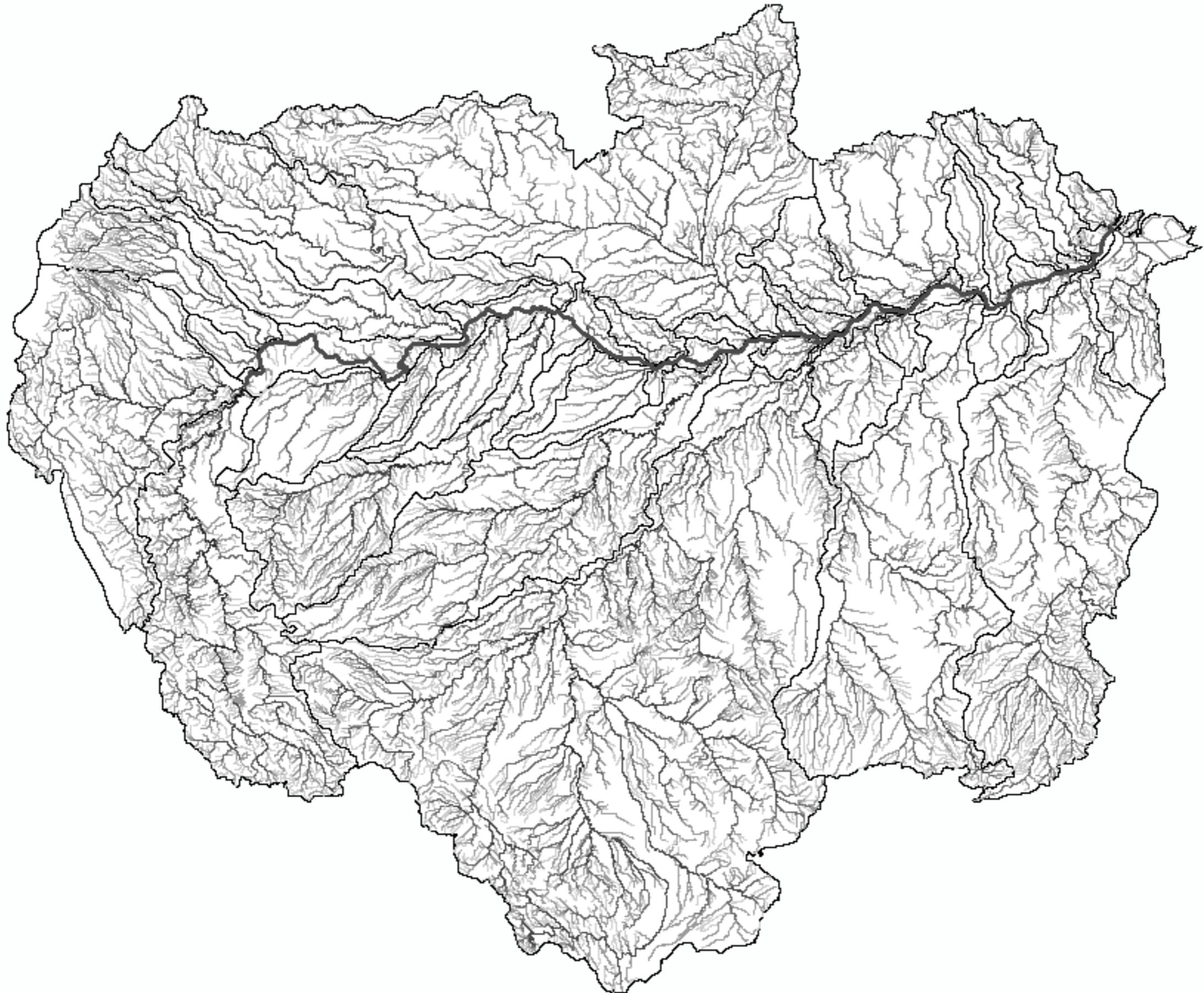
<http://www.fondazionemontagnasicura.org/blog-valanghe/novita-bollettino-neve-e-valanghe-valle-daosta/>

Per quel che riguarda le precipitazioni, sui bacini più grandi, conta la loro distribuzione spaziale e **non** si può più assumere che la **precipitazione** sia **uniforme**.

Non si può far riferimento al tempo di corrivazione, quanto piuttosto ad un **tempo di ritardo** tra massimo delle precipitazioni (medie) e arrivo della portata.

*“Caso diverso sono i grandi bacini, dove la piena dura molti giorni e il precursore non sono le piogge ma i livelli idrici lungo la rete idrografica di monte.”*

La portata, **almeno, quando si è abbastanza a valle**, può derivare con sufficiente sicurezza dalla modellazione idraulica e questo ha portato, spesso, a trascurare gli aspetti più propriamente idrologici di formazione della piena.



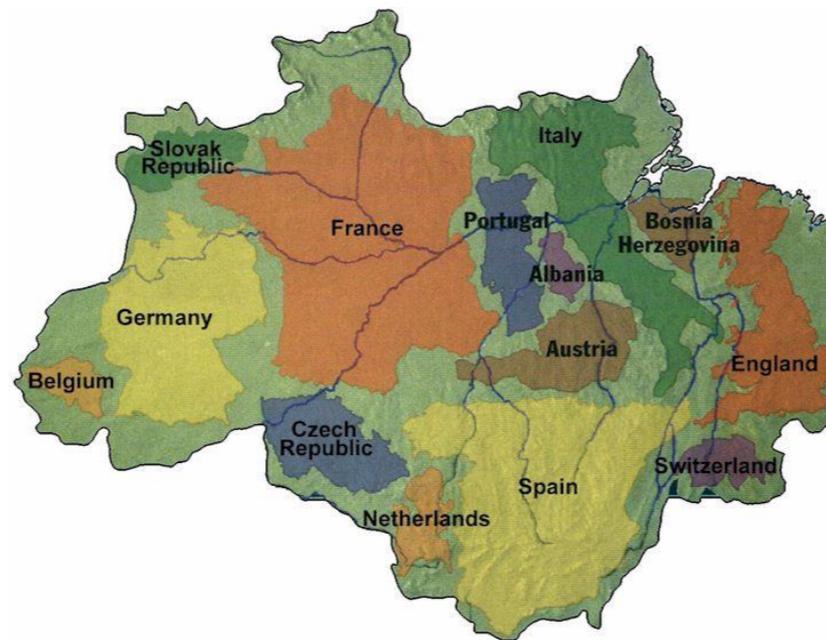
Il Rio della Amazzoni e i grandi fiumi sono un caso a se.

Le loro piene e la loro idrologia interagiscono con le **circolazioni globali**.

Per altro, la piena del Rio delle Amazzoni è abbastanza costante e molto grande. La portata media è

$$\approx 150 - 200 \times 10^3 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$$

~ duemila volta la portata media del fiume Adige.



Questa è la storia per un'altra volta.



**Urbanistica e rischi idrogeologico**, A cura di G.Ulrici, E. Coletti, R. Rigon e A. Ziantoni, 03/2012 [http://www.sentieri-urbani.eu/rivista\\_sentieri\\_urbani/Sentieri\\_Urbani\\_007.pdf](http://www.sentieri-urbani.eu/rivista_sentieri_urbani/Sentieri_Urbani_007.pdf)



**Il governo dell'acqua. Ambiente naturale e ambiente ricostruito**, A. Rinaldo, pg. 239, 2009, Marsilio



**La sfida della sostenibilità. Il governo multilivello delle risorse idriche**  
 M. Alberton & E. Domorenok, CEDAM, Acc. Eur. Bolzano, 2011



**Bombe d'acqua, Alluvioni d'Italia dall'unità al terzo millennio**, R. Rosso, pp. 280, Marsilio, 2017

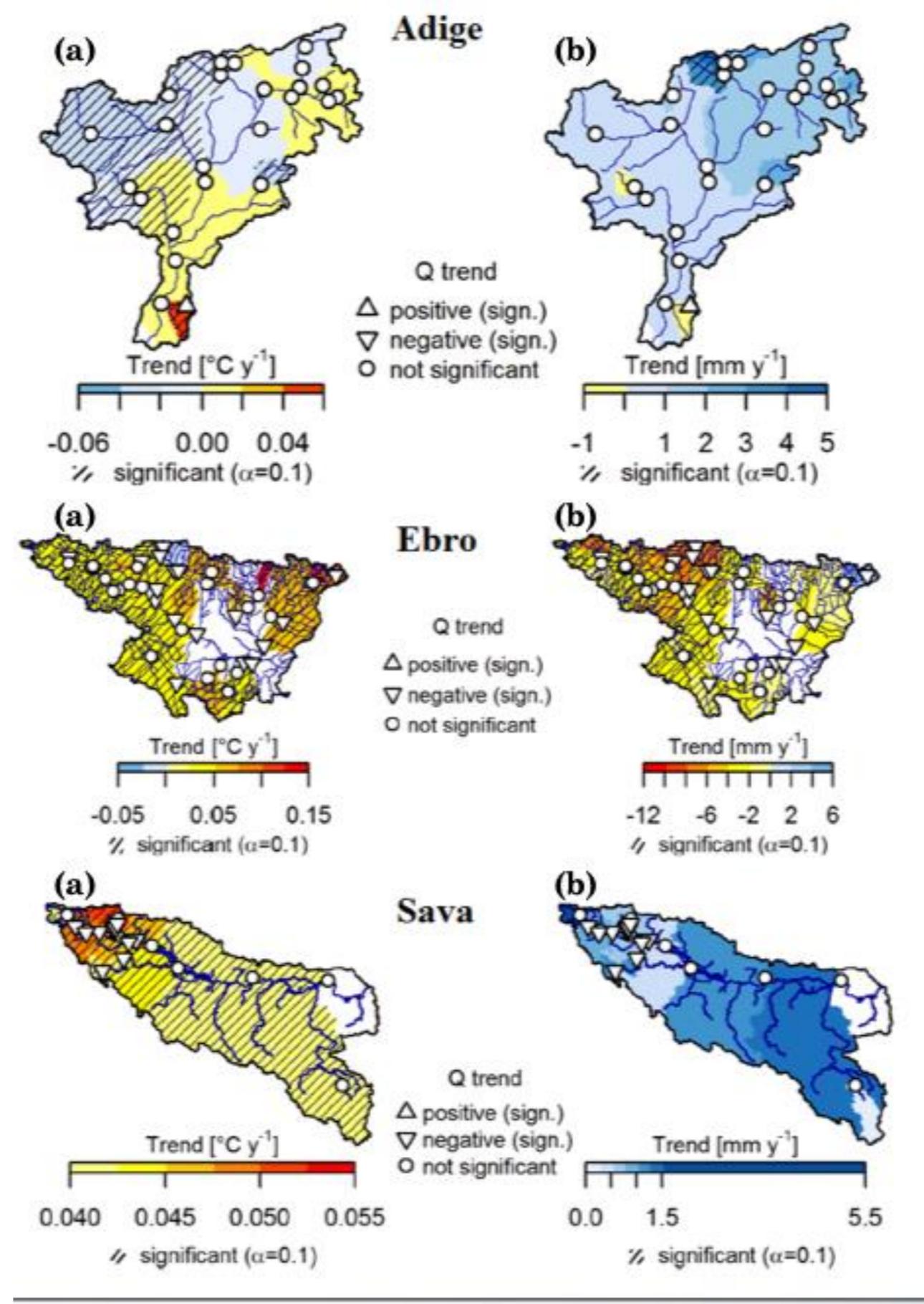


# LIFE FRANCA

anticipiamo le alluvioni

Per avere maggiori informazioni e conoscere l'avanzamento del progetto

[www.lifefranca.eu](http://www.lifefranca.eu)



Lutz et al, 2016