

Le azioni dell'alluvione sui fabbricati civili ed i danni conseguenti

Mario Martina

Dipartimento di Scienze della Terra

Università di Bologna



Presentazione



L'Università di Bologna dal 2007 fa parte della

**Willis
Research
Network**

assieme ad altri 50 istituti di ricerca



mario.martina@unibo.it

Sommario

- Introduzione sulla vulnerabilità:
 - perché è importante?
 - quali sono i parametri per misurare la vulnerabilità?
- Introduzione sui danni:
 - perché quando parliamo di vulnerabilità dobbiamo parlare di danni?
 - la necessità di adottare lo stesso criterio per valutare i danni post-evento con quelli pre-evento
- Le azioni ed i danni sui fabbricati civili da alluvione
- Alcuni dati statistici su recenti eventi alluvionali italiani

Cosa intendiamo per vulnerabilità

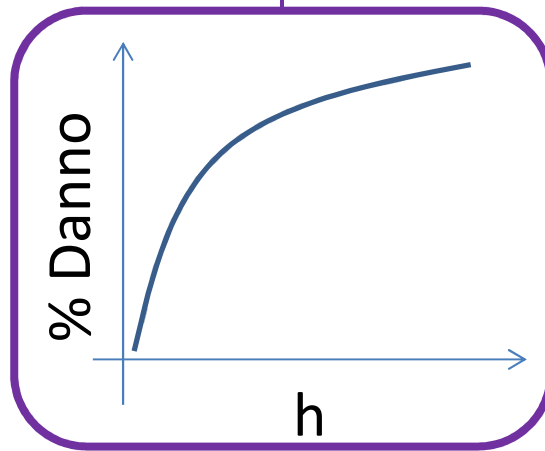
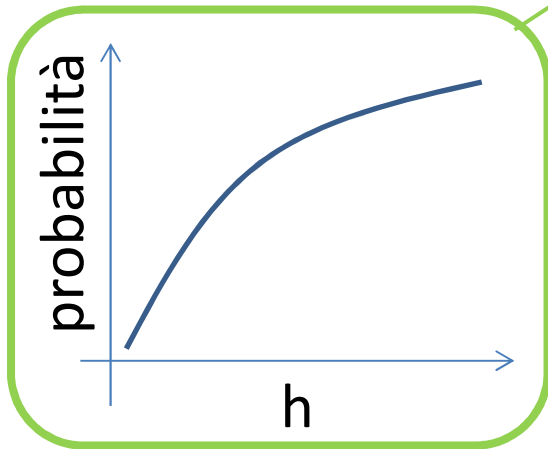
“Set of conditions and processes resulting from physical, social, environmental and economic factors, which increase the susceptibility of a community to the impact of hazards”

(EU FLOOD DIRECTIVE)

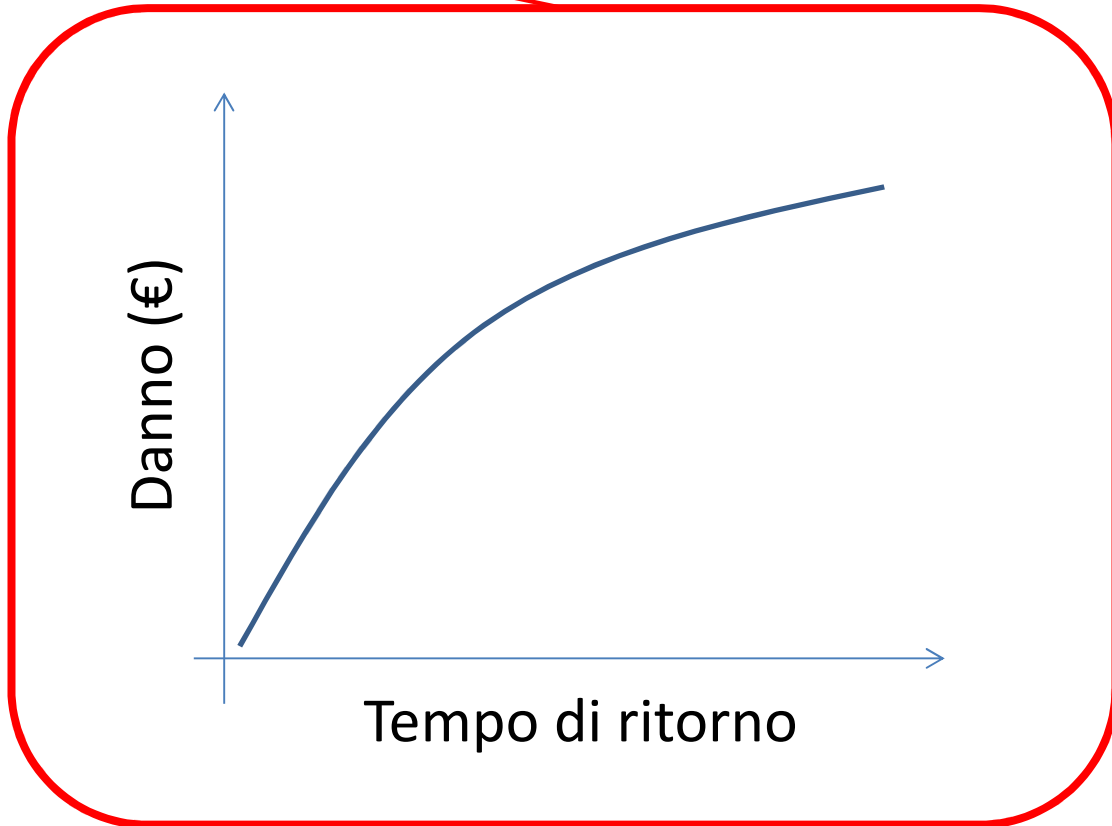
“... is the susceptibility of damage for a given level of **hazard severity**”

(EU FLOOD DIRECTIVE)

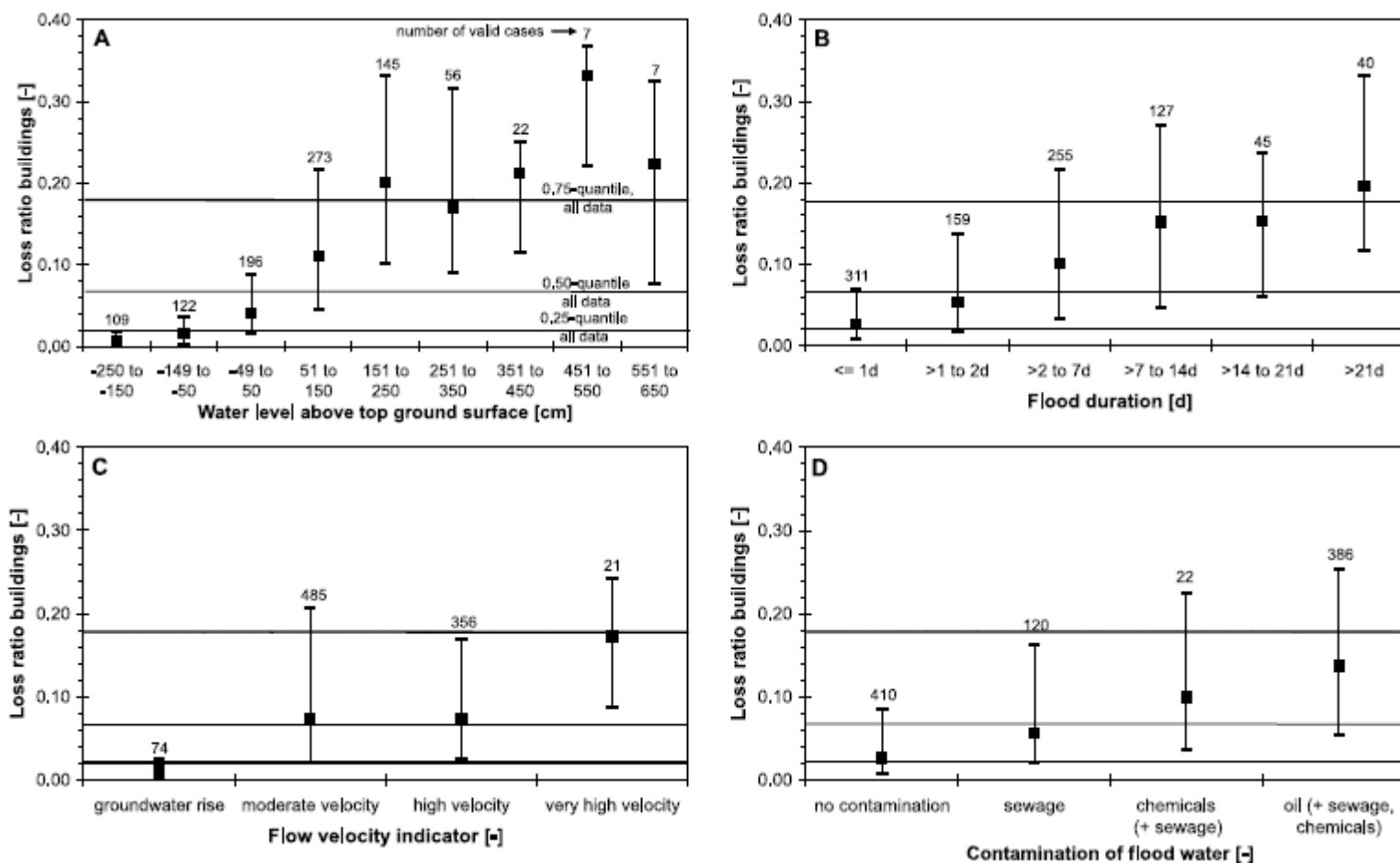
$$R = H V E$$



$$R = H V E$$

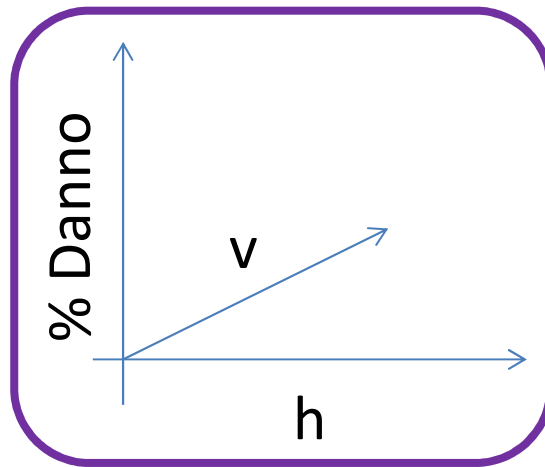
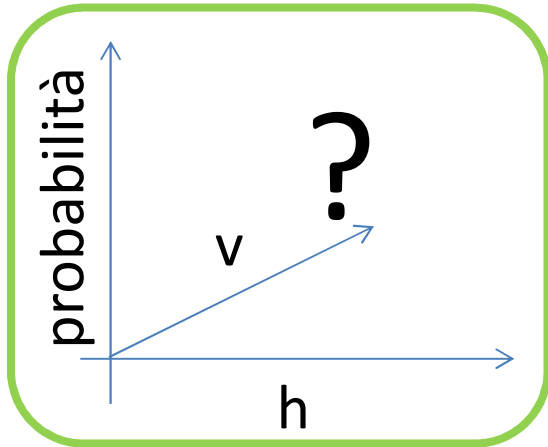


Quale parametro rappresenta la vulnerabilità (danno)?



(Thieken AH, Müller M, Kreibich H, Merz B (2005) Water Resour. Res., 41(12), W12430)

$$R = H V E$$



Fattori che influenzano i danni da alluvione

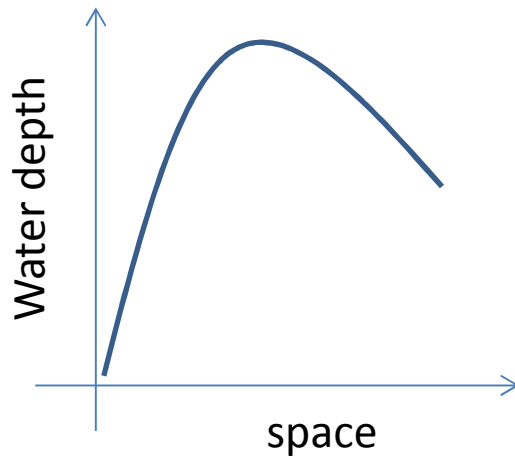
		Component loadings for variables that probably influence residential building damage	Components (n = 707) *					
			1	2	3	4	5	6
Flood impact	water level above top ground surface [cm]	0.02	-0.03	0.75	-0.04	-0.14	-0.10	
	flood duration [h]	0.01	-0.06	0.51	-0.05	0.08	0.00	
	indicator of flow velocity [-]	-0.01	-0.15	-0.02	-0.12	0.09	0.56	
	contamination of flood water [-]	0.03	-0.02	0.73	0.03	-0.06	-0.07	
Precaution	indicator of emergency measures [-]	-0.01	0.04	-0.30	0.22	0.22	-0.30	
	indicator building precaution [-]	-0.02	0.09	-0.20	0.56	0.03	-0.21	
	efficiency of private precautionary measures [-]	-0.09	-0.14	0.50	-0.04	0.17	0.37	
	indicator of flood experience [-]							
Building	knowledge of flood hazard [-]							
	number of flats in the building							
	total floor space of the building [m ²]							
	quality of buildings							
Household	estimated building value [Euro]	0.95	0.06	0.02	0.00	0.11	0.01	
	age of the interviewed person [a]	-0.06	-0.73	0.11	0.08	-0.09	0.06	
	household size [number of persons]	-0.01	0.87	-0.02	0.02	-0.01	-0.05	
	number of children (younger than 14 years)	0.00	0.83	-0.08	0.00	-0.08	0.00	
	ownership structure [-]	-0.56	-0.01	0.09	0.13	0.45	0.00	
	monthly net income [Euro]	0.10	0.27	-0.08	-0.06	0.66	-0.06	
	socio-economic status after Plapp [2003] [-]	-0.12	-0.27	0.02	-0.01	0.81	0.00	
		Coefficient of correlation (Pearson)						
		(n = 623) **						
absolute damage to buildings [Euro]		0.31	-0.02	0.49	-0.11	-0.09	-0.02	
loss ratio of buildings [-]		-0.14	-0.09	0.55	-0.11	-0.14	-0.03	

Solitamente si riesce ad utilizzare solo uno di questi fattori: l'altezza idrometrica

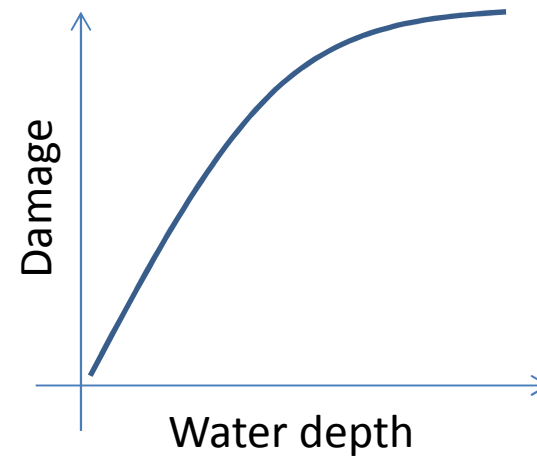
(Thieken AH, Müller M, Kreibich H, Merz B (2005) Water Resour. Res., 41(12), W12430)

$$R = H V E$$

Modelli idraulici

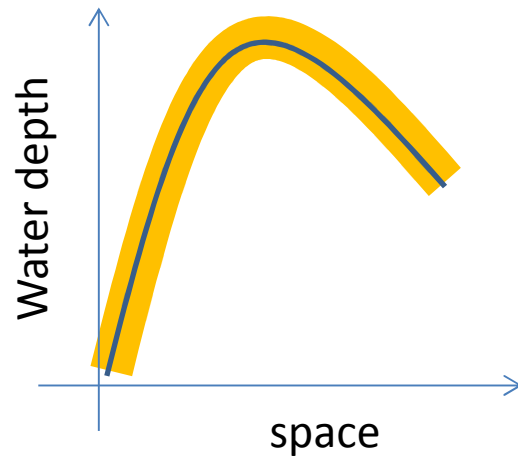


Modelli vulnerabilità

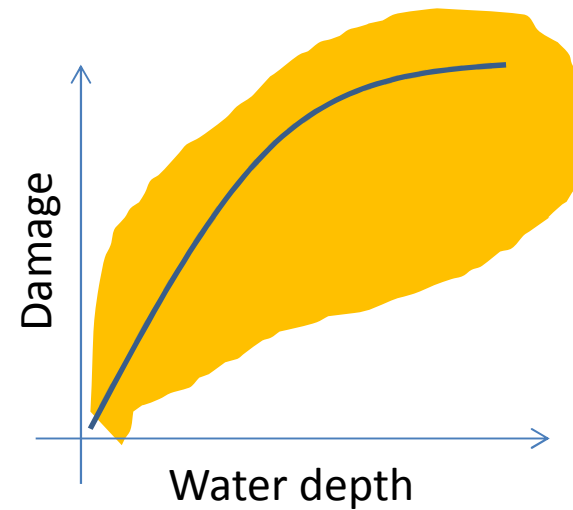


$$R = H V E$$

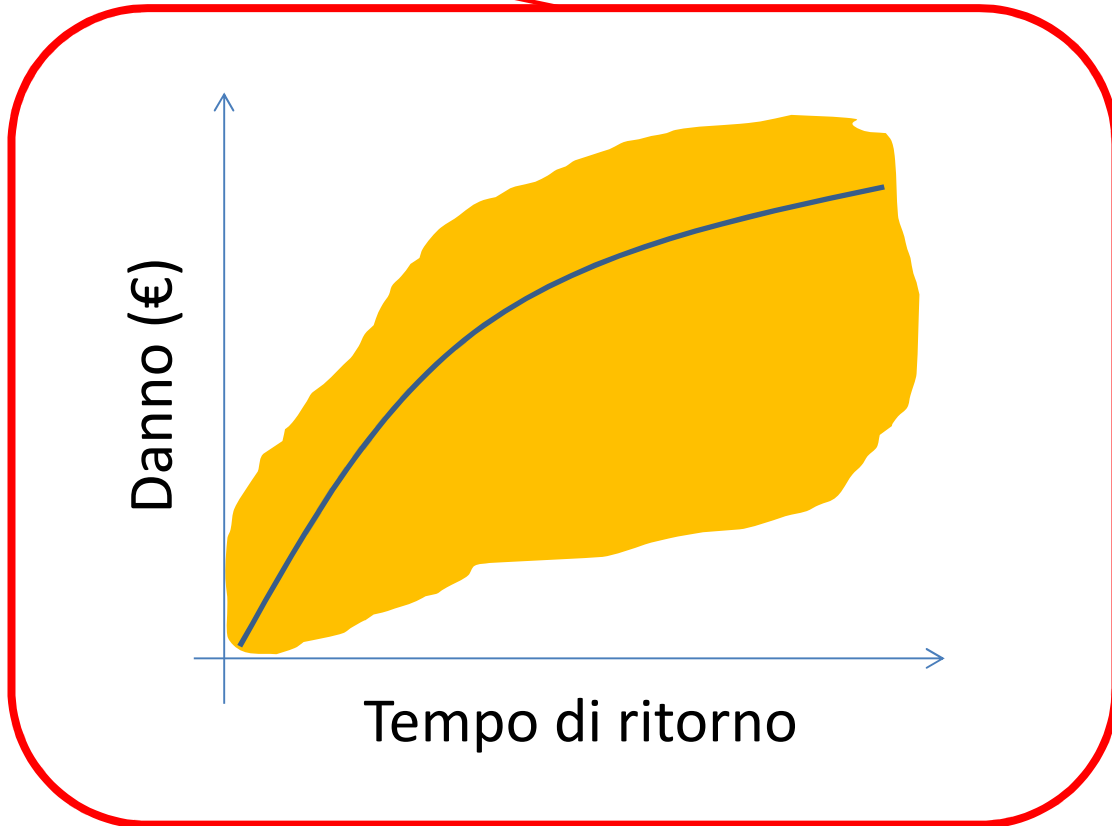
Modelli idraulici



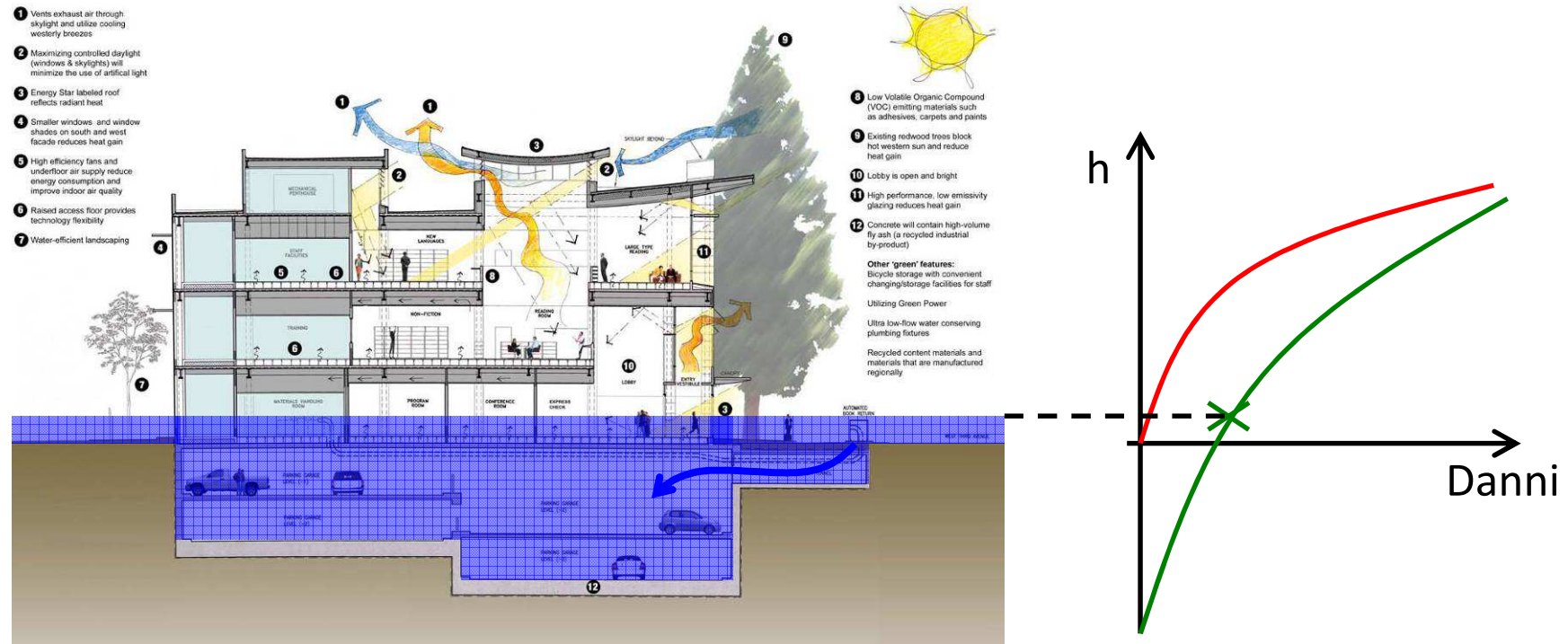
Modelli vulnerabilità



$$R = H V E$$

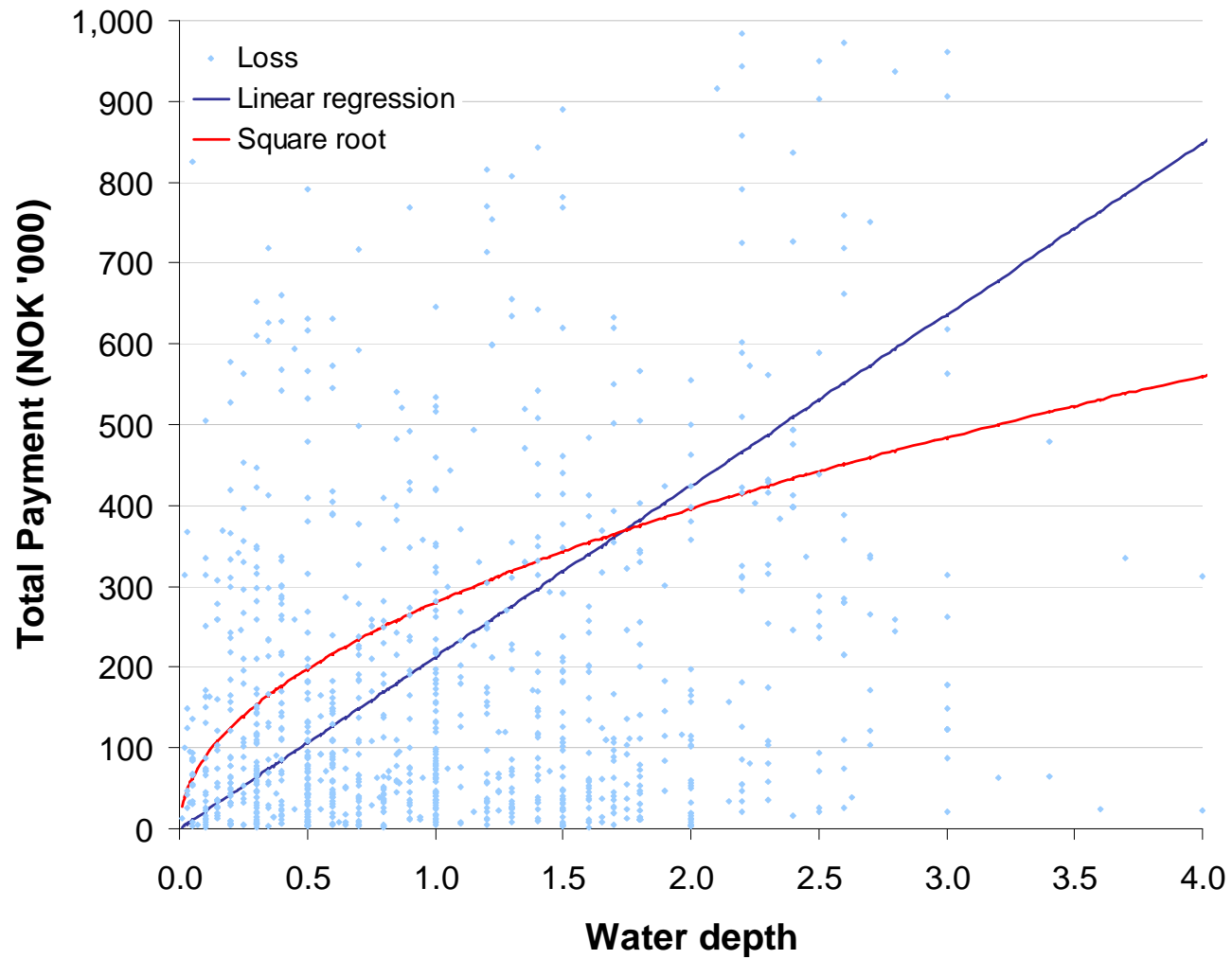


Qualche osservazione sulla curva altezza-danno



Anche pochi centimetri di acqua sul piano stradale possono causare ingenti danni ai piani interrati.
Molte volte quindi i danni sono incorrelati con l'entità fisica del fenomeno.

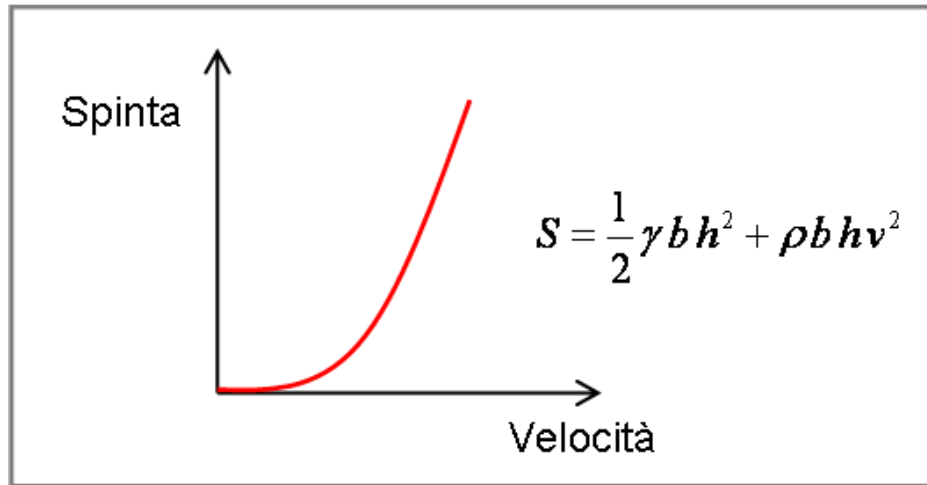
Un esempio di funzione di vulnerabilità



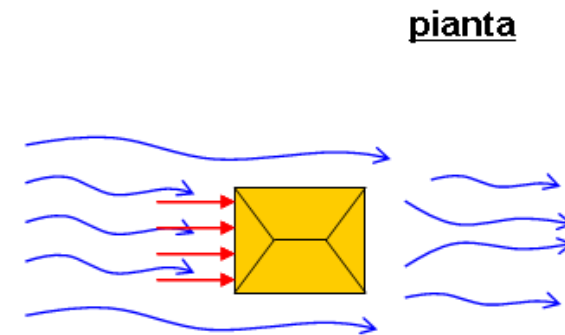
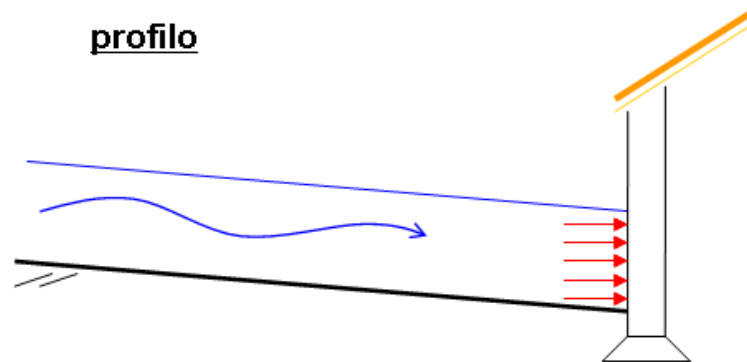
Le azioni dell'alluvione sui fabbricati civili ed i danni conseguenti

1. Azioni idrodinamiche
2. Azioni idrostatiche
3. Azioni di erosione
4. Azioni di galleggiamento
5. Azioni dei detriti
6. Azioni non fisiche

Azioni idrodinamiche



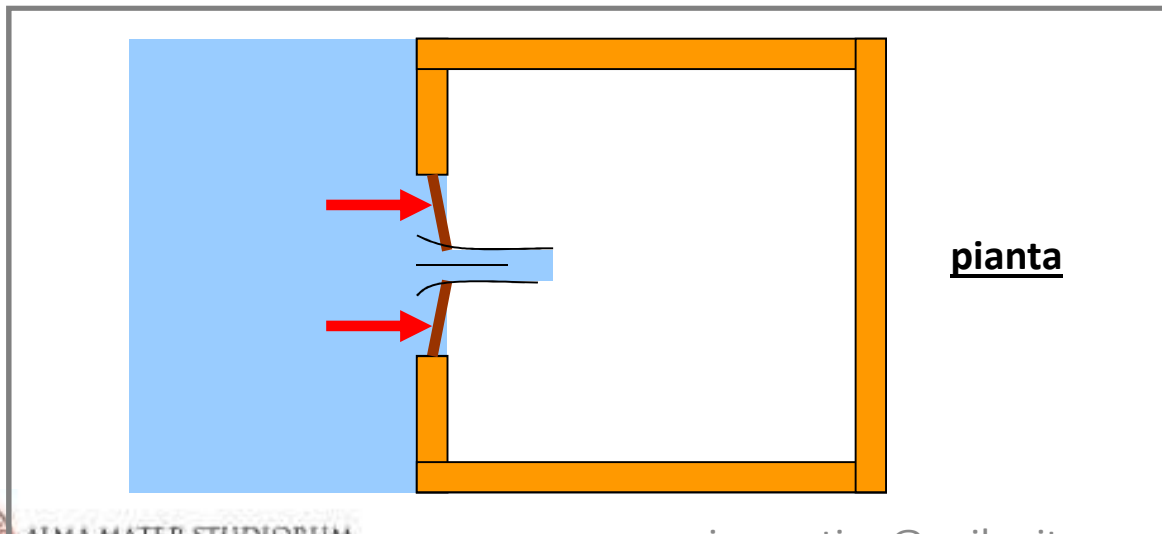
A causa della velocità dell'acqua si genera una spinta (forza) diretta nella direzione del moto e proporzionale al quadrato della velocità



Danni dalle azioni idrodinamiche



Trascinamento



Sfondamento:

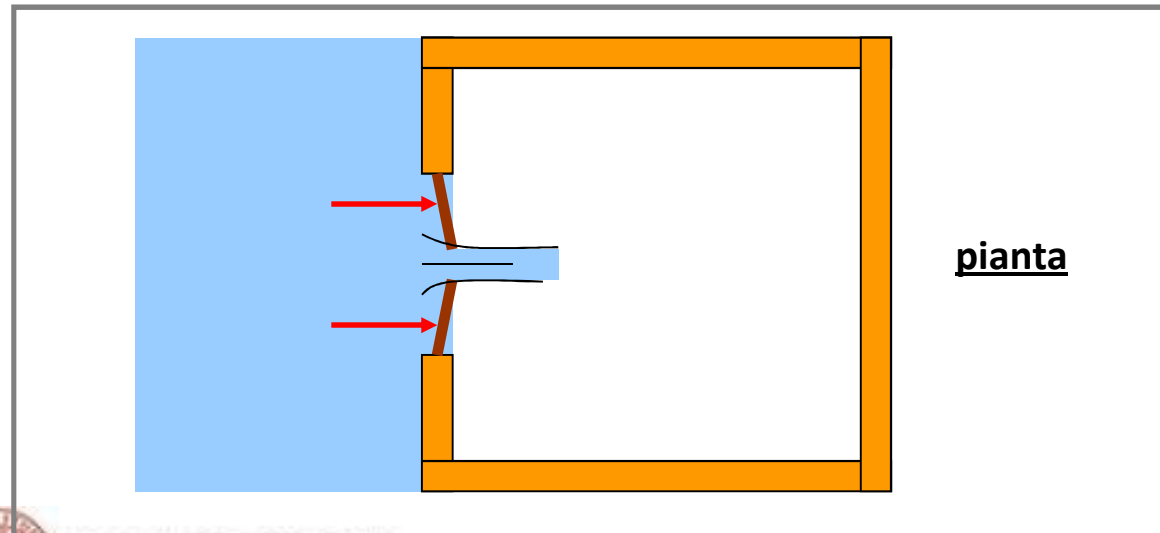
- portoni
- finestre
- cancelli



Danni dalle azioni idrodinamiche



Barriere di protezione



Sfondamento:

- portoni
- finestre
- cancelli



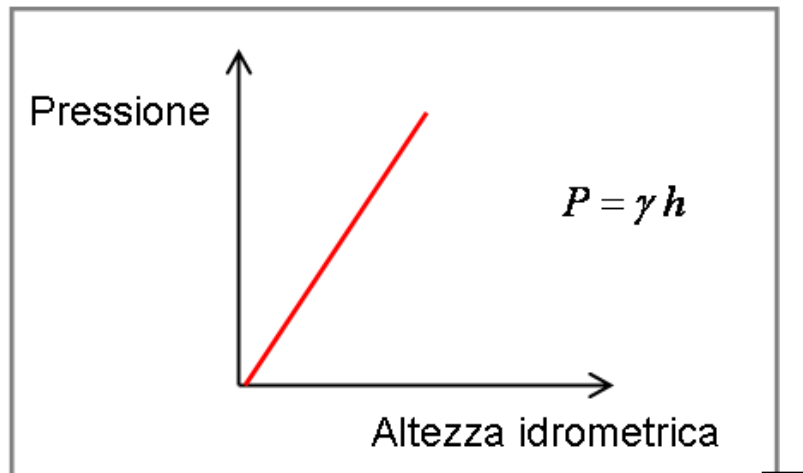
Azioni idrostatiche

(1) dovute alla pressione idrostatica laterale

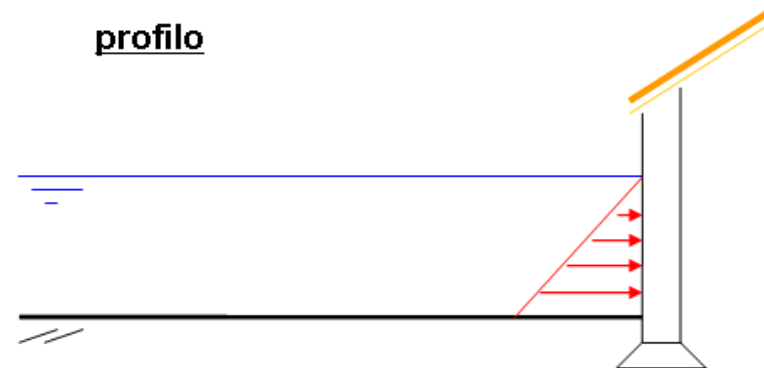
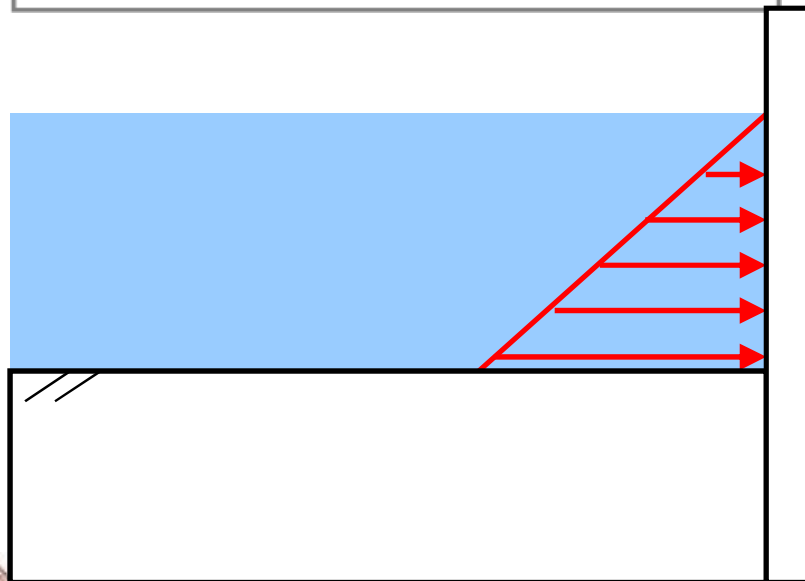
(2) dovute alla risalita capillare

Azioni idrostatiche (1)

Pressione idrostatica

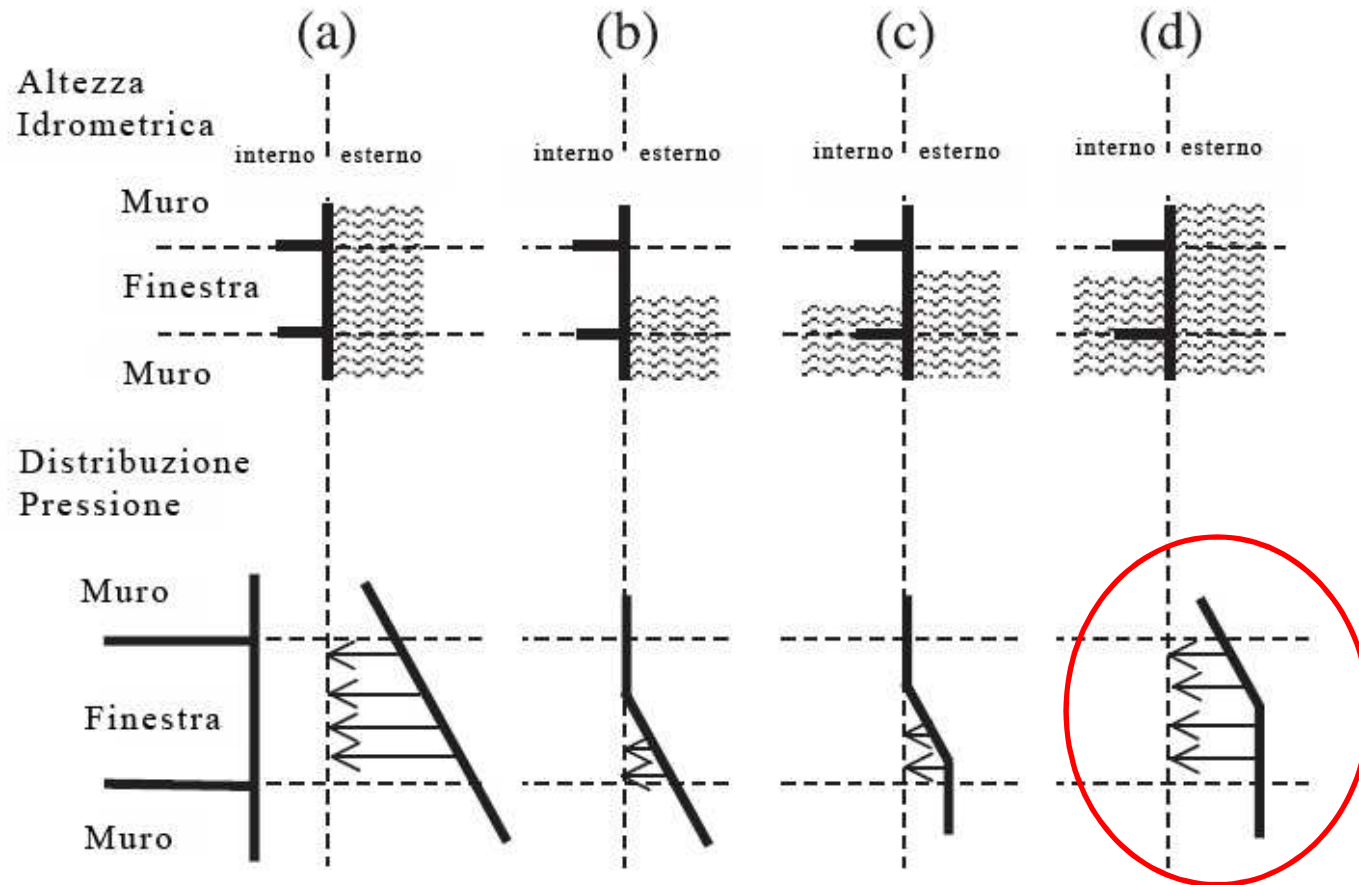


A causa del peso dell'acqua a contatto con la superficie di un solido immerso, si genera una pressione idrostatica proporzionale all'altezza idrometrica raggiunta



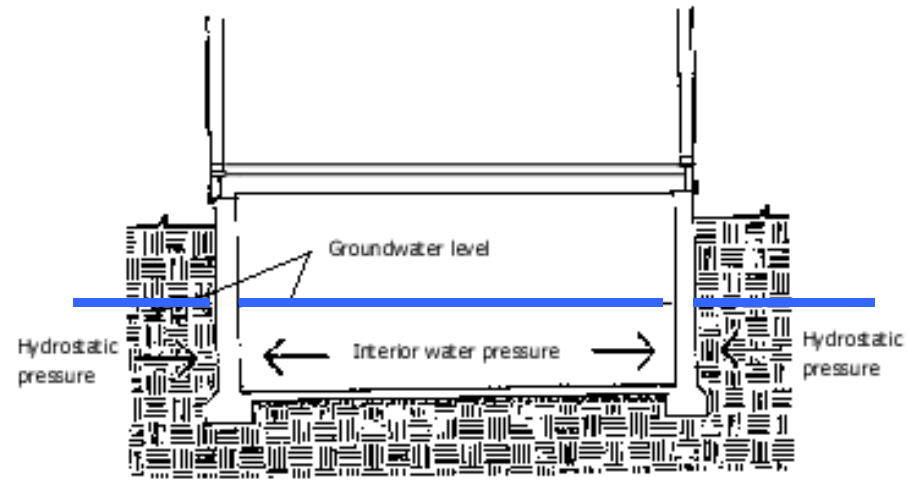
Azioni idrostatiche (1)

Pressione idrostatica differenziale

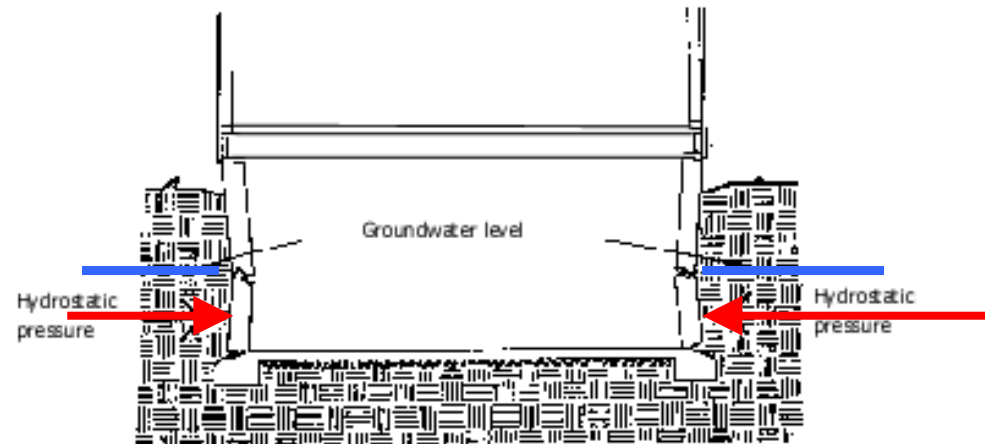


Danni dalle azioni idrostatiche (2)

Collasso fondazioni



Water in basement can help to offset high groundwater pressure

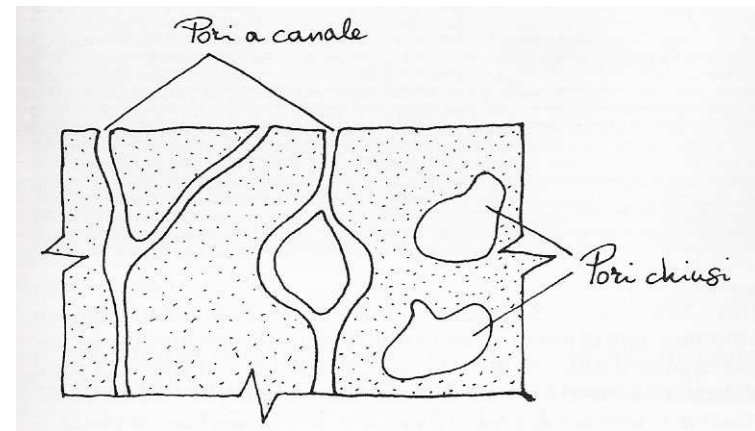
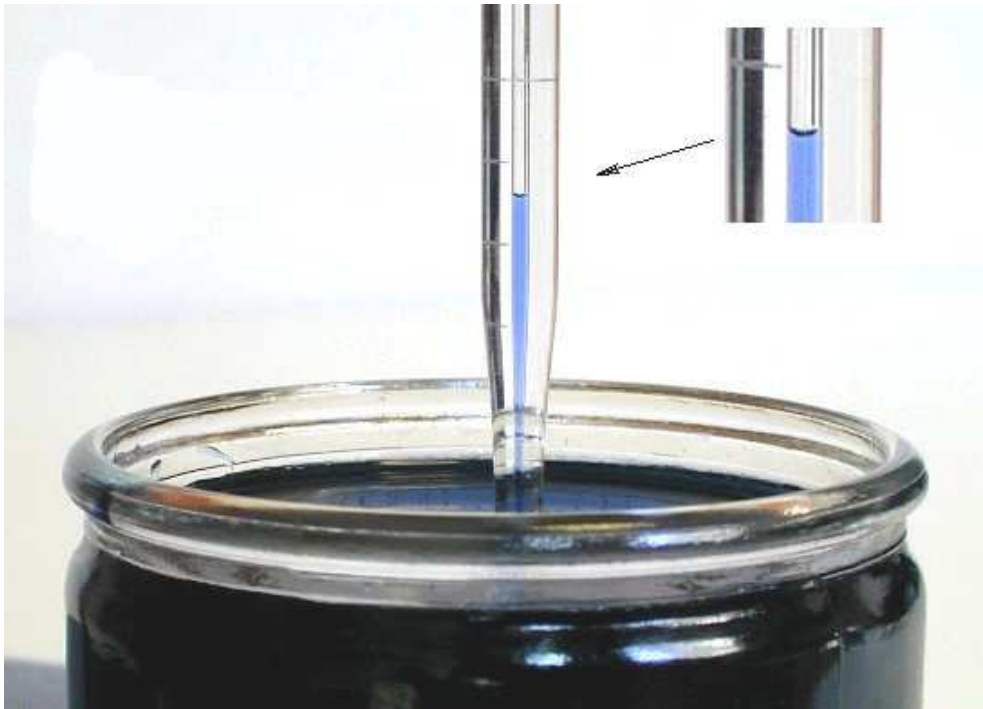


If water is pumped from basement when groundwater pressure is high, foundation walls may collapse.



Azioni idrostatiche (2)

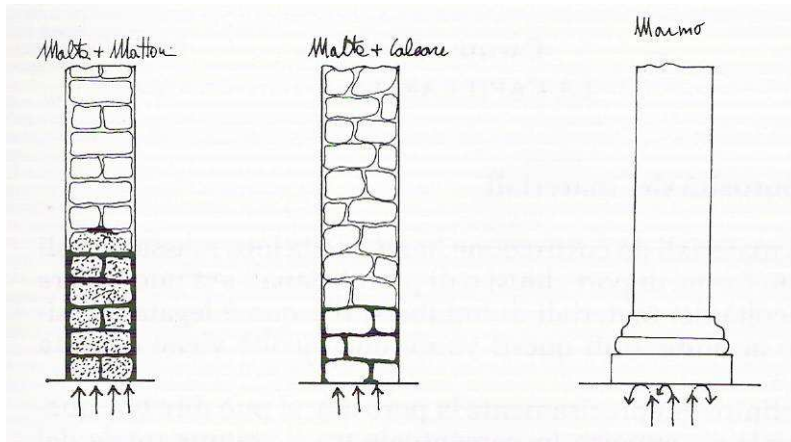
Risalita capillare



La risalita capillare avviene anche all'interno strutture dei fabbricati per effetto della porosità

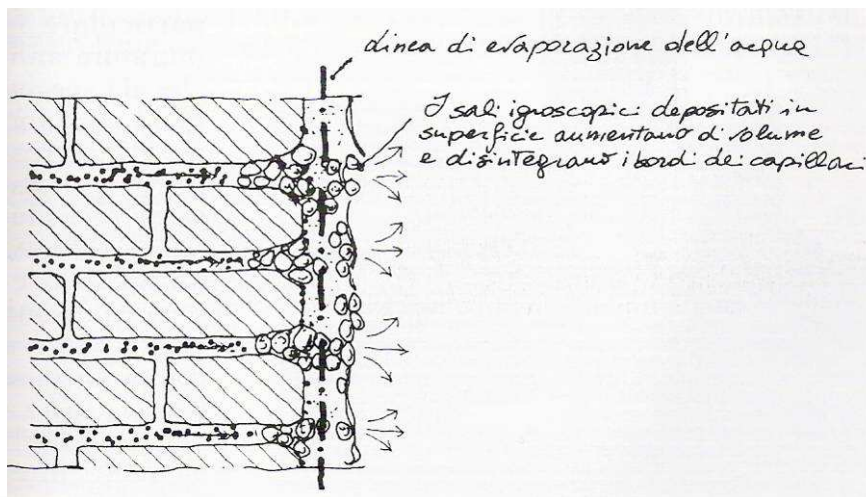
Danni dalle azioni idrostatiche (2)

Risalita capillare

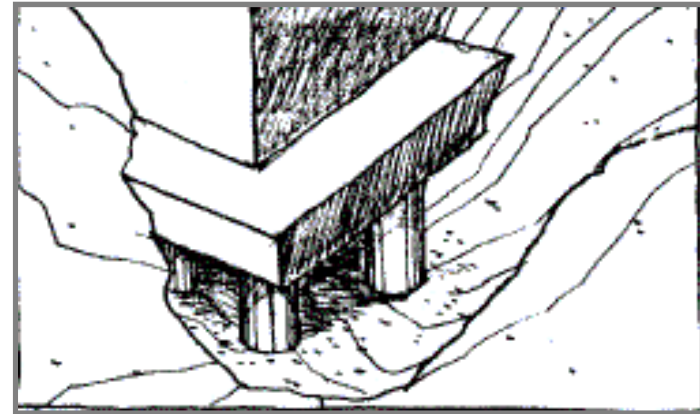
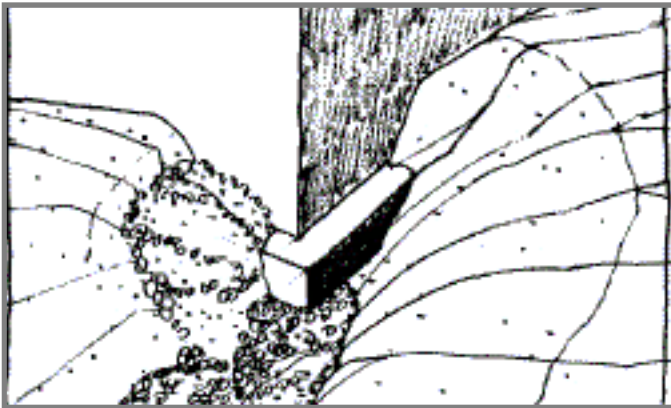
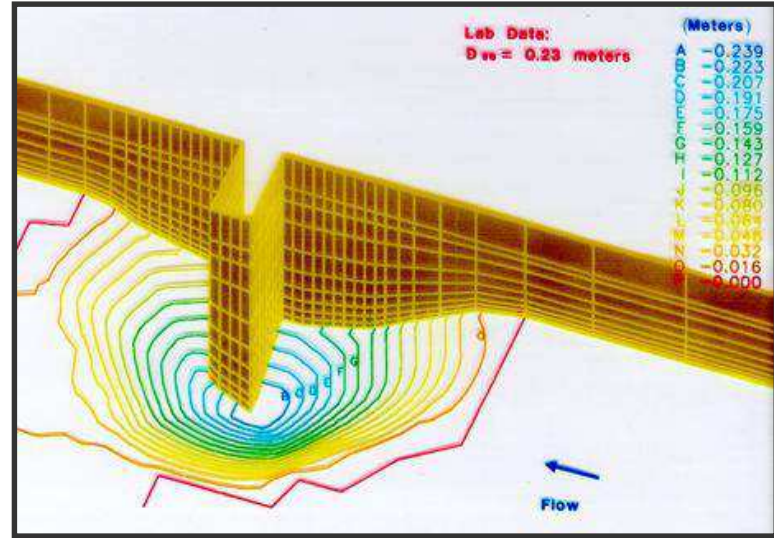
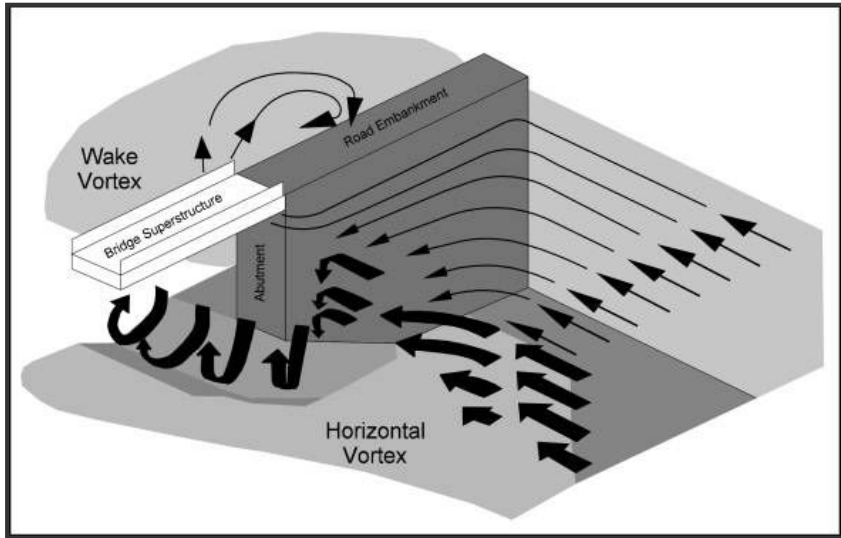


Dipendenza dal materiale
(porosità)

Azione meccanica di
degradamento



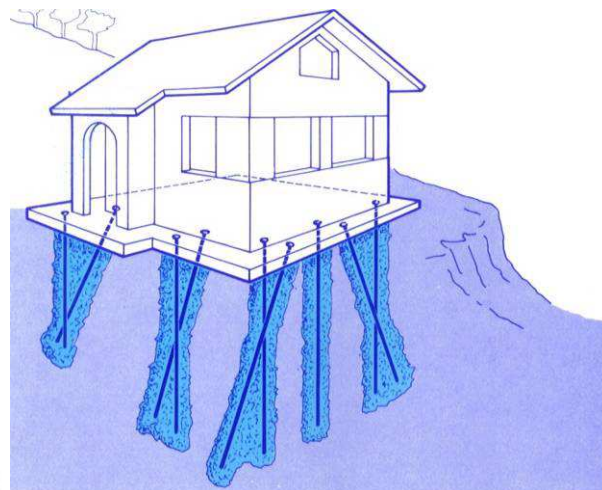
Azioni di erosione



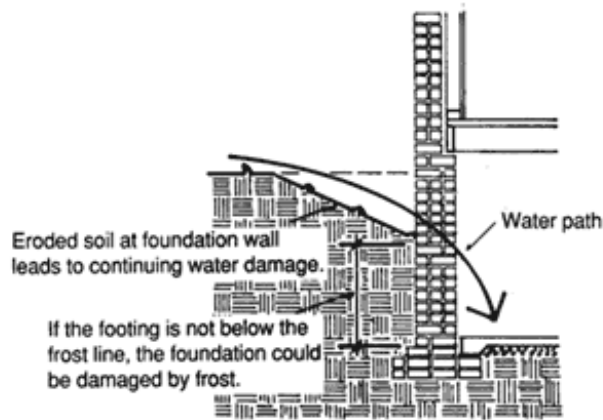
Danni dalle azioni di erosione

L'azione di erosione localizzata può produrre lo scalzamento delle fondazioni e quindi probabili cedimenti strutturali.

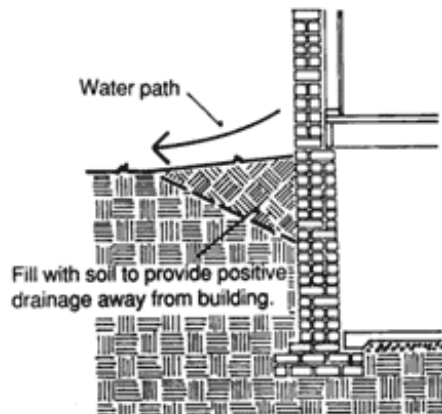
**Consolidamento
Fondazioni**



Danni dalle azioni di erosione



Flooding may have eroded soil adjacent to the foundation wall.

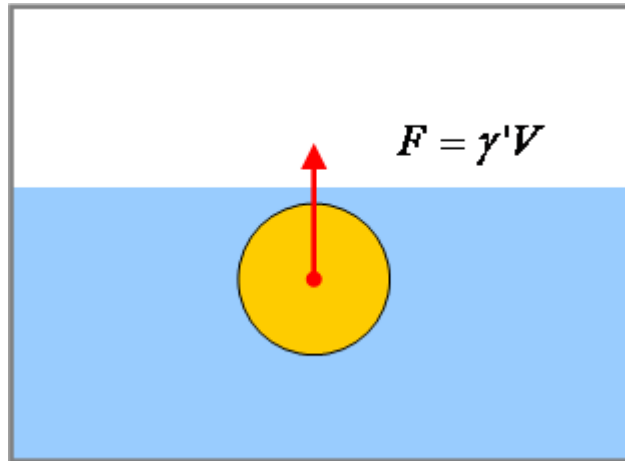


Soil should be replaced to prevent future water and frost damage.

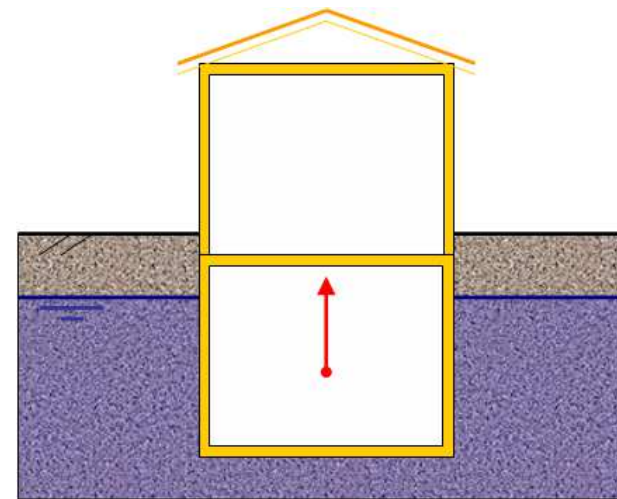
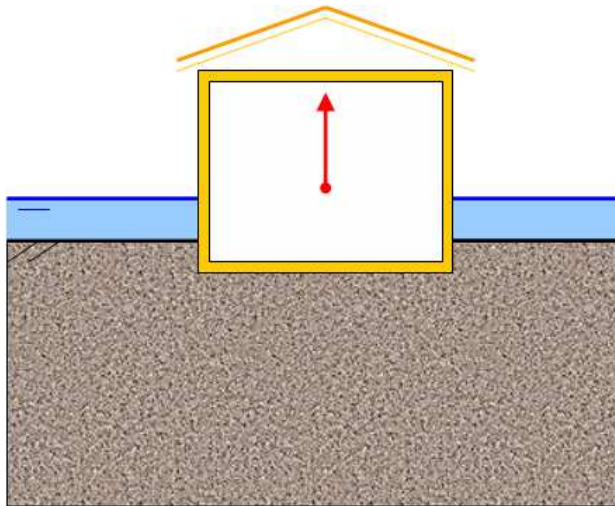
Anche quando le fondazioni non sono state scalzate, l'erosione del suolo circostante il fabbricato potrebbe aver generato delle vie preferenziali per l'infiltrazione dell'acqua al piede. E' necessario rimpiazzare il suolo eroso per evitare danni da infiltrazione o da gelo.



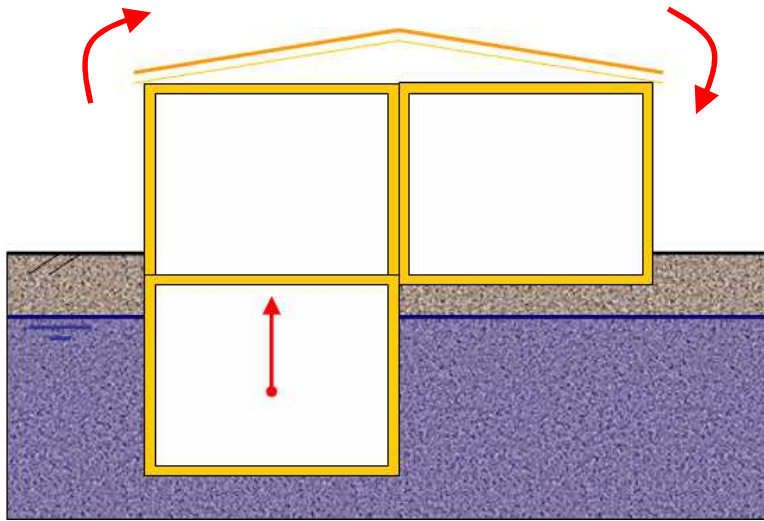
Azioni di galleggiamento



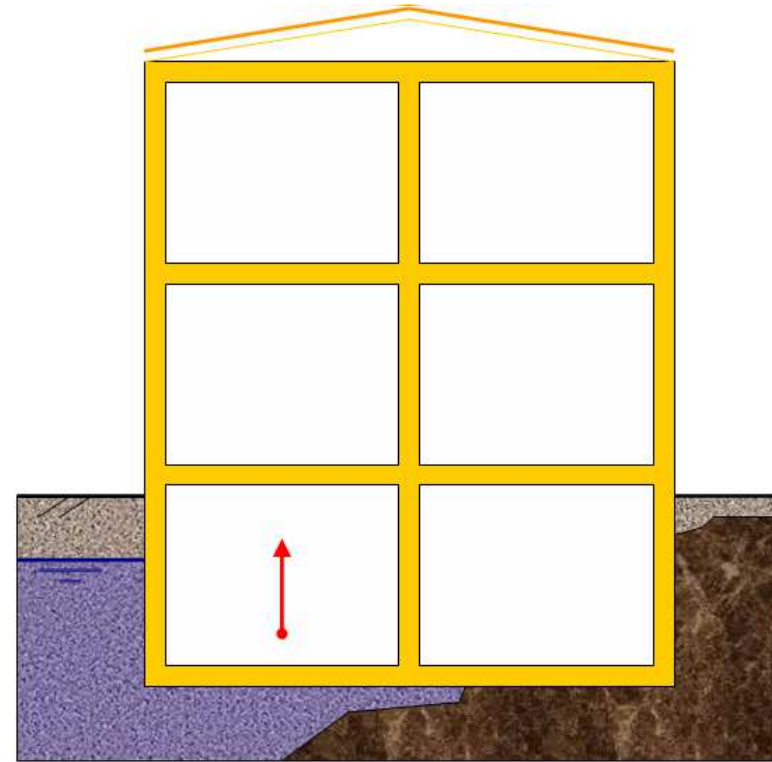
Per il **principio di Archimede**
“un corpo immerso in un fluido in equilibrio subisce una spinta diretta dal basso verso l'alto di intensità pari al peso del volume del fluido spostato”.



Azioni di galleggiamento



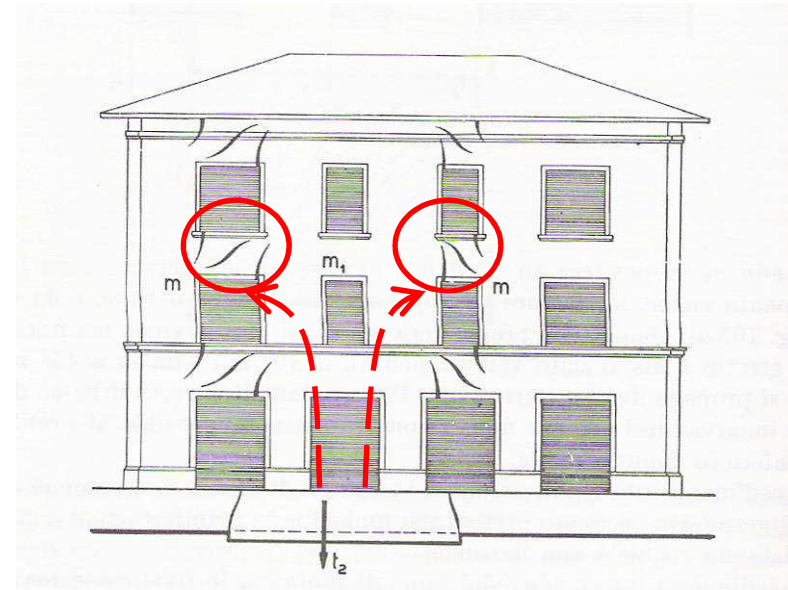
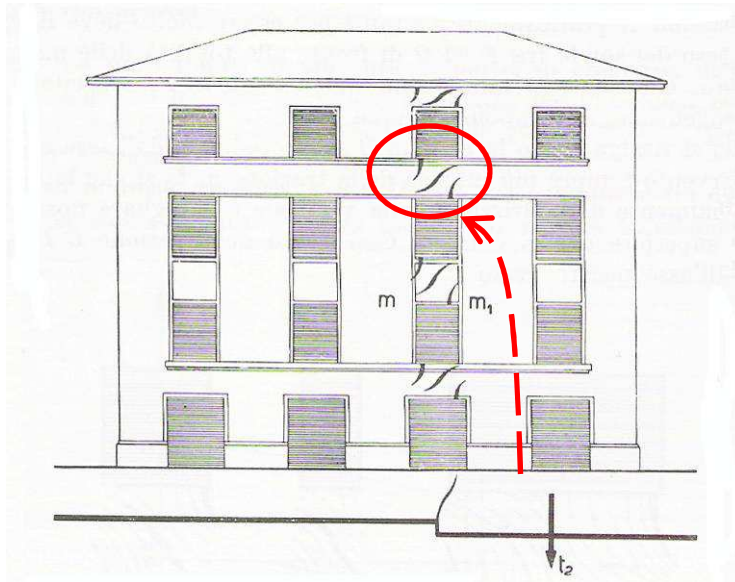
- Azione asimmetrica sulla struttura dovuta alla tipologia costruttiva



- Azione asimmetrica sulla struttura dovuta alla eterogeneità idrogeologica del sottosuolo



Danni dalle azioni idrostatiche



La saturazione del suolo sottostante le fondazione potrebbe indurre una perdita di portanza del terreno o anche movimenti sub-superficiali del terreno (instabilizzazione).

Potrebbero conseguire dei cedimenti, spesso differenziali, delle fondazioni.

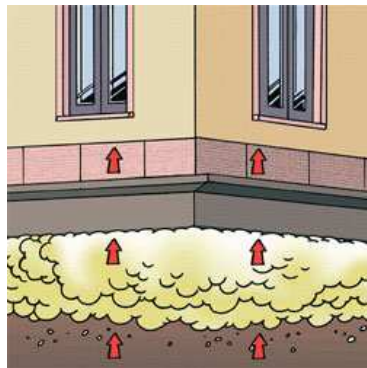


Danni dalle azioni idrostatiche

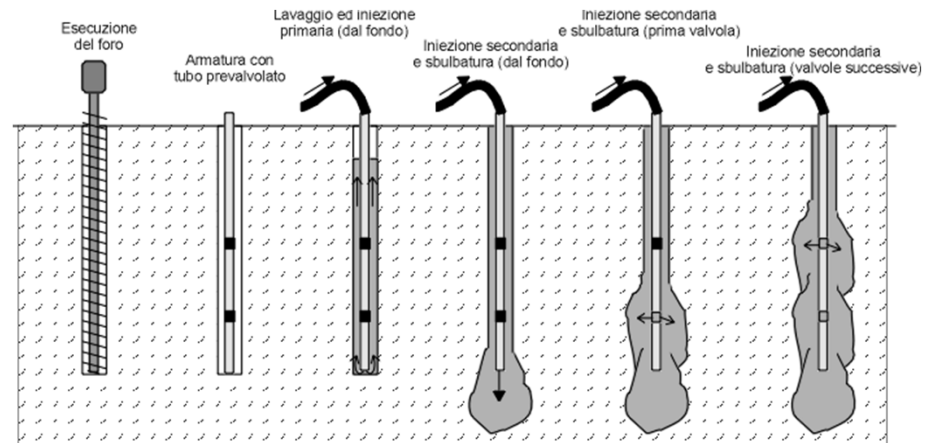
Segni



Interventi



Iniezioni di resine espandenti



Realizzazione Micropali



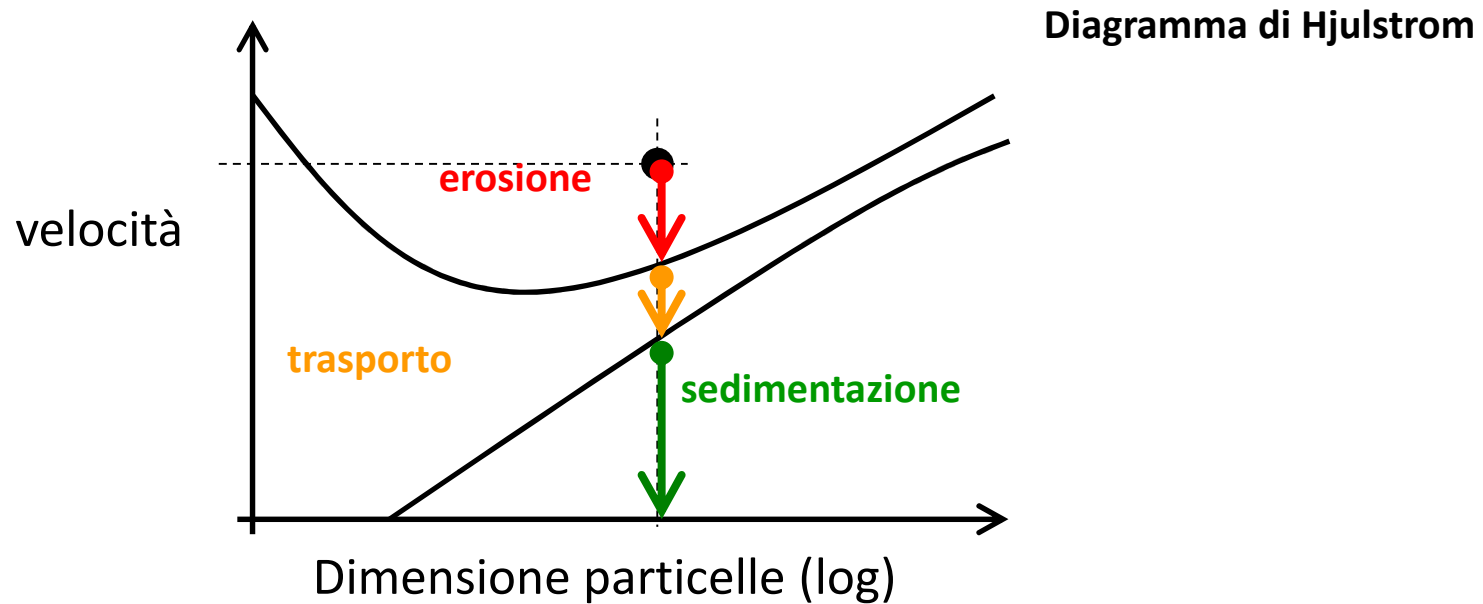
Azione dei detriti

(1) di Erosione

(2) di Sedimentazione

Azioni dei detriti (2)

Sedimentazione



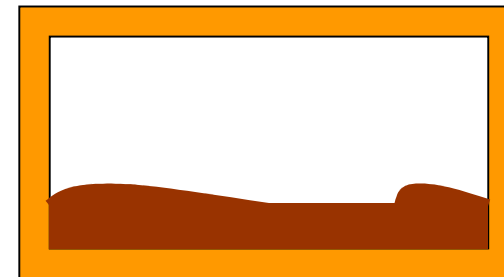
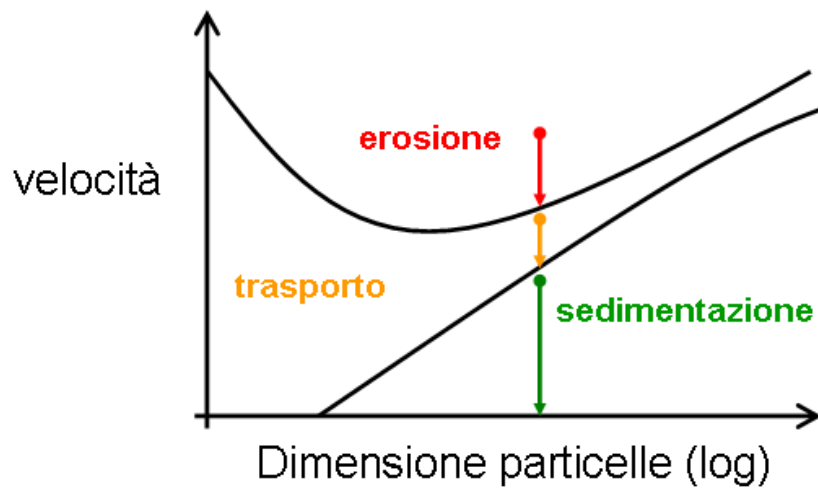
A parità di dimensione delle particelle sospese, al diminuire della velocità diminuisce la capacità di trasporto solido della corrente fino ad arrivare alla loro sedimentazione



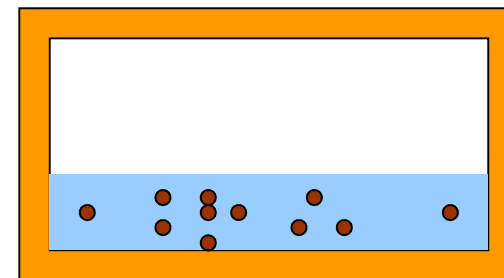
Danni dalle azioni dei detriti



€osti per lo smaltimento !



dopo



prima



Azioni non fisiche

(1) Azioni chimiche

(2) Azioni biologiche

Azioni non fisiche Contaminanti

Tinture



Detersivi



Rifiuti industriali



Fognatura



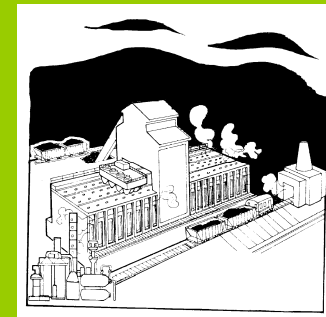
Vegetazione



Microorganismi



Drenaggio urbano



Danni dalle azioni non fisiche

Calcestruzzo



Aggressione chimica

Legno



Ammuffimento Legno

Pareti



Formazione muffe e funghi

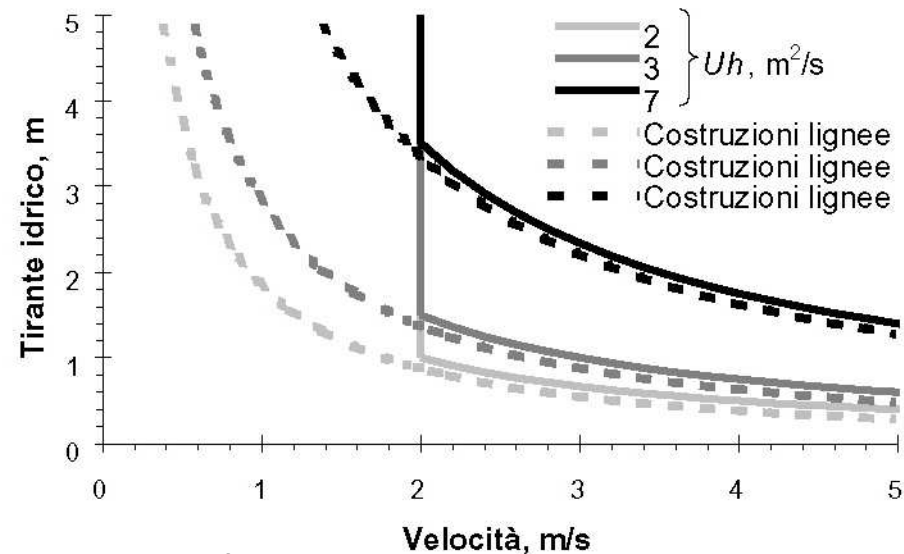


Danni dalle azioni idrostatiche + idrodinamiche

Fabbricati

TIPOLOGIA	parziale danneggiamento	totale danneggiamento
EDIFICI LIGNEI		
ancorati	$Uh \geq 3 \text{ m}^2/\text{s}$	$Uh \geq 7 \text{ m}^2/\text{s}$
non ancorati	$Uh \geq 2 \text{ m}^2/\text{s}$	$Uh \geq 3 \text{ m}^2/\text{s}$
EDIFICI IN MURATURA	$U \geq 2 \text{ m/s} \ \& \ Uh \geq 3 \text{ m}^2/\text{s}$	$U \geq 2 \text{ m/s} \ \& \ Uh \geq 7 \text{ m}^2/\text{s}$

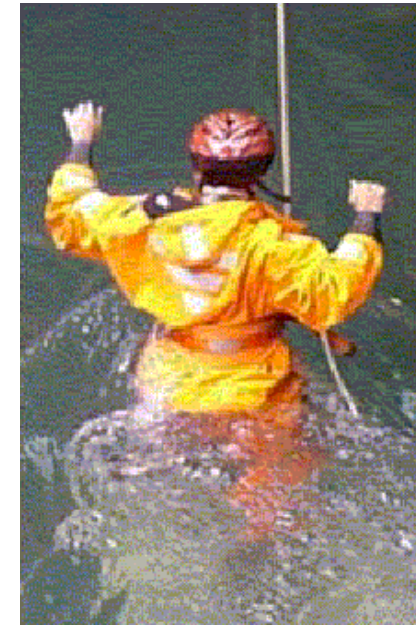
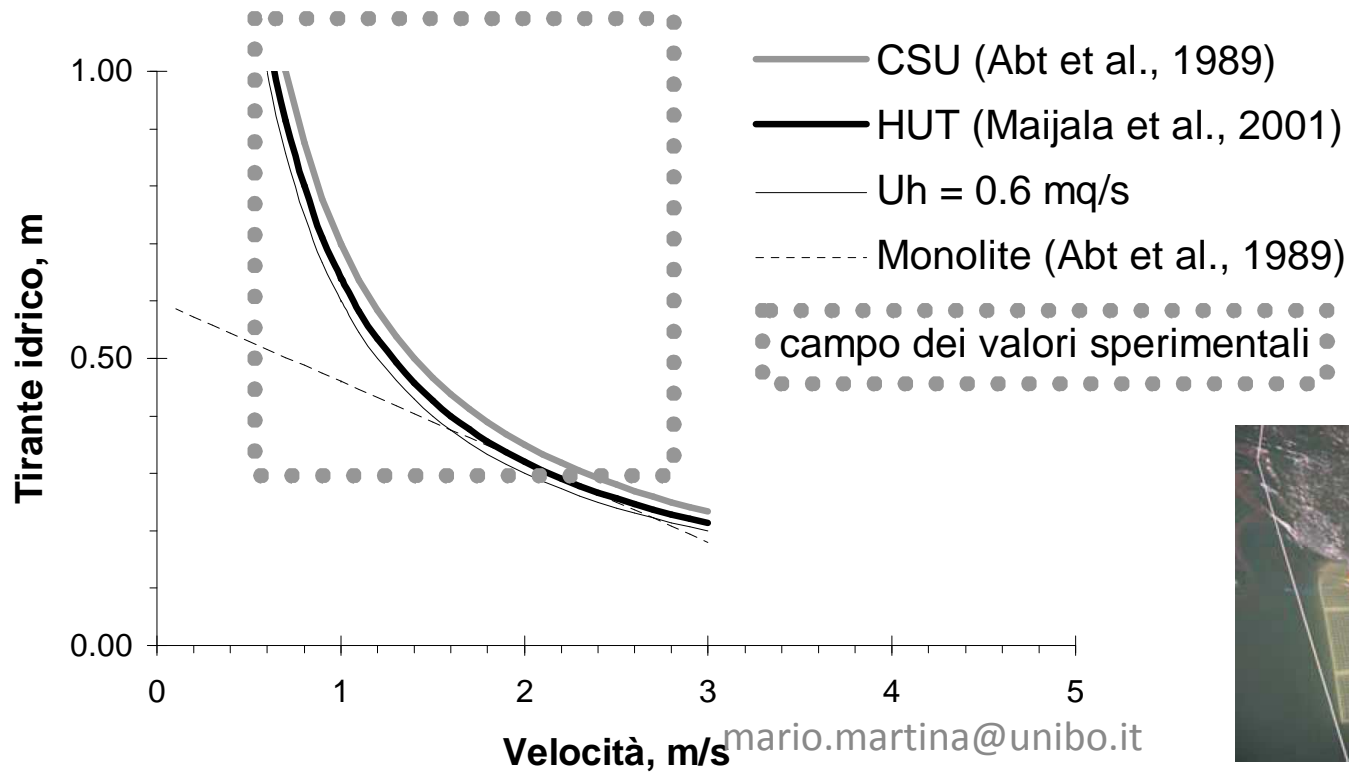
**Relazione Tirante-Velocità
Finnish Environment Institute (2001)**



Danni dalle azioni idrostatiche + idrodinamiche

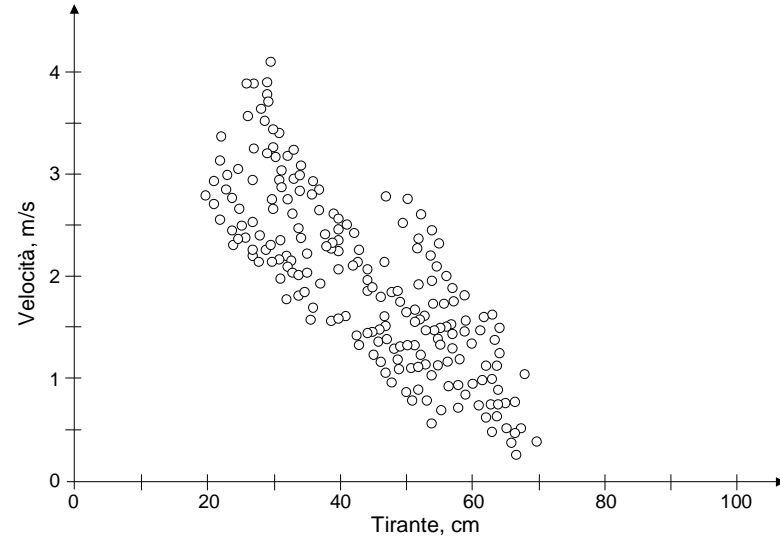
Persone

Relazione Tirante-Velocità Stabilità Umana

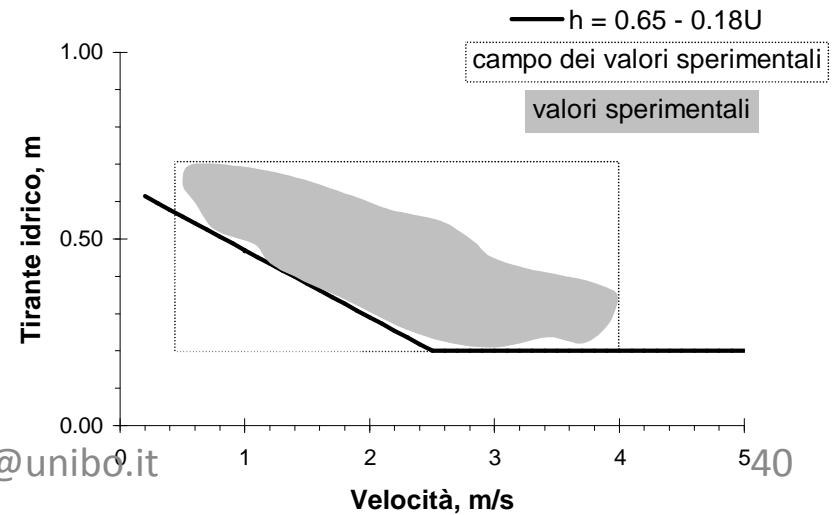


Danni dalle azioni idrostatiche + idrodinamiche

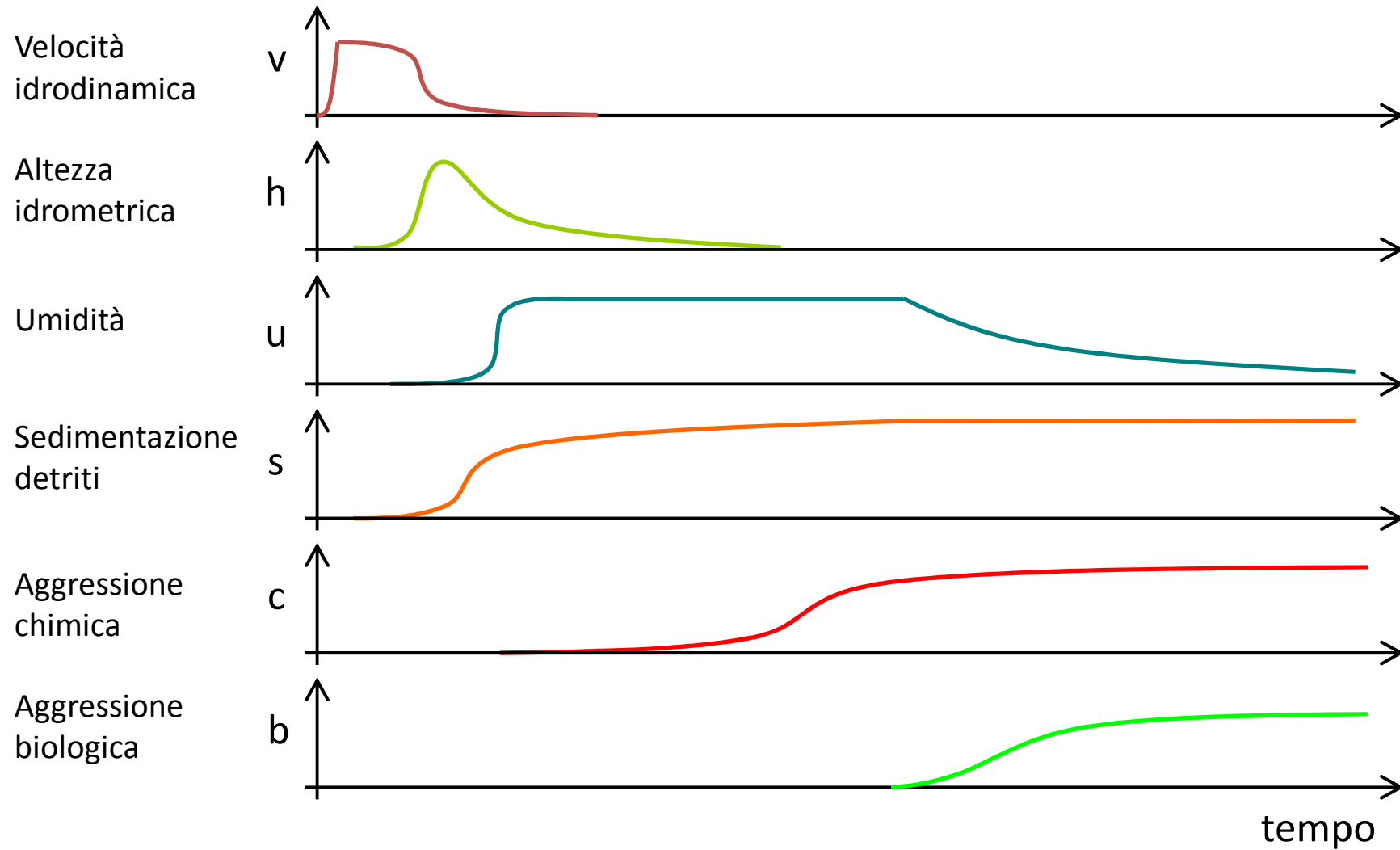
Oggetti



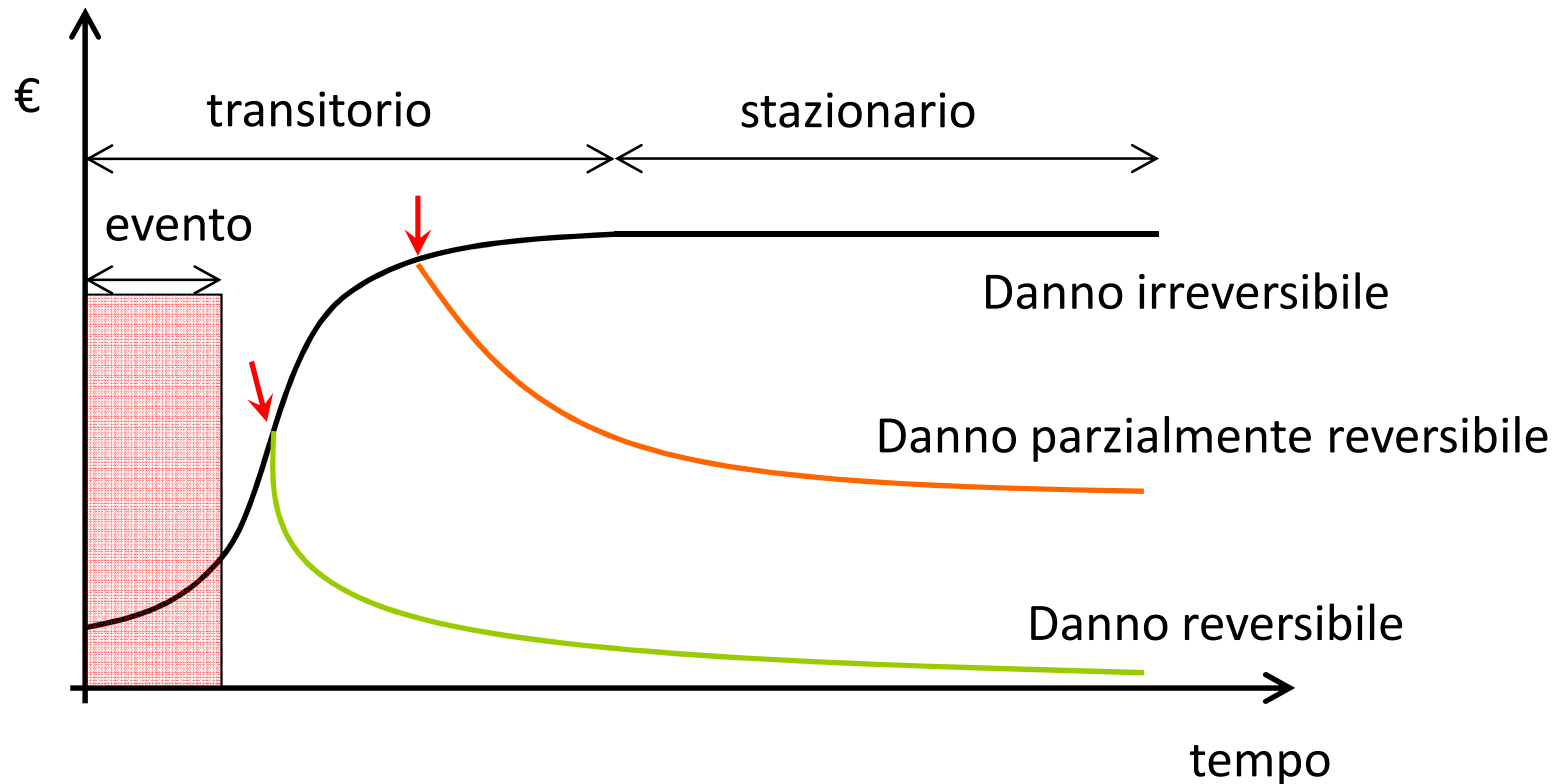
Relazione Tirante-Velocità
Mobilizzazione di veicoli



Evoluzione temporale delle azioni



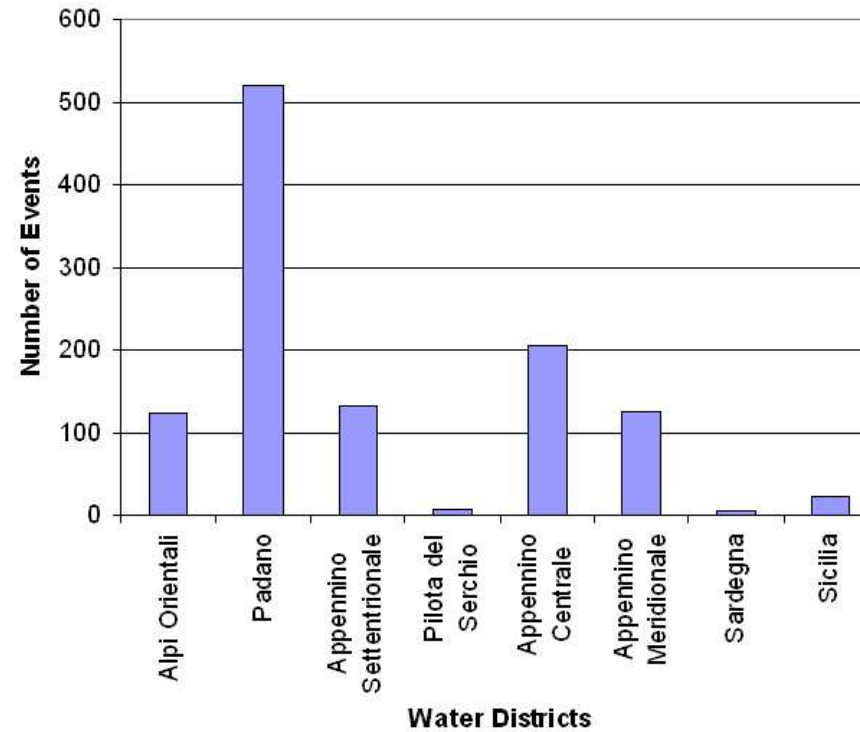
Reversibilità / irreversibilità del danno



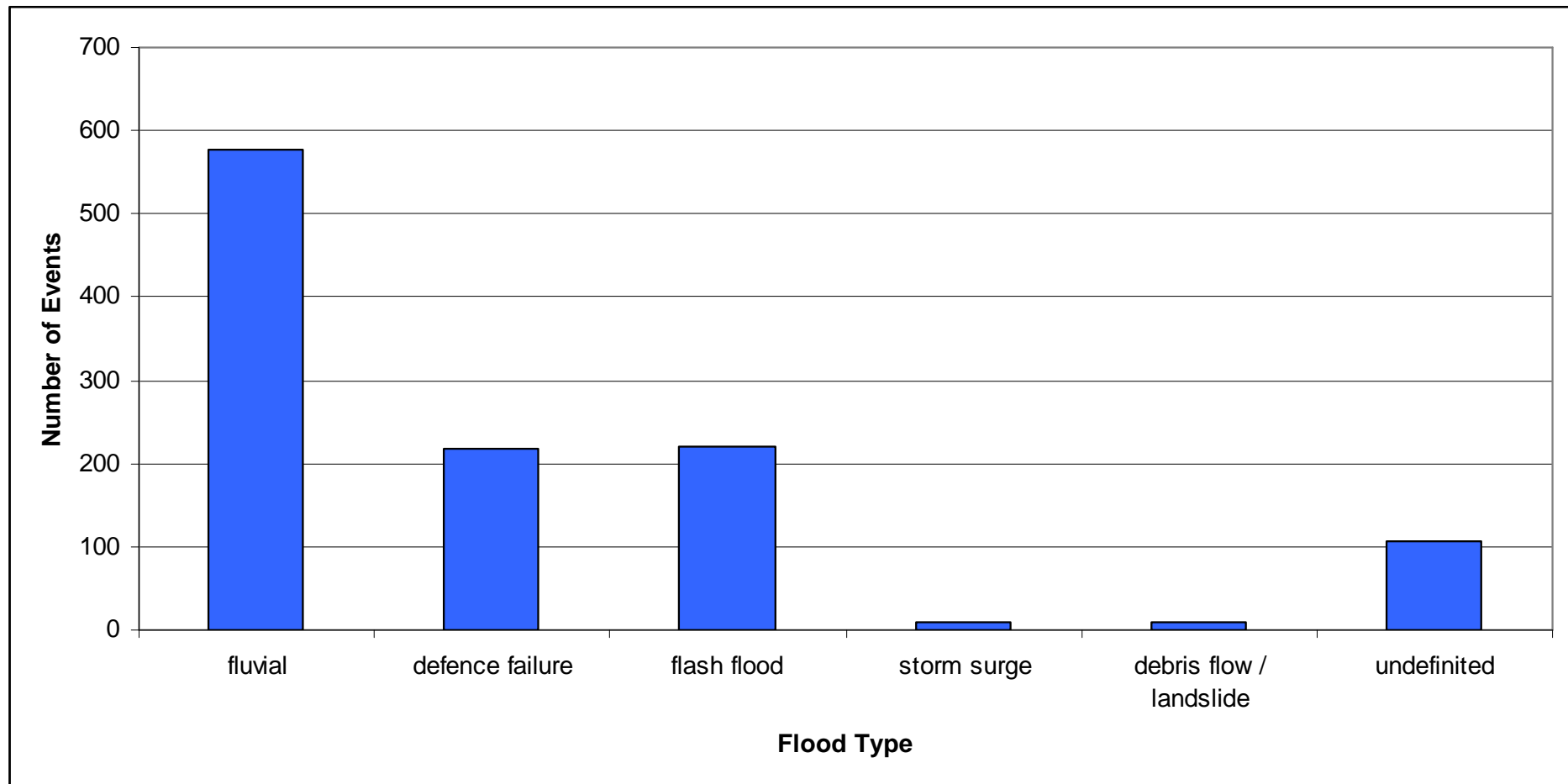
Alcuni dati in Italia

- Analizzati:
 - 3739 eventi nel periodo 1950-1997
 - 2054 eventi nel periodo 1998-2009
- Fonti:
 - AVI-VAPI
 - Segnalazioni AdB, Protez. Civ, Centri Funzionali
 - Dati idrometeorologici
- Modelli:
 - Idrologico
 - Idraulico 1D
 - Idraulico 2D
 - Simulazioni catmodels

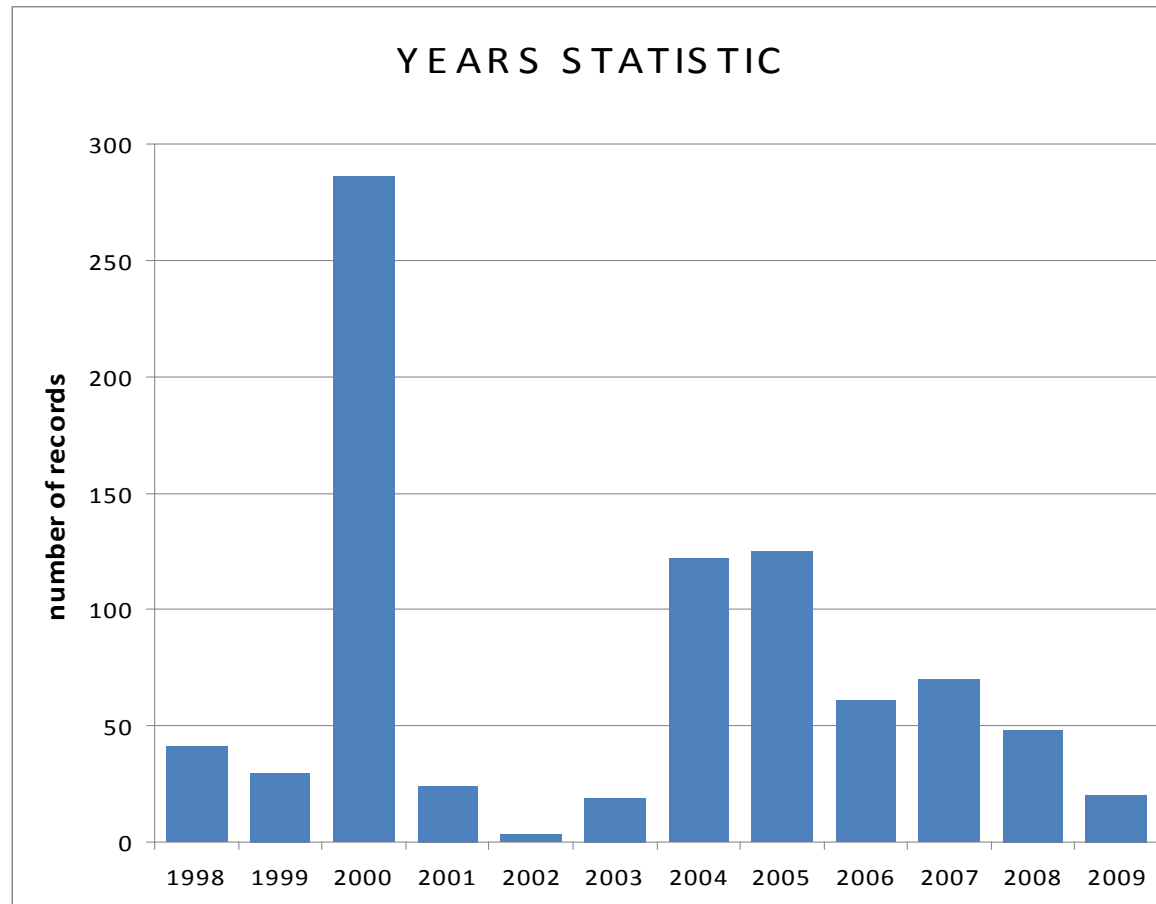
Alcune statistiche: numerosità



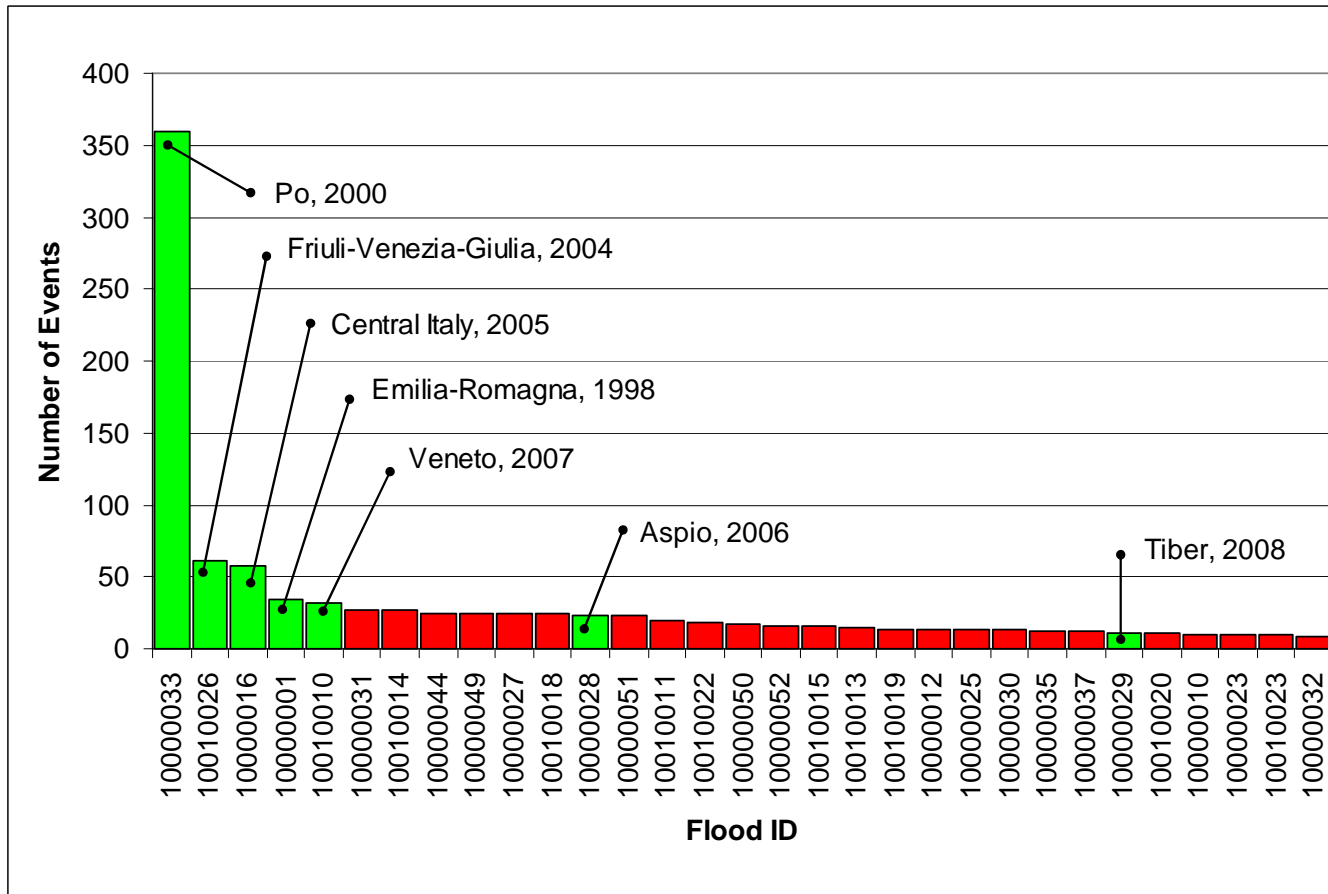
Alcune statistiche: cause



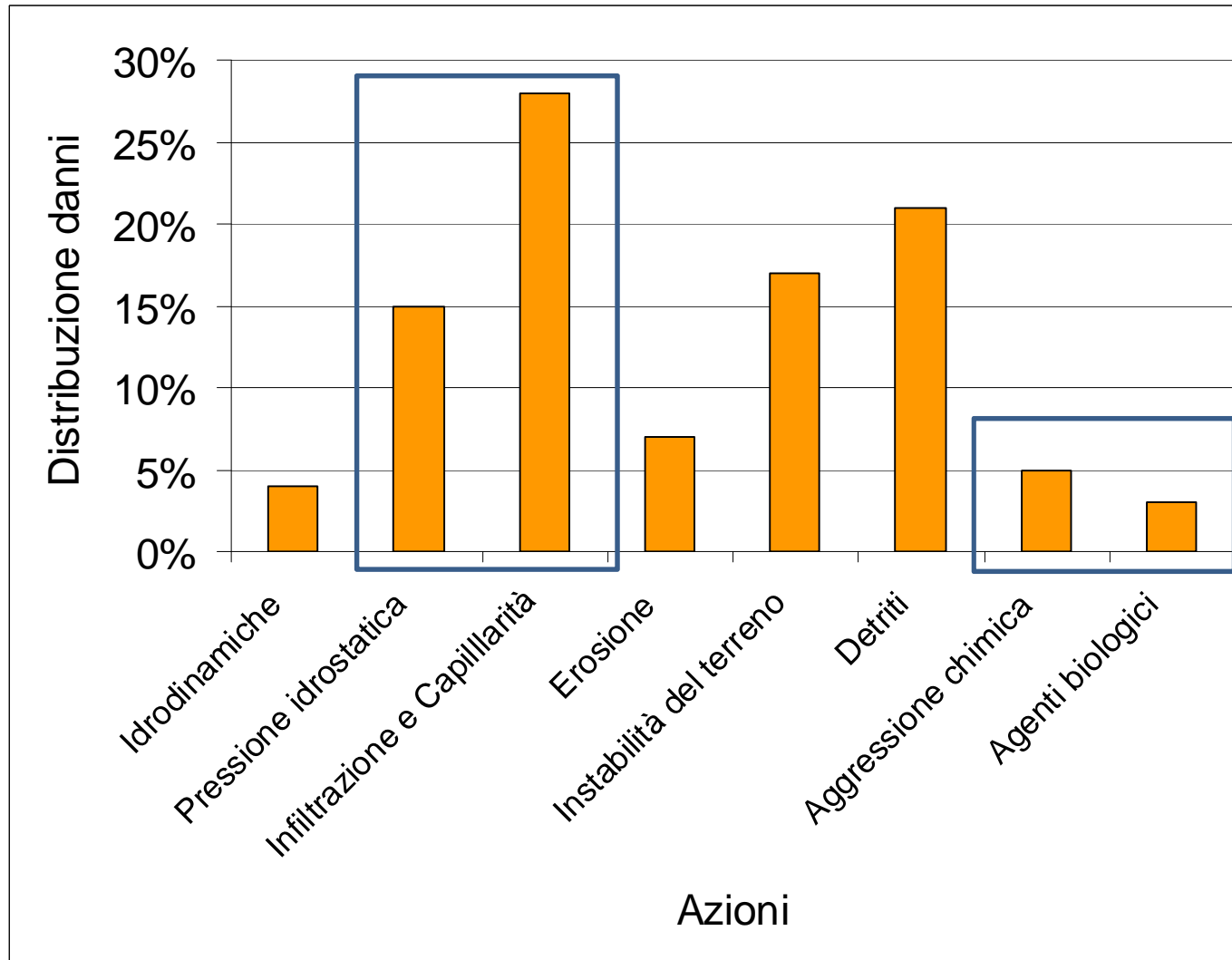
Alcune statistiche: distribuzione temporale



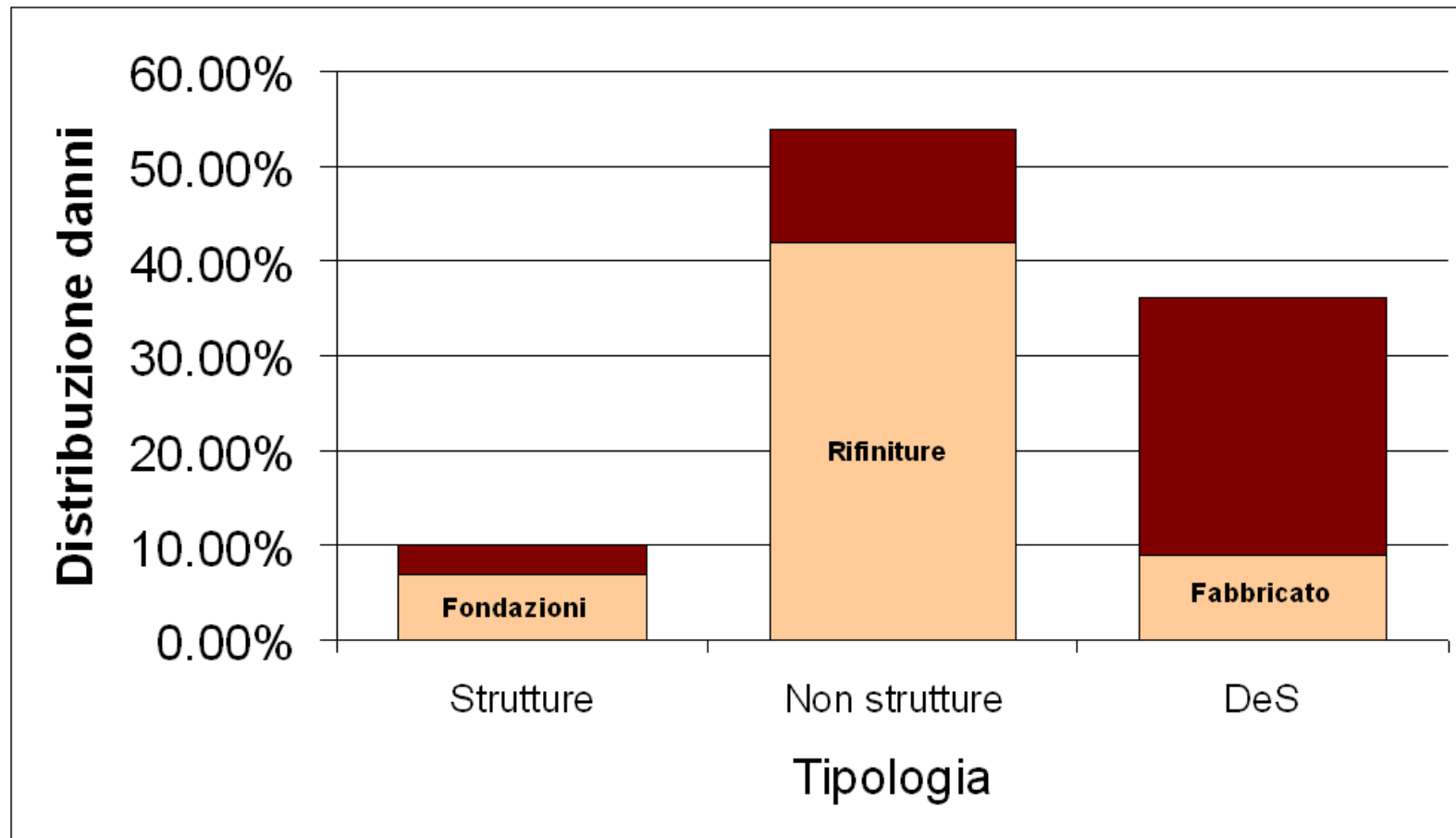
Maggiori eventi per magnitudo (1998 – 2008)



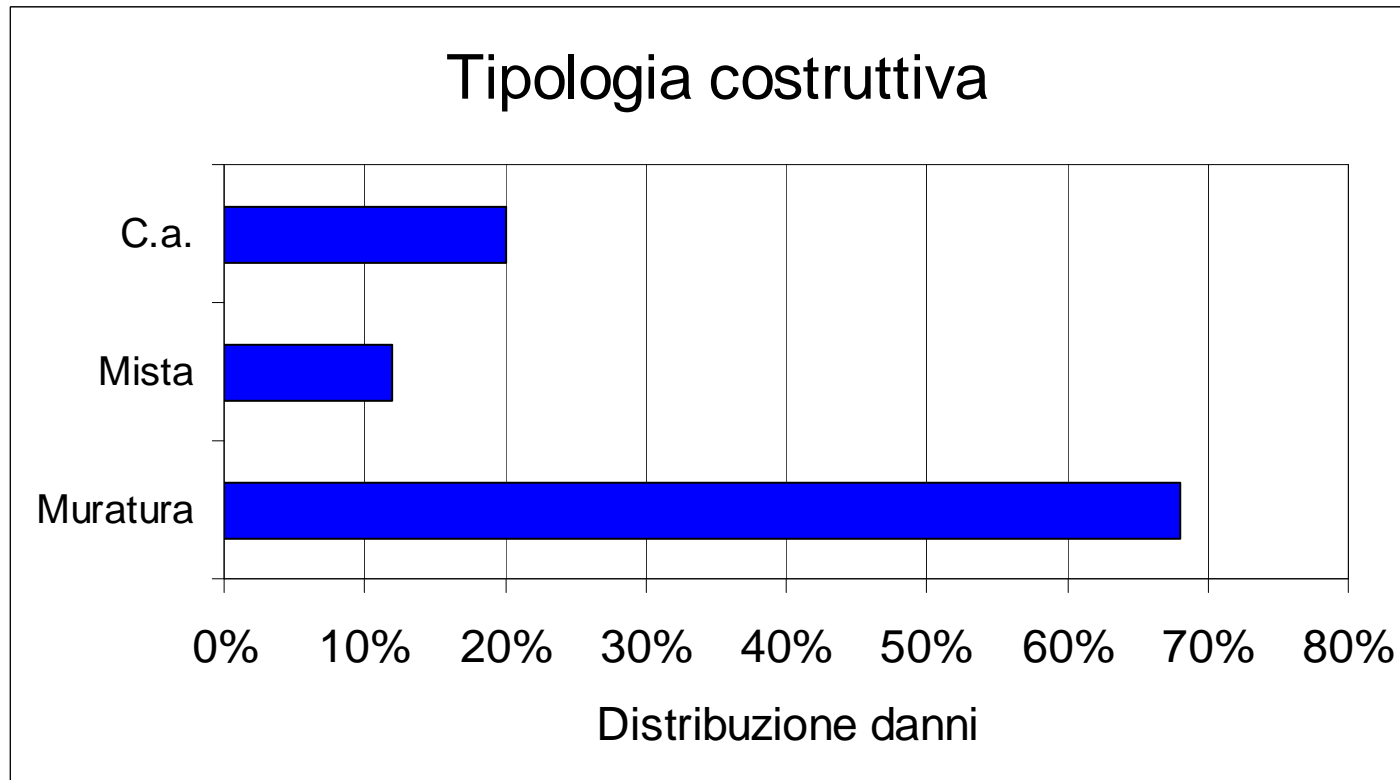
Danni: azioni fisiche



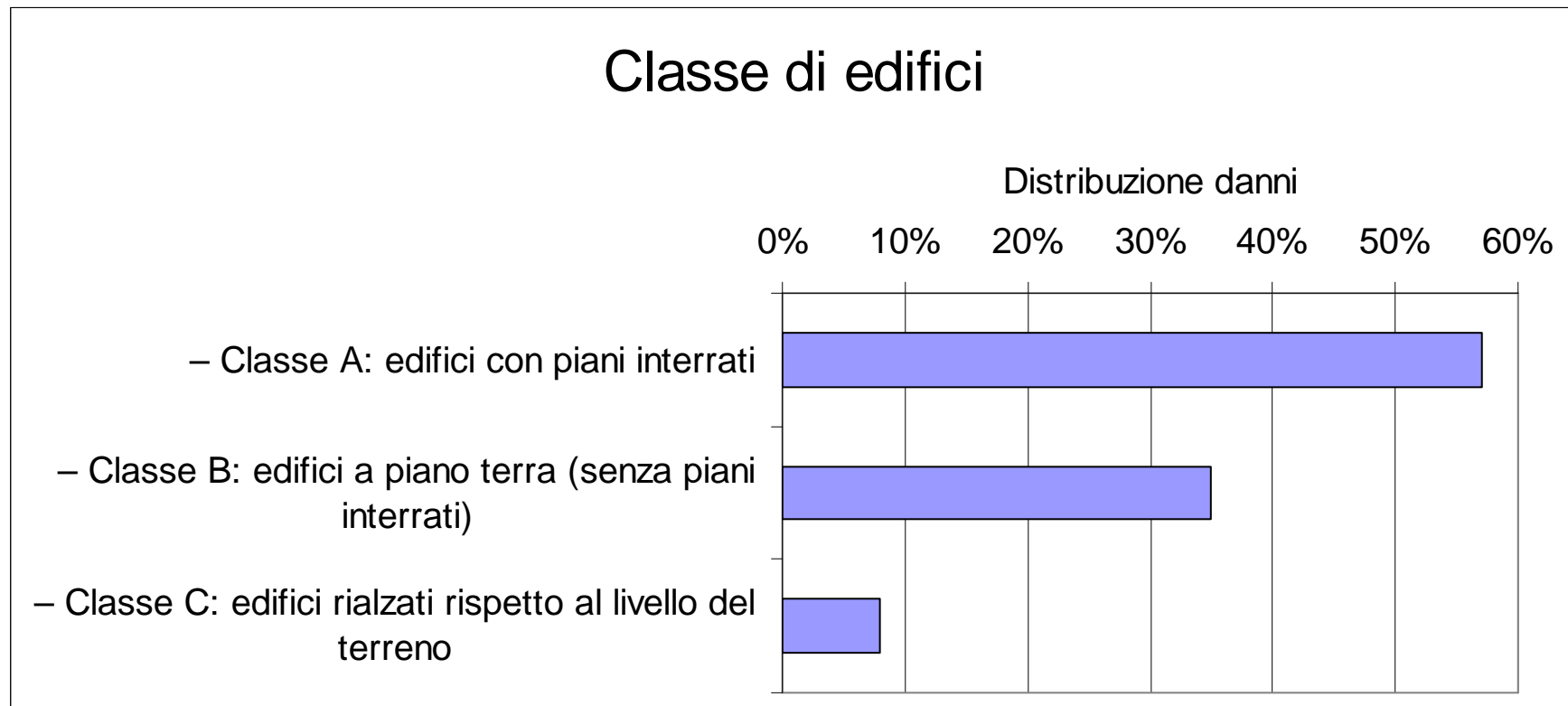
Danni: componente interessata



Danni: tipologia costruttiva



Danni: classe di edifici



Considerazioni conclusive

- L'analisi di vulnerabilità richiede un'analisi dei danni conseguenti al pericolo in esame (alluvione)
- I criteri per l'analisi post e pre-evento devono essere gli stessi (analisi di rischio = analisi di danno)
- Le azioni dell'alluvione sui fabbricati dipendono da molti fattori, ma è necessario trovare una sintesi pragmatica in funzioni di vulnerabilità applicabili ai modelli di rischio

Grazie dell'attenzione

Mario Martina

Dipartimento di Scienze della Terra

Università di Bologna

mario.martina@unibo.it