



**POLITECNICO  
DI TORINO**

 regione-piemonte.jpg



 LOGO\_CITTAMET...



**PROGETTO RESBA**

SBARRAMENTI ARTIFICIALI NEL TERRITORIO TRANSFRONTALIERO ITALIA-FRANCIA

# MONITORAGGIO DEGLI INVASI IN ESERCIZIO

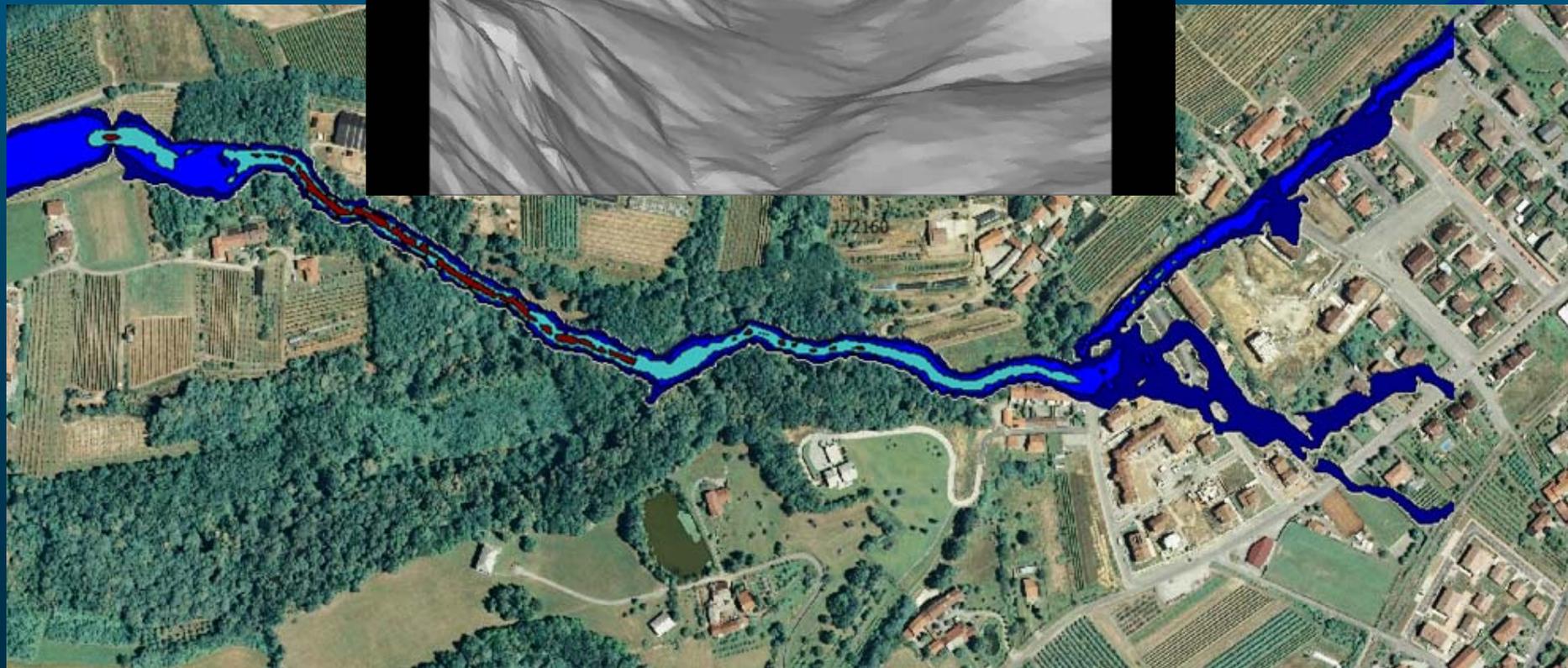
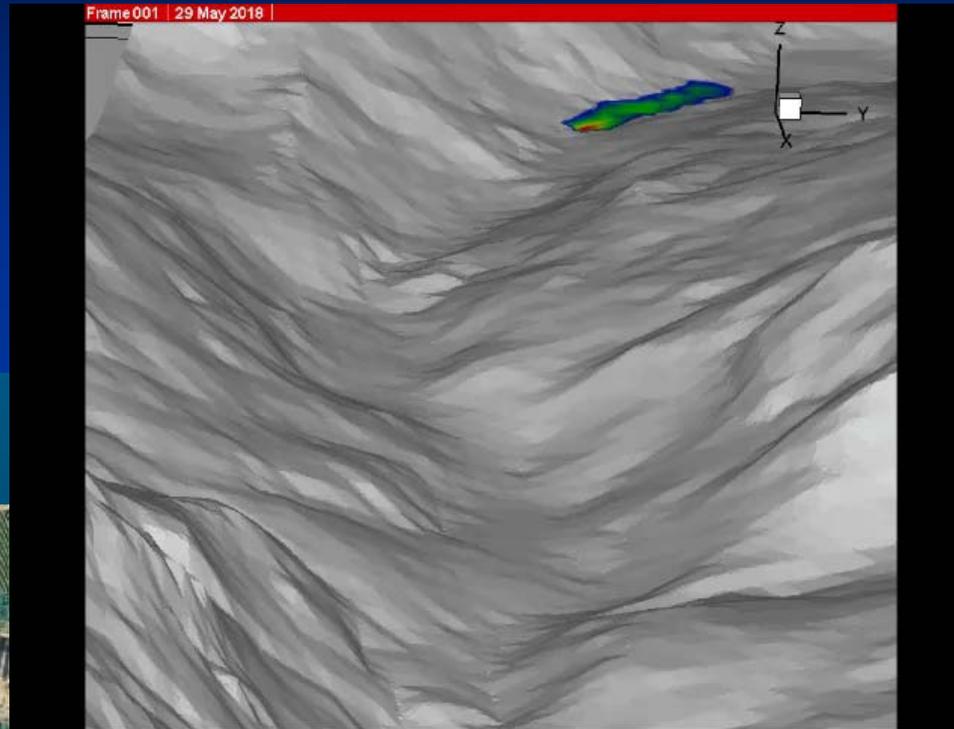
Sviluppo di uno strumento di gestione:  
Pericolosità degli invasi

27 Novembre 2019

Prof. Davide Poggi

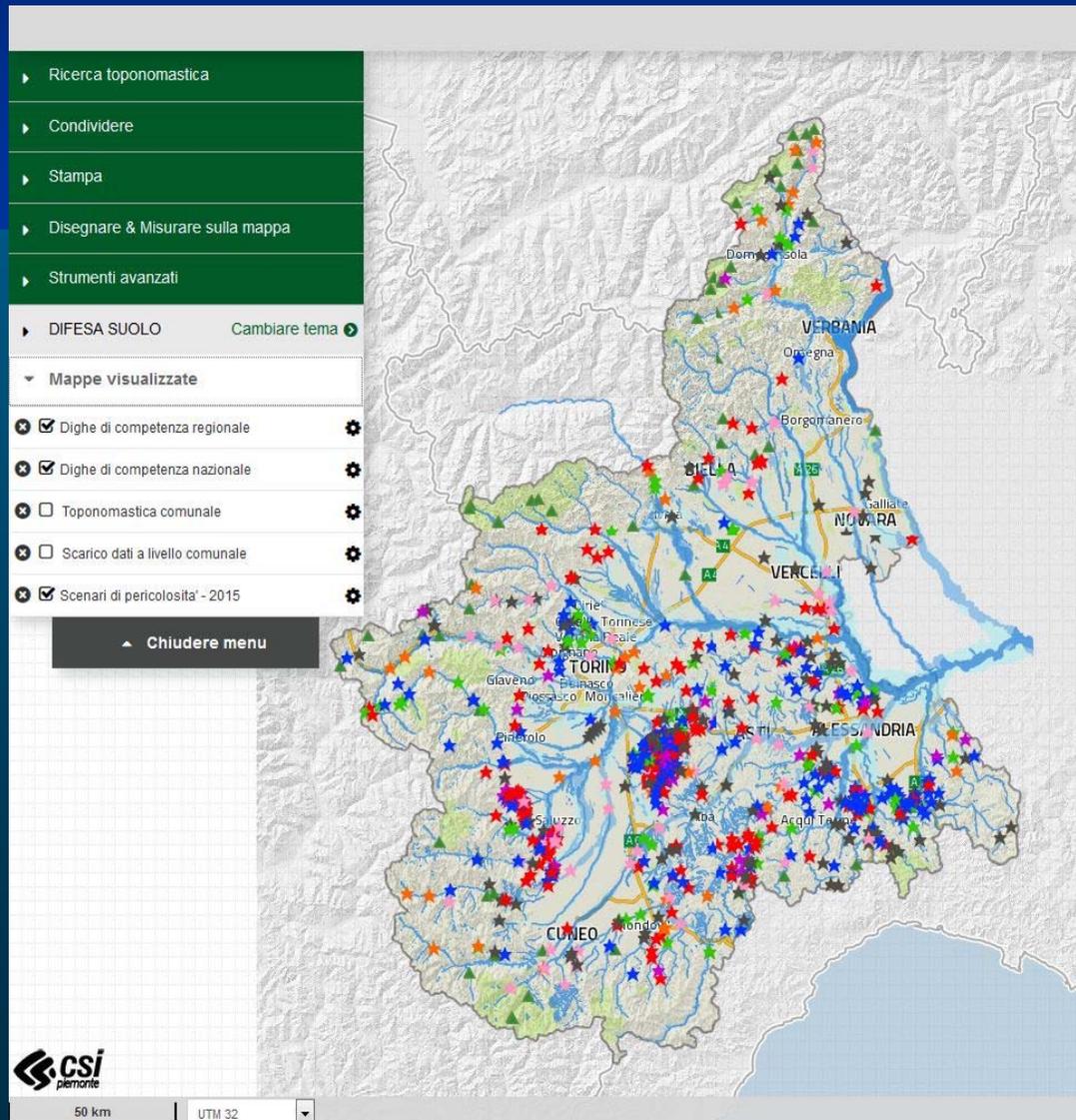
# QUADRO GENERALE

## Analisi del Rischio di Collasso



# QUADRO GENERALE

## Metodi speditivi per la mappatura del rischio a valle di dighe di competenza regionale

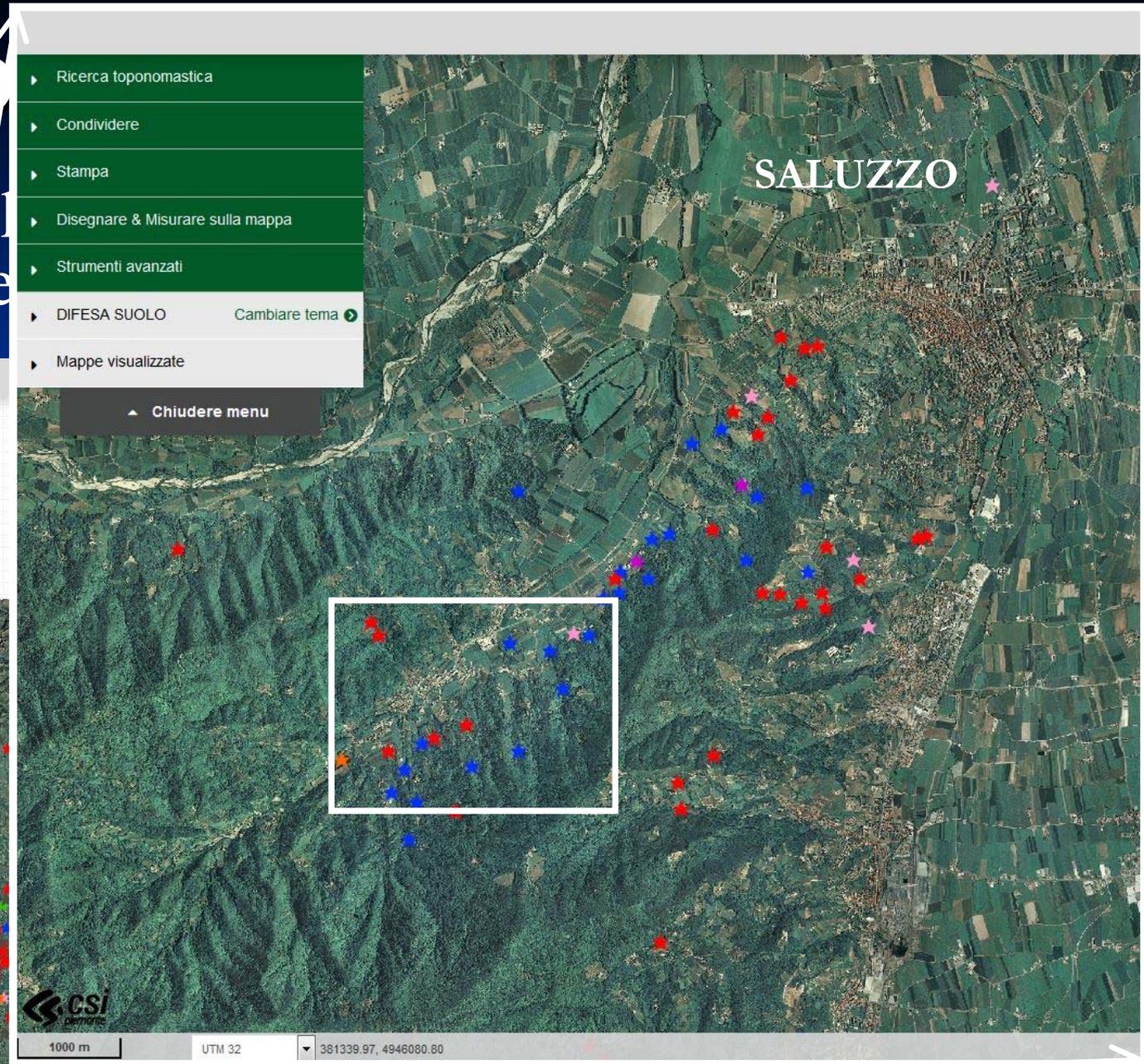
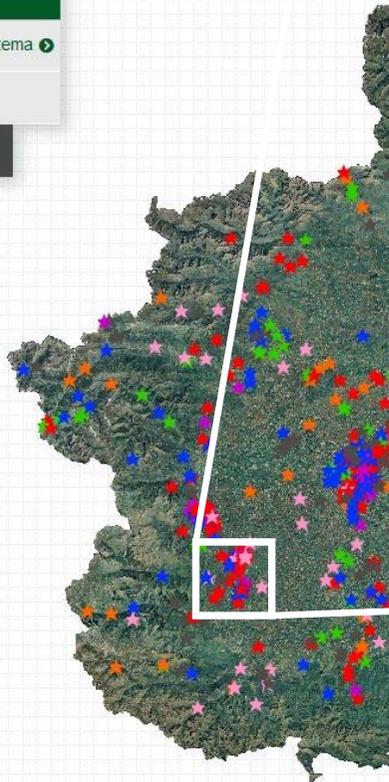


- ✓ In Piemonte i piccoli invasi attivi e censiti sono circa **700** (più di **10.000** in Italia)
- ✓ Si hanno pochi dati geometrici e costruttivi
- ✓ Gli invasi sono spesso di tipo irriguo e localizzati in contesti fortemente urbanizzati
- ✓ Condizioni idrauliche atipiche ed usualmente non affrontate

# QUADRO

## Metodi speditivi dighe

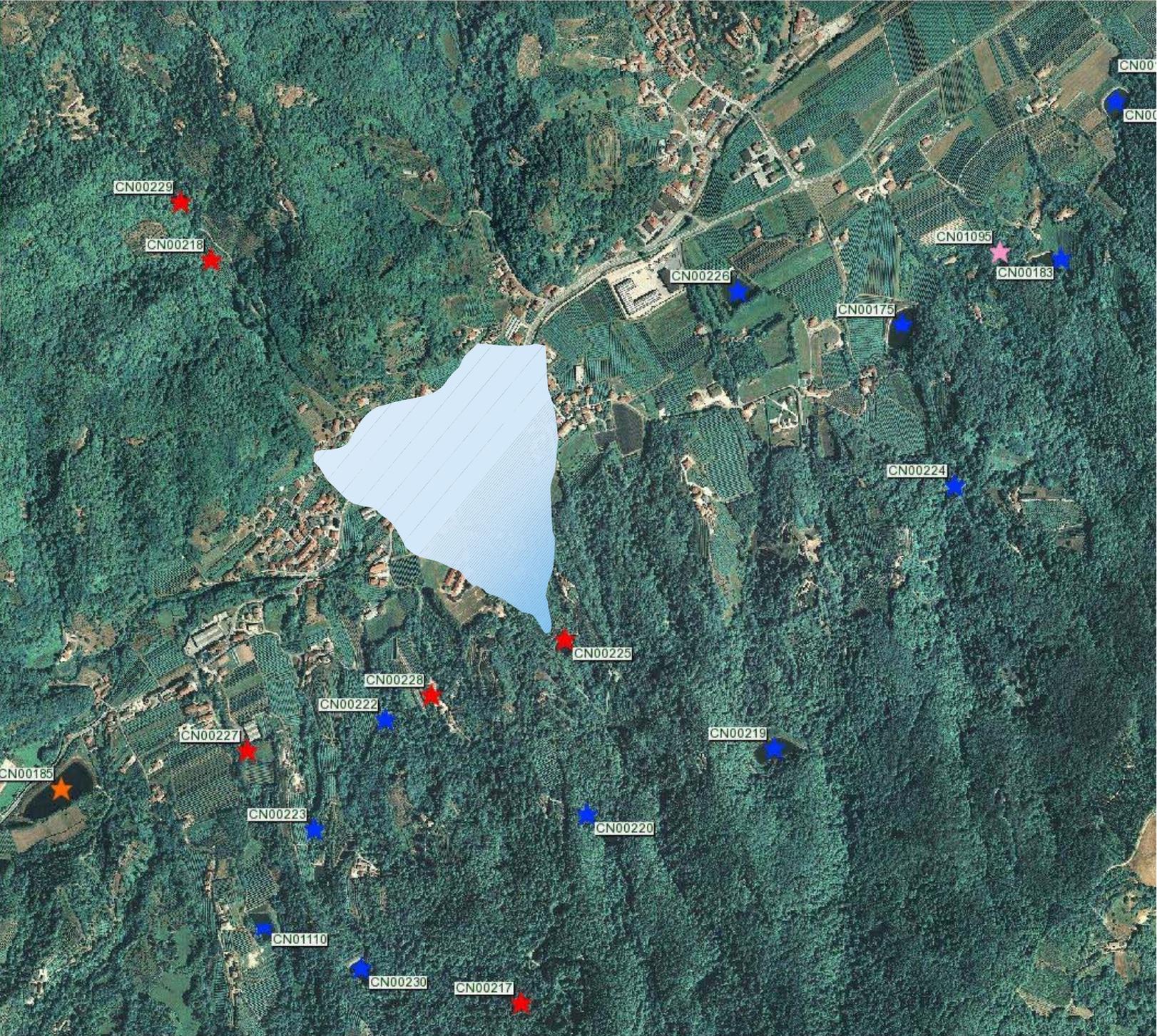
- ▶ Ricerca toponomastica
- ▶ Condividere
- ▶ Stampa
- ▶ Disegnare & Misurare sulla mappa
- ▶ Strumenti avanzati
- ▶ DIFESA SUOLO Cambiare tema
- ▶ Mappe visualizzate
- ▶ Chiudere menu



✓ Condizioni idrauliche atipiche ed usualmente non affrontate

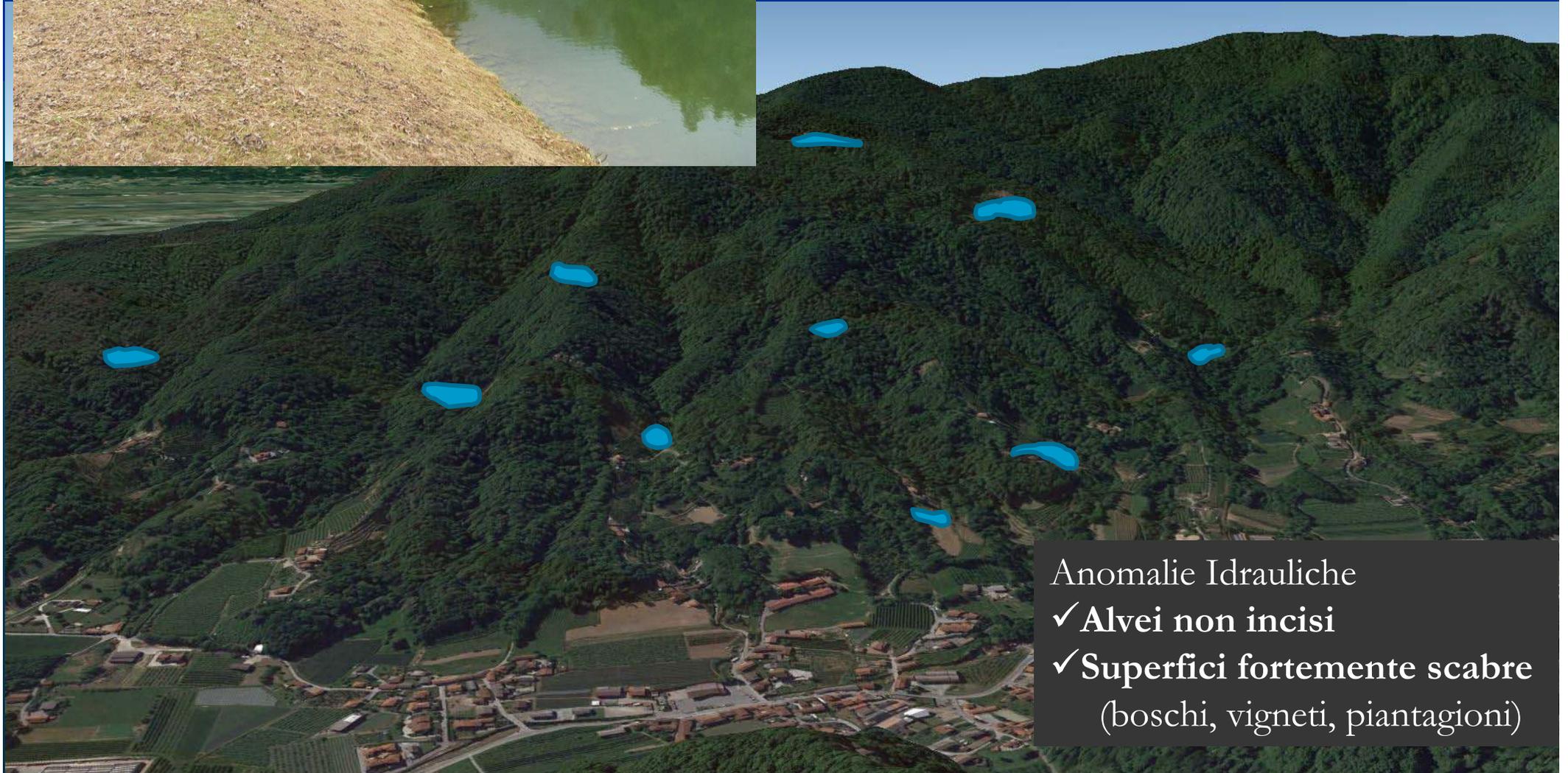
- Ricerca toponomastica
- Condividere
- Stampa
- Disegnare & Misurare sulla mappa
- Strumenti avanzati
- DIFESA SUOLO Cambiare tema
- Mappe visualizzate

▴ Chiudere menu



# ORMATIVO

Appattura del rischio a valle di  
competenza regionale

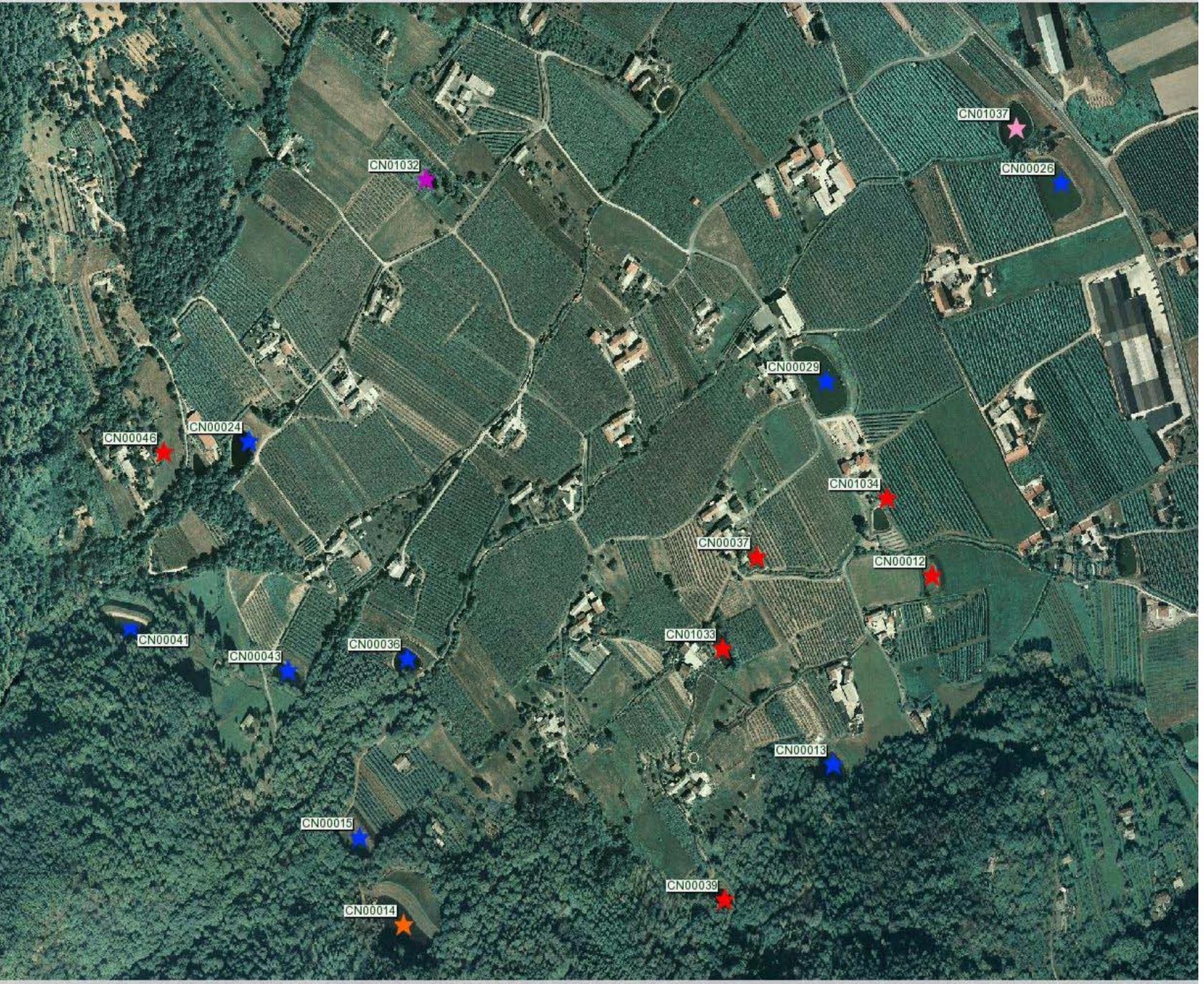


Anomalie Idrauliche

✓ Alvei non incisi

✓ Superfici fortemente scabre  
(boschi, vigneti, piantagioni)

- ▶ Ricerca toponomastica
- ▶ Condividere
- ▶ Stampa
- ▶ Disegnare & Misurare sulla mappa
- ▶ Strumenti avanzati
- ▶ DIFESA SUOLO Cambiare tema
- ▼ **Mappe visualizzate**
- Dighe di competenza regionale ⚙
- Dighe di competenza nazionale ⚙
- Toponomastica comunale ⚙
- Scarico dati a livello comunale ⚙
- Scenari di pericolosità - 2015 ⚙
- Trasparenza
- ↑ ↓ ⓘ



▲ Chiudere menu



100 m UTM 32

Geoportale Piemonte

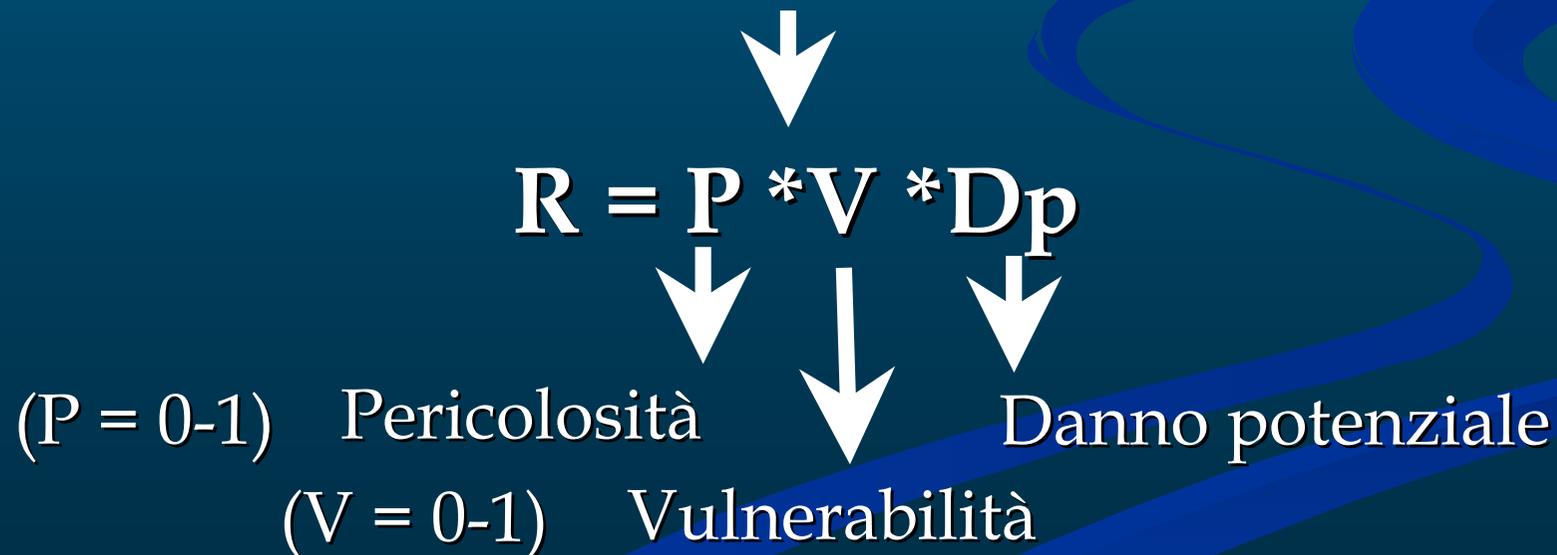
**BARGE**

# SCOPO DEL LAVORO

- ❖ Fornire una metodologia speditiva di indagine della vulnerabilità legata ai bacini di competenza regionale



## ❖ DEFINIZIONE DEL RISCHIO



# IL CALCOLO DEL RISCHIO

TEORIA

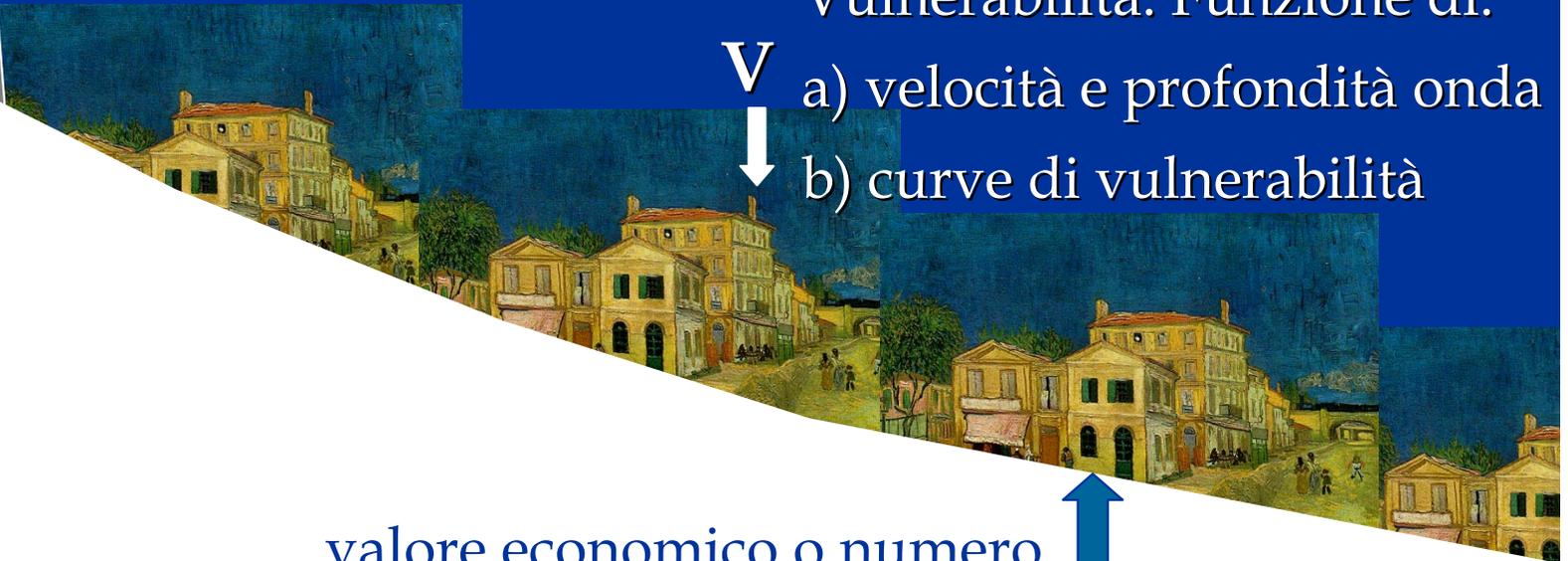
$$R = P * V * D_p$$

**P** probabilità di collasso o di  
↓  
malfunzionamento



Vulnerabilità. Funzione di:

**V**  
↓  
a) velocità e profondità onda  
b) curve di vulnerabilità



valore economico o numero  
di unità esposte all'evento

↑  
**D<sub>p</sub>**

# **IL CALCOLO DEL RISCHIO: quattro fasi di studio**

**FASE 1: Valutazione della pericolosità legata alle anomalie riscontrabili su ogni vaso**

**FASE 2: Valutazione delle caratteristiche fisiche dell'onda di dam break (velocità media e profondità)**

**FASE 3: Valutazione e quantificazione delle curve di vulnerabilità**

**FASE 4: Valutazione del danno potenziale nei territori a valle degli sbarramenti**

## FASE 1: Valutazione della pericolosità

### *Esigenza:*

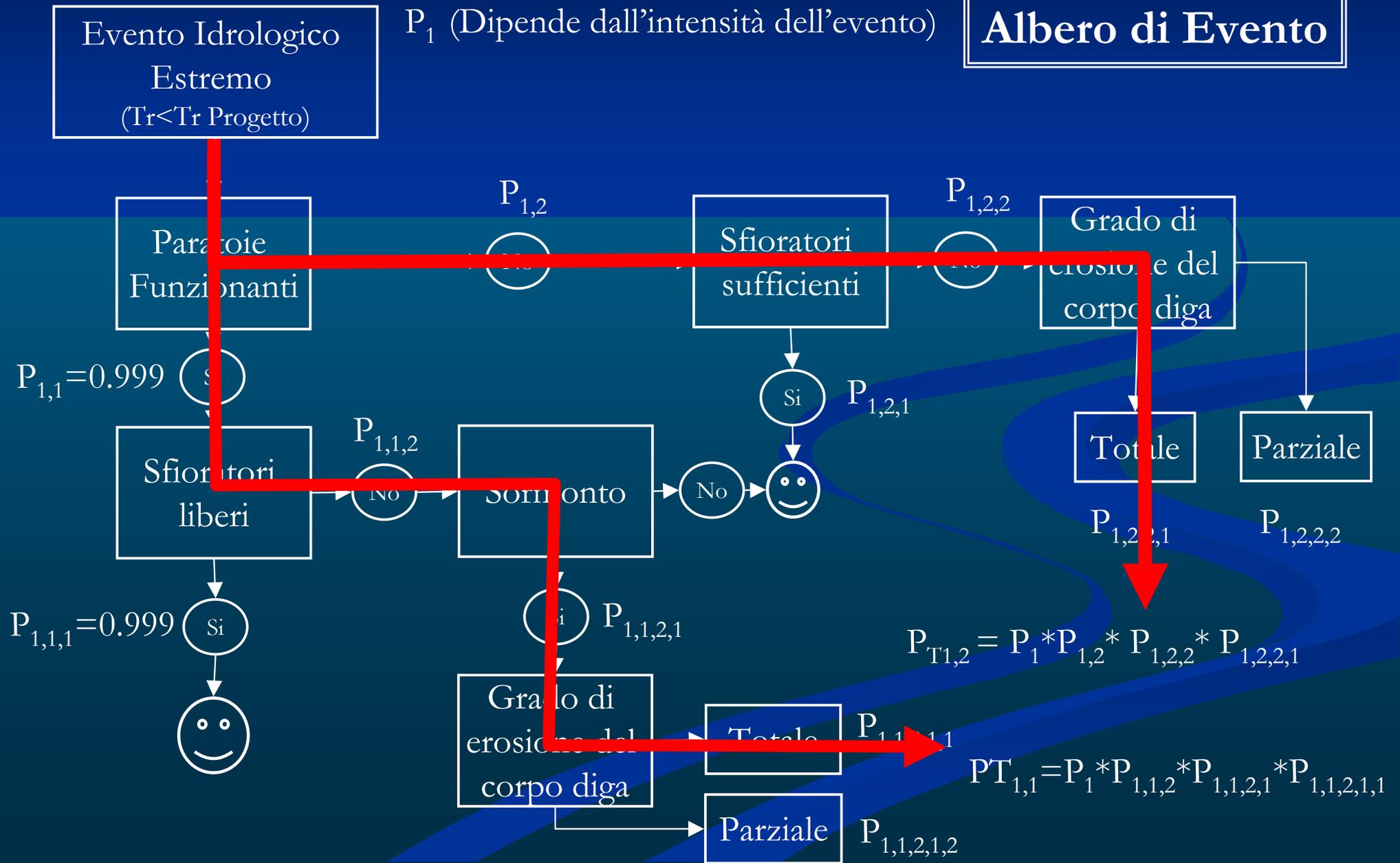
- Sviluppare una metodologia di calcolo della pericolosità applicabile alle **dighe di competenza Regionale**
- La metodologia deve essere **semplice, robusta, ricorsiva** ed in grado di fornire un risultato in tempi molto rapidi
- Deve essere compatibile con la procedura di **ispezione periodica** che i tecnici della Regione effettuano agli sbarramenti

### *Procedura proposta*

- ispezione
  - rilevazione delle caratteristiche e delle anomalie
  - valutazione quantitativa delle anomalie
  - assegnazione del **livello di PERICOLOSITA'** dell'invaso
- 1) Ricerca delle dighe più PERICOLOSE  
2) Valutazione degli interventi di riabilitazione
- 

# FASE 1: Valutazione della pericolosità

## Albero di Evento



# FASE 1: Valutazione della pericolosità

**RISCHIO Totale di un  
“PARCO DIGHE”**

**Albero di Evento**

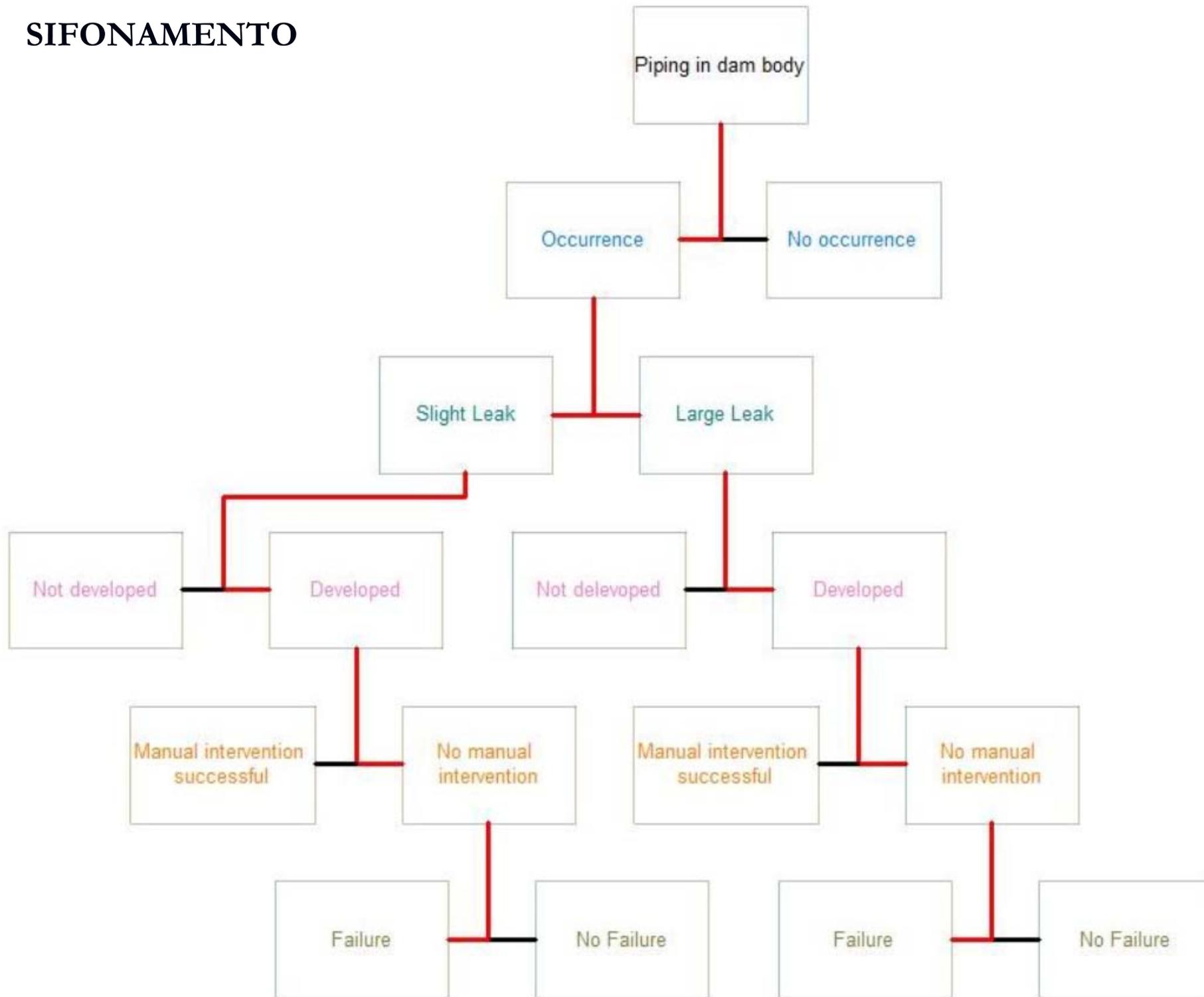
**Parco dighe molto numeroso**

**PROBLEMI:**

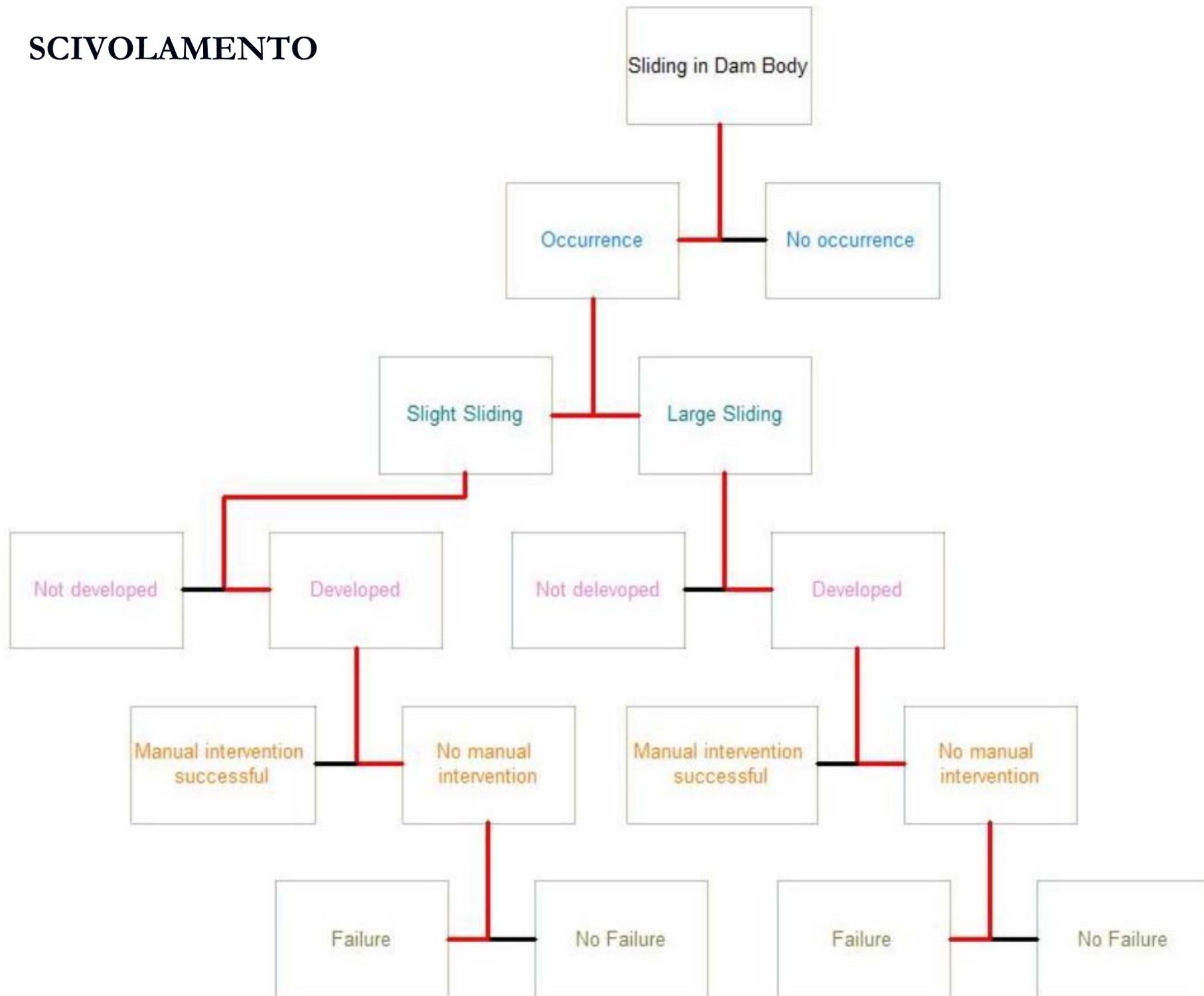
- a) **Come costruisco tutti i possibili alberi d'evento?**
- b) **Come cerco tutte le anomalie**
- c) **Come quantifico le probabilità di accadimento di ogni anomalia**
- d) **Come lego tra di loro gli alberi di evento e le anomalie?**

**ESEMPIO  
REGIONE PIEMONTE**

# SIFONAMENTO

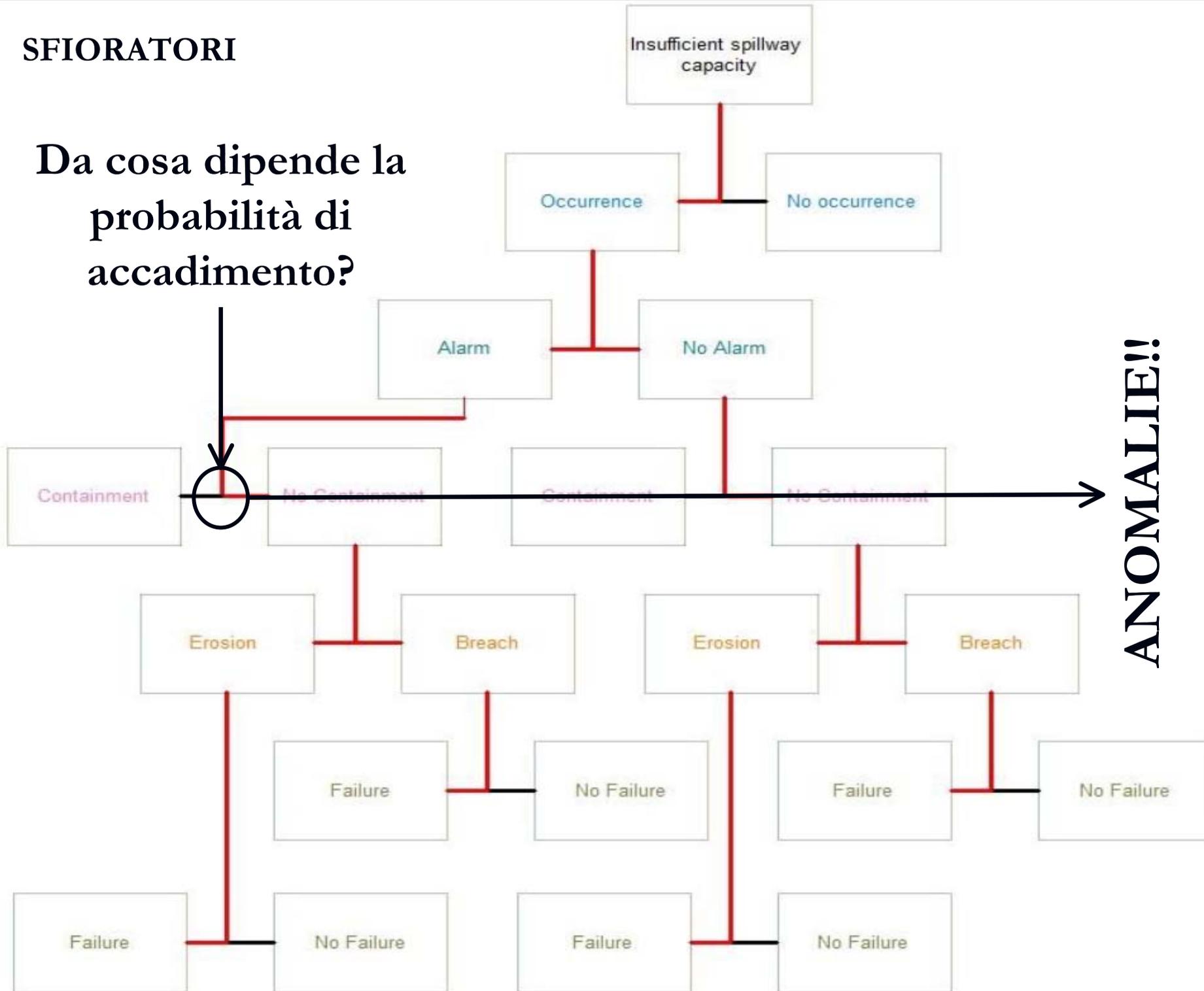


# SCIVOLAMENTO



# SFIORATORI

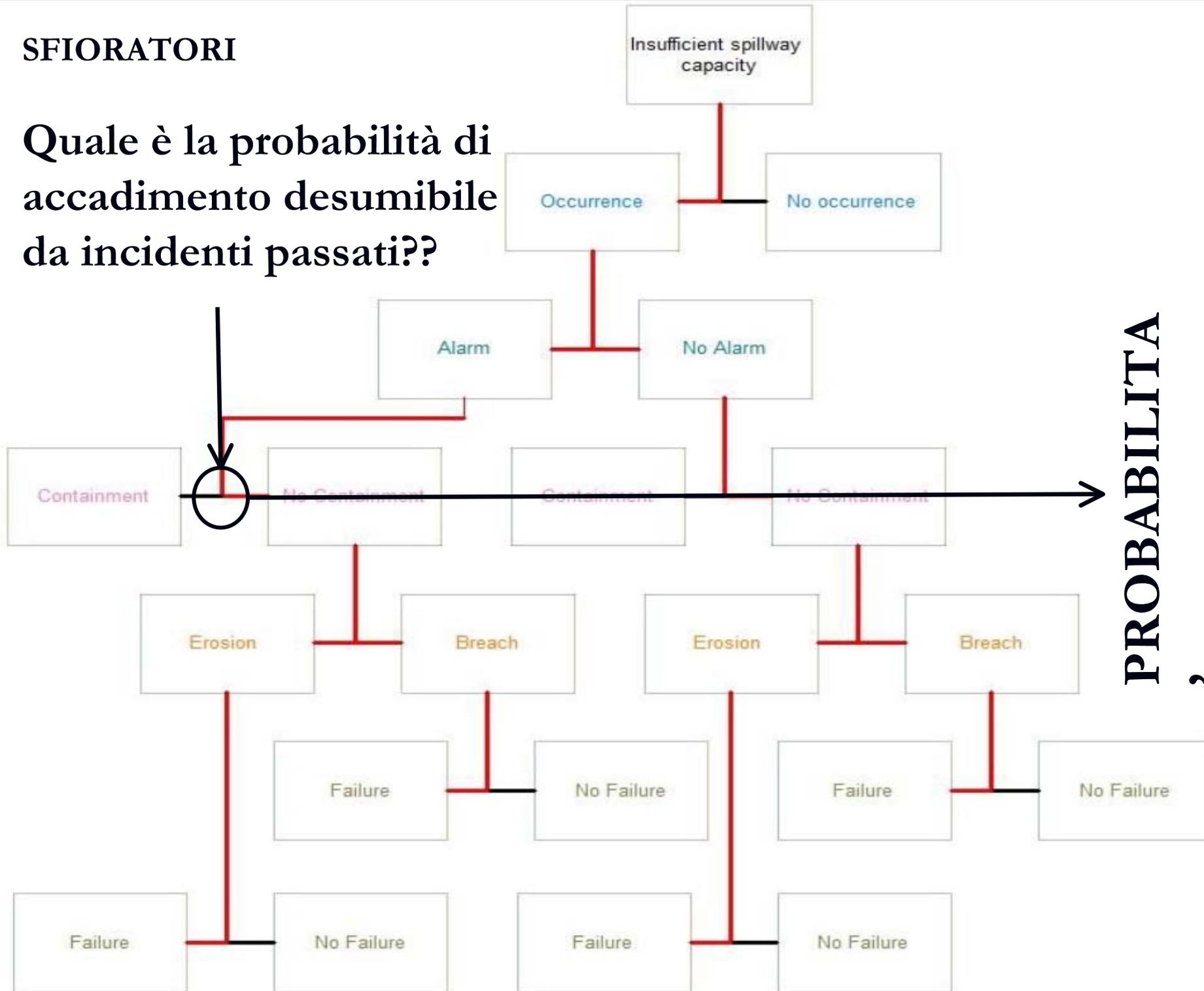
Da cosa dipende la probabilità di accadimento?



ANOMALIE!!

# SFIORATORI

Quale è la probabilità di accadimento desumibile da incidenti passati??



# Quale è la probabilità di accadimento desumibile da incidenti passati??

## Principali database esistenti nel mondo



“International Commission On Large Dams”, organizzazione non governativa (1928). Informazioni dettagliate su 58 000 dighe distribuite in tutto il pianeta



“National Performance of Dams Programs”, Università di Stanford (dal 1994). Il database conta 84100 dighe al 2009, l’81% delle dighe inventariate è realizzato in terra

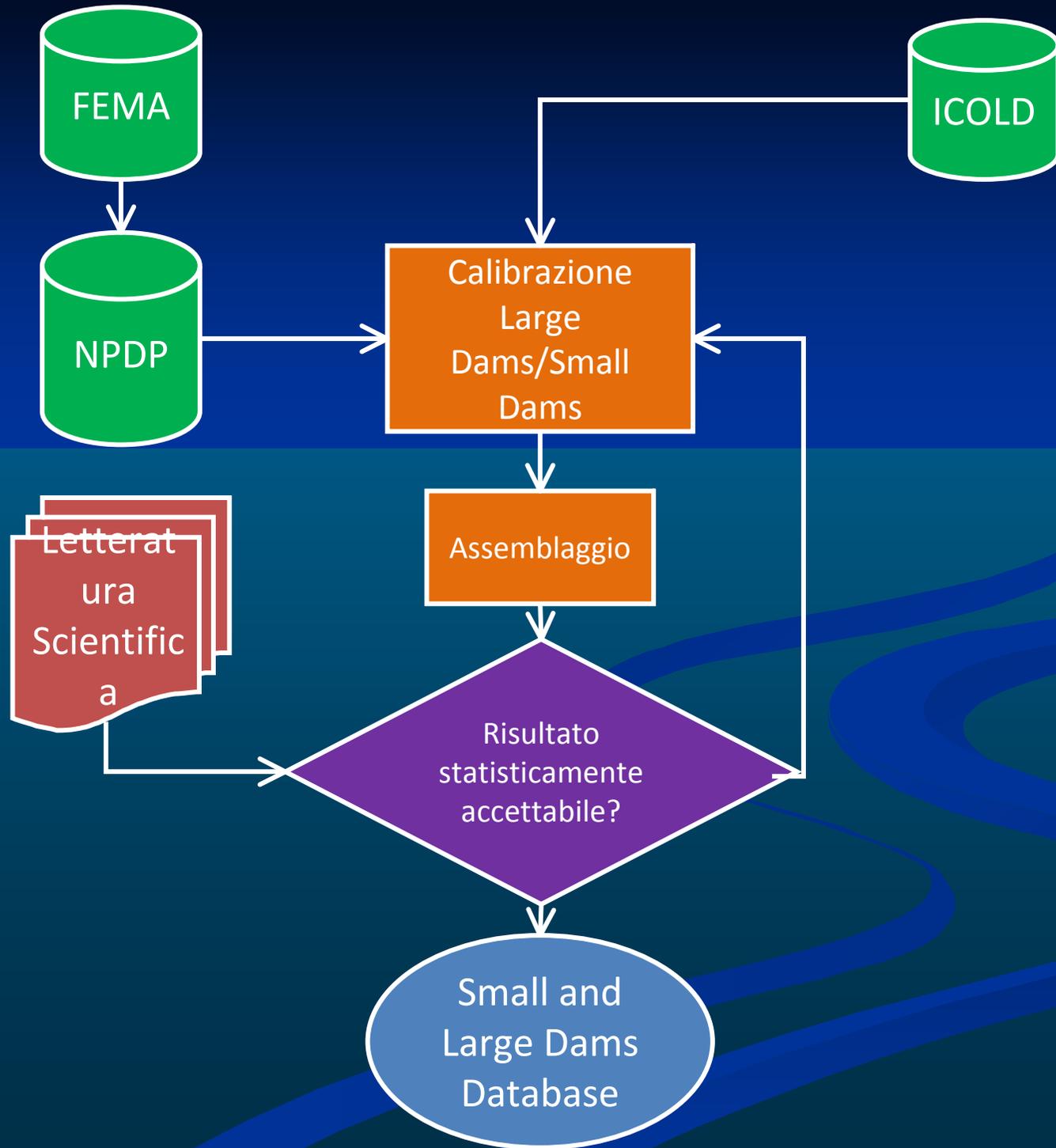


“National Inventory of Dams”, Federal Emergency Management Agency

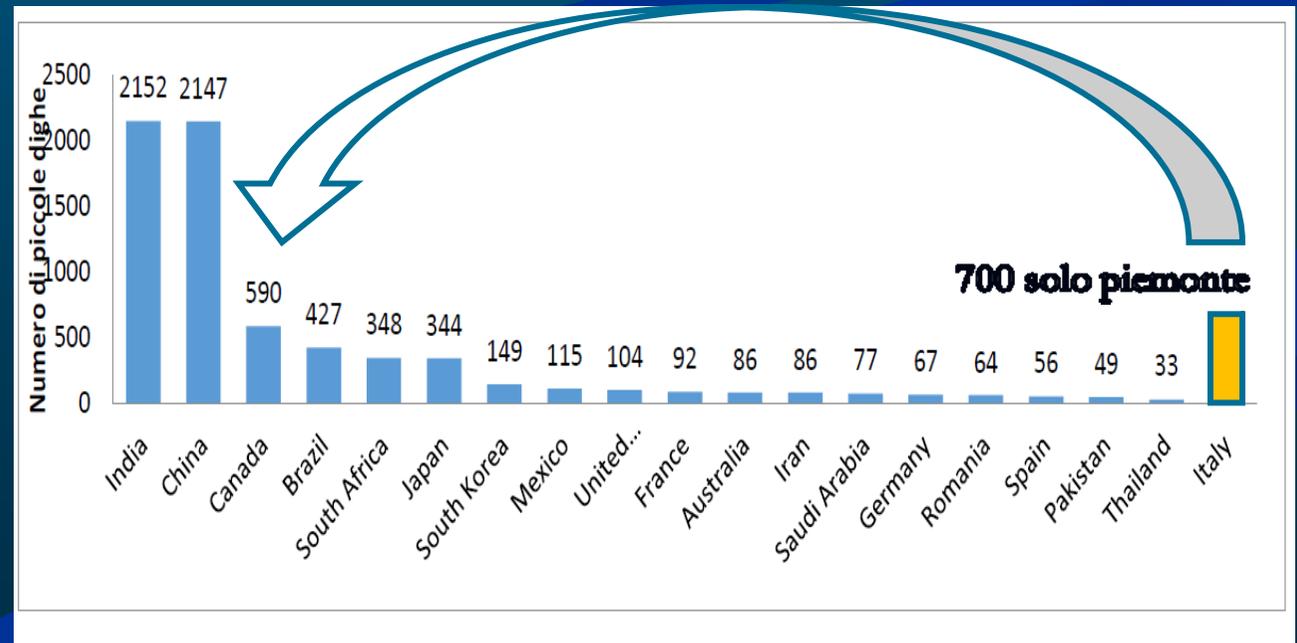
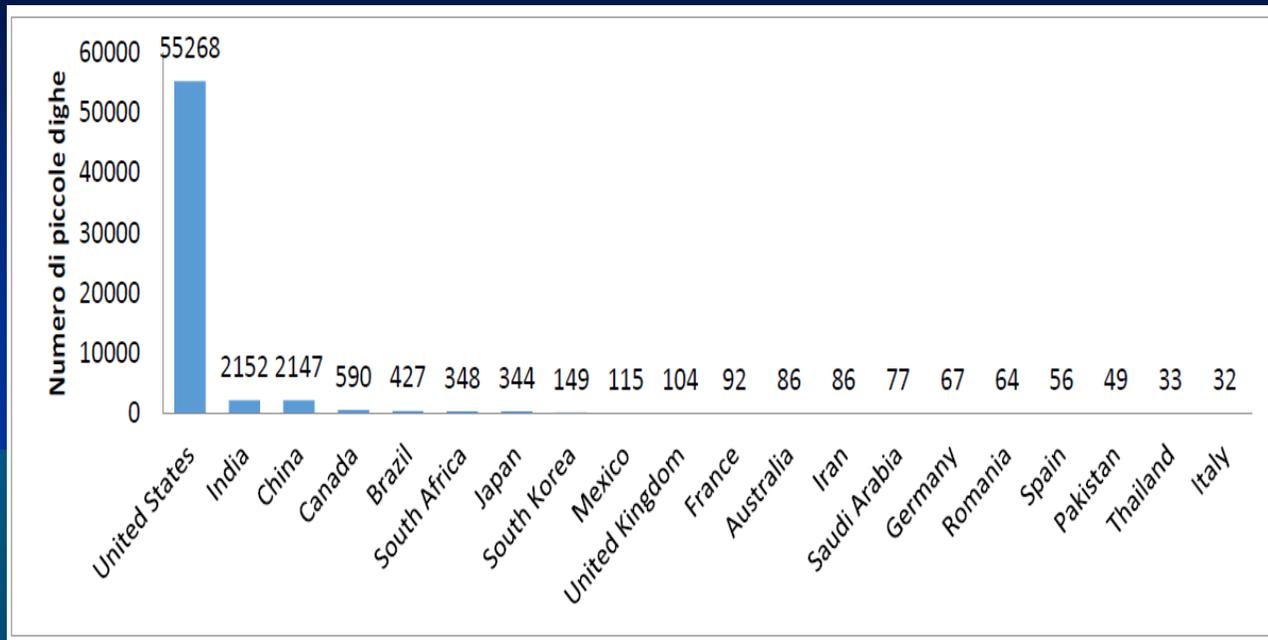


”*Analysis, Research and Information on Accidents*”, sviluppata dal BARPI (Bureau d’Analyse des Risques et Pollution Industriels) eventi potenzialmente dannosi per l’ambiente, la sicurezza pubblica o la salute dei cittadini.

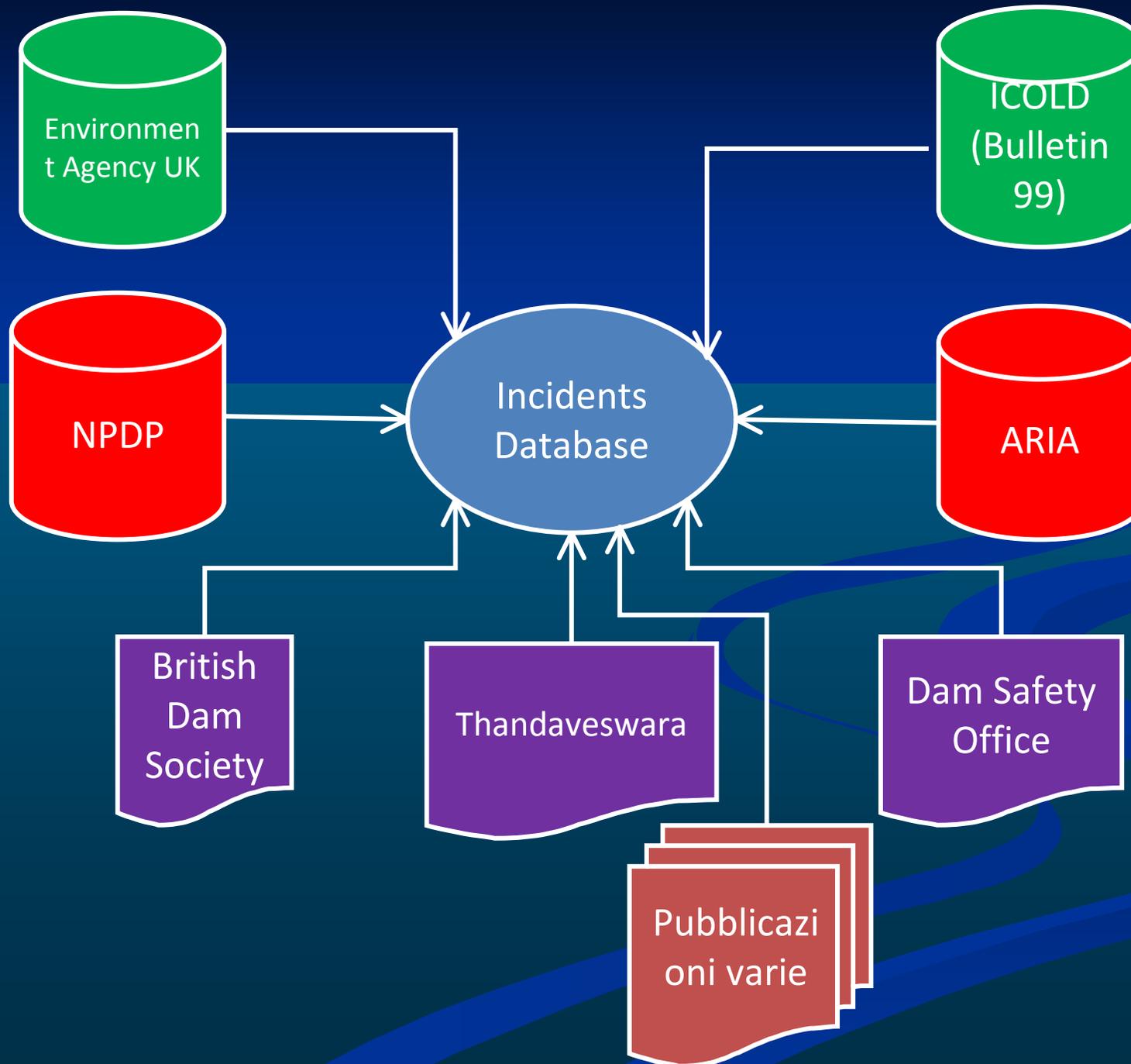
# REALIZZAZIONE DATABASE DIGHE



# PICCOLE DIGHE (PRIMI 20 STATI)

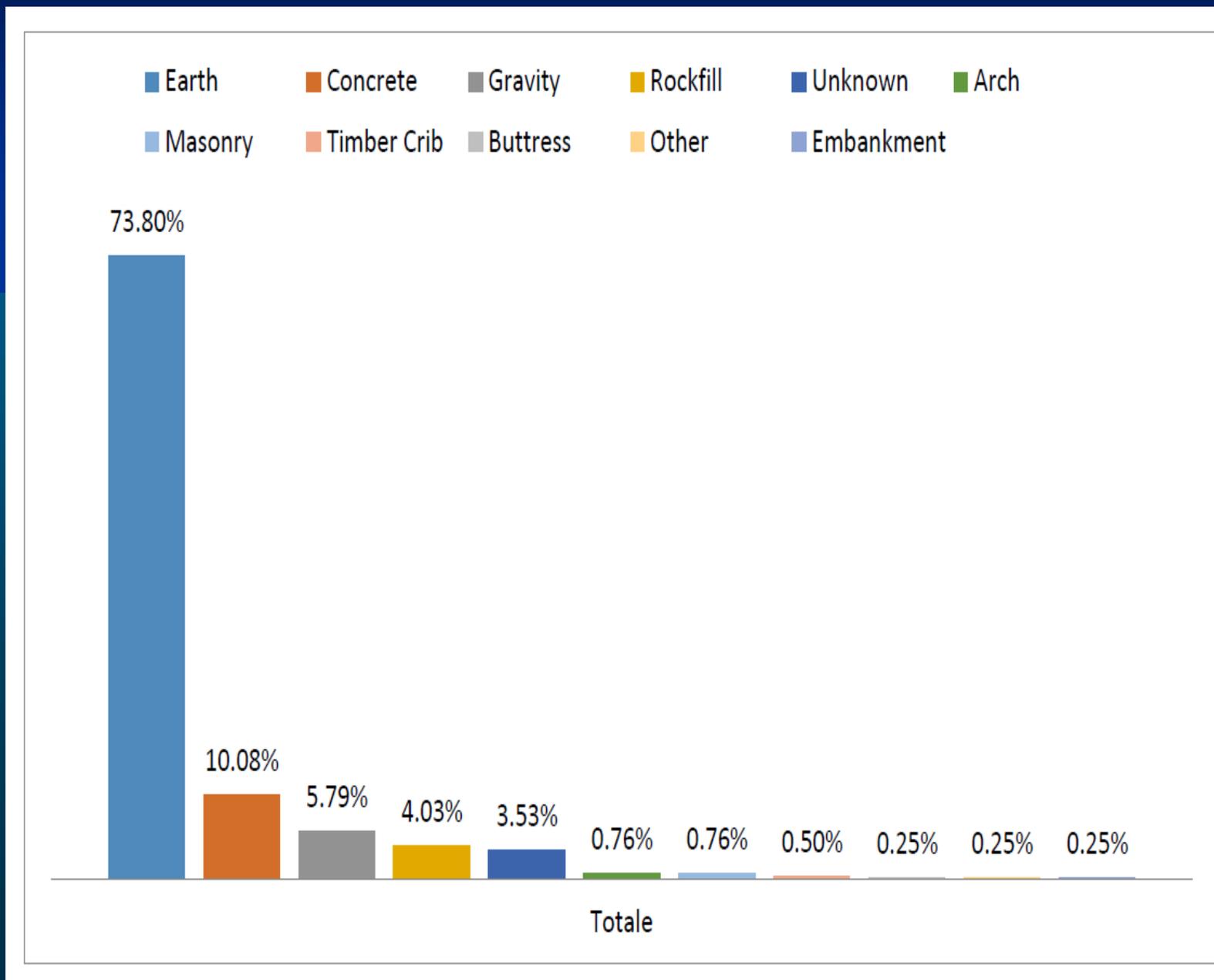


# COSTRUZIONE DATABASE INCIDENTI

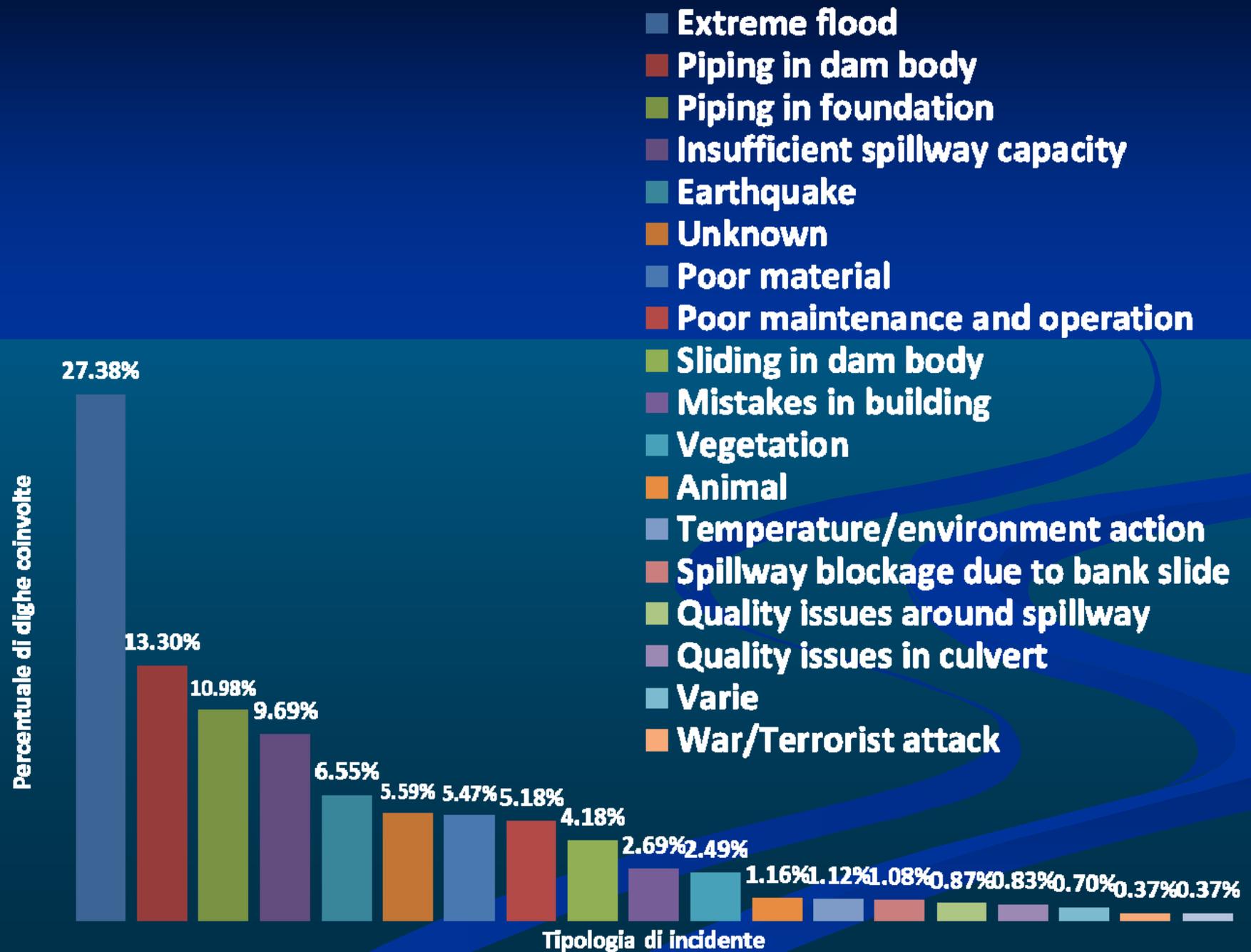


# COSTRUZIONE DATABASE INCIDENTI

Percentuale degli incidenti di PICCOLE dighe per tipologia



## Suddivisione causale degli incidenti



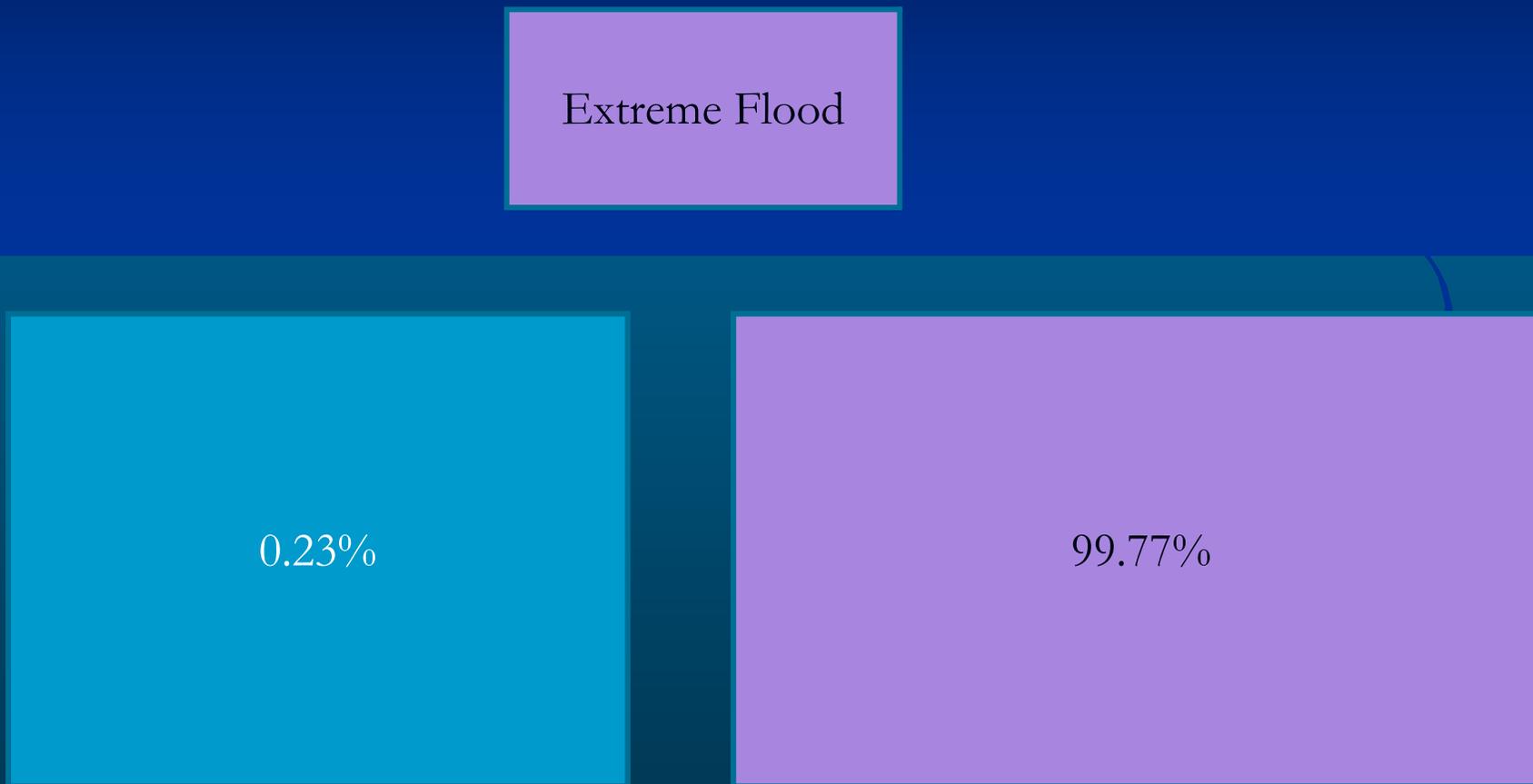
Quale è la probabilità di accadimento  
desumibile da eventi già avvenuti??



700 casi  
documentati

Quale è la probabilità di accadimento  
desumibile da eventi già avvenuti??

Occurrence/No Occurrence



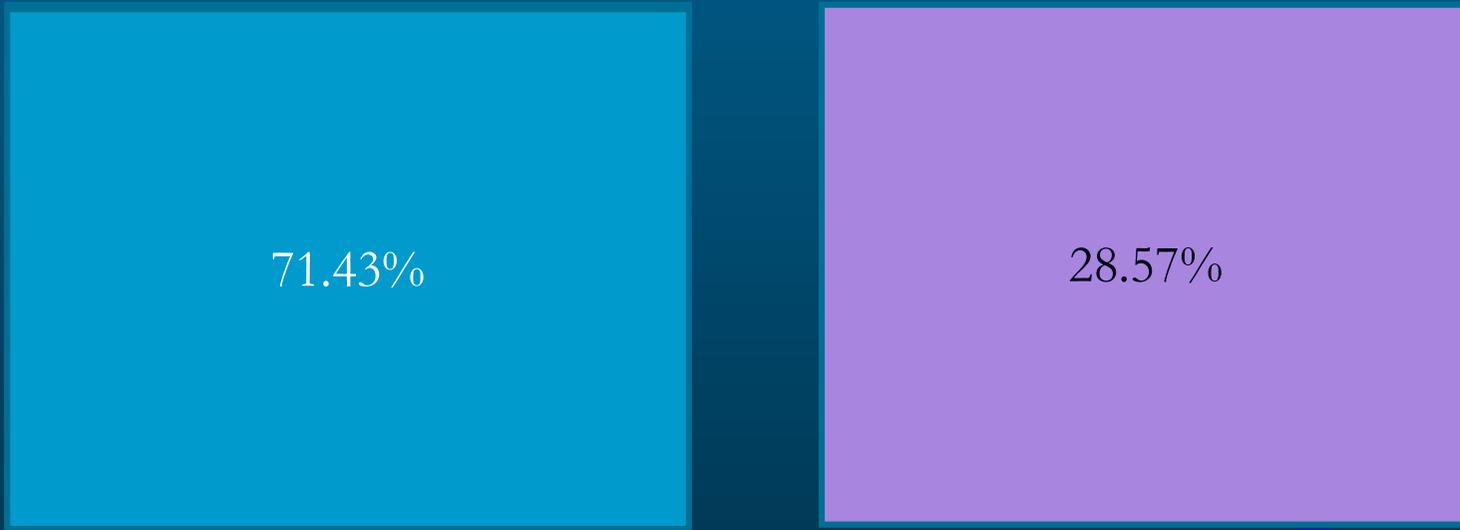
Quale è la probabilità di accadimento  
desumibile da eventi già avvenuti??

Alarm/No Alarm

Occurrence

71.43%

28.57%



Quale è la probabilità di accadimento  
desumibile da eventi già avvenuti??

## Containment/No Containment

Alarm

87.06%

(58.33% da “No  
Alarm”)

12.94%

(41.67% da “No  
Alarm”)

Quale è la probabilità di accadimento  
desumibile da eventi già avvenuti??

## Erosion/Breach

No  
Containment

81.82%

(60.00% da “No  
Alarm)

18.18%

(40.00% da “No  
Alarm)

Quale è la probabilità di accadimento  
desumibile da eventi già avvenuti??

## Failure/No Failure

Erosion

71.43%

(50.00% da "Breach")

(33.33% da "No  
Alarm")

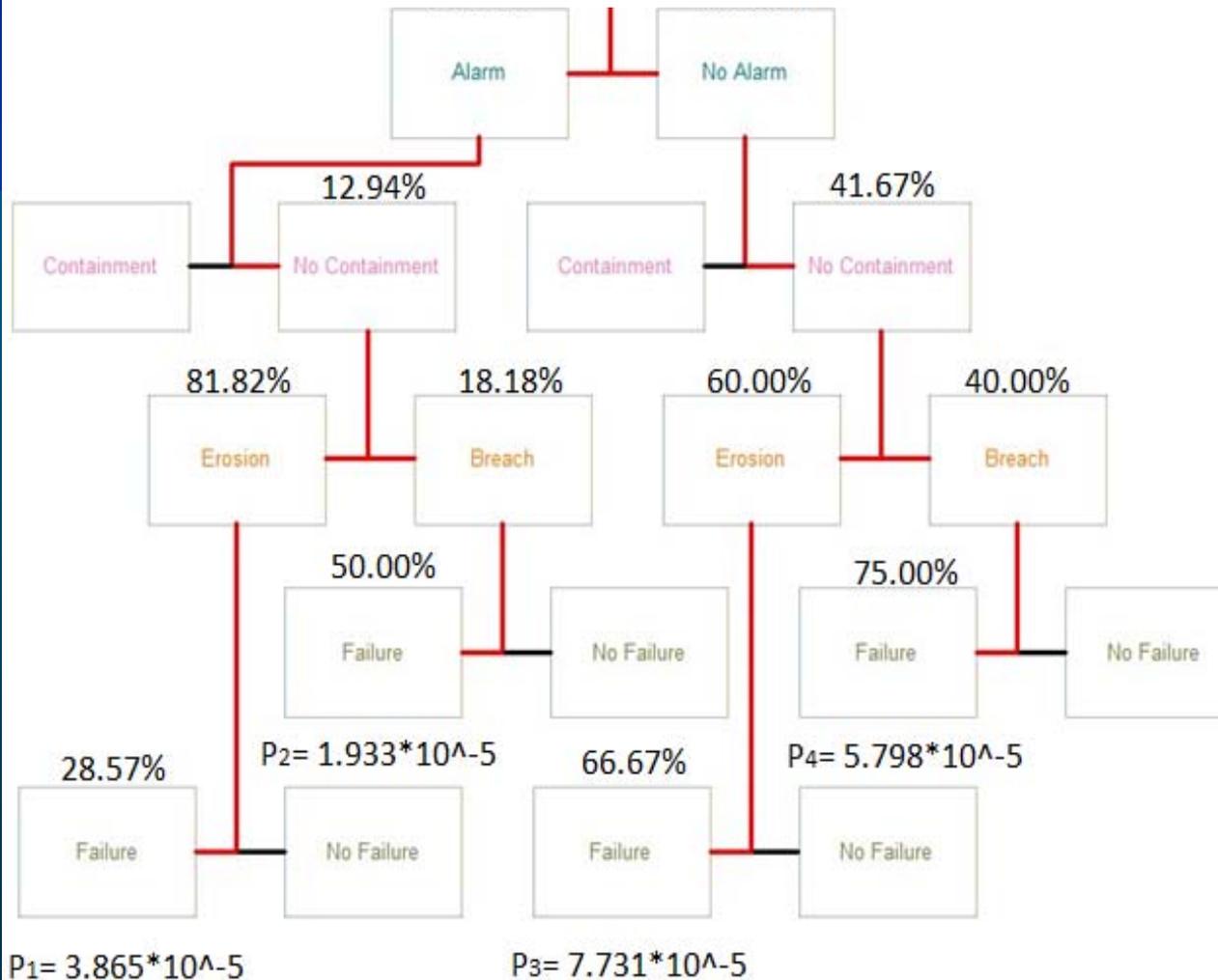
28.57%

(50% da "Breach")

(66.67% da "No  
Alarm")

# Quale è la probabilità di accadimento desumibile da eventi già avvenuti??

Alarm	No Contenimento	Erosione	Failure	3.86555E-05
Alarm	No Contenimento	Breccia	Failure	1.93277E-05
No Alarm	No Contenimento	Erosione	Failure	7.73109E-05
No Alarm	No Contenimento	Breccia	Failure	5.79832E-05
			TOTALE	1.93E-04

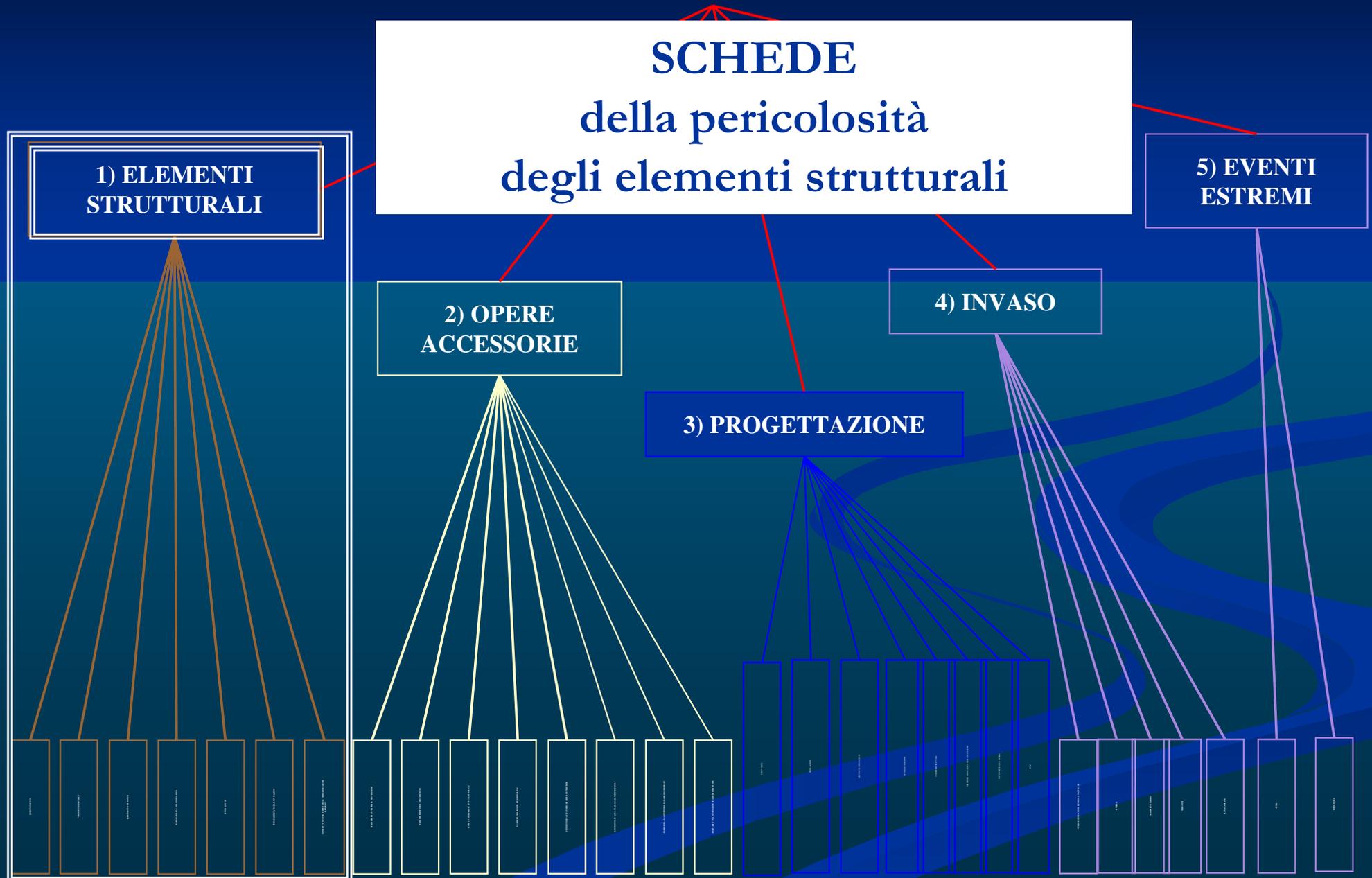


# Da cosa dipende la probabilità di accadimento?



# DIGA IN MATERIALE SCIOLTO

## - ANOMALIE -



# MA LA PERICOLOSITA' ?

## CORONAMENTO

- PROTEZIONE
- CEDIMENTI
- ALLINEAMENTO
- FESSURAZIONI
- EROSIONI
- LATO VALLE
- LATO MONTE

## PARAMENTO DI VALLE

- PROGETTAZION
- VEGETAZIONE
- ALBERI
- FESSURAZIONI
- EROSIONI
- SIFONAMENTO
- PROTEZIONE
- MOVIMENTI
- RILEVATO

## DI MONTE

- PROGETTAZION
- VEGETAZIONE
- ELEMENTI DI
- MOVIMENTI
- MOVIMENTI

## DEL CORPO DIGA

- DRENAGGIO
- PARAMENTO
- NUCLEO
- ALTRI.
- SATURAZIONE
- FILTRAZIONE
- SIFONAMENTO

## FONDAZIONI

- ELEMENTI
- FILTRAZIONE
- SIFONAMENTO

- DIFFERENZIA
- PROGETTAZION
- DEFORMAZION





## VEGETAZIONE

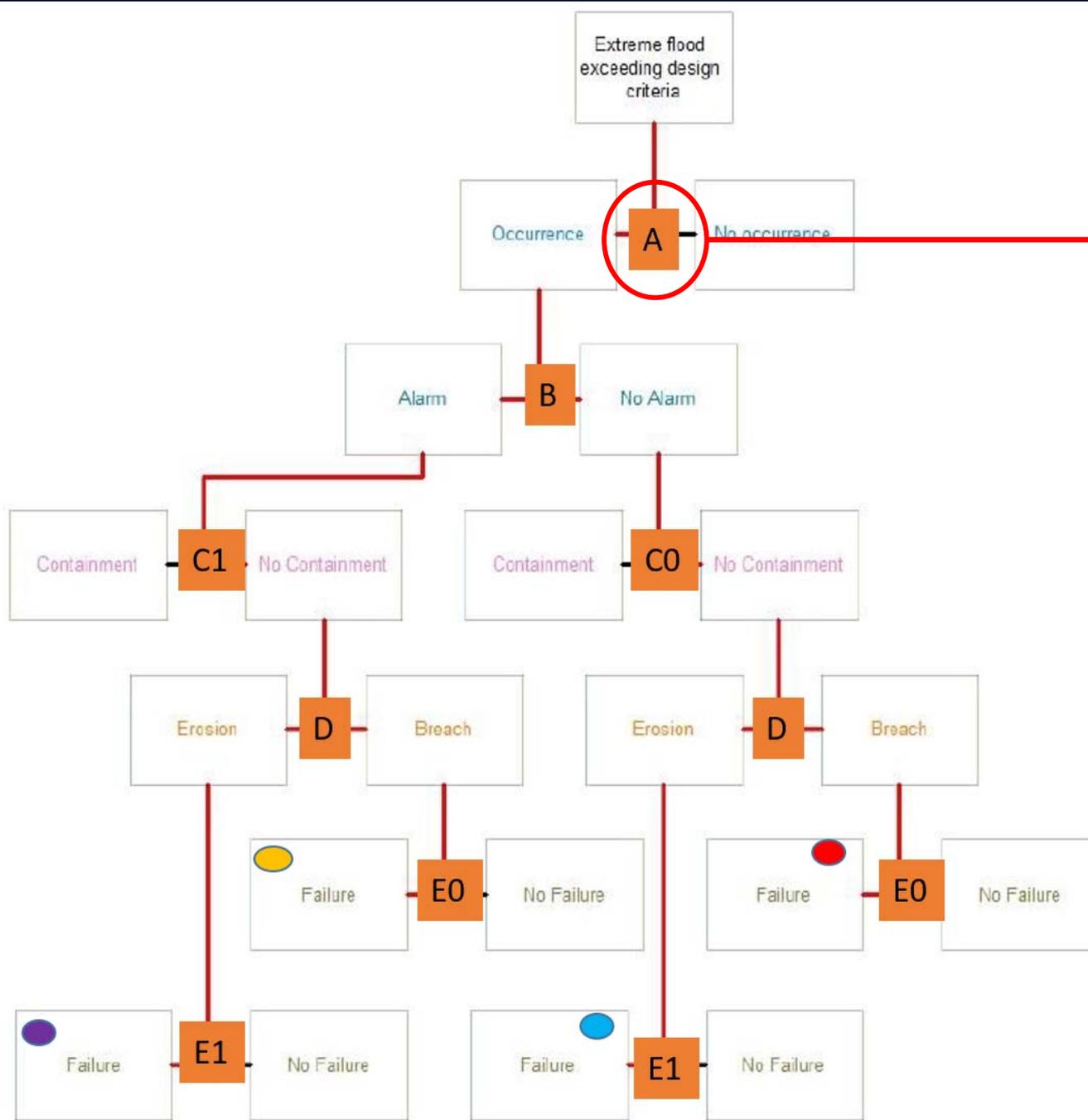
Livello accadimento	Probabilità accadiment $\rho$	Rilevazione da Ispezione	Descrizione
A	0.01	x	Inerbimento superficiale continuo, con copertura prossima al 100% dell'area, di caratteristiche uniformi, assenza di alta vegetazione.
B	0.10		Inerbimento superficiale buono, con copertura tra l'80% ed il 100% dell'area, di caratteristiche quasi uniformi, assenza di alta vegetazione.
C	0.50		Inerbimento superficiale discreto, con copertura tra l'40% ed il 100% dell'area. Sono visibili aree estese con vegetazione con caratteristiche diverse e/o di altezza diversa.
D	0.90		Inerbimento superficiale scarso, con copertura tra il 5% ed il 40% dell'area. Sono visibili aree estese con vegetazione con caratteristiche diverse e/o di altezza diversa.
E	0.99		Inerbimento superficiale pessimo, con copertura minore del 5% dell'area. Sono visibili aree estese con vegetazione con caratteristiche diverse e di altezza rilevante.
A	0.01	<b>RISULTATO INDAGINE</b>	

# PARAMENTO

RIVALE

## VEGETAZIONE

Livello accadimento	Probabilità accadiment $\rho$	Rilevazione da Ispezione	Descrizione
A	0.01	<b>x</b>	Inerbimento superficiale continuo, con copertura prossima al 100% dell'area, di caratteristiche uniformi, assenza di alta vegetazione.
B	0.10		Inerbimento superficiale buono, con copertura tra l'80% ed il 100% dell'area, di caratteristiche quasi uniformi, assenza di alta vegetazione.
C	0.50		Inerbimento superficiale discreto, con copertura tra l'40% ed il 100% dell'area. Sono visibili aree estese con vegetazione con caratteristiche diverse e/o di altezza diversa.
D	0.90		Inerbimento superficiale scarso, con copertura tra il 5% ed il 40% dell'area. Sono visibili aree estese con vegetazione con caratteristiche diverse e/o di altezza diversa.
E	0.99		Inerbimento superficiale pessimo, con copertura minore del 5% dell'area. Sono visibili aree estese con vegetazione con caratteristiche diverse e di altezza rilevante.
<b>A</b>	<b>0.01</b>	<b>RISULTATO INDAGINE</b>	



La probabilità di accadimento o non accadimento ad ogni nodo è funzione delle anomalie attribuibili a quel nodo e delle relative probabilità di accadimento

# Grazie per l'attenzione

Ed un grazie a:

Silvia Cordero

Luca Distasi