

Progetto transfrontaliero Italia-Francia ALCOTRA
Projet transfrontalier Italie-France ALCOTRA



RISBA

RISCHIO DEGLI SBARRAMENTI ARTIFICIALI
RISQUES DES BARRAGES

REPORT FINALE

Azione 3.1

Metodi speditivi per la mappatura di aree vulnerabili per onde dovute al collasso di sbarramenti

Prof Davide Poggi, Ing. Silvia Cordero

SCOPO DEL LAVORO

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



- ❖ Soglie di vulnerabilità (danno potenziale vs danno reale)
- ❖ Intensità dell'evento

IL CALCOLO DEL RISCHIO

$$R = P * V * Dp$$

P (0-1) probabilità di collasso o di malfunzionamento



v



Vulnerabilità. Funzione di:
a) velocità e profondità onda
b) curve di vulnerabilità

valore economico o numero
di unità esposte all'evento



Dp

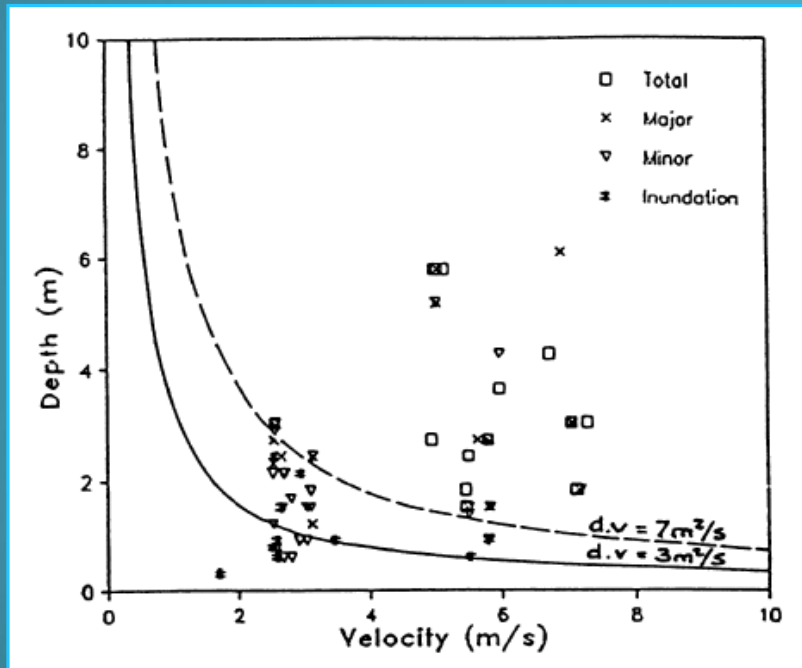


IL CALCOLO DEL RISCHIO: 4 fasi di studio

- P** FASE 1: Valutazione della pericolosità legata alle anomalie riscontrabili su ogni invaso
- V** FASE 2: Valutazione delle caratteristiche fisiche dell'onda di dam break
(velocità media e profondità)
- E** FASE 3: Valutazione e quantificazione delle curve di vulnerabilità
- E** FASE 4: Valutazione del danno potenziale nei territori a valle degli sbarramenti

LA VULNERABILITA' DEL TERRITORIO

Studi pregressi definiscono le curve di vulnerabilità in funzione del grado di danno atteso e dell'elemento esposto. Es: AREE URBANE (Clausen & Clark, 1975)



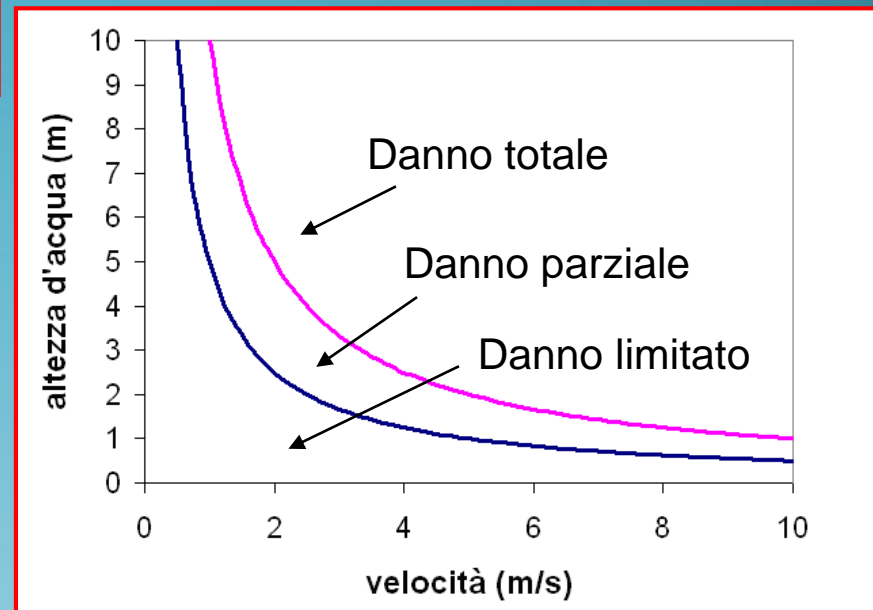
<i>Valore soglia</i>	<i>Grado di danno atteso</i>
7 $m^2 s^{-1}$	Distruzione totale (100%)
3 $m^2 s^{-1}$	Danno maggiore (70%)
1 $m^2 s^{-1}$	Danno minore (30%)

grado di perdita
prodotto su un
certo elemento

$$v * d \text{ (m}^2\text{/s)}$$

CURVE DI VULNERABILITA'

- ✓ 3 zone delimitate da rami d'iperbole
- ✓ Range di variazione diversi a seconda dei soggetti esposti



BASE DATI



Database Invasi
in terra
(Circa 100 invasi)



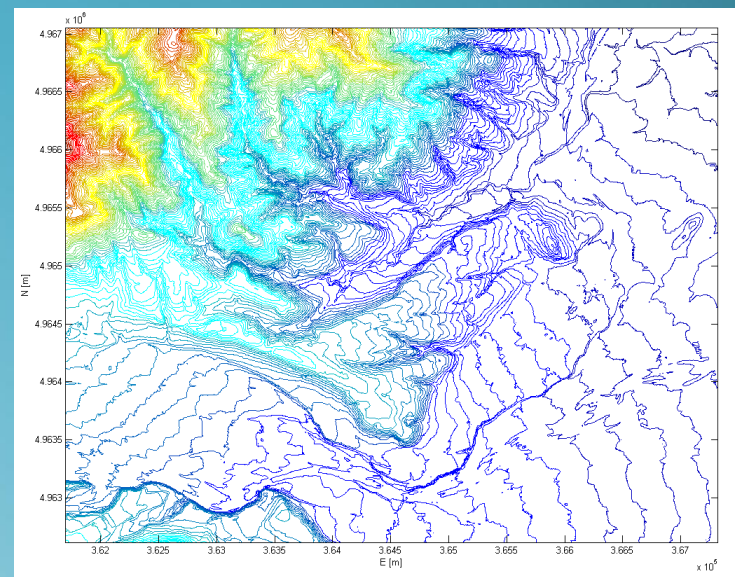
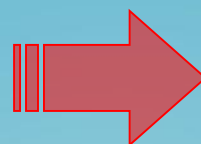
- ✓ Altezza
- ✓ Volume
- ✓ Lunghezza
- ✓ Categoria
- ✓ Coordinate X e Y
- ✓ Denominazione

CODINVASO	TIPOINVASO	STATO	CATEGORIA	DEHOMIAZ	PROVINCIA	COMUNE	X_coord	Y_coord	ALTEZZA_SB	SUPERFICIE	VOLUME_MAS
AL00007	Diga permanente	Attivo	A	LA FORNACE	ALESSANDRIA	AVOLASCA	498400.47182	4961740.18182	10.34	6850	34250
AL00008	Diga permanente	Attivo	A1	CAMPING VALMILANA	ALESSANDRIA	ALESSANDRIA	470747.85727	4979124.85818	3.5	3000	9000
AL00009	Diga permanente	Attivo	A2	MONTEBELLO	ALESSANDRIA	BASALUZZO	479093.90727	4957223.16727	5.19	6040	19957
AL00010	3-Traversa	Attivo	A1	OVADA	ALESSANDRIA	BELFORTE MONFERRATO	472347.76001	4941414.34829	2	0.6	5000
AL00011	2-Diga permanente	Attivo	A1	NIZZA MONFERRATO	ALESSANDRIA	BERGAMASCO	454619.483	4963156.55272	5	1.7	4300
AL00012	Diga permanente	Attivo	B	NIZZA	ALESSANDRIA	BERGAMASCO	454439.38636	4963286.05364	9	9680	45173
AL00018	Diga permanente	Attivo	B	FERIASCO	ALESSANDRIA	VALENZA	468919.64364	4983607.44364	3.2	18.8	71250
AL00019	Diga permanente	Attivo	A1	LAGO D' ORO	ALESSANDRIA	VALENZA	473282.58364	4982504.42909	7.31	7.8	23867
AL00021	Diga permanente	Attivo	B	CASCINA CAPRIATA	ALESSANDRIA	VALENZA	473877.24273	4984502.97818	4	11	45000
AL00022	Diga permanente	Attivo	A2	CASCINA CASCINONE1	ALESSANDRIA	VALENZA	469057.70909	4985924.00273	3.5	110	19373
AL00024	Diga permanente	Attivo	A2	CASCINA CASCINONE2	ALESSANDRIA	VALENZA	468925.89636	4985907.00182	2.1	8.1	19645
AL00027	Diga permanente	Attivo	B	RIO SECCO	ALESSANDRIA	CARPENETO	471248.15	4950242.88081	9.7	12	42000

CARATTERIZZAZIONE TERRITORIO



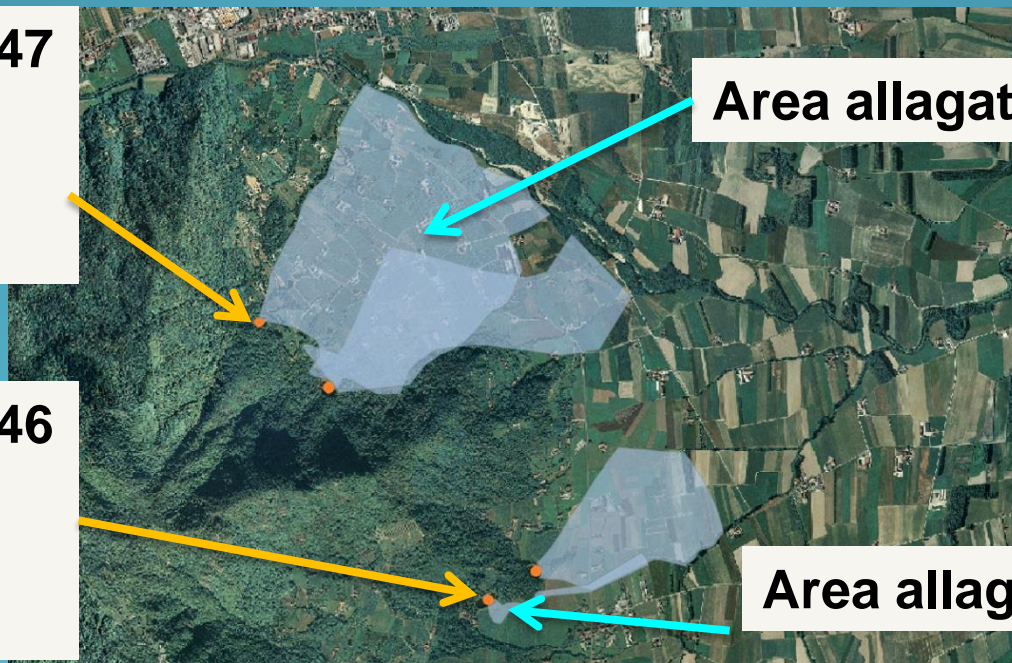
DEM Digital Elevation
Model (5 m)



Conoscenze attuali

- ❖ Diversa metodologia
- ❖ Diverso grado di precisione

Invaso CN00047
V=4551m³
H=7.6 m
S=1000m²



Area allagata = 1.5 km²

Invaso CN00146
V=30900m³
H=12 m
S=5900m²

Area allagata = 0.05 km²

CONCETTI DI BASE

Moto di un'onda di piena:
EQUAZIONI DI DE SAINT VENANT
(moto vario in un canale a pelo libero)



- ✓ Ricerca di $v(x,t)$ e $h(x,t)$
- ✓ Come sfruttare le poche informazioni disponibili?



SEMPLIFICAZIONI ANALITICHE

SOLUZIONI NUMERICHE

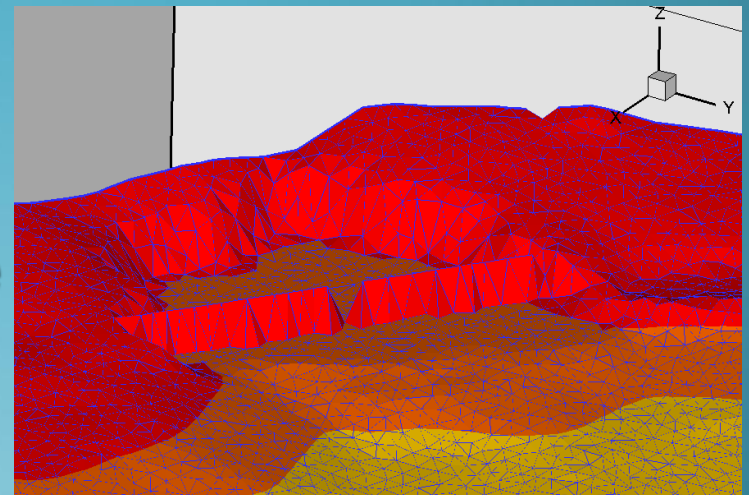
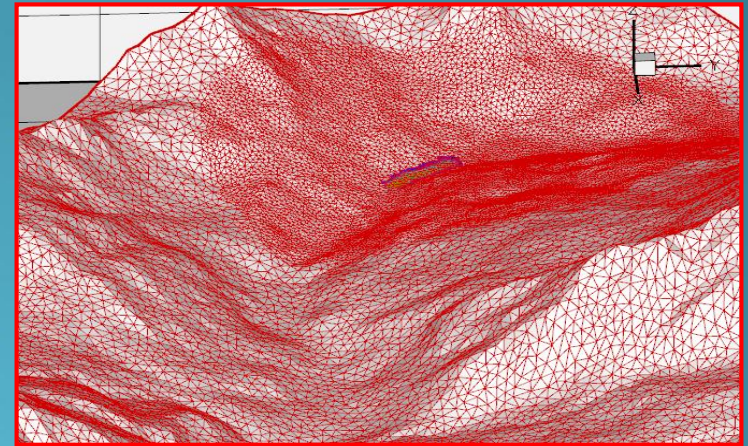


Software Brezo 4.0

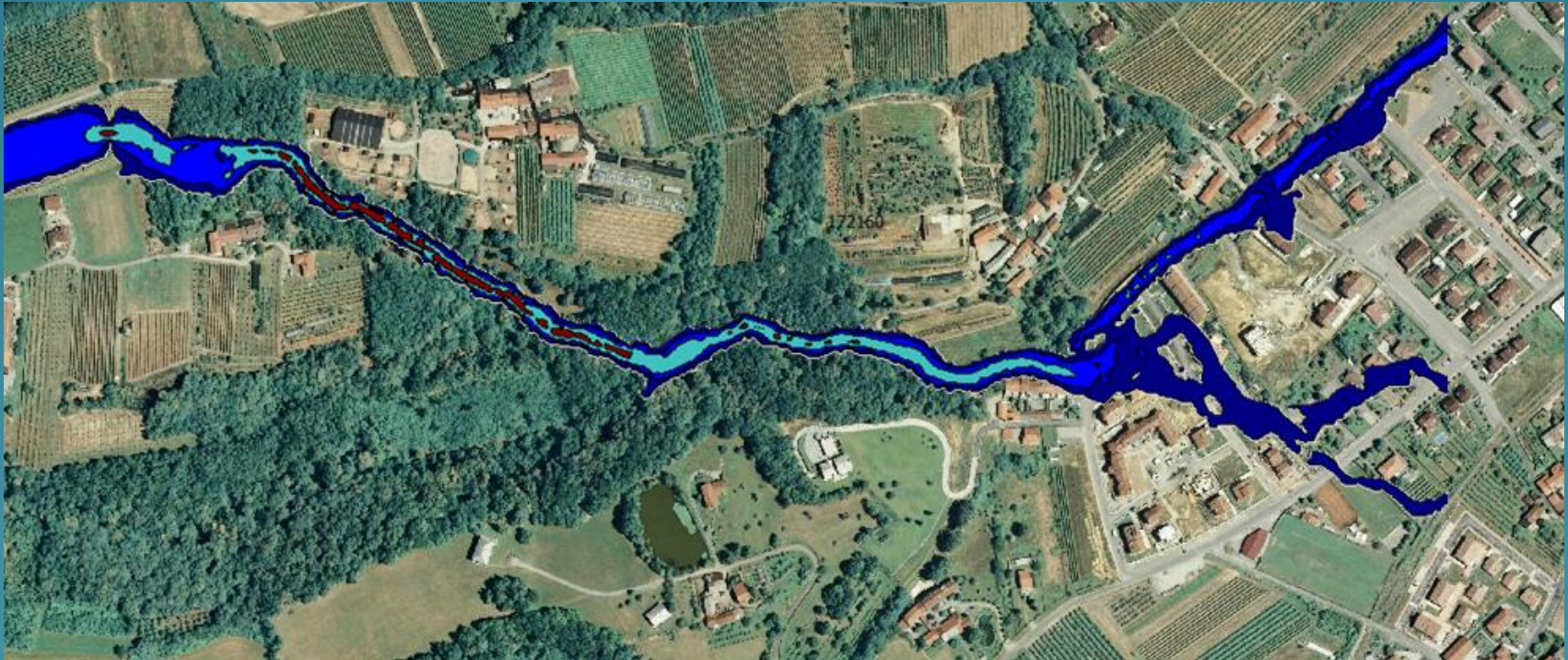


LAB NUMERICI

1. INPUT: Matrice strutturata delle quote del terreno (DEM)
2. Rediscretizzazione della griglia di calcolo e costruzione della superficie topografica 
3. Costruzione di sottodomini (diga) 
4. Simulazione e ricostruzione della superficie libera (h e v dell'acqua)



LAB NUMERICI



<i>Valore soglia</i>	<i>Grado di danno atteso</i>
7 m^2s^{-1}	Distruzione totale (100%)
3 m^2s^{-1}	Danno maggiore (70%)
1 m^2s^{-1}	Danno minore (30%)

INVASI TIPO

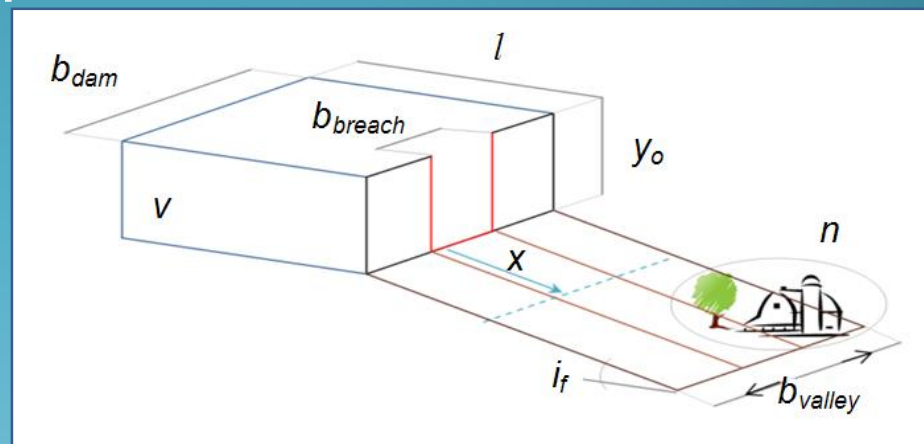
Analisi statistica della morfologia degli invasi e delle valli piemontesi (banca dati della Regione Piemonte)

- SERBATOIO: parallelepipedo

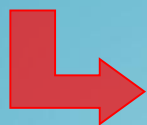
dati in ingresso:

y_o, b, l

- BRECCIA: rettangolare, modello di Froehlich

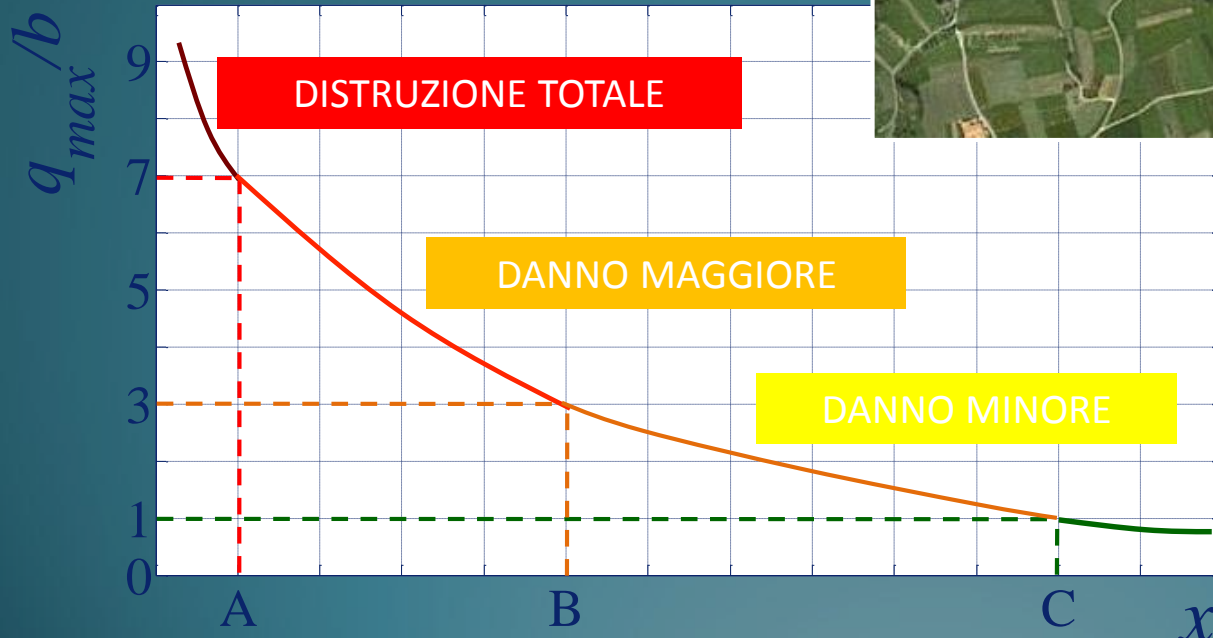
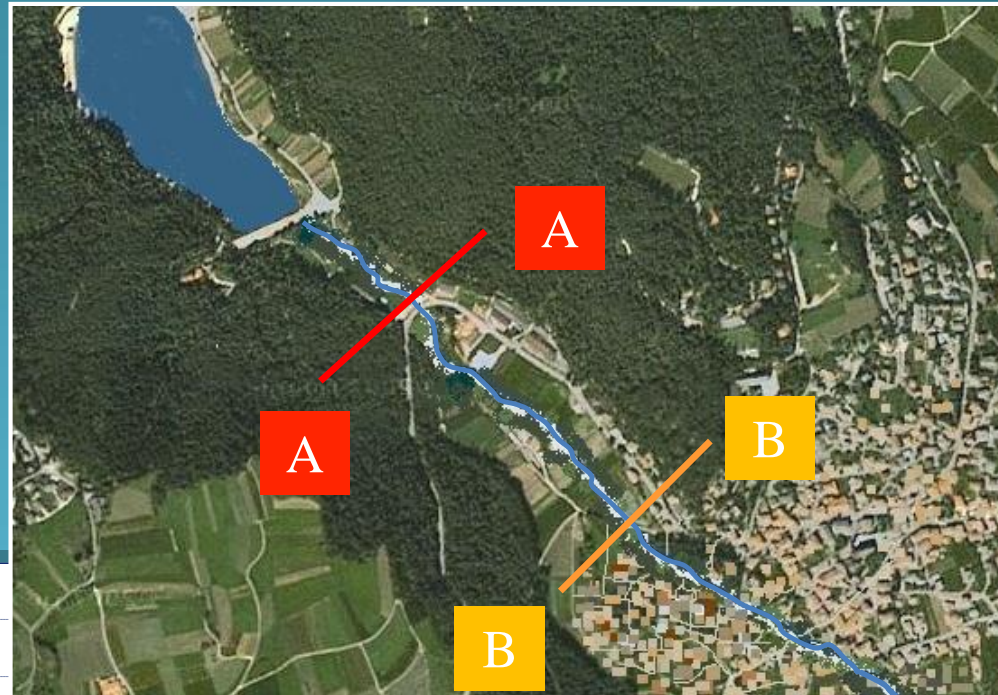


- VALLE: canale prismatico rettangolare, n e i_f costanti.



CASI IDEALI

Equazioni sintetiche:
 Stima del valore del
 parametro di vulnerabilità
 in ogni punto a valle dello
 sbarramento

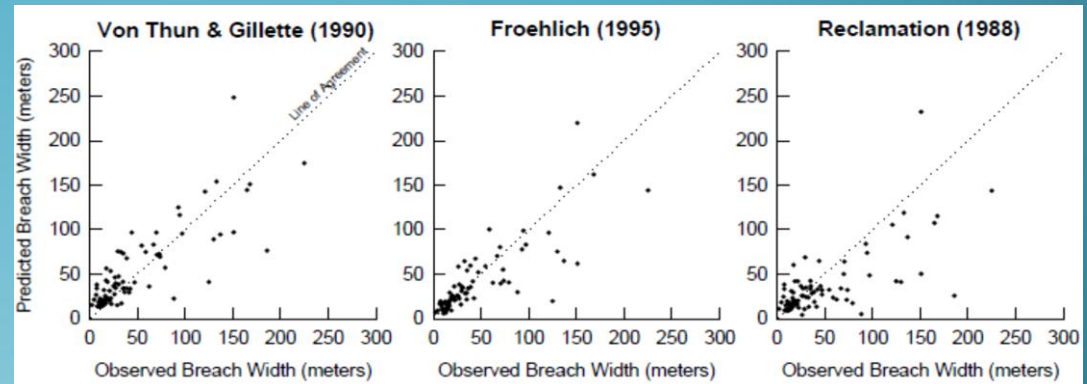
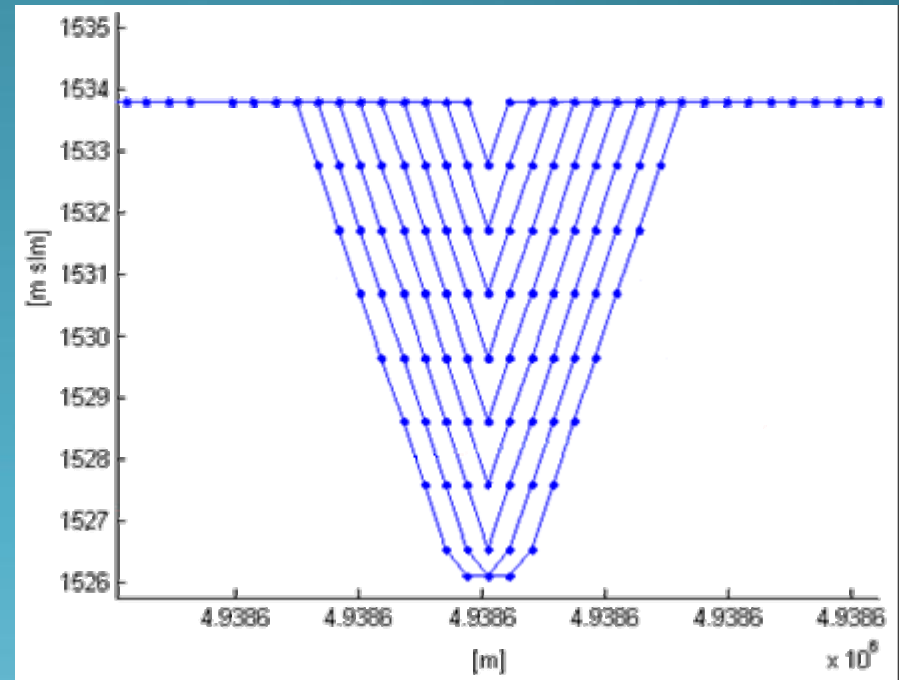


Grado di danno
 atteso

EVOLUZIONE GRADUALE

Modello di Froehlich (1995)

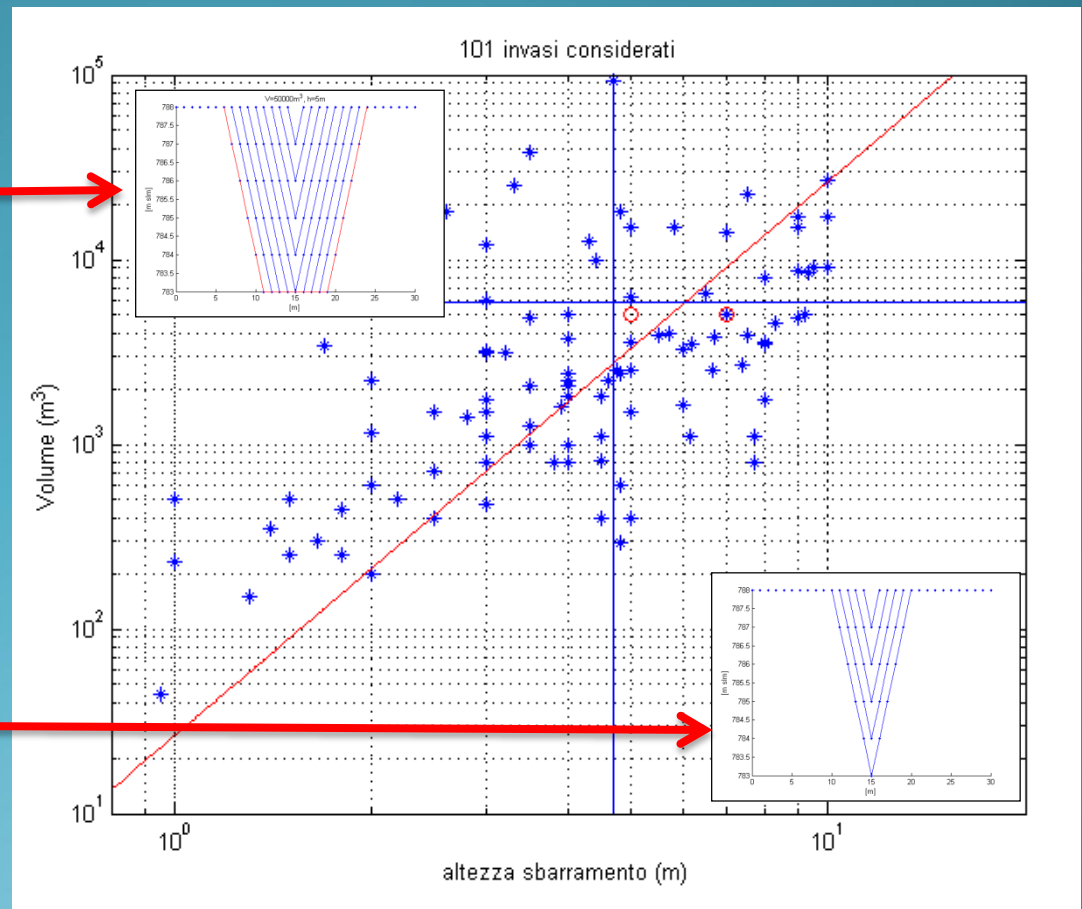
- $\underline{B} = 0,27 \cdot k_0 \cdot V_w^{0,32} \cdot H_b^{0,04}$
- $B_t = B + z \cdot H_b$
- $t_f = 63,2 \cdot (V_w (g H_b^2)^{-1})^{0,5}$
- parametro di crescita β
- validazione 2008
(74-23 casi)
- step



Apertura della breccia

Completa
apertura

Apertura non
completa
(V insufficiente)



Stima della Q alla breccia

❖ Lab. Numerico

Step apertura	C[m]	L [m]	H [m]	i_f [%]	t_{step} [s]
6	30	34	5	1	47.56
6	30	34	5	5.22	47.56
6	30	34	5	10	47.56
6	30	34	5	17	47.56
6	30	34	5	23	47.56
6	30	34	5	28	47.56
6	30	34	5	50	47.56
6	30	34	5	73	47.56
1 (Istantanea)	30	34	5	5.22	0
7	30	23.81	7	1	29.12
7	30	23.81	7	5.22	29.12
7	30	23.81	7	10	29.12
7	30	23.81	7	17	29.12
7	30	23.81	7	23	29.12
7	30	23.81	7	28	29.12
7	30	23.81	7	50	29.12
7	30	23.81	7	73	29.12
1 (Istantanea)	30	23.81	7	5.22	0
9	30	34	5	5.22	29.12
5	30	55.5	3	5.22	

Stima della Q alla breccia

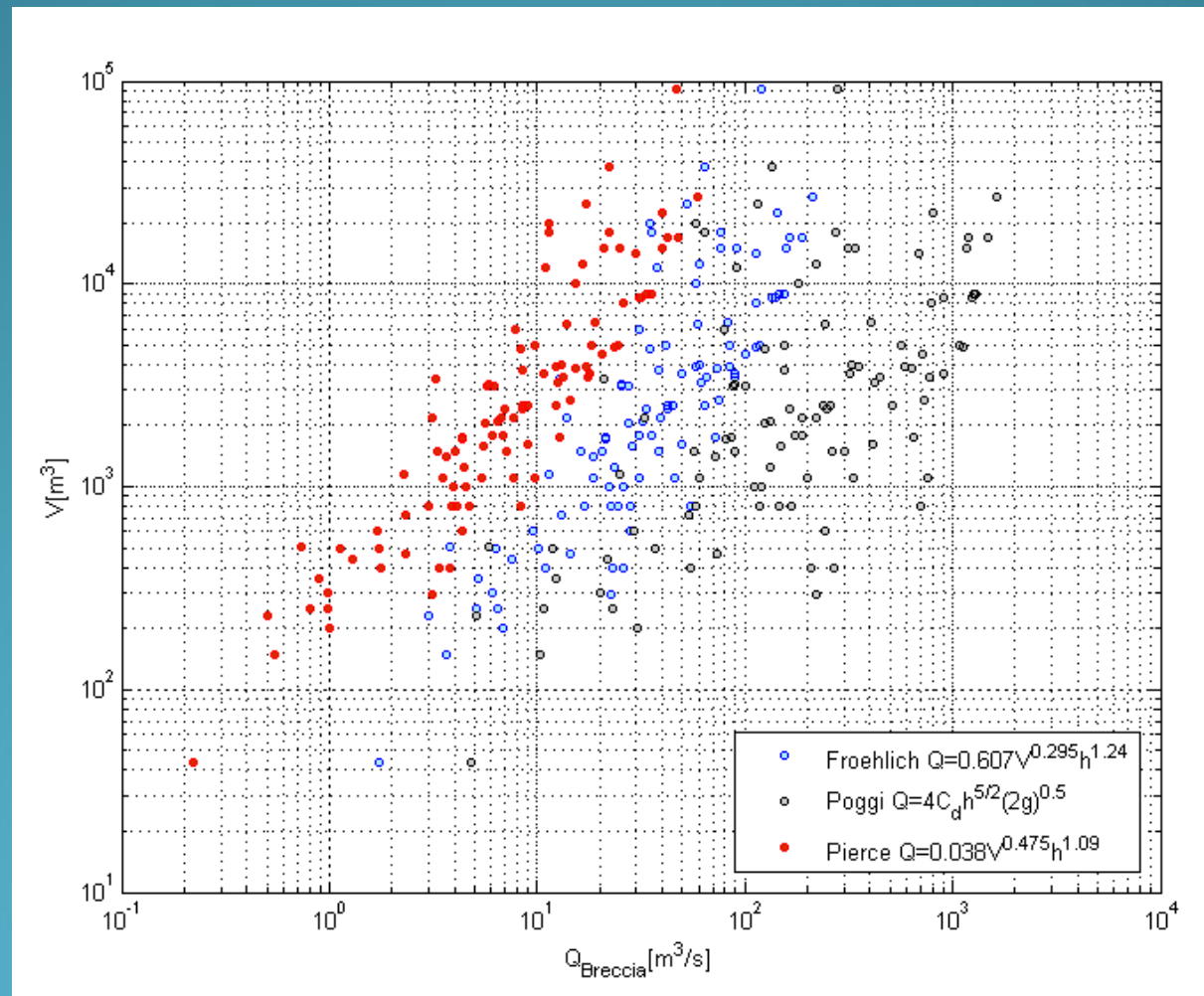
❖ Letteratura

	n.	formula	autore	anno	R ²	casi studio	
						reali	sperim.
Q _p =f(H)	1	$Q_p=1.268(H_w+0.3)^{2.5}$	Kirkpatrick	1977	0.79	13	6
	2	$Q_p=19.1(H_w)^{1.85}$	USBR	1982	0.72 4	21	
	3	$Q_p=13.4(H_d)^{1.89}$	Singh & Snorrason	1982	0.48 8		8
Q _p =f(V)	4	$Q_p=1.776(S)^{0.47}$	Singh & Snorrason	1984	0.91 8		8
	5	$Q_p=0.72(V_w)^{0.53}$	Evans	1986	0.83 6	29	
Q _p =f(H,V)	6	$Q_p=1.205(V_w H_w)^{0.48}$	Hagen	1982		6	
	7	$Q_p=1.154(V_w H_w)^{0.412}$	Mac Donald & Langridge-Monopolis	1984	0.78 8	23	
	8	$Q_p=3.85(V_w H_w)^{0.411}$	Mac Donald & Langridge-Monopolis	1984	0.15 6	23	
	9	$Q_p=0.763(V_w H_w)^{0.42}$	Costa	1985	0.74 5	31	
	10	$Q_p=0.607(V_w^{0.295} H_w^{1.24})$	Froehlich	1995	0.93 4	22	

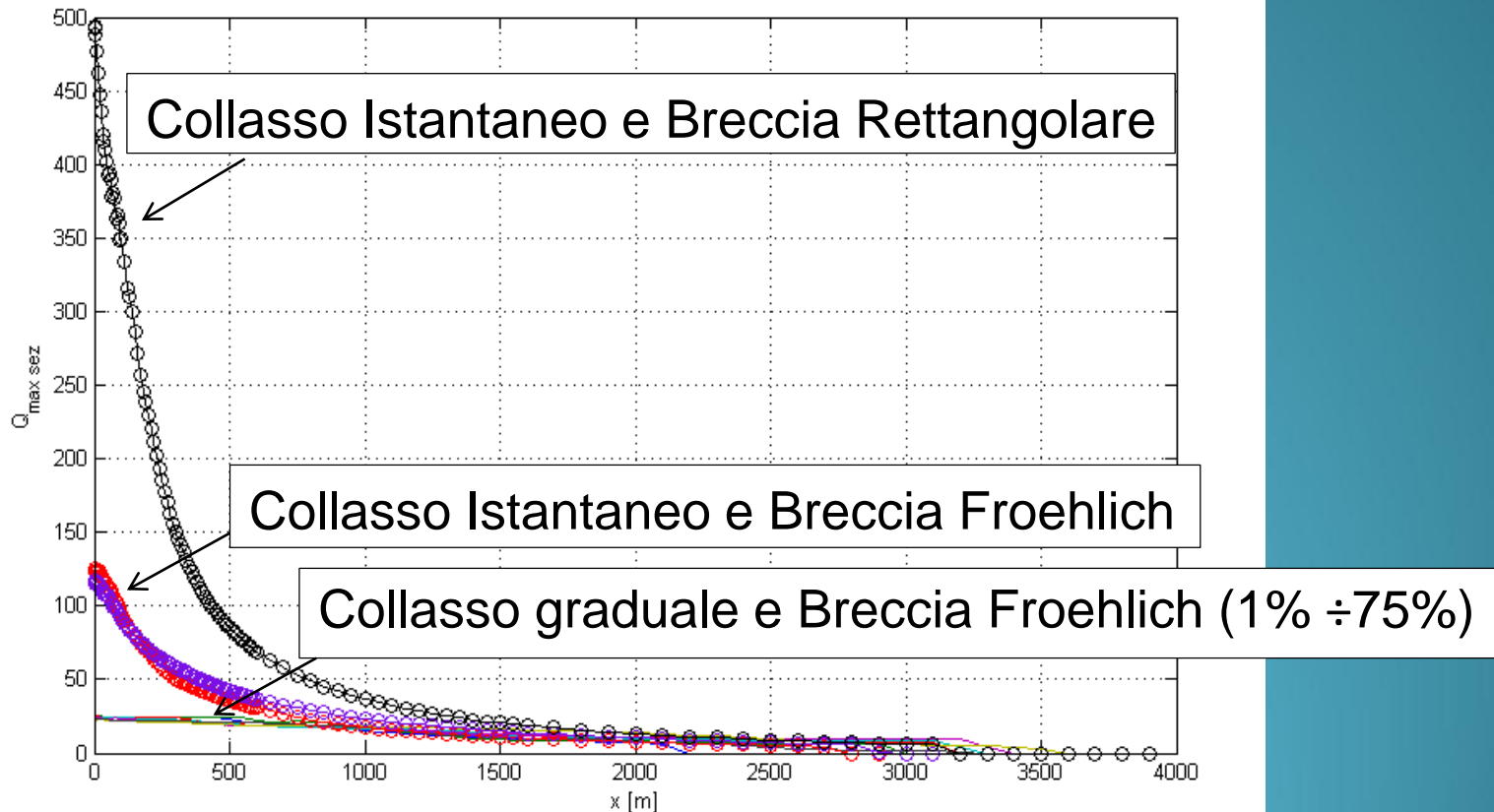
Stima della Q alla breccia

autore	formula	H=5m, Q _p [m ³ /s]	H=7m, Q _p [m ³ /s]
Kirkpatrick	$Q_p=1.268(H_w+0.3)^{2.5}$	82.00	182.57
USBR	$Q_p=19.1(H_w)^{1.85}$	375.08	698.98
Singh & Snorrason	$Q_p=13.4(H_d)^{1.89}$	280.65	530.08
Singh & Snorrason	$Q_p=1.776(S)^{0.47}$	97.27	97.27
Evans	$Q_p=0.72(V_w)^{0.53}$	65.73	65.73
Mac Donald & Langridge-Monopolis	$Q_p=1.154(V_w H_w)^{0.412}$	74.84	85.97
Costa	$Q_p=0.763(V_w H_w)^{0.42}$	53.66	61.81
Froehlich	$Q_p=0.607(V_w^{0.295} H_w^{1.24})$	55.09	83.62
Pierce	$Q_p=0.784(H)^{2.668}$	57.43	140.94
Pierce	$Q_p=2.325 \ln(H)^{6.405}$	49.00	165.29
Pierce	$Q_p=0.038(V^{0.475} H^{1.09})$	12.55	18.11
Pierce	$Q_p=0.1202(L)^{1.7856}$	52.17	52.17
Pierce	$Q_p=0.012(V^{0.493} H^{1.205} L^{0.226})$	11.99	17.99
Poggi et al. (istantaneo)	$Q_p=4C_d H^{5/2} (2g)^{0.5}$	225	488
Brezo rettangolare (istantaneo)	numerico	216.04	493.82
Brezo Froehlich (istantaneo)	numerico	70.44	123.15
Brezo Froehlich graduale	numerico	21	24

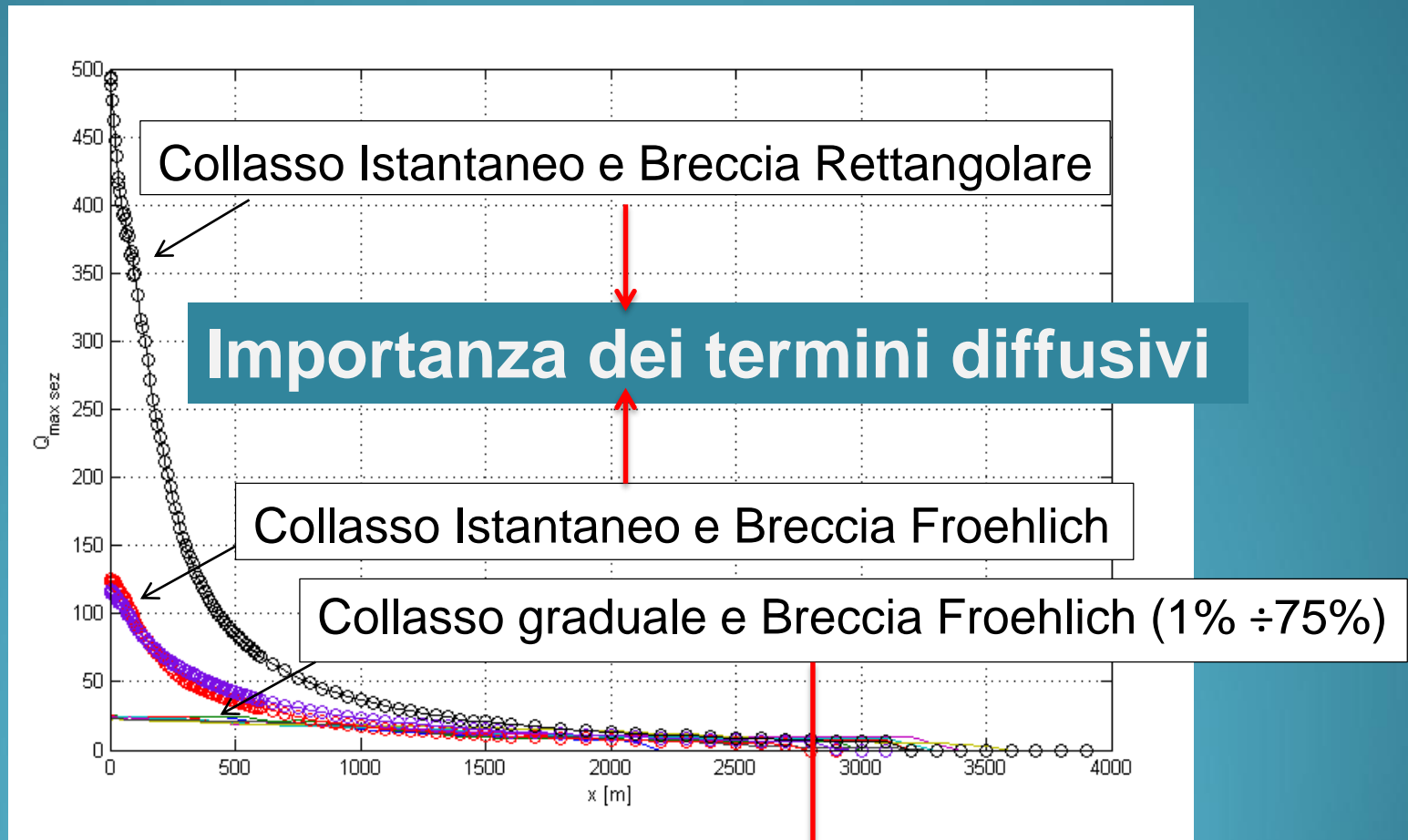
Stima della Q alla breccia



Propagazione dell'onda a valle



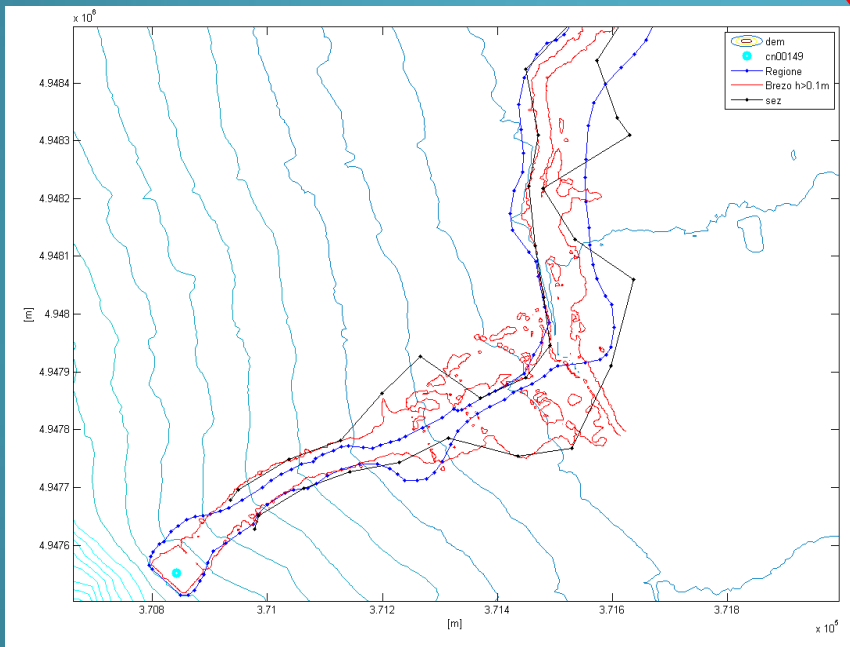
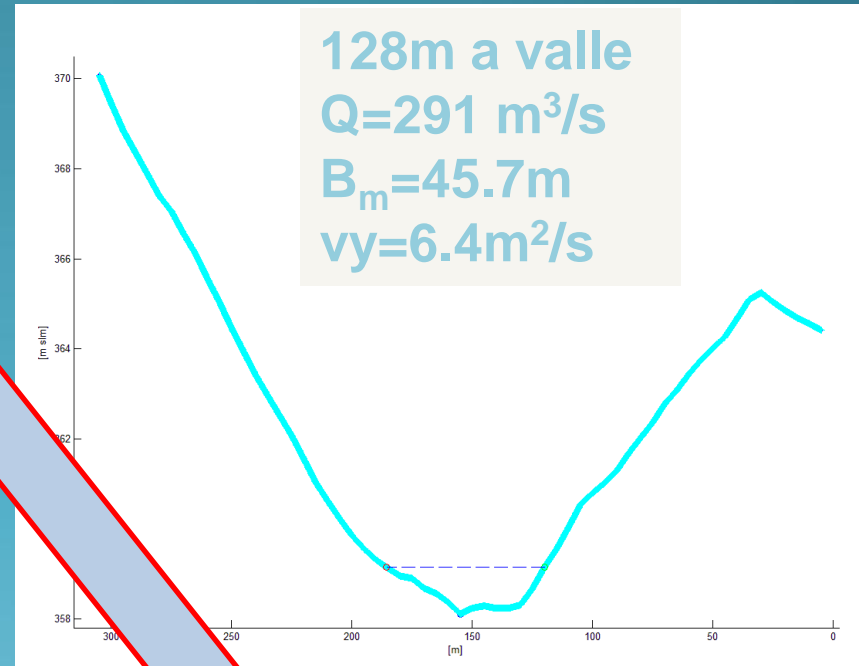
Propagazione dell'onda a valle



Importanza della topografia

Caso A: valle incisa

- ❖ $v_y = Q/B$
- ❖ $Q = \text{cost} = Q_{\text{breccia}}$
- ❖ Estrazione sezioni topografiche da dtm



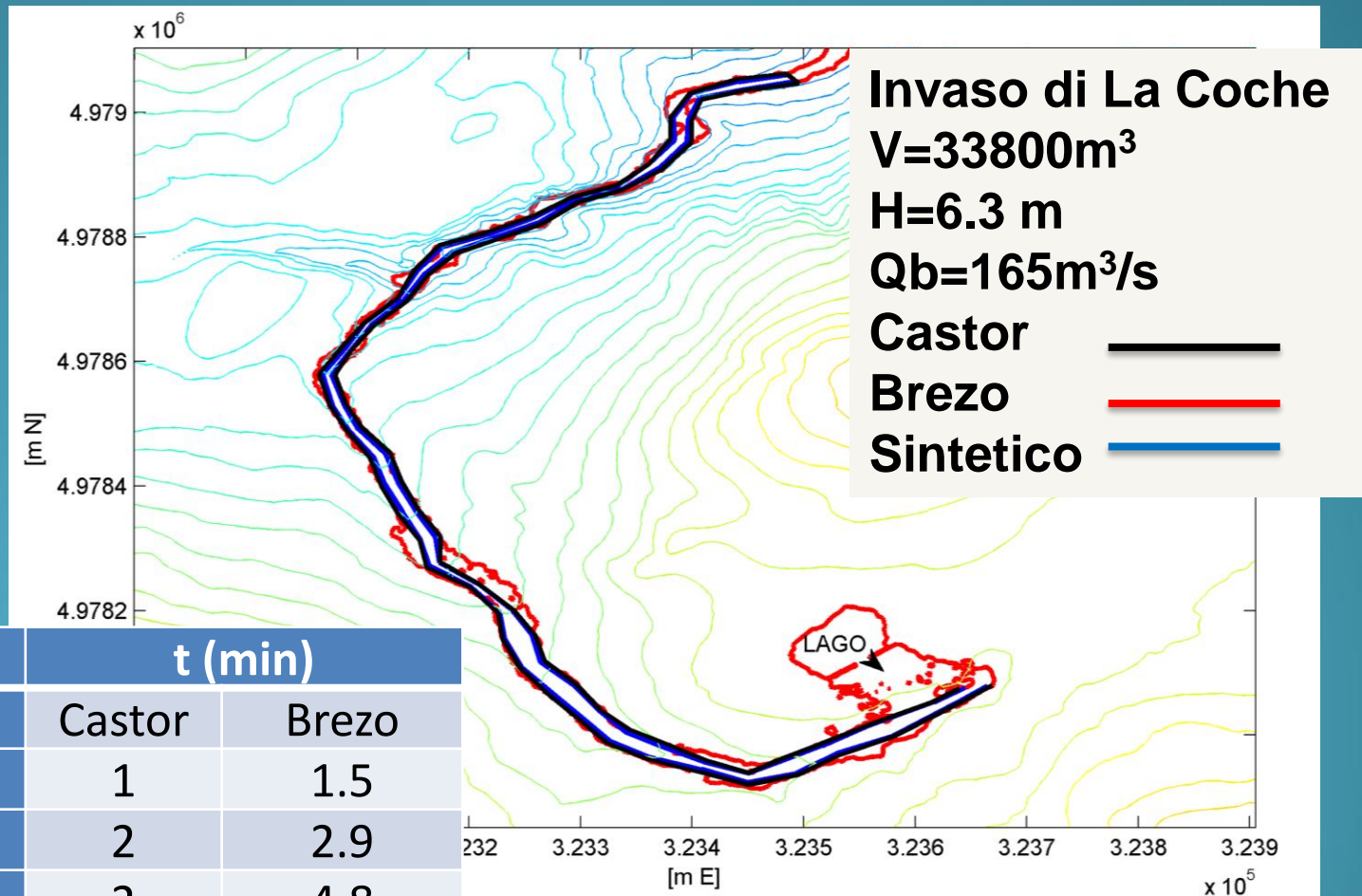
- ❖ Perimetrazione dell'area allagata

L'invaso di La Coche

Castor (Calcul Simplifié pour le Traitement des Ondes de Rupture de barrage) sviluppato da Irstea

- ❖ Apertura istantanea / graduale
- ❖ Q : coefficiente di abbattimento
- ❖ Moto uniforme
- ❖ Stima del tempo di arrivo dell'onda

L'invaso di La Coche



X (m)	t (min)	
	Castor	Brezo
500	1	1.5
1000	2	2.9
1500	2	4.8
1950	3	7.3

Caso B: territorio vasto o pianeggiante

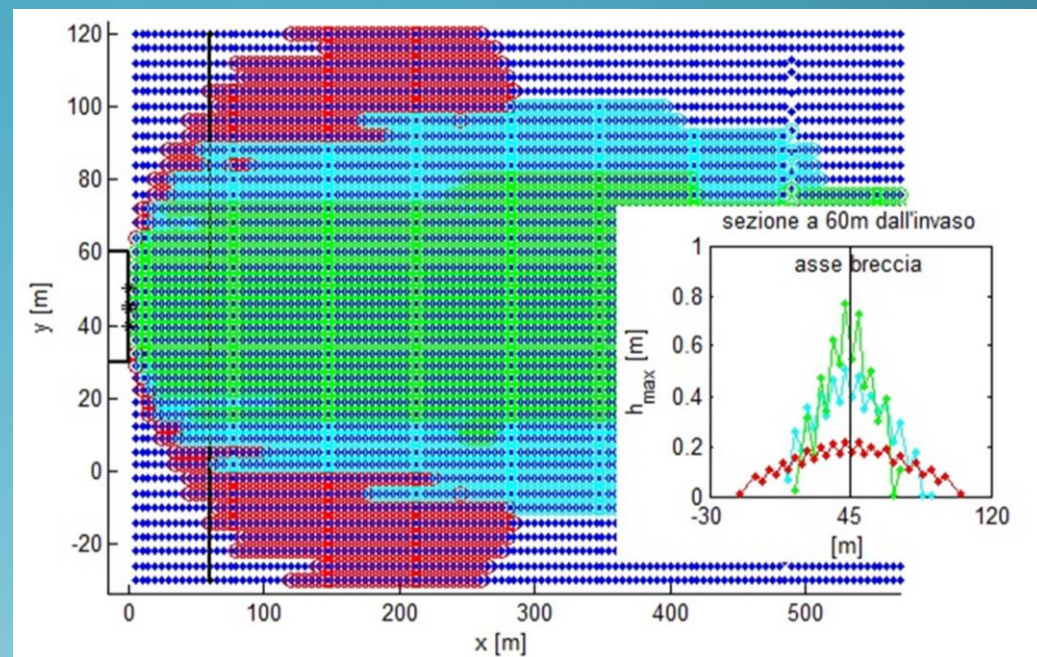
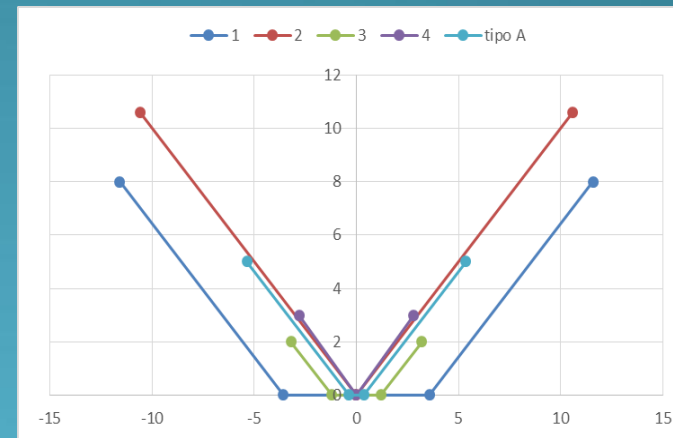
- ❖ formula di Frohlich agli invasi regionali:

$$Q_{\max} = 238 \text{ m}^3/\text{s} \text{ e}$$

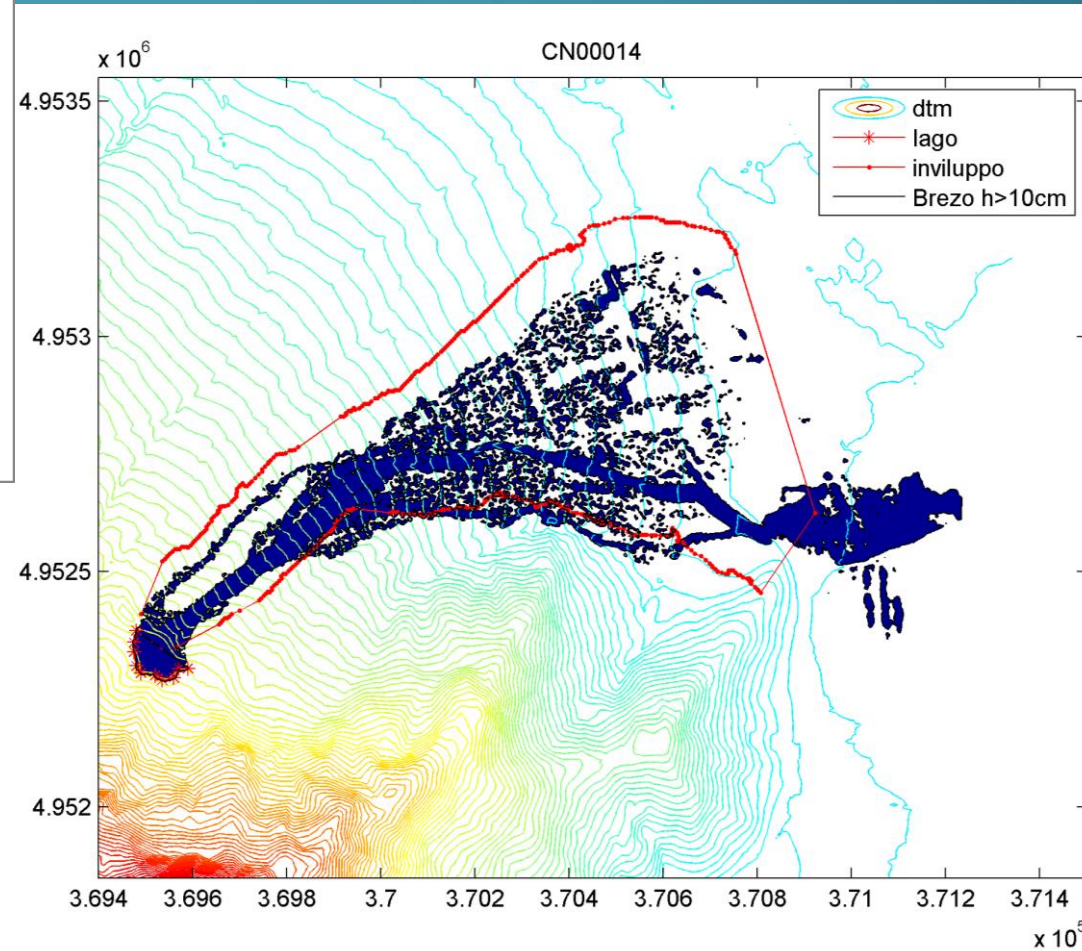
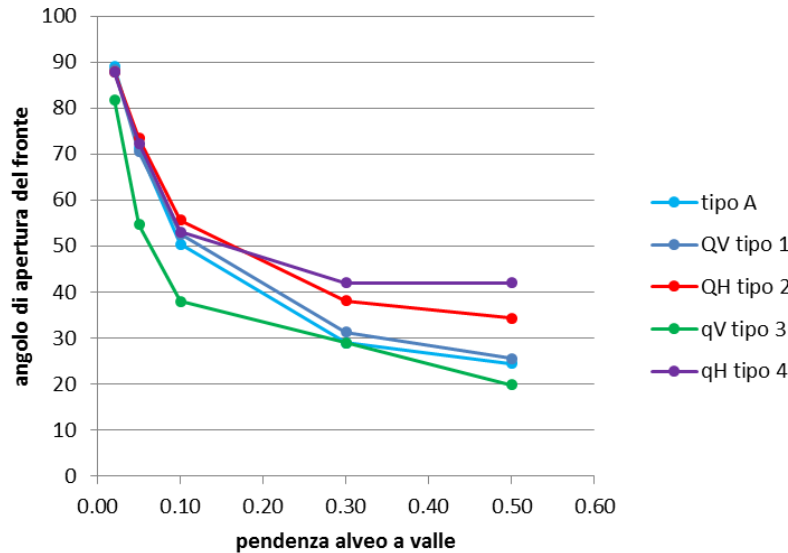
$$Q_{\min} = 14 \text{ m}^3/\text{s}$$

- ❖ Massimizzare V ovvero h

- ❖ Variazione di i_f (2% ÷ 30%) e n ($0.035 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$ ÷ $0.110 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$)



Caso B: territorio vasto o pianeggiante



- ❖ Percorsi di deflusso
- ❖ Angolo $f(h, V, n, i_f)$
- ❖ Distanza di stabilizzazione
- ❖ inviluppo

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

