

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



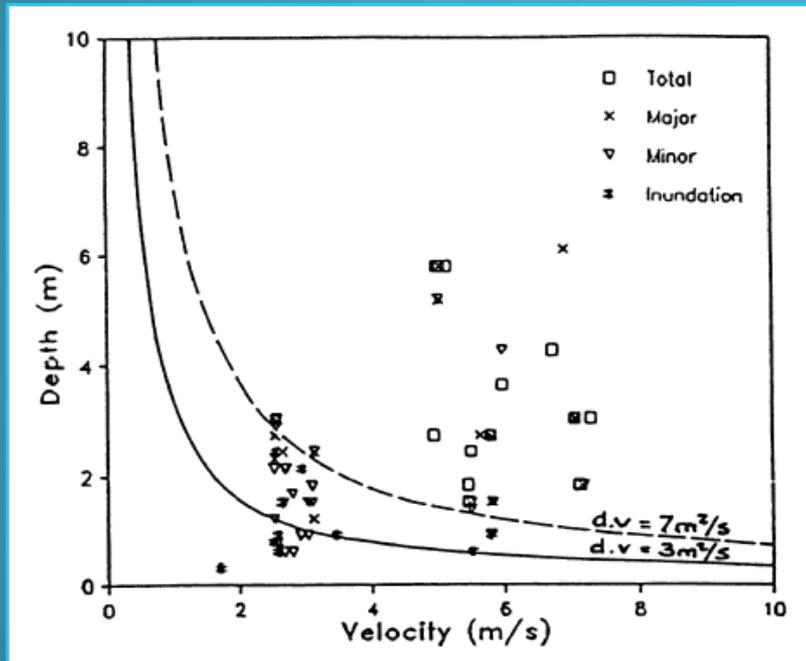
Dp

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)



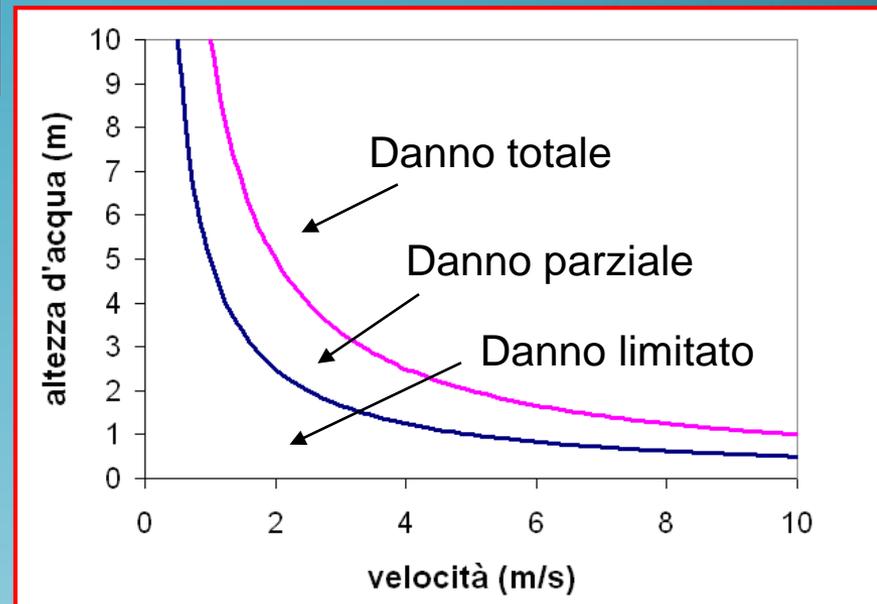
| <i>Valore soglia</i> | <i>Grado di danno atteso</i> |
|----------------------|------------------------------|
| 7 $m^2 s^{-1}$ | Distruzione totale (100%) |
| 3 $m^2 s^{-1}$ | Danno maggiore (70%) |
| 1 $m^2 s^{-1}$ | Danno minore (30%) |

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)



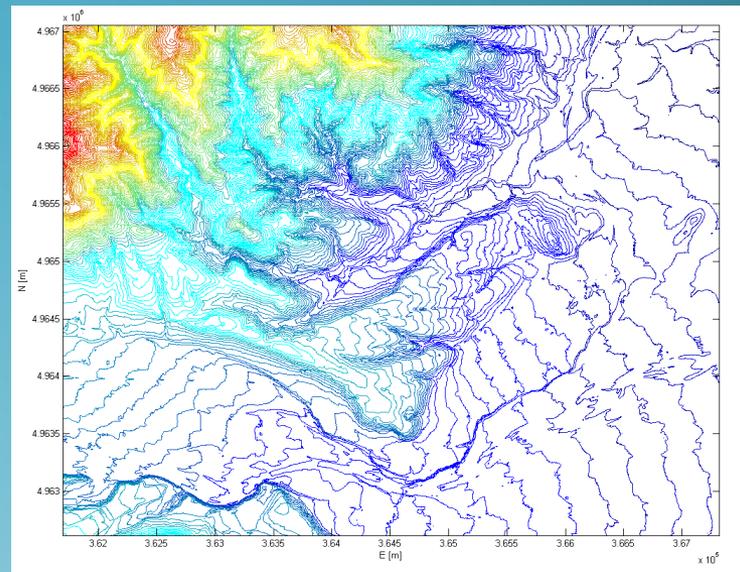
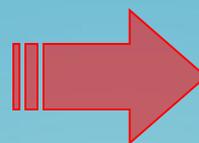
- ✓ Altezza
- ✓ Volume
- ✓ Lunghezza
- ✓ Categoria
- ✓ Coordinate X e Y
- ✓ Denominazione

| 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 | R | RIO SECCO | ALESSANDRIA | CARPENETO | 471248.15 | 4950242.88081 | 9.7 | 12 | 42000 |

**CARATTERIZZAZIONE
TERRITORIO**



DEM Digital Elevation
Model (5 m)



Conoscenze attuali

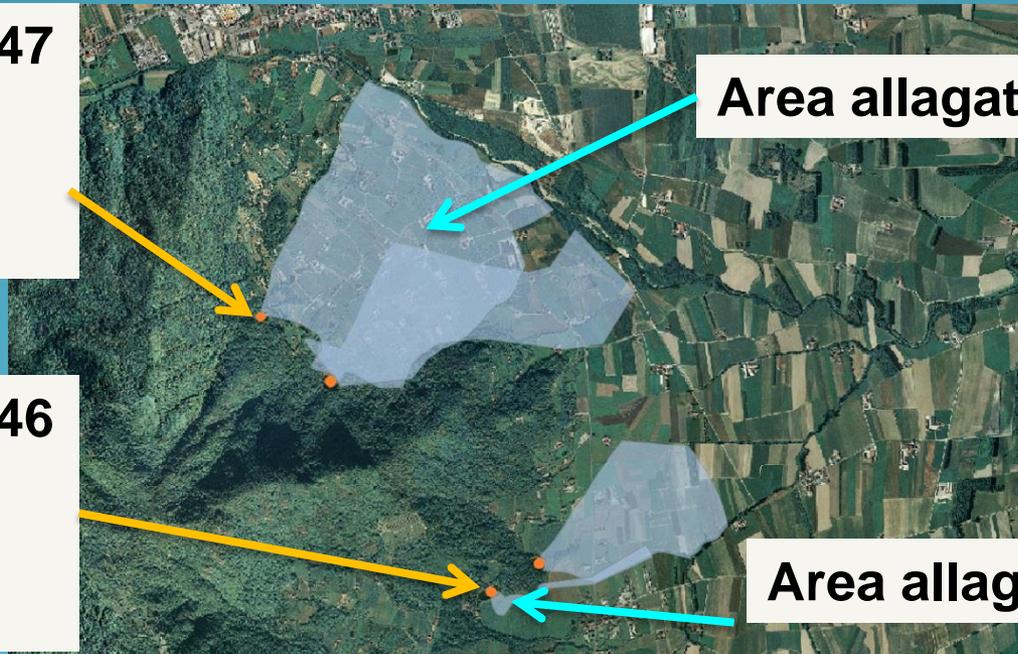
- ❖ Diversa metodologia
- ❖ Diverso grado di precisione

Invaso CN00047

$V=4551\text{m}^3$

$H=7.6\text{ m}$

$S=1000\text{m}^2$



Area allagata = 1.5 km^2

Invaso CN00146

$V=30900\text{m}^3$

$H=12\text{ m}$

$S=5900\text{m}^2$

Area allagata = 0.05 km^2

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

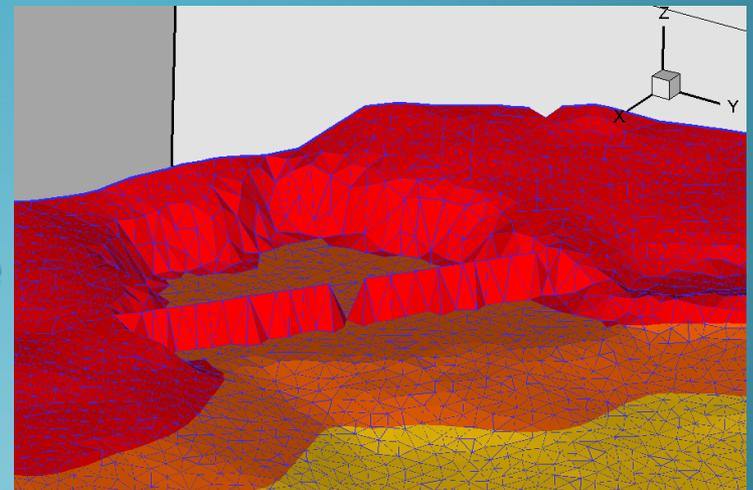
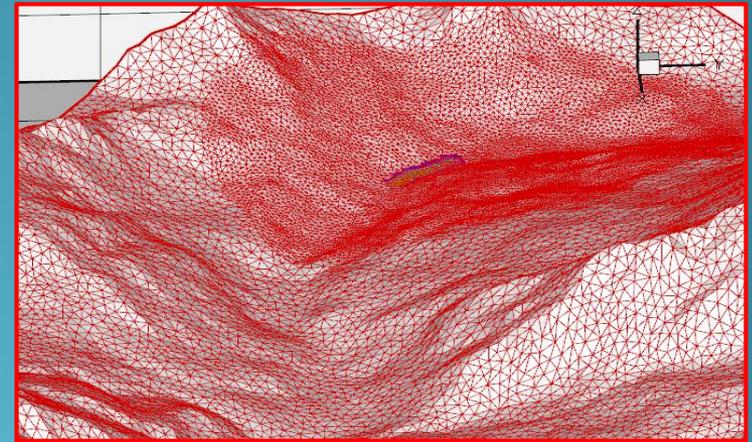


Software Brezo 4.0



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

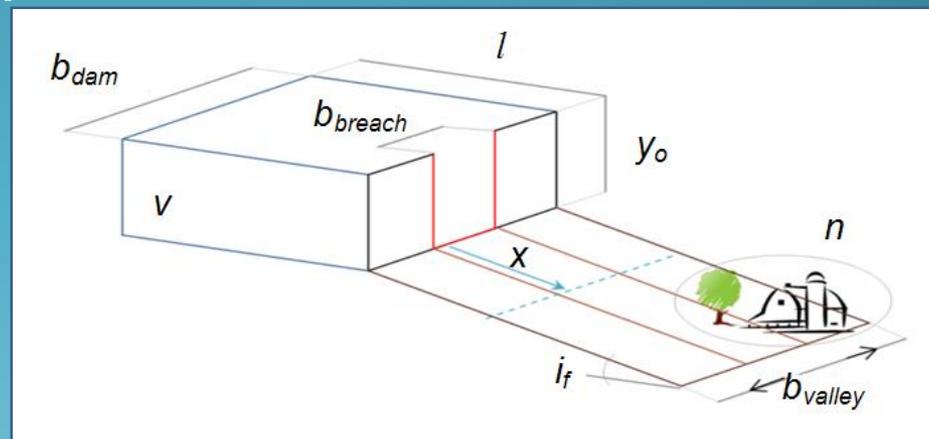
Analisi statistica della morfologia degli invasi e delle valli piemontesi (banca dati della Regione Piemonte)

- SERBATOIO: parallelepipedo

dati in ingresso:

y_o, b, l

- BRECCIA: rettangolare, modello di Froehlich

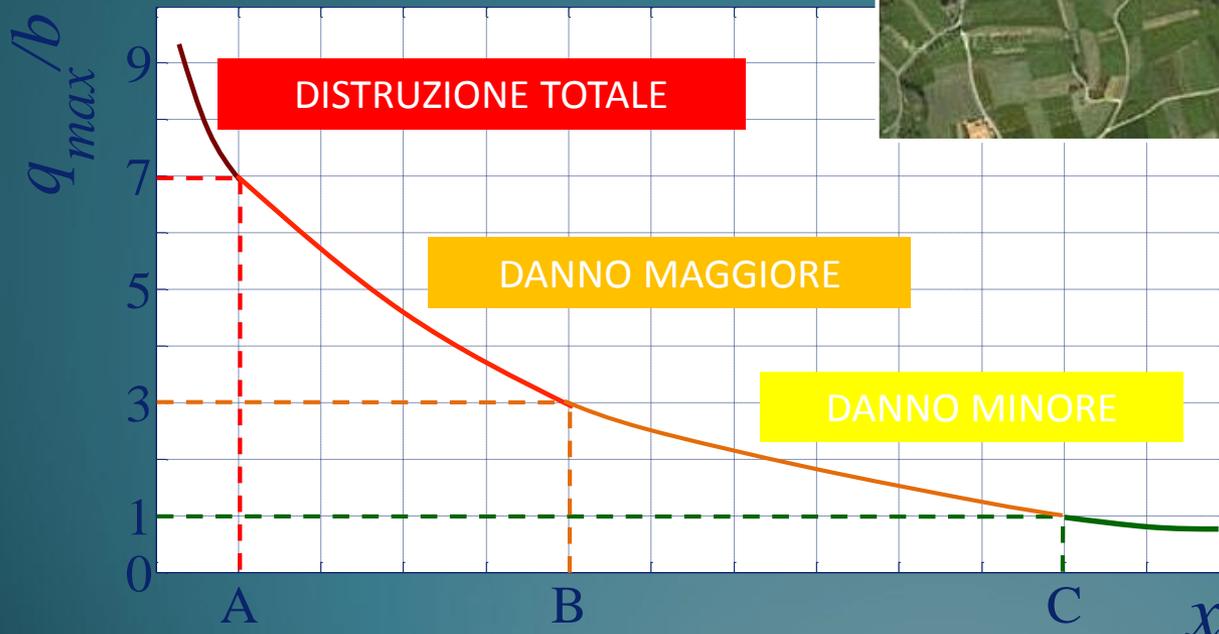
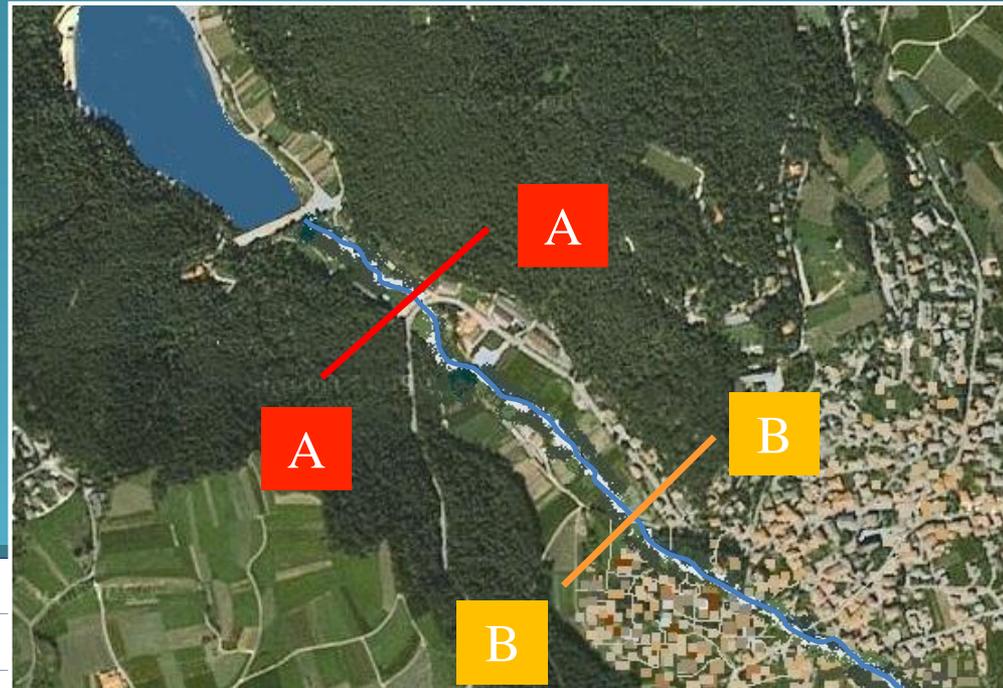


- VALLE: canale prismatico rettangolare, n e i_f costanti.



CASI IDEALI

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

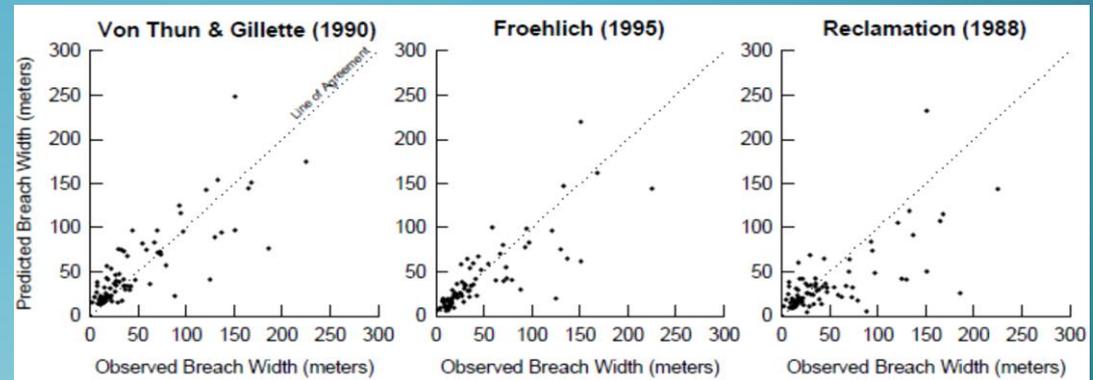
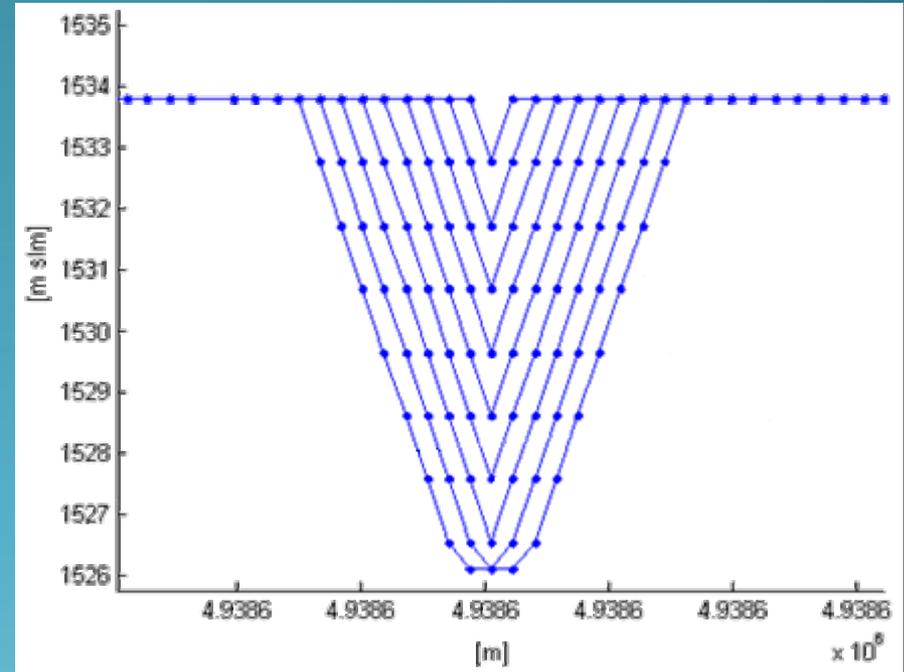


Grado di danno
 atteso

EVOLUZIONE GRADUALE

Modello di Froehlich (1995)

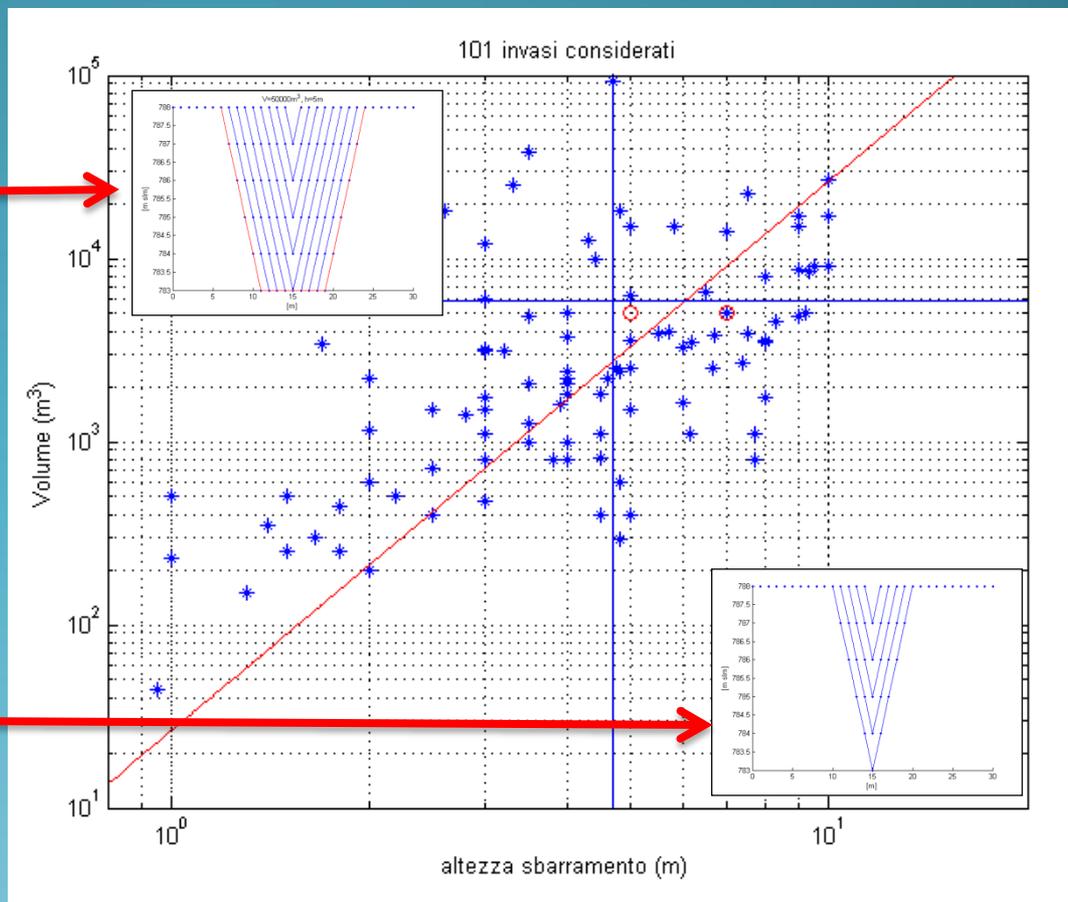
- $\underline{B} = 0,27 \cdot k_0 \cdot V_w^{0,32} \cdot H_b^{0,04}$
- $B_t = B + z \cdot H_b$
- $t_f = 63,2 \cdot (V_w (g H_b^2)^{-1})^{0,5}$
- parametro di crescita β
- validazione 2008
(74-23 casi)
- step



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

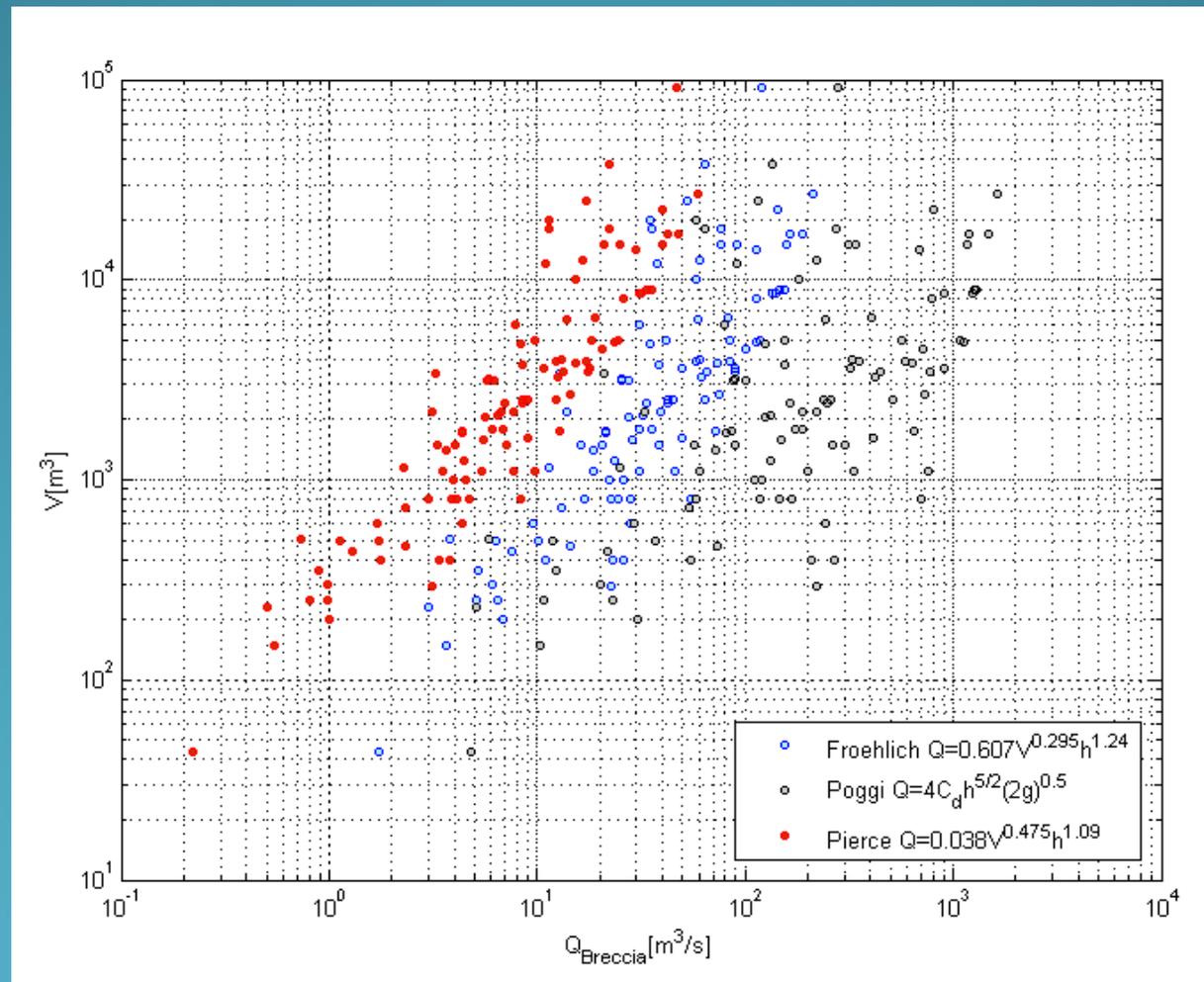
❖ Letteratura

| | 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 | |

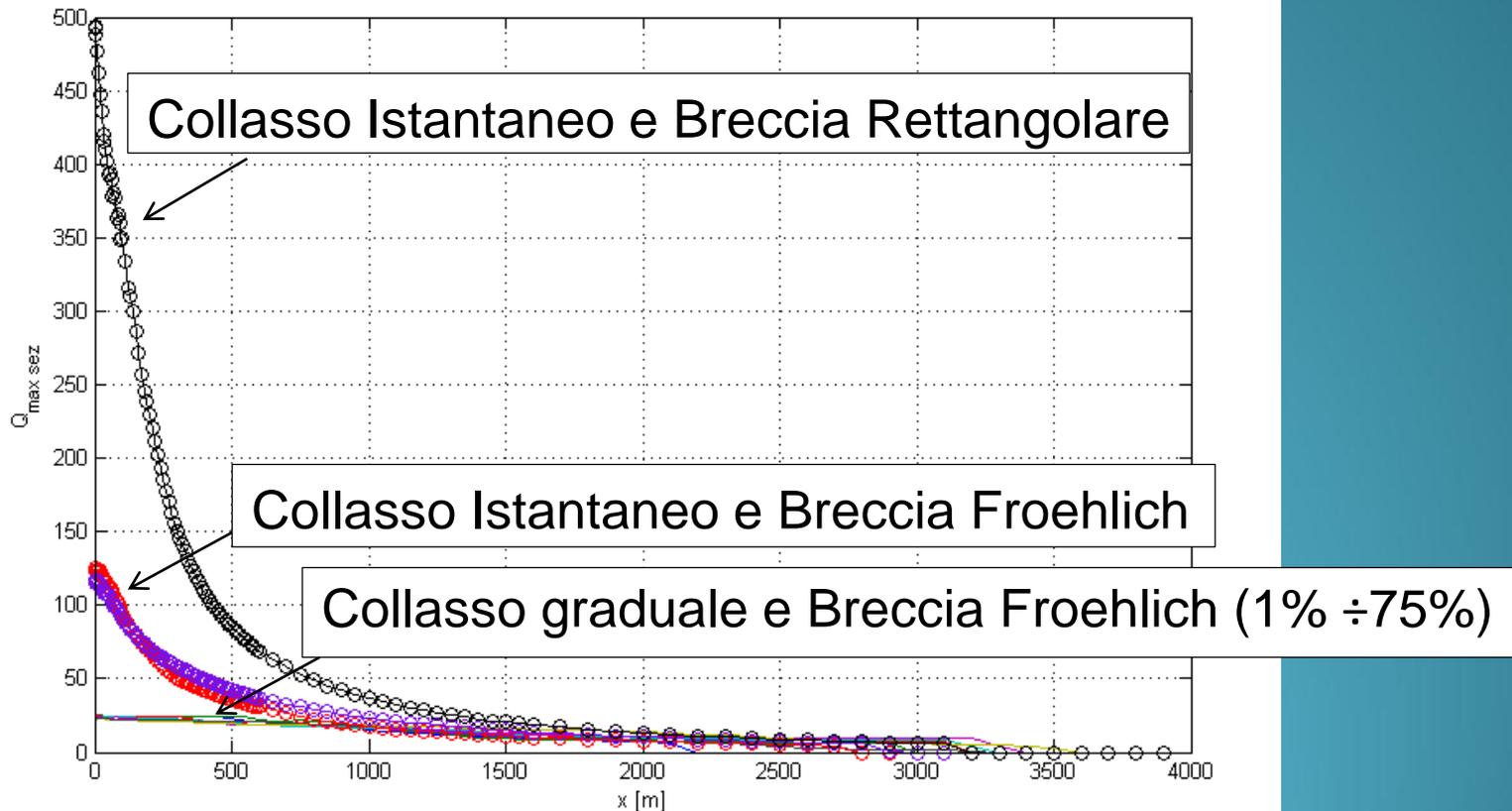
Stima della Q alla breccia

| 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 |

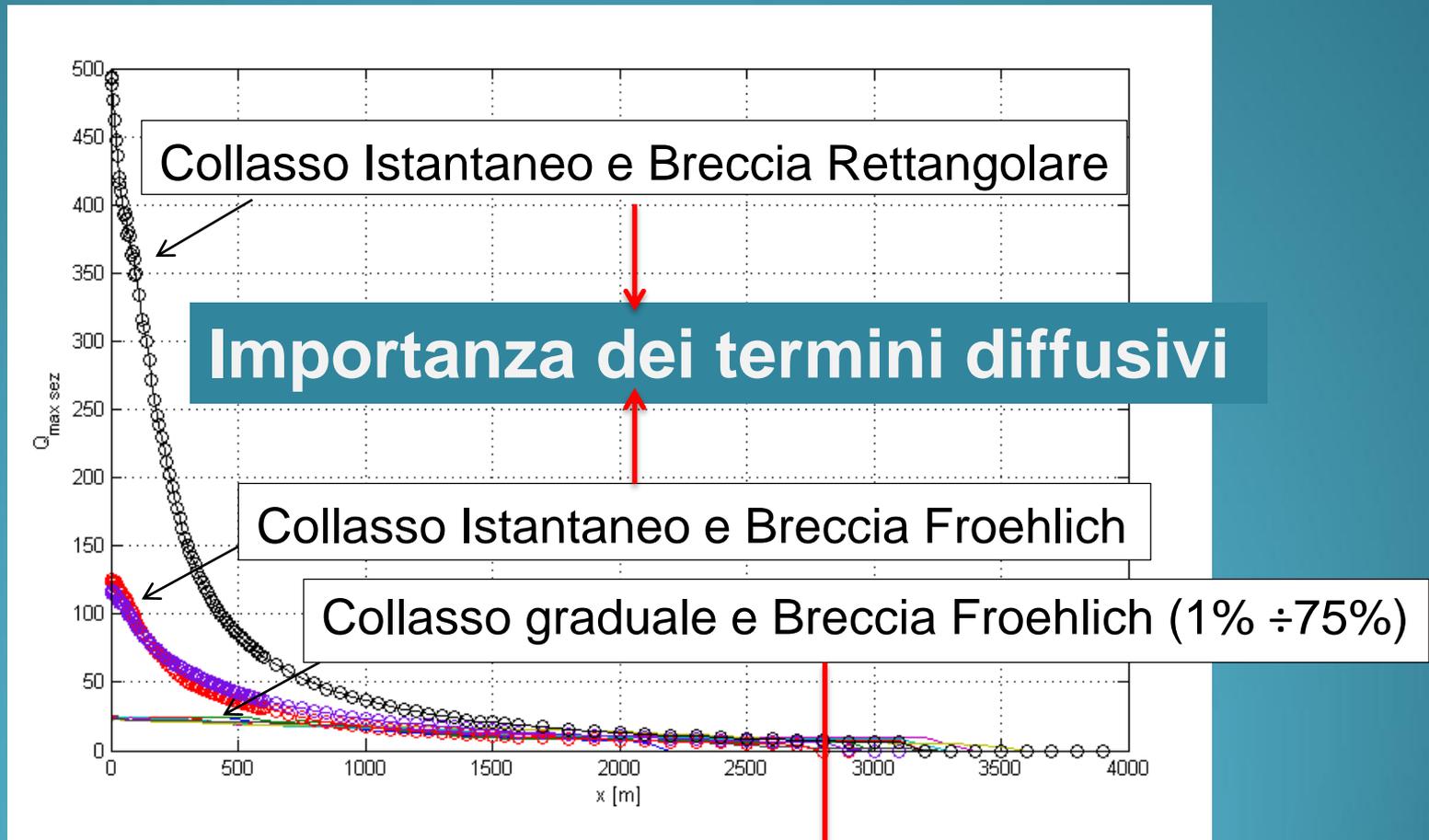
Stima della Q alla breccia



Propagazione dell'onda a valle



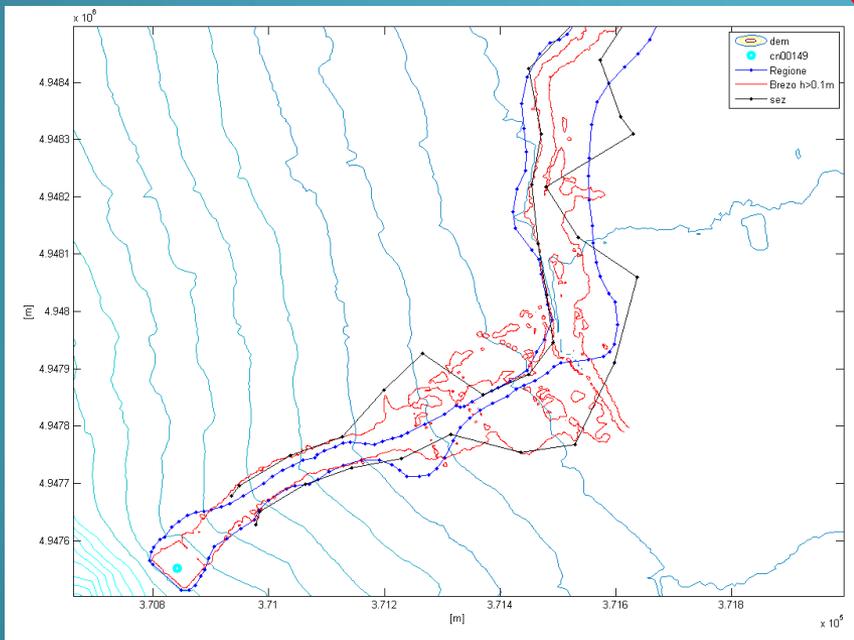
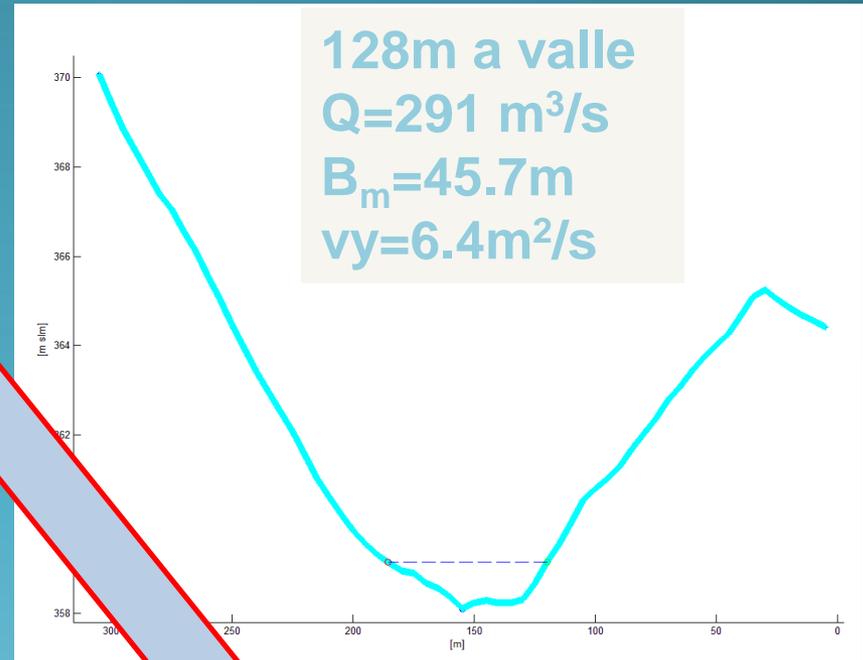
Propagazione dell'onda a valle



Importanza della topografia

Caso A: valle incisa

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



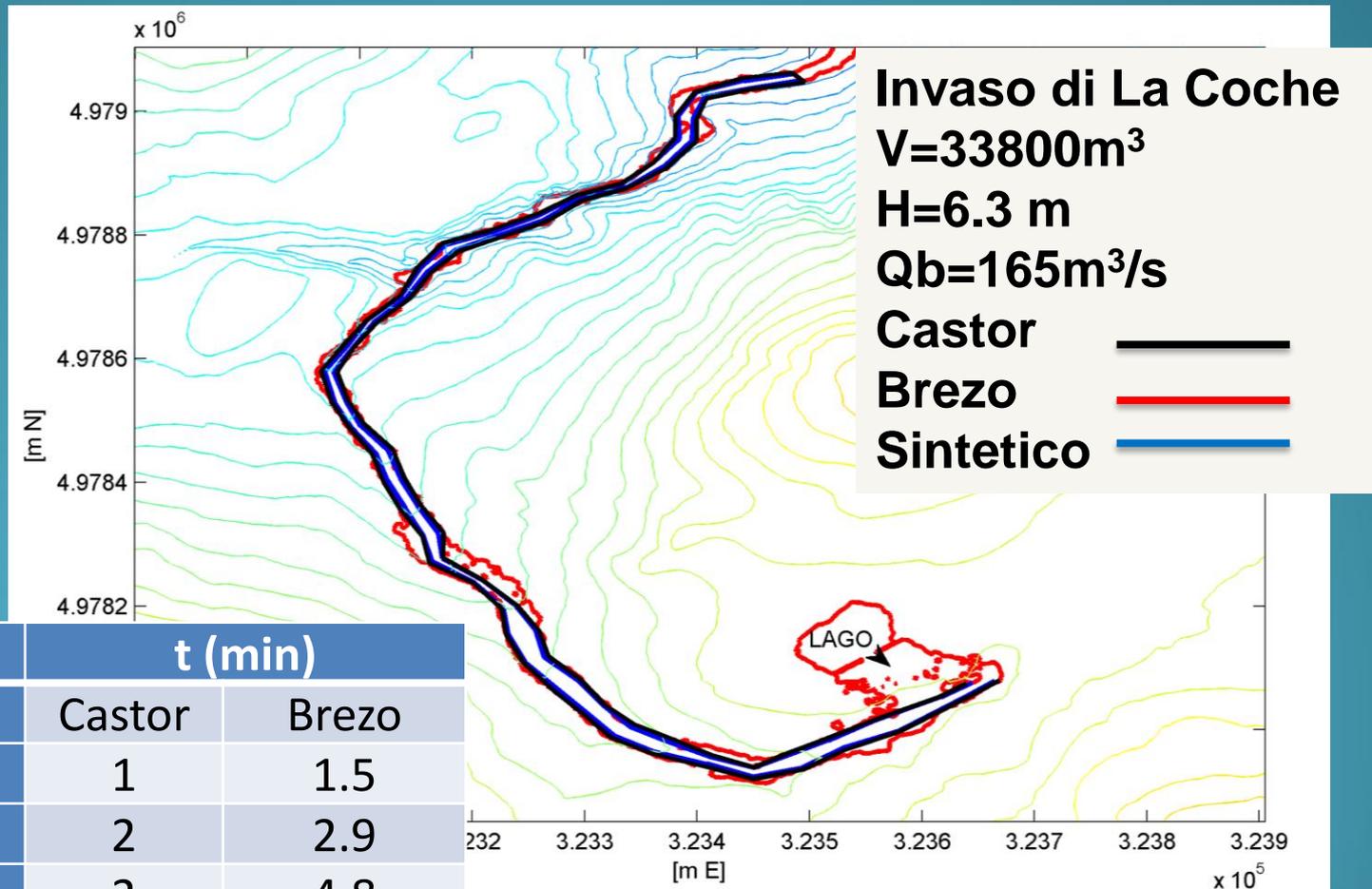
- ❖ Perimetrazione dell'area allagata

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

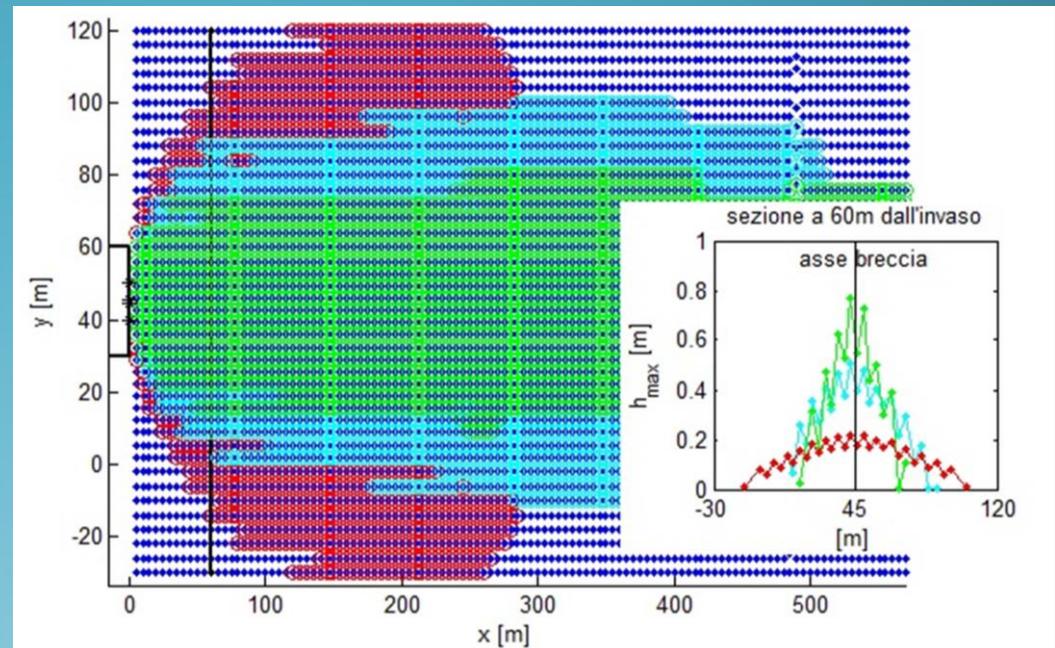
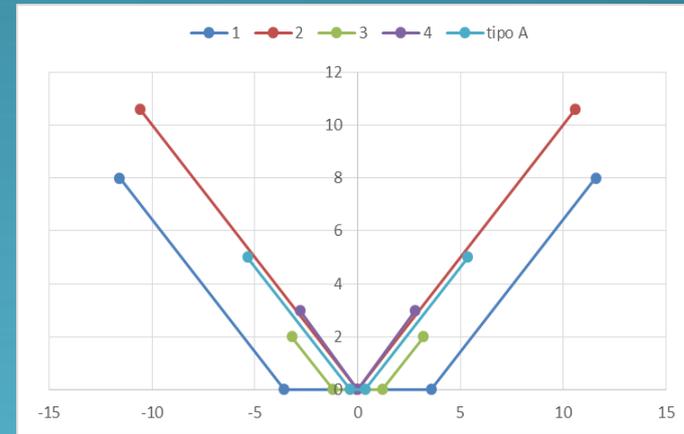
- ❖ formula di Frohlich agli invasi regionali:

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

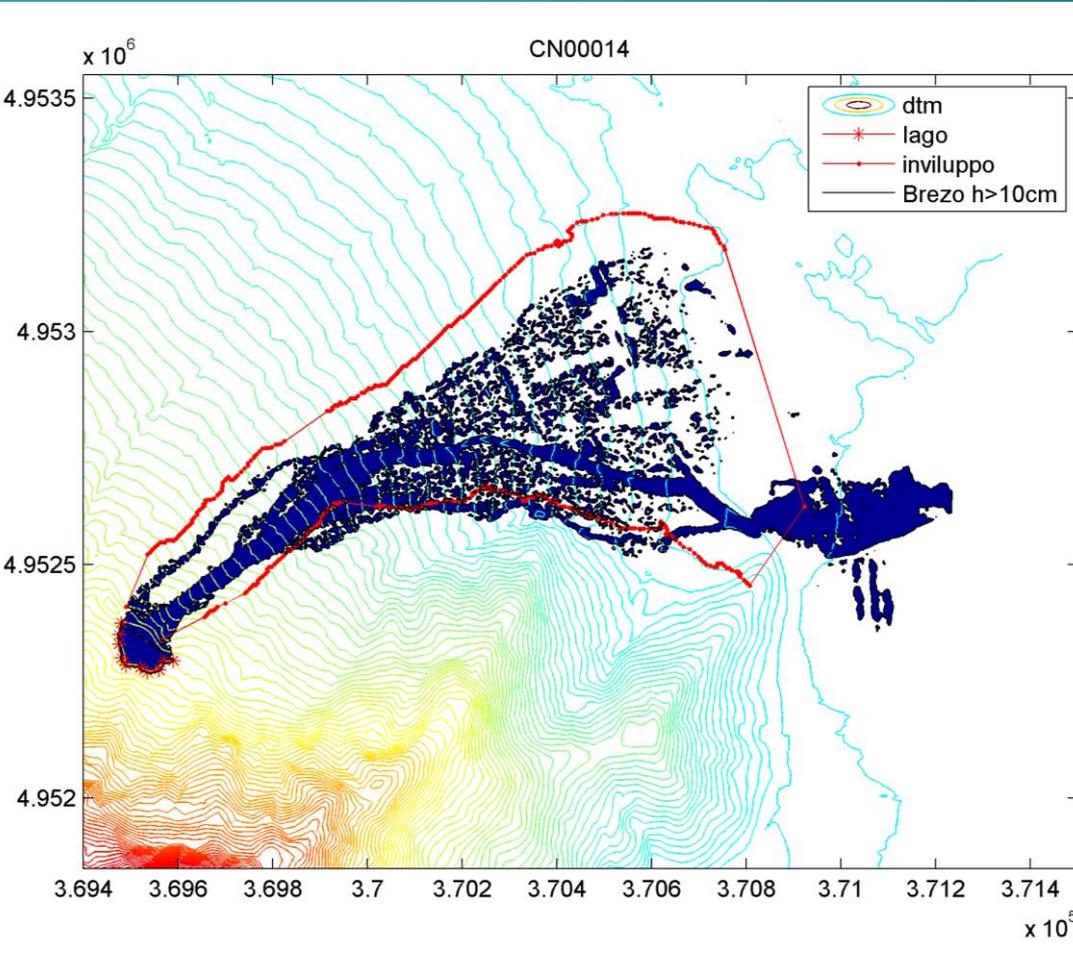
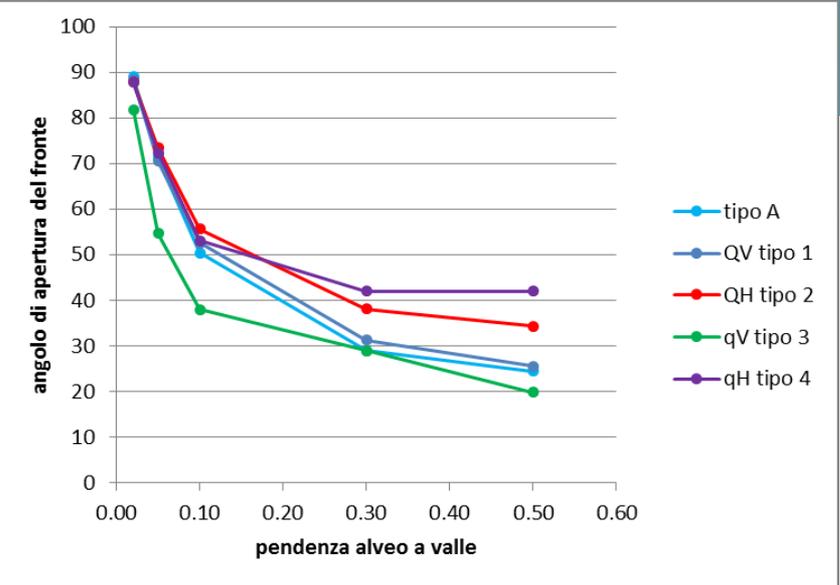
$$Q_{\min} = 14 \text{ m}^3/\text{s}$$

- ❖ 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
- ❖ involuppo

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

