



www.itcold.it
itcold@iol.it



OPEN DAY ON DAMS

2023

Paolo De Girolamo
Sapienza Università di Roma
paolo.degirolamo@uniroma1.it

Myrta Castellino
Sapienza Università di Roma
myrta.castellino@uniroma1.it

21 aprile 2023
Facoltà di Ingegneria Civile e Industriale
Sapienza Università di Roma

Soluzione innovativa per la protezione di un alveo fluviale mediante massi di tipo Antifer a valle di una vasca di dissipazione sottodimensionata

Soluzione innovativa per la protezione di un alveo fluviale mediante massi di tipo Antifer a valle di una vasca di dissipazione sottodimensionata

Obiettivi della ricerca:

Protezione dell'alveo del fiume Biferno a valle della diga di Ponteliscione (Molise) tramite l'utilizzo di massi artificiali di tipo Antifer per la dissipazione dell'energia.

Motivazioni della ricerca:

Nel gennaio 2003 in fase di collaudo della diga, un evento di piena ha impegnato per la prima volta lo scarico di superficie causando danni (escavazioni) in alveo a valle della vasca di dissipazione lungo le sponde in destra idraulica.

Metodologia:

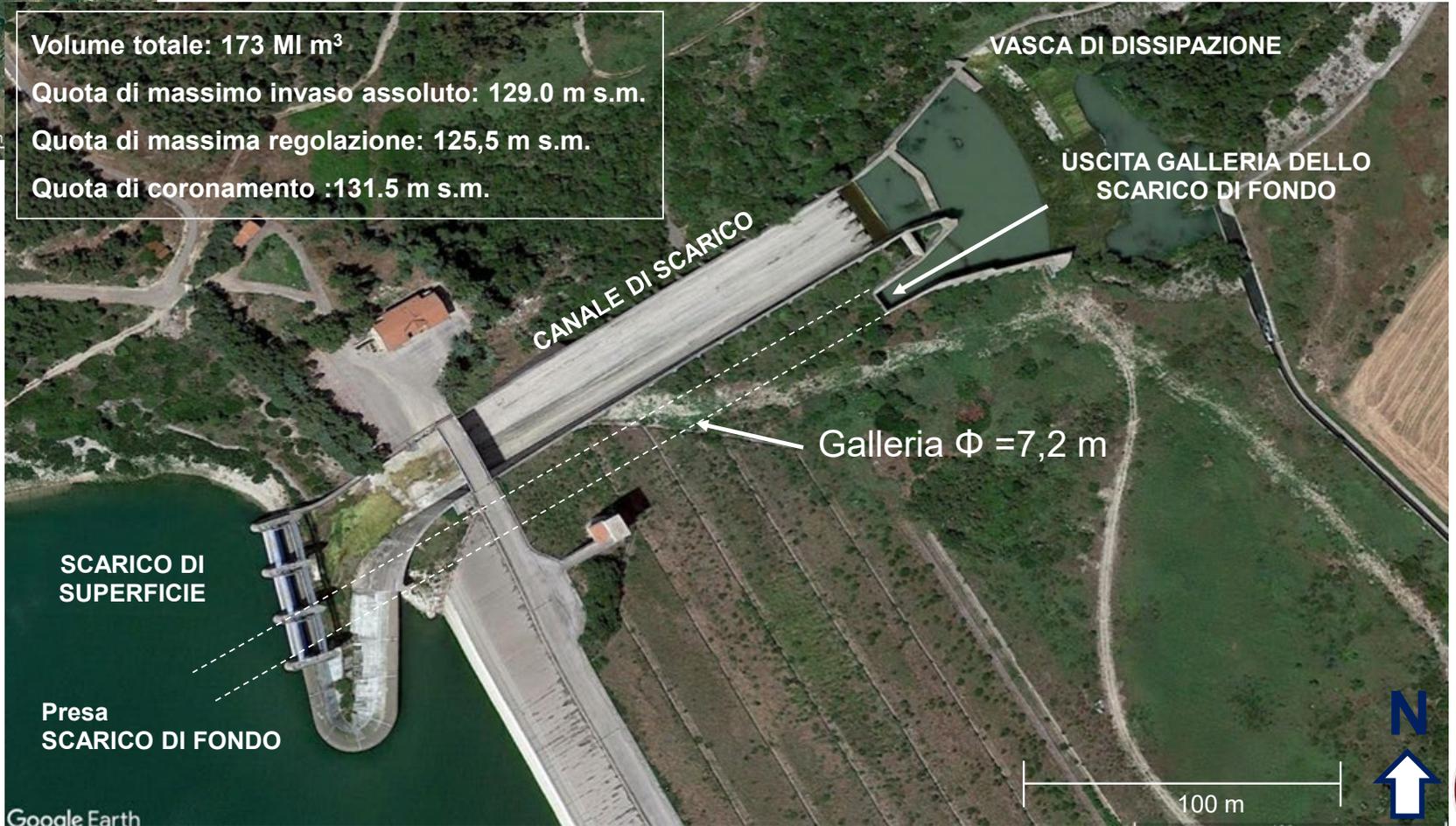
Il Servizio Dighe ha richiesto al Concessionario (Molise Acque) la verifica sperimentale degli interventi progettati. Le prove sperimentali sono state eseguite nel Laboratorio di Costruzioni Idrauliche e Marittime del DICEA (Sapienza Università di Roma).



La diga di Ponteliscione: inquadramento generale

La Diga di Ponte Liscione (nel seguito indicata semplicemente come “Diga”) sul fiume Biferno (Molise) è costituita da materiali sciolti permeabili con manto di tenuta in conglomerato bituminoso.

Volume totale: 173 MI m³
Quota di massimo invaso assoluto: 129.0 m s.m.
Quota di massima regolazione: 125,5 m s.m.
Quota di coronamento :131.5 m s.m.



La diga di Ponteliscione: evento di piena del 24-25 gennaio 2003

Il 24-25 gennaio 2003 lo sbarramento è stato soggetto ad un evento di piena che ha determinato al suo culmine una portata scaricata di circa 827 m³/s. Il tempo di ritorno dell' evento è stato stimato in circa 30-50 anni.



Dal prototipo al modello di laboratorio

Rapporto di scala delle lunghezze: $\frac{L_{mod}}{L_{prot}} = \lambda_L$

Nei modelli idraulici in scala ridotta di moti a superficie libera in regime turbolento si garantisce l'uguaglianza tra modello e prototipo del numero di Froude garantendo allo stesso tempo che la scala del modello sia sufficientemente grande da determinare nel modello fisico che il moto rimanga in regime turbolento per cui si può assumere che le dissipazioni di energia non dipendano dal Numero di Reynolds.

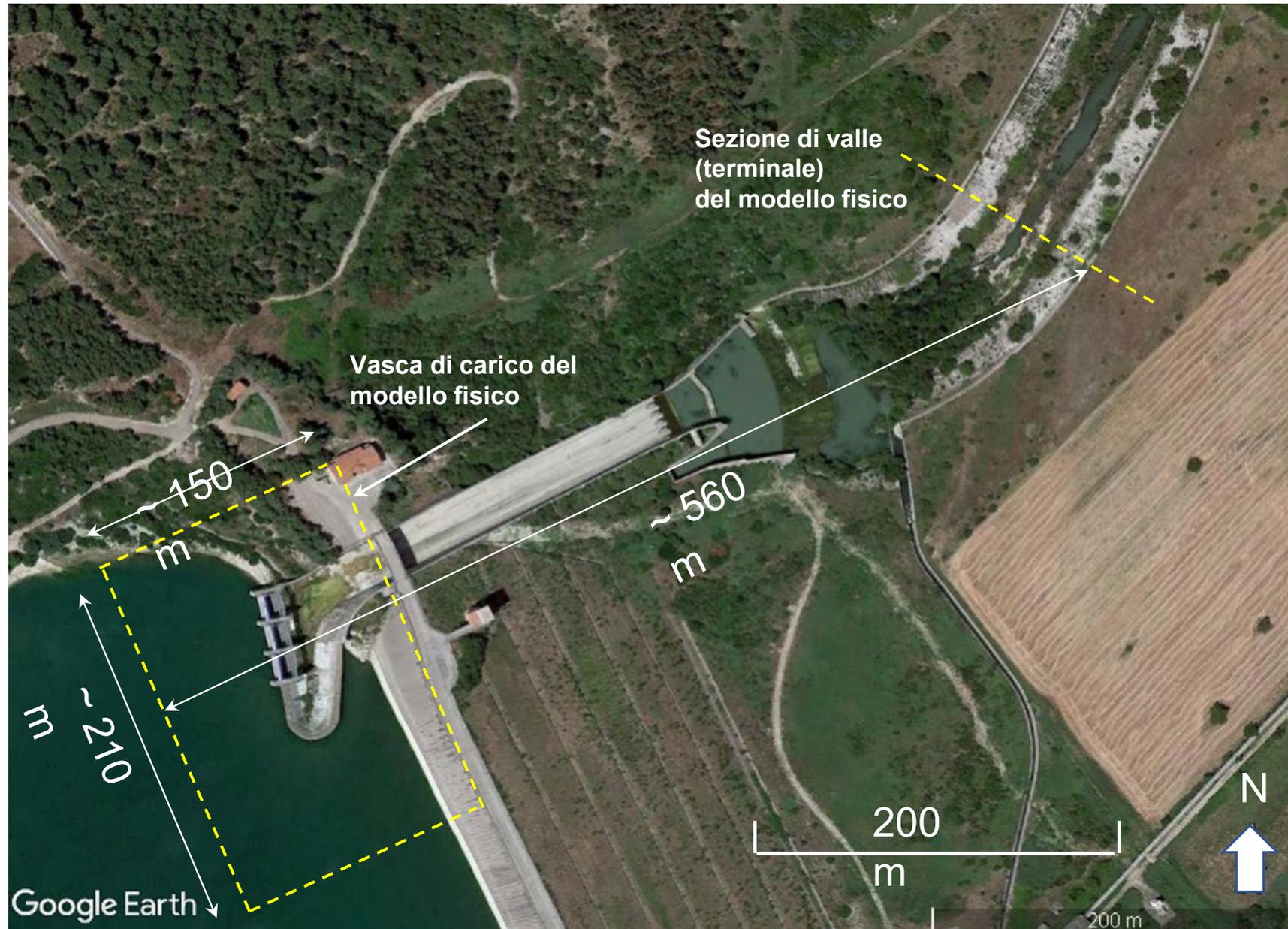
Numero di Reynolds: $\frac{F_i}{F_\mu} = \frac{\rho LV}{\mu}$ Rapporto tra forza d'inerzia e forza viscosa

Numero di Froude: $\sqrt{\frac{F_i}{F_g}} = \frac{V}{\sqrt{gL}}$ Rapporto tra forze d'inerzia e la forza di gravità

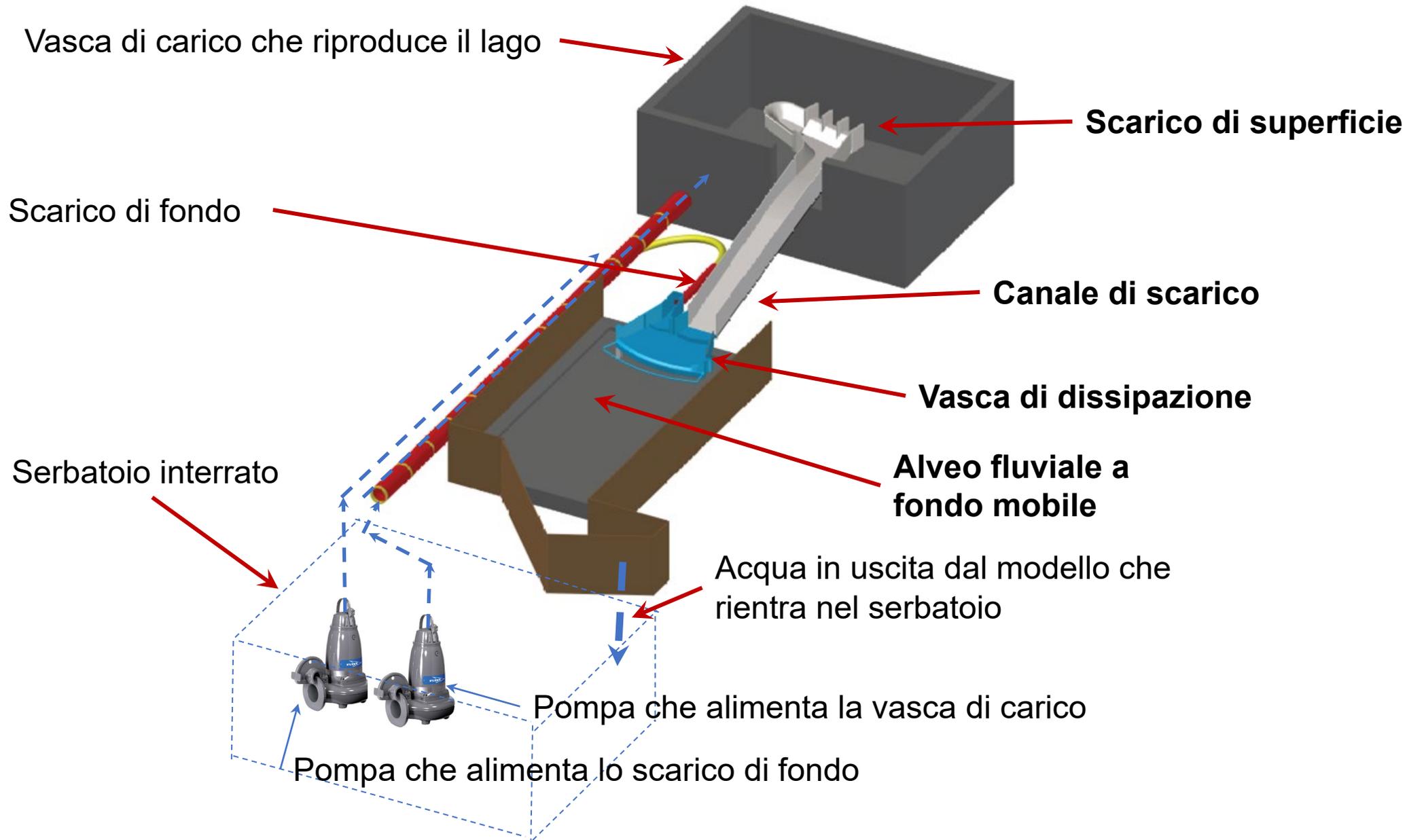
Grandezze e dimensioni	Unità SI	Similitudine di Froude $\lambda_{Fr} = \frac{Fr_m}{Fr_p} =$ Scala
Area[L ²]	m ²	$\lambda_a = \lambda_l^2$
Volume[L ³]	m ³	$\lambda_w = \lambda_l^3$
Velocità[LT ⁻¹]	$\frac{m}{s}$	$\lambda_v = \sqrt{\lambda_l}$
Tempo[T]	s	$\lambda_T = \sqrt{\lambda_l}$
Accelerazione[LT ⁻²]	$\frac{m}{s^2}$	$\lambda_a = 1$
Velocità angolare[T ⁻¹]	s ⁻¹	$\lambda_\omega = \frac{1}{\sqrt{\lambda_l}}$
Portata volumetrica[L ³ T ⁻¹]	$\frac{m^3}{s}$	$\lambda_Q = \lambda_l^{\frac{5}{2}}$



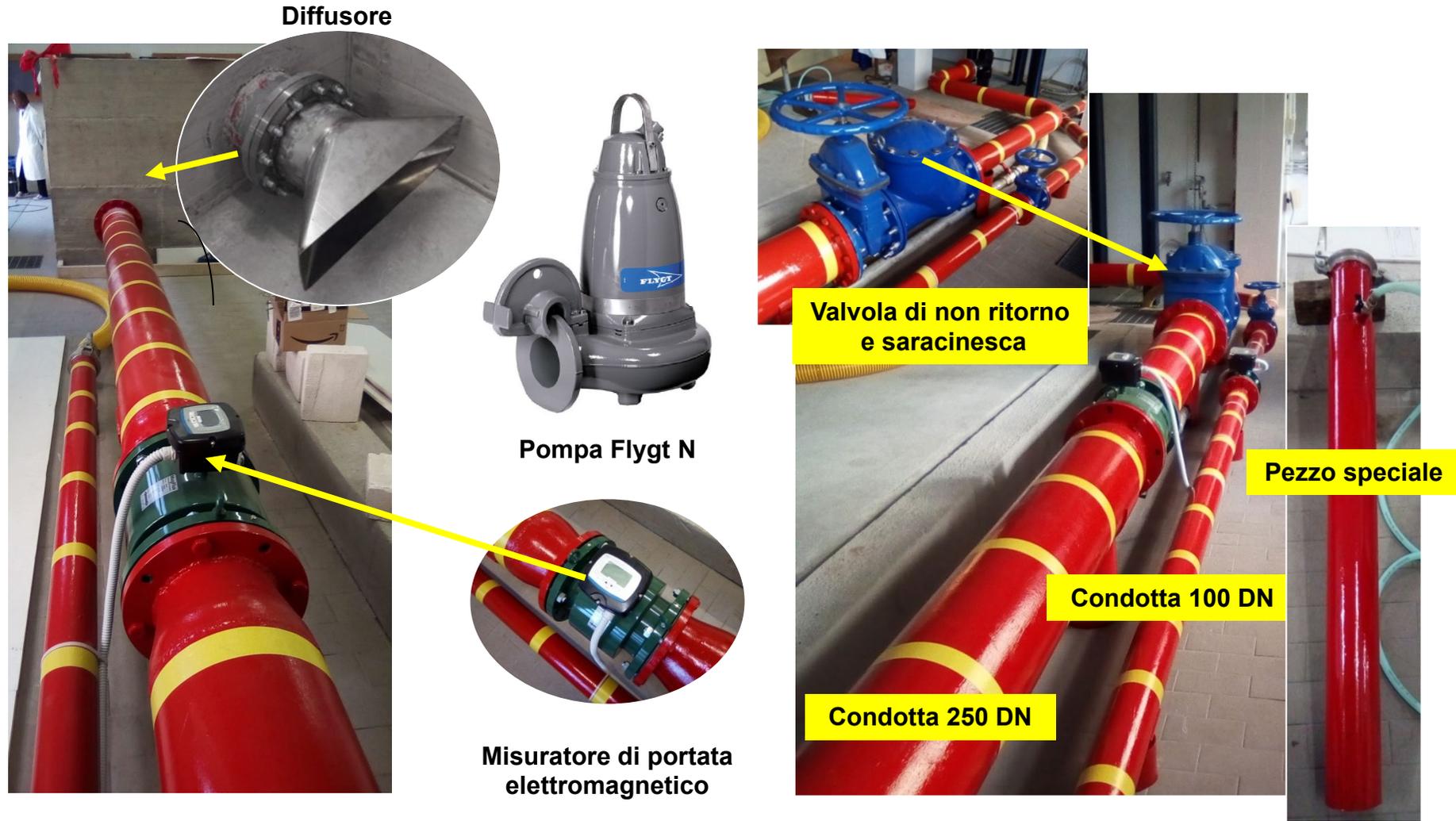
Modellazione fisica in similitudine di Froude scala 1:60



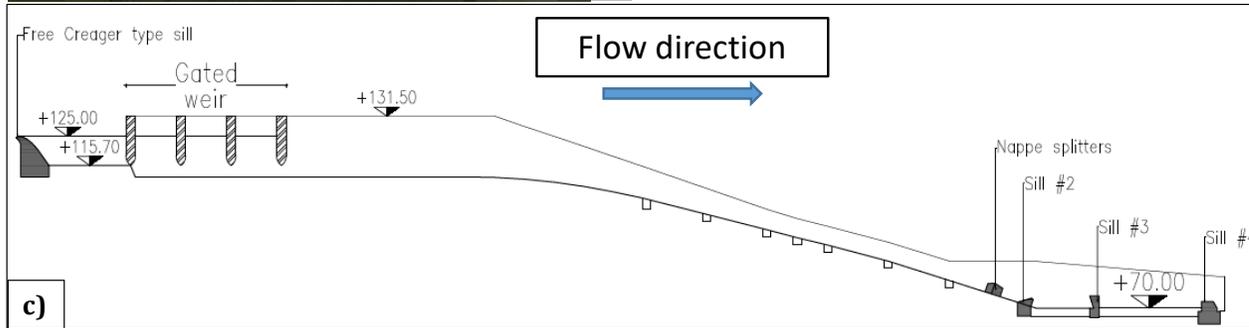
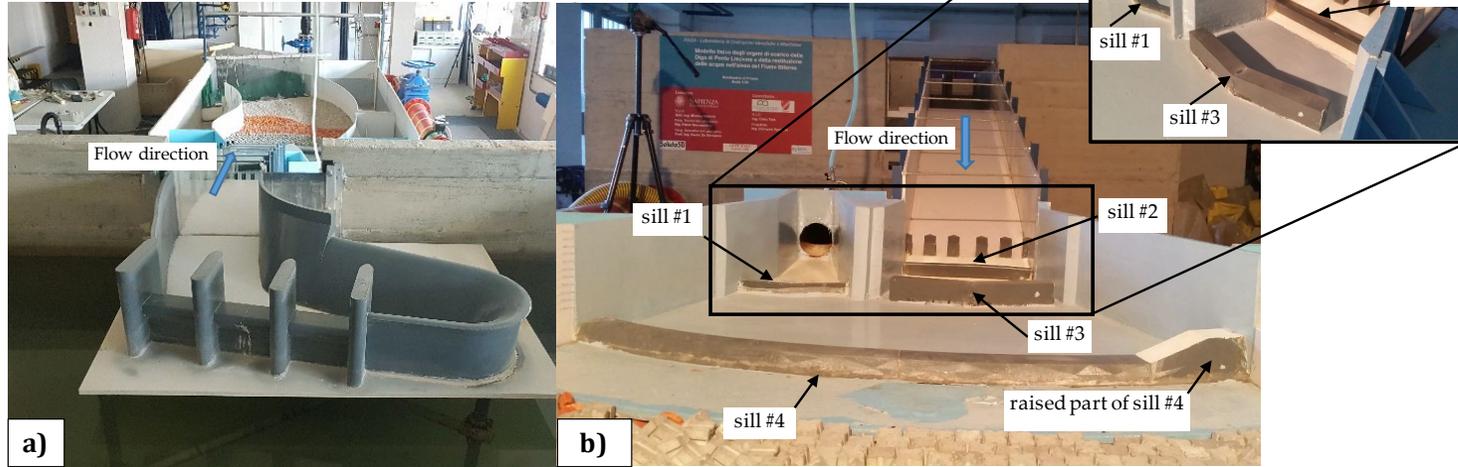
Modellazione fisica in similitudine di Froude scala 1:60: il progetto



Modellazione fisica in similitudine di Froude scala 1:60: il circuito idraulico



Modellazione fisica in similitudine di Froude scala 1:60: il modello



Fase 1 – Verifica della vasca di dissipazione esistente mediante la misura sperimentale dello scavo in alveo

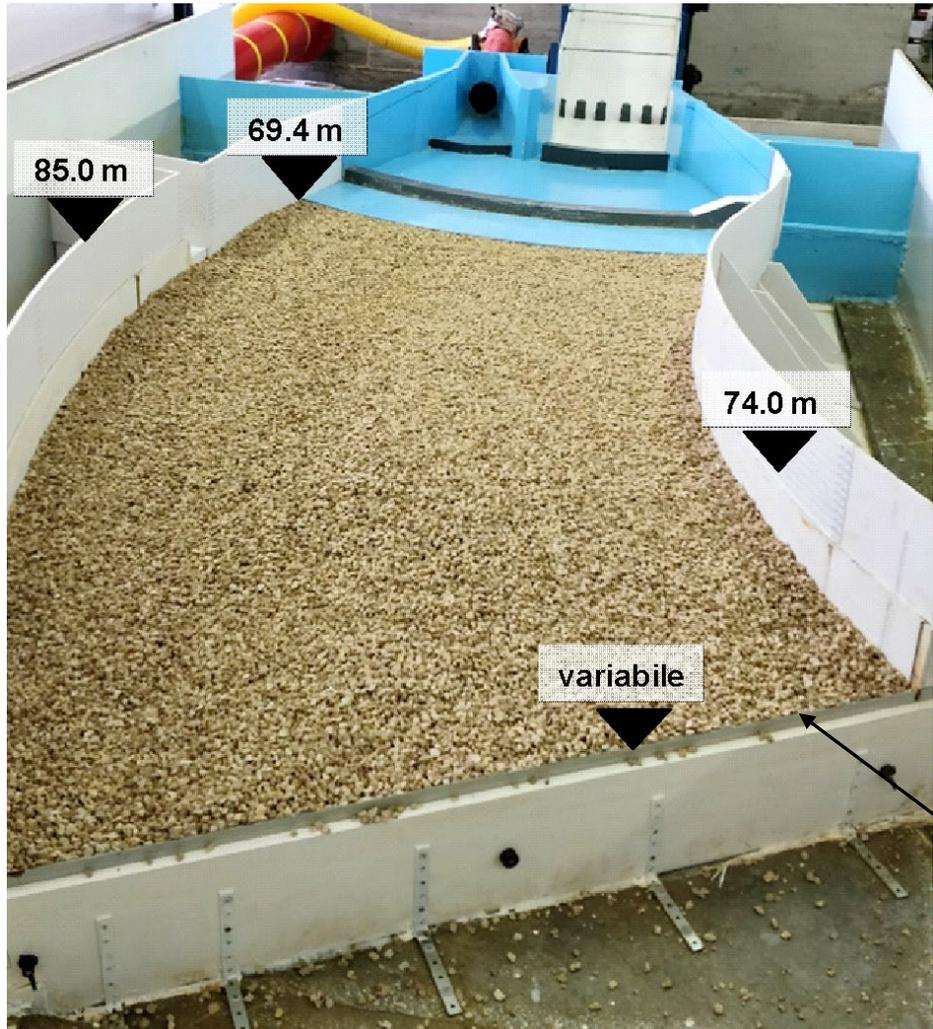
Fase 2 – Verifica dello scavo in alveo senza soglia alla fine del canale di scarico

Fase 3 – Dimensionamento e verifica della protezione realizzata mediante massi naturali e massi Antifer

Test #	Return period T_r (years)	Discharge (m^3/s)	Sill #2	"Column placement t "	"Random placement"	"Closed pyramid placement"
1	30-50	830	Yes	No	No	No
2a	30-50	830	No	Yes	Yes	No
2b	30-50	830	No	Yes	No	Yes
3a	200	1450	Yes	No	No	No
3b	200	1450	No	No	No	No
4a	200	1450	No	Yes	Yes	No
4b	200	1450	No	Yes	No	Yes



Modellazione fisica in similitudine di Froude scala 1:60: Fase 1



PROTOCOLLO DI PROVA:

Prova 1: *Sol. Attuale* Solo scarico di fondo in funzione con la portata $Q_1 = 500 \text{ m}^3/\text{s}$.

Prova 2: *Sol. Attuale* Solo scarico di superficie in funzione con la portata $Q_2 = 830 \text{ m}^3/\text{s}$.

Prova 3: *Sol. Attuale* Solo scarico di superficie in funzione con la portata $Q_3 = 1450 \text{ m}^3/\text{s}$.

Prova 4: *Sol. Attuale* Solo scarico di superficie in funzione con la portata $Q_4 = 1850 \text{ m}^3/\text{s}$.

Prova 5: *Sol. Attuale* Solo scarico di superficie in funzione con la portata $Q_5 = 2250 \text{ m}^3/\text{s}$.

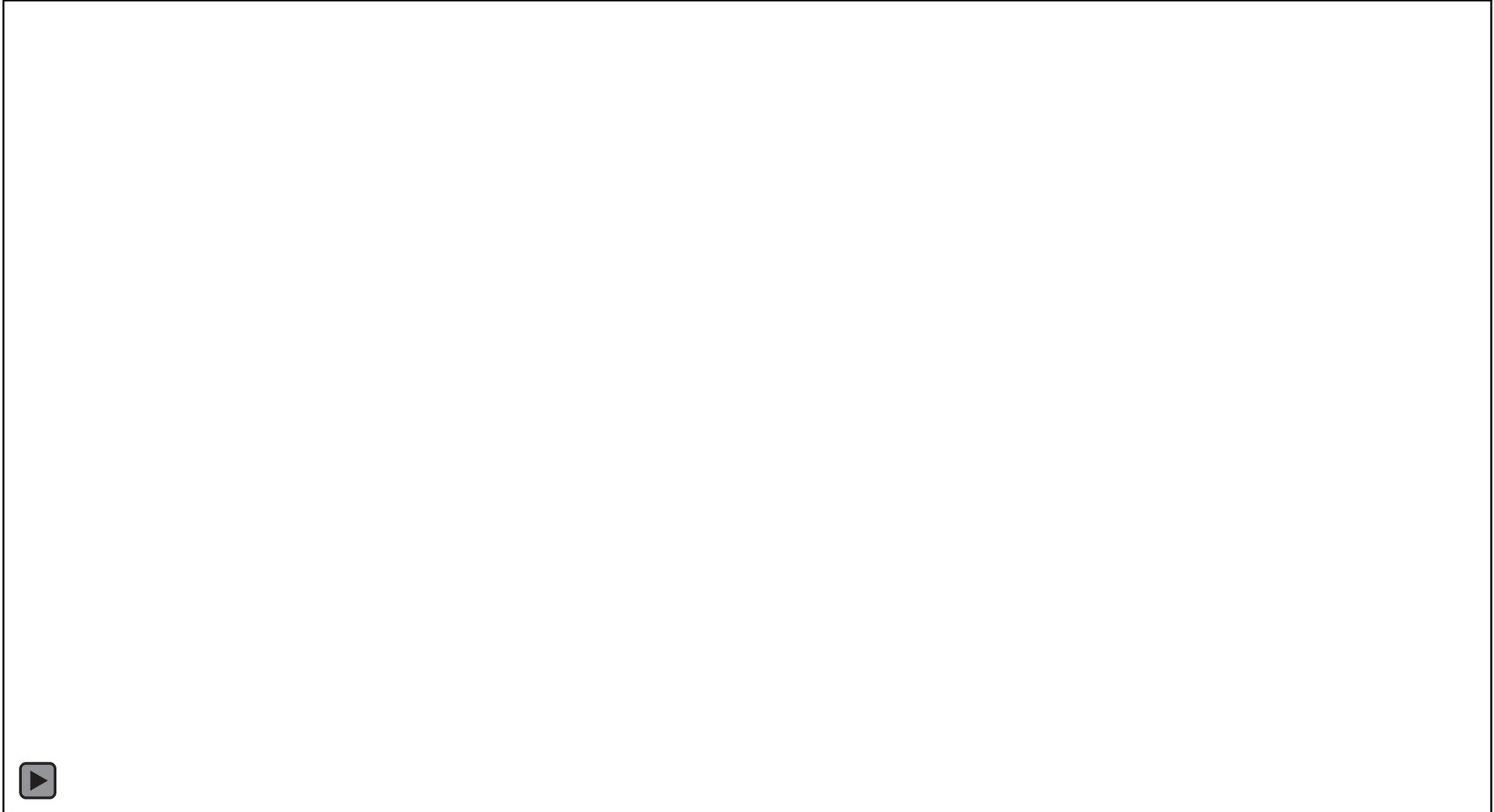
Fase 0: Batimetria dell'alveo iniziale (prima della prova);

Fase 1: Batimetria dell'alveo al termine dei primi 30 minuti (modello) di prova corrispondenti a circa 3.9 ore (reale);

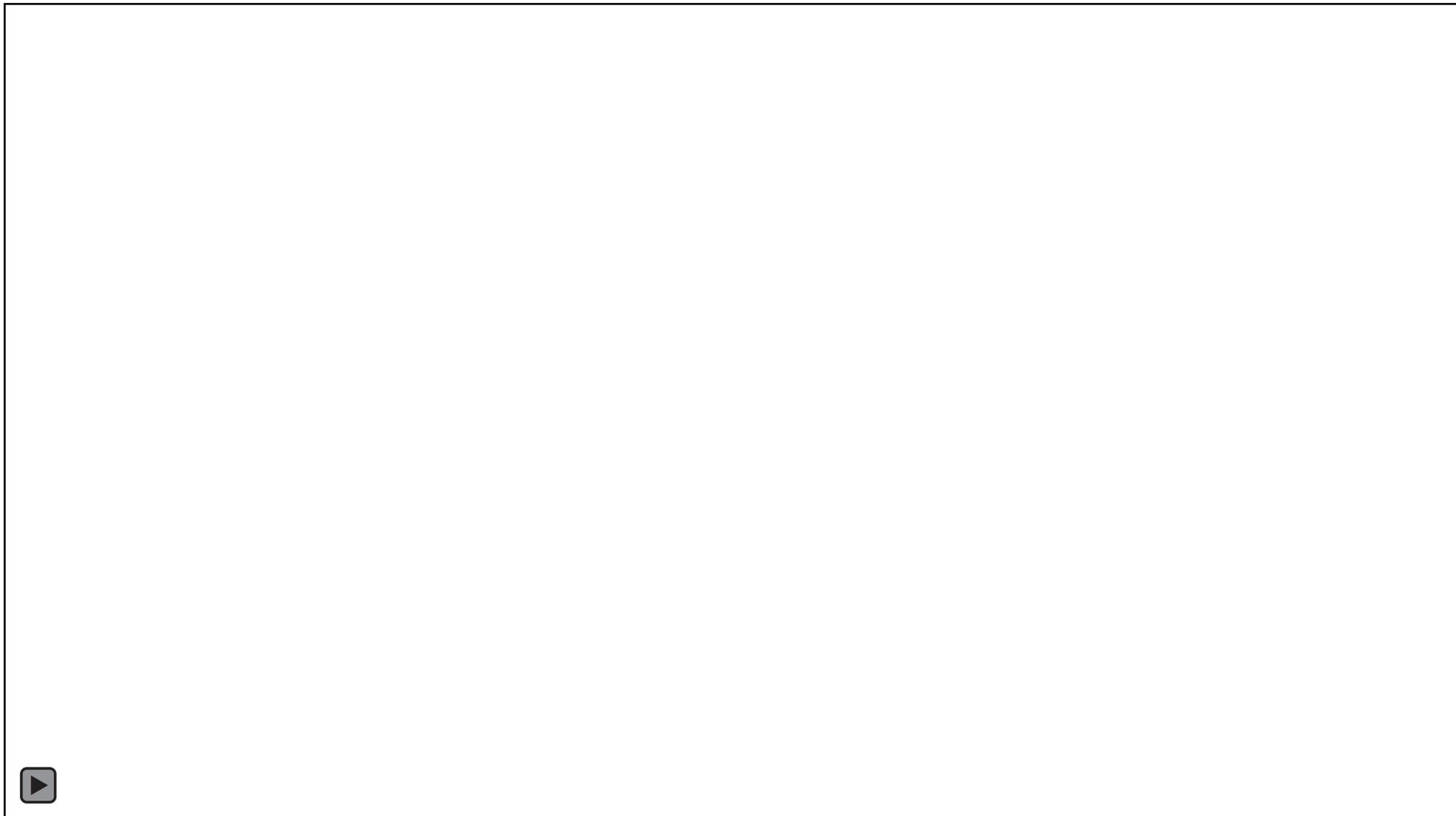
Fase 2: Batimetria dell'alveo al termine dei 60 minuti (modello) di prova corrispondenti a circa 7.8 ore (reale).

Soglia regolabile per
riprodurre le condizioni di
valle

Modellazione fisica in similitudine di Froude scala 1:60: Fase 1



Modellazione fisica in similitudine di Froude scala 1:60: Fase 1



Modellazione fisica in similitudine di Froude scala 1:60: Fase 1

Fotocamera digitale

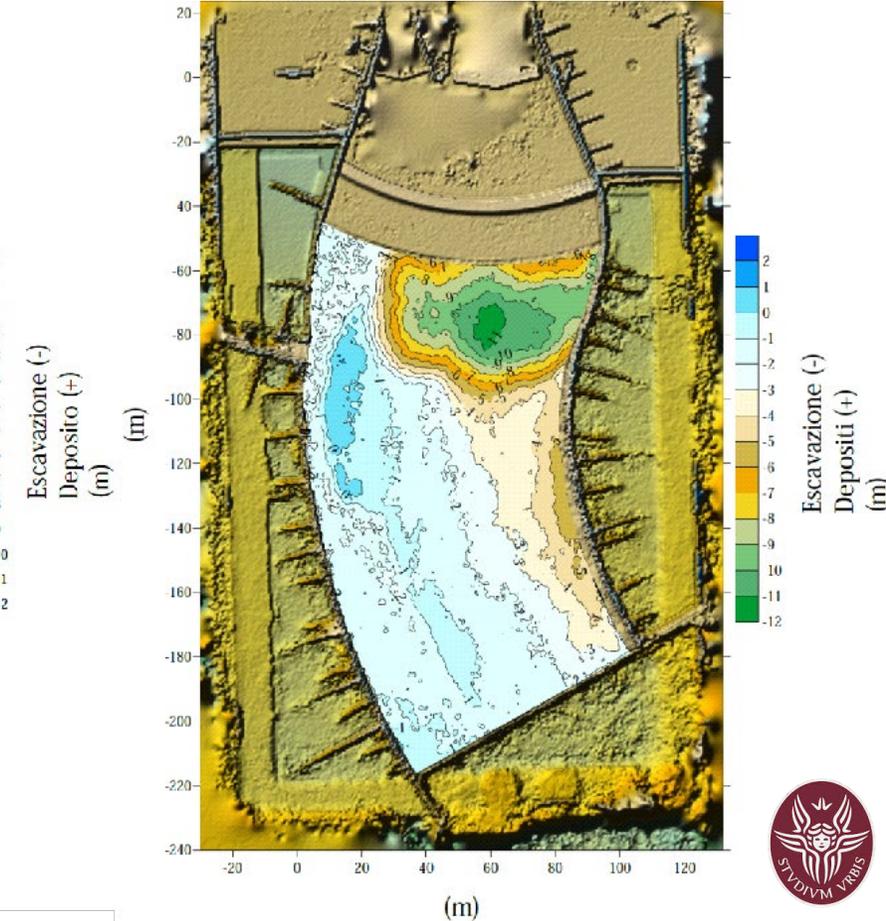
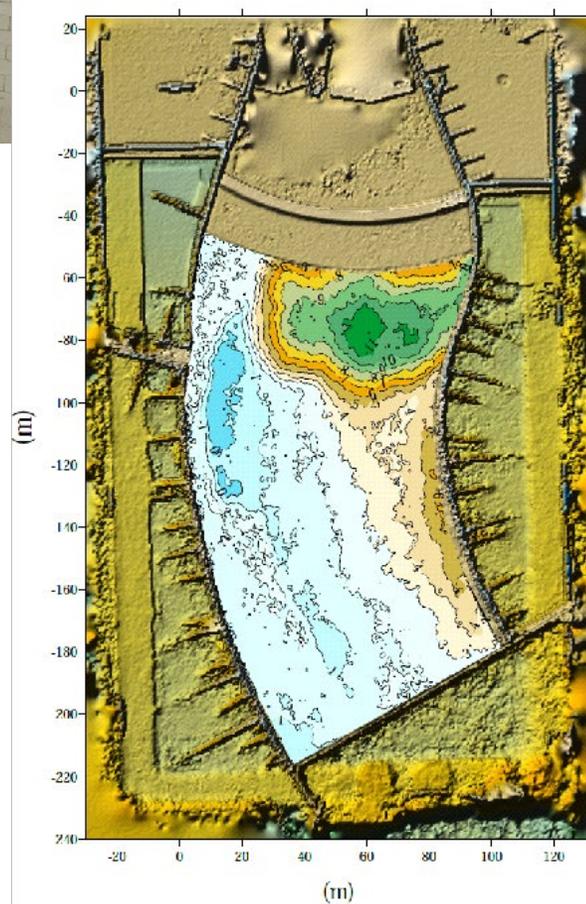
Cavalletto mobile

Calcolo del DEM tramite la tecnica della
fotogrammetria

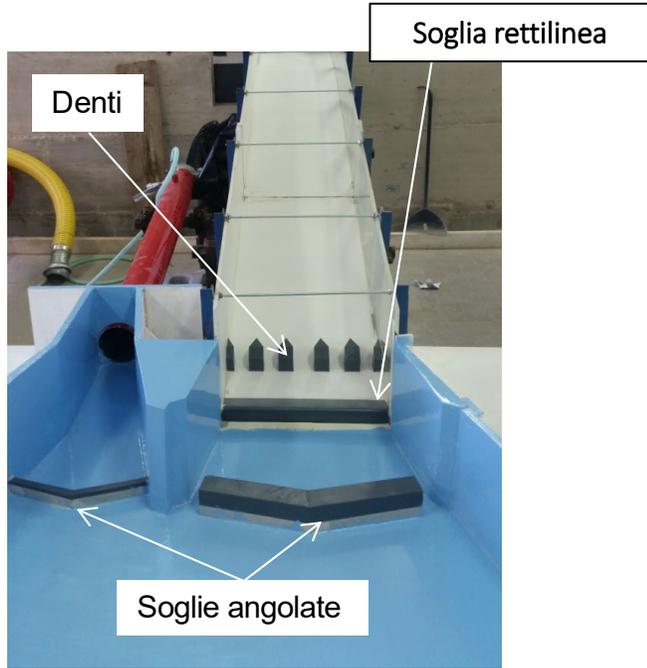


Prova 3 (attuale - con soglia) solo scarico di sup. 1450 m³/s

Punti quotati per la calibrazione del DTM
calcolato tramite tecnica fotogrammetrica



Modellazione fisica in similitudine di Froude scala 1:60: Fase 2



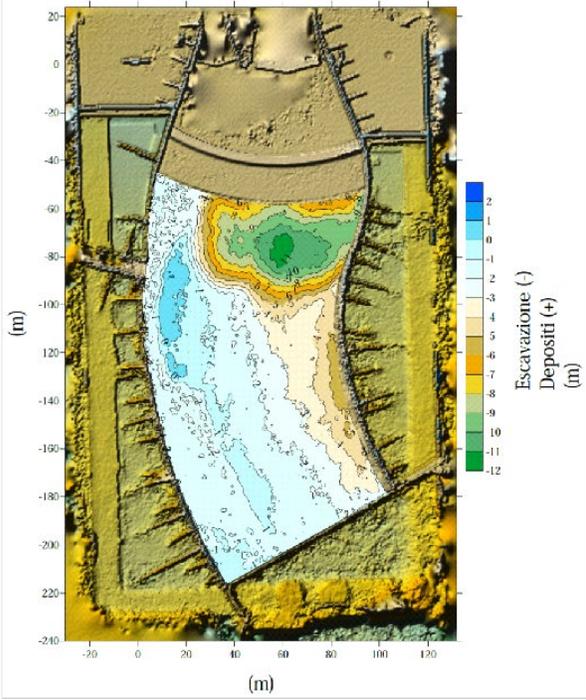
Calcolo del DEM tramite la tecnica della fotogrammetria



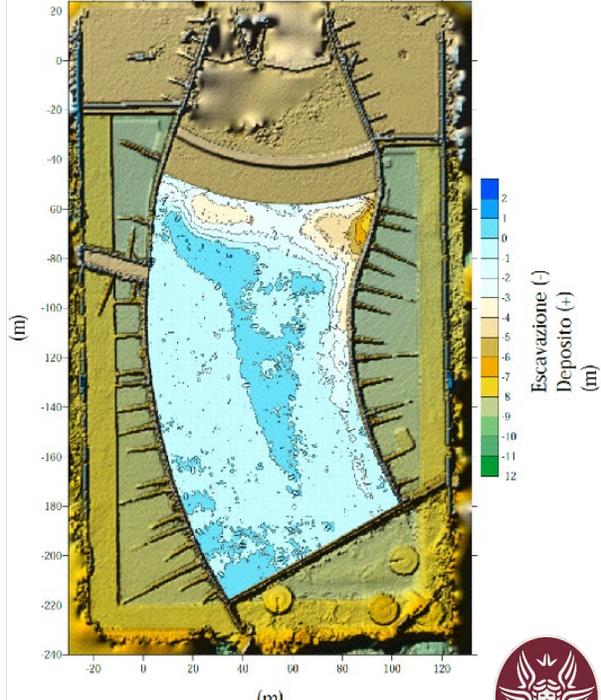
Solo scarico di sup. 1450 m³/s
confronto con e senza soglia *in assenza della protezione dell'alveo di progetto*



$Q_{\text{prototipo}} = 1450 \text{ m}^3/\text{s}$



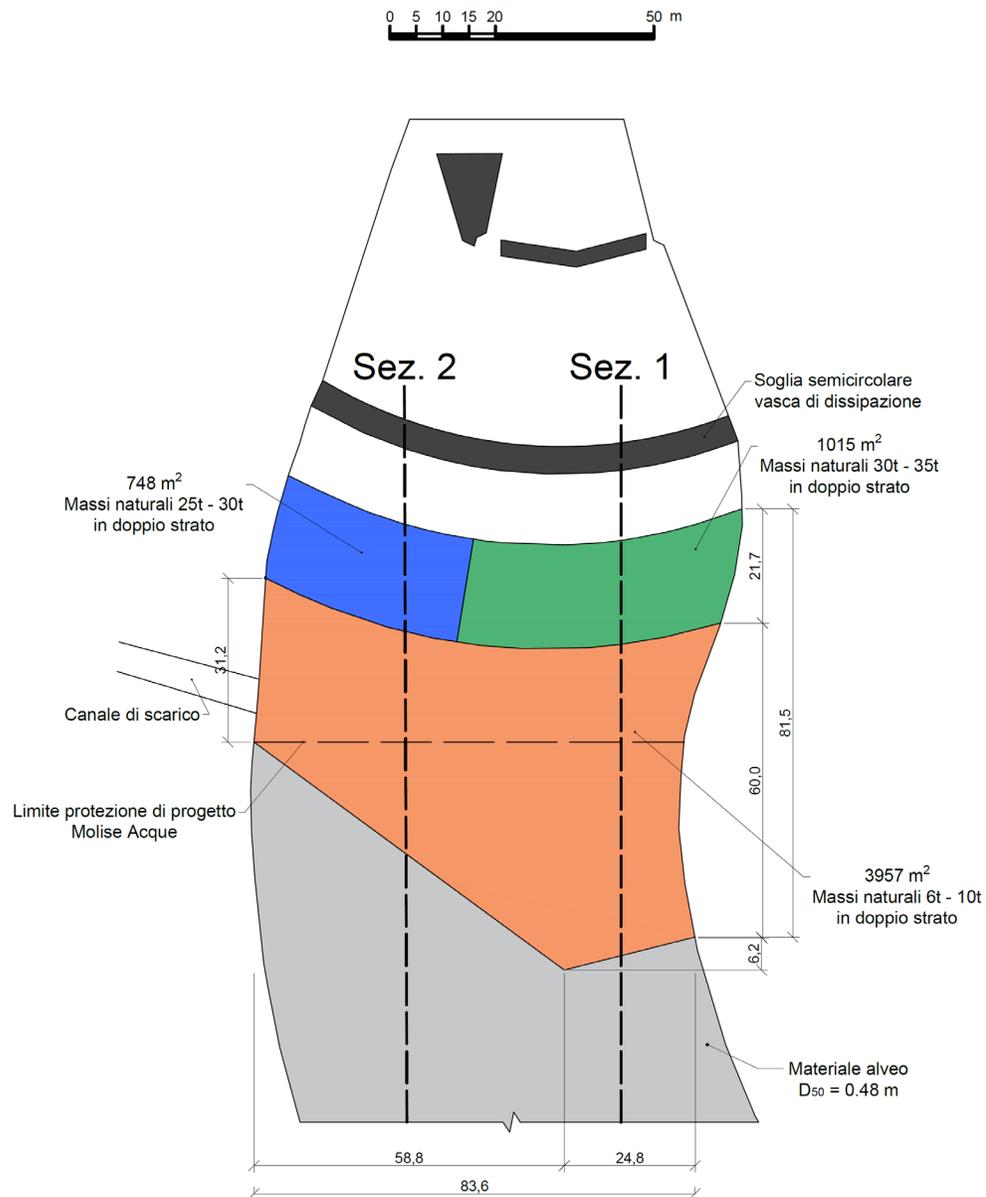
Con soglia



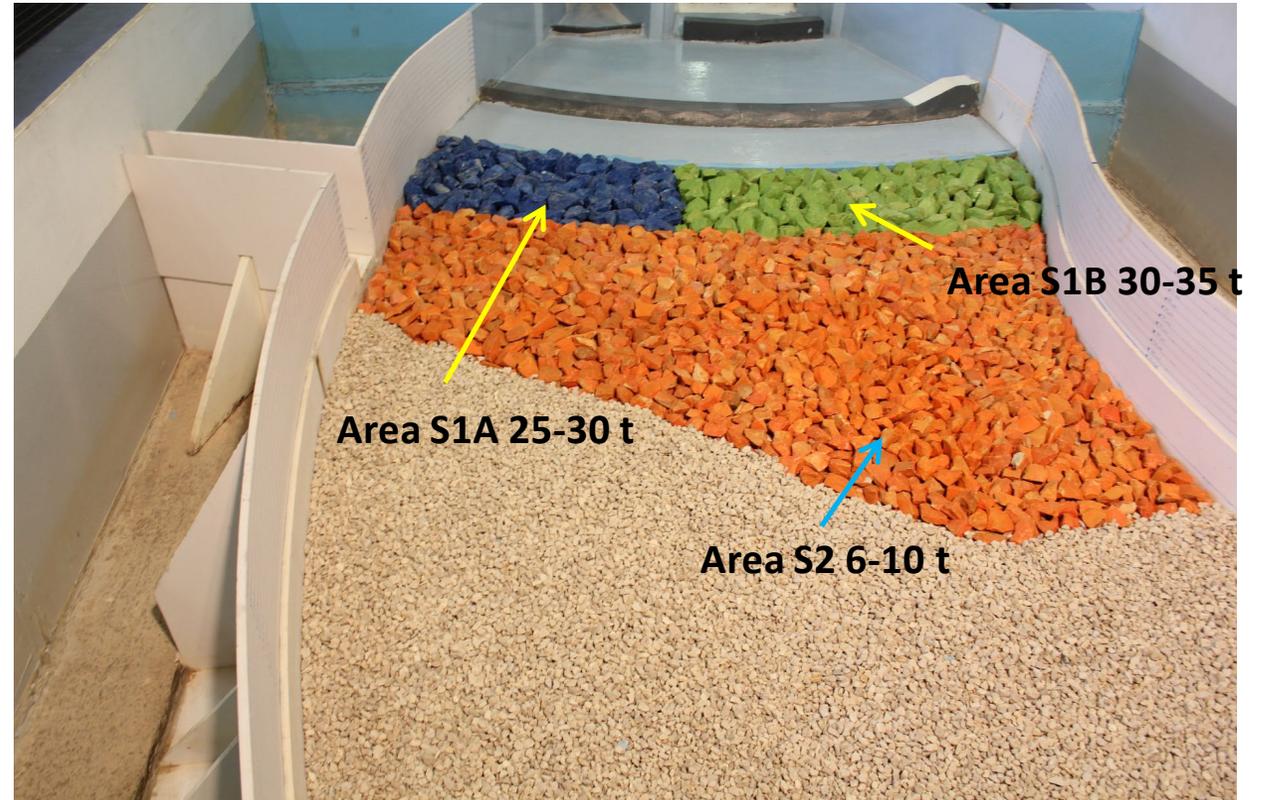
Senza soglia



Modellazione fisica in similitudine di Froude scala 1:60: Fase 3



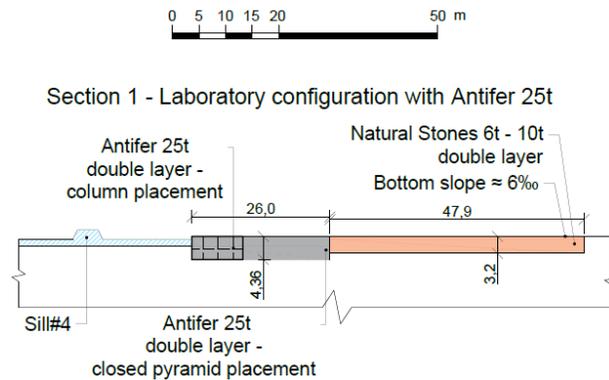
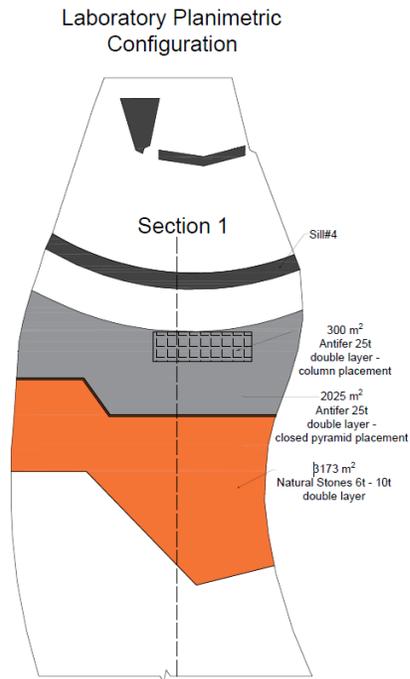
Caratterizzazione del peso dei massi naturali posti come protezione a valle della vasca di dissipazione



Modellazione fisica in similitudine di Froude scala 1:60: Fase 3

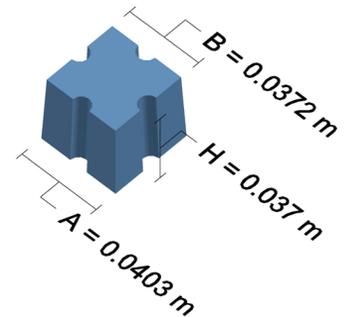
$$\frac{P_a}{P_n} = \frac{\gamma_{sa} \left(\frac{\gamma_{sn}}{\gamma_w} - 1 \right)^3 k_{\Delta n}}{\gamma_{sn} \left(\frac{\gamma_{sa}}{\gamma_w} - 1 \right)^3 k_{\Delta a}}$$

1. P_a e P_n sono i pesi rispettivamente dei massi artificiali (Antifer) e dei massi naturali;
2. γ_{sa} e γ_{sn} sono i pesi specifici rispettivamente dei massi artificiali (Antifer) e dei massi naturali;
3. γ_w è il peso specific dell'acqua;
4. $k_{\Delta n}$ e $k_{\Delta a}$ sono i coefficienti di stabilità dei massi naturali e artificiali.



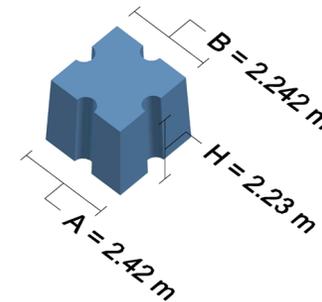
In scala modello (1/60)

$$\left\{ \begin{array}{l} H = 0.0372 \text{ m} \\ A = 0.0403 \text{ m} \\ B = 0.037 \text{ m} \end{array} \right.$$



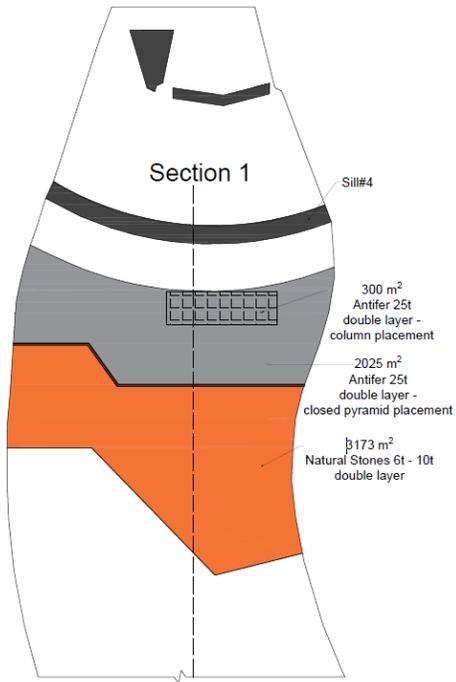
In scala prototipo

$$\left\{ \begin{array}{l} H = 2.23 \text{ m} \\ A = 2.422 \text{ m} \\ B = 2.242 \text{ m} \end{array} \right.$$

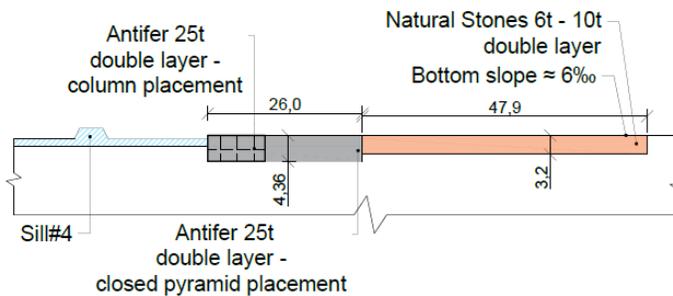


Modellazione fisica in similitudine di Froude scala 1:60: Fase 3

Laboratory Planimetric Configuration

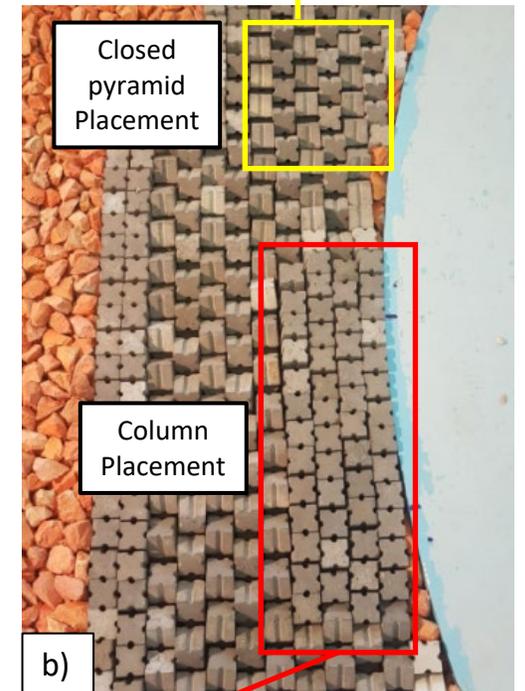
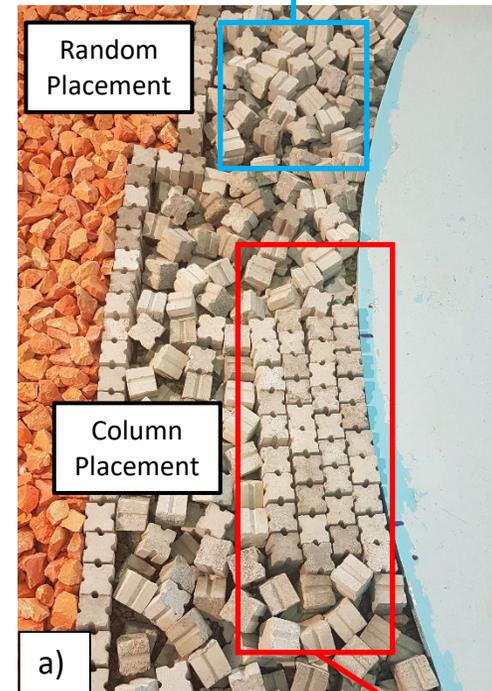


Section 1 - Laboratory configuration with Antifer 25t



Posizionamento alla rinfusa: i blocchi Antifer risultano posizionati senza un apparente criterio in doppio strato

Posizionamento a piramide chiusa: blocchi Antifer in doppio strato, il primo con piano orizzontale il secondo con una rotazione di 45°



Configurazione a) In questa configurazione la protezione è realizzata mediante il posizionamento di massi alla rinfusa e di massi posizionati in colonna

Configurazione b) In questa configurazione la protezione è realizzata mediante il posizionamento di massi posizionati a piramide chiusa e di massi posizionati in colonna

Posizionamento in colonna: i blocchi Antifer risultano incolonnati in doppio strato con uno sfalsamento di metà della superficie del masso

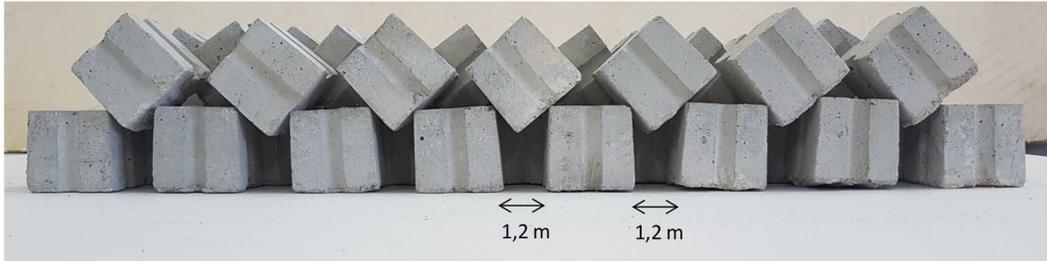
Modellazione fisica in similitudine di Froude scala 1:60: Fase 3

Disposizione a piramide chiusa: primo e secondo strato



Gli Antifer del secondo strato sono disposti con inclinazione specchiata

Pianta



Prospetto

Disposizione accostata primo e secondo strato



Pianta



Prospetto

Conclusioni

La campagna sperimentale si è svolta secondo le seguenti Fasi:

- Realizzazione da zero della vasca di monte (contenente la diga) e della platea (contenente l'alveo di valle)
- Caratterizzazione delle portate di input
- Realizzazione e verifica della situazione attuale
- Dimensionamento e verifica della soluzione di progetto: sebbene i massi artificiali disposti alla rinfusa inducano una maggiore dissipazione energetica, si è optato per la disposizione a piramide chiusa la quale garantisce una maggiore stabilità del masso





www.itcold.it
itcold@iol.it



OPEN DAY ON DAMS

2023

Relatore 1
Affiliazione
email

Relatore 2
Affiliazione
email

21 aprile 2023

Facoltà di Ingegneria Civile e Industriale
Sapienza Università di Roma

GRAZIE PER L'ATTENZIONE