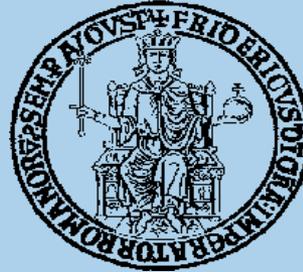


Università degli Studi di Napoli Federico II



Scuola Politecnica e delle Scienze di Base
Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale

Tesi di laurea triennale in
Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio
“Modellazione fluidodinamica di un bacino di dissipazione a risalto”

Anno accademico 2014/2015

Relatori:

Ch.mo Prof. Armando Carravetta

Dott. Ing. Oreste Fecarotta

Candidato:

Paolo Palmieri

Matr. N49/487

Il lavoro di tesi è rappresentato dall'elaborazione numerica di dati ottenuti da prove sperimentali condotte in fase di verifica della progettazione di un bacino di dissipazione, posto a valle di un'opera di sbarramento situata a Lilongwe (Malawi).

E' stato analizzato il funzionamento del bacino al variare delle condizioni al contorno utilizzando Ansys CFX, un software per fluidodinamica computazionale utile a simulare il comportamento dei fluidi.

```
graph TD; A[Confronto tra risultati sperimentali e numerici] --> B[Impianto sperimentale a "piccola scala" (1:40)]; A --> C[Modello numerico sviluppato su geometria a scala reale];
```

Confronto tra risultati sperimentali e numerici

Impianto sperimentale a "piccola scala" (1:40)

Modello numerico sviluppato su geometria a scala reale

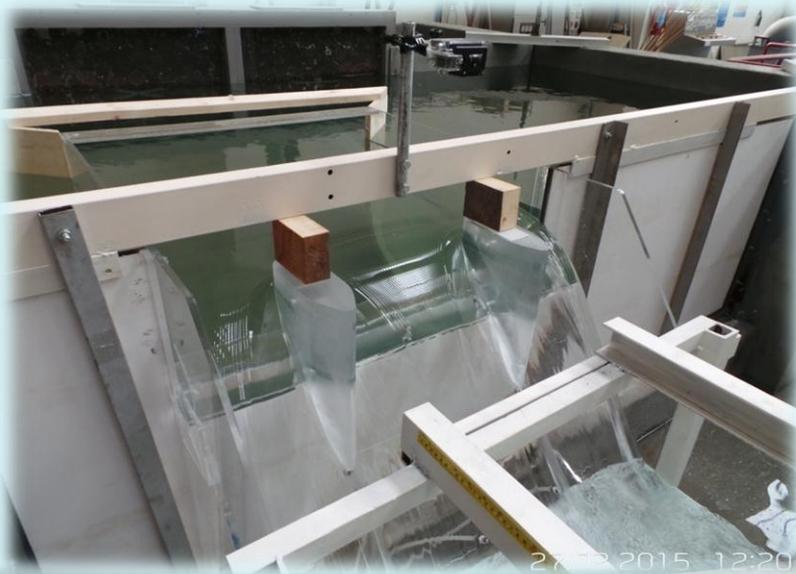
STRUTTURA DEL MODELLO FISICO



La **vasca di carico** (a sinistra) è delimitata da un filtro poroso, che assicura al flusso idrico un regime di moto regolare e la separa dal **bacino di monte** (in basso)



L'invaso di monte, nel modello 1:40, comunica con il bacino di dissipazione attraverso uno **sfioratore in plexiglass** (a sinistra).



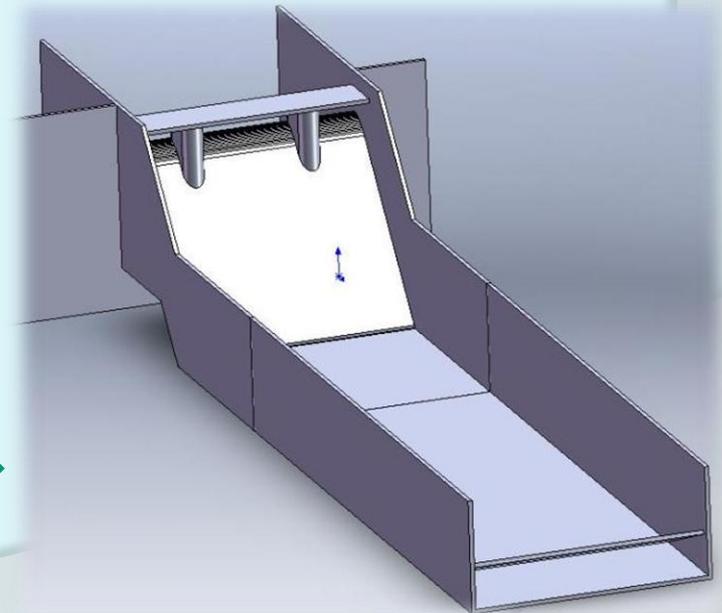
Il modello del dissipatore comprende in scala tutte le caratteristiche di progetto , quali, i **blocchi all'estremità di valle dello scivolo** (a destra) e la **soglia dentata alla fine del bacino di dissipazione** (in basso).



05.03.2015 10:22



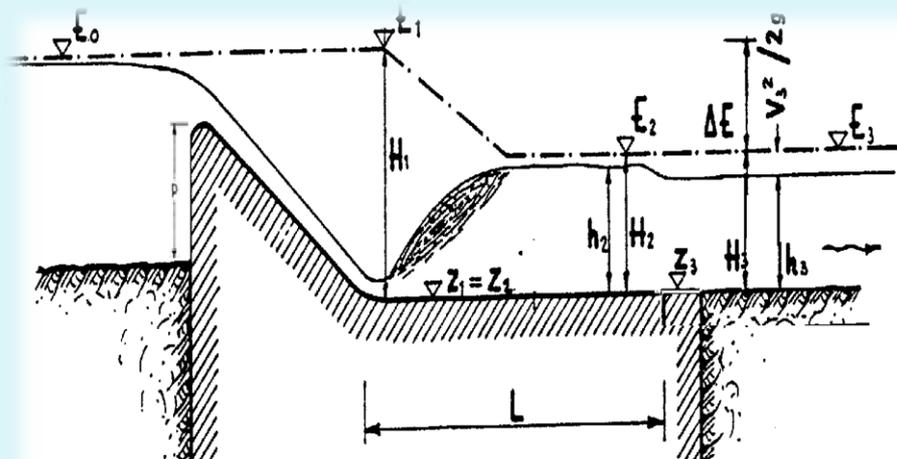
05.03.2015 10:22



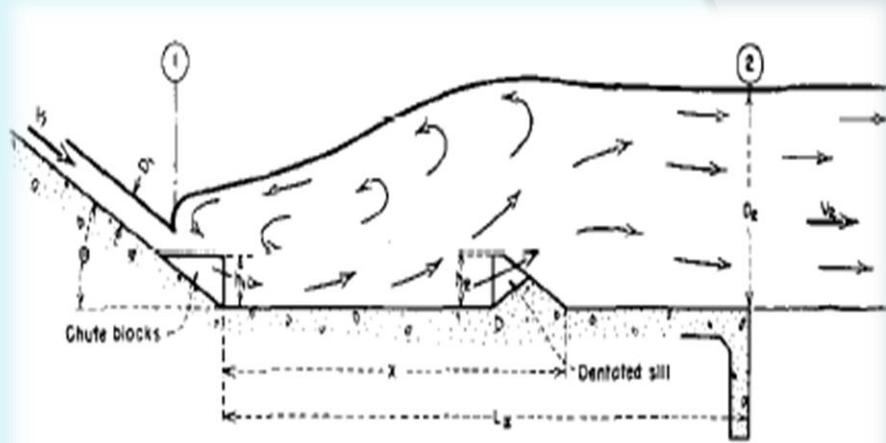
VISTA 3D DEL MODELLO >>>>

DISSIPATORE A RISALTO

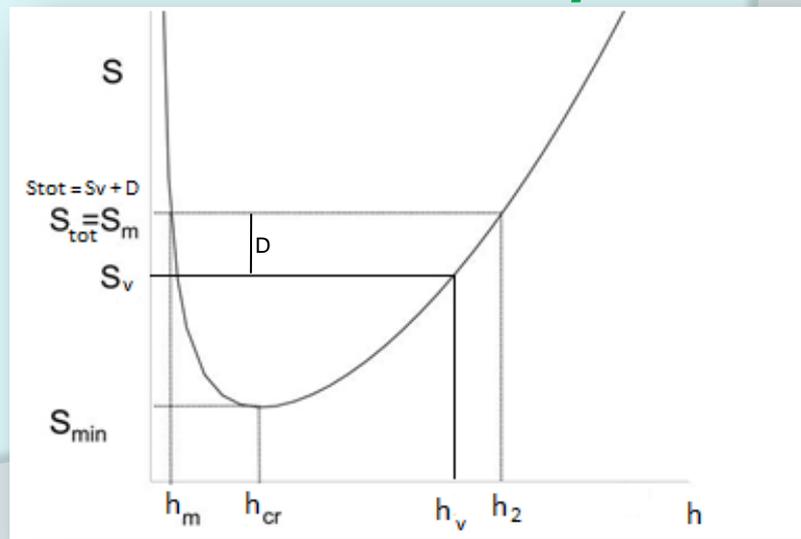
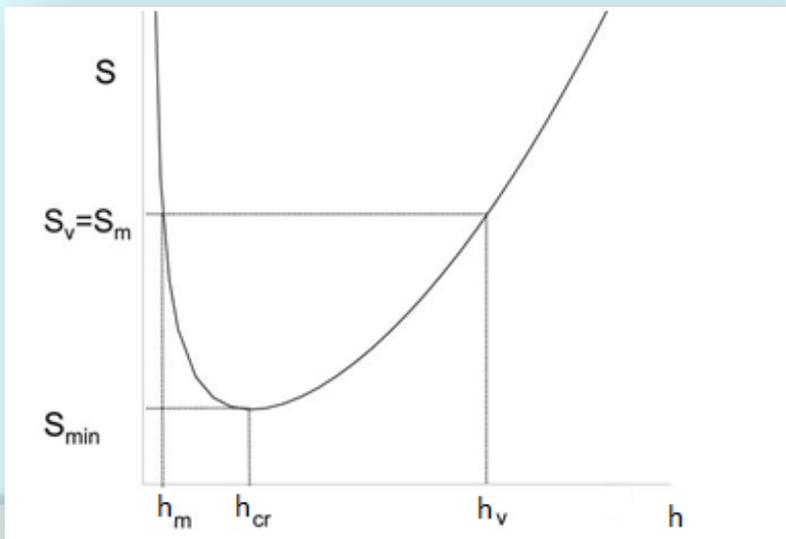
Lo scopo dell'opera è di rendere ipocritica la corrente ipercritica che perviene al dissipatore.



Bacino classico



Bacino di tipo 2



PROVE CONDOTTE

Misura della portata con
diaframma e manometro
differenziale

Misura della pressione
con piezometri e
trasduttori di pressione



VISTA
PIEZOMETRI

VISTA
TRASDUTTORI

Misura del tirante con
idrometro



IDROMETRO

Fluidodinamica Computazionale

Definizione e discretizzazione del dominio



Definizione del modello fisico (e quindi numerico) e delle condizioni al contorno



Risoluzione delle equazioni in maniera iterativa



Visualizzazione ed analisi dei risultati su un post-processore

IL PROBLEMA DELLA FLUIDODINAMICA

Affrontare un problema fluidodinamico comporta generalmente la risoluzione di complesse equazioni per il calcolo di diverse proprietà del fluido



$$\begin{cases} \rho \frac{dv_x}{dt} = \rho X - \frac{\partial p}{\partial x} - \mu \nabla^2 v_x \\ \rho \frac{dv_y}{dt} = \rho Y - \frac{\partial p}{\partial y} - \mu \nabla^2 v_y \\ \rho \frac{dv_z}{dt} = \rho Z - \frac{\partial p}{\partial z} - \mu \nabla^2 v_z \end{cases}$$

EQUAZIONI DI NAVIER-STOKES



$$\rho \frac{\partial \bar{v}}{\partial t} = \rho F - \nabla \bar{p} + \mu \nabla^2 \bar{v} - \rho \bar{v} \nabla \cdot \bar{v} - \rho \nabla S$$

EQUAZIONI DI REYNOLDS IN FORMA TENSORIALE



$$S = \begin{bmatrix} \overline{v_x'^2} & \overline{v_x'v_y'} & \overline{v_x'v_z'} \\ \overline{v_y'v_x'} & \overline{v_y'^2} & \overline{v_y'v_z'} \\ \overline{v_z'v_x'} & \overline{v_z'v_y'} & \overline{v_z'^2} \end{bmatrix}$$

TENSORE DEGLI SFORZI TURBOLENTI

MODELLI RISOLUTIVI:

- A 0 EQUAZIONI
- A 2 EQUAZIONI (k-ε, k-ω)
- A 7 EQUAZIONI



COSTRUZIONE DEL MODELLO NUMERICO

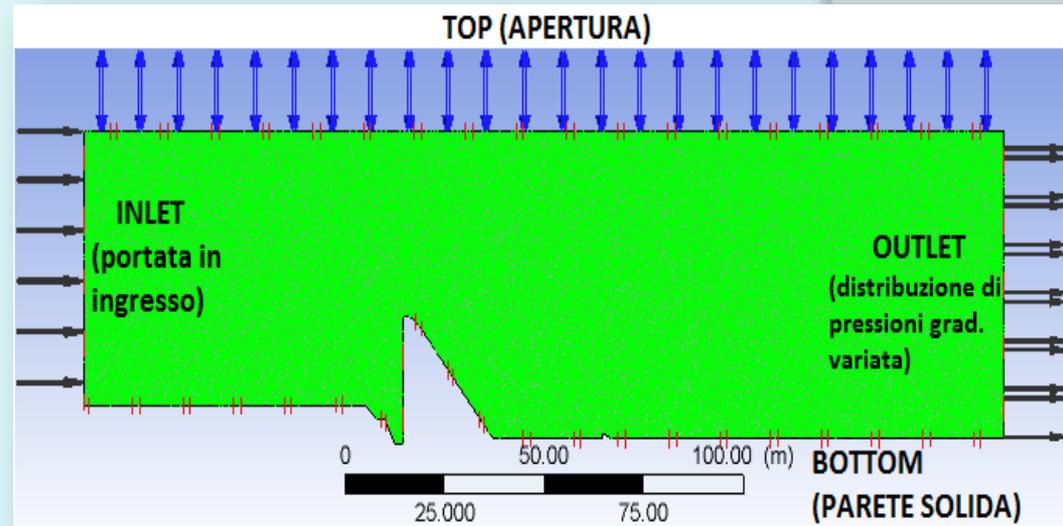
Definizione della MESH



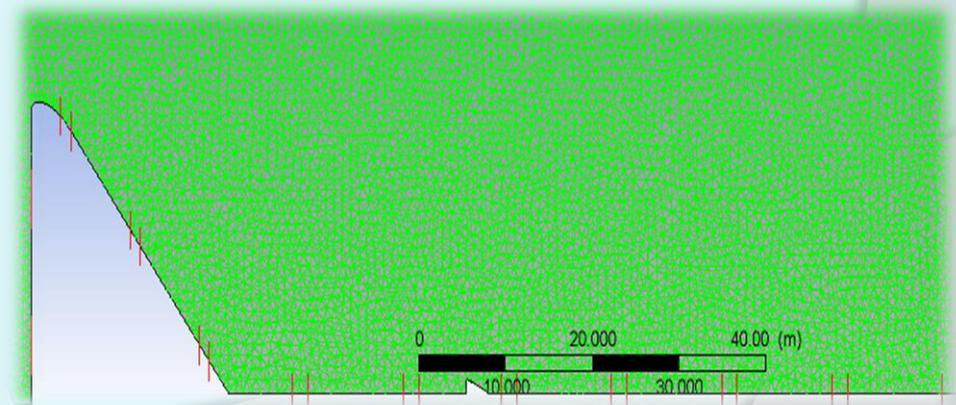
Impostazione delle
CONDIZIONI AL
CONTORNO



Suddivisione del dominio in
REGIONI



Dominio di calcolo

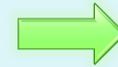


Particolare della mesh

CARATTERIZZAZIONE DEL MODELLO

Caratterizzazione dei MODELLI di:

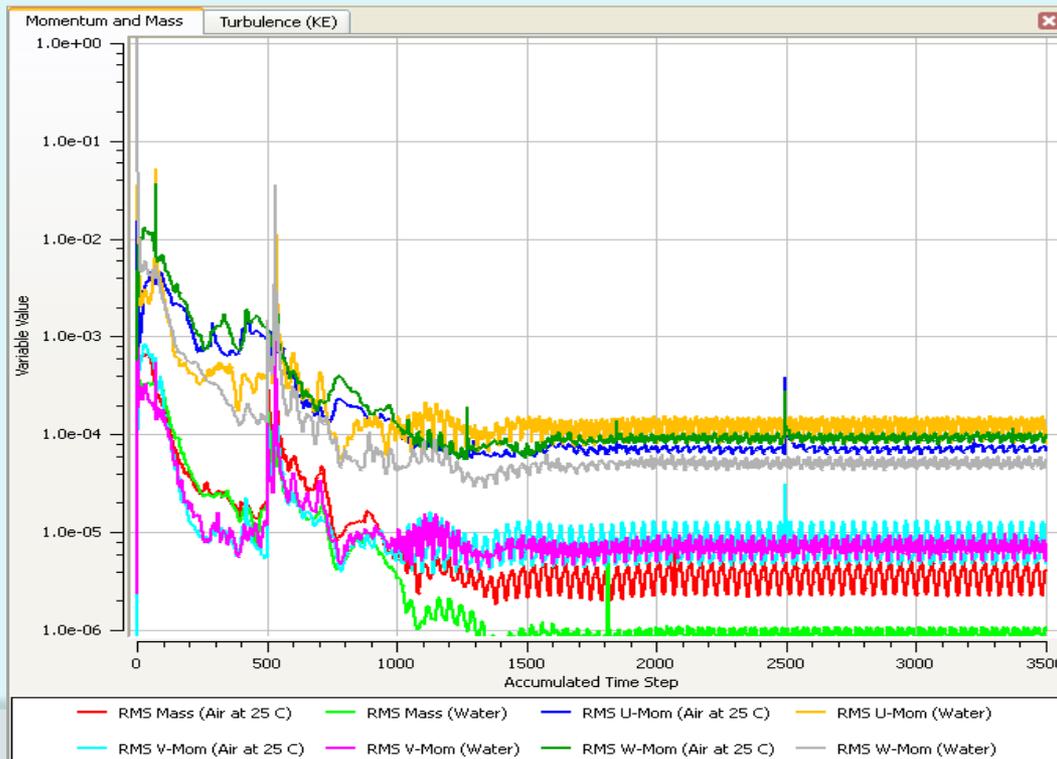
- Trasferimento all'interfaccia di quantità di moto, calore e massa;
- Trasferimento all'interfaccia tra fase liquida e gassosa;
- Turbolenza.



Confronto tra lo stato
transitorio e lo
stazionario



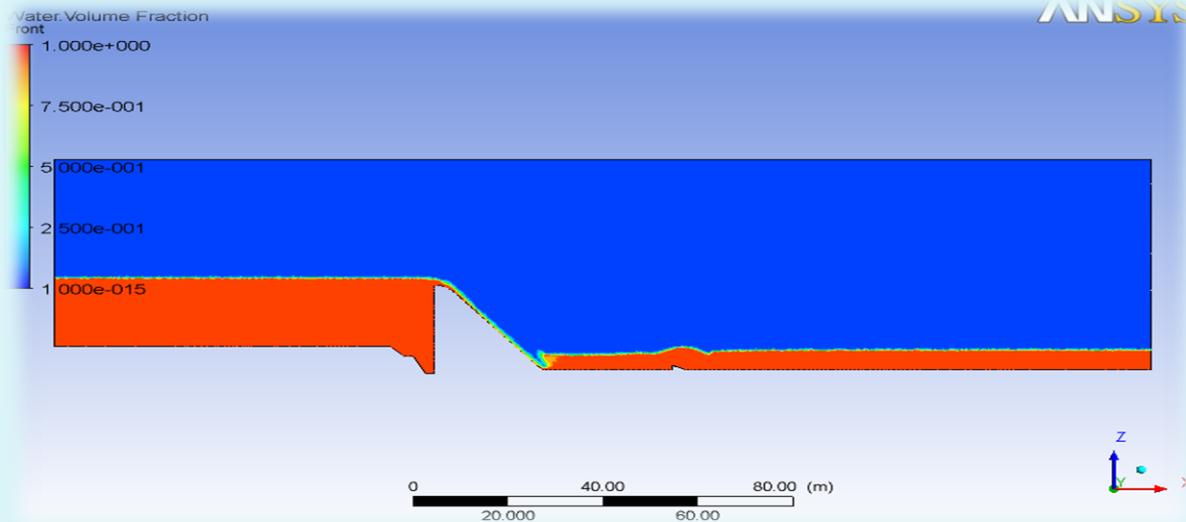
Scelta del numero di
iterazioni in base al
raggiungimento della
convergenza, ed
applicazione della “MESH
ADAPTATION”



**Caso di convergenza
raggiunta**

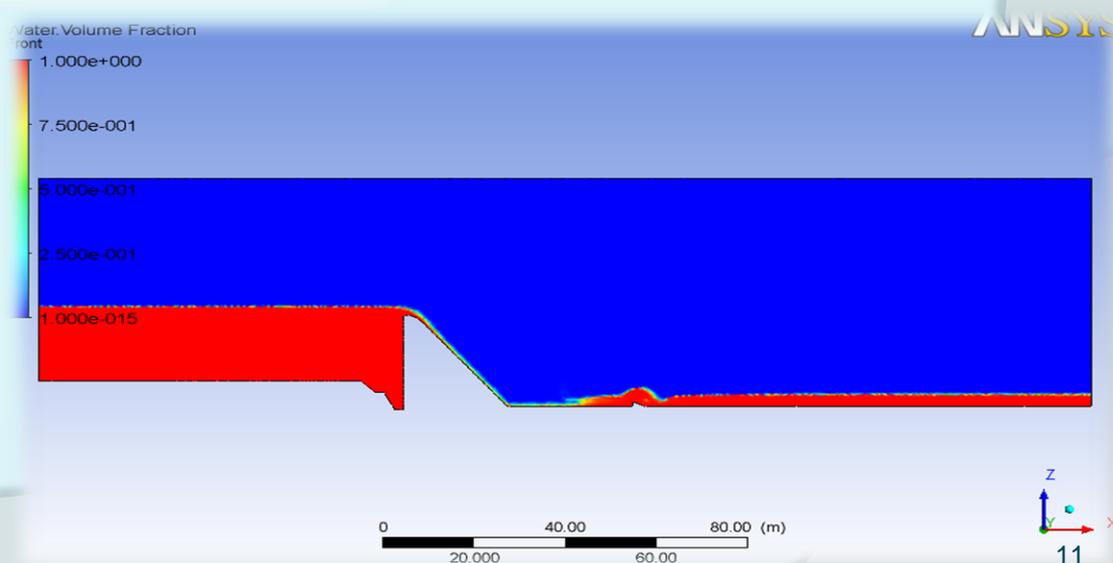
RISULTATI NUMERICI

Una volta stabilite le condizioni iniziali ottimali, sono stati analizzati diversi casi facendo variare progressivamente il tirante di valle, tra il 55% ed il 100% del valore ricavato. La visualizzazione dei risultati è effettuata su CFX-Post.



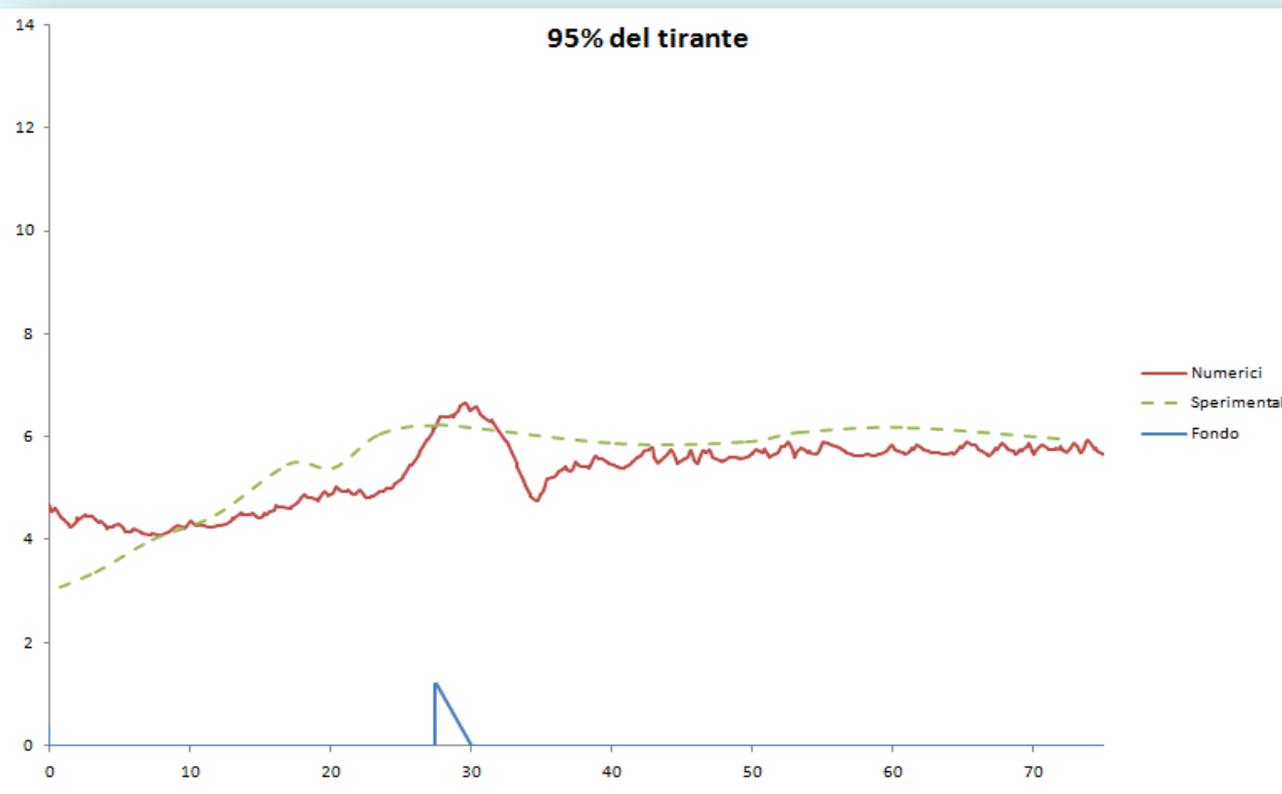
Visualizziamo la frazione volumetrica di acqua. Il suo valore varia tra 0 e 1, ed al valore minimo corrisponde il colore blu, mentre al massimo corrisponde il colore rosso.

Man mano che il tirante si riduce dal 100% (in alto) al 55% (a destra), il risalto idraulico passa dall'essere sommerso a completamente sviluppato.



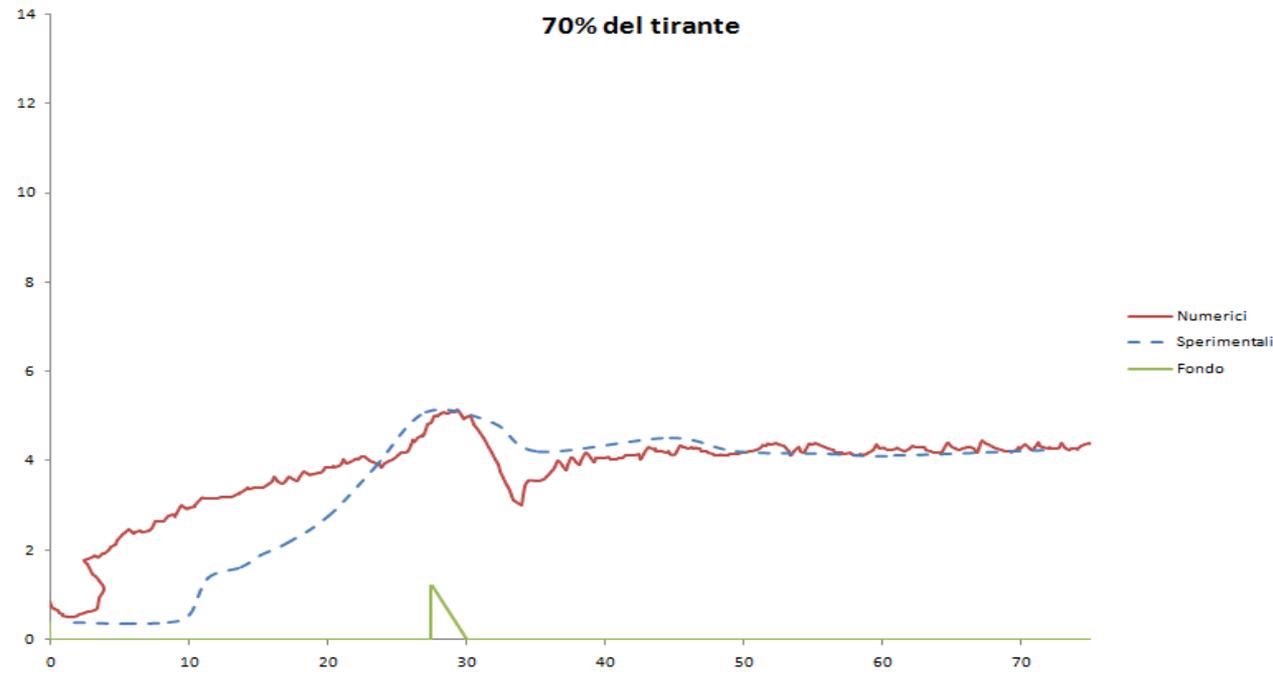
CONFRONTI CON IL MODELLO FISICO

Sono stati ottenuti i grafici Excel relativi ai vari profili di corrente del modello numerico, e sono stati confrontati poi con quelli ottenuti dal modello sperimentale. Si avevano a disposizione infatti 16 diversi profili di corrente sperimentali che però, a differenza del caso numerico, erano stati monitorati solo a valle dello scivolo. I confronti sono stati effettuati andando a scegliere tra i 16 profili proposti quello che avesse il valore di tirante più simile a quello del relativo modello numerico preso in considerazione.



Per i valori di tirante più alto in entrambi i casi il risalto idraulico risulta essere sommerso, ed i risultati sono significativamente simili.

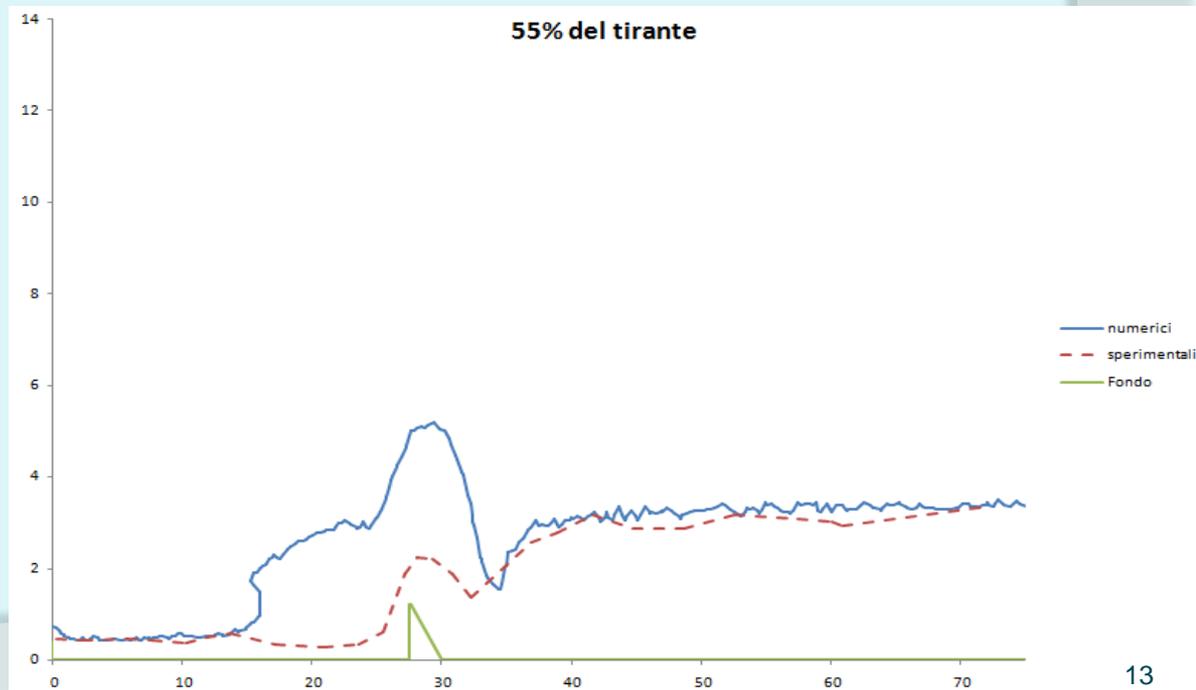
70% del tirante



Man mano che si riduce il tirante, in entrambi i casi si nota il completo sviluppo del fenomeno di risalto idraulico.

Al ridursi del tirante c'è maggiore discrepanza tra i risultati. Essa è dovuta al fenomeno del risalto, più accentuato nel caso numerico.

55% del tirante



CONCLUSIONI

Nel complesso si evince che l'utilizzo di un software per fluidodinamica computazionale può portare a risultati soddisfacenti e simili a quelli che si potrebbero ottenere in laboratorio tramite prove sperimentali.

Tuttavia si sono registrate alcune discordanze tra il modello numerico ed il modello sperimentale, ma queste sono essenzialmente dovute all'utilizzo di diverse ipotesi esemplificative necessarie a non rendere eccessivamente onerosa l'elaborazione numerica. Infatti ricordiamo che si è scelto di lavorare in condizioni di moto piano e di soglia continua a valle dello scivolo, e che è stata scelta una mesh di default ottenuta per estrusione da un modello 2D. L'utilizzo di una mesh di volume maggiormente rifinita e complessa andrebbe senza dubbio a rendere i risultati ancora più accurati e precisi.

Ad ogni modo, nonostante le piccole discrepanze, i risultati ottenuti nel modello numerico appaiono significativamente simili a quelli del modello sperimentale. Tali risultati lasciano quindi ben sperare per il futuro impiego del software su un modello fluidodinamico completo – a cui cioè vengano rimosse le ipotesi semplificative – per l'analisi dell'intero campo di moto e delle interazioni del flusso idrico con la struttura e con il fondo dell'alveo a valle del bacino.