

---

# MODELLISTICA AD ALTISSIMA RISOLUZIONE PER LA CARATTERIZZAZIONE DELLE ACQUE DI BALNEAZIONE

Progetto CADEAU – Prodotti e servizi derivati da COPERNICUS MARINE SERVICE  
a supporto delle Direttive Europee per l'ambiente costiero

5 giugno 2018

Elisa Coraci, A. Bruschi, R. De Angelis, C. Silvestri, F. Lalli - ISPRA



L'Unione Europea, impone agli Stati Membri di attuare specifiche Direttive al fine di preservare la qualità dell'ambiente marino (Direttiva Quadro sulle Acque, Direttiva sulle acque Reflue Urbane, Direttiva Balneazione e Direttiva Quadro sulla Strategia per l'Ambiente Marino).

CADEAU è un progetto che prevede di sviluppare un nuovo servizio per COPERNICUS a supporto delle Direttive per la valutazione dello stato delle acque marine costiere italiane con un focus specifico sull'Alto Adriatico.



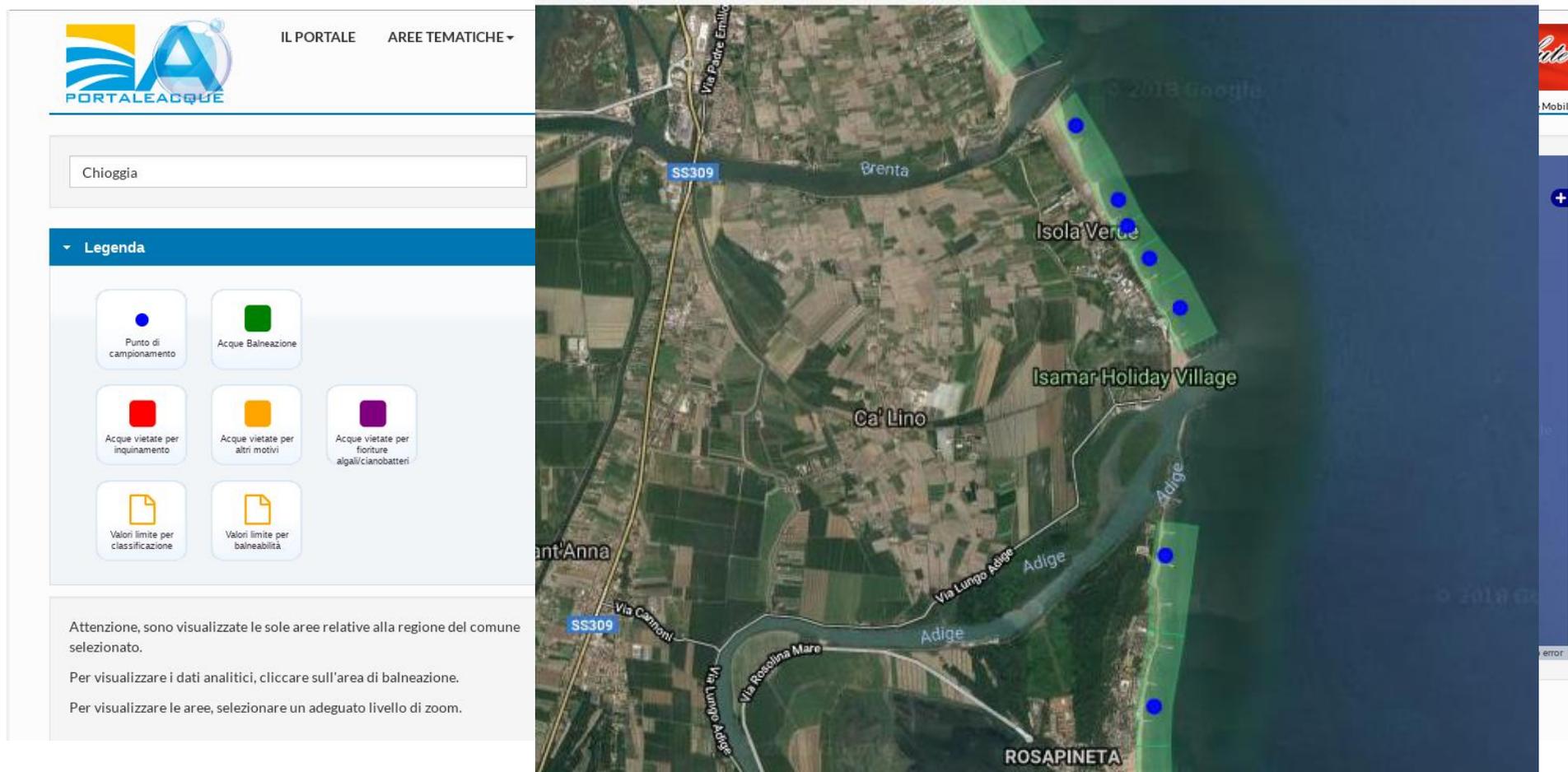
### *Tra gli obiettivi*

- valutare l'impatto degli impianti di trattamento delle acque reflue urbane (con punti di scarico in o vicino al mare e fiumi) in Adriatico;
- fornire un contributo a scala locale per la valutazione della qualità delle acque di balneazione.

## ALTO ADRIATICO: FOCE DELL'ADIGE

una delle aree più sensibili lungo la costa italiana

eutrofizzazione e sfruttamento delle risorse marine influenzano e dipendono dalla qualità dell'ambiente marino.



The screenshot displays the 'PORTALEACQUE' web application interface. At the top left is the logo and the text 'IL PORTALE AREE TEMATICHE'. A search bar contains the text 'Chioggia'. Below the search bar is a 'Legenda' (Legend) section with several categories: 'Punto di campionamento' (blue dot), 'Acque Balneazione' (green square), 'Acque vietate per inquinamento' (red square), 'Acque vietate per fioriture algali/cianobatteri' (purple square), 'Valori limite per classificazione' (yellow document icon), and 'Valori limite per balneabilità' (orange document icon). Below the legend, there are instructions: 'Attenzione, sono visualizzate le sole aree relative alla regione del comune selezionato.', 'Per visualizzare i dati analitici, cliccare sull'area di balneazione.', and 'Per visualizzare le aree, selezionare un adeguato livello di zoom.' The main part of the screenshot is a satellite map of the Adige river delta. The river is labeled 'Adige' and 'Brenta'. Several locations are marked with blue dots (sampling points) and green areas (bathing areas). These include 'Isola Verde', 'Isamar Holiday Village', 'Ca' Lino', 'Rosapineta', and 'Via Rosalina Mare'. Other roads shown are 'Via Padre Emilio', 'Via Cannoni', and 'Via Lungo Adige'. The map also shows the 'SS309' road and the 'Via Lungo Adige' road. The map is overlaid with a dark blue semi-transparent layer on the right side.

## MODELLO DI INTERAZIONE DI ONDE – CORRENTI sviluppato in ISPRA

- ” Equazioni per le acque basse per studi in ambiti costieri
- ” Metodo numerico alle differenze finite
- ” Accoppiamento onde e corrente nel dominio del tempo

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial U}{\partial t} + \frac{\partial (U^2 / H)}{\partial x} + \frac{\partial (UV / H)}{\partial y} = -gH \frac{\partial \eta}{\partial x} + 2 \frac{\partial}{\partial x} \left( \mu H \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left[ \mu H \left( \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right) \right] - FU$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} + \frac{\partial (UV / H)}{\partial x} + \frac{\partial (V^2 / H)}{\partial y} = -gH \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} \left[ \mu H \left( \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right) \right] + 2 \frac{\partial}{\partial y} \left( \mu H \frac{\partial v}{\partial y} \right) - FV$$

$$U = Hu$$

$$V = Hv$$

$$H = h + \eta$$

$$F = \frac{g}{H^{7/3}} n^2 \sqrt{U^2 + V^2}$$

Viscosità  $\mu = \mu_0 + \mu_t$

$\mu_0 =$  viscosità cinematica

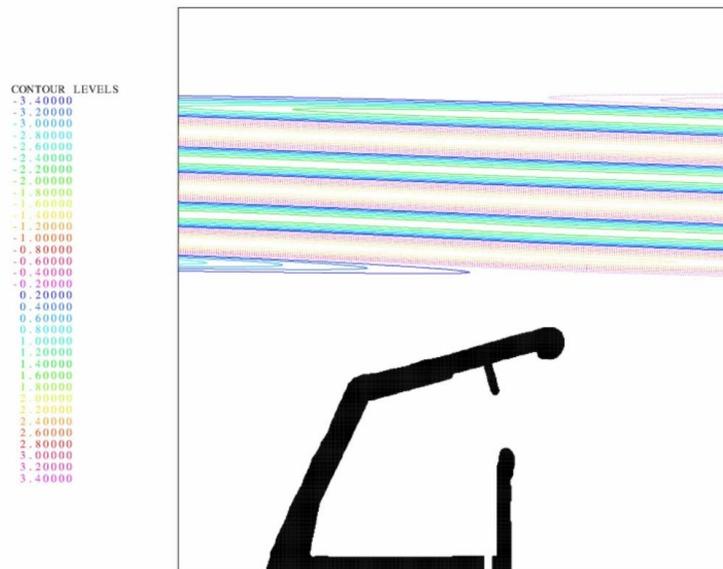
$\mu_t = C H u_\tau$  viscosità turbolenta

## MODELLO DI INTERAZIONE DI ONDE – CORRENTI sviluppato in ISPRA

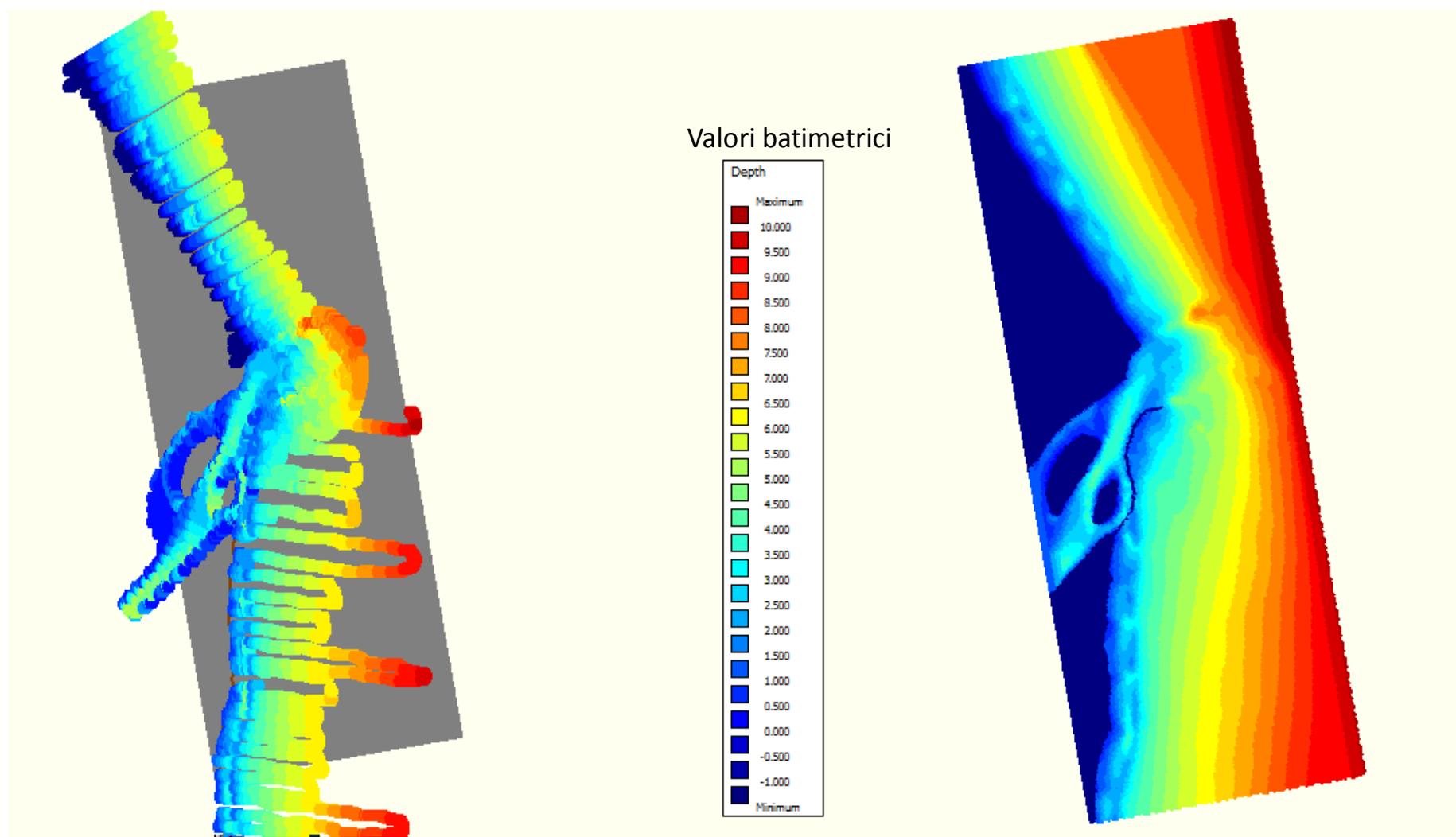
Applicato in ambiti di ingegneria costiera

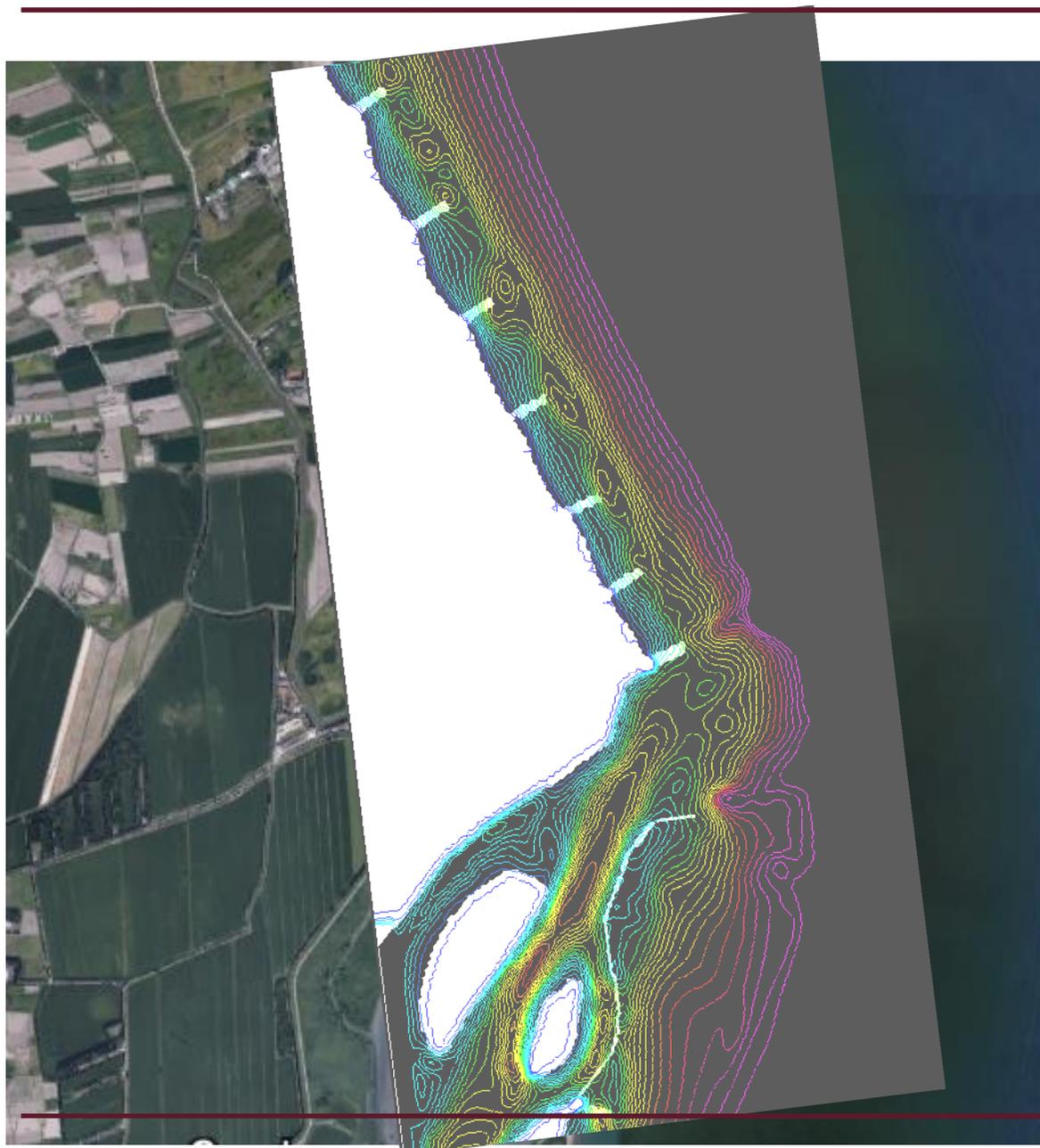
Porto di Salerno: interazione  
tra il campo di onde e la diga  
antemurale

- idrodinamica costiera;
- dinamica degli inquinanti e dei sedimenti;
- interazione flusso-biota;



## Rilievi batimetrici – creazione della griglia di calcolo – interpolazione della batimetria





Litorale a nord della foce: terra e  
isolinee batimetriche nel dominio  
di calcolo

Valori batimetrici

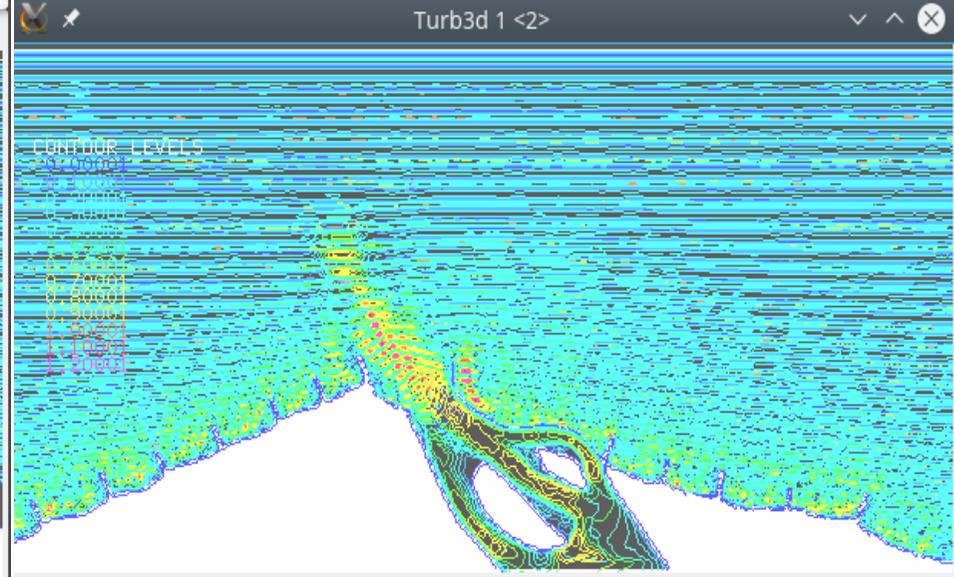
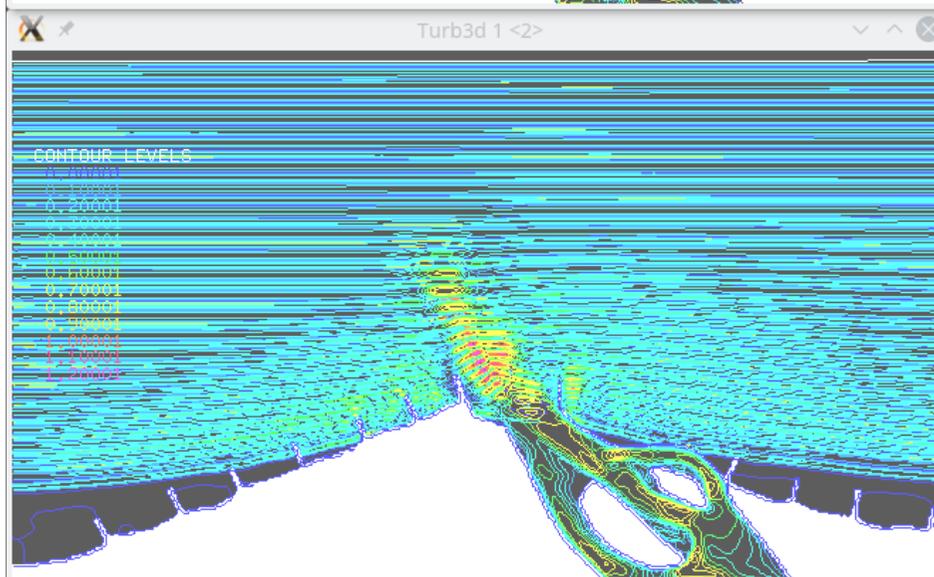
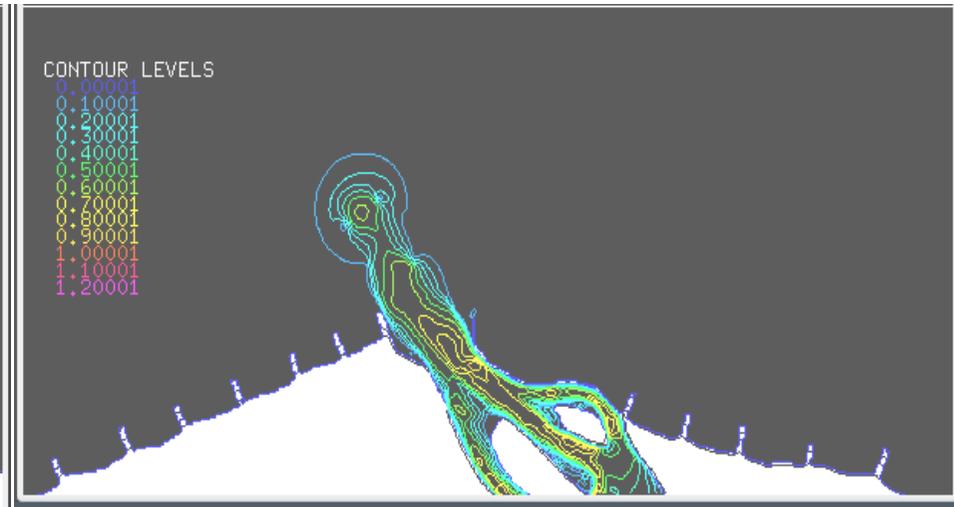
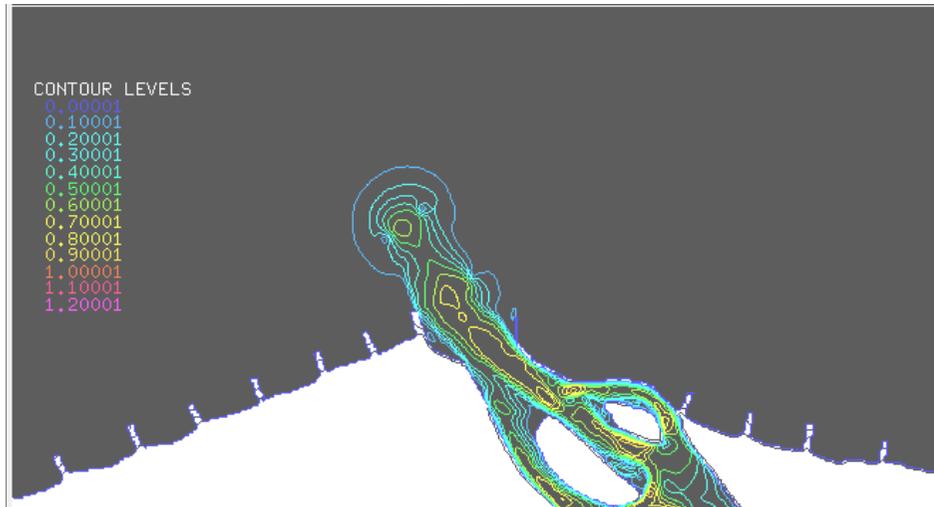
CONTOUR LEVELS

0,20000  
0,40000  
0,60000  
0,80000  
1,00000  
1,20000  
1,40000  
1,60000  
1,80000  
2,00000  
2,20000  
2,40000  
2,60000  
2,80000  
3,00000  
3,20000  
3,40000  
3,60000  
3,80000  
4,00000  
4,20000  
4,40000  
4,60000  
4,80000  
5,00000

## SVILUPPO E PROPAGAZIONE DEL PLUME DEL FIUME: **CAMPO DI VELOCITA'**

T1

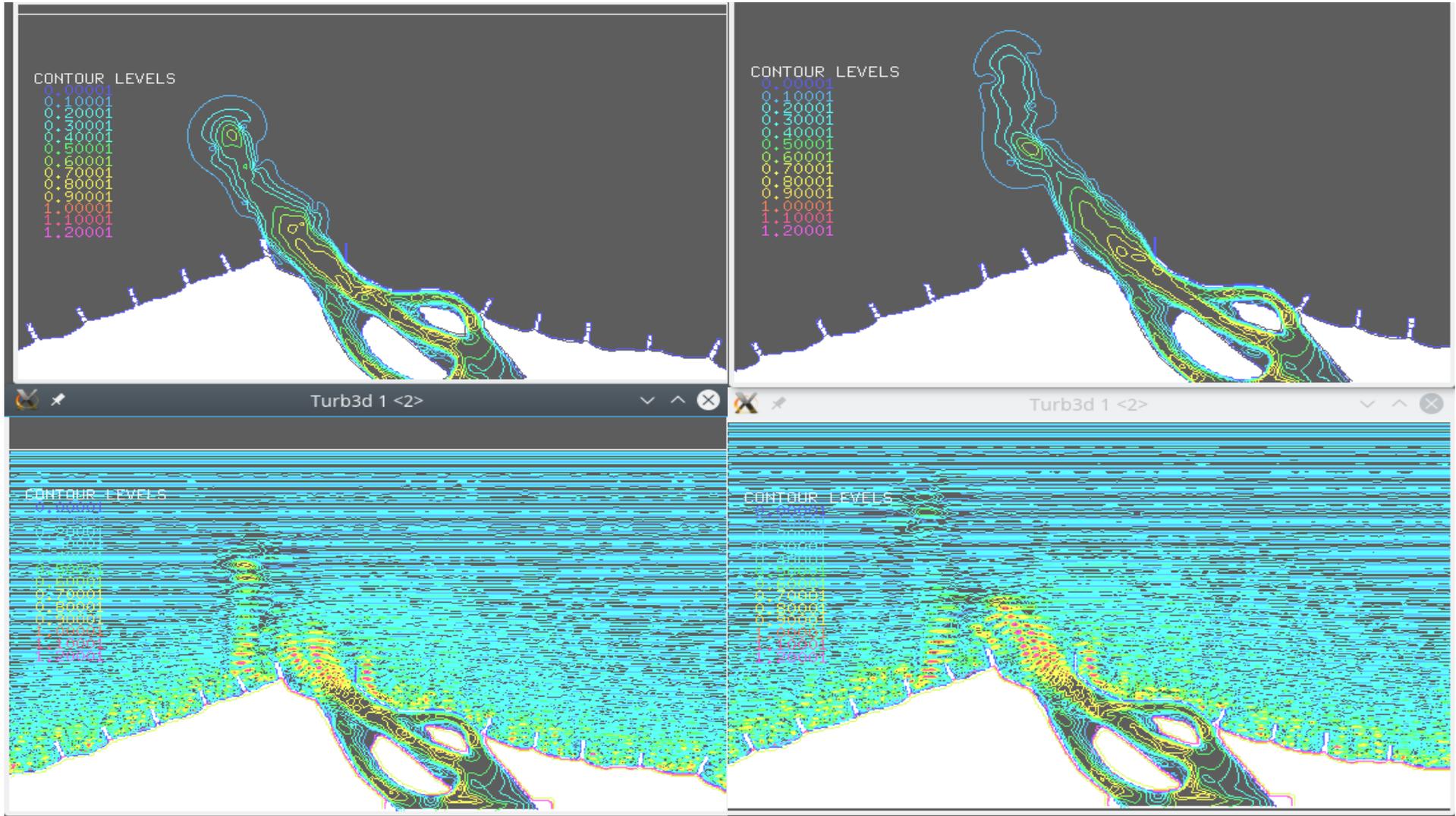
T2



SVILUPPO E PROPAGAZIONE DEL PLUME DEL FIUME: **CAMPO DI VELOCITA'**

T3

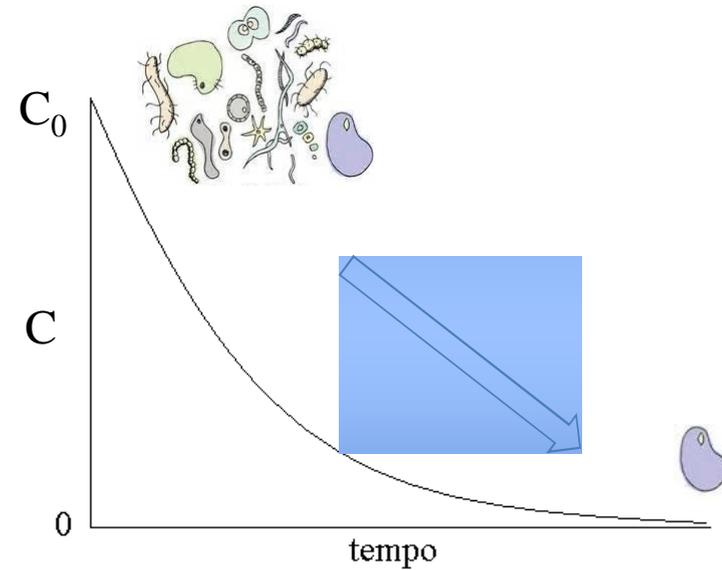
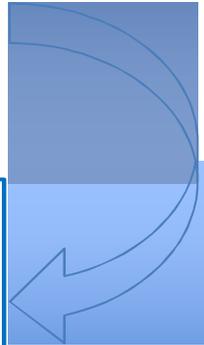
T4



# EQUAZIONE DI DECADIMENTO

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -kC$$
$$C = C_0 e^{-kt}$$

IRRAGGIAMENTO SOLARE  
TEMPERATURA  
SALINITA'  
TORBIDITA'

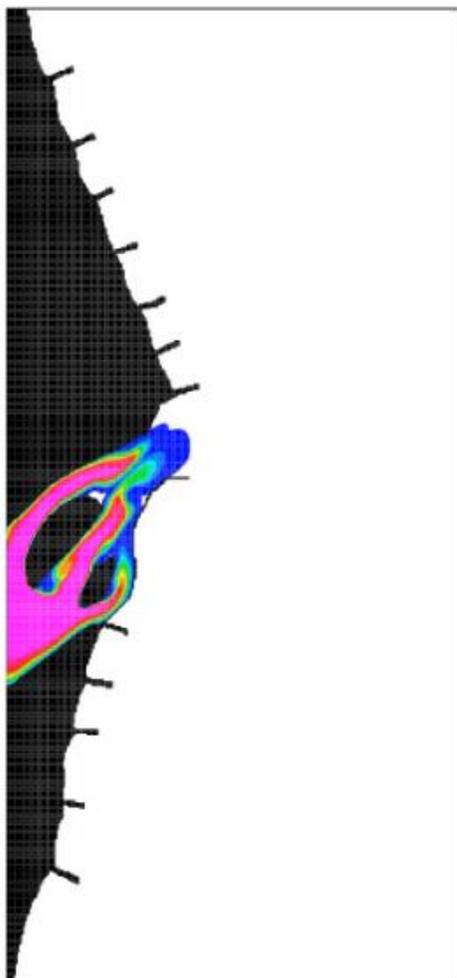


Valori per Coliformi (da Wallis et al., 1977)

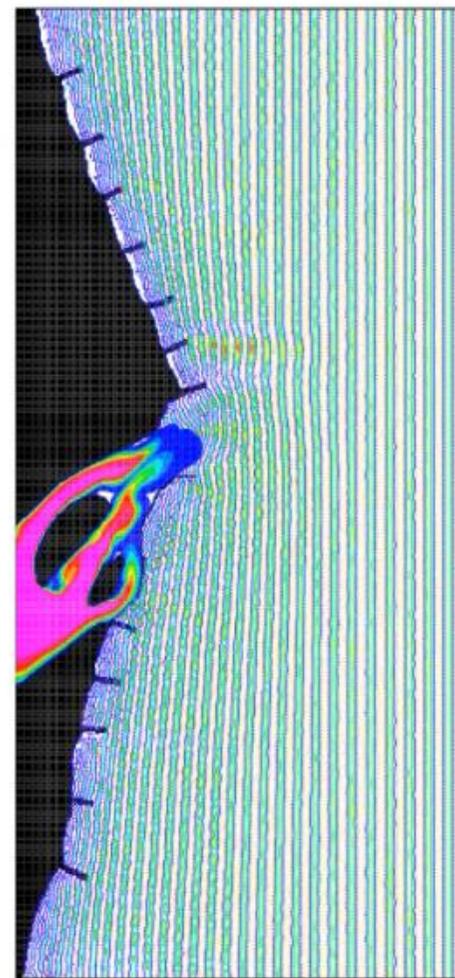
$$k = \frac{-\ln(0.1)}{T_{90}}$$

$T_{90} = 34$  ore alle ore 00:00  
 $T_{90} = 19$  ore alle ore 06:00  
 $T_{90} = 2.5$  ore alle ore 12:00  
 $T_{90} = 6.7$  ore alle ore 18:00

## DIFFUSIONE DEL CARICO BATTERICO



**SENZA AZIONE DELLE ONDE**

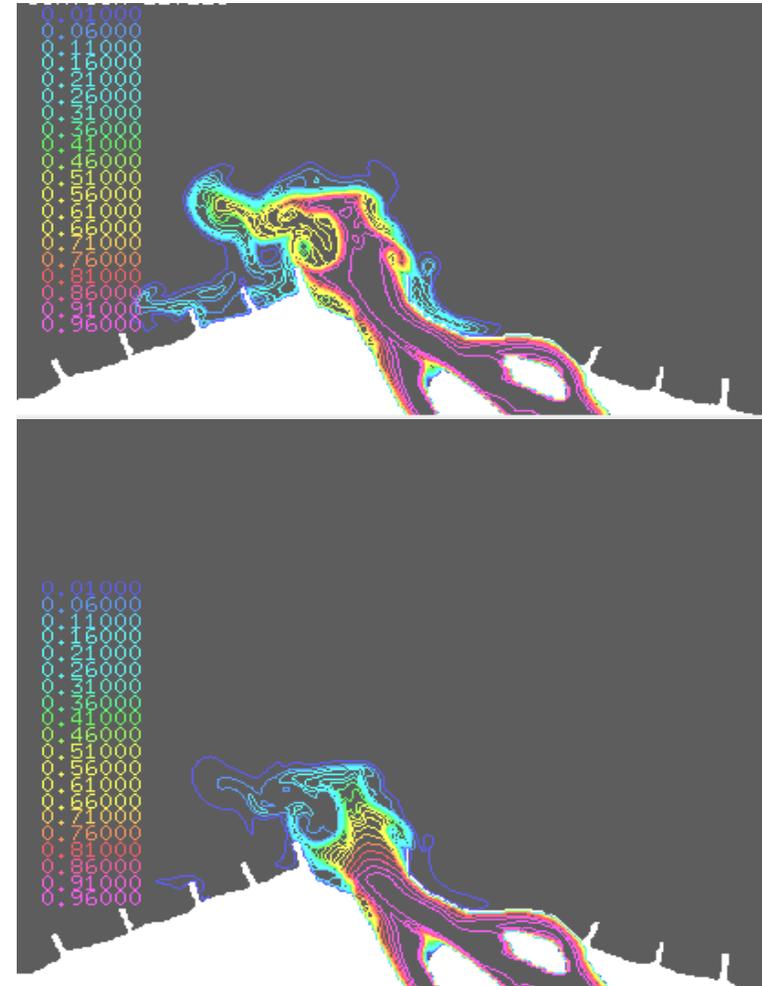
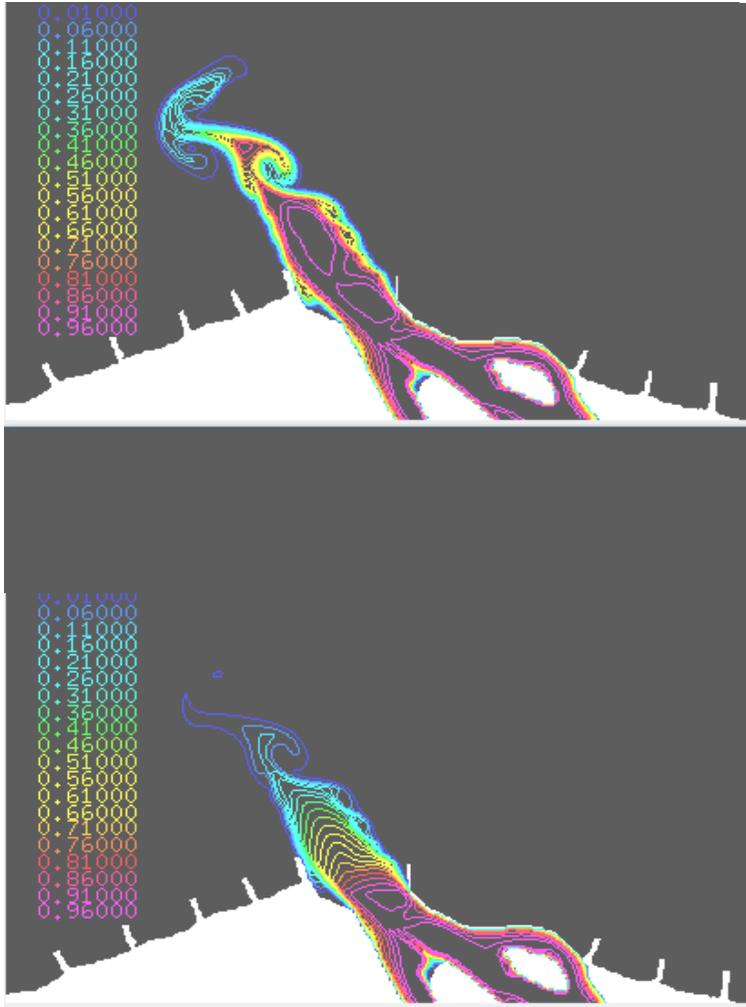


**CON AZIONE DELLE ONDE**

## DIFFUSIONE E DECADIMENTO DEL CARICO BATTERICO

**SENZA AZIONE DELLE ONDE**

**CON AZIONE DELLE ONDE**



## *Free Surface Fractional Step Method*

*3D Completamente non-idrostatico*

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial u^2}{\partial x} + \frac{\partial uv}{\partial y} + \frac{\partial uw}{\partial z} = -\frac{\partial P}{\partial x} + \nu \nabla^2 u$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial uv}{\partial x} + \frac{\partial v^2}{\partial y} + \frac{\partial vw}{\partial z} = -\frac{\partial P}{\partial y} + \nu \nabla^2 v$$

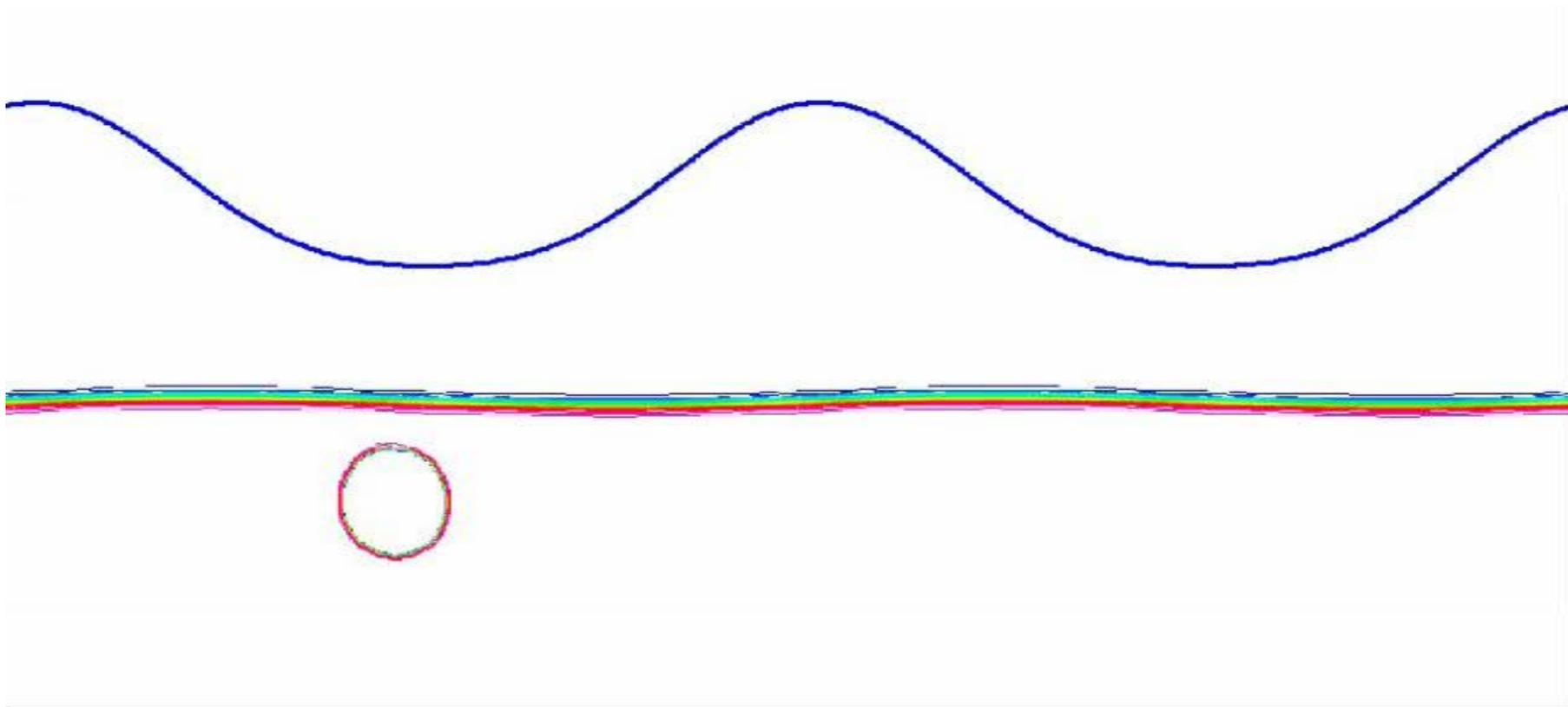
$$\frac{\partial w}{\partial t} + \frac{\partial uw}{\partial x} + \frac{\partial vw}{\partial y} + \frac{\partial w^2}{\partial z} = -\frac{\partial P}{\partial z} - \chi g + \nu \nabla^2 w$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

$$\left\{ \begin{array}{l} P = \frac{p}{\rho_0} + gz \\ \chi = \frac{\rho - \rho_0}{\rho_0} \end{array} \right.$$

## ACCOPPIAMENTO ONDE – CORRENTI NEL DOMINIO DEL TEMPO

- EFFETTI DI GALLEGGIAMENTO IN UN FLUSSO STRATIFICATO
- UTILIZZO DI CAMPI DI VELOCITA' CALCOLATI DAL MODELLO A SCALA ADRIATICA NEL MODELLO DI ONDE-CORRENTI
- CREAZIONE DI SCENARI LEGATI AD EPISODI DI INQUINAMENTO DI BREVE DURATA



---

# MODELLISTICA AD ALTISSIMA RISOLUZIONE PER LA CARATTERIZZAZIONE DELLE ACQUE DI BALNEAZIONE

Progetto CADEAU – Prodotti e servizi derivati da COPERNICUS MARINE SERVICE  
a supporto delle Direttive Europee per l'ambiente costiero

# GRAZIE

5 giugno 2018



Elisa Coraci, A. Bruschi, R. De Angelis,  
C. Silvestri, F. Lalli - ISPRA

