

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI
FEDERICO II



SCUOLA POLITECNICA E DELLE SCIENZE DI BASE

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria per l'Ambiente
e il Territorio

ENGINEERING MODELLING OF BAYS AND POCKET BEACHES

Relatore:

Chiar.mo Prof. Buccino Mariano

Correlatore:

Ing. Ciccaglione Margherita Carmen

Candidata:

Tuozzo Sara M67000478

Indice

I. HEADLAND BAY

II. MODELLAZIONE NUMERICA

III. CASO DI STUDIO

IV. CONCLUSIONI



I. Headland Bay

Le **headland bay** sono spiagge modellate da una struttura, sia essa naturale o artificiale, che si prolunga in mare generando diffrazione del moto ondoso incidente.



La diffrazione genera una curvatura nella propagazione del moto ondoso la quale dona alla baia la sua forma caratteristica.

Le headland bay sono caratterizzate da un tratto curvilineo nella zona d'ombra dell'headland, e da un tratto rettilineo nella zona illuminata, il quale tende a disporsi parallelamente al fronte d'onda predominante.



Una baia si dice in **equilibrio statico** quando il trasporto solido longitudinale è nullo lungo tutto il suo perimetro (Hsu & Silvester, 1989).



Half Moon Bay, California, USA

Una baia in condizioni di **equilibrio dinamico** è caratterizzata dalla presenza di trasporto solido longitudinale. È dunque necessario vi sia un apporto esterno di sedimenti per per garantirne la stabilità nel lungo periodo.

I. Headland bay

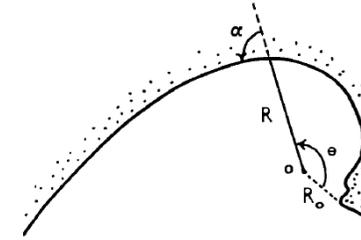


Half Moon Bay, California, USA

Il **modello a spirale logaritmica** fu proposto da Krumbain nel 1944:

$$R = R_0 e^{\theta c \cot \alpha}$$

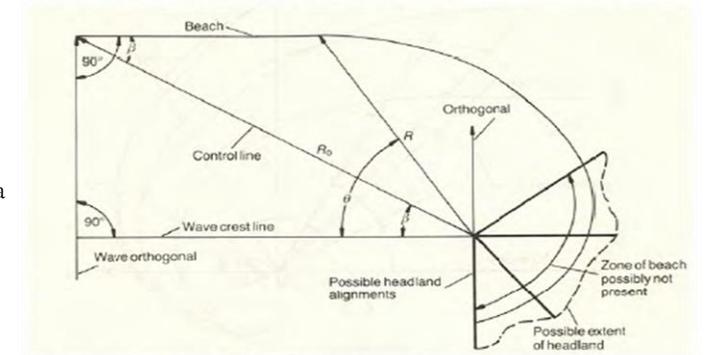
- R raggio che va dal polo O ad un punto lungo la costa;
- R_0 raggio tra il polo O ed un punto arbitrario d'origine lungo la costa;
- θ angolo tra i due raggi;
- α angolo caratteristico, costante, tra il raggio R e la tangente alla costa in quel punto.



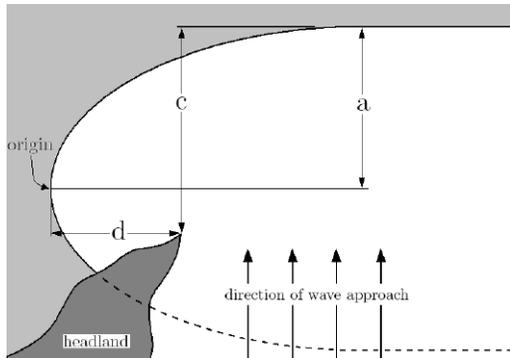
Il **modello parabolico** fu proposto e sviluppato dai lavori di Hsu et al. (1989 a,b), Hsu e Evans (1989) e Hsu e Silvester (1991, 1993):

$$\frac{R}{R_0} = C_0 + C_1 \left(\frac{\beta}{\theta} \right) + C_2 \left(\frac{\beta}{\theta} \right)^2$$

- R è il raggio che va dal punto di diffrazione fino ad un punto generico della costa;
- R_0 è la distanza tra il punto di diffrazione ed il punto downcoast;
- β è l'angolo che R_0 forma con il fronte dell'onda predominante;
- C_0, C_1 e C_2 sono dei coefficienti funzione di β ;
- θ è l'angolo tra il raggio R ed il fronte d'onda.



Hsu and Evans (1989)



Il **modello a tangente iperbolica** fu introdotto nel 1999 da Moreno e Kraus, Kemp et al. nel 2018 ne hanno apportato alcune modifiche:

$$y = \pm a \tanh^m(bx)$$

- y distanza ortogonale alla linea di costa;
- x distanza lungo la linea di costa;
- a, b ed m coefficienti empirici.



Drakes Bay, California, USA



Qual è la correlazione esistente tra i profili di equilibrio statico e le variabili idrauliche che modellano la spiaggia?



Il modulo usato è **Boussinesq Wave (BW)** della suite numerica **MIKE 21**, sviluppato dal **Danish Hydraulic Institute, (DHI)**.



$$n \frac{\partial \xi}{\partial t} + \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial Q}{\partial y} = 0$$

$$n \frac{\partial P}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{P^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{PQ}{h} \right) + \left(\frac{\partial R_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial R_{xy}}{\partial x} \right) + n^2 gh \frac{\partial \xi}{\partial x} + n^2 P \left[\alpha + \beta \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{h} \right] + \frac{gP\sqrt{P^2 + Q^2}}{h^2 C^2} + n\Psi_1 = 0$$

$$n \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{Q^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{PQ}{h} \right) + \left(\frac{\partial R_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial R_{xy}}{\partial x} \right) + n^2 gh \frac{\partial \xi}{\partial y} + n^2 Q \left[\alpha + \beta \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{h} \right] + \frac{gQ\sqrt{P^2 + Q^2}}{h^2 C^2} + n\Psi_2 = 0$$

- termini dispersivi di Boussinesq

$$\Psi_1 \equiv - \left(B + \frac{1}{3} \right) d^2 (P_{xx} + Q_{yy}) - nBg d^3 (\xi_{xxx} + \xi_{xyy}) - dd_x \left(\frac{1}{3} P_{xt} + \frac{1}{6} Q_{yt} + nBgd (2\xi_{xx} + \xi_{yy}) \right) - dd_y \left(\frac{1}{6} Q_{xt} + nBgd \xi_{xy} \right)$$

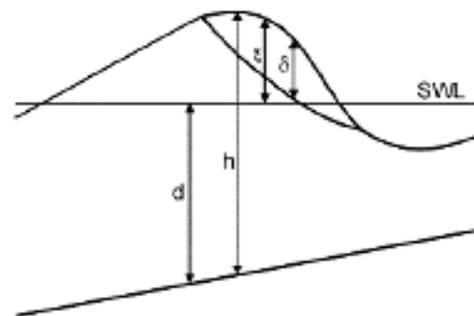
$$\Psi_2 \equiv - \left(B + \frac{1}{3} \right) d^2 (Q_{yy} + P_{xx}) - nBg d^3 (\xi_{yyy} + \xi_{xxy}) - dd_y \left(\frac{1}{3} Q_{yt} + \frac{1}{6} P_{xt} + nBgd (2\xi_{yy} + \xi_{xx}) \right) - dd_x \left(\frac{1}{6} P_{yt} + nBgd \xi_{xy} \right)$$

- termini rappresentativi del frangimento

$$R_{xx} = \frac{\delta}{1 - \delta/h} \left(c_x - \frac{P}{h} \right)^2$$

$$R_{xy} = \frac{\delta}{1 - \delta/h} \left(c_x - \frac{P}{h} \right) \left(c_y - \frac{Q}{h} \right)$$

$$R_{yy} = \frac{\delta}{1 - \delta/h} \left(c_y - \frac{Q}{h} \right)^2$$



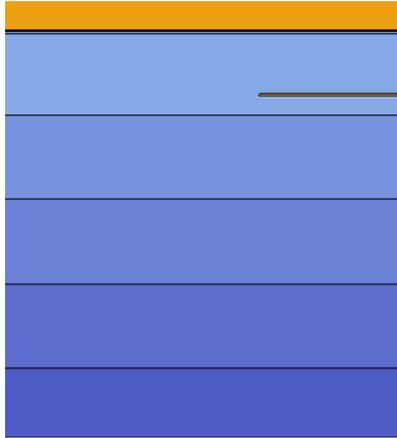
Symbol list

P	flux density in the x-direction (m ³ /m/s)
Q	flux density in the y-direction (m ³ /m/s)
B	Boussinesq dispersion coefficient (-)
x, y	Cartesian co-ordinates (m)
t	time (s)
h	total water depth (=d+ξ)
d	still water depth (m)
g	gravitational acceleration (= 9.81 m/s ²)
n	porosity (-)
C	Chezy resistance number (m ^{0.5} /s)
α	resistance coefficient for laminar flow in porous media (-)
β	resistance coefficient for turbulent flow in porous media (-)
ξ	water surface elevation above datum (m)

Proprietà del modello:

- non lineare
- parzialmente non dispersivo
- semplicità computazionale
- capace di rappresentare i maggiori fenomeni fisici

Pendenza 1%



Profondità in
corrispondenza della
barriera
 $h = 3$ m

Fondo piatto



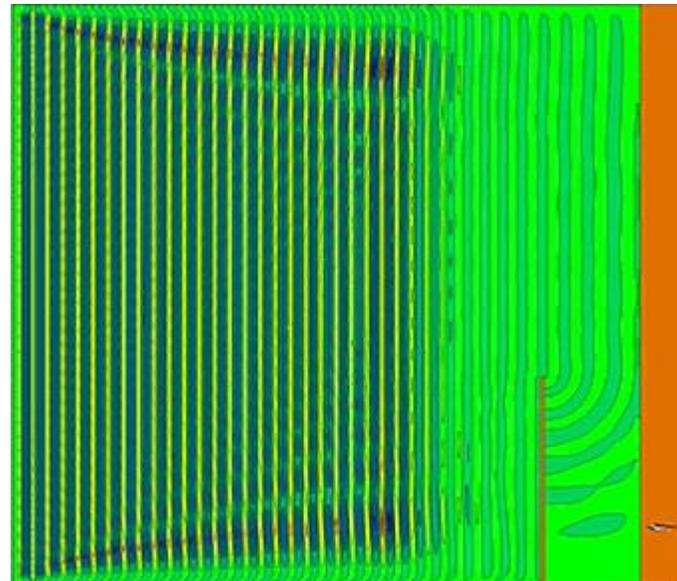
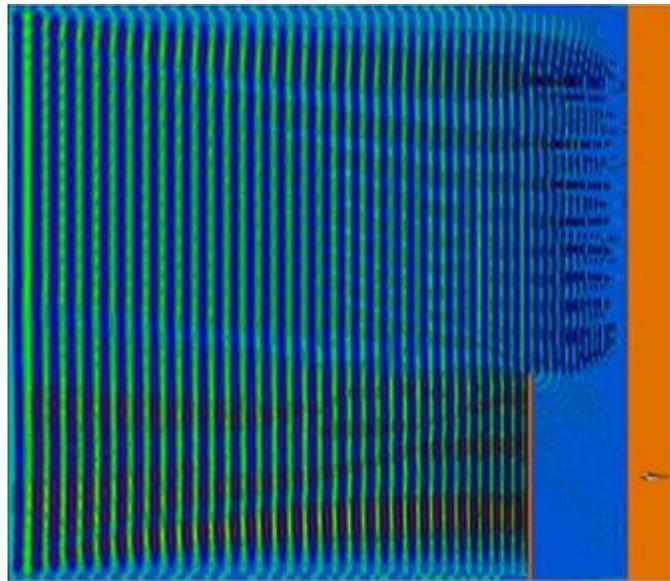
Profondità del fondale
 $h = 10$ m

Num. simulazioni con
pendenza del fondale
dell'1%

Num. simulazioni con
fondo piatto

9

3



$H = 0.8$ m

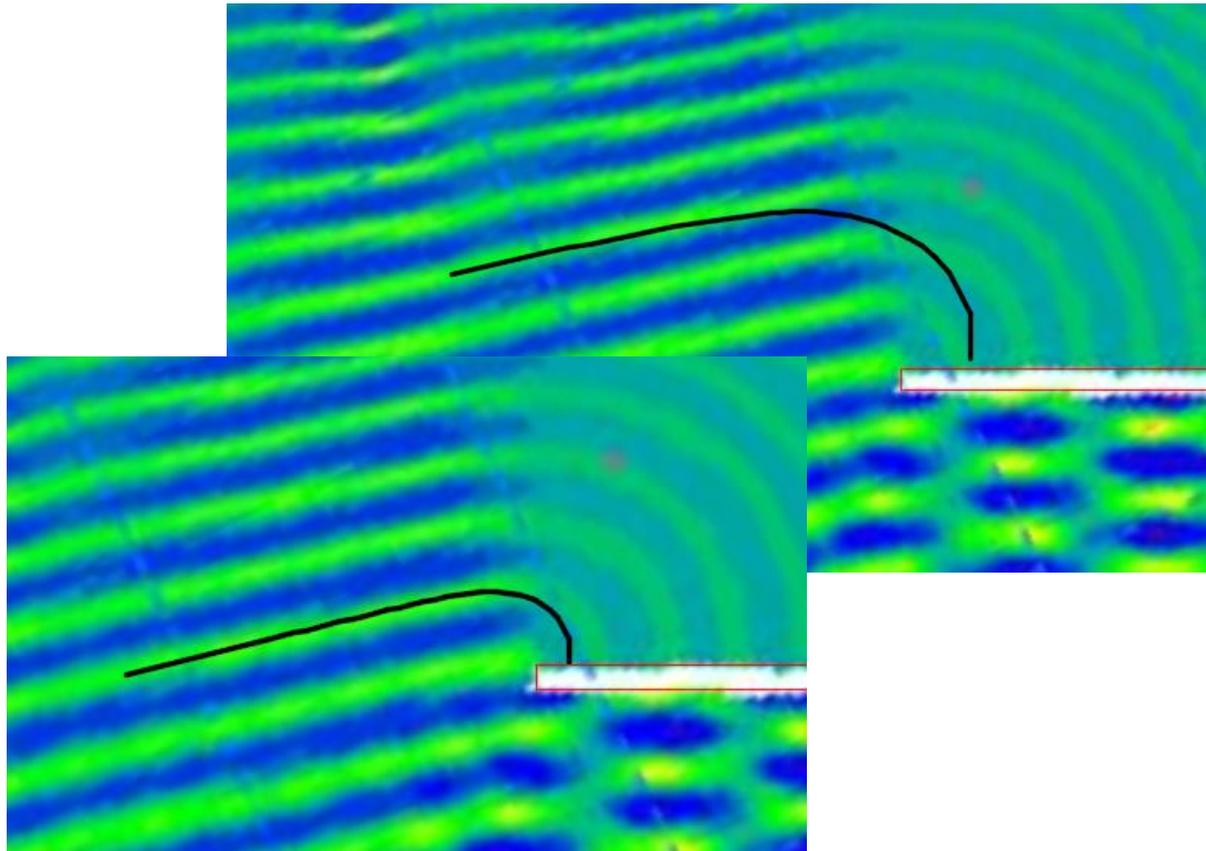
$T = 6$ s; 10 s; 15 s

$DD = 155^\circ N$; $180^\circ N$; $215^\circ N$

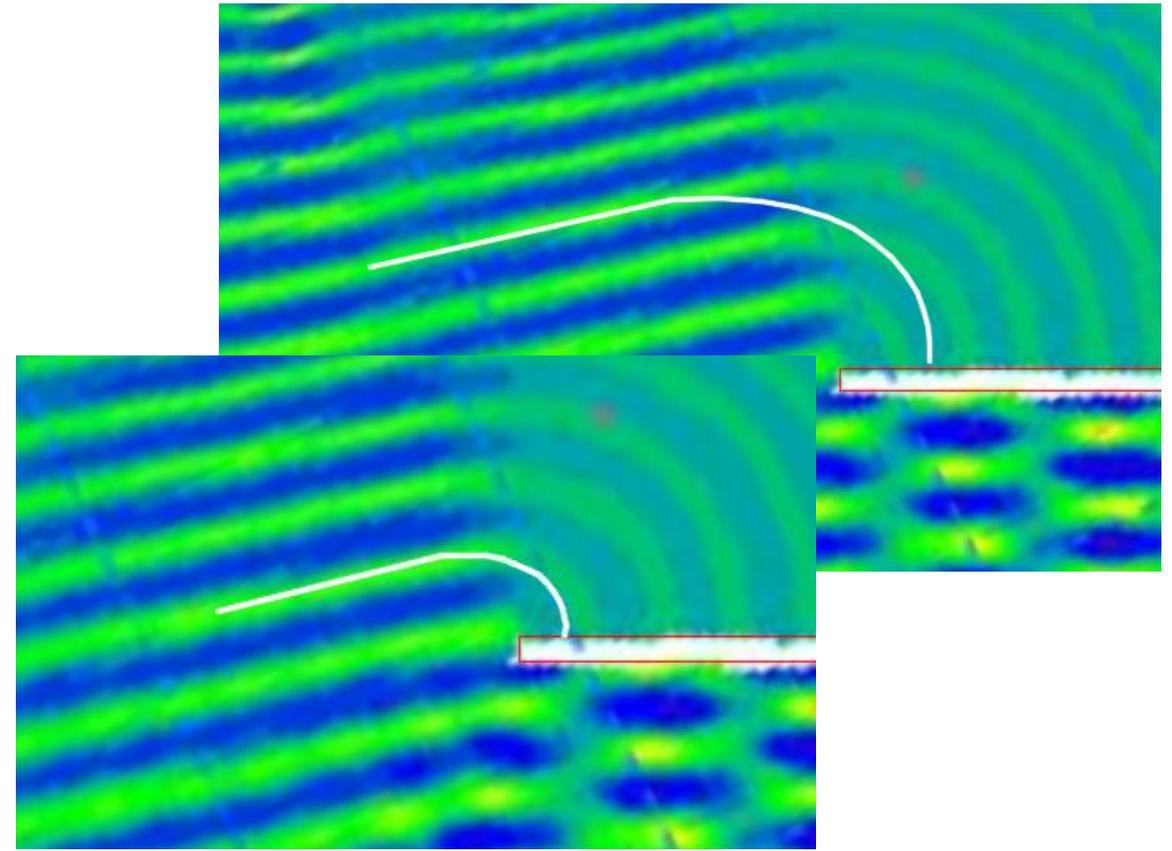
Confronto tra fronti d'onda e profili di equilibrio statico

- Fondale con pendenza 1%

Profilo a tangente iperbolica (Moreno e Kraus, 1999, Kemp, 2018)



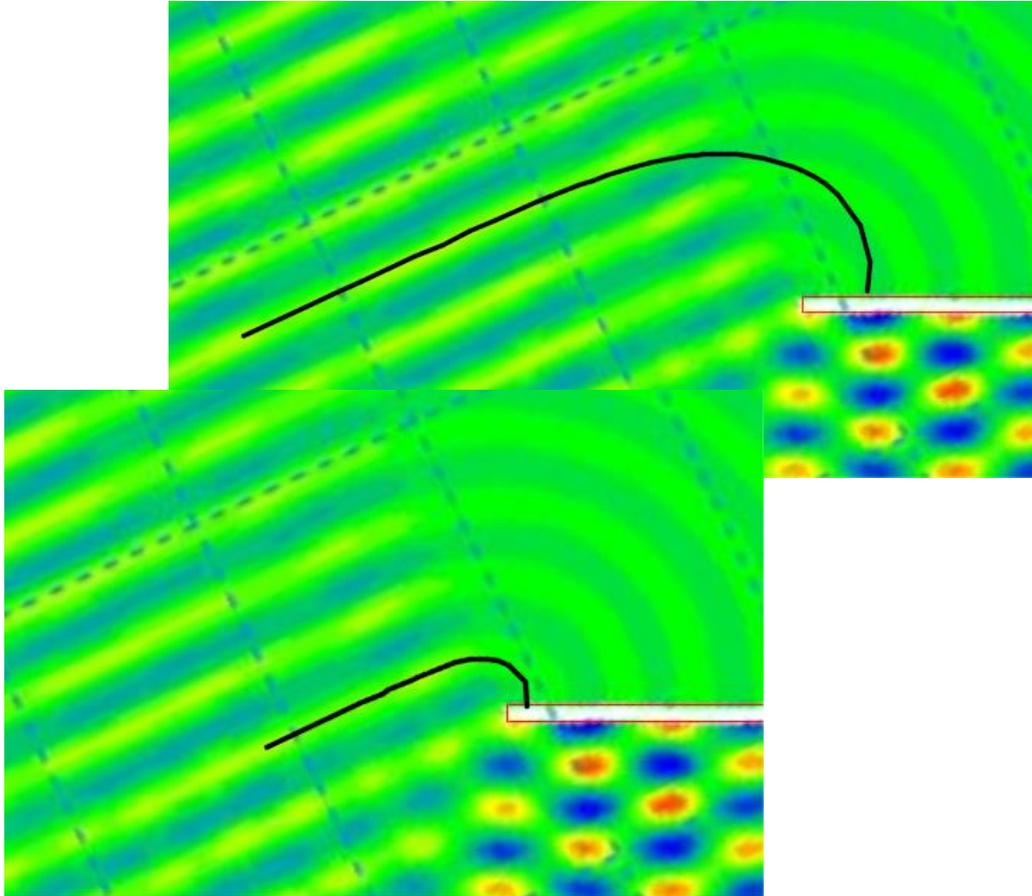
Profilo parabolico (Hsu ed Evans, 1989)



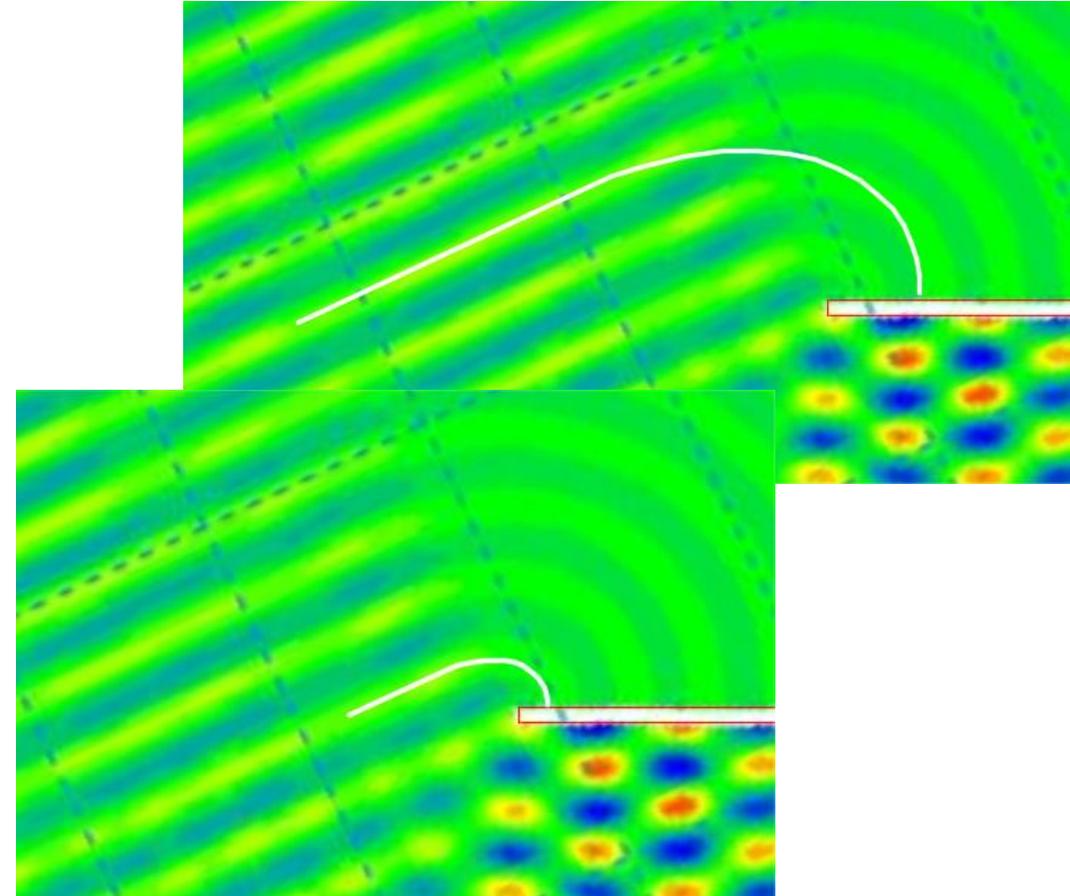
Confronto tra fronti d'onda e profili di equilibrio statico

- Fondo piatto

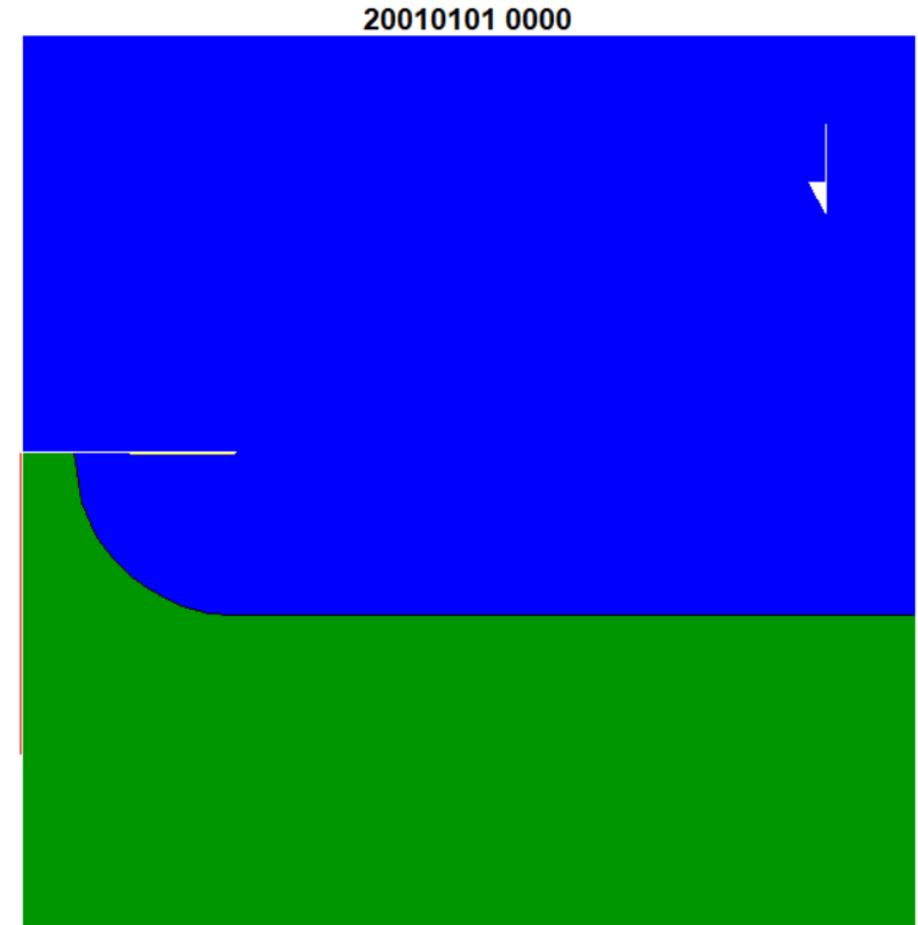
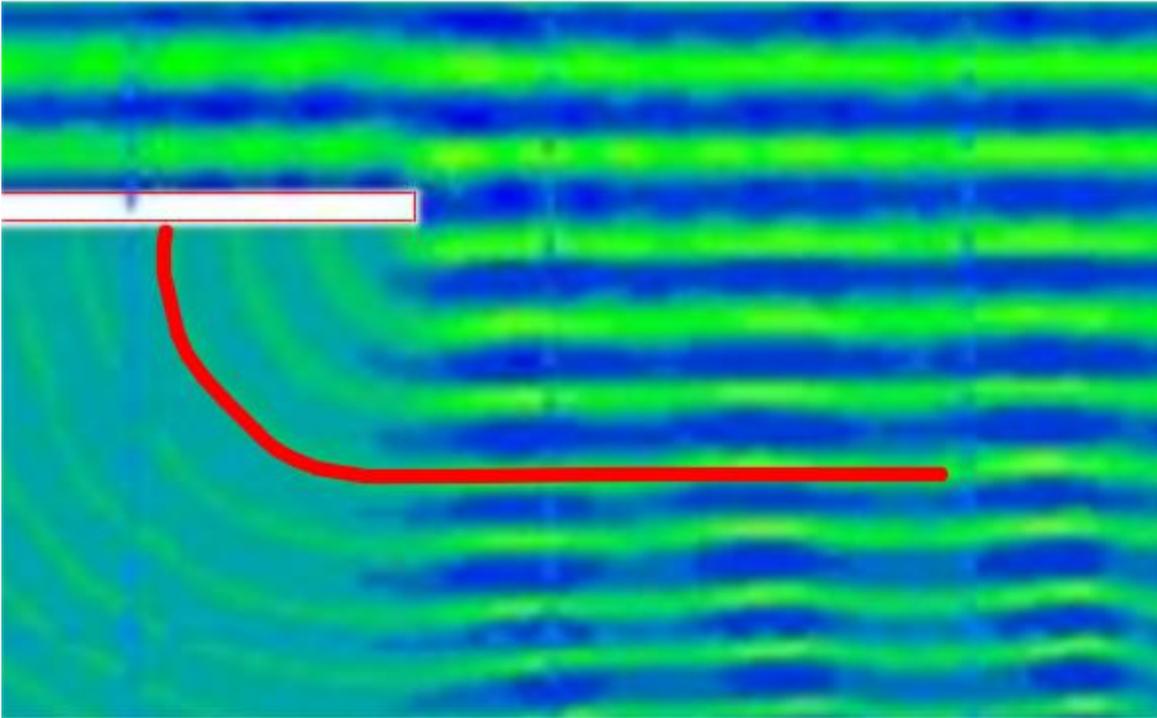
Profilo a tangente iperbolica (Moreno e Kraus, 1999, Kemp, 2018)



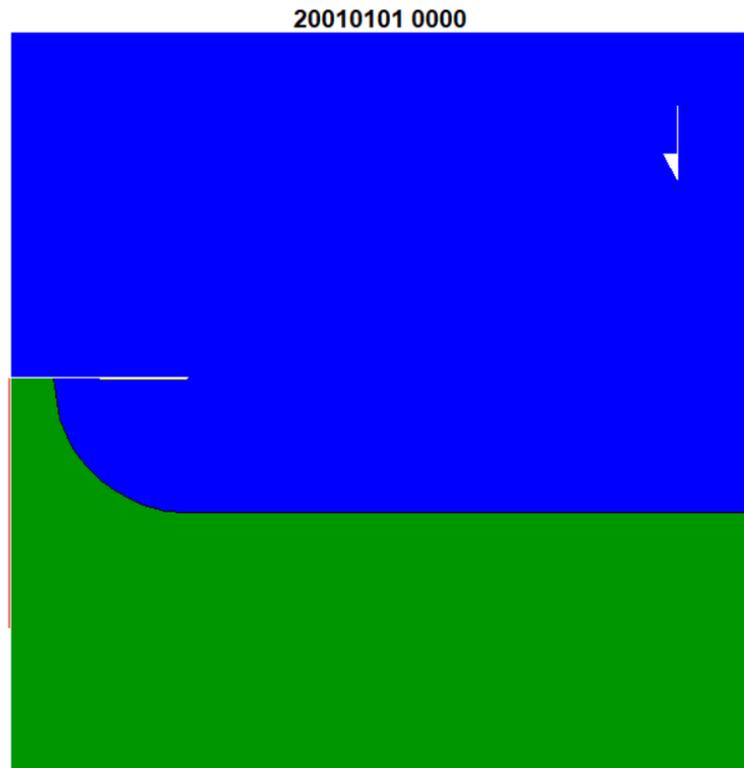
Profilo parabolico (Hsu ed Evans, 1989)



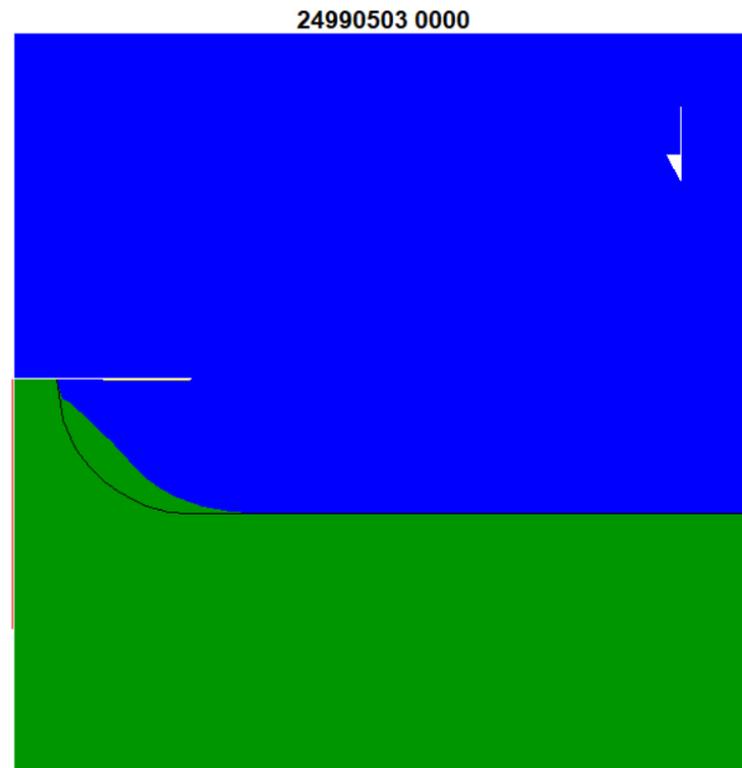
Il possibile comportamento accrescitivo di una linea di riva progettata seguendo un fronte d'onda è stato avvalorato dal modello ad una linea **GENESIS**, sviluppato dall'US Army Corps of Engineers.



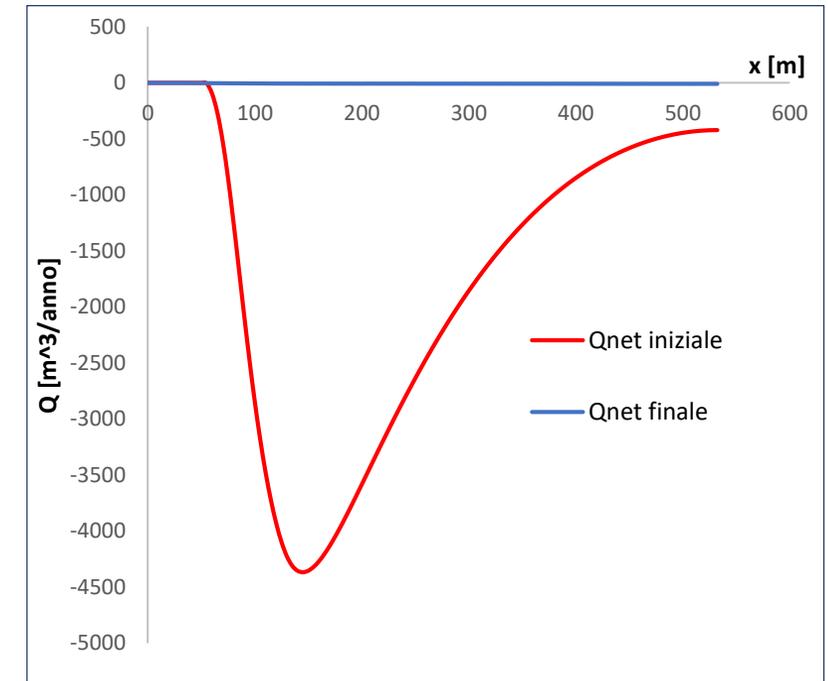
Il possibile comportamento accrescitivo di una linea di riva progettata seguendo un fronte d'onda è stato avvalorato dal modello ad una linea **GENESIS**, sviluppato dall'US Army Corps of Engineers.



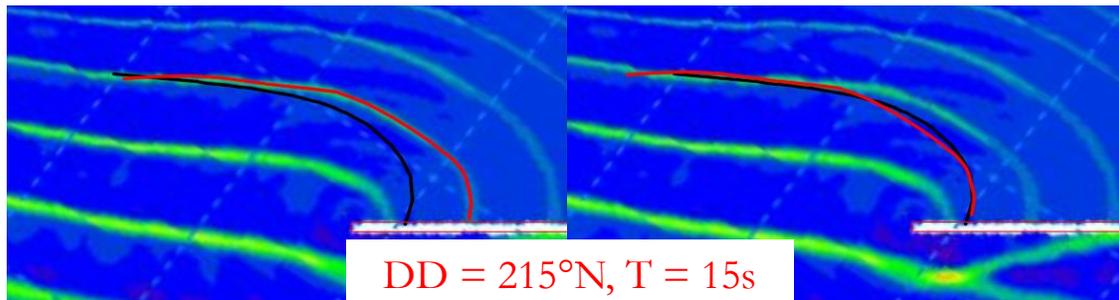
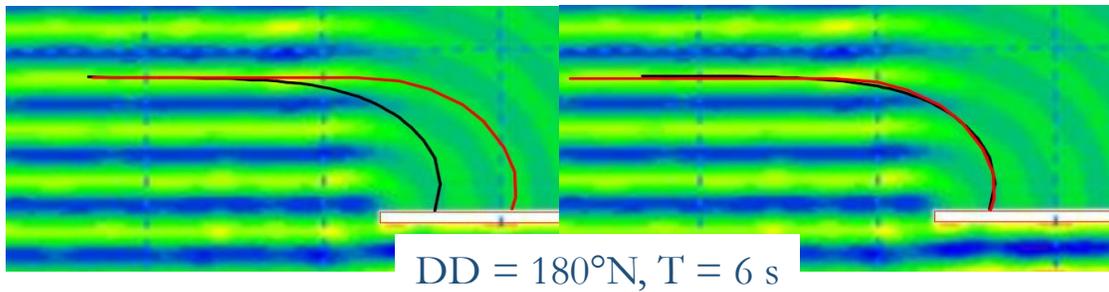
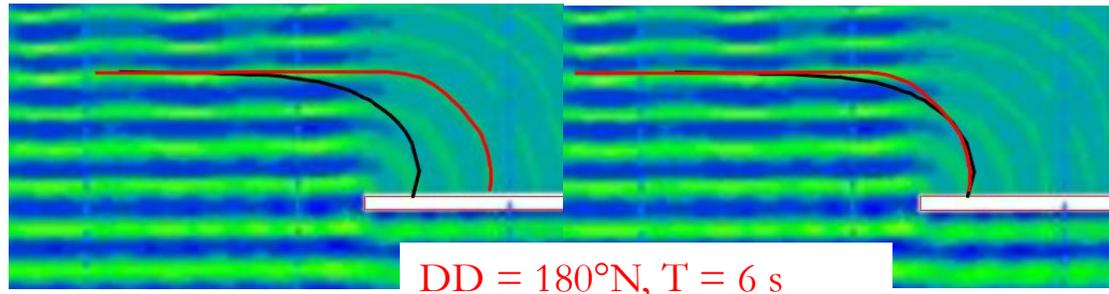
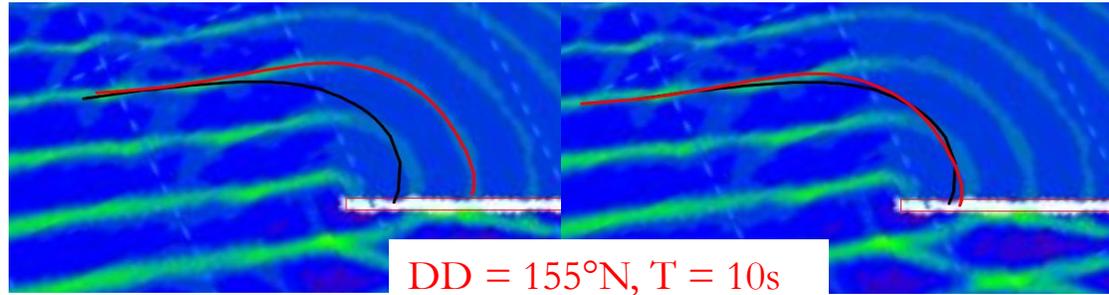
Profilo di riva iniziale



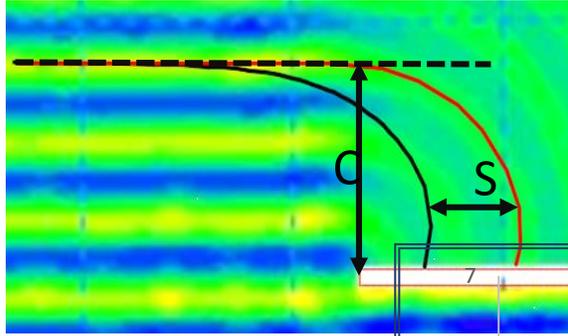
Profilo di riva finale



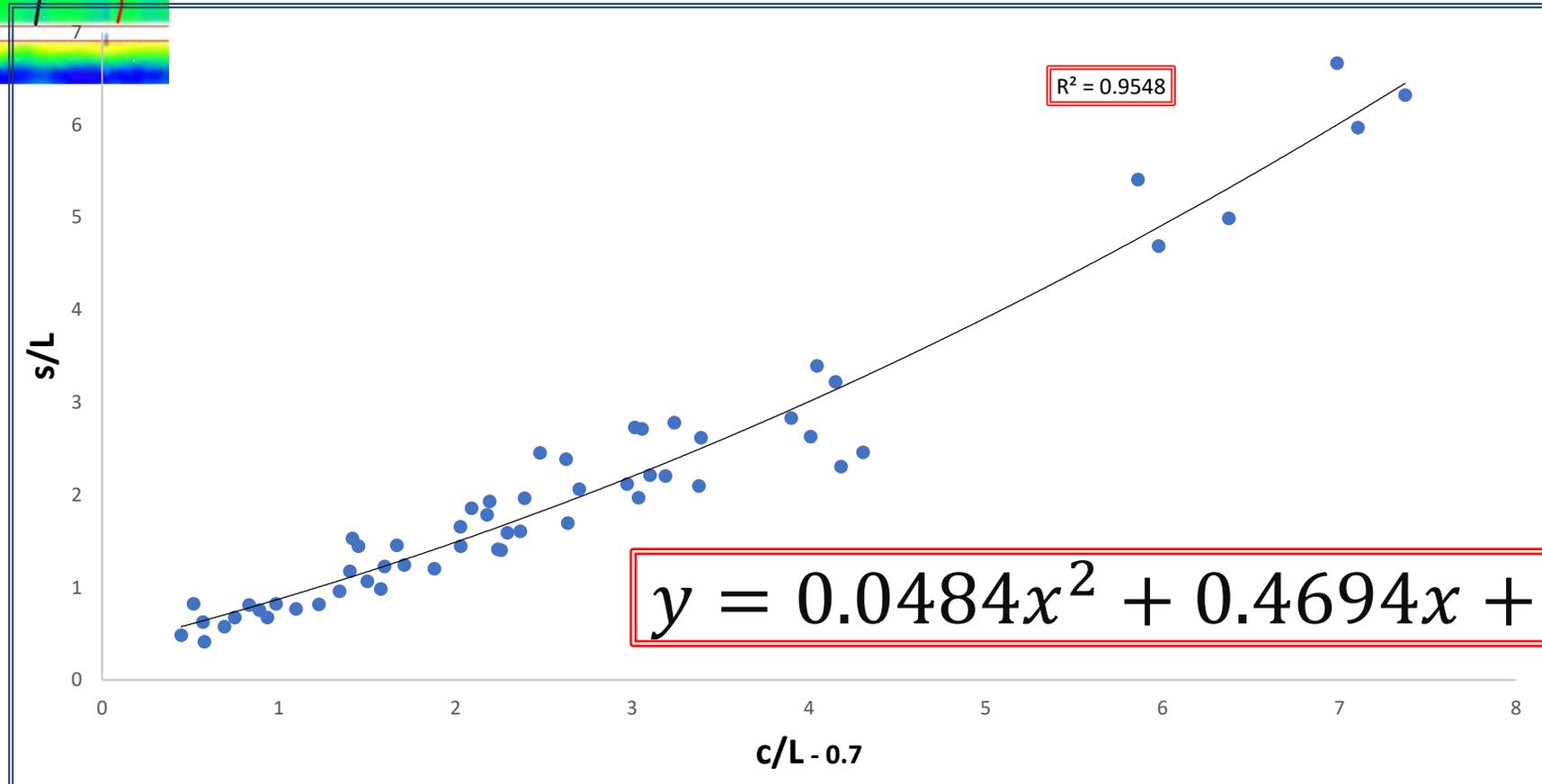
II. Caso di Studio



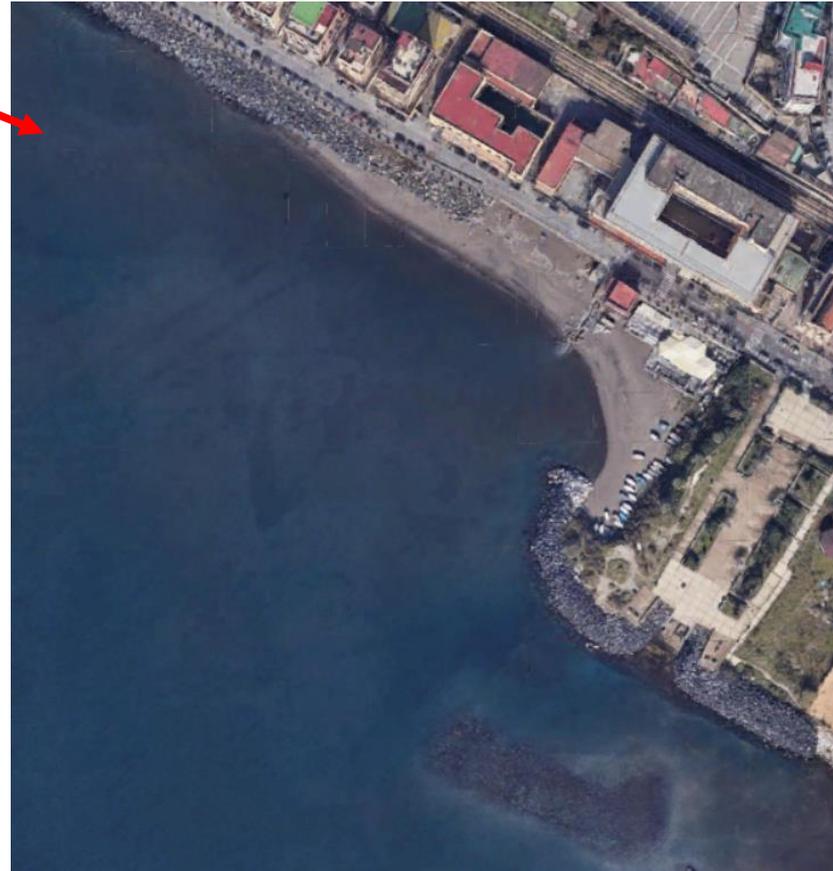
Nel confrontare i fronti d'onda con i profili di equilibrio statico è stato osservato che i fronti, se traslati di una certa quantità in direzione ortogonale a quella del moto, tendono a coincidere con i profili di equilibrio statico. Questo risultato è stato verificato per tutte le direzioni, tutti i periodi ed entrambe le tipologie di fondale indagato.



Correlazione tra fronti d'onda e profili di equilibrio statico



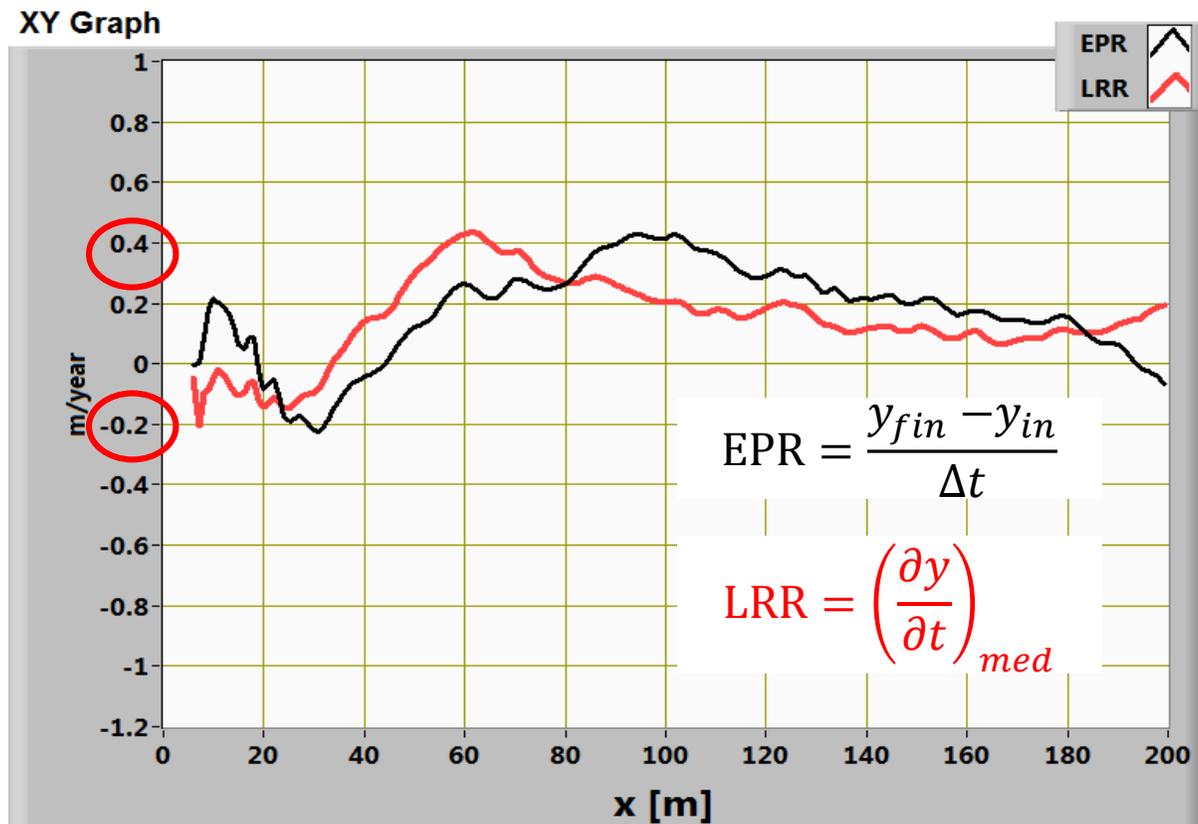
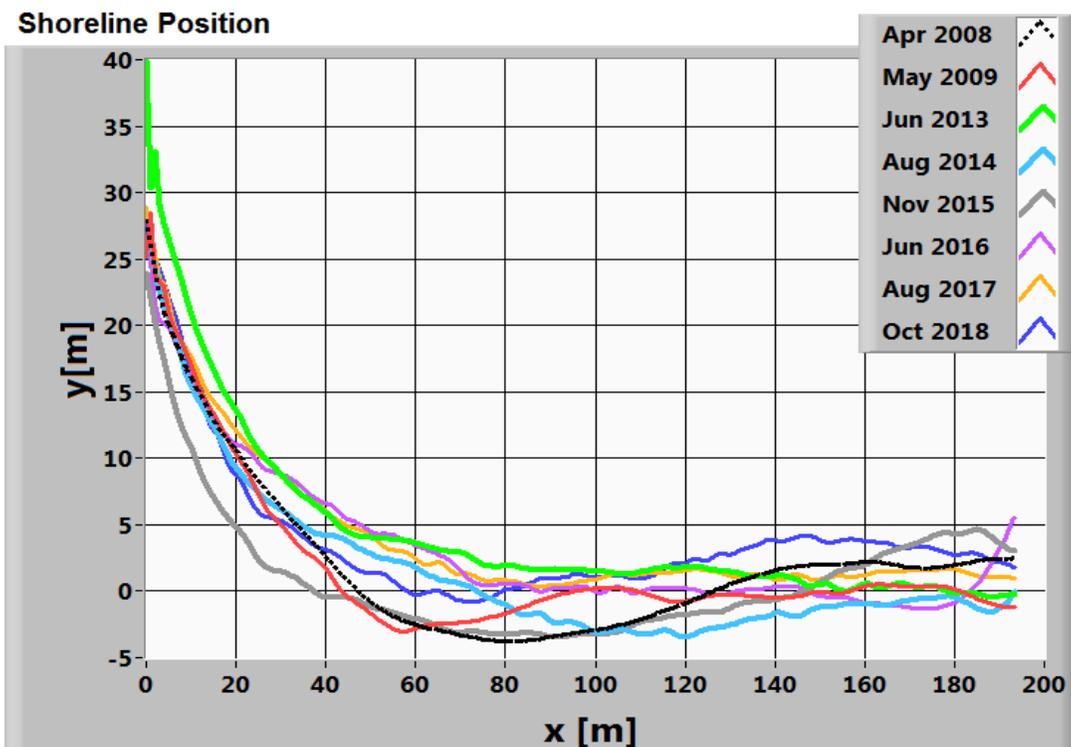
Per appurare la veridicità dei risultati ottenuti tramite modellazione numerica è stato esaminato il caso di una piccola baia ubicata lungo il litorale di Bagnoli, Napoli.



Nello studio è stata inoltre verificata la possibilità che la baia possa essere governata da due punti di diffrazione.



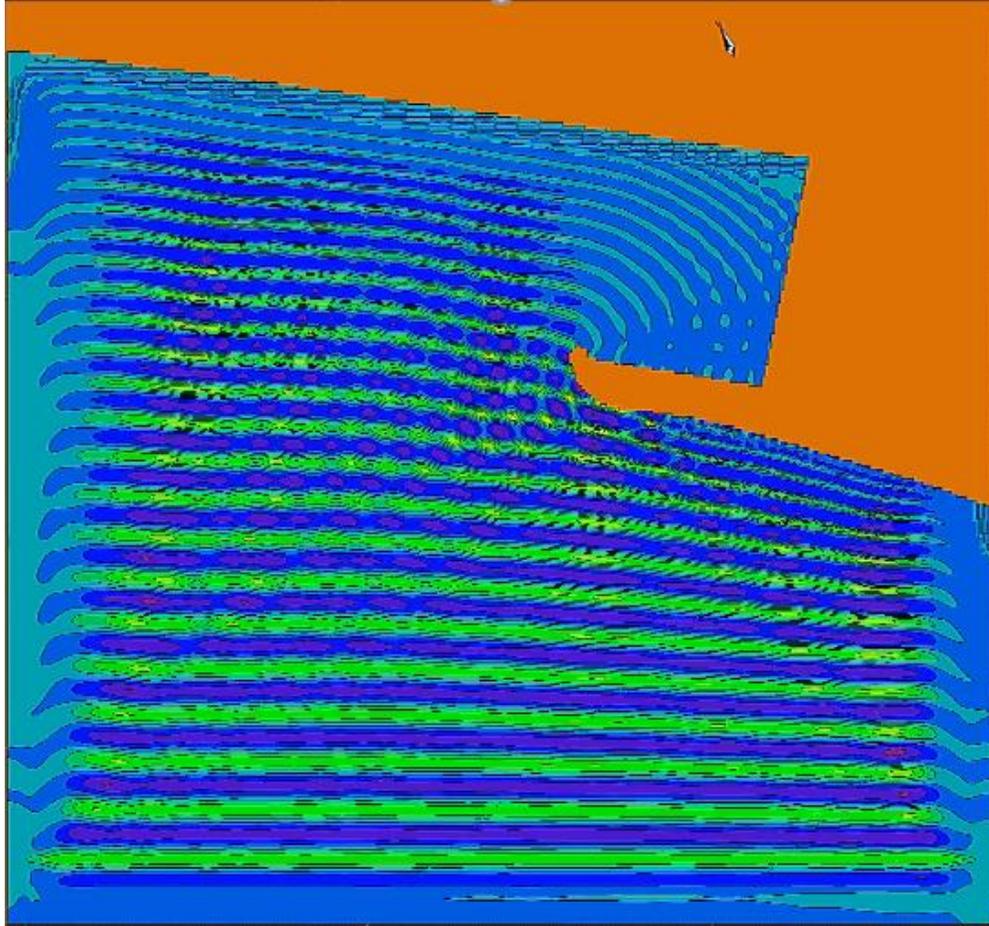
La baia è in equilibrio statico?



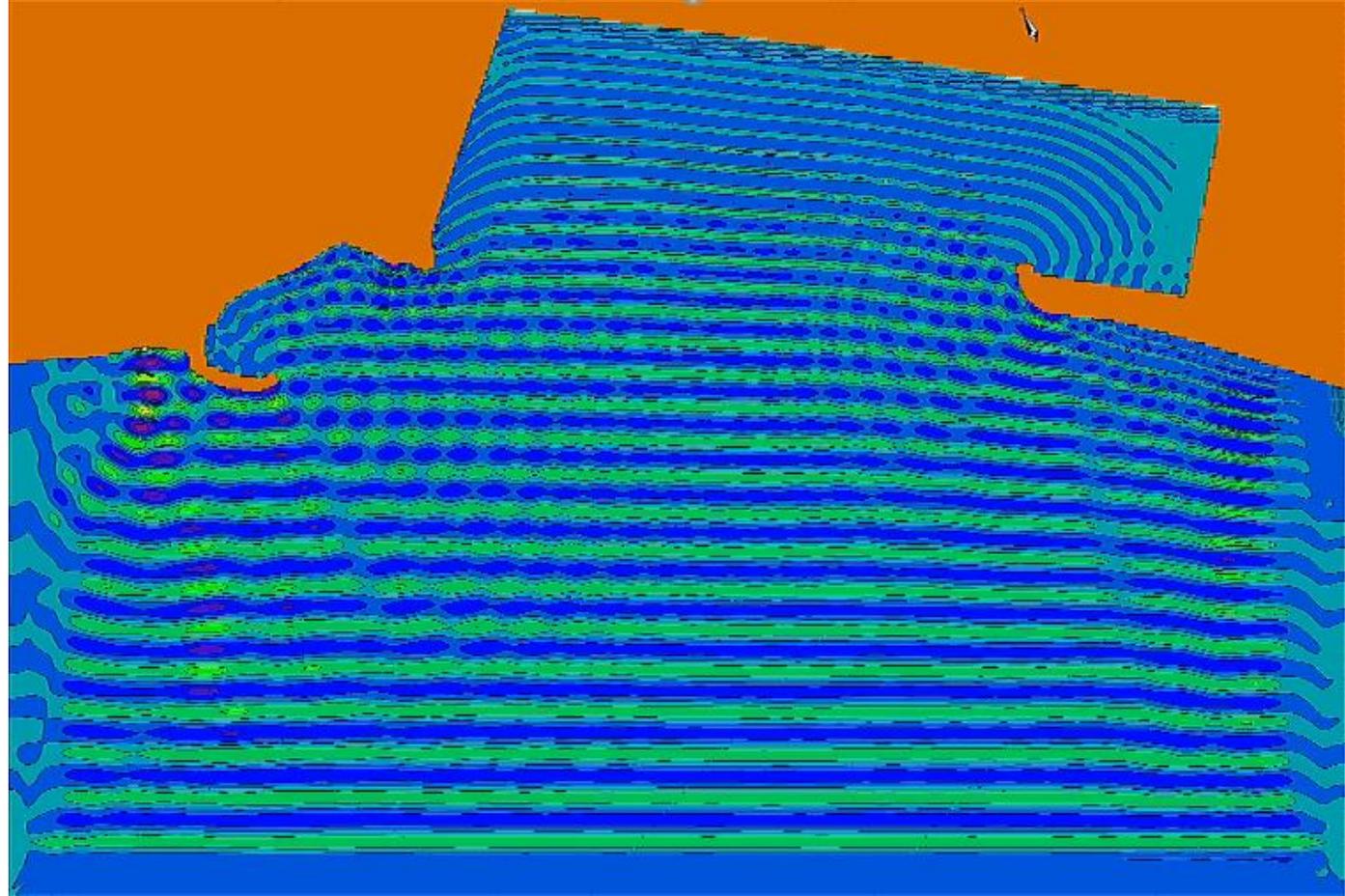
I rilievi delle linee di riva sono stati effettuati su **Google Earth Pro** ed analizzati mediante **QGIS 3.10.1 'A Coruña'**



Propagazione dell'onda equivalente, $H=0.8$ m, $T=5.89$ s e $DD=205^\circ N$, con il software MIKE 21 BW.



Modellazione di un singolo elemento diffrattivo



Modellazione di due elementi diffrattivi

Confronti tra la linea di riva (evidenziata in giallo) e i fronti d'onda (raffigurati in rosso) ottenuti con MIKE 21 BW



Una singolo elemento diffrattivo

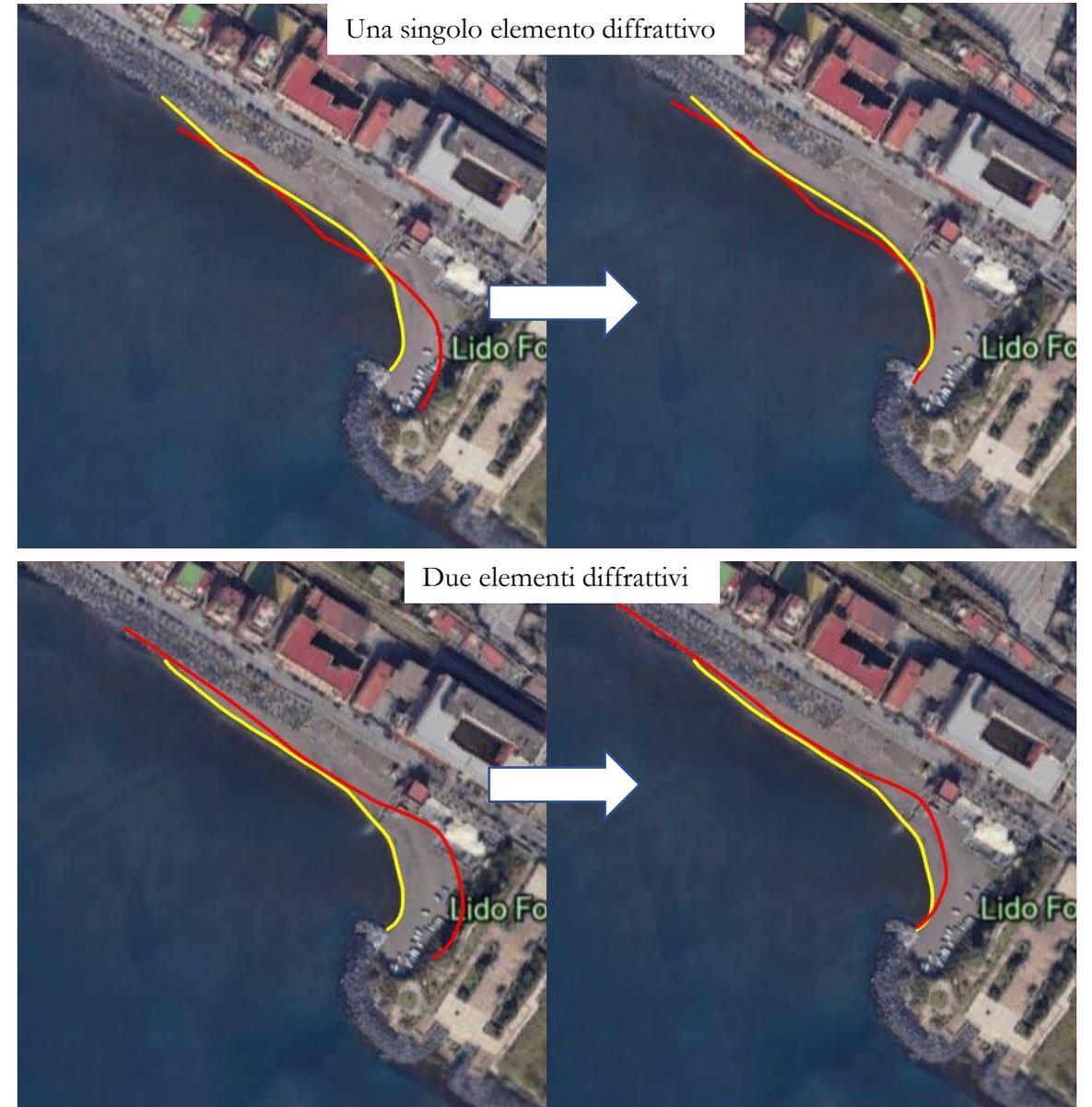


Due elementi diffrattivi

III. Caso di Studio

Per entrambe le configurazioni si può osservare come, traslando i fronti d'onda lungo la direzione ortogonale a quella di propagazione di una quantità ottenuta tramite la relazione precedentemente ricavata, essi tendano a sovrapporsi alla linea di riva della baia.

$$y = 0.0484x^2 + 0.4694x + 0.3567$$



Conclusioni

- Nell'ottica di una progettazione ingegneristica, un primo risultato è quello secondo il quale modellare un ripascimento come il fronte d'onda produrrebbe in realtà un effetto accrescitivo, essendo i fronti d'onda delle strutture che approssimano per difetto i profili di equilibrio.
- In termini di ricerca scientifica il lavoro di sperimentazione svolto ha permesso di definire e approfondire quale sia la correlazione esistente tra diffrazione del moto ondoso, per mezzo di una headland, e forme caratteristiche delle baie in equilibrio statico.
- La spiegazione fisica alla base della correlazione trovata è, per ora, ancora ignota. Il frutto di tale lavoro, quindi, potrebbe rappresentare un punto di partenza per future ricerche scientifiche.



A dramatic seascape with a bright, cloudy sky and dark, turbulent water with white-capped waves. The sky is filled with heavy, dark clouds, with a bright, glowing area in the center where the sun is breaking through, creating a strong backlighting effect. The water is dark blue and grey, with white foam from the waves contrasting sharply against the darker tones. The overall mood is one of awe and power.

Grazie per
l'attenzione!