



“TEMPESTE ESTREME”

Aspetti Tecnici, gestionali ed assicurativi

Webinar su piattaforma Zoom nel quadro di NSW 2020 <https://www.nsweek.com/>
Mercoledì 30 settembre 2020 - Ore 14:00

“Calcolo e progettazione delle opere portuali in funzione delle onde estreme”

PROF. ING. FABIO DENTALE
fdentale@unisa.it

ING. ANGELA DI LEO
andileo@unisa.it

PROF. ING. EUGENIO PUGLIESE CARRATELLI
epc@unisa.it



ING. FERDINANDO REALE
f reale@unisa.it

VALORI ESTREMI DELLO STATO DI MARE

La progettazione di strutture offshore e opere costiere si basa su una stima del valore estremo dei parametri dello stato del mare come l'altezza d'onda significativa (**Significant Wave Height**)

Determinazione dell'onda di progetto

$H_s - T_R$



IL DIMENSIONAMENTO IDRAULICO E STRUTTURALE

Verifica dell'efficienza idraulica e della stabilità dell'opera

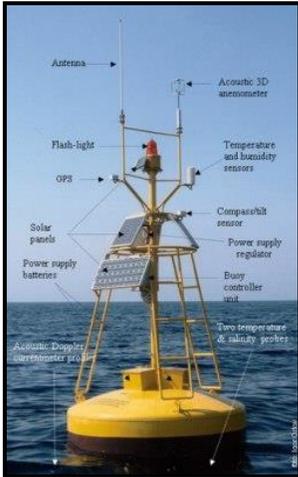
Formule disponibili in
letteratura



Modellazione fisica
o numerica



DATI ONDAMETRICI



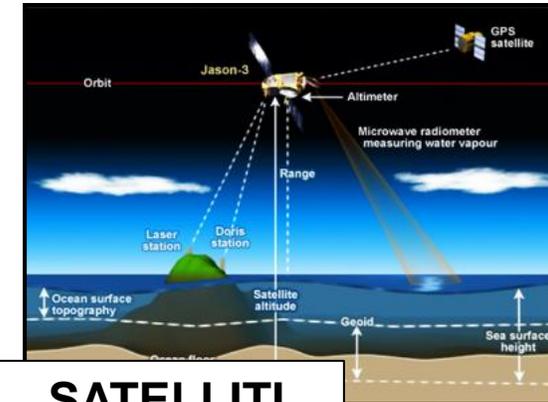
Vanno abbinati ad un modello atmosferico in grado di generare i venti da usare poi come forzante per le onde

MODELLI

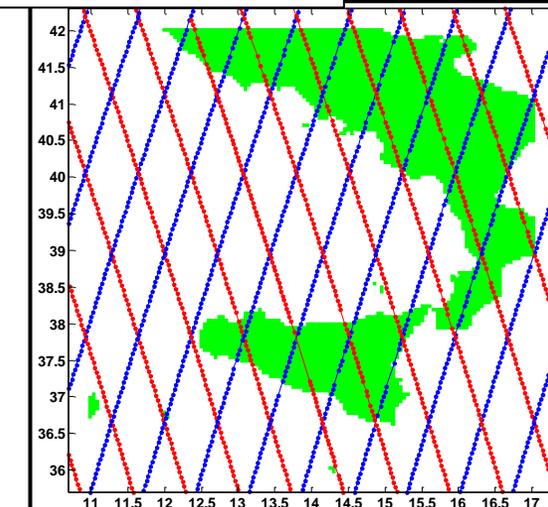


Centro Nazionale di Meteorologia e Climatologia Aeronautica

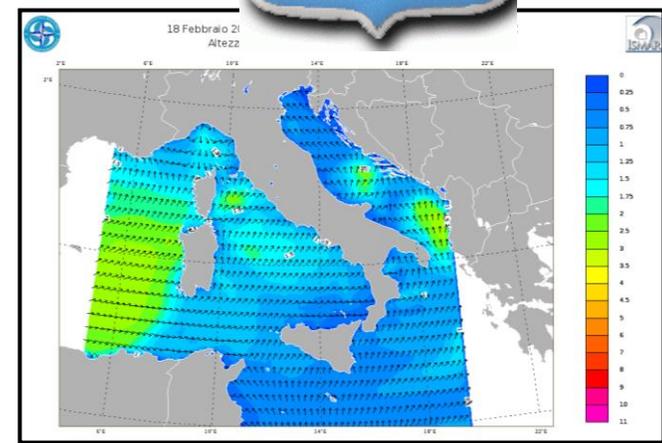
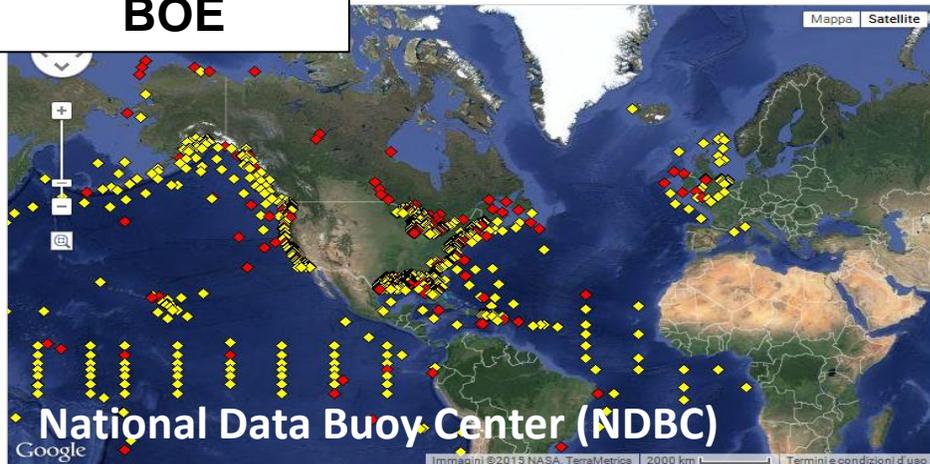
Radar Altimeter Database System (RADS)



SATELLITI

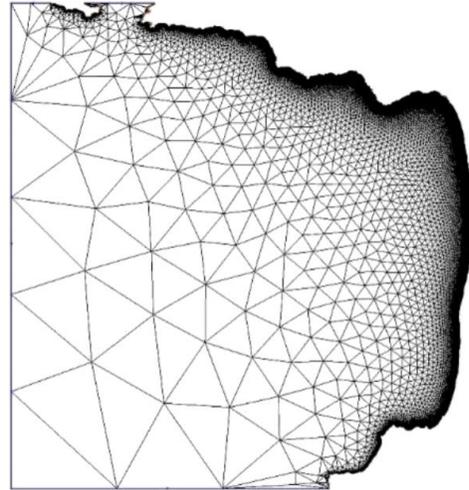
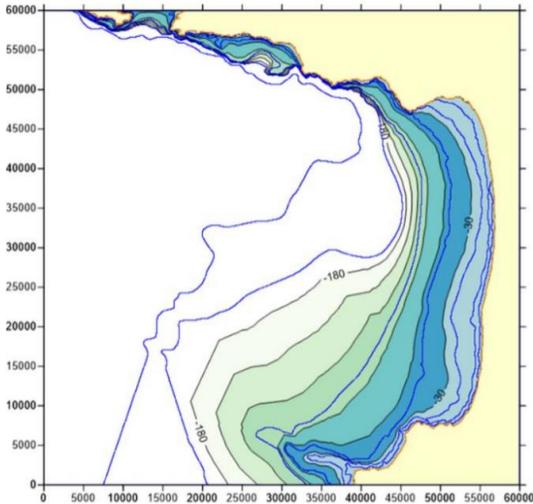


BOE

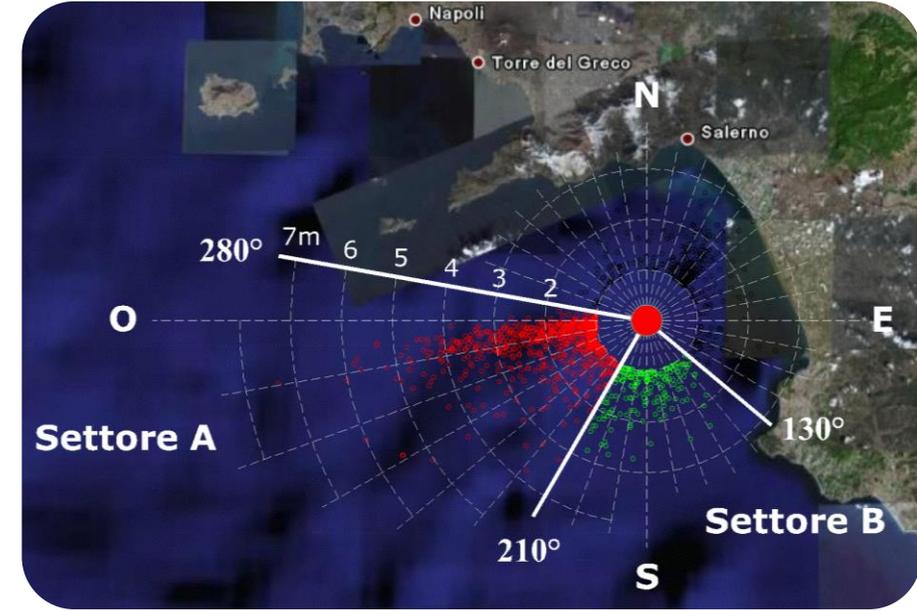


“TEMPESTE ESTREME” Aspetti Tecnici, gestionali ed assicurativi

CALCOLO ONDA DI PROGETTO



T_R (anni)	H_s (m)
1	5.05
5	6.26
10	6.78
25	7.47
50	8.00
100	8.52

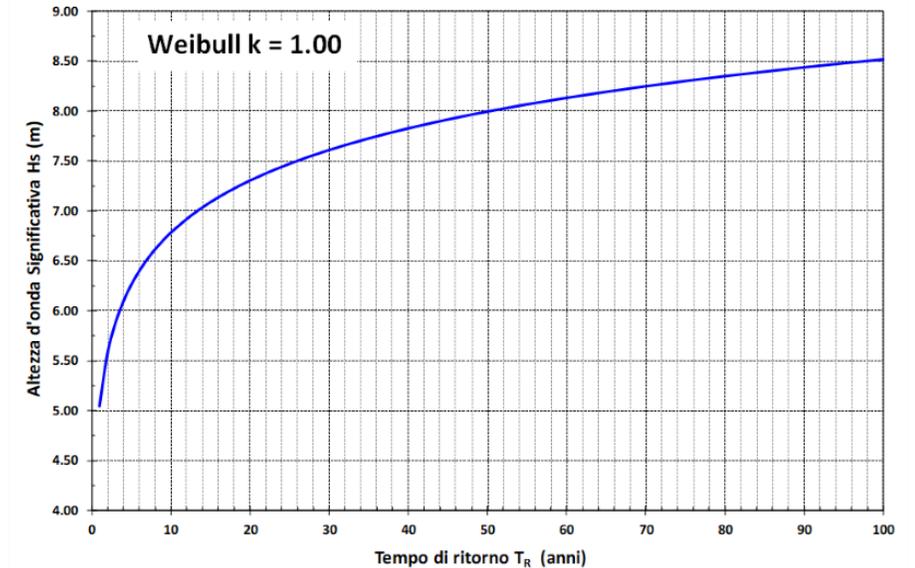
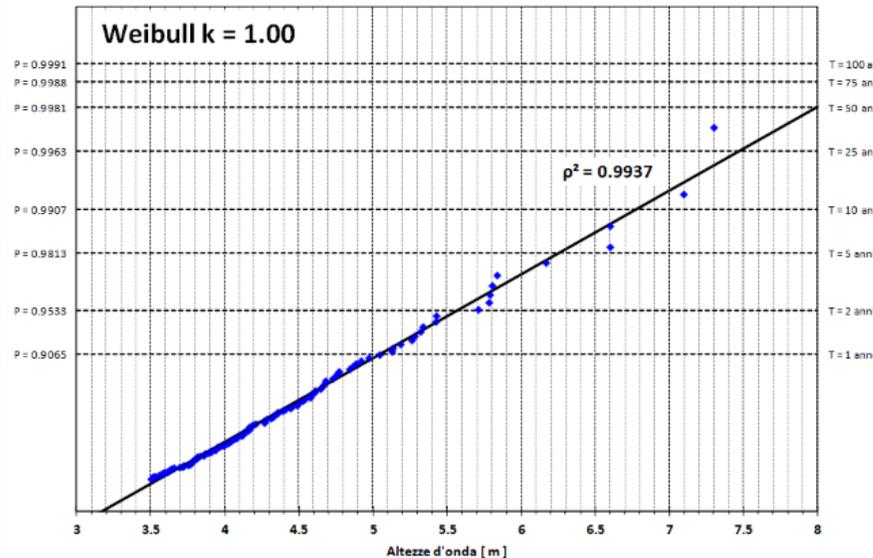


SWAN

Simulating WAVes Nearshore

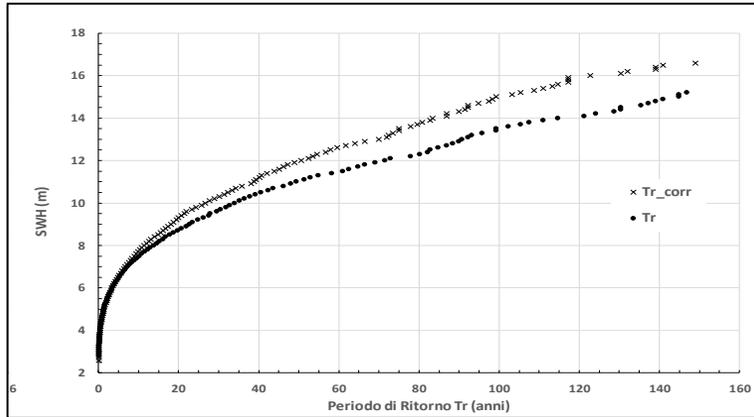
Le distribuzioni più utilizzate nell'analisi delle altezze d'onda estreme sono:

- Gumbel: $P(H) = \exp\left[-\exp\left(-\frac{H-B}{A}\right)\right]$
- Fretchet: $P(H) = \exp\left[-\left(\frac{H}{A}\right)^{-k}\right]$
- Weibull: $P(H) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{H-B}{A}\right)^k\right]$

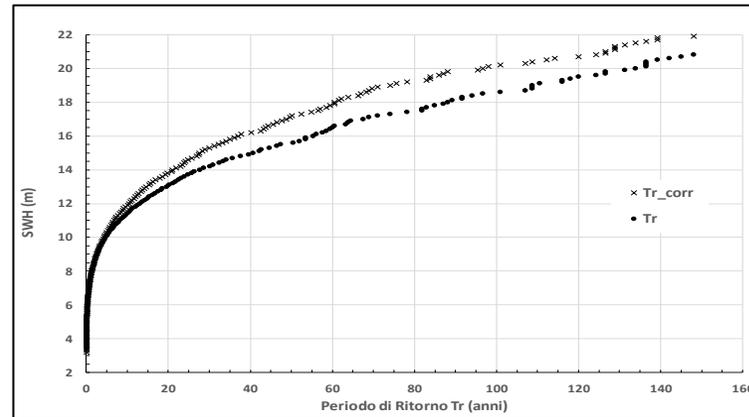


STIMA DEI VALORI ESTREMI

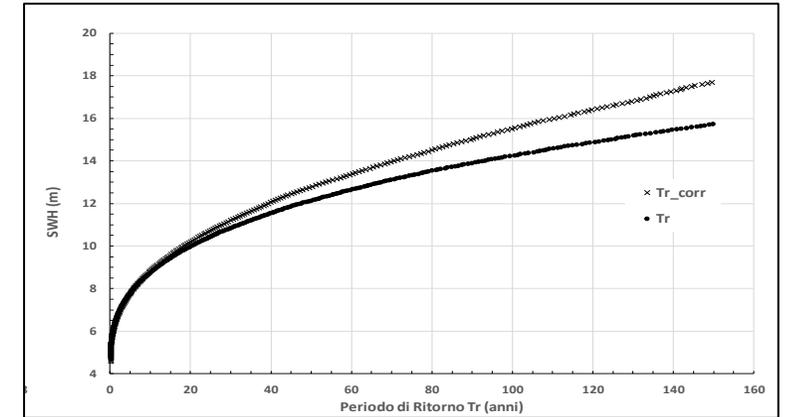
Influenza dell'incertezza (I) della stima dei parametri sul tempo di ritorno Tr (b).



Boa RON di Ponza –
155 eventi con 16 anni di osservazioni



Boa RON di Alghero –
246 eventi con 17 anni di osservazioni



Boa NOAA 46014 –
133 eventi con 26 anni di osservazioni

Il calcolo della $SWH(Tr)$, che lega l'altezza significativa col suo periodo di ritorno Tr , è infatti inevitabilmente affetto da vari errori, tra i quali uno dei più importanti dipende dal limitato periodo di osservazione disponibile e quindi dallo **scarso numero di dati relativi agli eventi estremi**.

STIMA DEI VALORI ESTREMI

Correzione delle curve dei valori estremi derivati dal modello con i valori medi degli errori stimati spazialmente.

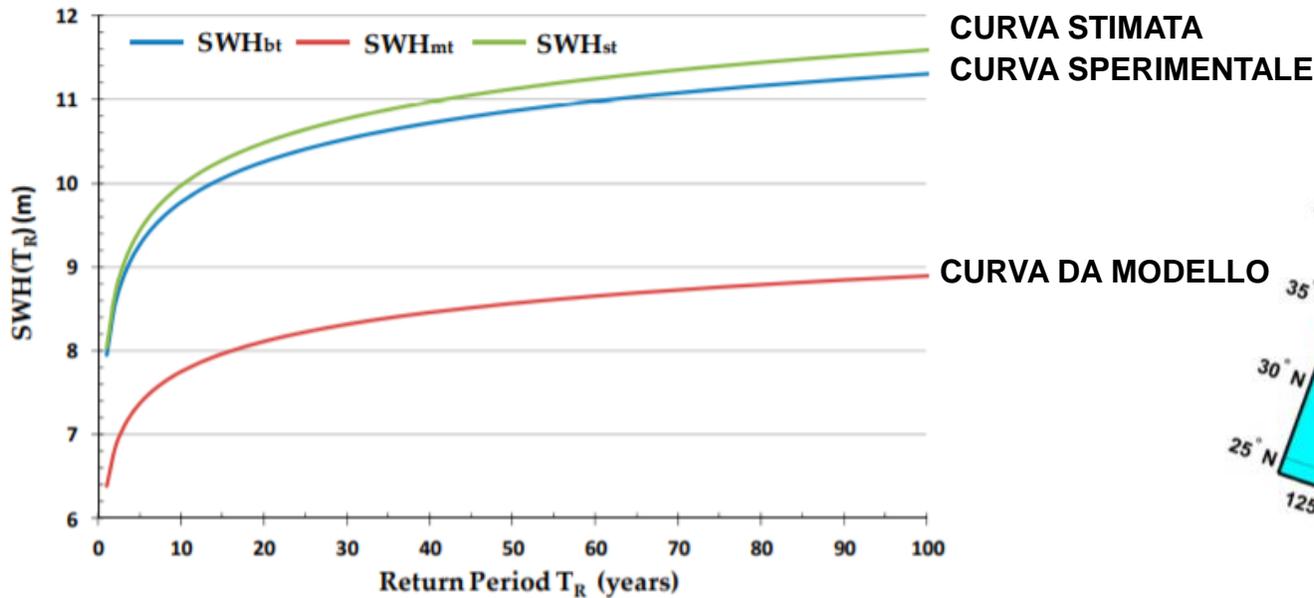


Figure 2. Example of results for test location on the site of buoy 46014 along US Pacific Coast: SWH_{bt} is the curve computed from experimental data; SWH_{mt} is the curve computed from model data; SWH_{st} is the estimated curve, obtained through the integrated procedure.



- **MODELLAZIONE NUMERICA**

 - CFD: Computational Fluid Dynamics

Descrive il processo studiato attraverso equazioni

CFD è uno strumento molto potente per la
RISOLUZIONE DEI PROBLEMI



- DESCRIZIONE DETTAGLIATA NEL TEMPO E NELLO SPAZIO
- ECONOMICO
- ESPERIMENTI A SCALA REALE



IPOSTESI
SEMPLIFICATIVE

CFD CODE:

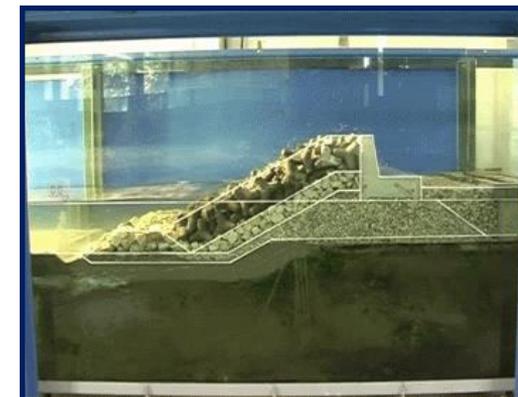
COBRAS (e.g. Losada et al., 2008) FLOW-3D® (Chopakatla et al., 2008), (Li et al., 2004)
FLUENT® (Fang et al., 2010), PHOENICS®, OpenFOAM (Higuera et al., 2013)

- **MODELLAZIONE FISICA**

Riproduzione in laboratorio del fenomeno naturale indagato



Misurare il fenomeno in un ambiente controllato



Più piccola è la scala tanto più gli **effetti di scala** saranno pronunciati



COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS

EQUAZIONI DI NAVIER-STOKES

Metodi di discretizzazione:

- Formulazione differenziale:

Differenze finite

Elementi finiti

- Formulazione integrale

Volumi finiti

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial \rho u_i}{\partial x_i} = 0$$

EQUAZIONE DI CONTINUITÀ

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + u_j \frac{\partial u_i}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x_i} + \nu \frac{\partial^2 u_i}{\partial x_j \partial x_j} + g_i$$

EQUAZIONE DEL MOTO

Modellazione della turbolenza:

- **DNS** (Direct Numerical Simulation): è l'approccio concettualmente più semplice, si discretizzano lo spazio e il tempo con griglie della dimensione voluta e si eseguono i calcoli su esse
- **RANS** (Reynolds Averaged Navier-Stokes): si basano sull'assunzione che si possa vedere il moto turbolento come formato da un moto medio e da una sua fluttuazione nel tempo
- **LES** (Large Eddy Simulation): consiste nel calcolare numericamente il comportamento delle scale turbolente più grandi e modellare opportunamente le scale più piccole (Sub-grid Scale o scale di Kolmogorov)

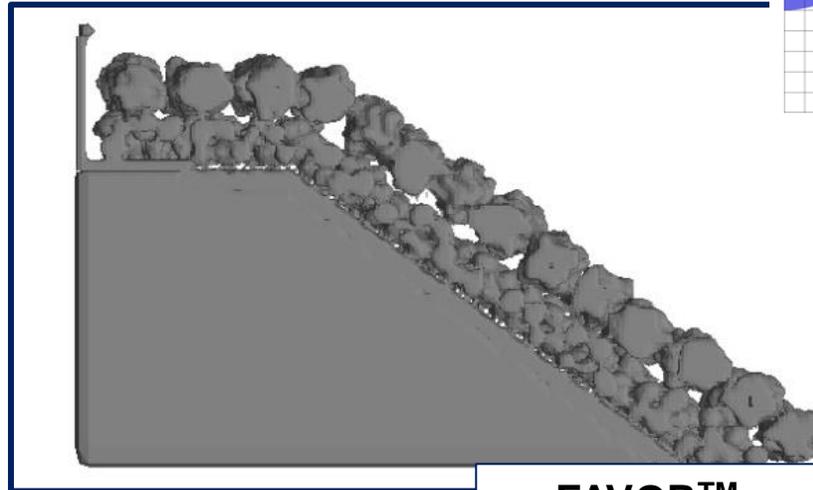
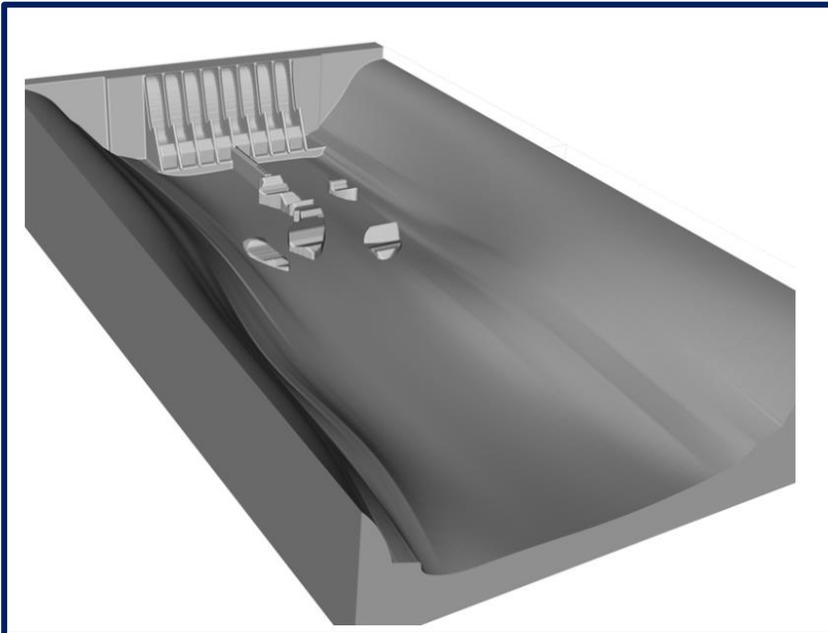
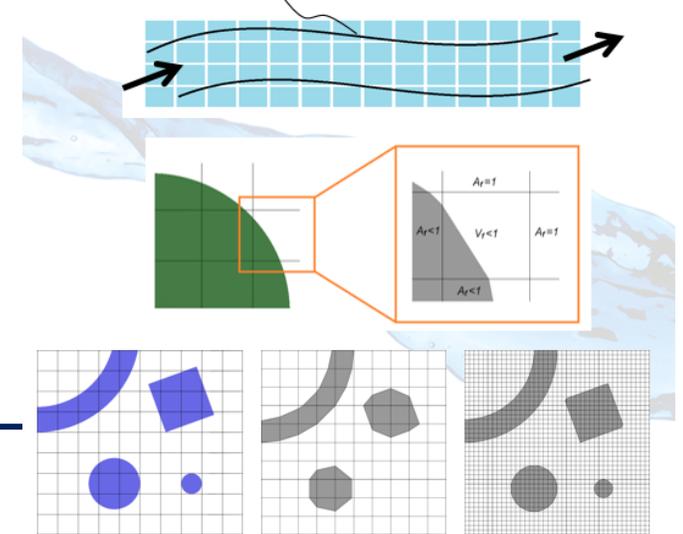
EFFETTI DELLA GEOMETRIA (FAVOR™: Fractional Area/Volume Obstacle Representation)

Il volume di controllo è definito come blocchi rettangolari con facce.

La geometria è approssimata come un piano in ogni cella calcolando sei frazioni di area e la frazione di volume

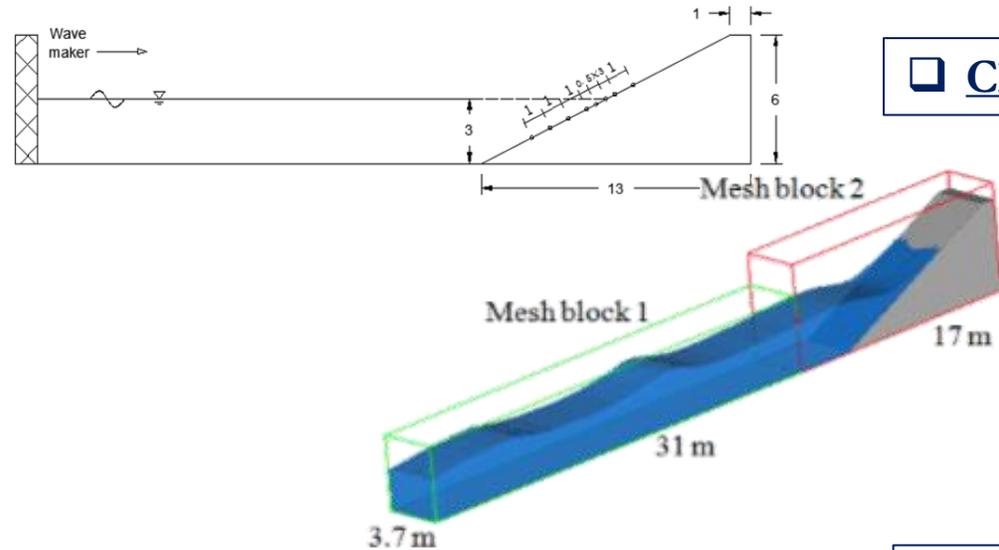
La risoluzione della mesh può influenzare la rappresentazione della geometria

Control volume representation in FLOW-3D

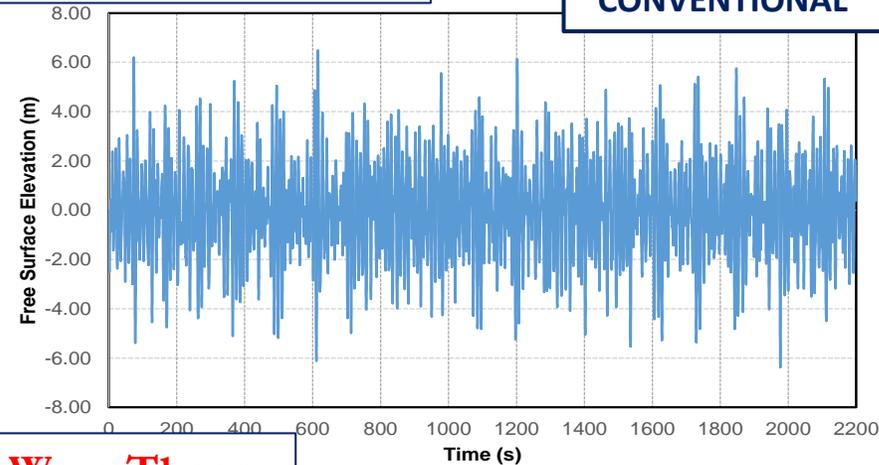


- **FAVOR™**: un metodo molto potente per incorporare gli effetti di geometria nelle equazioni di governo, ma, come tutti i metodi discreti, è influenzato dalla risoluzione della griglia computazionale.

GENERAZIONE ONDOSA



Classical wave generation

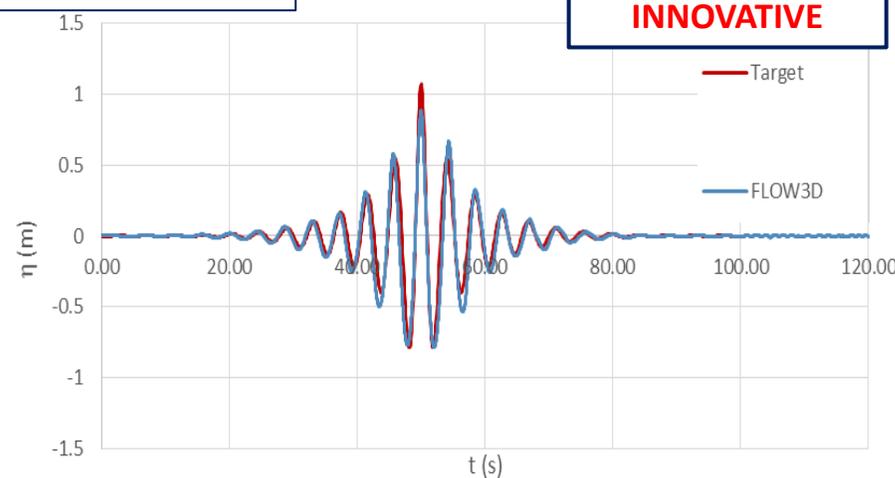


Svantaggi:

- Lungo tempo di simulazione
- Tempo di calcolo elevato
- Instabilità del segnale

TEORIA DEL FOCUSING

New Wave Theory



Vantaggi:

- Tempo di calcolo limitato
- Valore d'onda estremo
- Punto di messa a fuoco preselezionato
- Possibilità di definire la stabilità

Il concetto della formulazione “NewWave” è di generare le onde estreme da uno spettro di frequenza specificato sovrapponendo molte onde relativamente piccole per formare un’onda estrema.

La scelta dello spettro è importante perché lo spettro di ampiezza del gruppo di onde compatte è abbinato allo spettro di energia per il mare casuale da cui il pacchetto di onde estreme è derivato.

PARAMETRI IDRAULICI DI RIFERIMENTO PER LA **VERIFICA E LA PROGETTAZIONE**

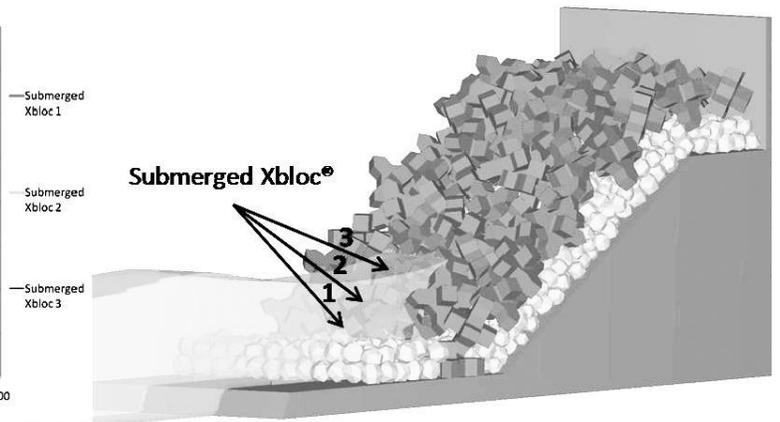
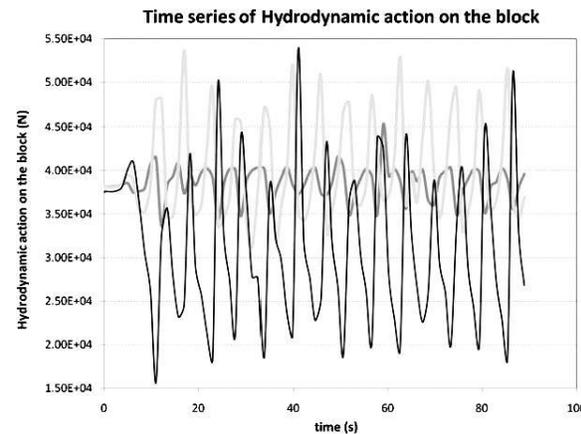
PARAMETRI IDRODINAMICI

- **Coefficiente di riflessione K_r**
- **Run up:** l'elevazione verticale rispetto al livello del mare in quiete durante la risalita
- **Overtopping:** Portata di sormonto di una struttura marittima

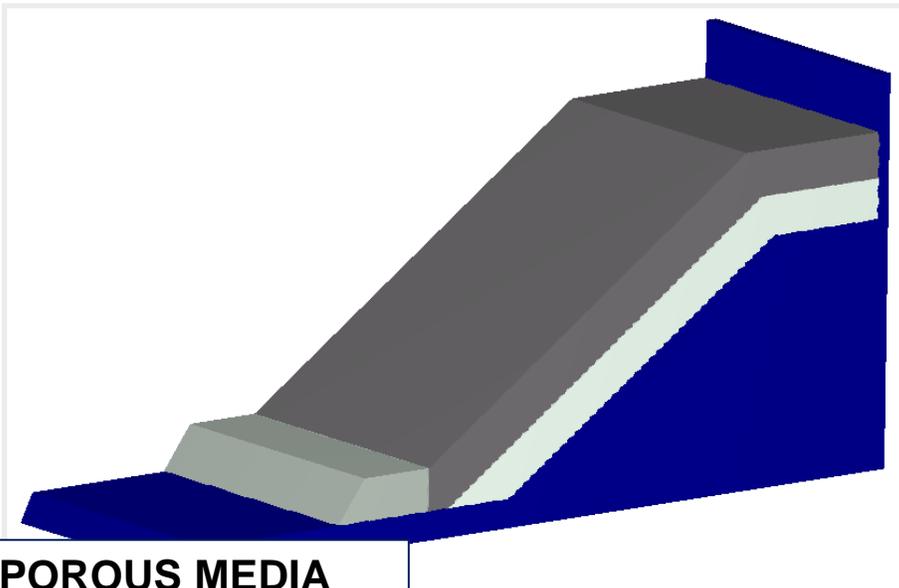


STABILITÀ DELLA STRUTTURA

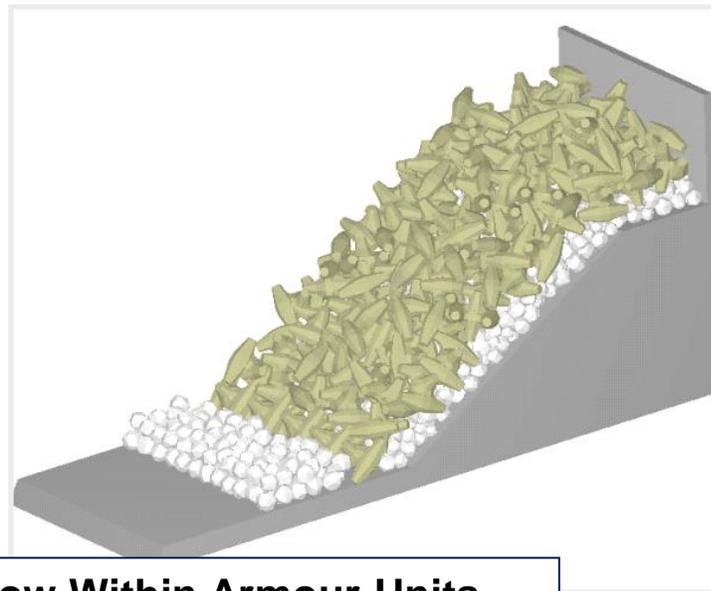
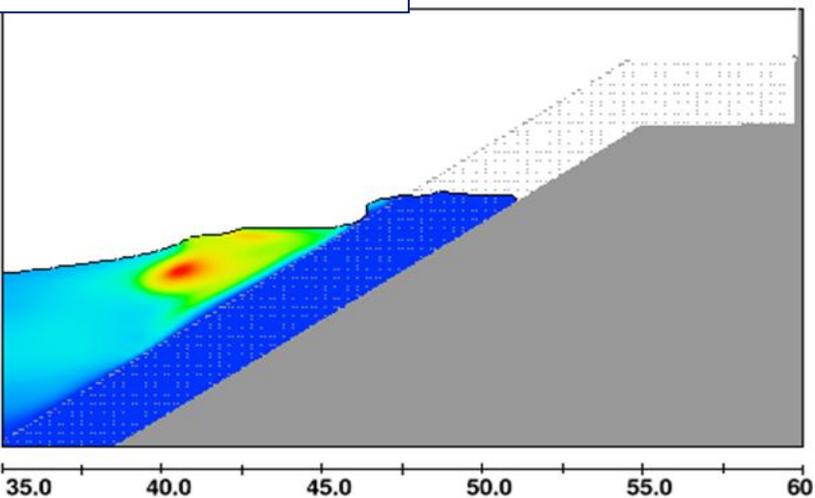
- **Forze idrodinamiche**
- **Forze di incastro e di attrito**



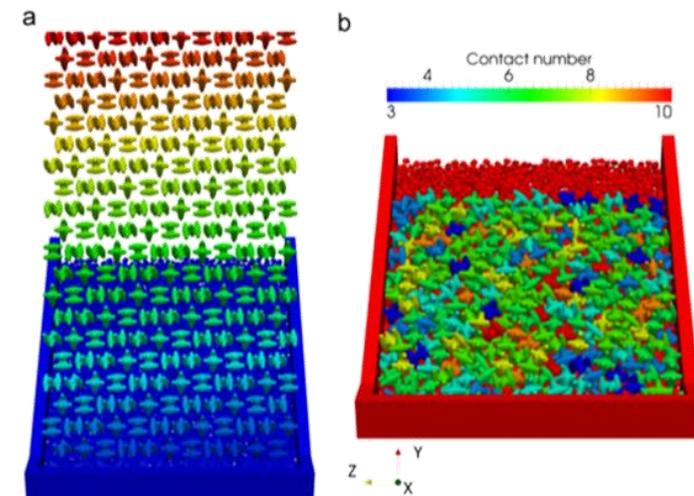
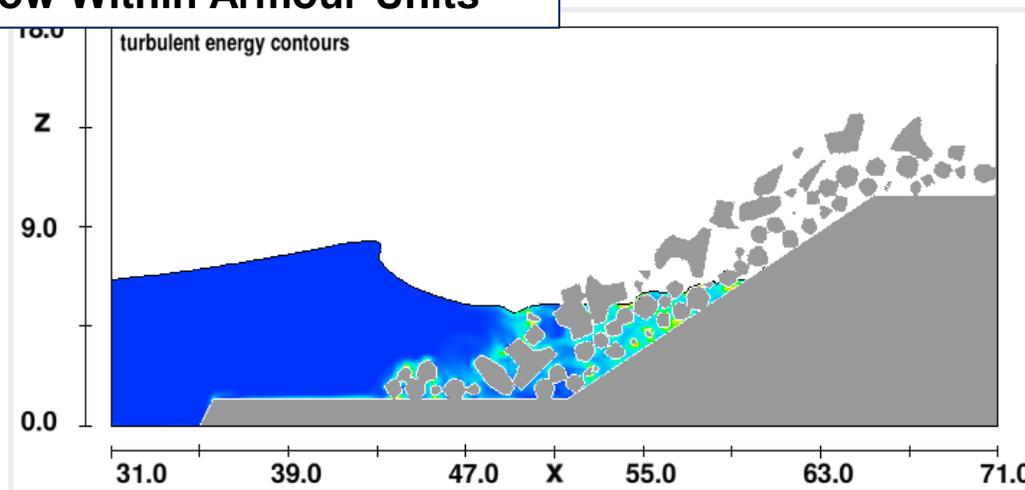
OPERE A GETTATA



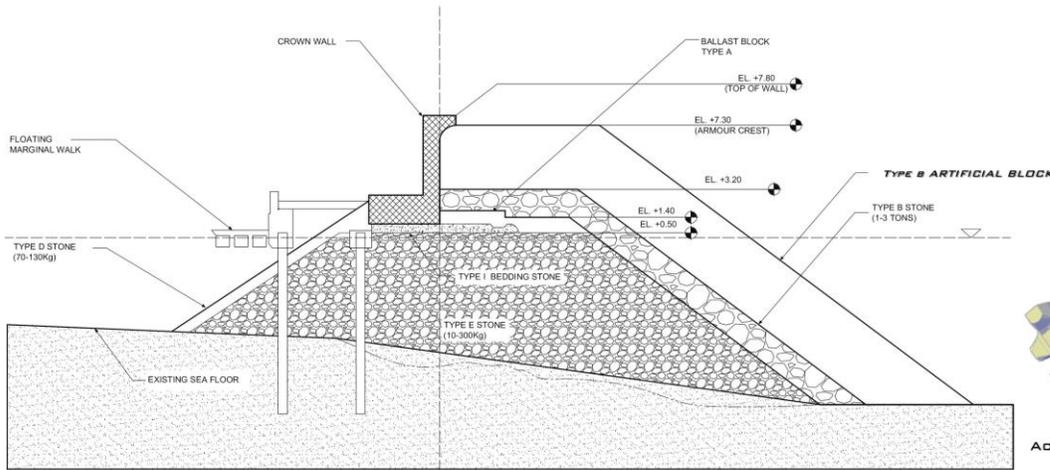
POROUS MEDIA



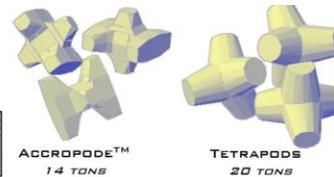
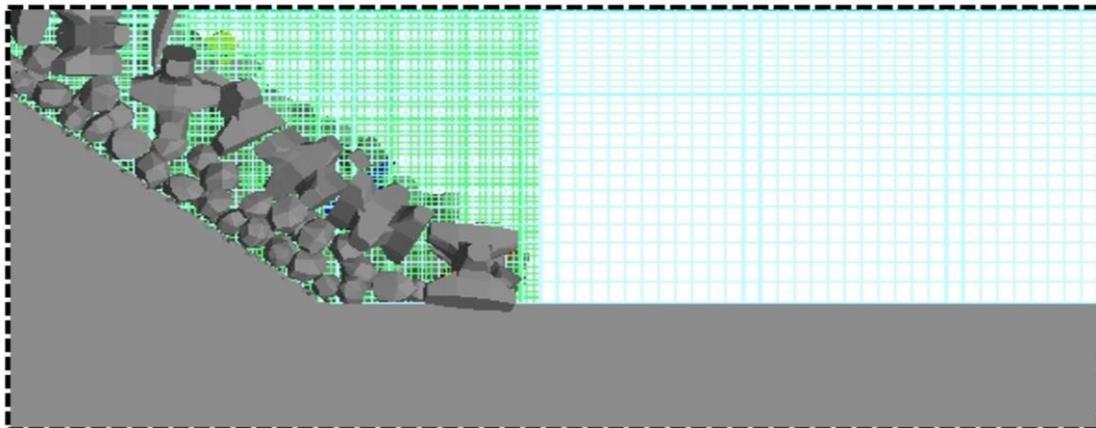
Flow Within Armour Units



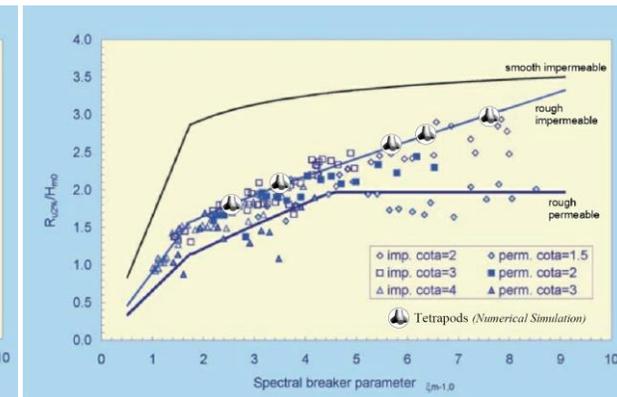
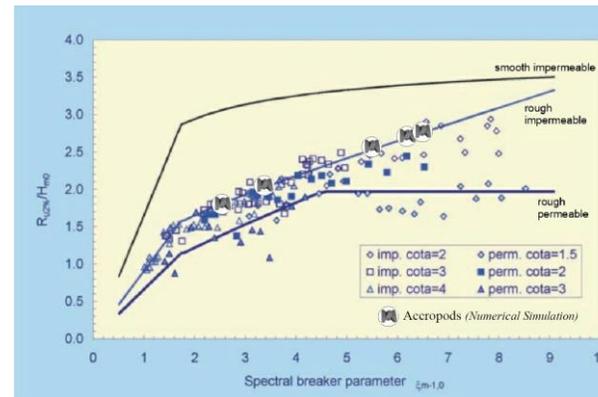
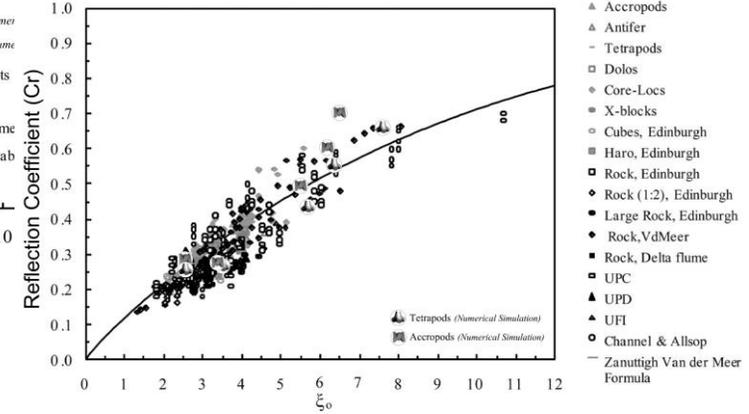
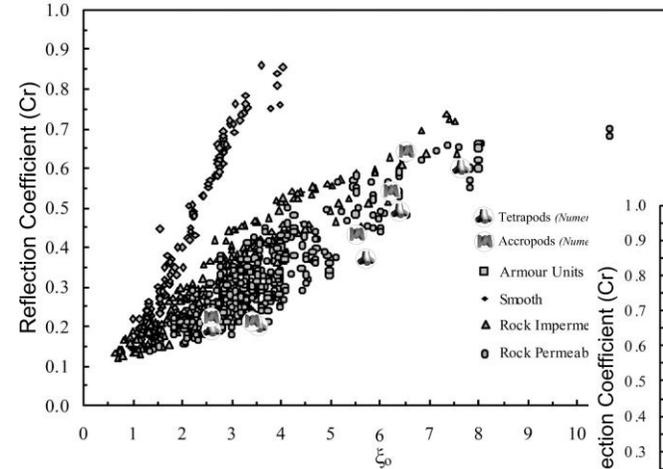
OPERE A GETTATA



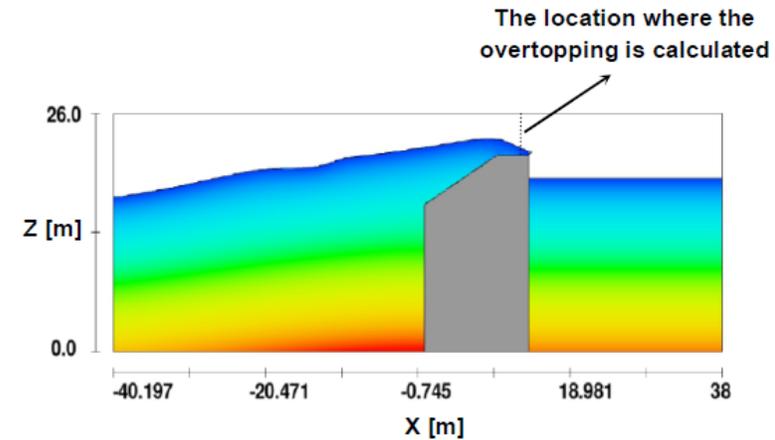
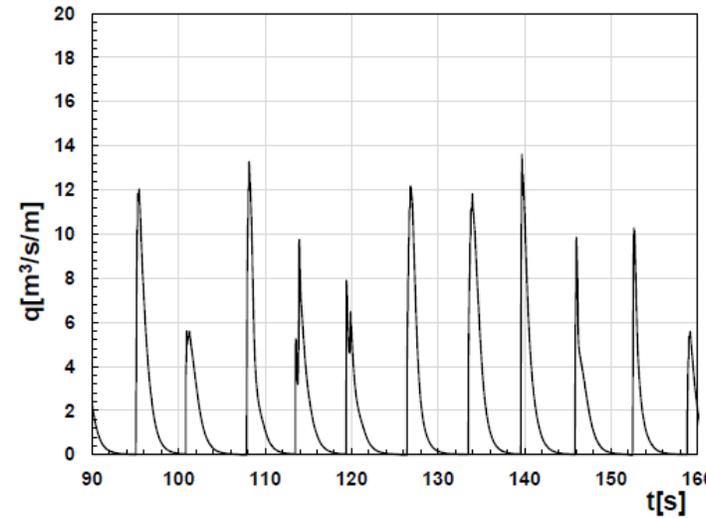
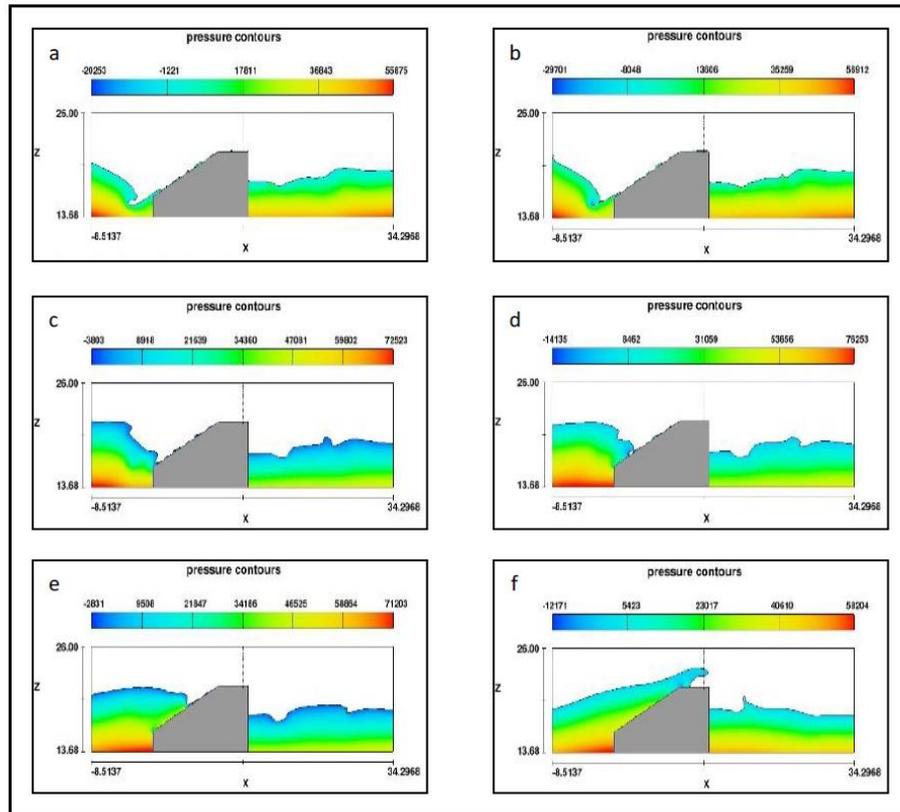
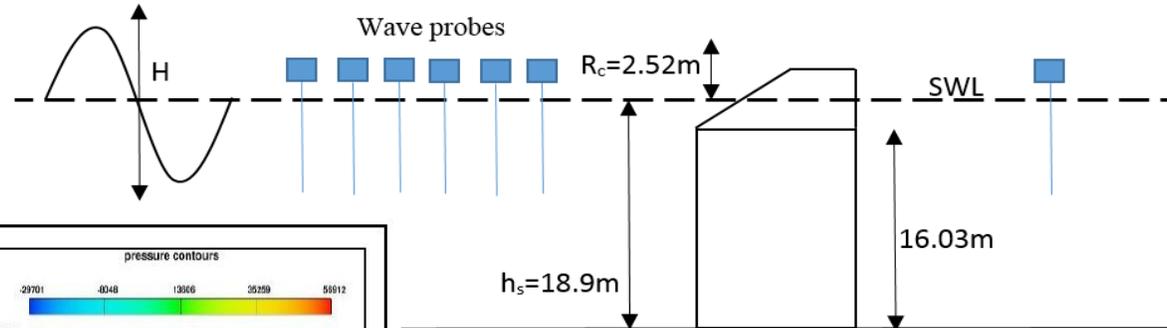
(a)



(b)

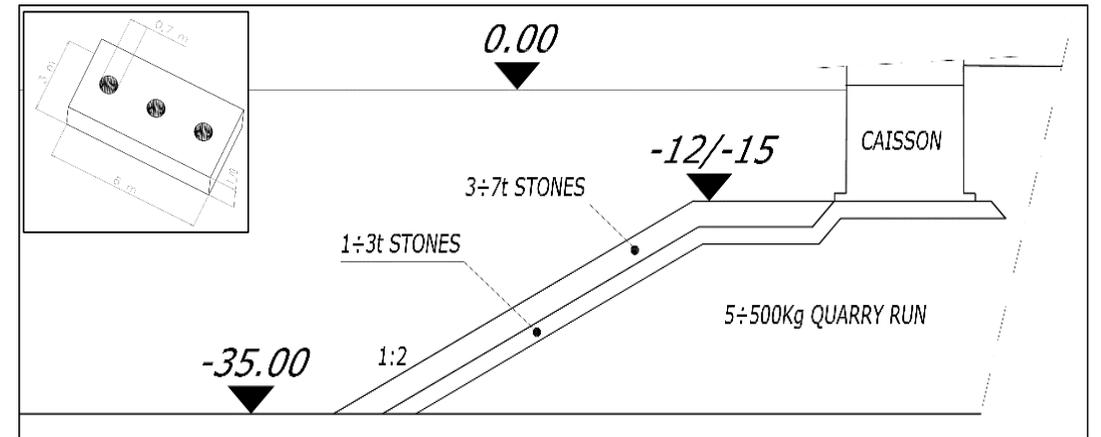
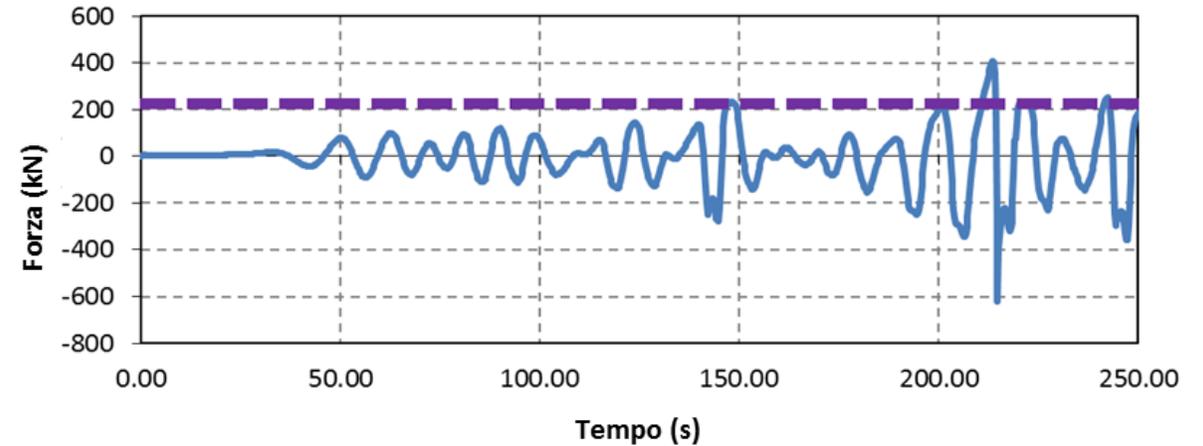
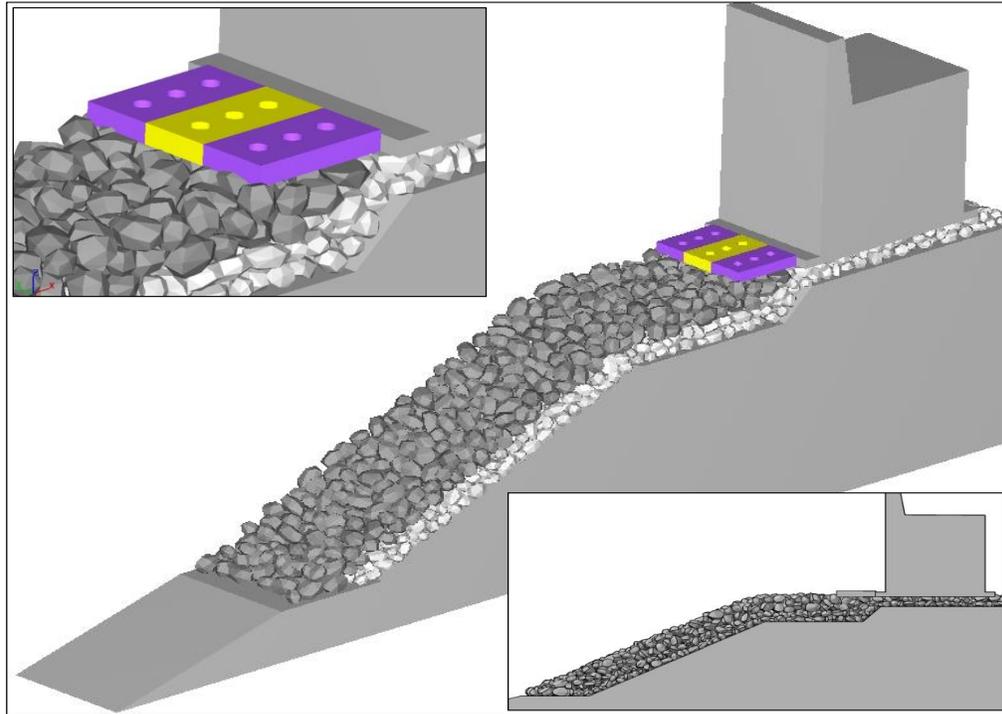


OPERE A CASSONE



L'uso di tecniche CFD consente di studiare abbastanza facilmente le azioni idrodinamiche su strutture impermeabili e massicce quali cassoni di protezione dei porti, tenendo anche conto dei fenomeni di interazione tra le onde ed il fondo, e l'eventuale frangimento davanti all'opera

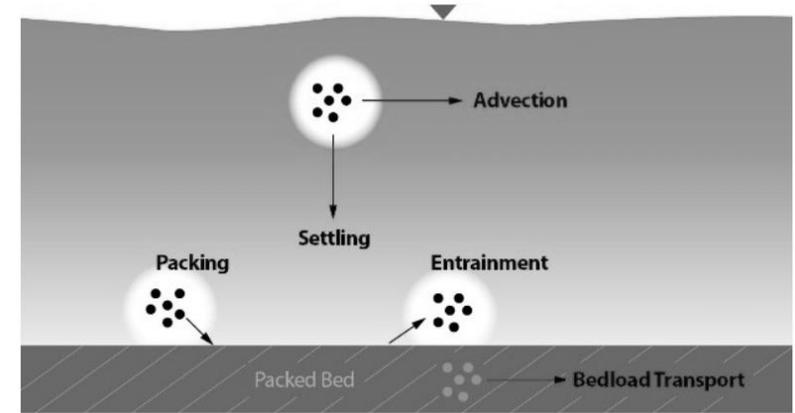
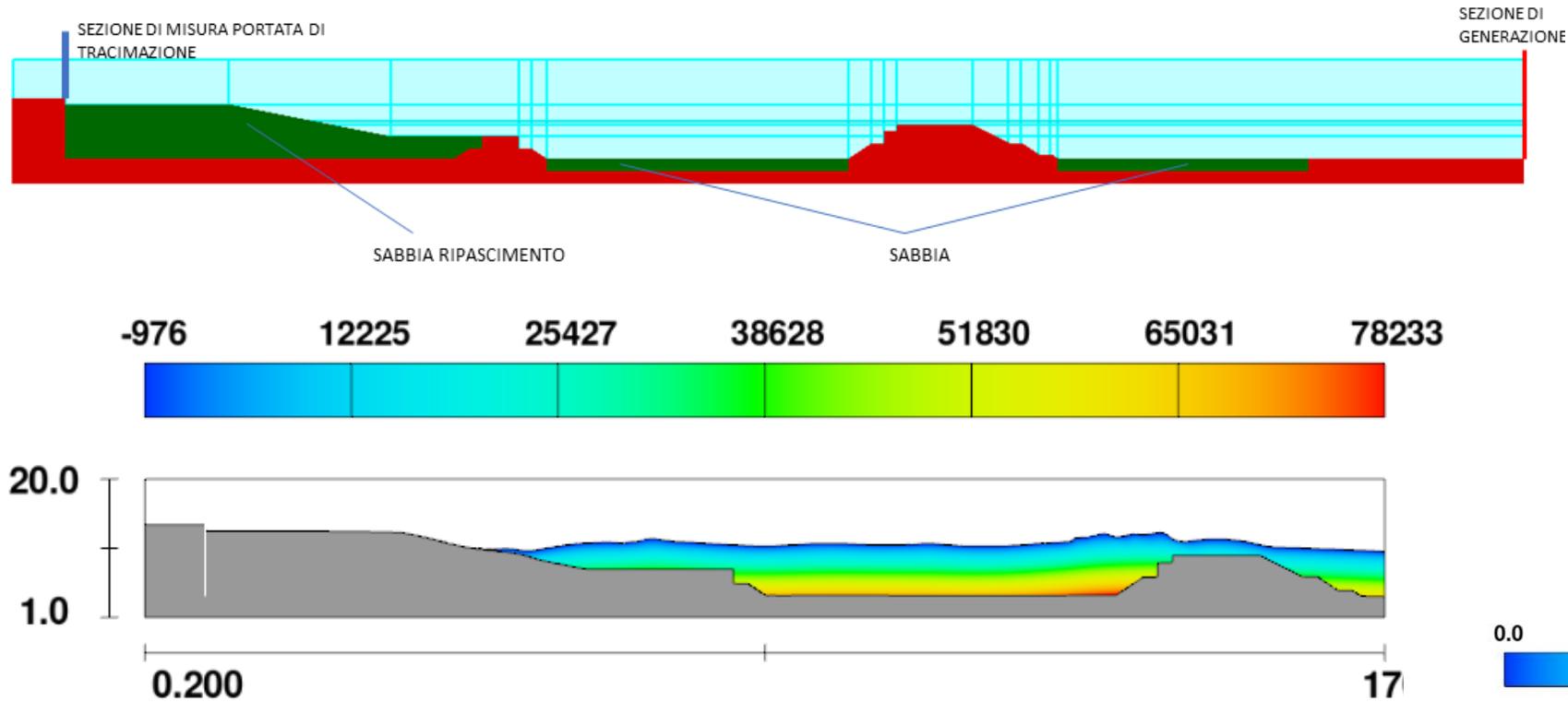
AZIONE SUI BLOCCHI



Azioni idrodinamiche su blocchi di calcestruzzo al piede di una diga marittima

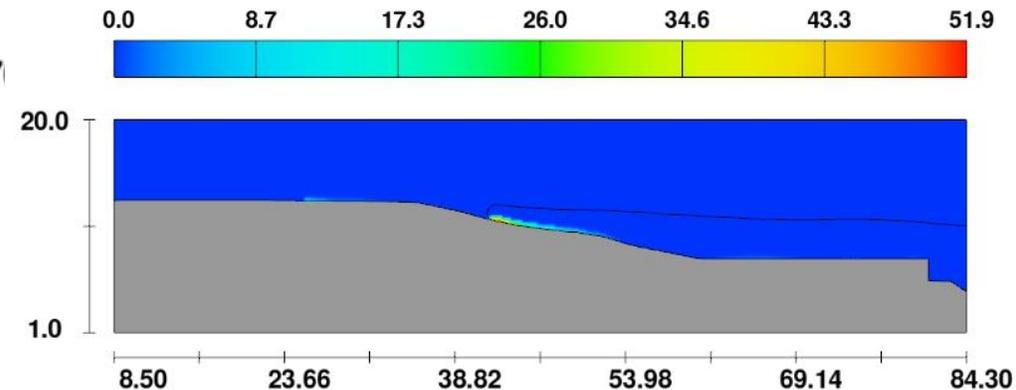
Lavoro svolto in collaborazione tra il Laboratorio di Idraulica Ambientale e Marittima (LIAM) dell'Università dell'Aquila (Di Risio et al., 2007), che ha eseguito le prove di laboratorio, mentre le prove numeriche sono state svolte presso il MEDUS.

AZIONI SU FONDO MOBILE



Questi processi includono
**il trasporto di fondo,
il trascinamento e la deposizione**

shear stress (Pa)



Trasporto di fondo di Meyer-Peter Müller (1948), Nielsen (1992) or Van Rijn (1984). La velocità dei grani nel trasporto in sopsensione Winterwerp et al. (1992). Velocità di deposizione è calcolata con Soulsby (1997)

CONCLUSIONI

VALORI ESTREMI D'ONDA

RIDURRE INCERTEZZE E ERRORI PER LA STIMA DEL LEGAME $H_S - T_R$

CALCOLO E PROGETTAZIONE DELLE OPERE MEDIANTE MODELLAZIONE NUMERICA

VALIDO STRUMENTO DI ANALISI

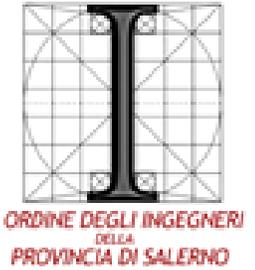
Applicabilità sia nel campo professionale che di ricerca

VALIDA ALTERNATIVA ALLA MODELLAZIONE FISICA

La modellazione numerica risulta un innovativo e potente strumento di supporto al progettista, in particolare in fase di **progettazione** preliminare, sia in fase di **verifica** delle opere esistenti

CONFRONTO TRA LE SOLUZIONI DI INTERVENTO POSSIBILI

Costo sostenuto e facilità di implementazione del modello



“TEMPESTE ESTREME”

Aspetti Tecnici, gestionali ed assicurativi

Webinar su piattaforma Zoom nel quadro di NSW 2020 <https://www.nswweek.com/>
Mercoledì 30 settembre 2020 - Ore 14:00

“ Grazie per l’ Attenzione ”

PROF. ING. EUGENIO PUGLIESE CARRATELLI
epc@unisa.it

ING. FERDINANDO REALE
freale@unisa.it

PROF. ING. FABIO DENTALE
fdentale@unisa.it

ING. ANGELA DI LEO
andileo@unisa.it

