COMUNE DI SESTRI LEVANTE

PROVINCIA DI GENOVA

INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO, IDROGEOLOGICO E DI AUMENTO DEL LIVELLO DI RESILIENZA DELLA BAIA DELLE FAVOLE E DELL'APPRODO DI SESTRI LEVANTE MEDIANTE DRAGAGGIO

CUP E17C20000020001

PROGETTO DEFINITIVO

Oggetto: DOCUMENTAZINE PROGETTUALE

Argomento: RELAZIONE MODELLISTICA COSTIERA

REDATTO NEL MESE DI GENNAIO 2022 DA:

- Ing. Guido FERRI
- Collaboratore Ing. Delfino Christian

- Geoscape (spin off università di Genova)
  modellistica e studio sedimentologico

R.U.P.
Ing. Annalisa Fresia

Geoscape Società Cooperativa
SpinOff dell'Università di Genova
Sede legale Via Varese 2 – CAP 16122 (Ge)
Sede operativa Corso Europa 26 – CAP 16132 (Ge)
Pec: geoscape@pec.geoscape.it
Mail: info@geoscape.it
P.IVA: 02594600997

Servizio specialistico propedeutico correlate alla redazione del progetto degli INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO, IDROGEOLOGICO E DI AUMENTO DEL LIVELLO DI RESILIENZA DELLA BAIA DELLE FAVOLE E DELL'APPRODO DI SESTRI LEVANTE MEDIANTE DRAGAGGIO - CUP E17C20000020001

Relazione Modellistica costiera

Sommario

1.Premessa 2
2.Generalità sulla modellistica costiera applicata 2
3.Propagazione moto ondoso 3
4.Morfodinamica e correnti superficiali 6
5.BIBLIOGRAFIA 17

1.Premessa

Il Comune di Sestri Levante ha dato incarico al RTP (***Raggruppamento temporaneo di Professionisti - Dott. Luigi Mucerino, Prof. Marco Ferrari, Dott. Luca Carpi, Dott. Ing. Guido Ferri & Dott. Ing. Christian Delfino***) di fornire il servizio specialistico di progettazione definitiva degli interventi di mitigazione del rischio idraulico, idrogeologico e di aumento del livello di resilienza della baia delle favole e dell'approdo di Sestri Levante mediante dragaggio.

Il presente documento presenta i risultati dello studio modellistico nel tratto di litorale situato tra le Rocche di Sant'Anna a Nord e la struttura portuale di Sestri Levante a Sud.

Lo scopo dell'indagine è quello di definire le caratteristiche idrodinamiche e morfodinamiche della baia.

2.Generalità sulla modellistica costiera applicata

La modellistica costiera rappresenta uno strumento innovativo nel campo del coastal management, e di notevole supporto per gli interventi di risistemazione costiera. In questo studio è stato utilizzato il modello XBeach (eXtreme Beach), un modello numerico 2DH open-source per la simulazione dell'idro-morfodinamica costiera, distribuito da Deltares (www.deltares.nl), ed ampiamente apprezzato dalla comunità tecno-scientifica internazionale (Roelvink et al., 2009; Bolle et al., 2011). Inoltre, diverse applicazioni di XBeach lungo le coste liguri, anche in aree non lontane dall'area oggetto di questo studio,

sono riportate in letteratura scientifica internazionale (Mucerino et al. 2019; Carpi et al. 2020; Mucerino et al. 2021; Carpi et al. 2021). Dal punto di vista tecnico, il modello risolve coppie di equazioni sul piano orizzontale, relative a propagazione delle onde, correnti, trasporto sedimentario, variazioni del fondale, variazioni spettrali delle onde e correnti al contorno (Roelvink et al., 2015). Per quanto riguarda la simulazione dei processi idrodinamici, XBeach possiede tre differenti opzioni: i) Stationary wave model: utile, ad esempio, per simulare i processi morfodinamici in condizioni di relativa bassa energia; ii) Surfbeat mode: indicato quando l'attenzione è portata sui fenomeni idro-morfodinamici nearshore (es. correnti costiere, zona di swash); iii) Non-hydrostatic mode: particolarmente indicato nel caso di spiagge caratterizzate da un'accentuata acclività, come ad esempio le spiagge ghiaiose. Questa breve introduzione al modello è da intendersi solo come una rapida introduzione allo strumento impiegato, per ulteriori informazioni tecniche e/o approfondimenti, si rimanda alla consultazione del manuale tecnico stilato da Roelvink et al. (2015).

Per quanto concerne l'implementazione di XBeach lungo il litorale della Baia delle Favole, è stata creata una griglia di calcolo di dimensione 2130 × 2010 m, con una maglia di risoluzione 5 x10 m. L'ampiezza del dominio di computazionale permette di simulare le dinamiche costiere tenendo debitamente in considerazione le dinamiche al contorno, consentendo di simulare fedelmente la propagazione del moto ondoso. Inoltre, l'elevata risoluzione della griglia di calcolo permette un buon dettaglio in riferimento ai processi idro-morfodinamici. La griglia è stata dunque interpolata sul DEM (Digital Elevation Model) dell'area in esame, debitamente costruito sulla base del progetto di mitigazione del rischio idraulico per l'area in esame.

3.Propagazione moto ondoso

Il litorale della Baia delle Favole, per via della sua orientazione geografica, risulta in generale esposto alle mareggiate provenienti dai quadranti meridionali. Gli eventi meteomarini di Scirocco (SE) e Libeccio (SO) sono quelli tipicamente caratteristici del Mar Ligure e, tra le due direttrici, quella di Libeccio rappresenta storicamente quella di provenienze degli eventi più estremi. Osservando l'orientazione della costa e la morfologia costiera stessa, si intuisce come il litorale in esame sia particolarmente esposto ai mari di Libeccio, poiché la presenza della punta di Sestri e dello stesso molo foraneo del porto, garantiscono una

buona protezione dagli eventi di Mezzogiorno (S) e Scirocco. Al fine di valutare e confermare questi aspetti, sono stati eseguite simulazioni modellistiche relative alle ondazioni ondose principali riportate nel Piano di Tutela dell'Ambiente Marino e Costiero della Regione Liguria (PTAMC), ovvero SW e SSE.

1- Propagazione del moto ondoso con direzione di provenienza S0.

In Figura 1 si riporta la propagazione del moto ondoso ottenuta simulando un evento meteomarino con direttrice di provenienza SO e onda con tempo di ritorno decennale (source: PTAMC). Si evidenzia come le celle più a ovest, verso Sant'Anna, risultino più esposte, mentre proseguendo in direzione del porto si registra una graduale attenuazione dei marosi, dovuta all'effetto della presenza della struttura portuale. Appare evidente la diffrazione del moto ondoso in concomitanza del molo foraneo. Anche osservando la regolarità dei fronti d'onda, al netto del ridosso offerto dalla struttura portuale, risulta evidente l'esposizione del litorale della Baia delle Favole ai marosi provenienti da SO.

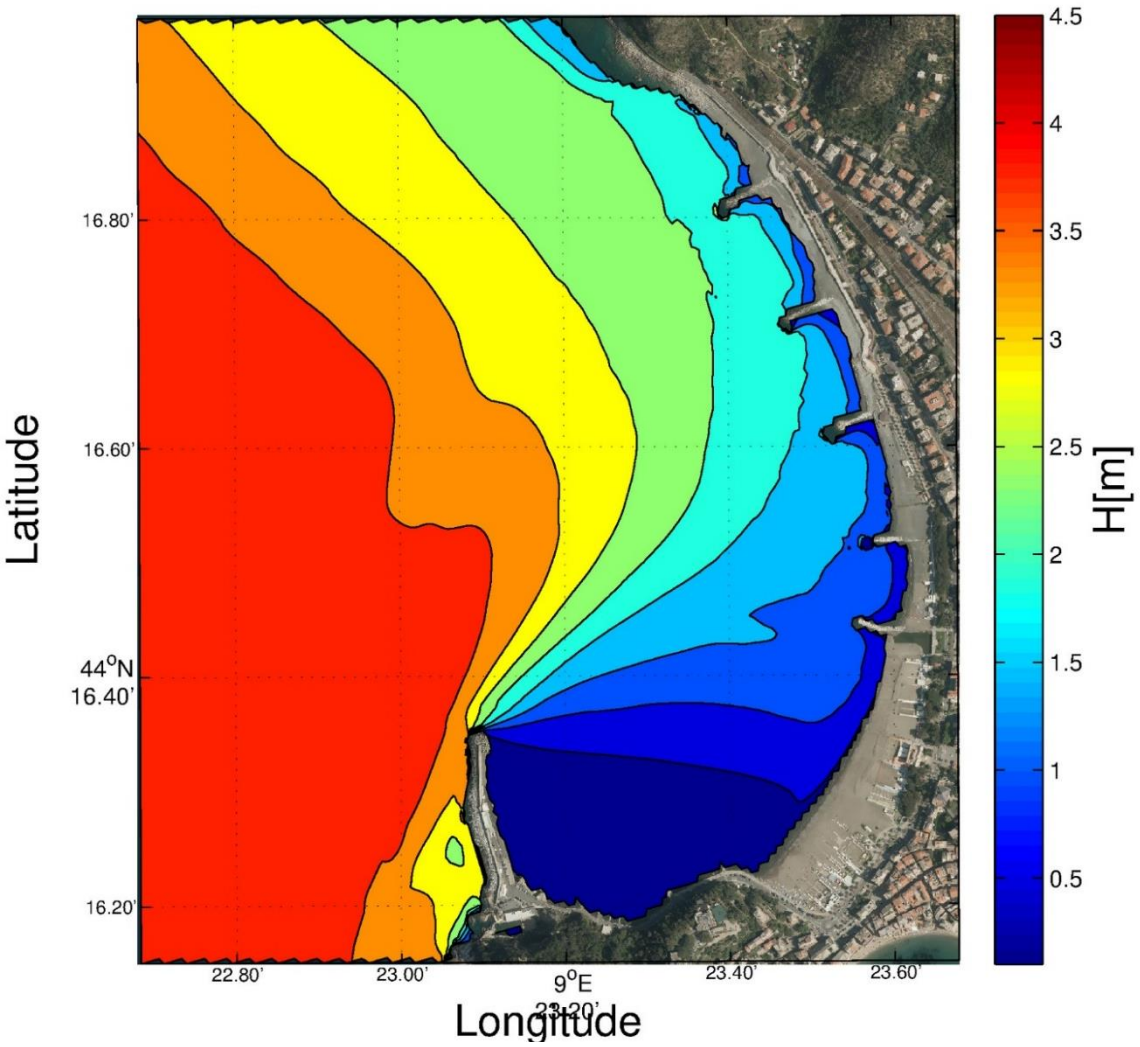


Figura 1. Propagazione del moto ondoso con direzione di provenienza SO e tempo di ritorno decennale.

2- Propagazione del moto ondoso con direzione di provenienza SSE.

In Figura 2 si riporta la propagazione del moto ondoso ottenuta simulando un evento meteomarino con direttrice di provenienza SSE e onda con tempo di ritorno decennale (source: PTAMC). Risultano da subito evidenti le differenze in termini di propagazione. Il moto ondoso interagisce marcatamente, oltre che con la struttura portuale, con la punta di Sestri. Questo porta ad osservare un effetto ridosso più marcato, che si estende in maniera maggiore in direzione di Sant'Anna. La differente interazione tra onde incidenti e costa è evidente anche osservando i fronti d'onda, che appaiono maggiormente irregolari. I risultati confermano dunque come, a differenza di quanto osservato in relazione ad un evento meteomarino proveniente da SO, il litorale della Baia delle Favole risulti discretamente protetto dai marosi provenienti da SSE.

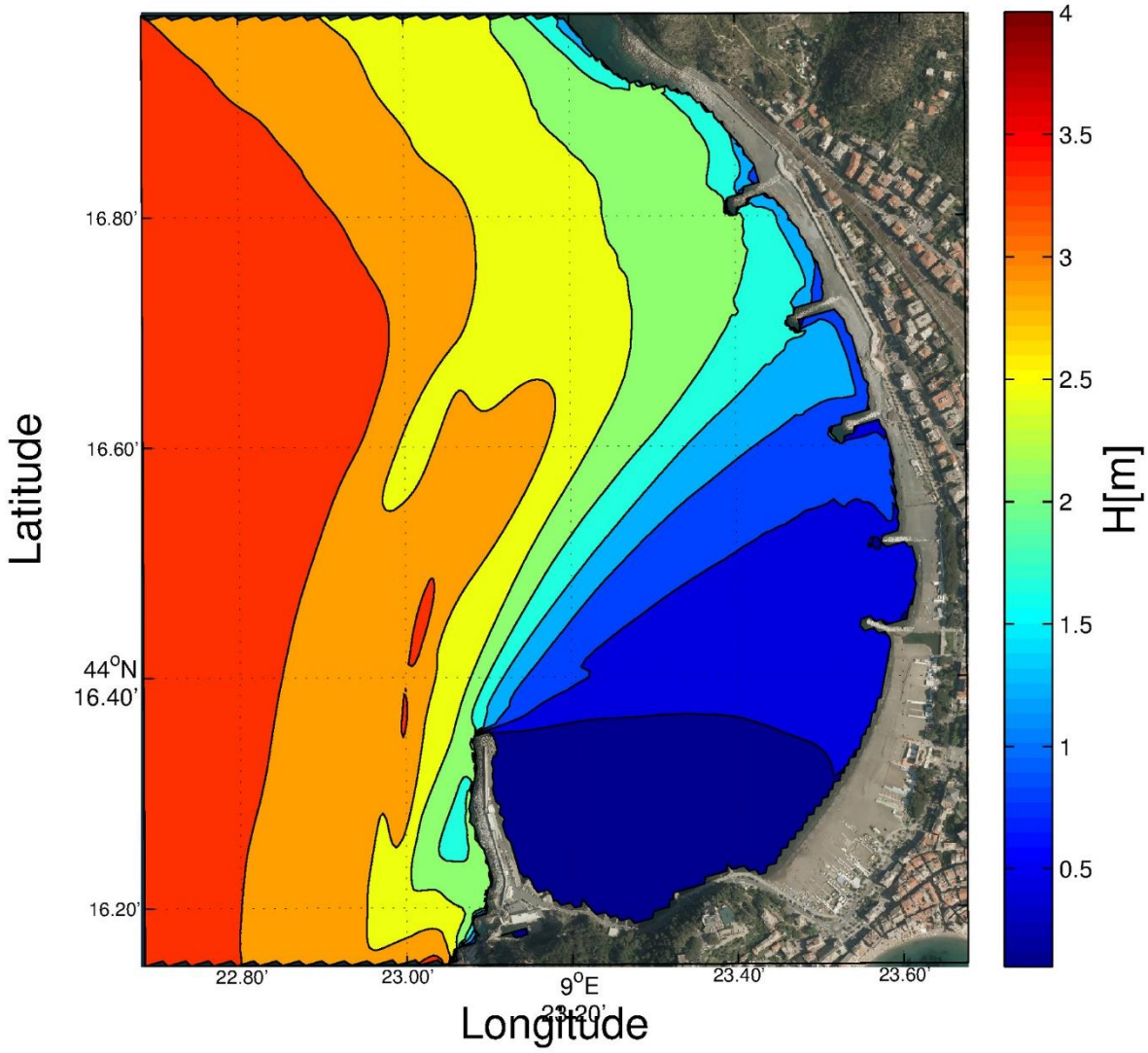


Figura 2. Propagazione del moto ondoso con direzione di provenienza SSE e tempo di ritorno decennale.

4.Morfodinamica e correnti superficiali

Vediamo ora i risultati inerenti alla simulazione dell'idro-morfodinamica locale nel caso di moto ondoso proveniente da SO e SSE, ovvero le principali direttrici alle quale risulta esposto il litorale in esame.

4.1 Processi idro-morfodinamici in risposta a moto ondoso con provenienza SO.

In Figura 3 si mostra una visione d'insieme dello sviluppo delle correnti superficiali lungo l'intero tratto di litorale oggetto di studio. Si nota chiaramente come le correnti litoranee si sviluppino principalmente

verso sud, in direzione dell'area portuale. In corrispondenza della struttura portuale, per via dell'effetto del molo foraneo, si evidenzia una chiara deviazione dei vettori corrente verso nord, che porta alla genesi di una sorta di vortice antistante la testata le molo foraneo stesso. La linearità delle correnti longshore risulta "disturbata" in prospicienza dei pennelli, dettaglio che evidenzia una non trascurabile complessità delle dinamiche locali. Questo aspetto viene approfondito dai risultati mostrati nelle Figure da 4 a 9, dove vengono mostrati in maggior dettaglio i risultati ottenuti dalla simulazione dei processi idro-morfodinamici. Per chiarezza di esposizione il litorale è stato suddiviso in celle, numerate da 1 a 6 a partire dal lato Sant'Anna e procedendo in direzione dell'area portuale.

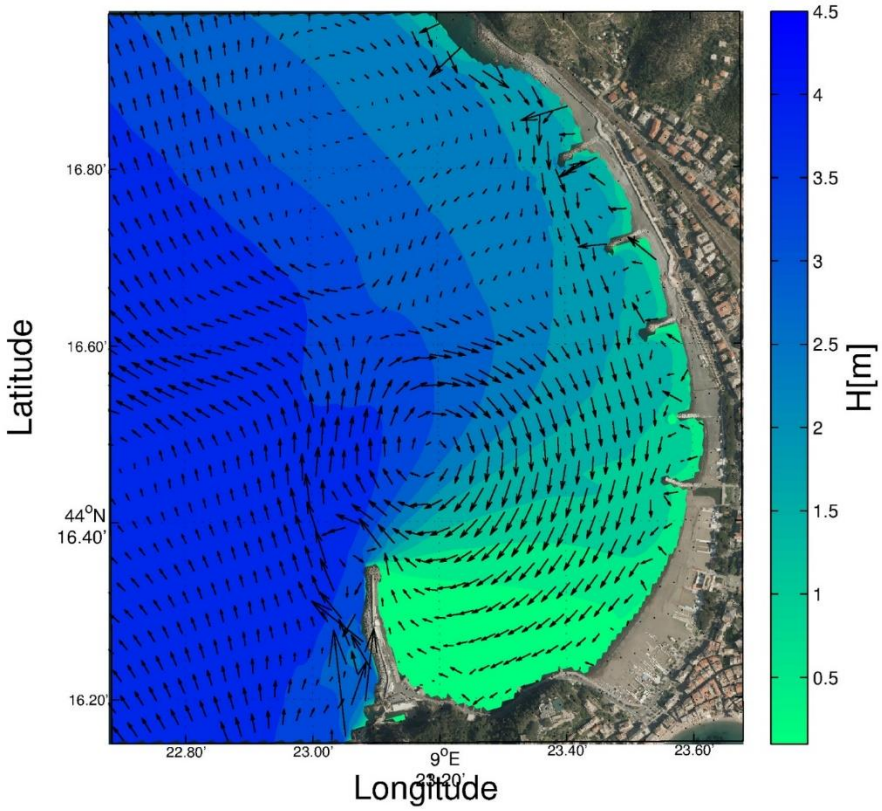


Figura 3. Sviluppo delle correnti superficiali in risposta ad un moto ondoso proveniente da SO.

In Figura 4, 5 e 6 si mostrano in dettaglio, divisi per celle, i risultati delle simulazioni dei processi idro-morfodinamici nel caso di un moto ondoso proveniente da SO con tempo di ritorno annuale (source:PTAMC).

In Figura 4 si evidenzia come, nelle celle 1 e 2, i vettori di corrente siano principalmente disposti in direzione cross-shore. Nella cella 1 è evidente il ruolo giocato dal pennello che, offrendo un ostacolo rigido al flusso, lo devia e porta alla genesi di un flusso cross-shore (rip current). Anche nella cella 2 si nota una dinamica simile, con la presenza di un flusso cross-shore più intenso a ridosso del pennello tra le due celle. In termini di morfodinamica, il risultato è visibile osservando le aree di sedimentazione ed erosione. Si nota come, nella cella 1, i processi di accumulo siano tendenzialmente orientati verso sud, in direzione della testata del pennello. Viceversa, nella cella 2, è evidente come i processi di trasporto e accumulo sedimentario siano orientati verso nord, sempre in direzione della testata del pennello che divide le due celle. La dinamica sedimentaria della cella 2 mostra nel dettaglio quanto già anticipato in precedenza illustrando i risultati di Figura 3. Le dinamiche sedimentarie in questa cella non seguono il generalizzato flusso verso sud caratteristico della baia (Figura 3), ed evidenziano un elevato grado di complessità.

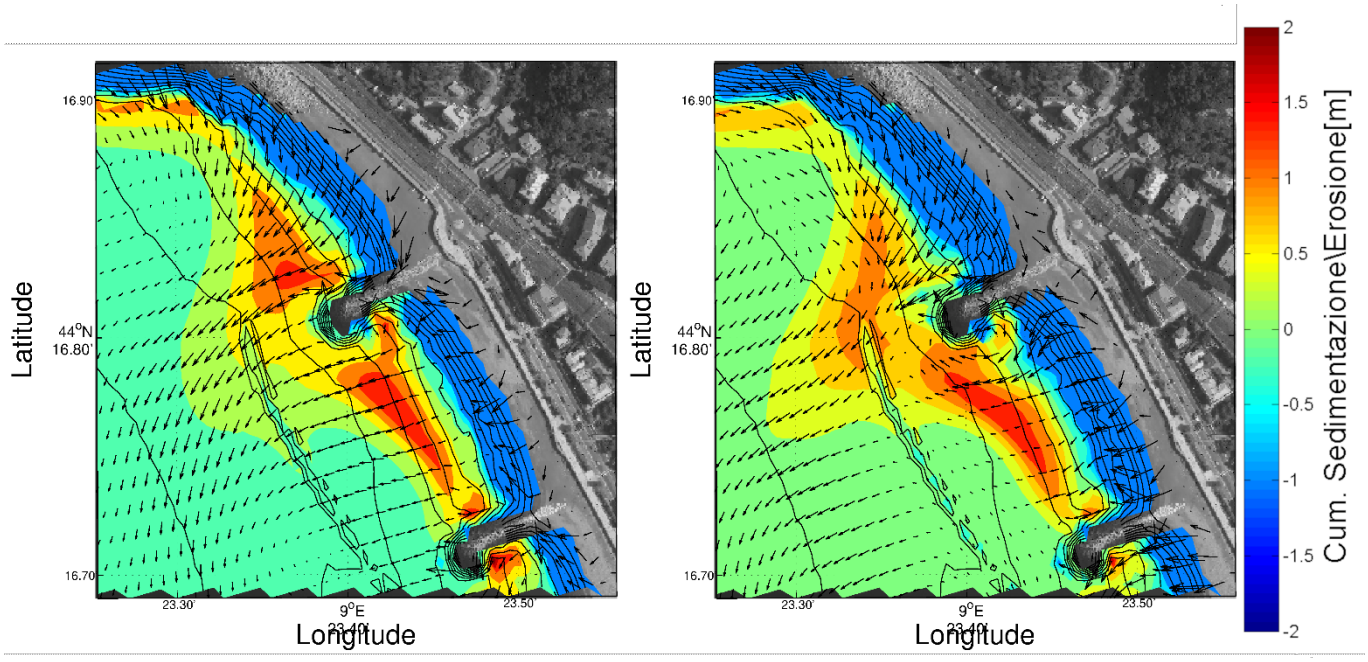


Figura 4. Idro-morfodinamica nelle celle 1 e 2 associata a moto ondoso con direzione SO e tempo di ritorno annuale; Sx 3.5 ore di simulazione e Dx 7 ore di simulazione.

In Figura 5 vengono mostrati i risultati attinenti alle celle 3 e 4. Anche in questo caso, per via dell'influenza dei pennelli, si evidenzia come i vettori delle correnti siano disposti principalmente in direzione cross-shore. In termini di processi di sedimentazione ed erosione si osserva invece qualche differenza. Le aree

di accumulo sono tendenzialmente disposte, in maniera relativamente uniforme, parallelamente alla linea di riva. Nella cella 3 si nota una piuttosto chiara dinamica cellulare; nella cella 4 l'accumulo è tendenzialmente concentrato nella porzione meridionale della cella stessa. Tuttavia, non si osserva una marcata orientazione verso nord o sud come osservato per le celle 1 e 2.

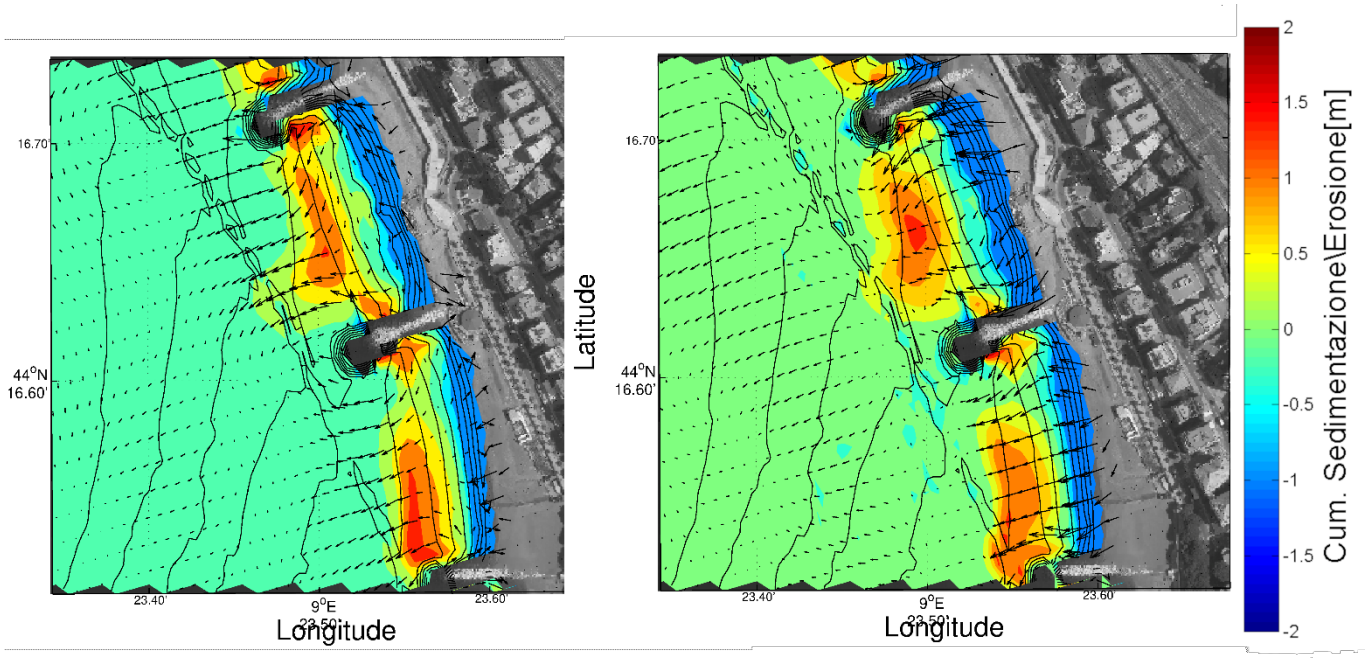


Figura 5. Idro-morfodinamica nelle celle 3 e 4 associata a moto ondoso con direzione SO e tempo di ritorno annuale; Sx 3.5 ore di simulazione e Dx 7 ore di simulazione.

In Figura 6 si riportano i risultati ottenuti per le celle 5 e 6, le ultime due procedendo in direzione del porto. Nella cella 5 si evidenzia ancora un'orientazione cross-shore dei flussi di corrente. Osservando le aree di sedimentazione ed erosione, queste confermano una dinamica cross-shore, difatti si evidenzia un accumulo sedimentario disposto parallelo alla costa e per l'intera estensione della cella stessa. Una situazione differente la si osserva lungo la cella 6, l'ultima prima dell'area portuale. In questo caso non manca una componente di trasporto longshore verso sud. Questo aspetto lo si può notare osservando l'orientazione dei vettori. Questo è presumibilmente all'estensione maggiore di questa cella, la quale non permette lo sviluppo di una dinamica cellulare. Questo si riflette evidentemente sulla morfodinamica; la sedimentazione risulta essere disposta parallelamente alla costa per l'intera estensione della cella, senza mostrare particolari anomalie.

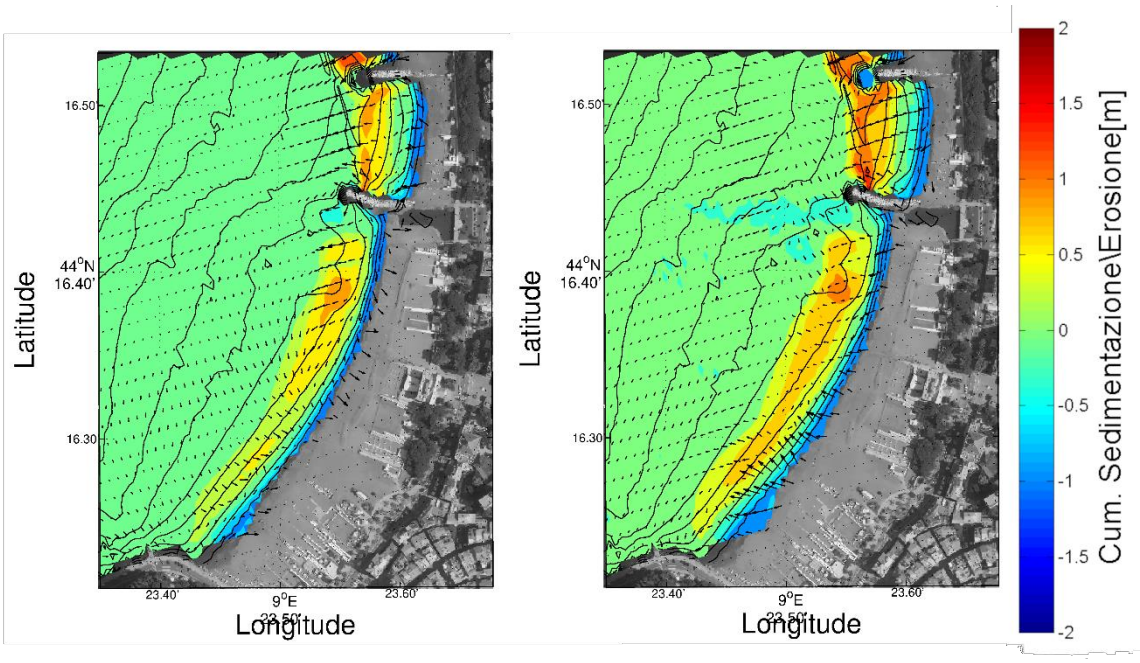


Figura 6. Idro-morfodinamica nelle celle 5 e 6 associata a moto ondoso con direzione SO e tempo di ritorno annuale; Sx 3.5 ore di simulazione e Dx 7 ore di simulazione.

In Figura 7, 8 e 9 si mostrano in dettaglio, divisi per celle, i risultati delle simulazioni dei processi idro-morfodinamici nel caso di un moto ondoso proveniente da SO, ma con tempo di ritorno decennale (source: PTAMC).

Osservando i risultati è chiaro come, al di là delle ovvie differenze in termini di intensità dei fenomeni, non si notano differenze importanti in termini di direzioni del trasporto e ubicazione delle aree di sedimentazione ed erosione. Questo aspetto indica come, in risposta ad eventi di mareggiata con direzione di provenienza SO, la risposta del litorale della Baia delle Favole sia marcatamente condizionata, non solo dalla naturale geomorfologia, ma anche dalla presenza delle strutture di difesa.

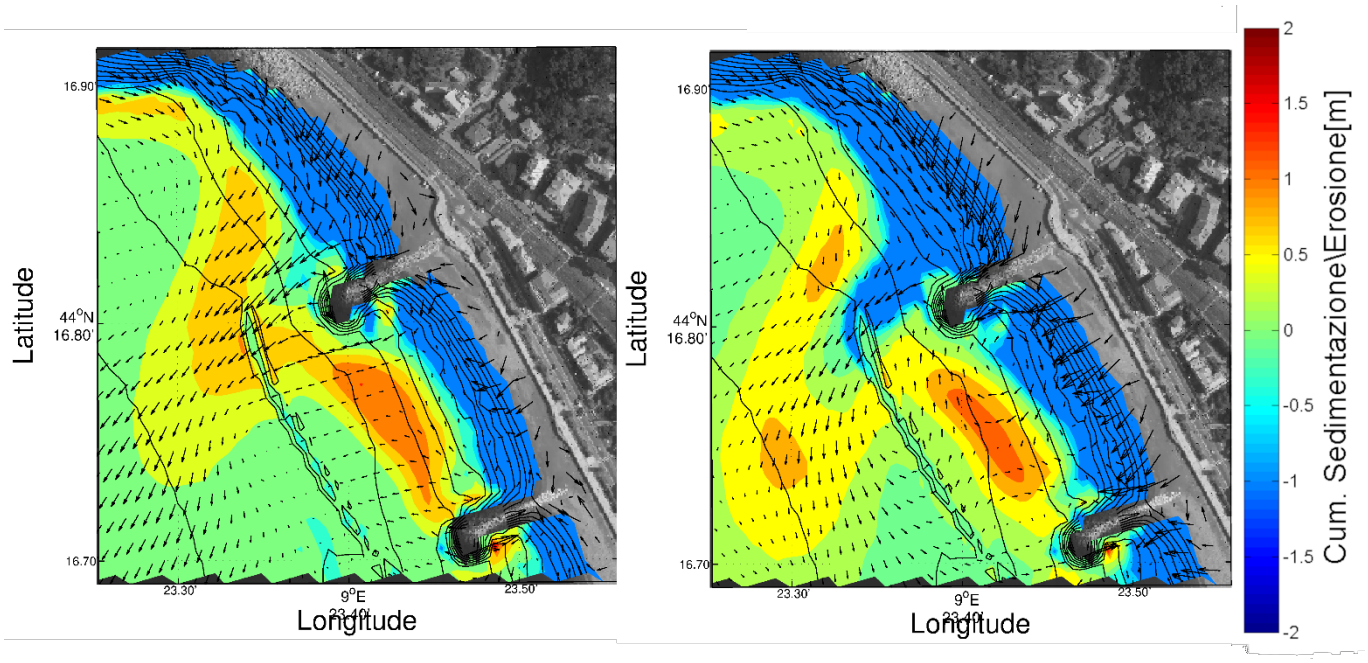


Figura 7. Idro-morfodinamica nelle celle 1 e 2 associata a moto ondoso con direzione SO e tempo di ritorno decennale; Sx 3.5 ore di simulazione e Dx 7 ore di simulazione.

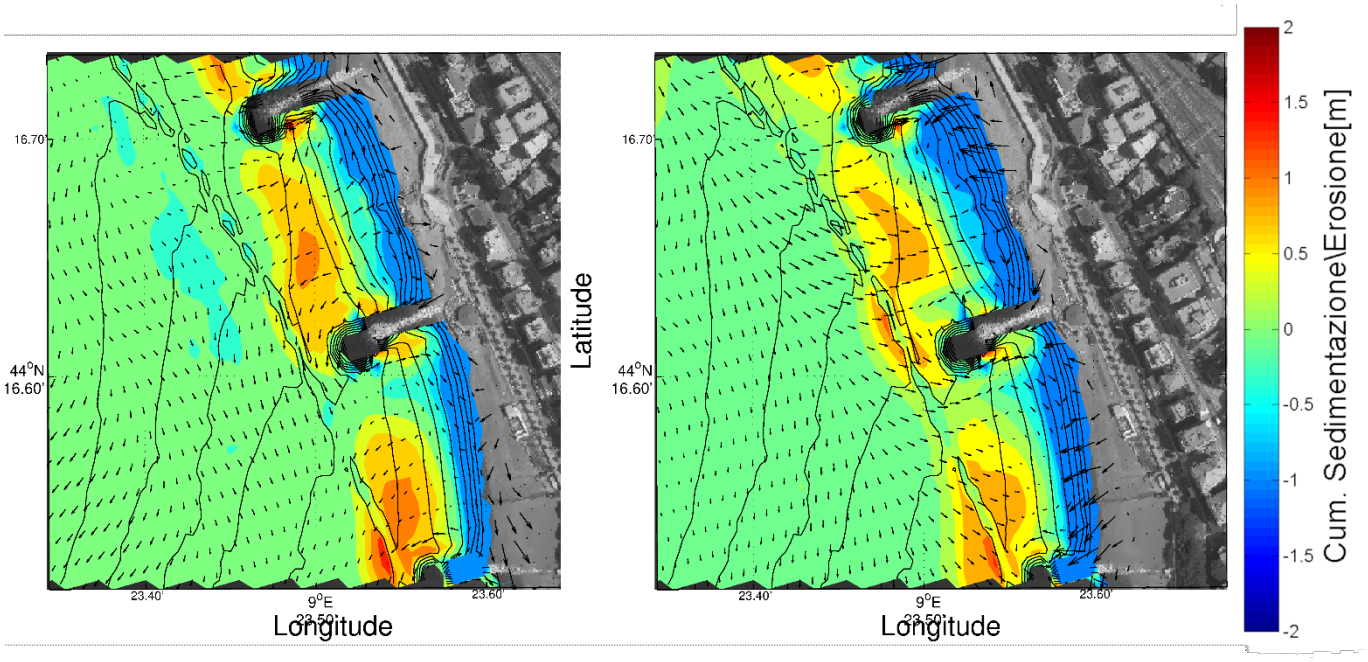


Figura 8. Idro-morfodinamica nelle celle 3 e 4 associata a moto ondoso con direzione SO e tempo di ritorno decennale; Sx 3.5 ore di simulazione e Dx 7 ore di simulazione.

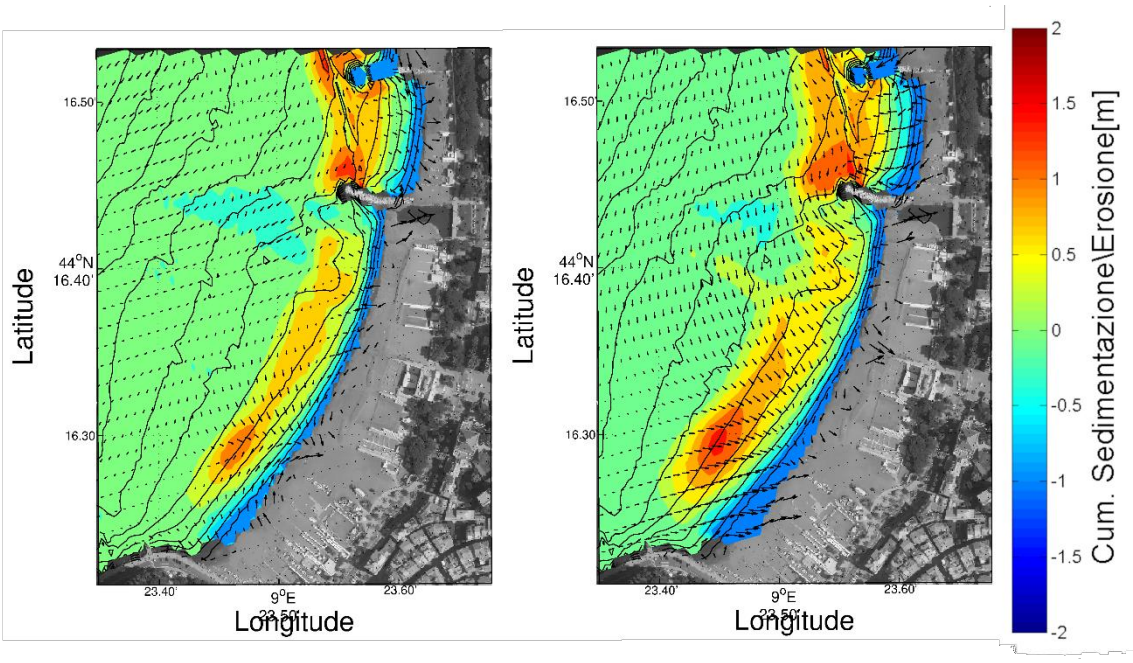


Figura 9. Idro-morfodinamica nelle celle 5 e 6 associata a moto ondoso con direzione SO e tempo di ritorno decennale; Sx 3.5 ore di simulazione e Dx 7 ore di simulazione.

4.2 Processi idro-morfodinamici in risposta a moto ondoso con provenienza SSE.

In Figura 10 si mostra una visione d'insieme dello sviluppo delle correnti superficiali lungo l'intero tratto di litorale oggetto di studio. Anche in questo caso, considerando dunque un moto ondoso proveniente da SSE, si nota come la direzione delle correnti all'interno della Baia delle Favole sia primariamente verso sud. Tuttavia, come osservato nel caso di moto ondoso proveniente da SO (Figura 3) è evidente come in prossimità della riva, all'interno delle singole celle, le dinamiche presentino delle discrepanze evidenti.

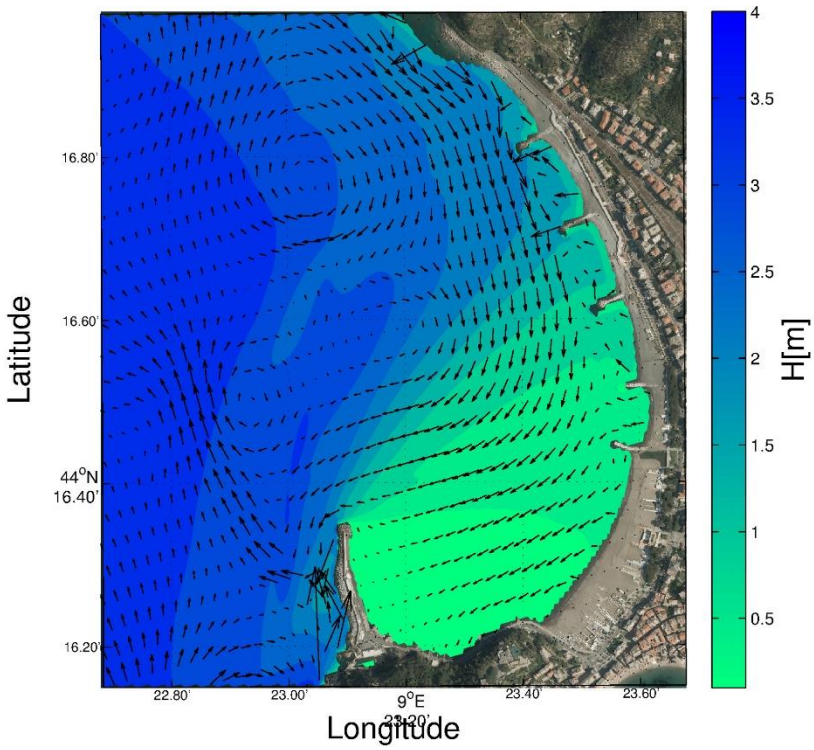


Figura 10. Sviluppo delle correnti superficiali in risposta ad un moto ondoso proveniente da SSE.

In Figura 11, 12 e 13 si mostrano in dettaglio, divisi per celle, i risultati delle simulazioni dei processi idro-morfodinamici nel caso di un moto ondoso proveniente da SSE con tempo di ritorno annuale (source PTAMC).

Nelle celle 1 e 2 (Figura 11) si osserva la genesi di una dinamica di tipo cellulare, con una evidente rotazione dei vettori di corrente. Come risultato si osserva un trasporto e accumulo sedimentario verso nord in entrambe le celle, in controtendenza rispetto alla dinamica principale della baia (correnti verso sud – Figura 10). Osservando la Figura 12, le stesse considerazioni valgono per la cella 3, seppur i processi di sedimentazione ed erosione sono evidentemente limitati per via della minor esposizione del litorale. Nella cella 4 le dinamiche sedimentarie sono molto contenute, per via della protezione offerta dalla punta di Sestri e dalla struttura portuale rispetto ai marosi da SSE.

Anche per le celle 5 e 6 è evidente l'effetto ridosso rispetto alle ondazioni da SSE. Come accade per gli eventi di SO, anche in questo caso la dinamica sedimentaria nella cella 6 (l'ultima prima della struttura portuale) appare differente. Il motivo è sempre da ricercarsi nella maggior estensione di questa cella e nella mancanza di uno sviluppo di una vera e propria dinamica cellulare.

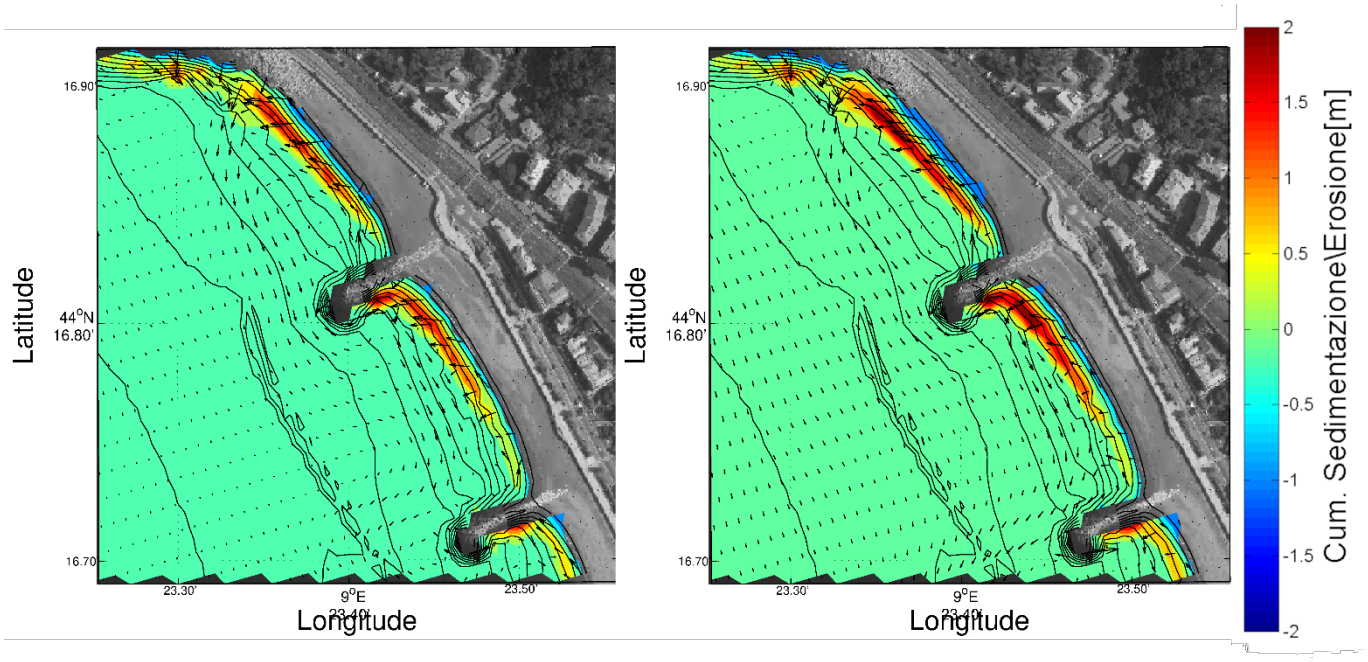


Figura 11. Idro-morfodinamica nelle celle 1 e 2 associata a moto ondoso con direzione SSE e tempo di ritorno annuale; Sx 3.5 ore di simulazione e Dx 7 ore di simulazione.

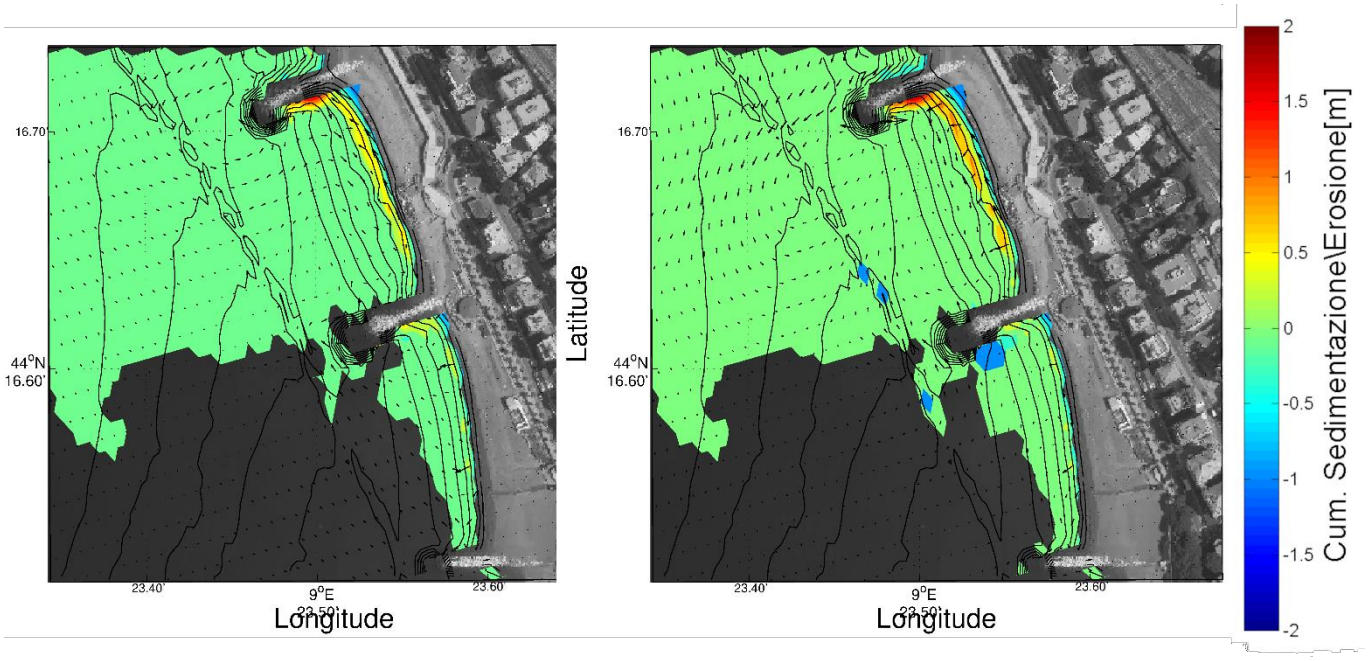


Figura 12. Idro-morfodinamica nelle celle 3 e 4 associata a moto ondoso con direzione SSE e tempo di ritorno annuale; Sx 3.5 ore di simulazione e Dx 7 ore di simulazione.

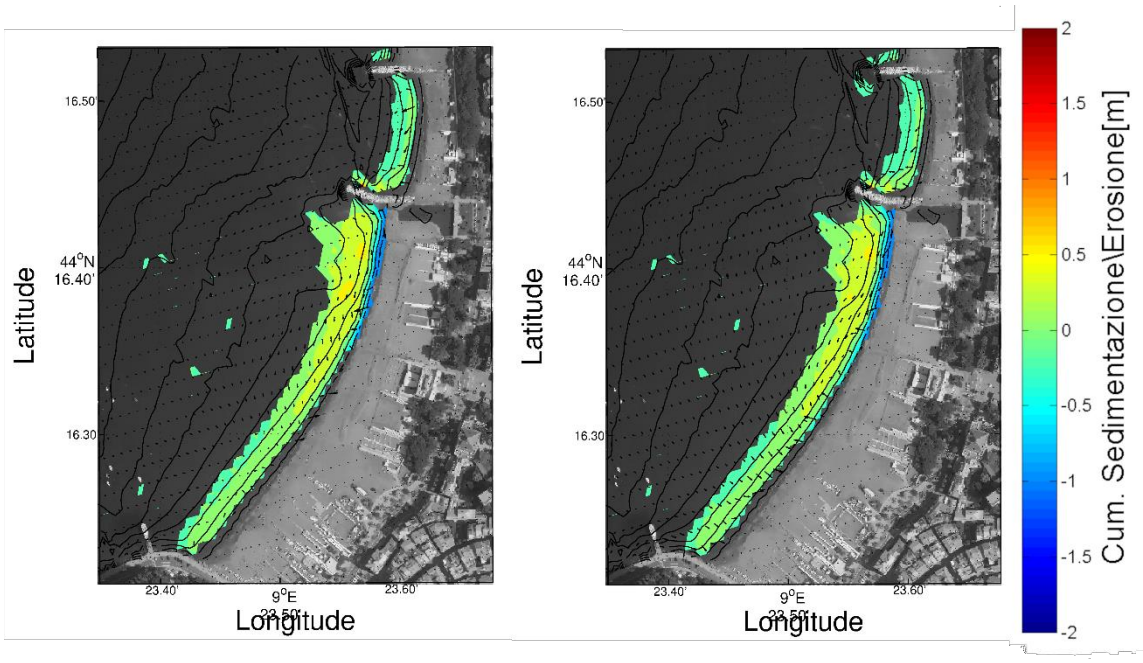


Figura 13. Idro-morfodinamica nelle celle 5 e 6 associata a moto ondoso con direzione SSE e tempo di ritorno annuale; Sx 3.5 ore di simulazione e Dx 7 ore di simulazione.

Infine, in Figura 14, 15 e 16 si mostrano in dettaglio, divisi per celle, i risultati delle simulazioni dei processi idro-morfodinamici nel caso di un moto ondoso proveniente da SSE, ma con tempo di ritorno decennale (source: PTAMC).

In Figura 14 si evidenzia come, nelle celle 1 e 2, la maggiore intensità del moto ondoso si traduca in una dinamica sedimentaria in parte differente. In particolare, risulta ancora presente una dinamica di tipo cellulare, che tende a generare processi di sedimentazione nella porzione settentrionale delle celle stesse; risulta altresì evidente come, in uscita dalle celle, i vettori di corrente mostrino un'orientazione verso sud. In particolare, osservando la cella 1, è evidente la presenza di una direttrice di trasporto cross-shore che tende a sud una volta uscita dalla cella stessa.

Osservando i risultati per le celle 3, 4, 5 e 6 (Figure 15 e 16) si nota invece come le dinamiche, al netto della differente intensità, mostrino caratteristiche molto simili a quelle osservate in caso moto ondoso con tempo di ritorno annuale. In questo caso, i fenomeni di sedimentazione ed erosione sono evidenti anche lungo la cella 6, per l'ovvia ragione di trovarci di fronte ad un evento meteo-marino di maggiore intensità.

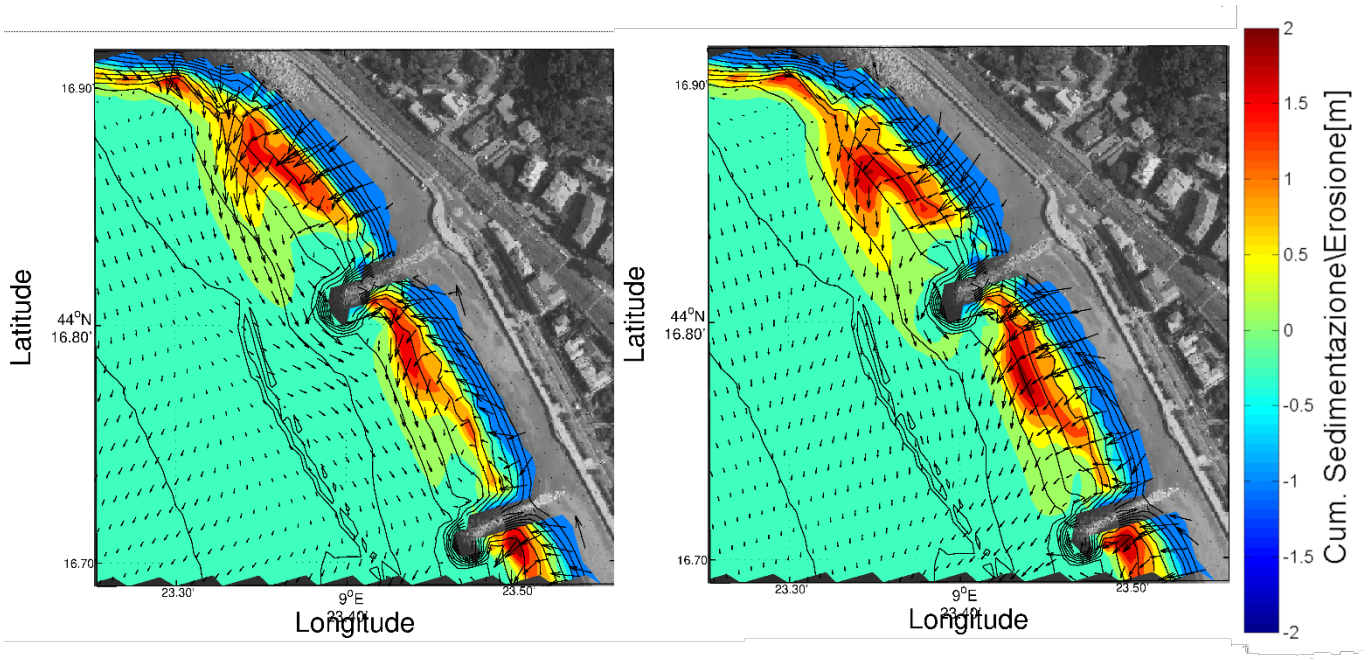


Figura 14. Idro-morfodinamica nelle celle 1 e 2 associata a moto ondoso con direzione SSE e tempo di ritorno decennale; Sx 3.5 ore di simulazione e Dx 7 ore di simulazione.

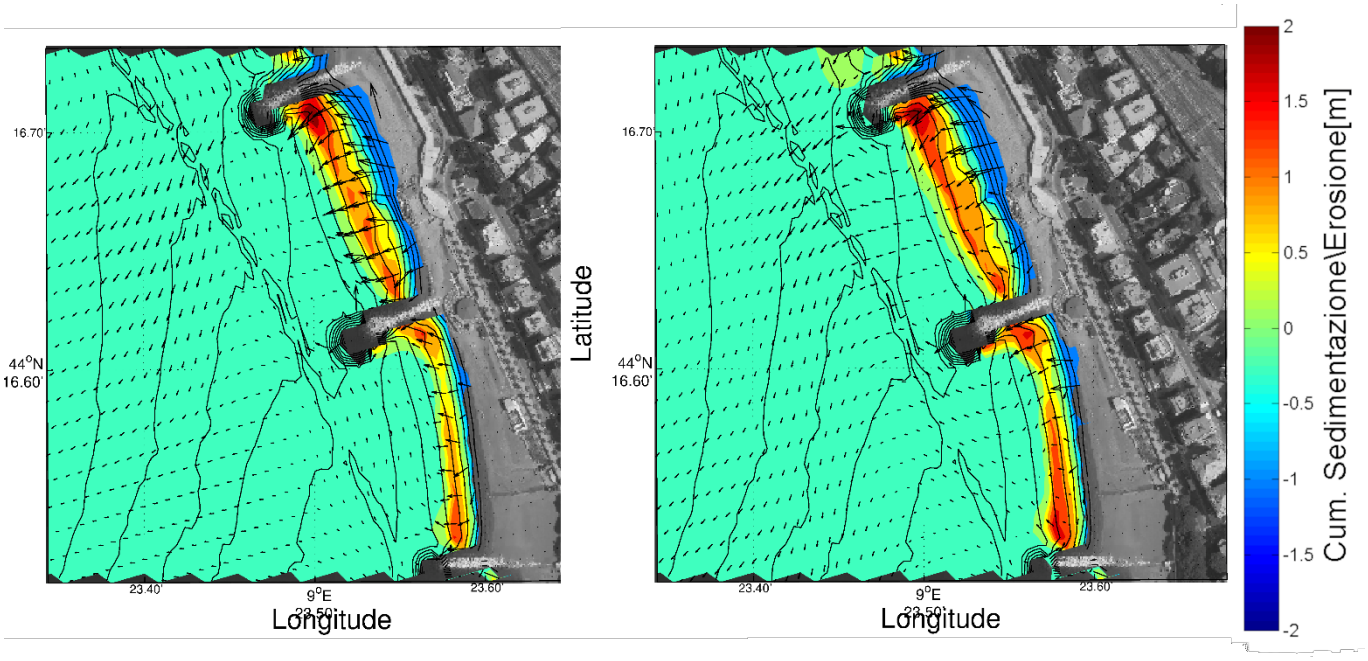


Figura 15. Idro-morfodinamica nelle celle 3 e 4 associata a moto ondoso con direzione SSE e tempo di ritorno decennale; Sx 3.5 ore di simulazione e Dx 7 ore di simulazione.

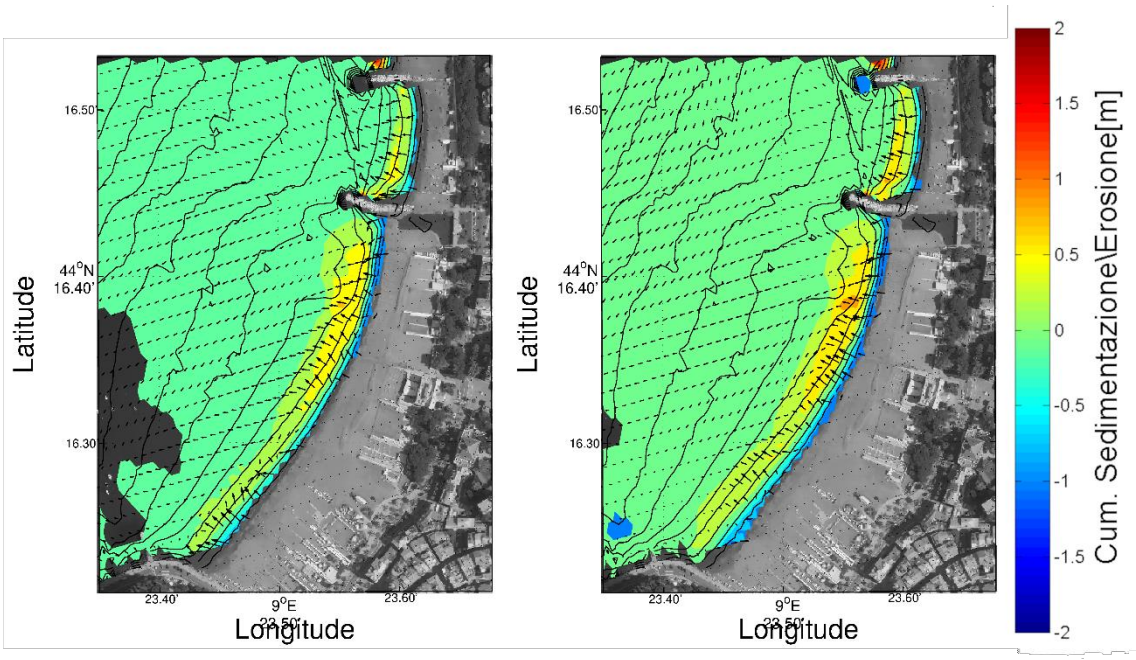


Figura 16. Idro-morfodinamica nelle celle 5 e 6 associata a moto ondoso con direzione SSE e tempo di ritorno decennale; Sx 3.5 ore di simulazione e Dx 7 ore di simulazione.

5.BIBLIOGRAFIA

Bolle, A., Mercelis, P., Roelvink, D., Haerens, P., & Trouw, K. (2011). Application and validation of XBeach for three different field sites. Coastal Engineering Proceedings, 1(32), sediment-40.

Carpi, L., Mucerino, L., Besio, G., Corradi, N., & Ferrari, M. (2020). MAREGOT project experience: Integrated approach to understanding coastal dynamics behaviour. In 2019 IMEKO TC19 International Workshop on Metrology for the Sea: Learning to Measure Sea Health Parameters, MetroSea (pp. 167-171).

Carpi, L., Bicenio, M., Mucerino, L., & Ferrari, M. (2021). Detached breakwaters, yes or not? A modelling approach to evaluate and plan their removal. Ocean & Coastal Management, 210, 105668.

Mucerino, L., Albarella, M., Carpi, L., Besio, G., Benedetti, A., Corradi, N., Firpo M. & Ferrari, M. (2019). Coastal exposure assessment on Bonassola bay. Ocean & coastal management, 167, 20-31.

Mucerino, L., Carpi, L., Schiaffino, C. F., Pranzini, E., Sessa, E., & Ferrari, M. (2021). Rip current hazard assessment on a sandy beach in Liguria, NW Mediterranean. Natural Hazards, 105(1), 137-156.

Regione Liguria. PIANO DI TUTELA DELL'AMBIENTE MARINO E COSTIERO (PTAMC), 2020. Ambito Costiero 17 – unità fisiografiche Cinque Terre e Muzzerone (ART. 41 LEGGE REGIONALE N° 20/2006).

Roelvink, D. (2011). A guide to modeling coastal morphology, volume 12. World Scientific.

Roelvink, D., Van Dongeren, A., McCall, R., Hoonhout, B., Van Rooijen, A., Van Geer, P., De Vet, L., Nederhoff, K., and Quataert, E. (2015). XBeach technical reference: Kingsday release. Delft, The Netherlands: Deltares, Technical report.