

# Analisi dell’impatto della mareggiata “Minerva” sulla costa riminese

Carmen Leone<sup>1</sup>, Juan Montes Pérez<sup>2</sup>, Luca Toma<sup>1</sup>, Paolo Ciavola<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dipartimento di Fisica e Scienze della Terra, Università degli studi di Ferrara (UNIFE)

Via Giuseppe Saragat 1, 44122 Ferrara FE

<sup>2</sup>Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad de Cádiz (UCA)

Av/Saharaüü s/n, 11519 Puerto Real CA

e-mail: [lnecmn@unife.it](mailto:lnecmn@unife.it); [juan.montes@uca.es](mailto:juan.montes@uca.es); [luca.toma@unife.it](mailto:luca.toma@unife.it); [cvp@unife.it](mailto:cvp@unife.it)

## Introduzione

La costa riminese rientra nella porzione del litorale emiliano-romagnolo particolarmente vulnerabile ai fenomeni di dissesto legati all’impatto delle mareggiate a causa dell’intensa antropizzazione che ha comportato la rimozione dei sistemi dunosi, facilitando l’ingressione marina.

Il 16 e 17 maggio 2023 il litorale di Rimini è stato colpito dalla mareggiata “Minerva”, che ha causato l’inondazione della spiaggia con conseguenti danneggiamenti alle strutture turistico-balneari. Durante l’evento le dune protettive invernali erano assenti poiché rimosse in occasione dell’imminente apertura della stagione balneare.

## Area di studio e metodologia

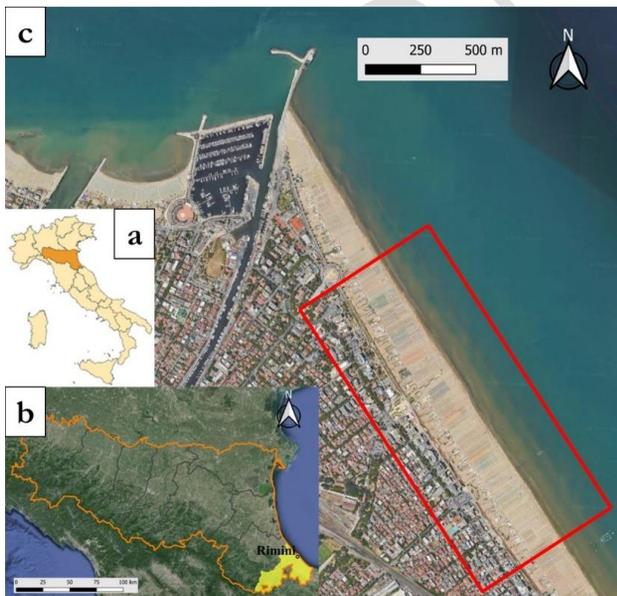


Figura 1 a) regione Emilia-Romagna evidenziata all’interno del territorio nazionale; b) ubicazione del comune di Rimini e della relativa provincia; c) delimitazione dell’area di studio.

L’area in esame è una spiaggia urbana che si estende per 1.5 km sul litorale di Rimini, situato sulla costa adriatica nel settore meridionale della regione (Fig. 1). La spiaggia, sabbiosa dissipativa, anche se ampia, essendo bassa e non difesa da alcun tipo di opera, risulta avere una media suscettibilità all’inondazione marina (Perini et alii, 2019).

Il seguente studio ha previsto innanzitutto la caratterizzazione dell’evento di mareggiata attraverso l’elaborazione dei dati meteo-marini misurati dalle stazioni mareografiche ed ondametriche ubicate presso il territorio regionale; attraverso un’analisi bivariata, è stata successivamente valutata l’affidabilità dei dati d’onda modellizzati dal servizio CMEMS di Copernicus (Oikonomou et alii, 2023), ponendoli in rela-

zione con i dati della boa Nausicaa2.

A cinque giorni dall'evento è stato condotto il rilevamento sul campo al fine di valutare l'impatto dell'ingressione marina sulle strutture, individuando quelle danneggiate, e l'estensione della superficie allagata identificando tramite GPS-RTK i punti di massima ingressione.

L'elaborazione dei dati acquisiti sul campo ha successivamente consentito di produrre in QGIS, mappe di impatto e di inondazione associate alla mareggiata. Le mappe prodotte sono state poste a confronto con mappe di inondazione ed impatto realizzate nell'ambito del progetto ECFAS ([www.ecfas.eu](http://www.ecfas.eu)) e del PGRA vigente (ADBPO, 2021) rispettivamente prodotte attraverso l'applicazione del modello idraulico LISFLOOD-FP (Le Gal et alii, 2023) e di un modello bathtub migliorato (Perini et alii, 2016).

Il tool Flooding Analysis di Global Mapper, che utilizza un modello bathtub semplificato (Williams & Lück-Vogel, 2020), è stato utilizzato per produrre ulteriori mappe di inondazione e valutare inoltre l'influenza di differenti configurazioni morfologiche e altimetriche delle dune artificiali invernali sull'estensione dell'ingressione marina, ottenute modificando opportunamente il Digital Terrain Model (DTM) del 2019 fornito dall'ADBPO, dato di input per il modello.

## Risultati ottenuti e discussione

L'evento (TR = 10 anni) risulta essersi sviluppato in un contesto meteorologico caratterizzato da un vortice depressionario che ha innescato forti venti di Bora (NE) che hanno favorito dei livelli idrometrici particolarmente alti, in combinazione con onde provenienti mediamente e prevalentemente da NE. Durante la mareggiata, protrattasi per 30 ore, il mareografo di Porto Garibaldi ha registrato un picco di livello idrometrico nella mattinata del 16 maggio 2023, equivalente a 0.96 m e contestuale al picco di altezza significativa dell'onda misurato dalla boa Nausicaa2, pari a 3.23 m e corrispondente al valore più alto registrato a largo di Cesenatico nel mese di maggio dal 2007 ad oggi. Dall'analisi bivariata condotta è emersa l'impossibilità di utilizzare i dati di CMEMS per definire le caratteristiche di moto ondoso della mareggiata, essendo di rezione media e periodo di picco dell'onda caratterizzate da un basso grado di correlazione, mentre l'altezza significativa, seppur affidabile da un punto di vista di correlazione ( $R^2 \cong 0.7$ ),

tende a fornire valori di altezza minori e shiftati rispetto a quelli della boa di riferimento.

La mappa di impatto prodotta individua 70 strutture turistico-balneari, tutte presenti sulla spiaggia e per la maggior parte sottese nella mappa di inondazione ottenuta in QGIS collegando i punti GPS acquisiti e che definisce un'estensione della superficie allagata pari a 126000 m<sup>2</sup> (Fig. 2). Dal raffronto delle mappe prodotte con quelle del catalogo ECFAS è emerso come queste ultime, seppur a risoluzione limitata, forniscono una buona estensione delle aree allagate, nonostante la mappa di



**Figura 2. Mappe di impatto e di inondazione prodotte in QGIS sulla base dei dati acquisiti sul campo.**

impatto derivata differisca da quella prodotta; il raffronto con le mappe del PGRA conferma invece l'impatto sulle strutture individuate.

In merito all'applicazione del tool Flooding Analysis di Global Mapper, i risultati ottenuti dalle simulazioni effettuate considerando la stessa configurazione della spiaggia al momento della mareggiata, consentono di affermare che il modello bathtub semplificato, seppur semplice, ha permesso di ottenere una buona rappresentazione dell'inondazione.

## Conclusioni

Le simulazioni condotte considerando diversi scenari morfologici permettono di affermare che la presenza del cordone dunare nel settore settentrionale dell'area di studio, eretto solitamente sulla spiaggia durante la stagione invernale e presente nel DTM del 2019 dell'ADBPO, abbia la capacità di contrastare l'inondazione delle strutture poste nella porzione nord.

## Bibliografia

- ADBPO, 2021b. *Aggiornamento e revisione del Piano di Gestione del rischio di alluvione redatto ai sensi dell'art. 7 del D.lgs. 49/2010 attuativo della Dir. 2007/60/CE – II ciclo di gestione. Aree a potenziale rischio significativo di alluvione. APSFR Regionali. Relazione Regione Emilia-Romagna. Allegato 3.1. Distretto del fiume Po.*  
[https://www.adbpo.it/PDGA\\_Documenti\\_Piano/PGRA2021/Piano\\_2021/allegato3\\_APSFRregionali/3\\_1\\_Relazione\\_ASPFR\\_RER.pdf](https://www.adbpo.it/PDGA_Documenti_Piano/PGRA2021/Piano_2021/allegato3_APSFRregionali/3_1_Relazione_ASPFR_RER.pdf), ultima consultazione: 28/01/2025.
- Le Gal M., Fernandez-Montblanc T., Duo E., Montes-Pérez J., Cabrita P., Ceccon P. S., Gastal Vé-  
 ra, Ciavola P., Armaroli C., 2023. *A new European coastal flood database for low-medium in-  
 tensity events.* Natural Hazards and Earth System Sciences, 23:3585–3602.  
<https://doi.org/10.5194/nhess-23-3585-2023>.
- Oikonomou C., Denaxa D., Korres G., 2023. *Mediterranean Production Centre  
 MEDSEA\_ANALYSISFORECAST\_WAV\_006\_017. Issue 2.3.* Copernicus Marine Service,  
 Quality Information Document.  
[https://catalogue.marine.copernicus.eu/documents/QUID/CMEMS-MED-QUID-006-  
 017.pdf](https://catalogue.marine.copernicus.eu/documents/QUID/CMEMS-MED-QUID-006-017.pdf), ultima consultazione: 28/01/2025.
- Perini L., Calabrese L., Salerno G., Ciavola P., Armaroli C., 2016. *Evaluation of coastal vulnerabil-  
 ity to flooding: comparison of two different methodologies adopted by the Emilia-Romagna re-  
 gion (Italy).* Natural Hazards and Earth System Sciences, 16: 181-194. doi:10.5194/nhess-16-  
 181-2016.
- Perini L., Luciani P., Calabrese L., 2019. *Indicatori di suscettibilità costiera ai fenomeni di erosione  
 e inondazione marina.* Rapporti Tecnici del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli. Regione  
 Emilia-Romagna.  
[https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/geologia/geologia/costa/pdf/report\\_indicatori\\_  
 2019\\_.pdf/@@download/file/report\\_indicatori\\_2019\\_.pdf](https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/geologia/geologia/costa/pdf/report_indicatori_2019_.pdf/@@download/file/report_indicatori_2019_.pdf), ultima consultazione: 28/01/2025.
- Williams L.L., Lück-Vogel M., 2020. *Comparative assessment of the GIS based bathtub model and  
 an enhanced bathtub model for coastal inundation.* Springer Nature B.V., Journal of Coastal  
 Conservation, 24:23. <https://doi.org/10.1007/s11852-020-00735-x>