

le
e
gli impatti sulla
Costa in
Emilia-Romagna
1946-2010



© 2011 Arpa Emilia-Romagna
Via Po 5, 40139 - Bologna. Tel. 0516223887 - Fax 0516223801
<http://www.arpa.emr.it> - arpared@arpa.emr.it

I quaderni di Arpa

Direttore Stefano Tibaldi
Direttore responsabile Giancarlo Naldi
Responsabile scientifico Vito Belladonna

Coordinamento editoriale Giancarlo Naldi
Progetto grafico e impaginazione Mauro Cremonini e Nicolas Campagnari (Odoya srl)

Stampato su carta Fedrigoni Free Life Satin - 80% fibre riciclate, 15% cellulosa proveniente da boschi coltivati e regolarmente reimpiantati. Il trattamento di sbiancatura è eseguito senza l'impiego di cloro gassoso è a PH neutro e senza sbiancanti ottici.

Chiuso in redazione nel mese di maggio 2011
ISBN 88-87854-27-5

Le mareggiate e gli impatti sulla costa in Emilia-Romagna 1946-2010

a cura di

Luisa Perini, Lorenzo Calabrese

Regione Emilia-Romagna - Servizio Geologico Sismico e dei Suoli

Marco Deserti, Andrea Valentini

ARPA Emilia-Romagna - Servizio Idro-Meteo-Clima

Paolo Ciavola, Clara Armaroli

Università degli Studi di Ferrara - Dipartimento di Scienze della Terra

Testi, elaborazioni cartografiche e informatiche

Luisa Perini, Lorenzo Calabrese, Sara Cortesi, Samantha Lorito, Paolo Luciani
Servizio Geologico Sismico e dei Suoli - Regione Emilia-Romagna

Marco Deserti, Andrea Valentini, Federico Grazzini
Servizio Idro-Meteo-Clima - ARPA Emilia-Romagna

Paolo Ciavola, Clara Armaroli
Dipartimento di Scienze della Terra - Università degli Studi di Ferrara

Hanno collaborato

Maurizio Farina, Franco Mastromarco, Mauro Ceroni, Fabia Foschi, Sanzio Sammarini,
Pier Francesco Sciuto, Francesco Marucci, Carlo Albertazzi, Roberto Montanari, Christian Marasmi

Coordinamento redazionale

Angela Angelelli, Paola Barchiesi, Lorenzo Calabrese, Sara Cortesi,
Marco Deserti, Luisa Perini, Simonetta Scappini, Andrea Valentini

Gli autori ringraziano

- I Servizi Tecnici di Bacino, le Province e i Comuni costieri per le preziose informazioni e per i dati forniti
- La Direzione Tecnica dell'ARPA Emilia-Romagna
- L'Agenzia di Protezione civile dell'Emilia-Romagna
- I colleghi regionali e non che hanno condiviso alcune attività nell'ambito del Progetto Europeo MICORE
- I partner del Progetto MICORE con i quali in questi tre anni di lavoro si sono instaurati rapporti e proficui scambi di esperienze sulla previsione e gestione dei rischi costieri
- L'ENI s.p.a. per la fornitura di dati oceanografici dalla Piattaforma PCW
- Paolo Canestrelli, del Comune di Venezia, per la fornitura dei dati del mareografo di Punta della Salute
- Carlo Zumaglini della Siap-Micros
- Silvano Bencivelli della Provincia di Ferrara

In copertina

Milano Marittima, 9 maggio 2011, foto di Lorenzo Calabrese



The MICORE Project is funded by the European Community's Seventh Framework Programme under grant agreement n° 202798 (FP7/2008-2011). Coordinator prof. Paolo Ciavola.

Indice

Prefazione di Paola Gazzolo	7
I Introduzione	9
1.1 Il progetto MICORE	10
1.2 Le mareggiate	10
2 Il catalogo delle mareggiate e degli impatti associati	15
2.1 Le fonti dei dati meteo-marini	16
2.1.1 <i>Dati ondametrici</i>	17
2.1.2 <i>Dati mareografici</i>	18
2.1.3 <i>Dati meteorologici</i>	19
2.1.4 <i>Convenzioni adottate nella descrizione delle condizioni meteo-marine</i>	19
2.2 L'identificazione degli eventi meteo marini: il catalogo delle mareggiate (1992-2010)	20
2.3 La caratterizzazione degli impatti delle mareggiate: il catalogo degli impatti (1946–2010)	21
2.3.1 <i>Obiettivi e metodi</i>	22
2.3.2 <i>Le fonti delle informazioni</i>	22
2.3.3 <i>Le informazioni utilizzate per la definizione degli impatti</i>	24
2.3.4 <i>Indicazioni per la lettura del catalogo</i>	28
2.3.5 <i>Indicazioni per la lettura delle schede evento</i>	29
3 L'analisi dei dati storici degli impatti da mareggiata	33
3.1 Analisi delle tendenze	34
3.1.1 <i>Frequenza della segnalazione di eventi con impatto costiero</i>	34
3.1.2 <i>Frequenza delle acque alte</i>	35
3.1.3 <i>Frequenza delle mareggiate</i>	35
3.2 Analisi delle caratteristiche degli eventi impattanti e dei danni subiti	37
4 Conclusioni	49
Bibliografia	51
Lista degli acronimi	53
ALLEGATO I Tabella di sintesi delle mareggiate con impatti significativi lungo le coste dell'Emilia-Romagna	55
ALLEGATO 2 Dieci Schede Evento	69

Prefazione

Lungo le coste europee vivono 70 milioni di persone. In Emilia-Romagna la costa custodisce, oltre al patrimonio naturalistico, preziose testimonianze storiche e ospita numerose attività industriali e uno dei più importanti sistemi turistici europei.

Bastano questi dati per capire la rilevanza strategica di tutte le attività che concorrono a mitigare i rischi cui è esposto questo territorio. Un territorio reso vulnerabile dalle attività dell'uomo, che hanno interferito profondamente con la sua naturale evoluzione, e che è esposto a fenomeni quali la subsidenza e il cambiamento climatico, che mettono a rischio la sua stessa esistenza.

In Emilia-Romagna ogni anno si devono fare i conti con i danni economici e ambientali dovuti agli impatti delle mareggiate. Il quadro non lascia spazio a dubbi: la difesa della costa è un'azione prioritaria per la Regione Emilia-Romagna, da anni impegnata in numerose attività per dare risposte concrete a questo problema.

Il catalogo delle mareggiate, che ho il piacere di presentarvi, riflette l'approccio che la Regione ha adottato per la difesa costiera che vede nella multidisciplinarietà e nello sguardo europeo i suoi due punti di forza. È un prodotto nuovo e innovativo, a livello nazionale e internazionale, che individua e indica un metodo molto semplice concettualmente, ma estremamente importante ed efficace, che spesso si rischia di perdere di vista: il passato come chiave di lettura del presente e come guida per progettare il futuro. Il catalogo è un'accurata ricerca di archivio che permette di ricavare informazioni sugli eventi passati e sugli effetti che questi hanno avuto sul territorio. La documentazione storica relativa alle mareggiate rappresenta indiscutibilmente un dato di importanza fondamentale sia nella pianificazione urbanistica e territoriale sia nell'attività di previsione e prevenzione che il Servizio Geologico Sismico e dei Suoli regionale e il Servizio Idro-Meteo-Clima dell'ARPA svolgono in collaborazione con il Centro Multirischio dell'Agenzia Regionale di Protezione civile.

Il valore aggiunto di questo lavoro si deve sicuramente alla multidisciplinarietà dell'approccio che è frutto della collaborazione tra i due Servizi e il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Ferrara che, con i loro contributi specifici, hanno permesso di raggiungere questo eccellente risultato.

Il respiro europeo infine è garantito dal contesto in cui questa pubblicazione è nata: il progetto europeo MICORE, una delle numerose attività che la nostra Amministrazione ha intrapreso in ambito europeo sui temi della difesa costiera e il primo progetto di ricerca finanziato dall'Unione Europea sul tema del rischio da mareggiata.

Ancora una volta l'Emilia-Romagna si fa territorio di sperimentazione di approcci e metodi, con la passione e la cura che si riserva ad un bene prezioso come la nostra costa, ottenendo risultati di grande rilevanza.

Paola Gazzolo

Assessore Sicurezza territoriale.

Difesa del Suolo e della Costa. Protezione civile

I Introduzione

L'ultimo decennio è stato caratterizzato da numerose catastrofi che hanno colpito le coste di tutto il mondo provocando morte e devastazione (si citano a questo proposito l'uragano Charley del 2004, lo tsunami di Sumatra del 2004, l'uragano Katrina del 2005, il ciclone Yari del 2011 e lo tsunami di Honshu del 2011), che hanno fortemente accresciuto il livello di attenzione verso questi fenomeni e più in generale verso i rischi costieri. In Europa si manifestano altre tipologie di evento, tempeste marine e inondazioni, fortunatamente meno drammatiche delle prime, tuttavia si deve ricordare che nel 2010 i paesi del versante Atlantico sono stati colpiti da una mareggiata così imponente, 'Xynthia', che ha provocato la morte di ben 62 persone, 51 delle quali nella sola Francia.

Nonostante i processi che generano questi eventi siano fuori dal controllo dell'uomo, tante vite potrebbero essere salvate se fossero attivate efficaci procedure di previsione e prevenzione, che necessitano di un'approfondita conoscenza dei processi costieri, dell'assetto del territorio e di sistemi di allerta adeguati.

In questo contesto sia le Nazioni Unite che l'Unione Europea negli ultimi anni hanno destinato risorse significative alla soluzione di questi problemi, anche attraverso il finanziamento di studi e ricerche come quelle condotte nel progetto MICORE.

Un ulteriore aggravamento dei fenomeni potrebbe essere associato al previsto innalzamento del livello marino per effetto dello scioglimento dei ghiacci, del cambiamento della densità dell'acqua e dei cambiamenti della pressione atmosferica media. Si stima (Tsimplis, 2007) che, per effetto dei cambiamenti climatici, nel prossimo trentennio 2070-2099 il livello del mare Mediterraneo potrebbe essere fino a 35 cm superiore al livello medio del trentennio 1961-1990. L'aumento del livello del mare Adriatico sarà più contenuto (25 cm).

Si deve tuttavia ricordare che l'impatto devastante generato dalle tempeste marine è soprattutto da attribuire all'intenso sfruttamento delle aree costiere avvenuto a livello globale. Si pensi infatti che, nonostante le zone costiere rappresentino solo il 15% delle terre emerse, su di esse vivono il 60% della popolazione mondiale (EEA, 1999). In Europa sono oltre 70 milioni le persone che abitano lungo le zone costiere e rappresentano circa il 16 % della popolazione totale (Eurosion, 2004).

Anche in Italia si è assistito ad un intenso sfruttamento delle coste soprattutto nel dopoguerra; nella sola Emilia-Romagna l'incremento della superficie urbanizzata della fascia costiera, considerando un settore ampio circa 1,5 km dalla linea di riva, è stato del 500% negli ultimi 60 anni (Lorito et al., 2010). Anche qui, come nel resto d'Europa, gli impatti più evidenti sono l'erosione dei litorali, in Europa ogni anno vengono persi circa 1500 ettari di spiaggia (EEA, 2006), e l'inondazione marina delle aree costiere rappresenta un rischio potenziale per tutte le zone che hanno quote al di sotto del livello del mare. Questo fenomeno è estremamente rilevante a livello globale in termini di perdite umane (Nicholls et al., 1995) e anche in Europa ha assunto dimensioni importanti, al punto da aver indotto il Parlamento Europeo ad inserire tra i rischi da alluvione anche quelle riguardanti i territori costieri (Direttiva 2007/60/EC).

A livello nazionale tale direttiva è stata recepita con D.Lgs. 49/2010, e quindi le autorità competenti si stanno già attivando per la sua immediata applicazione. La direttiva inserisce, tra gli elementi chiave della valutazione del rischio, l'analisi degli eventi storici e dei loro impatti e la verifica di possibili condizioni favorevoli ad una loro recrudescenza.

1.1 Il progetto MICORE

Per dare alcune importanti risposte a questi temi è stato ideato e realizzato il progetto MICORE (*Morphological Impact and COastal Risks induced by Extreme storm events*) finanziato nell'ambito del VII Programma Quadro (www.micore.eu). Il progetto coinvolge 16 partner di 9 paesi europei (figura 1) e il suo scopo primario è di sviluppare degli strumenti *on-line* per la creazione di previsioni affidabili dell'impatto morfologico di eventi meteo-marini estremi a supporto delle strategie di mitigazione e difesa messe in atto dalla Protezione Civile. Il progetto ha l'obiettivo di analizzare e mappare i rischi associati alle tempeste marine che avvengono in aree sensibili delle coste dell'Europa, e prende in considerazione l'intensità delle mareggiate, la loro estensione spaziale, la loro durata e l'interazione tra i rischi ad esse associati (erosione delle spiagge, inondazione, danno a strutture antropiche, ecc).

In particolare, gli obiettivi di MICORE sono:

- 1- Fare una revisione delle tempeste marine che, in passato, hanno provocato danni ingenti alla costa. Le aree prese in esame per la creazione di un elenco delle mareggiate estreme sono i 9 siti di studio del progetto (figura 1) che rappresentano gran parte delle differenti tipologie di costa che si possono trovare in Europa. Inoltre le suddette aree si differenziano per la diversa esposizione alle onde, diverse escursioni di marea e un differente valore socio-economico.
- 2- Creare un database con tutti i dati relativi ad eventi significativi di tempesta e ai relativi impatti socio-economici. I parametri che sono stati inseriti nel database sono: caratteristiche delle mareggiate, l'impatto socio-economico causato dalle tempeste, una valutazione degli schemi di intervento della Protezione Civile in ogni paese coinvolto nel progetto e le competenze che sono necessarie per la creazione di strategie di risposta ottimali.
- 3- Monitorare i 9 siti di studio attraverso la raccolta di dati topografici e batimetrici e la contemporanea misurazione delle onde, delle maree e delle correnti che innescano le tempeste.
- 4- Testare e sviluppare metodi affidabili di modellazione numerica che siano in grado di prevedere la variazione morfologica indotta dalle mareggiate. Definire l'accuratezza di modelli numerici già in uso nei diversi paesi sviluppare e testare un nuovo modello morfologico *open-source* per la previsione dell'impatto delle mareggiate.
- 5- Impostare un nuovo sistema di allerta e implementare il suo utilizzo da parte della Protezione Civile. Un obiettivo specifico prevede di unire i modelli morfologici di previsione dell'impatto delle mareggiate con la previsione dello stato del mare e dei livelli di marea e acqua alta per preparare protocolli di allerta.

Il progetto si sviluppa secondo sette macroattività (*workpackages*, WP) che si occupano in dettaglio degli obiettivi elencati qui sopra.

In particolare, il WPI è relativo alla ricerca di dati e informazioni che riguardano gli eventi meteo-marini che hanno prodotto storicamente impatti significativi lungo le coste europee. Conoscere il numero e la tipologia delle mareggiate che sono state realmente in grado di danneggiare la costa è di enorme importanza per impostare un programma di allerta che sia basato su "soglie" definite secondo un criterio rigoroso. Proprio all'interno delle tematiche di questo WP si collocano i risultati presentati in questo volume, che vedono la creazione di un archivio storico derivante da un'attività di collaborazione tra il Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, il Servizio Idro-Meteo-Clima e l'Università di Ferrara, coordinatore del progetto stesso.

1.2 Le mareggiate

Con il termine mareggiata si intende un evento meteo-marino di forte intensità e proporzioni, nei termini delle grandezze fisiche che lo caratterizzano; tale evento produce spesso impatti significativi sulla costa, quali allagamenti, erosione, danni alle infrastrutture, ecc. Come si vedrà succes-



Figura 1 - Ubicazione delle nove aree di studio del progetto MICORE.

sivamente questo termine assume caratteristiche “locali”, essendo legato al diverso impatto che le condizioni meteo-marine possono avere sul litorale. La natura e l'intensità degli impatti sono determinati, oltre che dalle condizioni del mare, dalle diverse caratteristiche morfologiche della costa (orientazione, profilo, batimetria dei fondali). Si deve inoltre considerare che, come dimostra l'analisi dei dati storici, sviluppata nei paragrafi successivi, le mareggiate a maggior impatto in Emilia-Romagna sono dovute alla combinazione di acqua alta ed elevata altezza dell'onda incidente sulla costa (onde provenienti dai quadranti orientali NE – E – SE). I fattori meteo-marini che determinano una mareggiata nell'alto Adriatico sono molteplici e complessi.

Le onde sono causate dall'azione che il vento esercita sulla superficie del mare. A seconda dell'intensità e della persistenza del regime eolico e della porzione di mare che, sotto l'azione del vento, costituisce l'area di generazione dell'evento di moto ondoso (*fetch* efficace), si possono avere caratteristiche di altezza, periodo e direzione dell'onda molto diverse. Lo stato del mare varia in funzione della durata, intensità e direzione dei venti dominanti. In alcuni casi inoltre si assiste ad un rapido cambiamento della direzione del vento, corrispondente al transito del sistema perturbato sul bacino del Mediterraneo.

Risulta quindi comprensibile come l'azione del vento non possa essere descritta solo dalle sue caratteristiche locali rilevate dalle stazioni costiere, ma richieda invece un'analisi sinottica (a grande scala spaziale) che consideri l'intero Mediterraneo, analizzando i venti che si sviluppano sull'intero bacino dell'Adriatico.

Per valori di acqua alta (*storm surge*) si possono intendere i dati estremi misurati da un mareografo (detti estremali, identificati per esempio in base al metodo di Canestrelli et al., 2001) che sono maggiori della massima quota di marea sizigiale. I fenomeni di acqua alta sono legati ad un complesso di fattori di natura astronomica e meteorologica, tipo la pressione atmosferica (effetto barometrico inverso) e l'effetto di accumulo di acqua nell'alto Adriatico per effetto dei venti dai quadranti meridionali (SE-S) (Yu et al., 1998).

In alcuni casi le forti mareggiate e l'acqua alta ostacolano lo scarico dei fiumi, in particolare del Po, producendo un ulteriore accumulo di acqua nella zona costiera e, nei casi delle piene maggiori, esondazioni e allagamenti.

La casistica degli eventi di mareggiata intensa, come si vedrà nel corso dell'analisi del catalogo, mostra come questi processi atmosferici dipendano sia dalle condizioni meteorologiche a larga scala, durante un arco temporale che può iniziare anche da alcuni giorni prima dell'evento stesso (si veda ad esempio la scheda relativa all'evento n. 38 del dicembre 2008), fino a casi molto rapidi, in cui la mareggiata si sviluppa in poche ore (si veda ad esempio la scheda dell'evento n. 23 del settembre 2004).

In conclusione, per comprendere le cause delle tempeste marine, si devono analizzare le condizioni meteorologiche ad ampia scala (sinottiche) combinate con i dati rilevati dalle stazioni meteorologiche, ondametrische e mareografiche presenti sulla costa regionale. Nell'analizzare i dati locali si devono inoltre considerare sia l'altezza dell'onda che il livello del mare. Queste informazioni sono riportate sinteticamente per ciascuno degli eventi catalogati.

Per studiare e classificare gli eventi di mareggiata è utile fissare dei valori di riferimento dell'altezza dell'onda e del livello del mare. Per studiare gli impatti costieri è invece necessario stabilire vere e proprie soglie che, se superate, determinano impatti di intensità crescente.

La complessità dei fenomeni e la dipendenza dalla conformazione locale del litorale rendono molto difficile una definizione univoca e codificata a livello internazionale di un evento meteo-marino a forte impatto costiero che non era ancora reperibile nella letteratura scientifica. Uno degli obiettivi del WPI del progetto MICORE è stata infatti l'identificazione di soglie morfologiche per ciascuno dei siti studiati nel progetto.

La difficoltà maggiore nell'analisi della climatologia delle mareggiate in Emilia-Romagna e nell'individuazione dei valori soglia è dovuta principalmente al fatto che non esistono serie temporali di misurazioni del moto ondoso così omogenee e lunghe da permettere un'analisi statistica rigorosa e significativa. Per quanto riguarda i dati di marea, invece, lunghe serie temporali di osservazioni del livel-

lo del mare sono disponibili attraverso i mareografi della Rete Mareografica di ISPRA (RMN e RMLV), in particolare il mareografo di Venezia - Punta della Salute (che dispone di una lunga serie temporale) e, per l'Emilia-Romagna, il mareografo installato a Porto Corsini (RA). Per le stesse ragioni non era ancora disponibile nella letteratura specializzata un'esauritiva metodologia di classificazione degli eventi di mareggiata intensi per le coste emiliano-romagnole, così come non è mai stata ricercata per l'alto Adriatico la combinazione del segnale di moto ondoso e del livello del mare che generasse criticità dal punto di vista della morfologia costiera. Il primo lavoro di questo tipo è in corso di pubblicazione da parte di Armaroli et al., (in stampa), sviluppato nell'ambito del Progetto MICORE, incrociando i dati del catalogo riferiti al periodo 1992-2008, il cui aggiornamento al 2010 è qui presentato, con un'analisi dei parametri meteo-marini. In tal caso la catalogazione delle mareggiate storiche ha permesso di identificare i valori di altezza dell'onda e di acqua alta in grado di generare un danno significativo sulla costa. L'incrocio dei dati di altezza d'onda e di livello, con le informazioni documentate dell'impatto di eventi sul litorale, nei tratti urbanizzati, ha consentito di identificare dei valori di soglia che possono essere utilizzati per definire una condizione di allerta. È stato deciso di scegliere l'altezza d'onda e il livello del mare che includono almeno due terzi dell'intera serie di eventi documentati. Tali valori sono 2 m per le onde e 0,7 m per i livelli di acqua alta. Ciò significa che i due terzi delle mareggiate storiche catalogate hanno registrato onde con un'altezza maggiore o uguale a 2 m e un livello del mare pari o maggiore a 0,7 m. Come è emerso dal lavoro qui presentato il fattore dominante è il livello di acqua alta, che, agendo anche da solo, costituisce un elemento di criticità per la costa regionale. Negli eventi registrati si è accertato infatti che tempeste caratterizzate da altezze di onda sotto la soglia di 2 m hanno generato un forte impatto perché la quota di acqua alta era al di sopra della soglia di 0,7 m (ad esempio 1-3 dicembre 2008: Hs = 1,5 m, livello del mare = 0,92 m), mentre eventi caratterizzati da forte moto ondoso e valori di marea sotto soglia risultano meno problematici.

Un valore di riferimento per classificare i fenomeni di acqua alta sulle coste dell'Emilia-Romagna è il superamento della massima quota di marea sizigiale (+0,45 m sul l.m.m.). Tale valore è stato scelto al fine di individuare gli eventi nei quali la quota del mare è più elevata rispetto alla massima quota che può raggiungere con la sola escursione di marea, cioè a causa sia della bassa pressione atmosferica sia dell'accumulo di acqua (*surge*) lungo le coste emiliano-romagnole, generato dai venti che soffiano in direzione E-SE.

Per quanto riguarda l'analisi dell'altezza delle onde, o mareggiate, nel centro-nord Adriatico, per esempio, secondo l'Atlante delle onde dei mari italiani (Corsini et al., 2004), una mareggiata viene isolata se l'altezza significativa dell'onda (Hs) alla boa di Ancona supera la soglia di 1,0 m per almeno 12 ore consecutive e due eventi successivi si ritengono indipendenti se sono separati da almeno 6 ore consecutive di altezza significativa sotto quella soglia. Un'altra definizione per il nord Adriatico viene fornita da Bertotti et al., (1996), che fissa a 2,0 m la soglia di superamento dell'onda.

In questo lavoro (paragrafo 2.2) per l'individuazione delle mareggiate significative si è quindi provveduto a classificare ciascun evento secondo un criterio locale che includa alcune delle definizioni già date da altri autori, ma che, contemporaneamente, introduce nuovi elementi.

I valori di riferimento adottati per la compilazione del catalogo delle mareggiate e degli impatti associati (capitolo 2) sono sintetizzati nella successiva tabella 1, dove si considera come riferimento per la sola componente ondometrica il valore di 3,0 m, per la sola componente di livello del mare il valore di 0,8 m, mentre per la combinazione dei due segnali i valori di altezze d'onda superiori a 2 m e i livelli del mare superiori a 70 cm. Quest'ultimo criterio corrisponde ai valori di soglia precedentemente descritti.

Valore di riferimento Onde (m)	3,0
Valore di riferimento Livello (m)	0,8
Soglia critica Onde/Livello (m)	Onda>2 e Livello>0,7

Tabella 1 - Riepilogo dei valori di riferimento e di soglia utilizzati per la compilazione del catalogo degli eventi di mareggiata.

2 Il catalogo delle mareggiate e degli impatti associati

Il catalogo costituisce una raccolta organizzata di dati relativi agli eventi meteo marini che hanno causato impatti significativi sulle aree costiere. Questa raccolta di dati consente di eseguire analisi statistiche sulla ricorrenza degli eventi (tipo di fenomeno, aree colpite, tipo di danno, ecc.), di realizzare studi sul valore economico dei danni riscontrati e di pianificare le azioni preventive. Il catalogo rappresenta inoltre un elemento fondamentale per individuare le soglie di criticità del sistema litorale. Quest'ultimo aspetto, come si vedrà in seguito, risulta particolarmente rilevante per la gestione del rischio costiero nelle pratiche di protezione civile.

Per realizzare il catalogo si è proceduto seguendo un duplice approccio. In primo luogo si è ricostruita la serie storica di altezza dell'onda e del livello del mare che coprisse il maggior numero possibile di anni, in base alla disponibilità dei dati misurati. A partire da questa serie storica è stato poi possibile identificare e classificare gli eventi che potevano essere definiti come "mareggiata significativa", secondo il criterio precedentemente descritto. Il metodo utilizzato per la ricostruzione della serie storica e la selezione degli eventi significativi è descritto nel paragrafo 2.2.

Parallelamente sono stati catalogati gli eventi che hanno prodotto impatti sul territorio e di cui si è trovato riscontro in archivi regionali e in altre fonti descritte dettagliatamente nel paragrafo 2.3.

Le due ricerche sono state poi tra loro confrontate ed integrate attraverso un lungo lavoro di riscontro tra le informazioni storiche ed i dati meteorologici e marini, di verifica della congruenza con i dati territoriali ed infine di analisi dei fenomeni, portando infine alla ricostruzione di una sequenza di cinquanta eventi documentati a partire dal 1946 fino al 2010. I cinquanta eventi catalogati sono descritti nella Tabella di sintesi delle mareggiate con impatti significativi (Allegato 1).

In questo volume vengono presentate le schede di dieci eventi significativi selezionati in modo da risultare distribuiti sull'intero arco temporale e rappresentative di diverse tipologie di fenomeno e di impatto. I contenuti ed i criteri con cui sono state compilate le schede evento sono descritti nel paragrafo 2.3.4, mentre le schede sono inserite nella parte finale del volume (Allegato 2).

Si è infine proceduto ad una prima analisi dei dati contenuti nel catalogo i cui risultati sono presentati nel capitolo 3.

Per la costruzione del catalogo degli impatti si è fatto riferimento, per gli aspetti metodologici e per il confronto di alcuni eventi di inondazione in aree costiere, al Sistema Informativo sulle Catastrofi Idrogeologiche (SICI), ideato dal Gruppo Nazionale per la Difesa dalla Catastrofi Idrogeologiche del CNR (Cardinali, 1993; Cipolla et al., 1998; Guzzetti et al., 2002). Questo tipo di ricerca è ormai consolidata nell'ambito della gestione del rischio idrogeologico e del rischio sismico, al punto che in tutti i progetti relativi alla gestione di tali emergenze viene contemplata una fase di catalogazione e studio degli eventi passati e dei relativi impatti. La conoscenza e la conservazione della memoria storica risulta infatti strategica per definire dove, con quale frequenza e con quale intensità gli eventi si sono verificati nel passato, costituendo un elemento indispensabile nell'analisi del rischio, anche in considerazione del fatto che fenomeni particolarmente intensi hanno spesso probabilità di accadimento (tempi di ritorno) elevati, superiori alla vita dell'uomo.

Per quanto riguarda la ricerca e catalogazione degli eventi di mareggiata è stato invece necessario sviluppare un metodo specifico che, prendendo avvio dalla fenomenologia degli eventi di mareggiata nell'alto Adriatico, introduca degli indicatori quantitativi misurabili, giungendo alla catalogazione degli eventi significativi estratti da una serie storica opportunamente ricostruita. Questo lavoro, realizzato nell'ambito del progetto MICORE, presenta alcuni aspetti innovativi in quanto,

come precedentemente sottolineato nel paragrafo 1.2, non è reperibile nella letteratura specializzata una esaustiva metodologia di classificazione degli eventi di mareggiata, intesi come quegli eventi meteo-marino di intensità tale da produrre impatti significativi sulla costa (quali allagamenti, forte erosione, danni alle infrastrutture, ecc.).

2.1 Le fonti dei dati meteo-marini

Per la ricostruzione della serie storiche degli eventi di mareggiata e la caratterizzazione delle condizioni meteo-marine durante gli eventi a forte impatto costiero sono stati utilizzati dati rilevati da varie stazioni meteorologiche, ondametriche e mareografiche e dati di analisi delle condizioni meteorologiche ad ampia scala (sinottiche). I dati utilizzati sono stati estratti dagli archivi disponibili presso il Servizio Idro-Meteo-Clima di ARPA Emilia-Romagna e sono riassunti nelle successive tabelle 2a e 2b, dove sono indicate, oltre all'origine, le loro caratteristiche. La localizzazione delle stazioni di misura è riportata nella figura 2.

Tipo di dato	Nome stazione	Latitudine Nord (°)	Longitudine Est (°)	Altezza/Profondità (m sul livello del mare)	Periodo dati analizzati
Meteo-Locale	Volano	44,8129	12,2504	3	1986-2010
Meteo-Locale	Cesenatico Porto	44,2018	12,4035	1	2001-2010
Meteo-Sinottica	Marina di Ravenna	44,4777	12,2833	2	1951-1991
Meteo-Sinottica	Rimini	44,0333	12,6168	7	1951-1991
Meteo-Sinottica	Cervia	44,2167	12,3000	6	1990-2007
Ondametrico-Meteo	Piattaforma ENI-PCW (Ravenna)	44,5117	12,3600	-12,5	1992-2001
Ondametrico	Piattaforma CNR-ISMAR (Venezia)	45,3133	12,5083	-16	2001-2006
Ondametrico	Modello SWAN (boa virtuale)	44,3317	12,4000	-10	2005-2010
Ondametrico	Boa di Ancona	43,8300	13,7133	-75	1999-2006
Ondametrico	Boa di Cesenatico	44,2150	12,4750	-10	2007-2010
Livello del mare	Venezia – Punta della Salute	45,4317	12,3367	0	1923-2008
Livello del mare	Porto Corsini (Ravenna)	44,4885	12,2762	0	1975 1986-2010
Livello del mare	Porto Garibaldi (Ferrara)	44,6768	12,2494	0	2009-2010

Tabella 2a - Fonti dei dati meteorologici e marini utilizzati.

Nome dataset	Risoluzione spaziale (km)	Periodo dati analizzati
ECMWF - ERA40	~120	1958-1988
ECMWF - ERA-Interim	~80	1989-2010

Tabella 2b - Fonte delle analisi meteorologiche utilizzate.



Figura 2 - Localizzazione delle stazioni di misura meteorologiche e marine utilizzate per l'analisi storica delle mareggiate.

2.1.1 Dati ondametrici

I dati ondametrici, estratti da diverse fonti, sono stati omogeneizzati in un'unica serie temporale che copre il periodo 1992-2010, cercando di utilizzare maggiormente le stazioni collocate in Emilia-Romagna e/o le sorgenti di dati complete di informazioni direzionali dell'onda.

La rete regionale RIRER dispone dal 2007 di una boa ondametrica direzionale (denominata boa Nausicaa) posizionata in corrispondenza di Cesenatico su una batimetria di 10 m. La stazione fornisce dati di altezza e direzione dell'onda ogni 30 minuti. Per periodi antecedenti al 2007 sono stati utilizzati i dati delle stazioni collocate sopra le piattaforme per l'estrazione di gas dell'ENI, in particolare quelli della piattaforma PCW, posizionata in corrispondenza di Marina di Ravenna su un fondale di 12,5 m, che dispone della serie temporale più lunga tra tutte le piattaforme disponibili (1992-2001). Le stazioni della rete ENI forniscono l'altezza dell'onda con frequenza semioraria, stimata a partire dal livello idrometrico rilevata ad alta frequenza, ma non forniscono dati di direzione dell'onda.

In mancanza di dati locali sono stati utilizzati i dati di altezza e direzione dell'onda forniti dalla boa ondametrica di Ancona appartenente alla Rete Ondametrica Nazionale - RON (Arena et al., 2001). Questa stazione ha fornito misure direzionali ogni 30 minuti dal 1999 al 2006, ha smesso di funzionare nel maggio 2006 ed è stata reinstallata nel 2010. Ulteriori dati derivano dalla piattaforma oceanografica Acqua-Alta del CNR-ISMAR di Venezia (Cavaleri, 1999).

I dati della Boa di Ancona sono stati trasposti di fronte alla costa ravennate usando il metodo dei *fetch* efficaci (per ulteriori dettagli vedi Gardelli et al., 2007). Le registrazioni di Venezia non sono state trasposte in quanto sono non direzionali, criterio indispensabile per l'applicazione del metodo.

Infine, viste le lacune nelle osservazioni nei gruppi di dati di Cesenatico e di Ancona e vista la completa assenza di misure dell'onda nel periodo 2005-2007, per riempire i periodi mancanti sono state utilizzate le simulazioni modellistiche dell'onda effettuate da ARPA-SIMC attraverso il sistema operativo per la previsione del moto ondoso denominato SWAN-MEDITARE (Valentini et al., 2007). I valori d'onda calcolati dal modello sono stati estratti dalla griglia di calcolo del modello nella stessa posizione della boa Nausicaa, davanti a Cesenatico. La griglia di calcolo deriva da tre domini innestati a risoluzione crescente. Il modello SWAN viene prima integrato sull'intera area del Mar Mediterraneo ad una risoluzione di $\frac{1}{4}$ di grado (circa 25 km). Da questa si generano le condizioni al contorno per il successivo *run* sul dominio Italia, la cui risoluzione orizzontale è stabilita a $\frac{1}{12}$ di grado (approssimativamente pari a 8 km). Da questa corsa vengono poi prodotte tutte le condizioni dei campi d'onda ai limiti della zona caratterizzante il litorale regionale, dati necessari per la successiva fase di *nesting* (annidamento) che consente di avere una più accurata previsione. In questa terza fase, infatti, il modello SWAN viene integrato sulle acque costiere della regione Emilia Romagna, aumentando il dettaglio spaziale che viene portato ad una risoluzione di calcolo di $\frac{1}{120}$ di grado (pari a circa 800 m). La catena operativa fornisce una corsa al giorno con una previsione fino a 72 ore successive all'orario di emissione (00 UTC) e con un passo temporale orario delle variabili di uscita.

2.1.2 Dati mareografici

La principale fonte di dati relativi al livello del mare in Emilia-Romagna è il mareografo di Porto Corsini, Ravenna, appartenente alla Rete Mareografica Nazionale (RMN) gestita da ISPRA. Una stazione mareografica è in funzione a Porto Corsini fin dal 1897, la localizzazione della stazione all'interno dell'area portuale ed il tipo di strumentazione installata è variata nel corso del tempo (per i dettagli si veda www.idromare.it). Il mareografo attuale è stato posto in opera nel 1957. I dati numerici orari di questa stazione mareografica sono disponibili in archivio per tutto l'anno 1975 e dal 1986 al 2010 (www.mareografico.it).

Dal 2009 inoltre è entrata in funzione una stazione mareografica integrata della Provincia di Ferrara, Servizio PO Acque Costiere ed Economia Ittica, collocata sul pontile del porto canale di Porto Garibaldi (FE). I dati recenti sono accessibili dal sito www.provincia.fe.it, mentre la consultazione di quelli pregressi è avvenuta attraverso un sito riservato al quale ci è stato gentilmente favorito l'accesso dalla Provincia di Ferrara.

In assenza di dati locali nei periodi antecedenti il 1975 e nel periodo 1976-1985 per il quale non sono disponibili i dati di Porto Corsini, si è fatto ricorso ai dati forniti dal mareografo di Venezia Punta della Salute, appartenente alla Rete Mareografica della Laguna di Venezia e del litorale Adriatico Nord Occidentale (RMLV) (www.ispravenezia.it). Il mareografo si trova nella sua collocazione attuale dal 1923 sul lato del Canale della Giudecca. Per l'individuazione delle acque alte eccezionali si è fatto riferimento alle elaborazioni fornite dal Centro Maree della città di Venezia (www.comune.ve.it) che riporta dati ufficiali, tarati e corretti registrati dallo strumento installato a Punta della Salute.

Per gli eventi antecedenti il 1975 sono stati inoltre consultati gli annali idrologici del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale, compartimento di Bologna, sui quali sono pubblicati i dati aggregati (media decadale, massimo e minimo mensile) dei mareografi di Porto Corsini (dal 1934). In tal caso, trattandosi di dati aggregati non è possibile risalire puntualmente al valore osservato durante il singolo evento. Gli annali idrologici sono consultabili sul sito www.annali.apat.gov.it/site/it-IT.

Nell'utilizzare i dati registrati a Venezia si deve considerare che il confronto tra i massimali osservati nel periodo 2000-2009 nelle due stazioni di Punta della Salute e Porto Corsini ha mostrato una significativa correlazione lineare (coefficienti di correlazione 0,90-0,93; Masina & Ciavola, 2011).

Per quanto riguarda il livello del mare, nella Rete Mareografica Nazionale ogni sensore di livello è riferito ad una staffa mareografica la cui quota è stata determinata facendo riferimento alla rete altimetrica realizzata dall'I.G.M. e per precisione collegandosi al più vicino caposaldo IGM. (www.mareografico.it). Nell'utilizzare i dati storici di marea antecedenti il 1990 e nell'eseguire i confronti con i dati successivi si deve tuttavia considerare che le livellazioni, anche se molto accurate, venivano ripetute molto raramente. La progressiva introduzione della livellazione mediante GPS ha ridotto questa fonte di incertezza.

2.1.3 *Dati meteorologici*

Le osservazioni del vento sono fornite da stazioni appartenenti alla rete meteorologica nazionale dell'Aeronautica Militare che fornisce dati secondo la codifica standard internazionale SYNOP e METAR. I messaggi SYNOP forniscono l'intensità del vento, espressa come la velocità del vento rilevata negli ultimi 10 minuti dell'ora di riferimento, con cadenza tri-oraria. I messaggi METAR forniscono l'intensità del vento oraria e, quando presente, la velocità massima o raffica. Si è quindi preferito utilizzare, quando disponibile, questa seconda codifica.

Le stazioni anemometriche della rete regionale RIRER coprono un arco temporale più breve (a partire dal 1984) ed appartengono a diverse sottoreti. Ciascuna sottorete risponde a standard di posizionamento degli strumenti ed acquisizione dei dati tra loro diversi, in dipendenza delle finalità specifiche della sottorete. Per le stazioni delle reti locali la velocità del vento viene fornita come media oraria (scalare e/o vettoriale), velocità massima oraria e intensità (riferita agli ultimi 10 minuti dell'ora) in dipendenza dalla sottorete di appartenenza.

Per quanto riguarda la copertura temporale dei dati, si noti che negli archivi non sono disponibili analisi meteorologiche antecedenti il 1958, ed osservazioni meteorologiche antecedenti il 1951.

Per caratterizzare le condizioni meteorologiche ad ampia scala (sinottiche) relative agli eventi compresi fra il 1958 e il 1988 sono state utilizzate le ri-analisi di ECMWF ERA40, mentre per quelli dal 1989 in poi sono stati utilizzati i campi di ECMWF ERA-Interim (per una descrizione di questi sistemi di analisi si rimanda a ECMWF Newsletter n. 110 disponibile su www.ecmwf.int). Come si nota dalla tabella 2b queste ri-analisi presentano una diversa risoluzione spaziale.

2.1.4 *Convenzioni adottate nella descrizione delle condizioni meteo-marine*

Tutte le grandezze meteorologiche sono espresse nelle unità di misura del Sistema Internazionale (SI) ed adottando le convenzioni stabilite dalla Organizzazione Meteorologica Mondiale (OMM), in particolare la pressione viene espressa in hPa, la temperatura dell'aria in °C, la velocità e l'intensità del vento in m/s; in alcuni casi, per una maggior comprensione intuitiva, si è indicato anche il valore della velocità del vento in km/h. Per la direzione del vento si è indicato o il quadrante (I, II, III e IV), oppure la provenienza, (E, NE, E-NE ecc.). In alcuni casi si è anche riportato il nome locale del vento (bora, scirocco, ecc.).

Il regime ondoso è descritto attraverso l'Altezza Significativa, il periodo e la direzione. L'altezza dell'onda è definita come la differenza tra il massimo livello raggiunto dall'onda (cresta) ed il suo livello minimo (cavo), l'altezza significativa dell'onda viene calcolata a partire dalle altezze di tutte le onde presenti in un'area della superficie del mare, ordinandole per altezza crescente. Si definisce Altezza Significativa la media del terzo più alto, e la si esprime in metri (m). Questa grandezza ha il vantaggio di essere abbastanza simile all'altezza che percepisce un osservatore ad occhio nudo, e dunque di facile interpretazione ed assunzione. Il periodo medio è, invece, la semplice media dei periodi di tutte le onde considerate in un'area di superficie del mare, dove per periodo si intende l'intervallo di tempo necessario affinché in uno stesso punto si alternino due creste d'onda. Si misura in secondi (s). Infine per "direzione" si intende la direzione di provenienza delle onde, espressa in base alla convenzione Nautica, secondo la quale gli angoli (in gradi sessagesimali) sono riferiti al Nord.

Qualora non diversamente indicato l'ora viene espressa nel sistema GMT, cioè l'ora universale riferita al meridiano di Greenwich. In alcuni casi le stazioni (es. RMN) fanno riferimento all'ora locale (GMT +1 h in inverno e GMT+2 h in estate).

2.2 L'identificazione degli eventi meteo marini: il catalogo delle mareggiate (1992-2010)

La serie temporale di dati ondametrici del periodo 1992 al 2010, ricostruita secondo il metodo descritto in precedenza, è stata analizzata per identificare ed isolare gli eventi di mareggiata.

Sono stati scelti come eventi di mareggiata i casi nei quali l'altezza d'onda significativa (H_s) ha superato per almeno 6 ore il valore di riferimento di 1,5 m. Due eventi sono considerati separati se H_s scende al di sotto di 1,5 m per almeno 3 ore. Non sono stati introdotti filtri sulla direzione dell'onda, in quanto molti campioni della serie temporale analizzata non contengono tale informazione.

I valori di riferimento utilizzati per identificare gli eventi di mareggiata sono stati definiti nel corso dello studio dei dati ondametrici in Emilia-Romagna, iniziato con il progetto CADSEALAND (AA.VV.2006) e proseguito all'interno del progetto MICORE.

Sono stati identificati complessivamente 225 eventi nel periodo 1992-2010. Ciascuno degli eventi identificati è stato descritto attraverso una serie di grandezze caratteristiche (tabella 3) come: l'altezza significativa (m), il periodo (s) e la direzione dell'onda in gradi rispetto al Nord (secondo la convenzione nautica). Per le stazioni non direzionali la direzione dell'onda è stata stimata in base a quella di provenienza del vento. Questa stima, tuttavia, fornisce solo un'idea orientativa della possibile provenienza dell'onda, essendo scarsa la correlazione che a volte sussiste tra direzione di onde e vento locale su uno stesso, singolo punto.

Evento	Giorno, mese anno, ora, minuti	Energia ($m^2 h$)	Classe energetica	Durata (h)	Direzione ($^{\circ}N$)	Massima altezza significativa	Set di dati utilizzato
--------	-----------------------------------	---------------------	-------------------	------------	---------------------------	----------------------------------	---------------------------

Tabella 3 - Schema di riferimento per la descrizione degli eventi significativi di mareggiata.

Per completare la caratterizzazione degli eventi è stata calcolata, infine, l'energia totale (E) di ogni mareggiata, identificata attraverso l'integrazione dell'Altezza Significativa dell'onda (H_s) per la durata della mareggiata (t_1, t_2), seguendo così la metodologia di Mendoza & Jimenez (2004), adottata successivamente da Armaroli et al., (2007) per studi locali, per adattare la scala delle mareggiate oceaniche proposta da Dolan & Davis (1992) al contesto mediterraneo

$$E = \int_{t_1}^{t_2} H_s^2 dt \quad (m^2 h)$$

L'evento è stato poi classificato attraverso la classe energetica definite come segue (tabella 4):

Scala di classificazione energetica delle mareggiate	
Classe	Energia totale ($m^2 h$)
I-debole	$E \leq 58,4$
II-moderata	$58,4 < E \leq 127,9$
III-significativa	$127,9 < E \leq 389,7$
IV-severa	$389,7 < E \leq 706,9$
V-estrema	$E > 706,9$

Tabella 4 - Scala di classificazione energetica delle mareggiate.

Per ciascun evento identificato tramite l'analisi del moto ondoso sono stati successivamente identificati i valori del livello del mare durante l'evento stesso e quelli registrati in un intervallo di 24 ore prima e dopo il picco massimo dell'altezza dell'onda. I dati registrati a Venezia sono stati usati per verificare se a Venezia la quota del mare ha raggiunto valori importanti e tali da causare inondazione della città anche quando il mareografo a Ravenna non ha registrato livelli di acqua alta significativi.

2.3 La caratterizzazione degli impatti delle mareggiate: il catalogo degli impatti (1946–2010)

Lo studio dell'effetto delle mareggiate ha portato all'analisi degli impatti prodotti dagli eventi meteo-marini intensi sui litorali, sulle infrastrutture costiere e sui centri abitati, raccogliendo informazioni relative al danno subito dai territori e dalle popolazioni costiere come conseguenza di un evento e agli interventi che si sono resi necessari per arginarlo. Non rientrano negli obiettivi di questo studio l'analisi dei pericoli per le attività che si svolgono in mare, quali, ad esempio, la navigazione e la pesca.

In Emilia-Romagna, come precedentemente evidenziato nel paragrafo 1.2, il fenomeno meteo-marino più allarmante è quello della combinazione tra mareggiata (in termini di elevate altezze d'onda) ed acqua alta. Questa criticità è causata dall'assetto morfologico della piana costiera che è caratterizzata da vaste aree con quote altimetriche prossime ed inferiori al livello del mare e da ampi settori in cui le difese naturali (spiaggia e duna) sono state compromesse. Come si vedrà dall'analisi del catalogo (capitolo 3), tali fenomeni sono in grado di arrecare ingenti danni sia in zone intensamente urbanizzate, colpendo infrastrutture ed attività, sia in aree naturali, provocando danni seri ed irreversibili all'ecosistema. Entrambi questi aspetti sono elementi rilevanti nell'ambito della Gestione Integrata della Zona Costiera e nell'analisi degli scenari futuri.



Figura 3 - Impatto morfologico in area naturale (Vene di Bellocchio Marzo 2010). In questa zona risultano esposte le argille lagunari di retro barriera in seguito all'asportazione delle sabbie.

2.3.1 *Obiettivi e metodi*

L'obiettivo fondamentale di questa fase della ricerca è stato quello di individuare tutte le informazioni utili a definire le zone, il tipo e l'entità dell'impatto registrato sul territorio in occasione di un evento meteo-marino di mareggiata, di acqua alta o della combinazione dei due. L'elaborazione del catalogo degli impatti delle mareggiate storiche differisce perciò sensibilmente dalla ricostruzione della serie storica dei fenomeni fisici perché non si basa su dati acquisiti strumentalmente, come nel caso di onde e marea, ma sulla raccolta e l'elaborazione di dati ed informazioni molto diverse tra loro, che devono essere confrontate al fine di comprendere l'intera e complessa dinamica degli eventi.

La realizzazione del catalogo è avvenuta attraverso successive fasi di lavoro che possono essere così sintetizzate:

- censimento delle segnalazioni di impatto da mareggiata a partire dalle informazioni disponibili negli archivi regionali;
- consultazione di altre fonti;
- confronto tra gli eventi segnalati e la registrazione dei fenomeni meteo-marini;
- organizzazione dei dati raccolti per singolo evento;
- elaborazione dei dati e georeferenziazione delle zone di impatto;
- creazione del catalogo e delle schede evento.

Risulta abbastanza chiaro che gli elementi cruciali su cui si è basato il lavoro sono stati quindi l'individuazione delle fonti di informazione attendibili, l'organizzazione e l'elaborazione dei dati e la stesura del catalogo e delle schede evento che sono descritti nei successivi punti, offrendo contestualmente un dettaglio sul percorso metodologico.

2.3.2 *Le fonti delle informazioni*

Nonostante il lavoro di ricerca degli impatti delle mareggiate interessi un arco temporale relativamente breve, cioè gli ultimi 65 anni, l'individuazione di fonti attendibili dalle quali attingere le informazioni è stato un lavoro lungo e complesso. Ciò è da imputare a diverse cause: l'informaticizzazione dei documenti è solo molto recente, così come la registrazione cartografica dei dissesti; gli archivi cartacei di molti enti sono inaccessibili; le tecniche di registrazione dei dati si sono evolute molto nel tempo e talora non sono confrontabili.

Fin dalle prime fasi della ricerca, che è stata effettuata in parte grazie al supporto degli strumenti informatici che permettono l'accesso a diverse banche dati (regionali, dei quotidiani, tematiche), e in parte raccogliendo il materiale cartaceo direttamente dagli archivi, ci si è resi conto della complessità della ripartizione e del trasferimento delle competenze in materia di difesa della costa tra Stato, Regione, Comuni ed altri enti, con la conseguente dispersione di documenti e la difficoltà di organizzare un loro recupero.

Dal punto di vista formale, infatti, è solo dall'inizio del 2000 (con il decreto attuativo del D.Lgs 112/98) che la Regione ha piena competenza in materia di difesa costiera, in precedenza, invece, essa era affidata allo Stato attraverso il Genio Civile Opere Marittime, affiancato dai Comuni per la manutenzione delle opere e dai Consorzi di Bonifica per la difesa delle zone agricole.

A partire dalla metà degli anni '70, in realtà, la Regione ha via via acquisito sempre maggiori competenze in merito alla gestione della fascia costiera, sia per quel che riguarda la realizzazione delle opere di difesa, ancorché autorizzate dallo Stato, sia per la gestione amministrativa del litorale. In questo contesto si è così attivata sempre più concretamente anche la registrazione delle informazioni relative alle criticità di questo ambito territoriale, al punto che, già dagli anni '90, si riscontra una buona documentazione degli impatti prodotti dalle principali mareggiate. A partire dal 2000 infine, i Servizi Tecnici di Bacino (STB) hanno cominciato a registrare in maniera sistematica gli eventi principali, i danni occorsi e gli interventi effettuati necessari per arginare i rischi. In qualche

caso gli STB hanno recuperato anche parte della documentazione storica relativa al territorio di propria competenza.

Per questi motivi il lavoro è stato impostato su una minuziosa ricerca effettuata attraverso varie fonti, alcune previste fin dalle prime fasi del progetto, altre individuate in corso d'opera, ovvero: archivi regionali e di altri enti territoriali, Università ed enti di ricerca, quotidiani, siti internet tematici, elencati nella tabella 5. Alcune di esse possono essere considerate fonti principali, perché hanno permesso la predisposizione del catalogo degli impatti, altre secondarie perché hanno consentito solo di circostanziare meglio gli eventi.

Fonte	Principali tipi di documenti	n.eventi
Archivi R.E-R	Rapporti tecnici STB e documentazioni fotografiche	32
	Rapporti tecnici (Genio civile)	8
	Atti Parlamentari	4
	Dati telerilevati (riprese aeree e rilievi LIDAR)	3
ARPA-SIMC	Dati meteorologici	49
	Dati ondametrici	35
DST-UniFe	Sistema video Argus	11
	Relazioni	9
Centro Maree (Comune di Ve)	Dati mareografici	6
ISPRA	Annali idrologici	10
	Dati mareografici	34
	Dati ondametrici	
Quotidiani	Articoli	42
Protezione civile	Giornale eventi	5
	Ordinanze / Piani di interventi	3
SICI (CNR-IRPI)	Catalogo piene (progetto AVI)	5
Siti Internet	Pagine web tematiche	10

Tabella 5 - Sintesi delle fonti di informazioni consultate, e dei principali documenti raccolti. È indicato inoltre il numero di eventi nel quale il dato è stato individuato.

Come si evince dalla tabella gli Archivi R.E-R hanno costituito la fonte di riferimento principale per l'analisi degli impatti, perché in essi sono stati recuperati i documenti più importanti, ovvero i rapporti tecnici prodotti dai Servizi Tecnici di Bacino talora corredati da foto acquisite durante le ispezioni in loco. Ulteriori documenti rinvenuti sono state le relazioni relative ad interventi eseguiti a seguito di eventi e occasionalmente cartografie e dati telerilevati.

Agli Archivi R.E-R sono riconducibili anche le relazioni sullo Stato del Litorale, effettuate da Idroser (1982, 1996) e da ARPA (2002), nelle quali sono contenute informazioni su alcune mareggiate che hanno colpito la costa negli anni della loro redazione.

Per i motivi precedentemente descritti, le informazioni acquisite dalla regione prima degli anni '90 erano scarse e molto disomogenee e spesso le ispezioni sul territorio, per rilevare i danni conseguenti ad un evento, venivano condotte in modo sporadico. Successive ricerche negli Archivi R.E-R hanno permesso, tuttavia, di recuperare documenti redatti da altri enti e indirizzati alla regione, oppure ereditati dagli uffici tecnici in seguito all'assorbimento di uffici soppressi. Si tratta per lo più di relazioni tecniche prodotte dagli uffici provinciali dei Geni Civili e/o dai comuni, e di Atti parlamentari nei quali erano riportati gli esiti delle discussioni inerenti i dissesti provocati da fenomeni meteo-marini importanti.

Sulla base delle informazioni raccolte negli Archivi R.E-R è stato stilato un primo elenco di date evento che è stato messo a confronto con il catalogo delle mareggiate (1992-2010) precedente-

mente descritto. Dal confronto sono stati individuati alcuni eventi molto intensi dal punto di vista del fenomeno fisico dei quali ancora non si era trovata testimonianza di impatto.

Sono stati inoltre considerati i livelli di marea consultando i dati descritti nel paragrafo 2.1. A questo riguardo una fonte di informazione che si è rivelata preziosa per identificare possibili eventi impattanti è stata il Centro Maree del Comune di Venezia dove sono consultabili le serie storiche degli eventi di acqua alta a partire dal 1936 (www.comune.ve.it). In questo modo sono stati identificati eventi contraddistinti da valori di acqua alta molto elevati sui quali è stata poi approfondita la ricerca anche in ambito regionale.

Per colmare le carenze di notizie e per procedere a ritroso nel ritrovamento di ulteriori segnalazioni di danni si è proceduto con la consultazione degli archivi informatici dei quotidiani, e in particolare del Corriere della Sera, Il Resto del Carlino e La Repubblica. Da una parte è stata fatta un'indagine mirata utilizzando come requisito per la ricerca la data dell'evento, poi sono state condotte consultazioni più generiche per anno e per zona. Poiché gli archivi *on-line* dei quotidiani coprono un arco temporale limitato (i più vecchi risalgono all'anno 1986) la ricerca è proseguita presso la biblioteca comunale dell'Archiginnasio di Bologna, nella quale sono archiviate varie testate: Il Resto del Carlino (cronaca di Bologna e locali), l'Unità, Avvenire, Avanti, Corriere della Sera.

L'ultima delle fonti principali alle quali si è fatto riferimento sono stati gli archivi della Protezione civile nei quali sono stati individuati due tipologie di dato molto interessanti: il Giornale eventi e le Ordinanze di Protezione civile con i relativi Piani di Intervento. Il Giornale eventi è uno strumento di consultazione riservato al personale reperibile nella sala operativa del Centro Multirischio (che fa parte del Centro Operativo della Protezione civile) ed è disponibile a partire dal 2009. Esso, oltre alla registrazione dell'evento, contiene il documento di riferimento che ha generato la segnalazione. Si tratta solitamente di lettere o relazioni prodotte dai Comuni che hanno subito il danno. Le Ordinanze di Protezione civile sono invece atti in cui vengono stanziati fondi per fronteggiare lo stato di emergenza conseguente ad eventi climatici molto intensi e, talora, sono accompagnati da un piano di interventi in cui sono specificati in dettaglio le località, le opere ed i costi previsti.

Per circostanziare e descrivere meglio alcuni eventi sono state poi consultate alcune fonti secondarie. Presso l'Università di Ferrara sono state acquisite alcune relazioni in cui gli studenti avevano raccolto dati su eventi meteo-marini avvenuti negli ultimi anni. Altri dati molto importanti messi a disposizione sono le immagini del sistema video Argus, descritte in seguito.

Un'ulteriore fonte che si è dimostrata molto interessante è stato il Sistema Informativo sulle Catastrofi Idrogeologiche (SICI) prodotta dall'istituto IRPI del CNR attraverso il quale si accede al catalogo delle Piene fluviali (AVI) (Guzzetti et al., 2002; <http://sici.irpi.cnr.it>). Esso fornisce dati e informazioni sulle inondazioni avvenute in Italia, per cui è stato possibile verificare se, in occorrenza degli eventi di mareggiata già identificati, fossero avvenute anche esondazioni fluviali alle foci.

2.3.3 *Le informazioni utilizzate per la definizione degli impatti*

Tra tutti i dati raccolti solo alcuni sono stati utilizzati per la definizione delle località colpite e della tipologia di impatto e meritano una descrizione più approfondita. Alcuni dati, inoltre, sono stati oggetto di elaborazioni in GIS che hanno permesso valutazioni più approfondite.

I **Rapporti tecnici** effettuati negli anni più recenti dai Servizi Tecnici regionali e in precedenza dai Geni Civili provinciali, sono relazioni piuttosto circostanziate in cui sono riportate le località e le tipologie di danno registrate sul territorio (erosioni, allagamenti, ecc.). In alcuni casi gli impatti sono in realtà desumibili solo indirettamente perché tali relazioni sono per lo più richieste di finanziamento rivolte allo Stato per l'esecuzione di interventi di ripascimento e/o di ripristino di opere di difesa e infrastrutture.

È da sottolineare che la registrazione dei danni e la terminologia utilizzata nei rapporti è cambiata nel tempo. Mentre in passato erano evidenziati soprattutto i danni alle abitazioni o alle infrastrutture (muretti abbattuti, strade dissestate, ecc.), a partire dagli anni '90 sono descritti in modo

sempre più dettagliato i fenomeni di erosione della spiaggia e/o della duna, e i danni agli stabilimenti balneari divenuti, da quell'epoca, piuttosto numerosi lungo i litorali emiliano-romagnoli.

Altri documenti molto importanti per la catalogazione degli impatti sono stati le **Ordinanze di Protezione civile e i Piani di Intervento**, nei quali, tuttavia, i riferimenti alle località colpite sono piuttosto generici e raggruppati per provincia o comune. In questo caso, le segnalazioni riguardano soprattutto le aree di maggior importanza dal punto di vista del turismo e della Protezione civile (incolumità delle persone e delle cose), mentre sono più carenti le informazioni che riguardano le aree naturali.

In alcuni casi, l'incrocio tra vari tipi di informazioni ha permesso di ricostruire l'origine e la storia di importanti interventi di difesa programmati a seguito di eventi meteo-marini particolarmente rilevanti, quali per esempio, l'argine Acciaioli, nel ferrarese, realizzato dopo la mareggiata del 1966 e le porte Vinciane di Cesenatico progettate dopo gli eventi di allagamento degli anni '90.

Le **foto panoramiche** costituiscono un documento di estrema importanza perché permettono di valutare in modo più concreto l'entità del danno. Le prime foto disponibili risalgono all'evento del 4 novembre 1966 e sono immagini ricavate da quotidiani o da siti web tematici. Le prime immagini recuperate nell'archivio della Regione risalgono invece al 1986, anche se fino al 2000 sono state realizzate solo in casi eccezionali. Nella maggior parte dei casi si tratta di foto scattate a terra durante i sopralluoghi, mentre in casi rari sono riprese oblique acquisite dall'aereo (figura 4). Una buona documentazione fotografica è riportata a corollario delle descrizioni dei danni contenuti nelle schede evento.



Figura 4 - Allagamenti presso Valverde (FC) a seguito della mareggiata di fine gennaio 1986.



Figura 5 - Articoli di giornale relativi ad episodi devastanti di mareggiata (Il Resto del Carlino del 10 dicembre 1992).

PIOGGIA, VENTO E BURRASCHE SCONVOLGONO IL LITORALE ROMAGNOLO

La riviera divorata dal mare

A Bellaria spiaggia inghiottita. Rimini in ammollo. Spazzate via le cabine di Riccione

CESENATICO — Da tre giorni la costa romagnola è in stato d'emergenza. I danni più gravi sono stati causati dall'alluvione che ieri mattina ha investito Cesenatico, mandando sull'acqua il centro storico, parte della zona a mare e perfino, cosa mai accaduta in passato, l'interno. La mareggiata da una parte, e le floghe che scaricavano in un porto ormai stracolmo dall'altra, hanno fatto trascinare l'intera asta del canale che ha invaso addirittura la stazione per Cesena. Danni anche alla spiaggia, erosa dalle onde nonostante le dune artificiali erette a protezione del litorale. È stato però il centro a fare le spese maggiori: il municipio è rimasto isolato, l'acqua è entrata nelle case, negli scantinati, nei negozi, nei bar e nei ristoranti che si affacciano sul porto canale leonardesco, dove da pochi giorni sul-

le barche del museo della mariniera è stato allestito il presepe galleggianti. Tutte le forze disponibili sono state mobilitate: i vigili del fuoco si sono portati a Cesenatico dai distaccamenti dell'entroterra con squadre munite di motopompe, ma è stato difficile utilizzarle poiché non si sapeva dove far defluire l'acqua. I vigili urbani si sono trovati con l'ufficio inavvicabile, e si sono allagati perfino gli scantinati del teatro inaugurato tre settimane fa. È presto per fare una stima dei danni: il sindaco Luciano Natali ha tenuto una riunione con i tecnici, si guarda soprattutto al futuro per evitare il ripetersi di fenomeni del genere e si pensa al progetto delle «porte vinciane» (ita Leonardo da Vinci) parate mobili da installare alla bocca del porto per bloccare la furia del mare. A Rimini, l'intera zona di ma-

**A Cesenatico
il municipio
resta isolato
Ferrovia in tilt**

rina centro è in alluvione: strade allagate e scantinati pieni, vigili del fuoco subissati dalle chiamate. La furia degli elementi ha colpito particolarmente Bellaria. Il porto ha trascinato, l'acqua ha superato di un metro le banchine e le famiglie della zona hanno passato una notte insonne. Anche il fiume Uso ha rotto gli argini (come accadde l'anno scorso, allagando l'intero abitato) lungo un tratto di 300 metri. Tre ca-

te sono state isolate, i vigili urbani si sono concentrati nella zona per portare aiuto agli alligati e garantire i rifornimenti alimentari alle famiglie che non possono uscire di casa. Una barriera di sabbia è stata eretta lungo un buon tratto del litorale bellariano nel tentativo di arginare le onde. Il mare continua a essere ingrossato e il timone di un'altra avanzata dell'acqua serpeggia tra le famiglie che abitano sulla fascia costiera. La rianca a Igea Marina ieri è arrivata a ridosso delle colonie. La spiaggia è praticamente scomparsa, inghiottita dalla mareggiata. A Riccione non se la passano meglio. Ai danni di martedì, quando le onde avevano trascinato via le strutture di legno dei chioschi estivi, si sono aggiunti quelli dell'altra notte: almeno una decina di cabine di cemento sono crollate a causa dell'erosione. È un fenomeno micidiale che colpisce da anni l'intero litorale a sud di Riccione. Altri metri preziosi di spiaggia sono stati letteralmente inghiottiti dalla furia del mare. Cattolica e Misano subiscono a loro volta gli effetti. In quest'ultima località l'acqua ha raggiunto in alcuni punti fino a 30 centimetri di altezza: sottopassi allagati e centraline di pompaggio al lavoro senza sosta. Ai danni per gli allagamenti si sono aggiunti quelli per i collegamenti: alle 16,30 di ieri pomeriggio, all'altezza di Cesena, è stata chiusa la ferrovia Bologna-Ancona a causa della piena del Savio, che minacciava la stabilità del ponte. I treni sono stati bloccati e i passeggeri trasferiti in pullman. (Paolo Morelli e Giovanni M. Zangoni)

Un'ulteriore tipologia di immagini fotografiche, disponibili solo per alcuni eventi a partire dal 2004, è quella del sistema video Argus (Holman & Stanley, 2007); le riprese sono acquisite nella stazione di monitoraggio di Lido di Dante ed analizzate dall'Università di Ferrara. Il sistema è composto da quattro telecamere digitali che producono immagini di dimensione 1024x768 pixels montate in cima ad una torre alta 18 m. Le telecamere sono collegate ciascuna direttamente ad un computer e sono azionate da un comando esterno in grado di farle funzionare secondo un ordine ben definito. Successivamente i filmati vengono elaborati per creare quattro tipi di immagini: *snap*, *timex*, *daytimex* e *variance*. Esse rilevano in continuo, durante le ore di luce, l'evoluzione del tratto di spiaggia emersa e sommersa sulla quale la camera è puntata, registrando così l'evoluzione del sistema spiaggia durante gli eventi di mareggiata (Armaroli & Ciavola, 2011).

Gli **articoli** dei giornali scaricati dalle testate *on-line* e, per quelli più datati, le scansioni effettuate a partire dalle versioni cartacee (figura 5) o dai microfilm conservati negli archivi della biblioteca dell'Archiginnasio di Bologna, hanno anch'essi fornito informazioni utili alla descrizione dei danni. Questo tipo di dato, soprattutto quando estratto dalla cronaca locale, offre notizie piuttosto circostanziate sui danni e sulla successione degli eventi, riportando anche stime economiche. Talora gli articoli enfatizzano l'entità dei fenomeni e dei danni, però spesso offrono una panoramica a vasta scala, inquadrando l'evento nel contesto dei fenomeni meteorologici in atto dalla scala locale a quella nazionale. In alcuni casi sono riportate anche le operazioni di messa in sicurezza di persone e cose da parte di Vigili del fuoco, della Protezione civile e delle Capitanerie di porto.

Ulteriori informazioni molto preziose sono quelle che derivano dall'elaborazione ed analisi dei **dati telerilevati**. Si tratta, in particolare, di riprese aeree della fascia costiera e di dati LIDAR, disponibili nel Sistema Informativo del mare e della costa (Perini & Calabrese, 2010). Le foto aeree sono state acquisite dalla Regione Emilia-Romagna a partire dal 1982 per scopi di studio e protezione della costa. Trattandosi di immagini acquisite ortogonalmente alla superficie terrestre, esse consentono, infatti, un aggiornamento rapido ed economico delle cartografie, permettendo così di valutare l'evoluzione della linea di riva, dell'uso del suolo, delle opere di difesa e delle infrastrutture via via comparse lungo la costa.

Le immagini più recenti sono state acquisite in formato digitale e georeferenziate rispetto al punto di ripresa, mentre quelle precedenti gli anni 2000 erano disponibili su supporto cartaceo, e sono state scansionate, ortorettificate e mosaiccate per l'utilizzo in ambiente GIS.

Per lo scopo di questo lavoro sono state utilizzate solo le foto aeree scattate a dicembre 1992 e marzo 2010, a seguito di due eventi meteo-marini molto impattanti. Nel primo caso fu la Regione a commissionare il rilievo per la valutazione delle aree allagate, mentre, nel secondo caso, le riprese aeree furono abbinate al rilievo LIDAR eseguito dalla Protezione civile regionale per la quantificazione dei danni legati all'evento.

Le foto aeree del 1992 hanno costituito uno strumento di analisi importantissimo perché su di esse è stato possibile effettuare una valutazione degli indicatori di impatto morfologico delle mareggiate caratteristici dei litorali emiliano-romagnoli (Calabrese et al., 2009). Si tratta di: ventagli di *washover*, ampie battigie di mareggiata, *beach ridge*, spiagge allagate e canali di deflusso. Lo studio è stato condotto grazie alla disponibilità nel Sistema Informativo Mare-Costa, di un altro rilievo aereo costiero dell'anno 1991, che ha costituito la base cartografica di confronto per l'individuazione di tali strutture.

I dati LIDAR sono dati altimetrici ad altissima risoluzione acquisiti con un sensore laser aereo-trasportato (LIDAR), che attraverso accurate procedure di analisi e processing dei dati, consentono di elaborare modelli digitali del terreno (DTM) e della superficie (DSM). La ripetizione dello stesso rilievo in tempi successivi consente di effettuare analisi evolutive delle morfologie in termini quantitativi e di effettuare valutazioni sugli spostamenti dei sedimenti litoranei.

Il primo rilievo LIDAR effettuato dalla Regione Emilia-Romagna risale al settembre 2004, e fu casualmente effettuato dopo due giorni dopo un evento meteo-marino molto rilevante. Gli altri dati LIDAR utilizzati allo scopo del presente lavoro sono quelli acquisiti a marzo 2010 per conto dell'Agenzia di Protezione civile regionale.

In entrambi i casi, grazie alla disponibilità di precedenti rilievi, quello del 2003 fornito da ENI e quello del 2008 del Piano Nazionale di telerilevamento, i dati LIDAR hanno permesso di studiare a fondo i processi morfologici conseguenti agli eventi di mareggiata e di quantificare gli impatti morfologici sulla spiaggia emersa e sulla duna.

2.3.4 Indicazioni per la lettura del catalogo

Sulla base dei dati raccolti e di una loro prima organizzazione in archivio è stata stabilita la struttura del catalogo generale degli impatti, che prevede i campi riportati in tabella 6.

Numero evento	Data evento	Regioni Adriatiche interessate	Località colpite in Emilia-Romagna	Fonte delle Informazioni	Tipologia delle Informazioni	Principali caratteristiche dell'evento	Danni riportati	Azioni ed interventi
---------------	-------------	--------------------------------	------------------------------------	--------------------------	------------------------------	--	-----------------	----------------------

Tabella 6 - Campi utilizzati per descrivere gli eventi impattanti nel catalogo.

Come si evince dai paragrafi precedenti i dati che sono stati raccolti per il singolo evento sono molteplici sia per tipologia che per formato e sono disomogenei nei contenuti. Per questo motivo, anche le informazioni riportate nel catalogo presentano molte diversità e talora sono incomplete. Il criterio di compilazione e il contenuto dei singoli campi è stato il seguente:

Numero Evento: gli eventi hanno una numerazione progressiva per facilitare la correlazione con le schede degli eventi. In alcuni casi ad uno stesso numero sono stati attribuiti più eventi successivi, tanto ravvicinati nel tempo da non permettere un minimo recupero della spiaggia. In questi casi anche la definizione degli impatti relativi a ciascun episodio risultava di difficile determinazione ed è stato introdotto il termine evento multiplo.

Data evento: indica i giorni nei quali l'evento si è manifestato. Derivano principalmente dai report tecnici, dai quotidiani e dal confronto con i dati meteo-marini.

Regioni Adriatiche interessate: questo campo è stato introdotto per evidenziare l'importanza di alcuni eventi, particolarmente intensi, da coinvolgere vaste aree dell'Adriatico.

Località colpite in Emilia-Romagna: indica le singole località o i tratti di litorale della costa emiliano-romagnola che sono stati interessati dall'evento segnalato. Quando il fenomeno si è abbattuto in aree estese si è fatto riferimento alla provincia di appartenenza del tratto di costa, in altri casi sono citati i comuni o le località coinvolte.

Fonte delle Informazioni: in questo campo sono sintetizzate le fonti che hanno fornito i dati utilizzati per la definizione e la descrizione dell'evento e dei danni riportati.

Tipologia delle Informazioni: la lista dei dati elencati è ordinata seguendo l'ordine delle fonti che l'hanno prodotta.

Principali caratteristiche dell'evento: in questo campo vengono riportate sinteticamente le caratteristiche meteorologiche dell'evento. Nella descrizione sintetica così come nelle schede dettagliate descritte nel seguito si è fatto uso delle migliori informazioni disponibili negli archivi del Servizio Idro-Meteo-Clima relative all'evento specifico. Le informazioni riportate riguardano il livello del mare, l'altezza dell'onda, i venti, le piene fluviali:

Vento: per le mareggiate antecedenti il 1992 sono stati utilizzati i messaggi SYNOP indicando il massimo valore dell'intensità del vento (media degli ultimi 10' di ogni ora) rilevato nelle stazioni di Marina di Ravenna e Rimini e la relativa direzione di provenienza. Per gli episodi successivi al 1992, oltre alla intensità massima e direzione del vento, sono stati riportati anche i dati di raffica del vento contenuti nei messaggi METAR delle stazioni di Marina di Ravenna, Rimini e Cervia. Per le mareggiate significative (si veda sotto) è stata anche riportata la

massima intensità del vento sul mare e la direzione del vento prevalente, dedotte dalle analisi ECMWF. Viene fornita anche indicazione di eventuali variazioni significative nella direzione e l'intensità del vento osservate nel corso dell'evento. Per gli episodi più recenti (successivi al 1984), in alcuni casi, sono state fornite le intensità del vento rilevate dalle stazioni della rete RIRER, in particolare dalla stazione di Cesenatico Porto, che essendo localizza sul pontile rileva frequentemente elevati valori di intensità del vento.

Onda: viene fornita la massima altezza significativa dell'onda e la relativa direzione prevalente sulle coste regionali, indicando la fonte dell'informazione. Quando la mareggiata è sufficientemente significativa da essere identificata ed isolata sulla base di precisi parametri fisico-temporali, viene calcolata e riportata in tabella la classe energetica dell'evento.

Livello del mare (acqua alta): viene riportato il massimo valore osservato nelle stazioni mareografiche. Qualora non fossero disponibili dati relativi alle stazioni mareografiche dell'Emilia-Romagna (Porto Corsini e Porto Garibaldi), si è fatto ricorso ai dati di Venezia - Punta della Salute.

Piène fluviali: si è ritenuto importante introdurre anche informazioni circa l'occorrenza di processi alluvionali in concomitanza dell'evento, perché in alcune zone del litorale la combinazione dei due fenomeni amplifica notevolmente i danni sul territorio. L'informazione deriva prevalentemente dal catalogo delle piène (AVI) ed in alcuni casi dai quotidiani.

Danni riportati: sono descritti i fenomeni di dissesto che si sono registrati e gli elementi naturali e/o artificiali coinvolti.

Azioni e interventi: in questa parte sono state elencate sia le azioni di prevenzione (eventuali allerte meteo) che quelle di pronto intervento attuate per arginare i danni. Sono inoltre riportati gli interventi successivamente programmati e realizzati per ripristinare le aree critiche (ripascimenti, sistemazione di opere di difesa, ecc.).

2.3.5 Indicazioni per la lettura delle schede evento

Le schede dei dieci eventi significativi pubblicate in questo volume offrono una panoramica su come le informazioni sono evolute nel corso degli anni e permettono di illustrare concretamente la metodologia seguita per l'analisi e la caratterizzazione del fenomeno e degli impatti. Come si è detto nella parte introduttiva gli eventi sono stati selezionati in modo da risultare distribuiti sull'intero arco temporale e sono rappresentativi di diverse tipologie di fenomeno e di impatto. Gli episodi selezionati sono riportati in tabella 7.

Numero evento	Date
9	4 novembre 1966
10	22 dicembre 1979
16	8-9 dicembre 1992
17	26-27 dicembre 1996
18	6-7 novembre 1999
19	14-19 novembre 2002
23	24 settembre 2004
38	1-16 dicembre 2008
40	27-29 aprile 2009
47	9-10 marzo 2010

Tabella 7 - Eventi di mareggiata selezionati dal catalogo e descritti nelle Schede Evento (Allegato 2). Ciascuna scheda contiene informazioni dettagliate e articolate ed è stata organizzata in sezioni, che ricalcano i campi del catalogo (si veda sopra).

Nella scheda sono stati approfonditi alcuni temi attraverso l'elaborazione e l'analisi dei dati raccolti; in particolare nella sezione dedicata alla DESCRIZIONE DELL'EVENTO è riportata una cartografia di sintesi a scala regionale, dove, considerando e confrontando tutte le segnalazioni raccolte, sono state mappate le località interessate specificando, quando possibile, il tipo di danno tra: erosione, allagamento e combinazione dei due fenomeni.

Sono inoltre inseriti alcuni commenti generali qualitativi sull'entità del fenomeno e sulla percezione che ne è derivata. Ove disponibili, sono state fornite alcune informazioni su eventuali dissesti del litorale conseguenti ad episodi precedenti di mareggiata, informazioni queste indispensabili per comprendere lo stato di criticità complessivo in cui si trovava la costa in occorrenza dell'evento segnalato.

Nella stessa sezione viene analizzato e descritto il quadro meteorologico all'origine di ciascuna mareggiata. Per questo scopo, oltre all'analisi dei dati osservati dalle stazioni meteo-marine presenti sulle nostre coste come descritto sopra, sono state utilizzate anche le ri-analisi dei campi meteorologici fornite dal centro europeo per le previsioni a medio termine di Reading (ECMWF) dalle quali viene dedotta la situazione meteorologica e il vento massimo sul mare (alto e medio Adriatico). In ciascuna scheda è inserita una figura che mostra, nel momento di massima intensità del sistema perturbato, le mappe di analisi meteorologica:

- 1) le mappe dell'altezza del geopotenziale e temperatura al livello barico di 500hPa, da cui si deduce la circolazione nella media troposfera;
- 2) le mappe dell'analisi della pressione al livello del suolo e il vento alla superficie, da cui si deduce la circolazione alla superficie e l'intensità e direzione del vento (m/s).

Le ri-analisi forniscono un quadro coerente dei campi meteorologici con il vantaggio di essere generate attraverso l'assimilazione dei dati osservati disponibili, anche di casi del passato, all'interno di un modello meteorologico numerico aggiornato allo stato dell'arte. Tale strumento è indispensabile per l'analisi della forzante meteorologica su una scala spaziale sufficientemente ampia (a scala di bacino del Mediterraneo) e allo stesso tempo fornisce una lunga copertura temporale, consentendo così di inquadrare anche i maggiori eventi della seconda metà del secolo scorso. L'utilizzo delle ri-analisi, pur presentando alcuni svantaggi, come quello di avere una risoluzione spaziale molto inferiore ai modelli ad area limitata, garantisce anche una maggiore omogeneità e confrontabilità dei risultati nel tempo (fra eventi recenti ed eventi vecchi). Nell'utilizzare le analisi meteorologiche ECMWF si deve comunque considerare che esse sono maggiormente utili per rappresentare le caratteristiche macroscopiche dei campi barici ed alcune situazioni a piccola scala possono non venire descritte con sufficiente accuratezza. Nel caso ad esempio di intensi eventi di bora (venti da NE), dove la corretta simulazione della canalizzazione indotta dall'orografia delle Alpi Dinariche è molto importante per la stima dell'intensità del vento sul mare, il vento massimo dedotto dalle ri-analisi potrebbe essere sottostimato, mentre nei casi con vento costante da scirocco (SE) le stime dedotte dalle analisi risultano più affidabili. Nel testo descrittivo viene riportata l'indicazione di una eventuale sottostima del vento massimo sul mare, in tal caso nella tabella riepilogativa vengono indicati solamente i valori osservati dalle stazioni costiere, come riportato ad esempio nella scheda relativa all'evento del 24/09/2004, omettendo quindi l'informazione del vento massimo sul mare.

Nella sezione CONDIZIONI METEO-MARINE è contenuto un riepilogo delle osservazioni meteorologiche e marine osservate in Emilia-Romagna durante l'evento. Gli elementi descritti sono illustrati brevemente di seguito.

La massima intensità e la direzione del vento sul mare sono state ricavate selezionando la cella di griglia delle analisi ECMWF contenente il valore massimo presente su tutto il mare Adriatico. Questi dati forniscono un'informazione di massima sulle caratteristiche a larga scala dell'evento meteorologico che ha generato l'evento di mareggiata descritto dal livello del mare e dall'altezza dell'onda.

Per garantire la miglior omogeneità e confrontabilità dei dati sono stati utilizzati per tutti gli eventi i valori dell'intensità del vento e della direzione del vento rilevati dalle stazioni costiere di Marina di Ravenna, Cervia, Rimini e Volano per i periodi nei quali sono presenti dati relativi all'evento descritto. Sono stati utilizzati preferibilmente i messaggi METAR o, dove non presenti, i SYNOP. Si noti che i messaggi SYNOP, essendo tri-orari, possono omettere i valori massimi effettivi e non contengono informazioni sulle raffiche. Questi dati forniscono un'indicazione delle condizioni meteorologiche locali durante l'evento, mentre la massima altezza del livello del mare (marea) e la massima altezza e direzione dell'onda forniscono indicazioni sull'intensità locale dell'episodio di mareggiata. Questa informazione è completata dall'indicazione della durata dei valori combinati di onda e livello del mare superiori ad una prefissata soglia critica: onda > 2 m e livello > 0,7 m. Quando questo dato non sia disponibile viene fornita una indicazione della durata dei valori di altezza dell'onda o livello del mare superiori ai valori di riferimento. Per la definizione delle soglie e dei valori di riferimento si veda il paragrafo 1.2.

Gli elementi caratteristici delle condizioni meteo-marine sono descritte brevemente nel testo, riepilogati nella tabella 8 e rappresentati graficamente in due grafici che riportano rispettivamente l'andamento temporale dell'intensità oraria del vento rilevata dalle stazioni costiere dell'Emilia-Romagna e l'andamento orario dell'altezza significativa dell'onda e del livello del mare. Questo secondo grafico fornisce un'indicazione dell'eventuale verificarsi simultaneo di acqua alta ed elevata altezza dell'onda. In questi grafici, quando il dato originario è disponibile su base semi-oraria, si è utilizzato il valore massimo tra i due valori semi-orari di ogni ora.

Massima intensità del vento sul mare (dedotta da analisi ECMWF)	23 m/s
Direzione del vento prevalente (dedotta da analisi ECMWF)	ENE
Massima intensità del vento	14 m/s (stazione di Cervia)
Massima velocità del vento (raffica)	21 m/s (stazione di Cervia)
Massimo livello del mare	0,9 m (mareografo Porto Corsini - RMN)
Massima altezza e direzione dell'onda, classe energetica	3,9 m NE (boa Nausicaa), classe 2
Durata dei valori superiori a soglia critica (onda > 2 m e livello > 0,7 m)	14 h

Tabella 8 - Esempio di Tabella riassuntiva dell'evento meteorologico.

Ulteriori informazioni, contenute nelle schede riguardano anche gli **IMPATTI SUL TERRITORIO**. La descrizione degli impatti è stata suddivisa per le quattro province costiere: Ferrara, Ravenna, Forlì-Cesena e Rimini, specificando se si tratta di erosione della spiaggia e della duna, di danni agli stabilimenti balneari e alle infrastrutture, alle opere di difesa, ai centri abitati ed eventuali insabbiamenti dei porti. In alcuni casi si sono registrati diffusi spiaggiamenti di detriti (tronchi, ecc.) che evidenziano la concomitanza di fenomeni di piena fluviale e di mareggiata. In altre situazioni si sono registrati danni dovuti all'intensità del vento quali abbattimento di alberi e danneggiamenti ai tetti degli edifici. Solo in una circostanza si è registrata la perdita di vite umane.

Le informazioni dettagliate sui dati che sono stati utilizzati per la compilazione di questa sezione e sulle elaborazioni effettuate sono descritte nelle pagine precedenti.

Quando possibile, sono stati indicati i volumi di sedimento eroso dalla duna e/o dalla spiaggia, dedotti dai rapporti tecnici e dati telerilevati.

In merito alla sezione **AZIONI E INTERVENTI**, nelle schede sono descritte le azioni di prevenzione e di protezione attuate in occasione dell'evento. L'informazione deriva dall'analisi di vari documenti e in particolare dai Rapporti tecnici degli STB, dalle Ordinanze di Protezione civile e dai quotidiani. In alcuni casi è stato possibile fornire informazioni sugli stanziamenti economici elargiti per riparare i danni.

In alcune schede più recenti sono riportati e commentati in sintesi i risultati dell'elaborazione e delle analisi condotte utilizzando i DATI TELERILEVATI acquisiti in occasione dell'evento (LIDAR e foto aeree) ed è descritta la CARTOGRAFIA DERIVATA.

Come accennato in precedenza, sono due gli eventi meteo-marini a seguito dei quali sono state effettuate riprese aeree. Il primo è stato quello di dicembre 1992, descritto nella scheda dell'evento n. 16, nella quale è riportata la copertura della ripresa aerea ed un esempio di cartografia realizzata attraverso la fotointerpretazione delle immagini in ambiente GIS.

Il secondo evento documentato con riprese aeree è quello di marzo 2010, descritto nella scheda dell'evento n. 47. In questo caso le foto aeree messe a confronto con quelle acquisite nel 2009, in occasione di un rilievo condotto nell'ambito del progetto MICORE, hanno permesso di visualizzare l'evoluzione di alcune morfologie da impatto come gli evidenti ventagli di *washover* che sono presenti a sud della foce dei Fiumi Uniti.

Le schede che contengono analisi effettuate utilizzando i dati LIDAR sono due. La prima è quella relativa all'evento n. 23 del settembre 2004, nella quale il confronto con i dati LIDAR acquisiti da ENI l'anno precedente, ha consentito di analizzare i punti del litorale emiliano-romagnolo dove si sono verificati abbassamenti della quota di spiaggia e/o l'arretramento del fronte dunale.

L'altra scheda è sempre quella relativa all'evento n. 47 del marzo 2010, dove sono descritti in sintesi i risultati di uno studio molto approfondito, condotto dal SGSS utilizzando i dati LIDAR (Perrini et al., 2011). In tale lavoro sono stati comparati i modelli tridimensionali ottenuti con sistema LIDAR del 2010, 2008, 2004 e, limitatamente all'area studio di MICORE, anche con quelli del 2009. Si sono così ottenute valutazioni quantitative sugli effetti prodotti dalle mareggiate occorse tra l'inverno 2009 e il marzo 2010, nonché la mappatura esatta delle porzioni di duna e di spiaggia dove questi effetti si sono rilevati. Lo studio ha permesso inoltre di stabilire la variazione della superficie di spiaggia utile, identificando le località del litorale emiliano-romagnolo che versano in grave stato di sofferenza.

Nella sezione DATI TELERILEVATI E CARTOGRAFIE sono anche inseriti i risultati delle analisi condotte utilizzando le immagini acquisite con sistema video Argus descritto nella sezione dei dati. Le informazioni ricavate, e descritte nelle schede degli eventi nn. 23, 38 e 40, sono valutazioni quali-quantitative sui seguenti parametri: durata dell'evento, zona di frangenza delle onde e stato di turbolenza del mare; spostamento delle barre sommerse nel corso di un evento meteo-marino, evoluzione della linea di riva e analisi del *run up* e delle strutture raggiunte dal mare.

3 L'analisi dei dati storici degli impatti da mareggiata

La ricerca delle informazioni sulle mareggiate che hanno avuto significativi impatti sulla costa regionale si è conclusa con un lavoro di sintesi, attraverso la compilazione di tabelle e grafici, che è stato fondamentale per l'analisi dei dati storici e quindi per l'interpretazione dei fenomeni e degli effetti.

Gli obiettivi di quest'analisi sono stati, infatti, quelli di evidenziare le caratteristiche degli eventi impattanti, le località che sono state colpite con maggiore ricorrenza dalle mareggiate e la tipologia di danno subito. Il dato fondamentale ricercato per questo tipo di analisi riguarda, quindi, il luogo dove è stato riscontrato il danno e la descrizione dello stesso.

Non sempre queste notizie vengono riportate direttamente nei documenti raccolti e risulta comunque difficile interpretare e rendere confrontabili informazioni che per loro natura sono discontinue, eterogenee e, a volte, incomplete per il loro utilizzo.

Il primo problema che ci si è posto è originato proprio dalla carenza dell'informazione, la tabella 9 riassume il livello di documentazione per i 50 eventi individuati.



Tabella 9 - Documentazione degli eventi: ricca (verde) scarsa (rosso).

Come si può osservare, le carenze riguardano molti eventi del passato per la difficoltà di reperire testimonianze significative, in altri casi, riguardano episodi molto recenti dei quali c'è una dettagliata descrizione meteo-marina ma scarse informazioni sui danni.

È necessario sottolineare che in molti casi l'apparente carenza di documentazione si spiega col fatto che si tratta in effetti di eventi di mareggiata minori, con un impatto locale e spesso con danni ridotti.

I documenti maggiormente utili per questa analisi sono state le relazioni tecniche dei Servizi Tecnici di Bacino operanti sulla costa, redatti soprattutto a partire dagli anni '90 ed abitualmente dagli anni 2000 (si veda paragrafo 2.3.3). Il numero maggiore di report di questo tipo fa riferimento alla costa ferrarese, a seguire, soprattutto negli ultimi anni, alle coste ravennate, forlivese-cesenate e a chiudere alla costa riminese.

Il problema successivo è stato quello dell'interpretazione del dato ovvero della valutazione della rappresentatività dell'informazione. La reportistica dei danni subiti presenta infatti alcuni "vizi" ed incertezze che devono essere presi in considerazione per una lettura critica degli impatti da mareggiata. Ad esempio, nelle testimonianze raccolte sono prevalentemente segnalati i danni riportati in aree antropizzate e la documentazione dei danni in aree naturali è assai ridotta; ciò non vuol dire che in quest'ultime aree gli impatti siano stati assenti o minori, piuttosto significa che essi non sono stati di interesse primario per gli operatori e gestori della costa e che la loro scarsa testimonianza riflette, a tutti gli effetti, un livello di rischio inferiore rispetto a quello presente nelle aree antropizzate. Il grado di accuratezza della descrizione dell'evento percepito e degli impatti, inoltre, varia profondamente in funzione della tipologia della fonte dell'informazione e se questa non è corredata di riferimenti geografici ben precisi, l'ubicazione del danno segnalato diventa incerta. Per meglio interpretare i dati storici si devono anche considerare i cambiamenti che si sono verificati nel territorio costiero. Questi cambiamenti hanno riguardato le competenze, gli obiettivi e le strategie di difesa ed anche il livello di vulnerabilità per gli interventi intrapresi: come accennato sopra, l'attività di monitoraggio e reportistica da parte dei Servizi Tecnici regionali, che ci ha fornito preziose informazioni, è iniziata sistematicamente con il passaggio delle competenze sulla costa dallo Stato alle Regioni (si veda paragrafo 2.3.2); per alcune località, ad esempio Porto Garibaldi, Casal Borsetti e Marina di Ravenna, le segnalazioni di erosione della spiaggia si riducono nel tempo contestualmente alla sistemazione delle opere di difesa e portuali e il conseguente avanzamento dell'arenile; un altro esempio è fornito dalle segnalazioni relative alle località della costa ferrarese e ravennate che sono aumentate di pari passo con la progressiva crescita dei lidi come centri urbani e luoghi di interesse turistico ed economico.

3.1 Analisi delle tendenze

L'analisi delle tendenze ha mostrato interessanti risultati malgrado i limiti sopra accennati e la difficoltà incontrate nella ricerca bibliografica, nel discernere e conteggiare attraverso un medesimo criterio le località colpite e la tipologia del danno subito. I risultati sono stati ulteriormente avvalorati dall'integrazione con la congiunta analisi delle caratteristiche meteo-marine degli eventi (si veda paragrafo 2.2).

In particolare, questi risultati, basandosi sul record storico degli impatti da mareggiata, forniscono preziose indicazioni sul rischio costiero in Emilia-Romagna.

3.1.1 Frequenza della segnalazione di eventi con impatto costiero

Le prime considerazioni riguardano il numero di segnalazioni nell'intervallo di tempo studiato. La figura 6 mostra il numero di eventi per anno e si può chiaramente notare un aumento delle segnalazioni dagli anni '90 in avanti.

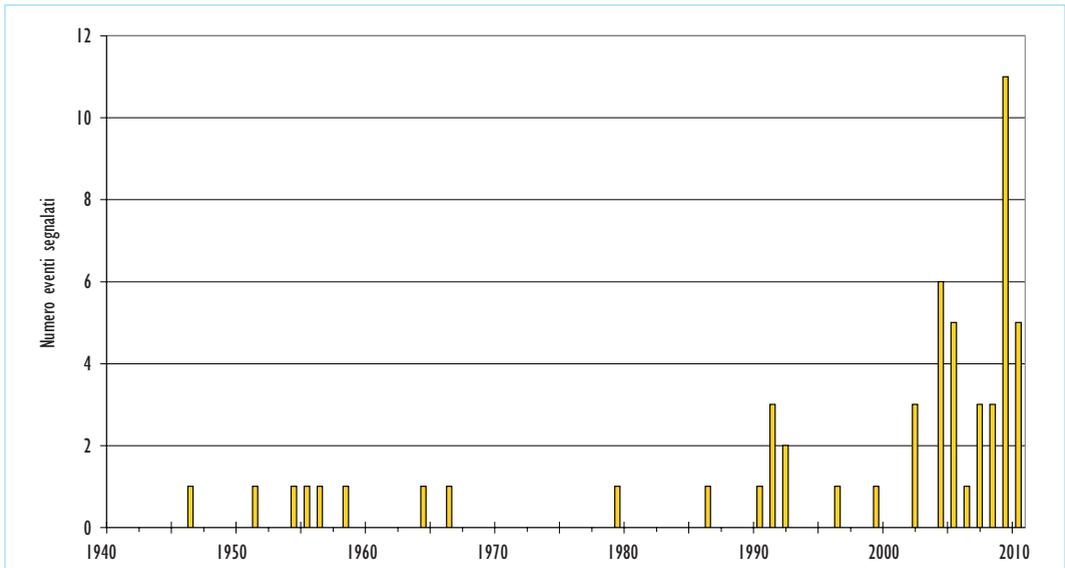


Figura 6 - Numero di eventi per anno, con impatti segnalati.

Per meglio interpretare questo dato bisogna considerare aspetti molto diversi tra loro. In primo luogo, possiamo affermare che questo andamento è attribuibile principalmente alla variazione della documentazione, che è generalmente minima e meno dettagliata fino agli anni '90 e più ricca nel periodo più recente. Un ulteriore elemento che occorre considerare e che viene presentato di seguito, è la tendenza dei fenomeni meteo-marini.

3.1.2 Frequenza delle acque alte

Nella figura 7 viene presentata la ricostruzione della serie storica di acque alte registrata dal mareografo di Venezia Punta della Salute, il cui andamento può essere considerato coerente con quanto accade sulla costa emiliano-romagnola (si veda paragrafo 1.2).

Si nota come il massimo livello del mare presenti una marcata variabilità, con il valore più elevato (1,94 m) rilevato nel 1966. Il numero di eventi per anno evidenzia un progressivo aumento degli episodi dagli anni '50, con un periodo stabile dai '70 ai '90, e un forte incremento negli ultimi dieci anni (Canestrelli et al., 2001). Si noti la relativa somiglianza tra gli andamenti dei grafici di figura 6 e figura 7.

3.1.3 Frequenza delle mareggiate

Un altro interessante confronto è quello con la distribuzione del numero di mareggiate per anno e dell'energia associata al moto ondoso. Nella figura 8 sono sintetizzate alcune informazioni derivanti dall'analisi delle mareggiate identificate secondo i criteri riportati nel paragrafo 2.2 nel periodo 1993-2010. L'istogramma riporta il numero totale di mareggiate annue, la linea verde indica l'energia totale annua (secondo la formulazione descritta nel paragrafo 2.2), mentre la linea blu esprime il valore dell'energia normalizzata, intesa come il rapporto tra l'energia totale delle mareggiate verificatesi ed il numero di mareggiate nell'anno.

Si noti che il dato energetico normalizzato è indicativo dell'intensità con cui il moto ondoso impatta mediamente sul sistema costa ogni volta che una mareggiata si verifica nell'anno. Ci possono quindi essere anni in cui si è verificato un significativo numero di mareggiate, ma tutte di contenuta

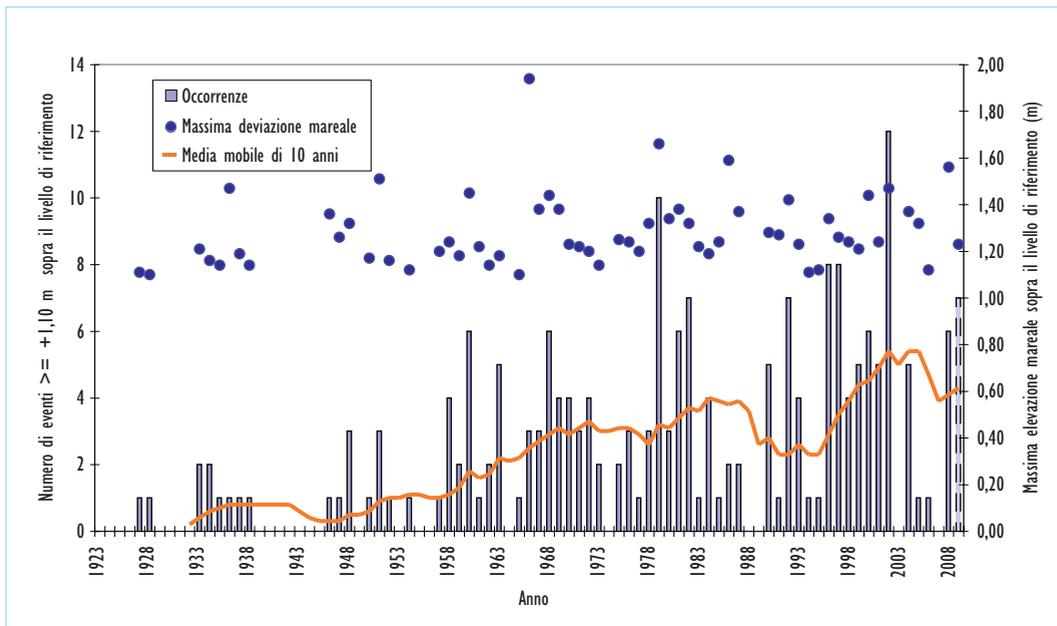


Figura 7 - Caratteristiche delle acque alte registrate dal mareografo di Venezia Punta della Salute nel periodo 1923-2008. La linea rappresenta la media mobile di 10 anni degli eventi osservati anno per anno, le barre indicano il numero di eventi di acqua alta per anno (livello del mare superiore a 1,10 m), i punti indicano il massimo livello registrato ogni anno. Il livello di riferimento locale corrisponde alla quota locale del mareografo (*datum* 1897) Fonte dei dati Canestrelli et al., (2001) e Comune di Venezia-Centro Maree.

entità, e in questo caso sulla costa si ha un segnale moderato dal punto di vista dell'energia normalizzata (non necessariamente per l'energia totale, che è somma dei contenuti energetici di tutti gli eventi) ma più frequente; oppure anni in cui il numero di mareggiate annue è contenuto ma l'energia è elevata e quindi una trasmissione più impulsiva ed energetica dal mare alla costa, ad esempio gli anni 2002 e 2005. Proprio nel 2002 si è verificata una successione di cinque eventi tra il 14 novembre ed il 6 dicembre di classe 3 e 4 e con altezze massime di 4,70 m con direzione NNE. Il 2005, invece, è l'anno con maggior numero di mareggiate ad elevata classe energetica: quattro di classe 3 e due di classe 4 (nessun anno ha 2 eventi di classe 4).

È da sottolineare, infine, come il 2000 rappresenti un minimo significativo sotto l'aspetto delle mareggiate, sia come numero sia come contenuto energetico; al contrario, gli anni dell'intervallo 2002-2005 sono stati globalmente molto energetici.

Gli ultimi quattro anni mostrano un calo generalizzato, non tanto del numero delle mareggiate, quanto della loro magnitudo energetica.

Confrontando il grafico del numero di mareggiate con la distribuzione del numero di eventi segnalati per anno si osserva che ai due picchi dell'energia normalizzata del 2002 e 2005 corrispondono abbondanti segnalazioni di danni sulla costa, di contro, le ancor più copiose segnalazioni di impatti del 2004, 2009 e 2010 si sono avute in associazione a bassi livelli energetici, seppur con un alto numero di mareggiate. Si può ritenere, quindi, che se nel 2002 e nel 2005 è stata l'azione congiunta di moto ondoso e acqua alta che ha determinato i maggiori impatti, nel 2004, 2009 e 2010 (si vedano per quest'ultimi due anni i valori riportati nella Tabella di sintesi dell'Allegato I), possono essere stati i numerosi episodi di acqua alta, in assenza di un moto ondoso significativo, ad arrecare la gran parte dei danni registrati.

Ulteriori situazioni critiche, come sottolineato in recenti studi (Ferreira, 2005), si verificano quando gli eventi di mareggiata si succedono in tempi ravvicinati; in questo caso gli impatti sulla costa

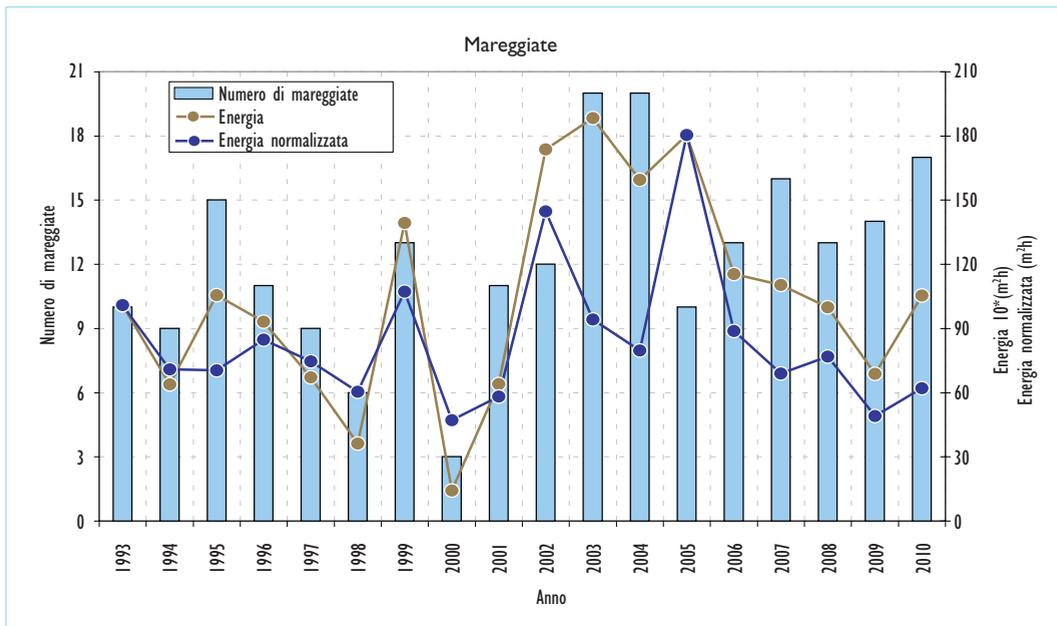


Figura 8 - Il grafico riporta come istogramma il numero di mareggiate annue identificate secondo i criteri descritti, con linea verde l'energia totale e con linea blu l'energia normalizzata degli eventi meteo-marini.

possono essere pesanti malgrado il livello energetico di ciascuno di essi sia basso e nonostante le quote del livello del mare non siano particolarmente elevate. Queste situazioni si sono verificate di frequente nell'ultimo decennio, con conseguente aumento della vulnerabilità della costa, e possono aver influenzato il numero di segnalazioni di danni. Come ulteriore elemento aggravante non possiamo dimenticare il fenomeno della diffusa subsidenza del territorio costiero che agisce lentamente e inesorabilmente provocando un'accentuazione degli impatti e la continua crescita urbana della fascia litorale che aumenta gli elementi esposti al rischio di mareggiata (Perini & Calabrese, 2010).

3.2 Analisi delle caratteristiche degli eventi impattanti e dei danni subiti

L'estrapolazione di informazioni generali riguardanti le caratteristiche degli eventi impattanti dal 1946 al 2010 può così essere riassunta:

- 50 eventi totali di cui 4 eventi multipli ovvero con fasi di smorzamento e intensificazione del moto ondoso ben distinte ma con un'unica registrazione dell'impatto.
- Il numero di segnalazioni per ciascun mese mostra un picco intorno ai mesi di novembre e dicembre (rispettivamente 14 e 13) per variare in modo discontinuo fino a maggio (altro picco relativo, con 7 segnalazioni), raggiungere il minimo a luglio e riprendere a crescere progressivamente fino a novembre (figura 9).
- 26 eventi hanno avuto gravi impatti sull'intera costa regionale, 10 dei quali in associazione con importanti fenomeni alluvionali.
- I mesi interessati da queste mareggiate con impatto regionale sono dicembre (8 eventi), novembre (6 eventi), maggio (4 eventi) e aprile (2 eventi) (figura 10).
- Per quanto riguarda le loro caratteristiche meteo-marine si osserva che essi sono caratterizzati da venti del I quadrante in associazione con un alto livello del mare (> 0,8 m) e, a seguire, da quelli con venti dal II quadrante e alto livello del mare (> 0,8 m) (figura 11).

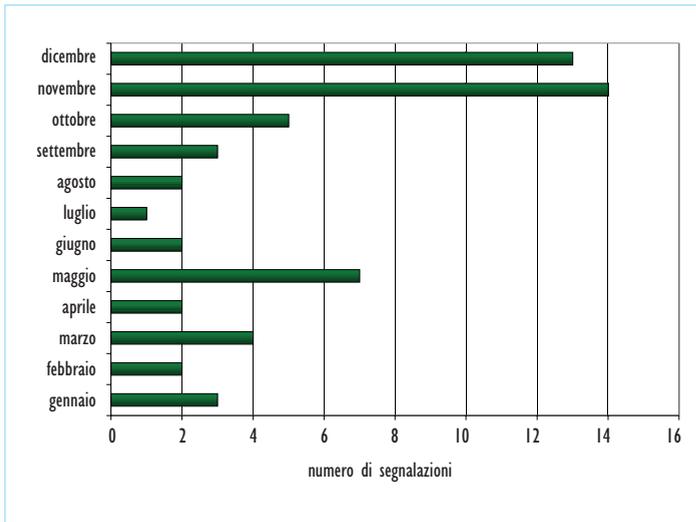


Figura 9 - Numero di segnalazioni eventi per mese.

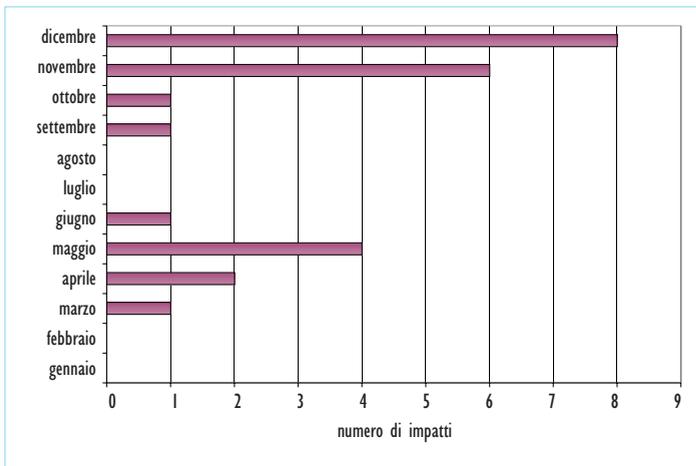


Figura 10 - Numero di eventi con impatto sull'intera costa regionale per mese.

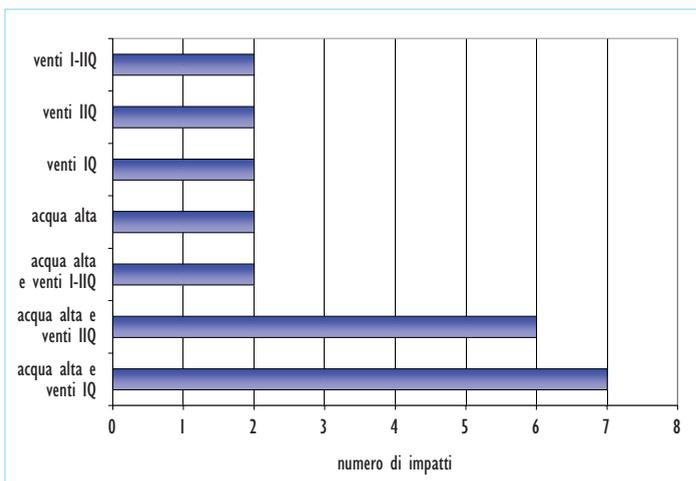


Figura 11 - Tipologia della mareggiate con impatto sull'intera costa regionale.

Per quanto riguarda gli eventi che hanno avuto un impatto registrato a scala locale si è osservato che nel tratto costiero della provincia di:

- Rimini, gli eventi sono concentrati nei mesi di novembre, dicembre e gennaio e sono prevalentemente associati ad “acqua alta e venti I quadrante”.
- Forlì-Cesena, gli eventi sono concentrati da maggio a settembre e sono legati prevalentemente ai venti del I quadrante (spesso con fenomeni brevi ed intensi di venti di Bora).
- Ravenna, gli eventi sono concentrati nei mesi di novembre, dicembre e gennaio e sono prevalentemente di tipo “acqua alta e venti II quadrante”.
- Ferrara, gli eventi sono concentrati nei mesi di novembre, dicembre e gennaio ma episodi si sono verificati anche in aprile, maggio, luglio e ottobre e sono primariamente di tipo “acqua alta e venti II quadrante” e secondariamente associati ai venti del I quadrante (venti di Bora).

I dati di partenza per l'analisi degli impatti sulle singole località della costa e sulla tipologia di danno subito sono riassunti dalla figura 12. Le località riportate sono quelle che ricorrono con maggior frequenza nelle segnalazioni (generalmente con più di 5 segnalazioni) mentre i vari generi di impatto sono state sintetizzate in cinque categorie:

E: erosione della spiaggia e della duna.

I: sommersione per ingressione marina.

T: tracimazione dei canali e dei porto-canali.

D: danni alle opere marittime e di difesa.

B: danni agli stabilimenti balneari e alle infrastrutture.

Una prima elaborazione è stata quella di contare quante volte una data località è stata segnalata considerando i 50 eventi selezionati (figura 13).

Si può osservare che delle 32 località colpite frequentemente da mareggiata alcune hanno un numero di segnalazioni nettamente superiore a 15, che rappresenta il valore medio. Queste località sono, da nord verso sud: Lido di Volano, Lido delle Nazioni, Lido di Spina Sud, Ponente-Zadina, Valverde e Bellaria-Igea Marina.

Al fine di evidenziare la tipologia di danni che affliggono le varie località e definire ulteriormente il quadro del rischio costiero è stato condotto un successivo approfondimento che ha riguardato l'elaborazione delle segnalazioni suddivise ed analizzate secondo le categorie di impatto EITDB. A titolo di esempio si riporta la figura 14 che mette in evidenza i danni nelle località di Lido di Volano, Porto Garibaldi, Lido di Savio e Valverde; in questo caso si può osservare che ciascuna località si distingue dall'altra per gli impatti dominanti: a Lido di Volano il processo primario è l'erosione della spiaggia ma anche la sommersione per ingressione marina è piuttosto frequente così come i danni alle infrastrutture turistiche; a Porto Garibaldi i problemi maggiori sono dovuti dalla tracimazione del porto-canale e sono frequenti anche i danni alle opere a mare e fenomeni di ingressione marina; a Lido di Savio erosione ed ingressione pesano ugualmente; a Valverde domina su tutti l'erosione della spiaggia.

Di seguito verranno brevemente illustrati i risultati ottenuti analizzando singolarmente ciascuna categoria.

Per quanto riguarda i valori massimi (Lido di Volano, Lido delle Nazioni, Lido di Spina Sud, Ponente-Zadina, Valverde e Bellaria-Igea Marina), i danni per erosione della spiaggia mostrano un andamento simile a quello della figura 15 ed evidenzia che i valori medi sono piuttosto bassi nella costa ferrarese e verso sud fino a Marina di Ravenna (circa 7 segnalazioni) e divengono alti nella restante costa ravennate, e in quelle forlivese-cesenate e riminese (circa 12 segnalazioni), grazie anche al contributo dell'annosa erosione delle foci del fiume Savio e dei Fiumi Uniti.

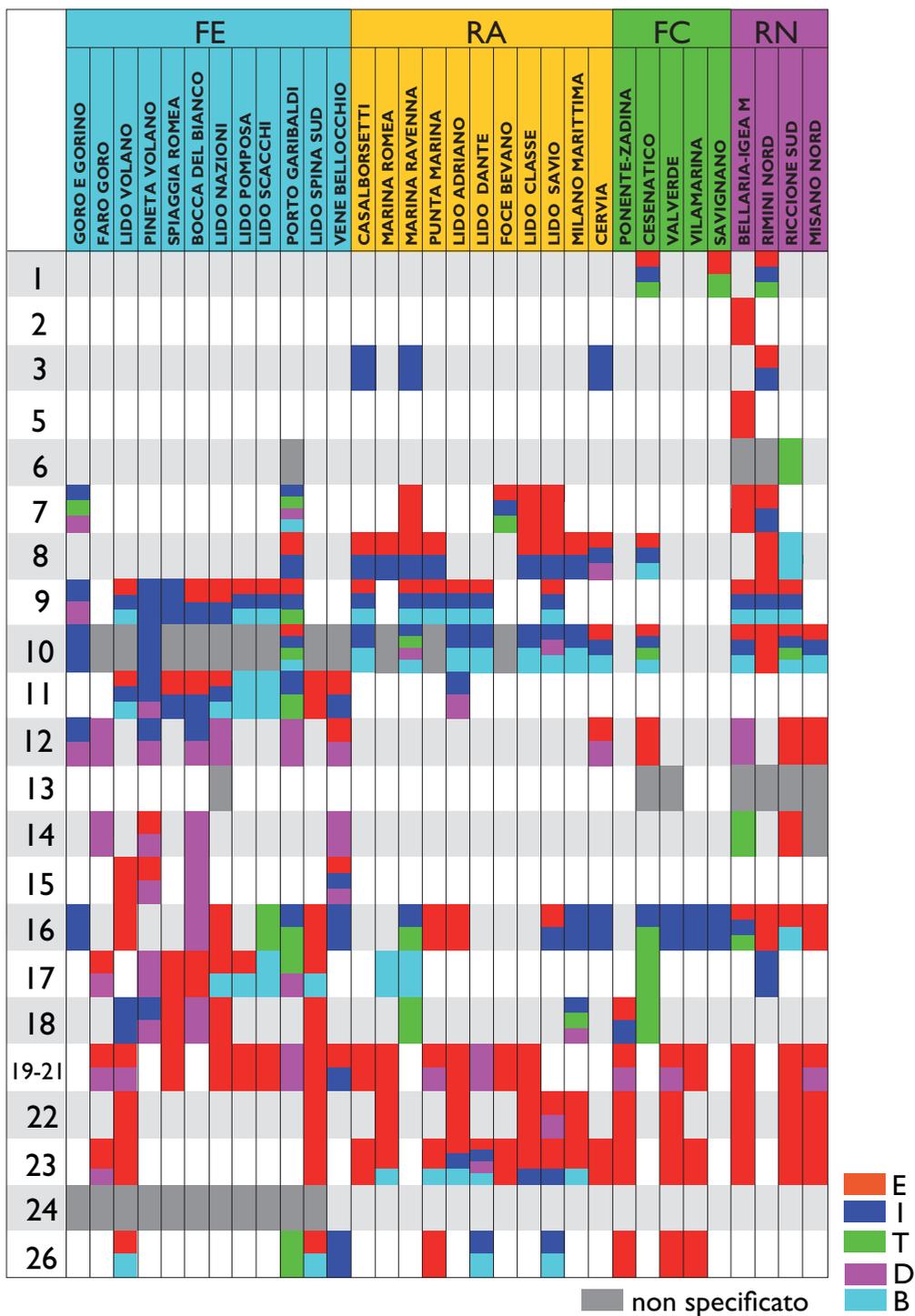


Figura 12 - Tabella riassuntiva delle località colpite e della tipologia di danno registrato, dal 1946 al 2010.

	FE										RA										FC			RN									
	GORO E GORINO	FARO GORO	LIDO VOLANO	PINETA VOLANO	SPIAGGIA ROMEA	BOCCA DEL BIANCO	LIDO NAZIONI	LIDO POMPOSA	LIDO SCACCHI	PORTO GARIBALDI	LIDO SPINA SUD	ENE BELLOCCHIO	CASALBORSETTI	MARINA ROMEA	MARINA RAVENNA	PUNTA MARINA	LIDO ADRIANO	LIDO DANTE	FOCE BEVANO	LIDO CLASSE	LIDO SAVIO	MILANO MARITTIMA	CERVIA	PONENTE-ZADINA	CESENATICO	VALVERDE	VILAMARINA	SAVIGNANO	BELLARIA-IGEA M	RIMINI NORD	RICCIONE SUD	MISANO NORD	
27																																	
28																																	
29																																	
30																																	
31																																	
32																																	
33																																	
34																																	
35																																	
36																																	
37																																	
38																																	
39																																	
40																																	
41																																	
42																																	
45																																	
47																																	
48																																	
49																																	
50																																	

non specificato



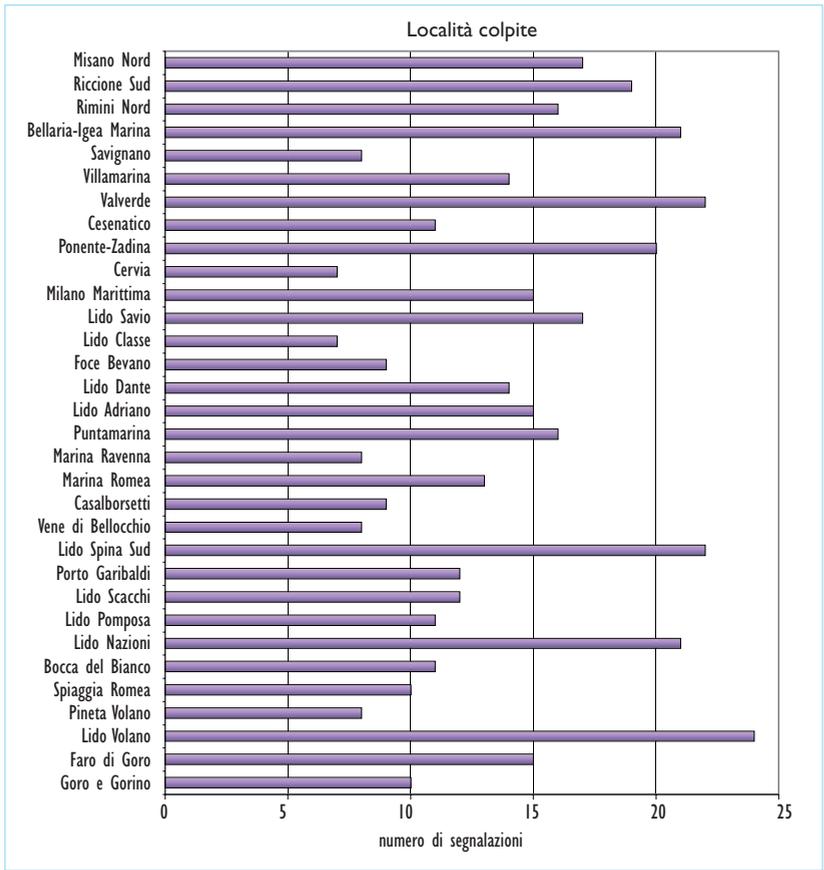


Figura 13 - Numero di segnalazioni per località colpite dal 1946 al 2010.

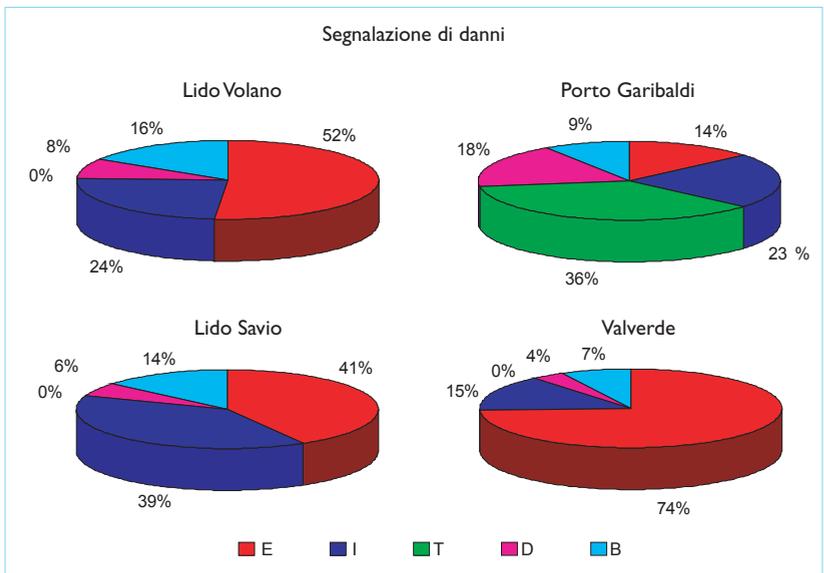


Figura 14 - Segnalazione di danni suddivisi nelle classi EITDB nelle località di Lido di Volano, Porto Garibaldi, Lido di Savio e Valverde.

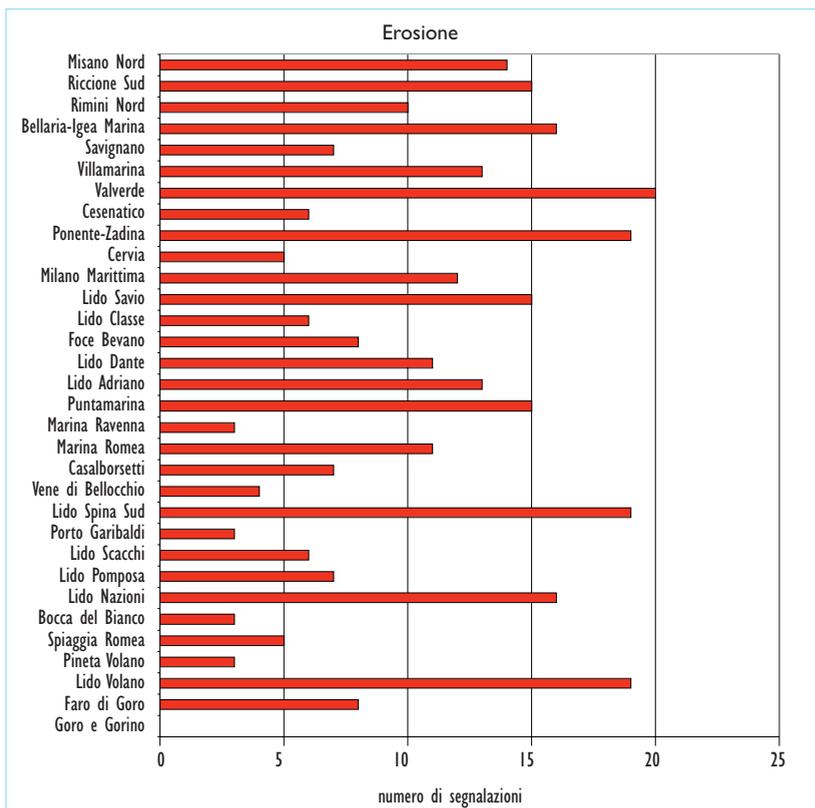


Figura 15 - Erosione della spiaggia, numero di segnalazioni per località.

L'andamento del record dei danni per ingressione marina (figura 16) mostra quattro settori fortemente critici: Goro e Gorino, Lido di Volano, Lido Adriano e le aree limitrofe e Lido di Savio - Milano Marittima. La criticità di questi settori riflette quella degli ambienti costieri ai quali appartengono, quali lagune, frecce litorali e foci fluviali che per le loro caratteristiche geomorfologiche ed altimetriche sono particolarmente vulnerabili alla sommersione.

I danni riportati a causa della tracimazione dei canali, dei porti e porto-canali hanno chiaramente una distribuzione che è legata alla loro presenza e mostra due picchi maggiori, quello di Porto Garibaldi e quello di Cesenatico, e altri due picchi minori in corrispondenza di Marina di Ravenna e Rimini (figura 17).

La figura 18 riporta la distribuzione delle segnalazione dei danni registrati alle opere marittime e di difesa costiera. Si può osservare che la costa riminese e forlivese-cesenate ha subito pochi danni di questo tipo, danni che aumentano nella costa ravennate per poi crescere progressivamente in quella ferrarese da sud verso nord con i picchi relativi agli impatti distruttivi delle mareggiate sulle opere portuali a Porto Garibaldi e soprattutto sugli argini di Bocca del Bianco, sul sistema a pennelli di Pineta Volano, e sulle scogliere a difesa del Faro di Goro.

Per quanto riguarda i danni agli stabilimenti balneari e alle infrastrutture, la figura 19 mostra come questi siano concentrati particolarmente nella costa ravennate dove Marina Romea, Punta Marina, Lido Adriano, Lido di Dante, Lido di Savio e Milano Marittima risultano le località maggiormente afflitte da questo tipo di danno. Lido di Volano registra un importante picco isolato.

La rappresentazione di questi dati attraverso il GIS ha consentito di aggiungere ulteriori ed importanti informazioni per l'analisi dei dati storici.

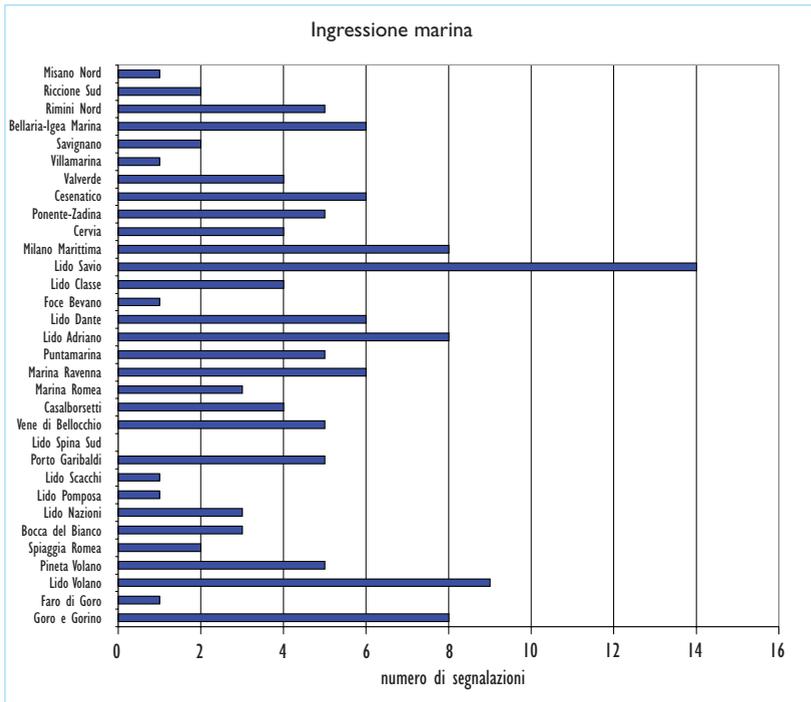


Figura 16 - Sommersione per ingressione marina, numero di segnalazioni per località.

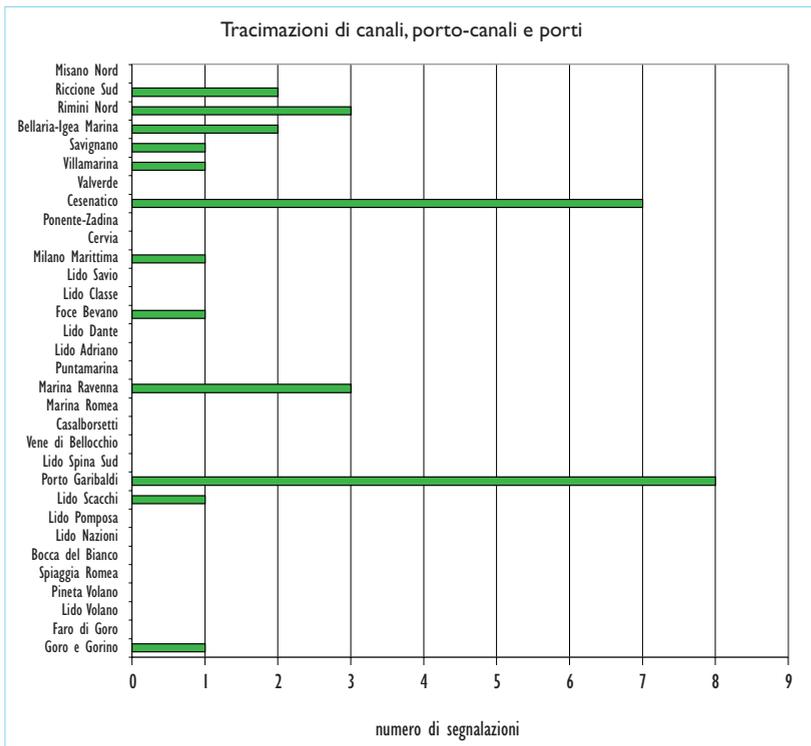


Figura 17 - Tracimazione dei canali, porto-canali e porti, numero di segnalazioni per località.

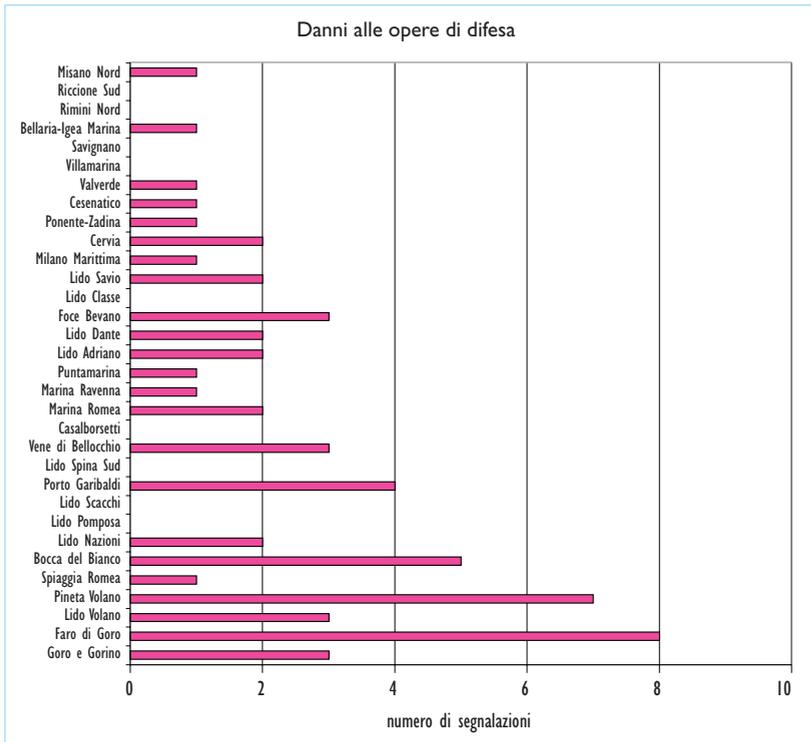


Figura 18 - Danni alle opere a mare, numero di segnalazioni per località.

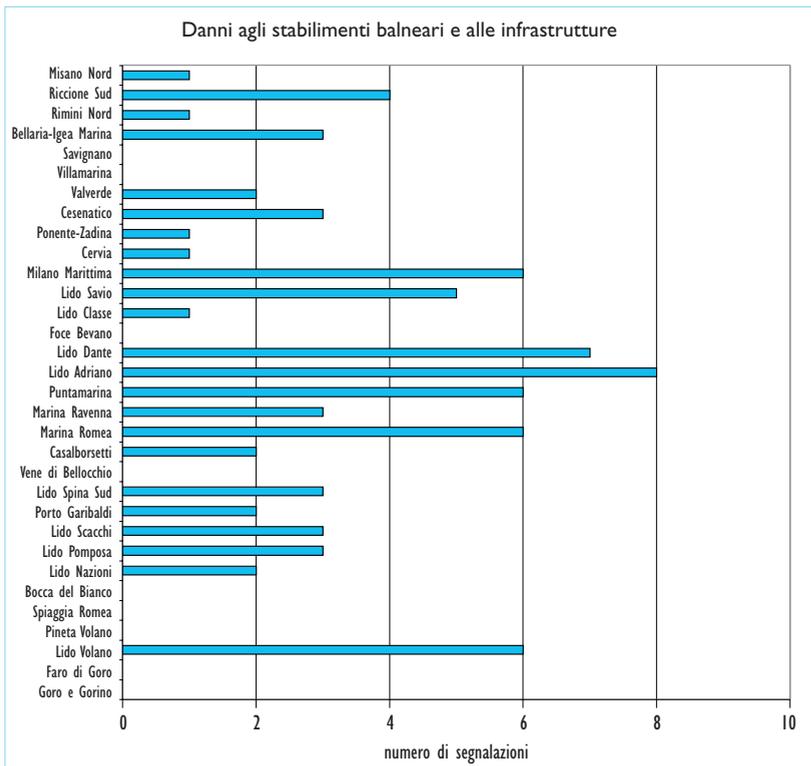
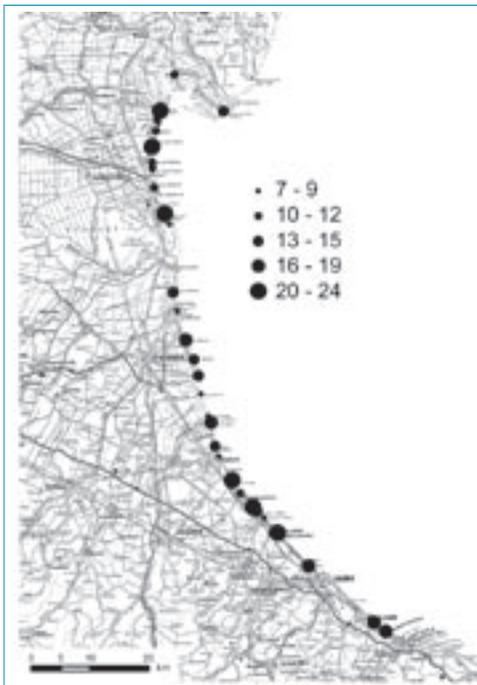


Figura 19 - Danni agli stabilimenti e alle infrastrutture, numero di segnalazioni per località.

Oltre a fornire l'inquadramento territoriale dei fenomeni sopra descritti (figura 20) è stato possibile, infatti, confrontare le analisi brevemente illustrate sopra e produrre una cartografia che sintetizza le principali criticità cui sono stati soggetti storicamente i vari tratti costieri dell'Emilia-Romagna (figura 21).

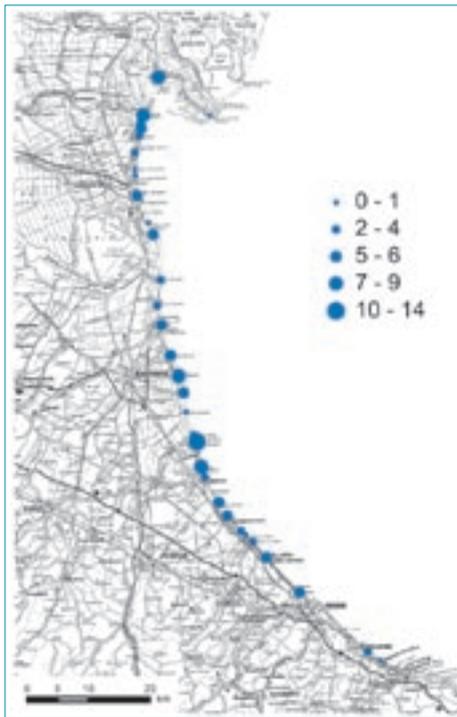
In questa cartografia di sintesi si può osservare che i settori costieri prevalentemente colpiti da fenomeni di tipo erosivo appartengono al litorale riminese e forlivese-cesenate e comprendono anche i tratti che vanno da Marina di Ravenna a Casalborsetti e da Porto Garibaldi a Lido delle Nazioni; il settore settentrionale della costa ferrarese e quelli centrale e meridionale di quella ravennate sono interessati sia da erosione della spiaggia sia da sommersione per ingressione marina. Spiccano le località di Porto Garibaldi, Marina di Ravenna e Cesenatico per i ricorrenti episodi di tracimazione dei canali e porto-canali. Per quanto riguarda gli impatti sulle opere a mare, come visto sopra, si nota che questi si concentrano nel settore centrale e settentrionale della costa regionale mentre gli stabilimenti balneari e le infrastrutture sono toccati diffusamente su tutta la costa, con le differenze di ricorrenza viste sopra.



Numero di segnalazioni totali per evento.



Erosione della spiaggia.



Ingressione marina.



Tracimazione di canali.



Danni a opere a mare



Danni a stabilimenti e infrastrutture

Figura 20 - Ubicazione delle località colpite e numero di segnalazioni degli impatti subiti.

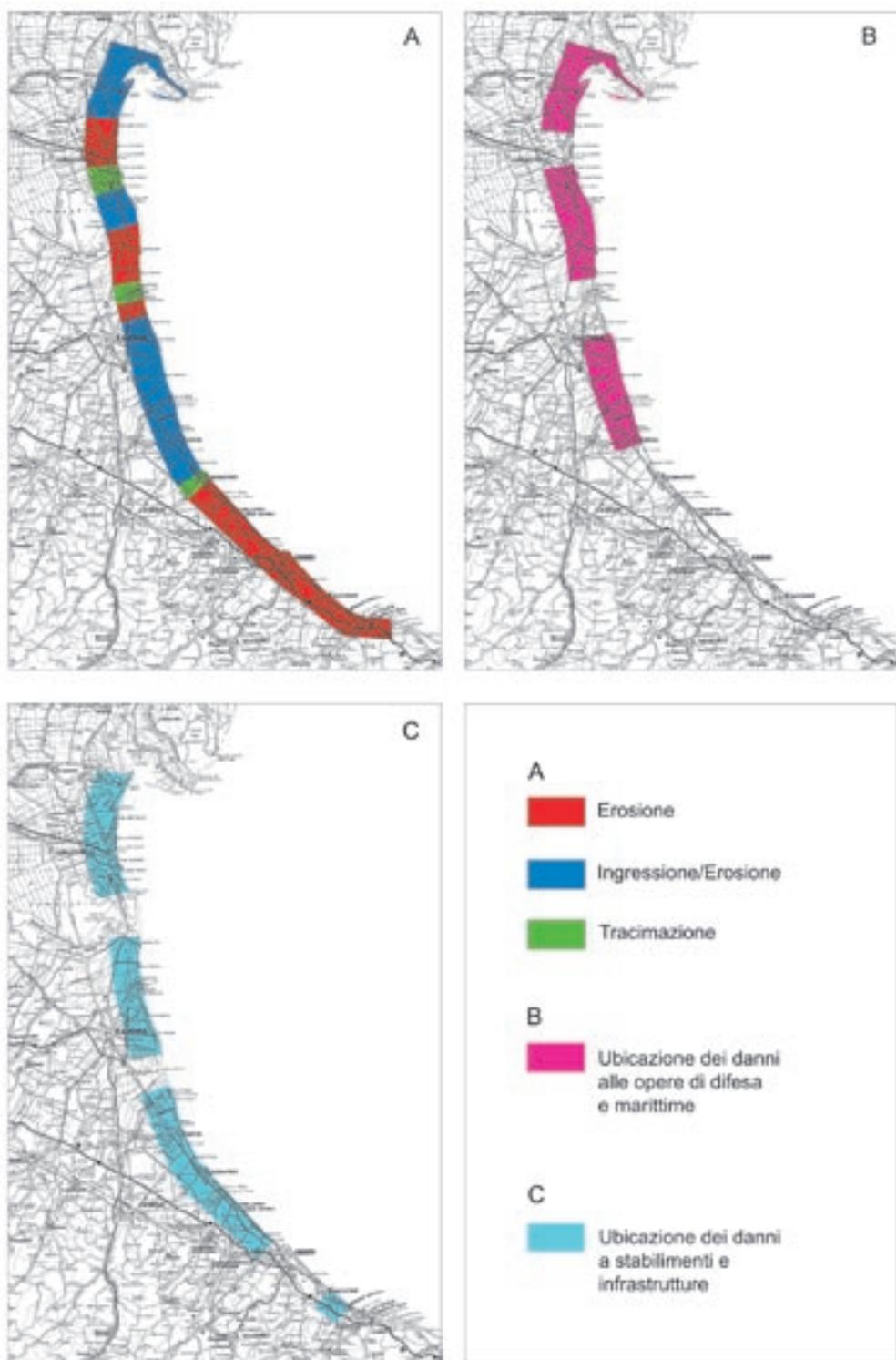


Figura 21 - Carte di sintesi degli impatti storicamente ricorrenti nei vari tratti costieri del litorale emiliano-romagnolo.

4 Conclusioni

Il catalogo delle mareggiate descrive cinquanta eventi meteo-marini che hanno avuto un impatto dannoso sulla costa dell'Emilia-Romagna dal 1946 al 2010. Lo studio che ne ha permesso la realizzazione è di carattere interdisciplinare, ed ha richiesto competenze specifiche nel campo della geologia, oceanografia, climatologia e meteorologia. Ha quindi coinvolto molteplici professionalità, permettendo di coniugare l'esperienza operativa maturata dai Servizi regionali (ARPA-SIMC e R.E-R-SGSS) con i risultati della ricerca forniti dal progetto MICORE coordinato dall'Università di Ferrara.

Le fasi fondamentali di questo lavoro sono state il complesso recupero e la catalogazione delle informazioni storiche relative agli impatti e la ricostruzione della serie temporale degli eventi meteo-marini provenienti da fonti molteplici e tra loro disomogenee.

La compilazione del catalogo ha permesso di confrontare ed integrare l'analisi meteo-marina con le segnalazioni dei danni realmente avvenuti sul territorio, permettendo di trarre importanti indicazioni per la definizione delle soglie di criticità necessarie alla previsione e prevenzione del rischio costiero.

I principali risultati mostrano che:

- Le località colpite con maggior ricorrenza sono 32 e per ciascuna di esse è stata identificata la tipologia di danno (erosione di spiaggia e duna, allagamenti, tracimazione di canali, danni alle opere a mare, danni alle infrastrutture e agli stabilimenti balneari). Tra esse quelle che registrano il maggior numero di segnalazioni sono: Lido di Volano, Lido delle Nazioni, Lido di Spina Sud, Ponente-Zadina, Valverde e Bellaria-Igea Marina. I mesi che risultano essere maggiormente interessati da episodi che generano considerevoli impatti sono quelli tardo autunnali, in particolare novembre e dicembre. L'altro mese particolarmente critico risulta essere maggio.
- Le mareggiate che generano impatto più frequentemente sono quelle associate alla combinazione temporale di venti del primo quadrante e fenomeni di acqua alta. Si è osservato inoltre che altre situazioni analogamente impattanti si verificano in occasione di acque alte superiori a 0,8 m, anche se associate a moto ondoso con Hs inferiori a 1,5 m, che è il valore minimo per considerare significativa la mareggiata. Altra situazione molto critica è legata alla successione di eventi impattanti ravvicinati, i quali, anche con condizioni meteo-marine inferiori alle soglie, sono in grado di arrecare danni significativi alla costa.

Questi risultati forniscono importanti elementi e considerazioni che possono essere recepiti nell'attività di previsione e prevenzione dei rischi costieri condotta dal Centro Funzionale di Protezione civile dell'Emilia-Romagna. L'avviso meteorologico per rischio da mareggiata viene emesso, già come routine, quando l'altezza dell'onda e il livello del mare superano prefissati valori di riferimento. Grazie alle informazioni ed ai risultati delle analisi fornite dal catalogo, a questo avviso meteorologico si potranno aggiungere ed integrare informazioni relative ai possibili impatti, mettendo a punto una metodologia di valutazione basata sulle caratteristiche e sulla distribuzione spazio-temporale degli eventi catalogati.

I risultati del lavoro qui presentato sono stati molto incoraggianti al punto da aver stimolato la creazione di una base di dati e la progettazione di nuovi strumenti per la gestione dei rischi costieri dovuti alle mareggiate. Le informazioni relative agli eventi impattanti, ai danni subiti dal territorio, alle azioni intraprese e ai monitoraggi eseguiti potrebbero facilitare l'analisi dei fenomeni e la pianificazione degli interventi. La registrazione degli eventi consentirà inoltre di monitorare lo stato di vulnerabilità del litorale mettendo in evidenza le eventuali criticità legate alla successione di eventi di mareggiata ravvicinati tra loro in un breve arco di tempo.

Bibliografia

- AA.VV. (2006) - *Analysis of correlation between coast evolution and meteo-marine climatology*. Technical report (June 2006). CADSEALAND WP04: Integrated informative system to support protection strategies. Deliverable 4.5, pp. 115.
- Annali Idrologici del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale.
- Arena G., Briganti R., Corsini S. & Franco L. (2001) - *The Italian wave measurement buoy network: 12 years management experience*. Proc. 2nd Int. Conf. WAVES'01, S. Francisco, ASCE, pp. 86-95.
- Armaroli C. & Ciavola P. (2011) - *Dynamics of a nearshore bar system in the northern Adriatic: a video-based morphological classification*. *Geomorphology*, 126, pp. 201-216.
- Armaroli C., Ciavola P., Perini L. & Luciani P. (2007) - *Morfologia delle spiagge ravennati e vulnerabilità per fenomeni di inondazione*. In: Terzo Forum Nazionale, Pianificazione e tutela del territorio costiero; questioni, metodi, esperienze a confronto, vol. 127, pp. 363-389.
- Armaroli C., Ciavola P., Perini L., Calabrese L., Lorito S., Valentini A. & Masina M. (in stampa) - *Critical storm thresholds for significant morphological changes and damage along the Emilia-Romagna coastline, Italy*. *Geomorphology*, MICORE Special Issue.
- ARPA Emilia-Romagna (2002) - *Stato del litorale emiliano-romagnolo all'anno 2000*. I Quaderni di Arpa. Bologna.
- Bertotti L., Cavaleri L. & Tescaro N. (1996) - *Long term wave hindcast in the Adriatic Sea*. *Il Nuovo Cimento*, 19C (1), pp. 91-108.
- Calabrese L., Perini L., Lorito S. & Luciani P. (2009) - *Storm impacts and morphological changes along Emilia-Romagna coastline*. *Epitome* vol. 3, Geoitalia 2009, Rimini, pp. 80.
- Canestrelli P., Mandich M., Pirazzoli P.A. & Tomasin A. (2001) - *Wind, depression and seiches: tidal perturbation in Venice (1951, 2000)*. Venice, Italy: Comune di Venezia, Centro Previsioni e Segnalazioni Maree, pp. 105.
- Cardinali M., Guzzetti F. & Reichenbach P. (1993) - *Censimento delle Aree Storicamente Vulnerate da Calamità Geologiche ed Idrauliche*. Relazione di sintesi del Progetto AVI, CNR-IRPI Perugia.
- Cavaleri L. (1999) - *The oceanographic tower Acqua Alta: more than a quarter of a century of activity*. *Il Nuovo Cimento*, 22C (1).
- Cavaleri L., Bertotti L., Buizza R., Buzzi A., Masato V., Umgiesser G. & Zampieri M. (2010) - *Predictability of extreme meteo-oceanographic events in the Adriatic Sea*. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 136:400-413. doi: 10.1002/qj.567.
- Cipolla F., Guzzetti F., Lolli O., Pagliacci S., Sebastiani C. & Siccardi F. (1998) - *Catalogo nazionale delle località colpite da frane e da inondazioni: verso un utilizzo più maturo dell'informazione*. Accademia Nazionale dei Lincei, Atti del convegno "Il Rischio Idrogeologico e la Difesa del Suolo", Roma, 1-2 ottobre 1998, pp. 285-290.
- Corsini S., Inghilesi R., Franco L. & Piscopia R. (2004) - *Atlante delle onde nei mari italiani - Italian wave atlas*. Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici (APAT) e Università di Roma "3".
- D.Lgs 112/1998 - *Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle regioni ed agli enti locali, in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59*. Pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 92 del 21 aprile 1998 - Supplemento Ordinario n. 77 (Rettifica G.U. n. 116 del 21 maggio 1997).
- D.Lgs 49/2010 - *Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni*. Pubblicato nella Gazzetta Ufficiale del 2 aprile 2010, n. 77.
- Direttiva 2007/60/CE del Parlamento europeo e Consiglio, del 23 ottobre 2007, relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni. Pubblicata nel n. L288 del 6 novembre 2007.
- Dolan R. & Davies R.E. (1994) - *Coastal storm hazards*. *Journal of Coastal Research* 12, pp. 103-114.
- ECMWF (Winter 2006/07) - *Newsletter n. 110*, www.ecmwf.int.
- EEA-European Environment Agency (1999) - *Coastal and marine zones*. Chapter 3.14. *Environment in the European Union at the Turn of the Century*. State of Environment report No 1/1999. Copenhagen: EEA. Online. Available HTTP: <http://reports.eea.eu.int/92-9157-202-0/en> (accessed 4 August 2006).
- EEA-European Environment Agency (2006) - *The changing faces of Europe's coastal areas*. www.eea.europa.eu.
- EUrosion (2004) - *Living with coastal erosion in Europe: Sediment and Space for Sustainability, PART I: Major findings and Policy Recommendations of the EUrosion project*.

- Ferreira O. (2005) - *Storm groups versus extreme single storms: predicted erosion and management consequences*. Journal of Coastal Research, SI 42, pp. 221-227.
- Gardelli M., Caleffi S., Ciavola P. (2007) - *Evoluzione morfodinamica della foce del torrente Bevano*. Studi Costieri, 13, pp. 55-76.
- GNDCI-CNR (1993) - *Progetto AVI. Censimento delle aree italiane storicamente vulnerate da calamità geologiche ed idrauliche* Grazzini F. (2007) - *Predictability of a large-scale flow conducive to extreme precipitation over the western Alps*. Meteorol. Atmos. Phys., 95, pp. 123-138.
- Grazzini F. (2007) - *Predictability of a large-scale flow conducive to extreme precipitation over the western Alps*. Meteorol. Atmos. Phys., 95, 123-138
- Guzzetti F., Cipolla F., Lollo O., Pagliacci S. & Tonelli G. (2002) - *An Information system on historical landslides and floods in Italy*. Urban Hazards Forum. John Jay College, CUNY, New York.
- Guzzetti F. (2000) - *Landslide fatalities and evaluation of landslide risk in Italy*. Engineering Geology, 58, pp. 89-107.
- Holman R.A. & Stanley J. (2007) - *The history and technical capability of Argus*. Coastal Engineering, 54, pp. 477-491.
- Idroser (1982) - *Piano progettuale per la difesa della costa Adriatica emiliano-romagnola*. Regione Emilia-Romagna.
- Idroser (1996) - *Progetto di Piano per la difesa del mare e la riqualificazione ambientale del litorale della Regione Emilia-Romagna*. Regione Emilia-Romagna, Bologna, pp. 365.
- Lorito S., Calabrese L., Perini L. & Cibin U. (2010) - *Uso del suolo della costa*. In: *Il sistema mare-costa dell'Emilia-Romagna*. A cura di Perini L. & Calabrese L., Edizioni Pendragon, pp. 109-118.
- Masina M. & Ciavola P. (2011) - *Analisi dei livelli marini estremi e delle acque alte lungo il litorale ravennate*. Studi Costieri.
- Mendoza E.T. & Jimenez J.A. (2004) - *Factors controlling vulnerability to storm impacts along the Catalan coast*. Proceedings of the International Conference of Coastal Engineering, Lisbon, pp. 3087-3099.
- Naples M. & Aerts J. (2007) - *Extreme sea level rise and major coastal cities: effects and solutions*. Institute for Environmental Studies, Free University Amsterdam, Amsterdam.
- Nicholls R. J., Leatherman S. P. & Volonte C.R. (1995) - *Impacts and responses to sea-level rise; qualitative and quantitative assessments; Potential impacts of accelerated sea-level rise on developing countries*. Journal of Coastal Research. Special Issue 14, pp. 26-43.
- Perini L. & Calabrese L. (2010) - *Il sistema mare-costa dell'Emilia-Romagna*. Edizioni Pendragon, Bologna, pp. 240.
- Perini L., Calabrese L. & Luciani P. (2011) - *Il monitoraggio dei danni da mareggiata*. Comunicazione nell'ambito del convegno "Monitoraggio del Sistema Costiero in Emilia-Romagna", Palazzo della Provincia di Ravenna, 15 Marzo 2011.
- Tsimplis M.N., Marcos M. & Somot S. (2007) - *21st century Mediterranean sea level rise: Steric and atmospheric pressure contributions from a regional model*, Global and Planetary Change, 63, Issues 2-3, September 2008, pp. 105-111.
- Valentini A., Delli Passeri L., Paccagnella T., Patrino P., Marsigli C., Cesari D., Deserti M., Chiggiato J. & Tibaldi, S. (2007) - *The sea state forecast system of ARPA-SIM*. Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata, 48, 3, pp. 333-349.
- Yu C.S., Decouttere C. & Berlamont J. (1998) - *Storm surge simulations in the Adriatic Sea*. In: CENAS, Kluwer Academic (ed.), Dordrecht, The Netherlands, pp. 207-232.

Per saperne di più

- <http://www.eea.europa.eu>
<http://www.idromare.it>
<http://www.ispravenezia.it>
<http://www.mareografico.it>
<http://www.micore.eu>
<http://www.annali.apat.gov.it/site/it-IT>
<http://www.comune.ve.it>
<http://www.provincia.fe.it>
<http://sici.irpi.cnr.it>
<http://www.circeproject.eu>
<http://www.ecmwf.int>

Lista degli acronimi

A. M.	Aeronautica Militare
APAT	Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici
ARPA	Agenzia Regionale Prevenzione e Ambiente dell'Emilia-Romagna
ARPA-SIMC	Servizio Idro-Meteo-Clima, ARPA Emilia-Romagna
APC	Agenzia di Protezione Civile dell'Emilia-Romagna
AVI	Aree Vulnerate Italiane
CADSES	Central European Adriatic Danubian South-Eastern European Space
CADSEALAND	Cadses Sea Land
CENAS	Coastline Evolution due to Natural and Anthropogenic Subsidence
CIRCE	Climate Change and Impact Research, progetto di ricerca UE,VI programma Quadro
COASTANCE	regional COmmon Action STRategy AgaiNst Coastal Erosion and climate change effects for a sustainable coastal planning in the Mediterranean basin
CNR	Consiglio Nazionale delle Ricerche
DISTART-UniBo	Dipartimento Ingegneria delle Strutture, dei Trasporti, delle Acque, del Rilevamento, del Territorio – Università di Bologna
DSM	Digital Surface Model (Modello Digitale di Superficie)
DST-UniFe	Dipartimento di Scienze della Terra - Università degli Studi di Ferrara
DTM	Digital Terrain Model (Modello Digitale del Terreno)
ECMWF	European Centre for Medium-Range Weather Forecasts
EEA	European Environment Agency (Agenzia Europea dell'Ambiente)
ENEA	Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie, l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile
ENI	Ente Nazionale Idrocarburi
GIS	Geographical Information System
GMT	Greenwich Mean Time (Tempo medio di Greenwich o Tempo del meridiano di Greenwich)
GNDICI	Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche, CNR
GPS	Global Positioning System
GRIB	GRIdded Binary: formato standard per dati meteorologici
I.G.M.	Istituto Geografico Militare
IRPI	Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica, CNR
ISMAR	Istituto di Scienze Marine, CNR
ISPRA	Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
LIDAR	Light Detection and Ranging o Laser Imaging Detection and Ranging
MEDITARE	MEDiterraneo-ITALia-REgione: catena modellistica per la previsione dello stato del mare operativa presso ARPA-SIMC.
METAR	METEorological Aerodrome Report
MICORE	Morphological Impacts and COastal Risks induced by Extreme storm events, progetto di ricerca UE,VII Programma Quadro
OGS	Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale, Trieste
OMM	Organizzazione Meteorologica Mondiale (acronimo inglese WMO)
PCW-ENI	Piattaforma Porto Corsini Ovest di estrazione petrolifera, ENI
ptf	piattaforma
R.E-R	Regione Emilia-Romagna
RIRER	Rete Integrata Regionale idro-meteo-pluviometrica dell'Emilia-Romagna
RMN	Rete Mareografica Nazionale, ISPRA
RMLV	Rete Mareografica della Laguna di Venezia e del litorale Adriatico nord occidentale, ISPRA
RON	Rete Ondametrica Nazionale, ISPRA
SDSCB	Servizio Difesa del Suolo, della Costa e Bonifica, Regione Emilia-Romagna

SGSS	Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, Regione Emilia-Romagna
SI	Sistema Internazionale, definisce gli standard per le unità di misura
SICI	Sistema Informativo sulle Catastrofi Idrogeologiche, CNR-IRPI
SPDS	Servizio Provinciale Difesa del Suolo (cfr. STB)
STB	Servizi Tecnici di Bacino, Regione Emilia-Romagna
	STBacini degli Affluenti del Po
	STB Reno
	STB di Romagna
	STB Po di Volano e della Costa
SWAN	Simulating Waves Near Shore – Modello di simulazione del moto ondoso in acque basse, DELTA-RES, Paesi Bassi
SYNOP	Surface synoptic observations (osservazioni sinottiche di superficie)
UN IPCC	United Nations Intergovernmental Panel on Climate Change
UTC	Coordinated Universal Time (Tempo Coordinato Universale), è sinonimo di GMT
WP	WorkPackage: macroattività di un progetto

allegato |

*Tabella di sintesi delle mareggiate
con impatti significativi lungo
le coste dell'Emilia-Romagna*



Nella Tabella sono stati evidenziati con il colore azzurro intenso i dieci eventi descritti nell'Allegato 2.

Numero Evento	Data evento	Regioni Adriatiche interessate	Località colpite in Emilia-Romagna	Fonte delle Informazioni	Tipologia delle Informazioni	Principali caratteristiche dell'evento	Danni riportati	Azioni e interventi
1	5 dicembre 1946	Veneto, Emilia-Romagna	Costa da Cervia a Cesenatico, da Rimini a Riccione e Cattolica	Archivi: R.E.R., ISPRA, quotidiani	Rapporti tecnici (Genio Civile di Rimini), dati mareografici (annali idrologici), articoli di giornali	Livello del mare: 1,13 m a Porto Corsini e 1,37 m a Rimini Venti: da E Piene fluviali: diffuse	Erosione arenile, esondazioni di fiumi e allagamenti; danni a: opere a mare e infrastrutture urbane	Opere di pronto intervento di Prefettura, Genio Civile, Vigili del Fuoco e Capitaneria di Porto
2	27-28 gennaio 1948	Veneto, Emilia-Romagna	Bellarina e Igua Marina	Archivi: Centro Maree (Comune di Venezia), ISPRA, quotidiani	Dati mareografici e annali idrologici, articoli di giornali	Livello del mare: 1,36 m a Venezia, 1,15 m a Porto Corsini e 1,29 a Rimini Venti: da E-SE con velocità di 21 m/s	Erosione arenile, ingressione marina e allagamenti; danni a infrastrutture urbane	Non documentati
3	11-12 novembre 1951	Veneto, Emilia-Romagna	Costa ferrarese, ravennate (Casal Borsetti, Marina di Ravenna e Cervia) e riminese (Viserba, Viserbella e Cattolica)	Archivi: R.E.R., ARPA-SIMC, Centro Maree (Comune di Venezia), ISPRA, quotidiani	Rapporti tecnici (Genio Civile di Ferrara e Rimini), Atti Parlamentari, dati meteo, dati mareografici e annali idrologici, articoli di giornali	Livello del mare: 1,51 m (il 12 novembre) a Venezia (Punta della Salute); 0,97 m a Porto Corsini e 1,26 m a Rimini Venti: da S-SE, 13 m/s a Rimini (*) Piene fluviali: diffuse	Erosione arenile, ingressione marina e allagamenti di abitati e aree agricole; danni a: opere a mare, infrastrutture urbane e aree agricole e naturali	Non documentati
4	4-5 gennaio 1954	Emilia-Romagna	Cattolica	Archivi: R.E.R., ARPA-SIMC, ISPRA	Rapporti tecnici (Genio Civile di Rimini), dati meteo, dati mareografici (annali idrologici)	Livello del mare: 1,00 m a Porto Corsini e 1,20 m a Rimini Venti: da ENE, 12 m/s a Rimini (*)	Erosione arenile, danni a opere a mare	Opere di pronto intervento e ripristino opere a mare
5	1 novembre 1955	Emilia-Romagna	Bellarina	Archivi: R.E.R., ARPA-SIMC, ISPRA	Rapporti tecnici (Genio Civile di Forlì), dati meteo, dati mareografici (annali idrologici)	Livello del mare: 0,92 m a Porto Corsini e 0,97 m a Rimini Venti: da NE 15 m/s a Marina di Ravenna (*)	Erosione arenile, ingressione marina, danni a infrastrutture urbane (instabilità di una ventina di abitazioni fronte mare)	Opere di pronto intervento e richiesta di realizzazione di opere di difesa costiera
6	30 novembre 1956	Veneto, Emilia-Romagna, Marche	Intera costa regionale, in particolare: Porto Garibaldi, Cervia e litorale riminese	Archivi: ARPA-SIMC, ISPRA, quotidiani	Dati meteo, dati mareografici (annali idrologici), articoli di giornali	Livello del mare: 1,12 m a Porto Corsini e 1,20 m a Rimini Venti: 18 m/s E a Rimini (*)	Perdita di una vita umana. Erosione arenile, ingressione marina, esondazioni e allagamenti; danni a infrastrutture urbane	Opere di pronto intervento

7	12-14 novembre 1958	Veneto, Emilia-Romagna	Costa ferrarese (Goro, Lido Volano, Mesola e Porto Garibaldi); costa ravennate (Marina di Ravenna e foce Savio); costa riminese	Archivi: R.E-R, ARPA-SIMC, SICI del CNR-IRPI, ISPPA, quotidiani	Rapporti tecnici (Genio Civile di Venezia, Ferrara, Ente Parco Delta del Po), dati meteo, dati mareografici (annali idrologici), catalogo pieno (Prog. AVI), articoli di giornali	Livello del mare: 1,20 m a Porto Corsini e 1,37 m a Rimini Venti: prima E poi SE, max 10 m/s da E a Marina di Ravenna (*) Piene fluviali: diffuse	Erosione arenile, ingressione marina, esondazioni e allagamenti. Danni a: opere a mare, stabilimenti balneari e infrastrutture urbane (crollo di muri e argini a Bellaria)	Costruzione argini di presidio al bosco della Mesola; costruzione palancolata adiacente la strada Romea; difesa abitato Gorino; costruzione di una difesa radente a protezione dell'abitato di Bellaria
8	8 giugno 1964	Friuli-Venezia Giulia, Veneto, Emilia-Romagna, Marche	Intera costa regionale	Archivi: R.E-R, ARPA-SIMC, ISPPA, quotidiani	Rapporti tecnici (Genio Civile di Forlì), Atti Parlamentari, dati meteo, dati mareografici (annali idrologici), articoli di giornali	Livello del mare: 1,11 m a Porto Corsini Venti: 15 m/s E a Marina di Ravenna, 16,5 m/s NE a Rimini (*)	Perdita di vite umane. Erosione arenile, ingressione marina, allagamenti di intere aree urbane e agricole, danni a: opere a mare, stabilimenti balneari, infrastrutture urbane aree agricole e naturali	Interventi immediati di Vigili del Fuoco e dell'Arma dei Carabinieri. Intervento ministeriale: inviata una Commissione per esaminare l'entità dei danni
9	4 novembre 1966	Friuli-Venezia Giulia, Veneto, Emilia-Romagna, Marche	Intera costa regionale	Archivi: R.E-R, ARPA-SIMC, Centro Maree (Comune di Venezia), ISPPA, SICI del CNR-IRPI, quotidiani; siti internet	Rapporti tecnici (Provincia Ferrara), documentazioni fotografiche, Atti Parlamentari, cartografia, dati meteo, dati mareografici e annali idrologici, catalogo pieno (Prog. AVI), articoli di giornali; pagine web	Livello del mare: 1,94 m a Venezia (1° record storico); 1,56 m a Porto Corsini Venti: 14 m/s SE stazione di Marina di Ravenna (*) massima intensità sul mare 22 m/s (**), forti da SE fino a burrasca (***) Piene fluviali: diffuse	Erosione arenile, ingressione, esondazione di fiumi e canali e allagamenti di aree urbane e terreni; danni a: opere a mare, stabilimenti balneari e infrastrutture urbane	Interventi di emergenza dei Vigili del Fuoco, Genio Civile, Forze dell'Ordine e della popolazione; difesa dell'abitato di Goro con sacchi di sabbia. Costruzione argine protettivo in provincia di Ferrara (Strada Acciaiolli)
10	22 dicembre 1979	Friuli-Venezia Giulia, Veneto, Emilia-Romagna, Marche	Intera costa regionale	Archivi: R.E-R, ARPA-SIMC, Centro Maree (Comune di Venezia), ISPPA, quotidiani; siti internet	Rapporti tecnici (STB, Provincia di Ferrara, Genio Civile Ravenna), Atti Parlamentari, relazioni Idrosar, dati meteo-marini, dati mareografici e annali idrologici, articoli di giornali; pagine web	Livello del mare: 1,66 m a Venezia (2° record storico); 1,64 m a Porto Corsini e 1,96 m a Rimini Onda: valori di altezza 4-5 m SE in alto Adriatico Venti: 5 m/s a Marina di Ravenna (*) 10 m/s SE Rimini massima intensità sul mare 19 m/s (**), forte da SE (***) Piene fluviali: diffuse	Erosione arenile, ingressione marina, esondazioni di canali e allagamenti di interi abitati, aree agricole e naturali, danni a: opere a mare, stabilimenti balneari, infrastrutture urbane (anche industrie), aree agricole e naturali, accumuli di fango e detriti	Interventi di prima emergenza dei Vigili del Fuoco e amministratori locali; costruzione di opere di difesa rigida

Numero Evento	Data evento	Regioni Adriatiche interessate	Località colpite in Emilia-Romagna	Fonte delle Informazioni	Tipologia delle informazioni	Principali caratteristiche dell'evento	Danni riportati	Azioni e interventi
11	31 gennaio - 2 febbraio 1986	Veneto, Emilia- Romagna, Marche, Puglia	Costa ferrarese (Goro, Codigoro e Comacchio), costa ravennate e riminese	Archivi: R.E.-R, ARPA-SIMC, Centro Maree Comune di Venezia, ISPRA, quotidiani; siti internet	Rapporti tecnici (STB), riprese aeree, dati meteo, dati mareografici, articoli di giornali; pagine web	Livello del mare: 1,58 m a Venezia (3° record storico) e 1,39 m a Porto Corsini Onda: altezza d'onda osservata 3,4 m Venti: 12 m/s SE a Marina di Ravenna, rotazione a NE il 4 febbraio (*) Piene fluviali: diffuse	Erosione arenile, ingressione marina, esondazioni di canali e allagamenti; danni a: opere a mare, stabilimenti balneari e infrastrutture urbane	Proclamazione dello stato di calamità nelle aree costiere; opere di pronto intervento, lavori di ripristino delle opere di difesa
12	9-10 dicembre 1990	Veneto, Emilia-Romagna	Intera costa regionale	Archivi: R.E.-R, ARPA-SIMC, quotidiani; siti internet	Rapporti tecnici (STB), dati meteo, dati mareografici, articoli di giornali; pagine web	Livello del mare: 1,28 m a Venezia Venti: 15 m/s SE persistente a Marina di Ravenna (*)	Erosione arenile, ingressione marina e danni a opere a mare	Interventi di ripristino alle opere a mare, dragaggio dei porti (Carvia)
13	febbraio-maggio 1991	Emilia-Romagna	Intera costa regionale	Archivi: R.E.-R, quotidiani	Rapporti tecnici (STB, Comune Cesenatico), articoli di giornali	Dati non disponibili	Erosione arenile, ingressione marina, esondazioni di fiumi e allagamenti; danni a: opere a mare, stabilimenti balneari e infrastrutture urbane	Interventi di prima emergenza da parte di operai del Comune di Cesenatico, titolari di stabilimenti balneari e Vigili del Fuoco. Richiesti interventi urgenti di ripristino.
14	23-24 novembre 1991	Friuli-Venezia Giulia, Veneto, Emilia- Romagna, Marche	Intera costa regionale	Archivi: R.E.-R, ARPA-SIMC, SICI del CNR-IRPI, quotidiani; siti internet	Rapporti tecnici (STB e Comune Misano Adriatico, Decreto Legge), dati meteo, catalogo piene (Prog. AVI), articoli di giornali; pagine web	Venti: 12,5 m/s NE a Rimini (*) Piene fluviali: diffuse	Erosione arenile, esondazioni di canali e allagamenti di aree urbane e terreni, danni a: opere a mare e stabilimenti balneari	Interventi di ripristino a opere di difesa
15	5 ottobre 1992	Emilia-Romagna	Costa ferrarese	Archivi: R.E.-R, ARPA-SIMC, ISPPA	Rapporti tecnici (STB), dati meteo, dati mareografici	Livello del mare: 0,78 a Porto Corsini Onda: da SE Venti: prima S poi SO 13 m/s a Marina di Ravenna (*)	Erosione arenile, ingressione marina; danni opere a mare	Interventi di prima emergenza; apporto di sacchi di sabbia per evitare allagamenti (Valle Molino)

16	8-9 dicembre 1992	Friuli-Venezia Giulia, Veneto, Emilia-Romagna, Marche	Intera costa regionale	<p>Archivi: R.E-R, Centro Maree (Comune di Venezia), ARPA-SIMC, ENI, SICI del CNR-IPPI, quotidiani; siti internet</p> <p>Rapporti tecnici (STB, Comuni di Cesenatico e Rimini), riprese aeree, cartografia, dati meteo-marini (piattaforma ENI-PCW), dati mareografici, catalogo piene (Prog. AVI), articoli di giornali; pagine web</p>	<p>Livello del mare: 1,42 m a Venezia Onda: classe energetica 3, Hs=4m, direzione misurata/osservata da ENE (bora) Venti: 9 m/s da SE poi 10 m/s NE a Marina di Ravenna (*2) massima intensità del vento sul mare: 16 m/s (**); direzione del vento prevalente: inizialmente sostenuti da SE, dall'8 dicembre moderati-forti da E (***) Piene fluviali: diffuse</p>	<p>Erosione arenile, ingressione marina, insabbiamenti, allagamenti di canali e a. opere a mare stabilimenti balneari e infrastrutture urbane</p> <p>Richiesto lo stato di emergenza</p>	<p>Allerta meteo Protezione Civile; interventi di Vigili del Fuoco, Protezione Civile, operai comunali, Forze dell'Ordine, Amministratori locali e volontari; barriere mobili, trincee con sacchi di sabbia, difesa dall'acqua alta.</p>
17	26-27 dicembre 1996	Veneto, Emilia-Romagna, Marche, Abruzzo	Intera costa regionale	<p>Archivi: R.E-R, ARPA-SIMC, ENI, Centro Maree (Comune di Venezia), ISPRA, quotidiani</p> <p>Rapporti tecnici (STB), dati meteo-marini (piattaforma ENI-PCW), dati mareografici, articoli di giornali</p>	<p>Livello del mare: 1,34 m a Venezia e 0,70 m a Porto Corsini Onda: classe energetica 4 (Hs_max=4,24 m); direzione prevalente NE Venti: 22 m/s da ENE a Marina di Ravenna, persistente (*1); massima intensità del vento sul mare: 21 m/s (**); direzione del vento prevalente: Persistenti e forti da NE (***)</p>	<p>Costruzione di arginature in sabbia e sacchi (effettuate da STB), opere di pronto intervento di: Protezione Civile, Capitaneria di Porto e Carabinieri, interventi di ripascimento, ricostruzione duna e spiaggia</p> <p>Erosione arenile, ingressione marina, allagamenti e insabbiamenti; danni a: opere a mare, stabilimenti balneari, impianti di mitilicoltura</p>	<p>Costruzione di arginature in sabbia e sacchi (effettuate da STB), opere di pronto intervento di: Protezione Civile, Capitaneria di Porto e Carabinieri, interventi di ripascimento, ricostruzione duna e spiaggia</p>
18	6-7 novembre 1999	Friuli-Venezia Giulia, Veneto, Emilia-Romagna, Marche, Abruzzo	Intera costa regionale	<p>Archivi: R.E-R, ARPCiv, ARPA-SIMC, ENI, ISPRA, SICI del CNR-IPPI, DST-UniFe, quotidiani; siti internet</p> <p>Rapporti tecnici (STB), Piano interventi, ordinanze e decreti, documentazioni fotografiche, dati meteo-marini (piattaforma ENI-PCW), dati mareografici, catalogo piene (Prog. AVI), relazioni universitarie, articoli di giornali; pagine web</p>	<p>Livello del mare: massima 1,16 m a Venezia (Punta della Salute) Onda: classe energetica 3; (Hs_max=3,78 m); direzione prevalente ENE Venti: massima intensità del vento sul mare: 17 m/s (**); direzione del vento prevalente: inizialmente sostenuti da SE, dal 7 novembre forti da NE (***) massima intensità del vento: 19 m/s, NE stazione di Marina di Ravenna (*2) massima velocità del vento (raffica): 26 m/s stazione di Marina di Ravenna (*2) Piene fluviali: diffuse</p>	<p>Erosione arenile, ingressione marina, spostamenti di sabbia nelle aree urbane retrostanti gli arenili, insabbiamenti di porti, allagamenti di canali e a. opere a mare, stabilimenti balneari, infrastrutture urbane</p>	<p>Stato di allerta a scala regionale; mobilitati STB, Comuni, volontari della Protezione Civile, Vigili del Fuoco e Prefetture; Piani di emergenza, Evacuazione di persone da centri abitati. Compilazione del Piano Regionale degli interventi urgenti di ripristino (ARPCiv), stanziamento di fondi</p>

Numero Evento	Data evento	Regioni Adriatiche interessate	Località colpite in Emilia-Romagna	Fonte delle Informazioni	Tipologia delle Informazioni	Principali caratteristiche dell'evento	Danni riportati	Azioni e interventi
19	14-19 novembre 2002	Friuli-Venezia Giulia, Veneto, Emilia-Romagna, Marche	Intera costa regionale	Archivi: R.E-R, ARPCiv, ARPA-SIMC, Centro Maree (Comune di Venezia), ISPRA, DST-UniFe, quotidiani; siti internet	Rapporti tecnici (STB), documentazioni fotografiche, ordinanze e decreti, Piano Interventi, dati meteorologici, dati mareografici, dati mareografici, relazioni universitarie, articoli di giornali; pagine web	<p>Livello del mare: a Venezia 1,47 m; massima 0,96 m a Porto Corsini;</p> <p>Onda: classe energetica 2-3; (Hs_max=4,7 m con direzione prevalente da NNE)</p> <p>Venti: massima intensità del vento sul mare: 18 m/s (**); direzione del vento prevalente: inizialmente forti da S dal 16 novembre forti da SSO (***) ; massima intensità del vento 10,3 m/s SE (stazione Marina di Ravenna)</p> <p>massima velocità del vento (raffica) 14,9 m/s (Marina di Ravenna) (*)</p> <p>Piene fluviali: diffuse</p>	Erosione arenile, ingressione marina, esondazioni di canali e allagamenti di abitati; danni a opere a mare, stabilimenti balneari e infrastrutture urbane	Opere di pronto intervento (rinforzo delle dune con apporto di sabbia); mobilitati: Vigili del Fuoco e Capitaneria di Porto, richiesto lo stato di emergenza; interventi di ripascimento e ricostruzione delle dune in alcuni tratti critici del litorale; interventi di ripristino a opere di difesa rigide e difesa di argini
20	24-27 novembre 2002	Friuli-Venezia Giulia, Veneto, Emilia-Romagna, Marche	Intera costa regionale	Archivi: R.E-R, Comune di Ravenna, ARPA-SIMC, ISPRA, DST-UniFe, quotidiani; siti internet	Rapporti tecnici (STB), dati meteo-marini (boa Ancona trasposta su E-R), dati mareografici, relazioni universitarie, articoli di giornali; pagine web	<p>Livello del mare: massima 0,7 m a Porto Corsini</p> <p>Onda: classe energetica 4 (Hs_max=3,58 m con direzione prevalente da NNE)</p> <p>Venti: 12 m/s da SE Marina di Ravenna (*)</p> <p>Piene fluviali: diffuse</p>	Erosione arenile, esondazioni fluviali	Interventi di ripascimento e di manutenzione delle scogliere (STB)
21	3-6 dicembre 2002	Friuli-Venezia Giulia, Veneto, Emilia-Romagna, Marche	Intera costa regionale	Archivi: R.E-R, Comune di Ravenna, ARPA-SIMC, ISPRA, DST-UniFe, quotidiani	Rapporti tecnici (STB), documentazioni fotografiche, dati meteo-marini (boa ondametrica di Ancona trasposta su E-R), dati mareografici, relazioni universitarie, articoli di giornali	<p>Livello del mare: 0,96 m a Porto Corsini</p> <p>Onda: classe energetica 3 (Hs_max=2,6 m con direzione prevalente da NE); Venti: 10,8 m/s da NE Marina di Ravenna (*)</p>	Erosione arenile, esondazioni fluviali	Interventi di ripascimento e di manutenzione delle scogliere (STB)

22	3-4 maggio 2004	Emilia-Romagna	Intera costa regionale	<p>Archivi: R.E-R, ARPA-SIMC, ISPRA, DST-UniFe, quotidiani</p>	<p>Rapporti tecnici (STB), documentazioni fotografiche, dati meteo-marini (boa ondnametrica Ancona trasposta su E-R), dati mareografici, relazioni universitarie, articoli di giornali</p>	<p>Livello del mare: 1,12 m a Venezia (stazione di Punta della Salute); 0,65 m a Porto Corsini</p> <p>Onda: classe energetica 2, (Hs_max=2,59 m con direzione prevalente da ESE); Venti: 12 m/s da SE persistente a Marina di Ravenna (*3)</p>	<p>Erosione arenile, danni a opere a mare</p>	<p>Ripascimenti e interventi di manutenzione e ripristino delle opere di difesa</p>
23	24 settembre 2004	Friuli-Venezia Giulia, Veneto, Emilia-Romagna Marche, Abruzzo	Intera costa regionale	<p>Archivi: R.E-R, ARPCiv, ARPA-SIMC, ISPRA, DST-UniFe, DISTART-UniBo, quotidiani</p>	<p>Rapporti tecnici (STB), rilievo LIDAR, documentazioni fotografiche, cartografia, Piano Interventi, ordinanze e decreti, dati meteo-marini (boa ondnametrica Ancona trasposta su E-R), dati mareografici, relazioni universitarie, Sistema Video Argus, articoli di giornali</p>	<p>Livello del mare: 0,85 m a Porto Corsini</p> <p>Onda: classe energetica 3, (Hs_max= 5,6 m con direzione prevalente NE)</p> <p>Venti: direzione del vento prevalente(***), inizialmente un debole SO, poi repentino cambio ENE; massima intensità del vento (**): 24 m/s NE (stazione di Marina di Ravenna); massima velocità del vento (raffica): 36 m/s (stazione di Marina di Ravenna) (*1)</p>	<p>Perdita di vite umane. Erosione arenile, ingressione marina, esondazione canali e allagamenti; danni a: opere a mare, stabilimenti balneari, infrastrutture urbane, aree naturali</p>	<p>Proclamazione dello stato di emergenza in tutta l'area costiera; ripascimenti con sabbia di provenienza offshore; lavori di manutenzione delle opere di difesa rigide, sistemazione foci fluviali</p>
24	29 ottobre - 2 novembre 2004	Emilia-Romagna	Costa ferrarese (Lido di Spina)	<p>Archivi: R.E-R, ARPA-SIMC, ISPRA, DST-UniFe</p>	<p>Rapporti tecnici (STB), documentazioni fotografiche, dati meteo-marini (boa Ancona trasposta su E-R), dati mareografici, relazioni universitarie, Sistema Video Argus</p>	<p>Livello del mare: 1,36 m a Venezia (Punta della Salute) e 0,82 m a Porto Corsini;</p> <p>Onda: classe energetica 2 (Hs_max=2,354 m con direzione prevalente da ESE) Venti: 7 m/s SE Marina di Ravenna (*3)</p>	<p>Erosione arenile, ingressione marina</p>	<p>Non documentati</p>
25	9-11 novembre 2004	Veneto, Emilia-Romagna, Marche, Abruzzo	Intera costa regionale	<p>Archivi: R.E-R, ARPA-SIMC, ISPRA, quotidiani</p>	<p>Rapporti tecnici (STB), dati meteo-marini (boa Ancona trasposta su E-R), dati mareografici, articoli di giornali</p>	<p>Livello del mare: 0,92 m a Porto Corsini</p> <p>Onda: classe energetica 2, (Hs_max=2,39 m con direzione prevalente da SE); Venti: 24 m/s NE Marina di Ravenna (*3)</p> <p>Piene fluviali</p>	<p>Erosione arenile, ingressione marina, esondazioni fluviali, spiaggiamento di detriti, danni a stabilimenti balneari</p>	<p>Stato di allerta per il maltempo dalla Protezione Civile</p>

Numero Evento	Data evento	Regioni Adriatiche interessate	Località colpite in Emilia-Romagna	Fonte delle Informazioni	Tipologia delle Informazioni	Principali caratteristiche dell'evento	Danni riportati	Azioni e interventi
26	13-15 novembre 2004	Veneto, Emilia-Romagna, Marche	Intera costa regionale	Archivi: R.E-R, ARPA-SIMC, ISPRA, DST-UniFe, quotidiani	Rapporti tecnici (STB), documentazioni fotografiche, dati meteo-marini (previsione da modello SWAN), dati mareografici, relazioni universitarie, articoli di giornali	Livello del mare: 0,88 m a Porto Corsini Onda: classe energetica 3, (Hs_max=3,455 m con direzione prevalente da NE); Venti: 16 m/s NE Marina di Ravenna (*3) Piene fluviali	Erosione arenile, ingressione marina, esondazioni fluviali e allagamenti; spiaggiamento di detriti, danni a stabilimenti balneari	Stato di allerta per il maltempo dalla Protezione Civile; richiesto lo stato di calamità naturale; asportazione di detriti dalle spiagge; interventi di ripascimento
27	26-29 dicembre 2004	Veneto, Emilia-Romagna	Costa ferrarese (Lido di Volano e Lido di Spina)	Archivi: ARPA-SIMC, ISPRA, DST-UniFe	Dati meteo-marini (boa Ancona trasposta su E-R), dati mareografici, relazioni universitarie	Livello del mare: 1,28 m a Venezia (Punta della Salute) e 0,94 m a Porto Corsini; Onda: classe energetica 3; direzione prevalente E-SE; (Hs_max=3,43 m con direzione SE) Venti: scarsi (6-7 m/s) (*3)	Non specificati	Non documentati
28	10-11 aprile 2005	Friuli-Venezia Giulia, Veneto, Emilia-Romagna	Intera costa regionale	Archivi: R.E-R, ARPA-SIMC, ISPRA, DST-UniFe, quotidiani	Rapporti tecnici (STB), documentazioni fotografiche, dati meteo-marini (previsione da modello SWAN), dati mareografici, Sistema Video Argus, articoli di giornali	Livello del mare: massima 1,17 m a Venezia e 0,80 m a Porto Corsini; Onda: classe energetica 4 (Hs_max=3,629 m con direzione prevalente da ENE); Venti: Cesenatico 16 m/s NNE Marina di Ravenna NNE Rimini 12 m/s (*3)	Erosione arenile, ingressione marina; danni a: opere a mare e stabilimenti balneari	Stato di allerta per il maltempo dalla Protezione Civile; interventi di ripascimento
29	7 agosto 2005	Emilia-Romagna	Costa forlivese-cesenate	Archivi: R.E-R, ARPA-SIMC, ISPRA, DST-UniFe, quotidiani	Rapporti tecnici (STB), documentazioni fotografiche, dati meteo-marini (previsione da modello SWAN), dati mareografici, Sistema Video Argus, articoli di giornali	Livello del mare: 0,54 m a Porto Corsini Onda: Hs_max=1,372 m con direzione ENE il 7 agosto ore 12,00 UTC Venti: Marina di Ravenna 13 m/s NE breve impulso (*3)	Erosione arenile	Interventi di ripascimento
30	10-11 settembre 2005	Emilia-Romagna	Costa forlivese-cesenate	Archivi: R.E-R, ARPA-SIMC, ISPRA, quotidiani	Rapporti tecnici (STB), dati mareografici, articoli di giornali	Livello del mare: 0,46 m a Porto Corsini Venti: impulso da NE	Erosione arenile, ingressione marina e allagamenti; danni a stabilimenti balneari	Interventi di ripascimento

31	2-8 ottobre 2005	Emilia-Romagna	Intera costa regionale	Archivi: R.E-R, ARPA-SIMC, ISPR, DST-Unife	Rapporti tecnici (cartografia), dati meteo-marini (boa Ancona trasposta su E-R), dati mareografici, Sistema Video Argus	Livello del mare: 0,63 m a Porto Corsini Onda: classe energetica 1, (Hs_max=2,12 m con dir 99°N direzione E-SE), Venti: max 11 m/s NE solo 8 ottobre, prima venti scarsi (*3)	Erosione arenile, ingressione marina ed esondazioni	Non documentati
32	22-23 novembre 2005	Emilia-Romagna	Costa forlivese-cesenate	Archivi: R.E-R, ARPCiv, ARPA-SIMC, ISPR, DST-Unife	Rapporti tecnici (STB), documentazioni fotografiche, Piano Interventi, dati meteo-marini (boa Ancona trasposta su E-R), dati mareografici, Sistema Video Argus	Livello del mare: 0,60 m a Porto Corsini Onda: classe energetica 3, (Hs_max=2,79 m direzione NE) Venti: deboli da SE il 21-22 novembre poi il 23 da ENE per 30 ore ca. (**), max 15 m/s a Marina di Ravenna (*3) Piene fluviali	Erosione arenile, esondazioni fluviali; spiaggiamento di detriti, danni a: opere a mare	DPCM del 3 febbraio 2006; proclamazione dello stato di emergenza. Interventi di ripristino opere a mare e ripascimenti (Misano Adriatico e Rimini)
33	30 maggio - 1 giugno 2006	Emilia-Romagna	Intera costa regionale	Archivi: R.E-R, ARPA-SIMC, ISPR, DST-Unife, quotidiani	Rapporti tecnici (STB), documentazioni fotografiche, dati meteo-marini (previsione modello SWAN), dati mareografici, Sistema Video Argus, articoli di giornali	Livello del mare: massima 0,73 m a Venezia; 0,43 m a Porto Corsini Onda: (Hs_max=2,04 m con dir NNE) Venti: max a Cesenatico 17 m/s NNE breve impulso di 12 ore ca. (*3)	Erosione arenile, ingressione marina e danni a opere a mare e stabilimenti balneari	STB monitoraggio; lavori di stabilizzazione dune e spiagge
34	3-4 maggio 2007	Emilia-Romagna	Intera costa regionale	Archivi: R.E-R, ARPA-SIMC, ISPR	Rapporti tecnici (STB), dati meteo-marini (previsione modello SWAN), dati mareografici	Livello del mare: 0,47 m a Porto Corsini Onda: (Hs_max=0,979 m con dir ENE il 4 maggio ore 02.00 UTC) Venti: 8/9 m/s SE il 2 maggio poi NNE debole (5 m/s) il 3 maggio (*3)	Erosione arenile, ingressione marina; danni a stabilimenti balneari, opere a mare, infrastrutture urbane	Non documentati
35	30 luglio 2007	Emilia-Romagna, Marche	Costa ferrarese e forlivese-cesenate	Archivi: R.E-R, ARPA-SIMC, ISPR, DST-Unife, quotidiani	Rapporti tecnici (STB), documentazioni fotografiche, dati meteo-marini (boa ondiametrica Nausicaa), dati mareografici, Sistema Video Argus, articoli di giornali	Livello del mare: 0,58 m a Porto Corsini Onda: classe energetica 2 con direzione NE Venti: di breve durata (12 ore) ENE, max 18 m/s a Cesenatico (*3)	Erosione arenile, ingressione marina; danni a stabilimenti balneari e opere di difesa	Interventi di ripascimento a Lido di Volano

Numero Evento	Data evento	Regioni Adriatiche interessate	Località colpite in Emilia-Romagna	Fonte delle informazioni	Tipologia delle informazioni	Principali caratteristiche dell'evento	Danni riportati	Azioni e interventi
36	4-5 settembre 2007	Emilia-Romagna	Costa forlivese-cesenate	Archivi: R.E-R, ARPA-SIMC, DST-UniFe, siti internet	Rapporti tecnici (STB), documentazioni fotografiche, dati meteo-marini (boa ondametria Nausicaa), Sistema Video Argus; pagine web	Onda: classe energetica 1 con direzione NNE Venti: veloce impulso (4-5 ore) da NE max 20 m/s a Cesenatico (**3)	Erosione arenile	Interventi di ripascimento
37	17-21 maggio 2008	Veneto, Emilia-Romagna	Intera costa regionale	Archivi: R.E-R, ARPA-SIMC, ISPRa, DST-UniFe, quotidiani	Rapporti tecnici (STB), documentazioni fotografiche, dati meteo-marini (boa ondametria Nausicaa), dati mareografici, articoli di giornali	Livello del mare: 0,63 m a Porto Corsini Onda: Hs_max=1,36 m con direzione E il 19 maggio 10,00 UTC Venti: provenienti inizialmente da SE (sciocco), poi da NE (bora), max a Cesenatico, 12 m/s (**3)	Erosione arenile, ingressione marina, spiaggiamento di rifiuti; danni a opere a mare	Richiesti interventi urgenti di ripascimento e di ripristino opere a mare
38	1-3 dicembre 2008 EVENTO MULTIPO	Friuli-Venezia Giulia, Veneto, Emilia-Romagna	Costa ferrarese, ravennate e forlivese-cesenate	Archivi: R.E-R, ARPA-SIMC, ISPRa, DST-UniFe, quotidiani	Rapporti tecnici (STB, Comune di Comacchio), documentazioni fotografiche, dati meteo-marini (boa ondametria Nausicaa), dati mareografici, Sistema Video Argus, articoli di giornali	Livello del mare: massima 1,50 m a Venezia; 0,97 m a Porto Corsini Onda: Hs_max=1,47 m con direzione NNE il 1 dicembre ore 00.00 UTC Venti: massima intensità del vento sul mare: 18 m/s(**); direzione del vento prevalente: SSE lungo la costa e su alto e medio Adriatico (**); massima intensità del vento 9.8 m/sec SSE (**2)	Erosione arenile, ingressione marina, esondazioni di canali e allagamenti; danni a opere a mare, stabilimenti balneari e infrastrutture urbane	Stato di allerta nel territorio per il maltempo; interventi di prima emergenza
38	10-13 dicembre 2008 EVENTO MULTIPO	Friuli-Venezia Giulia, Veneto, Emilia-Romagna, Marche, Abruzzo, Molise, Puglia	Intera costa regionale	Archivi: R.E-R, ARPA-SIMC, ISPRa, DST-UniFe, quotidiani	Rapporti tecnici (STB), documentazioni fotografiche, dati meteo-marini (boa ondametria Nausicaa), dati mareografici, Sistema Video Argus, articoli di giornali	Livello del mare: 0,87 m a Porto Corsini Onda: classe energetica 1 (Hs_max=2,17m); direzione prevalente ENE Venti: massima intensità del vento sul mare: 18 m/s (**); direzione del vento prevalente SSE lungo la costa e su alto e medio Adriatico (**); massima intensità del vento 9.8 m/sec SSE (**2)	Erosione arenile, ingressione marina, esondazioni di canali e valli e allagamenti; danni a opere a mare, stabilimenti balneari ed infrastrutture turistiche	Stato di emergenza nel territorio; stanziati fondi speciali; interventi di ripascimento e di rinforzo e ripristino opere di difesa

38	15 dicembre 2008 EVENTO MULTIPLIO	Friuli Venezia Giulia, Veneto, Emilia-Romagna, Marche, Abruzzo, Molise, Puglia	Intera costa regionale	Archivi: R.E.R., ARPA-SIMC, ISPR, DST-Unife, quotidiani	Rapporti tecnici (STB), documentazioni fotografiche, dati meteo-marini (boa ondametria Nausicaa), dati mareografici, Sistema Video Argus, articoli di giornali	<p>Livello del mare: 0,86 m a Porto Corsini</p> <p>Onda: Hs .max=1,4 m con direzione ENE il 15 dicembre ore 08.30 UTC</p> <p>Venti: massima intensità del vento sul mare: 18 m/s(**); direzione del vento prevalente SSE lungo la costa e su alto e medio Adriatico (**); massima intensità del vento 9,8 m/sec SSE (*2)</p>	<p>Erosione arenile, ingressione marina, esondazioni di canali e valli e allagamenti; danni a: opere a mare, stabilimenti balneari ed infrastrutture turistiche</p> <p>Stato di emergenza nel territorio; stanziati fondi speciali; interventi di ripascimento e di rinforzo e ripristino opere di difesa</p>
39	19-20 marzo 2009 EVENTO MULTIPLIO	Emilia-Romagna	Costa ferrarese	Archivi: R.E.R., ARPA-SIMC, ISPR	Rapporti tecnici (STB), documentazioni fotografiche, dati meteo-marini (boa ondametria Nausicaa), dati mareografici	<p>Livello del mare: 0,25 m a Porto Corsini</p> <p>Onda: classe energetica 3 (2,96 m) direzione prevalente NE;</p> <p>Venti: SSE il 19 marzo, poi dal 19-20 marzo E con rinforzo per circa 12 ore, max 16 m/s a Cesenatico</p>	<p>Erosione arenile, danni a: opere a mare e stabilimenti balneari</p> <p>Stato di allerta per il maltempo da ARPCiv</p>
39	28-29 marzo 2009 EVENTO MULTIPLIO	Veneto, Emilia-Romagna, Marche	Costa ferrarese, ravennate forlivese-cesenate	Archivi: R.E.R., ARPA-SIMC, ISPR, Provincia di Ferrara, quotidiani	Rapporti tecnici (STB), dati meteo-marini (previsione da modello SWAN), dati mareografici, articoli di giornali	<p>Livello del mare: 0,82 m a Porto Corsini; 0,74 m Porto Garibaldi; Onda: Hs .max=1,461 m con direzione E il 29 marzo ore 07.00 UTC;</p> <p>Venti: 7 m/s SE poi E</p>	<p>Erosione arenile, ingressione marina e allagamenti; danni a: opere a mare, stabilimenti balneari e infrastrutture urbane</p> <p>Stato di allerta per il maltempo da ARPCiv, interventi di rinforzo e ripristino delle opere a mare, rimozione rifiuti spiaggiati</p>
40	27-29 aprile 2009	Friuli-Venezia Giulia, Veneto, Emilia-Romagna, Marche, Abruzzo	Intera costa regionale	Archivi: R.E.R., ARPCiv, ARPA-SIMC, ISPR, Provincia di Ferrara, DST-Unife, quotidiani	Rapporti tecnici (STB), documentazioni fotografiche, Giornale eventi, dati meteo-marini (previsione da modello SWAN), dati mareografici, Sistema Video Argus, articoli di giornali	<p>Livello del mare: 1,25 m a Venezia; 0,90 m a Porto Corsini, 0,80 m a Porto Garibaldi;</p> <p>Onda: classe energetica 2, Hs=2,017 m, direzione prevalente ESE</p> <p>Venti: SE costante max 15 m/s a Marina di Ravenna</p>	<p>Erosione arenile, ingressione marina e allagamenti; danni a: stabilimenti balneari e infrastrutture urbane</p> <p>Stato di emergenza nel territorio, opere di pronto intervento dei Vigili del Fuoco; monitoraggio STB, interventi di ripascimento e ripristino opere di difesa</p>
41	27 maggio 2009	Emilia-Romagna	Costa ferrarese (Lido di Volano)	Archivi: ARPA-SIMC, ISPR, quotidiani	Dati meteo-marini (boa ondametria Nausicaa), dati mareografici, articoli di giornali	<p>Livello del mare: 0,53 m a Porto Corsini</p> <p>Onda: classe energetica 1; Hs=1,98 m, direzione prevalente NE;</p> <p>Venti: prima deboli SE, poi in rotazione da E, max 13 m/s E a Marina di Ravenna</p>	<p>Erosione arenile</p> <p>Non documentati</p>

Numero Evento	Data evento	Regioni Adriatiche interessate	Località colpite in Emilia-Romagna	Fonte delle Informazioni	Tipologia delle informazioni	Principali caratteristiche dell'evento	Danni riportati	Azioni e interventi
42	23 agosto 2009	Emilia-- Romagna	Cesenatico	Archivi: ARPA-SIMC, ISFRA, quotidiani	Dati meteo-marini (boa ondametria Nausicaa), dati mareografici, articoli di giornali	Livello del mare: 0,40 m a Porto Corsini Onda: Hs_max=1,58 m con direzione ENE il 23 agosto ore 10,30 UTC Venti: ESE max 9 m/s a Cesenatico	Erosione arenile	Interventi da parte dei bagnini per colmare le buche create sulla battigia dalla corrente marina, per eliminare i dislivelli e per garantire la sicurezza dei bagnanti
43	18-24 ottobre 2009 EVENTO MULTIPLIO	Friuli-Venezia Giulia, Veneto, Emilia-Romagna, Marche	Bellaria-Igea Marina e lievemente intera costa regionale	Archivi: R.E-R, ARPCiv, ARPA-SIMC, ISFRA, Provincia di Ferrara, quotidiani	Giornale eventi, dati meteo-marini (boa ondametria Nausicaa), dati mareografici, articoli di giornali	Livello del mare: 0,70 m a Porto Corsini, 0,55 m a Porto Garibaldi Onda: classe energetica 1-2 (Hs_max=2,86 m, direzione prevalente NE) Venti: prima E poi NE il 24 ottobre max 14 m/s a Cesenatico	Erosione arenile	Non documentati
44	3 novembre 2009	Friuli-Venezia Giulia, Veneto, Emilia-Romagna, Marche	Costa ferrarese	Archivi: R.E-R, ARPA-SIMC, ISFRA, Provincia di Ferrara, quotidiani	Rapporti tecnici (STB), dati meteo-marini (boa ondametria Nausicaa), dati mareografici, articoli di giornali	Livello del mare: 0,80 m a Porto Corsini, 0,62 m a Porto Garibaldi Onda: classe energetica 1 (Hs_max= 1,81 m, direzione NNE) Venti: max 12 m/s a Cesenatico	Erosione arenile	Stato di allerta per il maltempo; monitoraggio nel ferrarese (STB)
45	12-24 dicembre 2009 EVENTO MULTIPLIO	Veneto, Emilia-Romagna	Intera costa regionale	Archivi: R.E-R, ARPA-SIMC, ISFRA, quotidiani	Rapporti tecnici (STB), documentazioni fotografiche, dati meteo-marini (boa ondametria Nausicaa), dati mareografici, articoli di giornali	Livello del mare: 0,93 m a Porto Corsini Onda: classe energetica 1 (Hs_max=2,26 m, direzione NE il 12 dicembre ore 20,30 UTC) Venti: prima variabile E poi NO infine S, max 10 m/s	Erosione arenile, ingressione marina, allagamenti e spiaggiamento detriti; danni a: opere a mare, stabilimenti balneari e infrastrutture urbane	Stato di allerta per il maltempo; interventi di ripristino a opere di difesa
46	19-20 febbraio 2010	Emilia-Romagna	Goro	Archivi: ARPA-SIMC, ISFRA, Provincia di Ferrara, quotidiani	Dati meteo-marini (boa ondametria Nausicaa), dati mareografici, articoli di giornali	Livello del mare: 0,72 m a Porto Garibaldi, 0,92 m a Porto Corsini Onda: classe energetica 1 (Hs_max=1,89 m, direzione E il 19 febbraio ore 18,00 UTC) Venti: prevalenti SE	Sommersione delle banchine del porto	

47	9-10 marzo 2010	Friuli-Venezia Giulia, Veneto, Emilia-Romagna, Marche	Intera costa regionale	<p>Archivi: R.E-R, ARPCiv, ARPA-SIMC, ISPR, Provincia di Ferrara, quotidiani</p> <p>Rapporti tecnici (STB), rilievo LIDAR, riprese aeree, documentazioni fotografiche, giornale eventi, dati meteo-marini (boa ondametria Nausicaa), dati mareografici, articoli di giornali</p>	<p>Livello del mare: 0,74 m a Porto Garibaldi; 0,92 m a Porto Corsini</p> <p>Onda: classe energetica 2-3 (Hs_max=3,9 m, direzione NE il 10 marzo ore 04,00 UTC)</p> <p>Venti: massima intensità del vento sul mare 23 m/s (**); direzione del vento prevalente: ENE (***)</p> <p>massima intensità del vento 14 m/sec (stazione di Cervia) (*2)</p>	<p>Erosione arenile, ingressione marina, esondazioni di canali e allagamenti; danni a: opere a mare, stabilimenti balneari e infrastrutture urbane</p>	<p>Allerta meteo e avviso di criticità idrogeologica; Interventi di emergenza di Vigili del Fuoco e Capitaneria di Porto, Richiesto lo stato di calamità naturale; stanziati fondi speciali; pianificazione interventi di ripascimento e ripristino opere di difesa</p>
48	15-16 maggio 2010	Emilia-Romagna	Cesenatico	<p>Archivi: ARPCiv, Comune di Cesenatico, ARPA-SIMC, ISPR, quotidiani</p> <p>Giornale eventi, dati meteo-marini (boa ondametria Nausicaa), dati mareografici, articoli di giornali</p>	<p>Livello del mare: 0,76 m a Porto Corsini</p> <p>Onda: classe energetica: 1 (Hs_max=2,25 m, direzione NE il 15 maggio ore 13,00 UTC)</p> <p>Venti: prima N il 15 maggio, poi N-NE dal pomeriggio del 15, max 15 m/s a Cesenatico</p>	<p>Erosione arenile, ingressione marina e allagamenti; danni a: stabilimenti balneari</p>	<p>Richiesta di interventi urgenti da parte delle associazioni degli operatori balneari</p>
49	19-21 giugno 2010	Emilia-Romagna	Cesenatico	<p>Archivi: ARPA-SIMC, ISPR, quotidiani</p> <p>Dati meteo-marini (boa ondametria Nausicaa), dati mareografici, articoli di giornali</p>	<p>Livello del mare: 0,70 m a Porto Corsini</p> <p>Onda: classe energetica 1 (Hs_max=2,16 m, direzione NE il 21 giugno ore 10,00 UTC)</p> <p>Venti: il 21 giugno NE max 15 m/s a Cesenatico</p>	<p>Erosione arenile</p>	<p>Interventi urgenti di ripascimento</p>
50	23-26 dicembre 2010	Friuli-Venezia Giulia, Veneto, Emilia-Romagna, Marche	Intera costa regionale	<p>Archivi: R.E-R, ARPCiv, ARPA-SIMC, ISPR, Provincia di Ferrara, quotidiani</p> <p>Rapporti tecnici (STB), Giornale eventi, dati meteo-marini (previsione da modello SWAN), dati mareografici, articoli giornali</p>	<p>Livello del mare: 0,94 m a Porto Garibaldi, 1,16 m Porto Corsini</p> <p>Onda: classe energetica 2 (Hs_max=2,36 m, direzione NE il 26 dicembre ore 14,00 UTC)</p> <p>Venti: SE il 23-24 dicembre, poi E e NE il 26 dicembre</p>	<p>Erosione arenile, ingressione marina e allagamenti; danni a: opere a mare, stabilimenti balneari, infrastrutture urbane</p>	<p>Stato di allerta della ARPCiv. Interventi di prima emergenza: apporto di sacchi di sabbia (ARPCiv, STB, Vigili del Fuoco e Capitaneria di Porto). Ripristino duna invernale e interventi urgenti di ripascimento</p>

NOTE:

(*1): Massima intensità del vento, SYNOP (Marina di Ravenna e Rimini), si sceglie il valore massimo di intensità del vento

(*2): Massima intensità del vento, METAR (Marina di Ravenna e Rimini), si sceglie il valore massimo di intensità del vento

(*3): SYNOP + RIPER massimo tra le stazioni costiere

- (**): Massima intensità del vento sul mare (dedotta da analisi ECMWF)

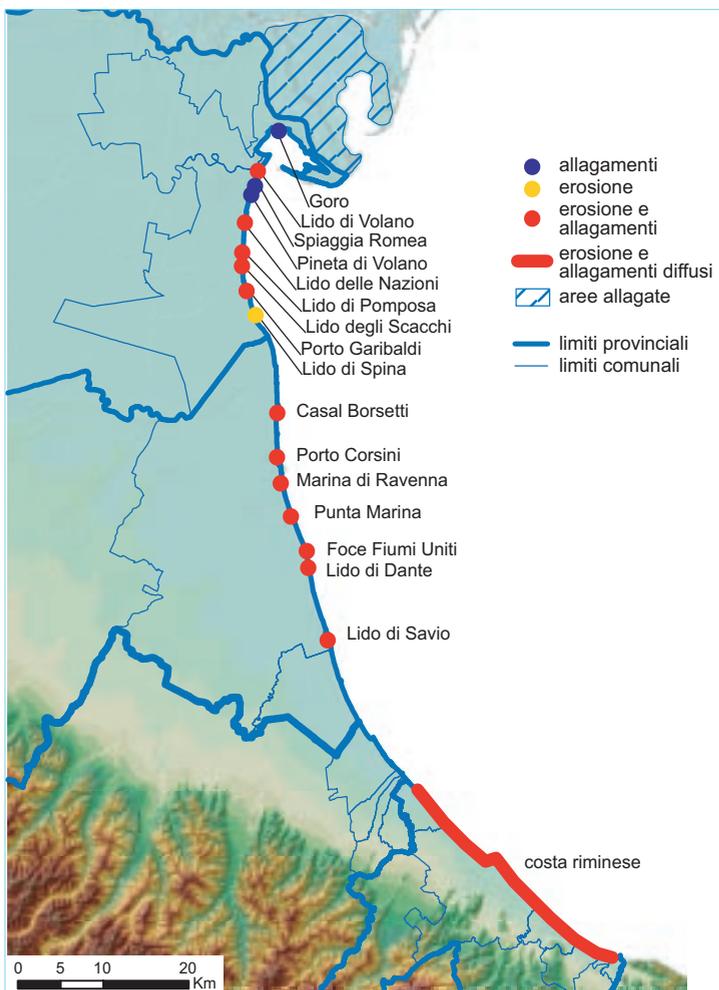
- (***) : direzione del vento prevalente (dedotta da analisi ECMWF)

allegato 2

Dieci Schede Evento

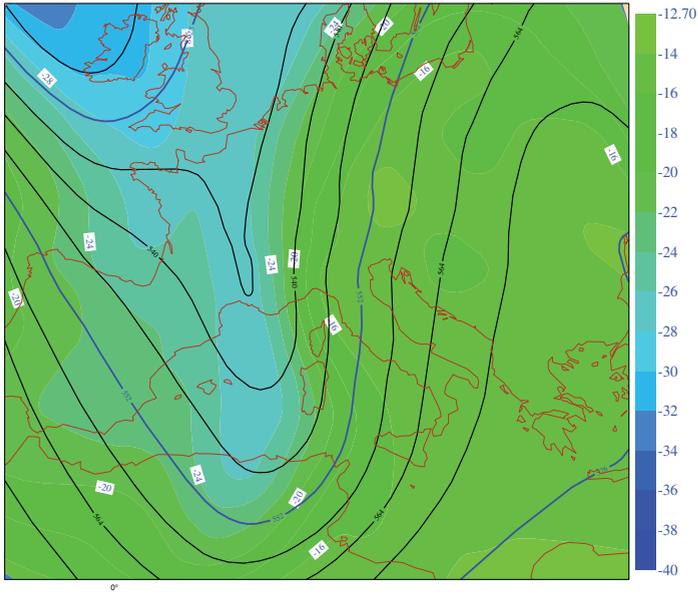


ESTENSIONE TERRITORIALE	Italia nord-est e Toscana
REGIONI ADRIATICHE INTERESSATE	Friuli-Venezia Giulia, Veneto, Emilia-Romagna, Marche
LOCALITÀ COLPITE IN EMILIA-ROMAGNA	Intera costa regionale
FONTE DELLE INFORMAZIONI	Archivi: R.E.-R, Centro Maree (Comune di Venezia), ISPRA, quotidiani; siti internet
TIPOLOGIA DELLE INFORMAZIONI	Rapporti tecnici (Provincia di Ferrara), Atti Parlamentari, documentazioni fotografiche, articoli di giornale; pagine web
DATI METEOROLOGICI E ONDAMETRICI	Analisi ECMWF, Rete meteorologica nazionale (A.M., messaggi SYNOP), dati ondametrici non disponibili
DATI MAREOGRAFICI	Annali idrologici del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale Mareografi di Porto Corsini (RA)-RMN e di Punta della Salute (VE)-RMLV
ELABORAZIONI	ARPA-SIMC, ISMAR-CNR
DATI TELERILEVATI	n.d.
CARTOGRAFIA	Mappa aree costiere inondate
ELABORAZIONI	SGSS

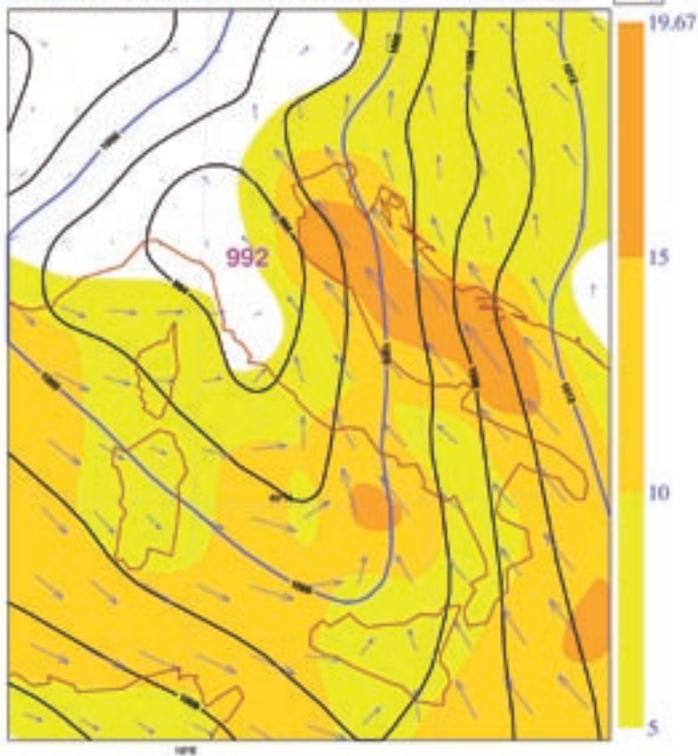


La costa con evidenziate le località colpite dall'evento.

ECMWF ERA-40 AN VT:Fri 1966-11-04 12UTC 500hPa T/Z



ECMWF AN: 1966-11-04 12UTC Vento e MSLP



DESCRIZIONE DELL'EVENTO

Una profonda onda depressionaria in quota, estesa in senso meridiano dalle Isole Britanniche alla Spagna, ha innescato dal giorno 3 novembre forti correnti da sud, umide e instabili, su tutto il Mediterraneo centrale. Contemporaneamente si è venuta a formare una depressione al suolo in prossimità delle Baleari che si è spostata durante il giorno successivo verso il mar Ligure e l'Italia settentrionale. Tale configurazione, foriera di precipitazioni molto intense sull'arco alpino e appenninico, ha determinato la persistenza per circa 2 giorni di un forte gradiente di pressione, con orientazione ovest-est, sull'Adriatico centrale che è stato all'origine dei venti forti di scirocco. L'eccezionalità dell'evento sembra attribuibile alla combinazione di un lunga durata del vento forte con picchi di intensità molto elevati.

Il vento massimo sul mare dedotto dalle analisi ECMWF risulta essere di 22 m/s che, considerata la bassa risoluzione spaziale di tale analisi (circa 120 km di risoluzione orizzontale), risulta essere un valore di tutto rispetto anche se probabilmente sottostimato rispetto all'osservato. Le poche osservazioni disponibili riportano un valore massimo registrato da un anemometro posto nella laguna di Venezia che ha registrato venti intorno ai 20 m/s (fonte ISMAR-CNR.)

Nelle figure viene mostrata la situazione meteorologica in quota e al suolo corrispondente al momento di massima intensità del vento osservata nel periodo fra le 12.00 e le 18.00 UTC del giorno 4 novembre.

Questa configurazione meteorologica ha portato condizioni di mal tempo diffuso nella parte nord-orientale della penisola. Molti fiumi del Veneto, come il Piave, il Brenta e il Livenza, sono straripati e ampie zone del Polesine sono state allagate; in Friuli, l'esondazione del Tagliamento ha coinvolto ampie zone del suo basso corso; in Trentino, la città di Trento è stata investita pesantemente dallo straripamento dell'Adige. A Firenze, nelle prime ore del 4 novembre, si è verificato uno dei più gravi eventi alluvionali accaduti in Italia che ha causato forti danni non solo a Firenze ma a gran parte della Toscana.

Venezia è stata quasi completamente sommersa a causa dalla peggior acqua alta della sua storia documentata che ha raggiunto la quota record di 194 cm. Le mareggiate hanno interessato l'intero mar Adriatico settentrionale con onde al largo di 6/7 m. Nei territori del Delta del Po, già provati dall'alluvione del 1951 e caratterizzati da condizioni ambientali critiche (forte subsidenza e risalita del cuneo salino), a causa della crisi dell'attività agricola acuita da questo evento, la popolazione è stata costretta ad una massiccia emigrazione verso i poli industriali del Piemonte e della Lombardia: tra il 1961 e il 1989 la popolazione è passata da 14.000 a 11.000 abitanti.

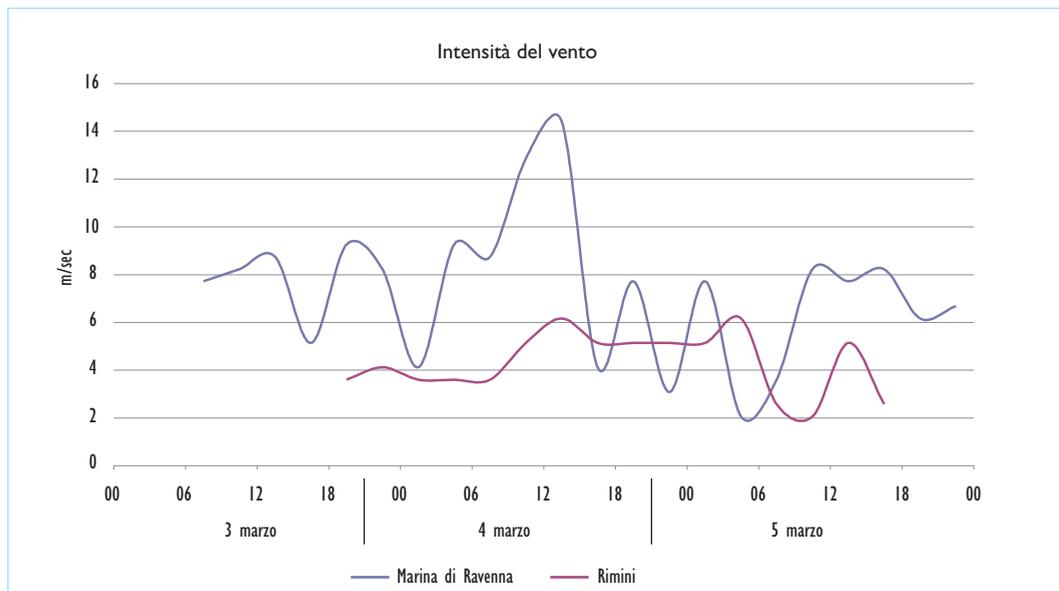
CONDIZIONI METEO-MARINE

In Emilia-Romagna i dati meteorologici disponibili in archivio riguardano i messaggi triorari SYNOP delle stazioni meteorologiche di Marina di Ravenna e Rimini. Queste stazioni hanno registrato persistenti venti da SE (scirocco) per tutto il periodo. Il vento ha raggiunto la massima intensità nelle ore centrali del 4 novembre (14 m/s) a Marina di Ravenna, mentre la stazione di Rimini ha registrato valori di minore intensità. Non sono disponibili i valori relativi alla raffica. I venti da SE sono associati ad un'acqua alta di 1,56 m a Porto Corsini (RA), di poco inferiore alla acqua alta di 1.94 m registrata a Venezia, che rappresenta la massima altezza della serie storica.

Per questo evento non sono disponibili dati di altezza dell'onda in Emilia-Romagna. Simulazioni numeriche hanno portato a stimare onde da SE di altezza fino a 8 m in mare aperto. (si veda il già citato studio ISMAR-CNR).

Massima intensità del vento sul mare (dedotta da analisi ECMWF)	22 m/s
Direzione del vento prevalente (dedotta da analisi ECMWF)	forti da SE
Massima intensità del vento	14 m/s SE (stazione Marina di Ravenna)
Massima velocità del vento (raffica)	n.d.
Massimo livello del mare	1,56 m (mareografo Porto Corsini - RMN)
Massima altezza e direzione dell'onda	n.d.
Durata dei valori superiori a soglia critica: (onda > 2 m e livello > 0,7 m)	n.d.

Tabella riassuntiva dell'evento meteorologico.



Intensità del vento (media degli ultimi 10 minuti di ogni ora) rilevata dal giorno 3 al giorno 5 novembre dalla stazione costiera di Marina di Ravenna.

IMPATTI SUL TERRITORIO

Delta del Po

Violente mareggiate hanno devastato le aree del Delta del Po. La sera del 4 novembre, la mareggiata ha fatto saltare le deboli difese idrauliche a mare in corrispondenza della Chiavica di Bonello in valle di Papadopoli nella Sacca di Scardovari, in località oggi conosciuta come Marina '70. La falla aperta ha provocato l'allagamento dell'Isola di Donzella, ad esclusione delle località Cassella e Santa Giulia, sommergendo le zone residenziali e agricole delle frazioni di Ca' Tiepolo, Tolle, Ca' Mello, Scardovari e Donzella, in comune di Porto Tolle.

Le località più colpite sono state le seguenti:



Onda di marea che oltrepassa i Murazzi e allaga la strada. Pellestrina, Venezia. Archivio Fotografico, Urbanistica (<http://www.albumdivenezia.it/>).

- Sacca di Scardovari, località Papadopoli: rottura degli argini a mare colpendo una zona di circa 10.000 ettari, 6.000 persone costrette ad evacuare;
- Valle Pozzadini: invasi circa 360 ettari di territorio;
- Valle Ripiego sempre a Porto Tolle: rottura degli argini a mare e sommersione di circa 150 ettari di territorio;
- Valle Capitania: rottura degli argini a mare e sommersione di circa 300 ettari di terreno,
- Valle Chiusa a Boccasette: rottura degli argini a mare e sommersione di circa 150 ettari di territorio,
- Scardovari: nell'abitato, rottura delle difese approntate; non si hanno dati sulla porzione di territorio colpita,
- Casoli a Rosapineta: sormonto degli argini per mareggiata, ma non vi sono dati precisi sull'ampiezza dell'area colpita.

Costa Ferrarese

Si sono verificate tracimazioni di canali e fiumi che hanno provocato allagamenti di campagne e abitati. La mareggiata ha colpito l'intera fascia litoranea ferrarese da Goro a Lido di Spina, allagando tutti i centri e anche le valli retrostanti; nel complesso risultano 8.600 gli ettari di terreni invasi dalle acque marine. Ingenti i danni alle strutture balneari, alle opere a mare e alle infrastrutture urbane e fenomeni erosivi lungo l'intero litorale.

A Goro il livello del mare nel porto è stato di 120 cm e si sono verificate infiltrazioni alla base del muraglione posto a protezione dell'abitato. Lido delle Nazioni risulta completamente sommerso. L'acqua ha superato la scogliera frangiflutti costruita a protezione della zona ed è giunta in prossimità della strada statale Roma, minacciando l'abitato di San Giuseppe di Comacchio.

A Lido di Volano, Lido di Pomposa e a Lido di Scacchi, durante la mattina del 4 novembre, si è verificata l'ingressione del mare allagando stabilimenti balneari, alcune case e alberghi prossimi alla costa. La situazione è stata più critica a Porto Garibaldi dove la mareggiata ha allagato l'abitato in parte già sommerso dall'esonazione del canale e ha causato danni alla strada litoranea.



Immagine dell'allagamento di Porto Tolle (RO) dovuto all'effetto combinato di mareggiata e piena fluviale (immagine di: L. Manigrasso Fotografo Polizia di Stato, tratta dal sito internet: <http://www.manigrasso.it/default.asp?evento=polesine66>).



Centrale gas di Ravenna allagata da una mareggiata; dal sito "Associazione pionieri e veterani Eni" (<http://www.pionieri-eni.it/wp/fotografie/>).



Litorale di Rimini: una casa allagata dalla mareggiata (L'Unità del 6/11/1966).

Costa Ravennate

L'erosione e l'ingressione marina hanno provocato ingenti danni ai centri balneari di Casal Borsetti, Porto Corsini, Marina di Ravenna, Punta Marina, foce Fiumi Uniti e Lido di Savio. Lungo tutta la fascia costiera a nord di Ravenna e nel litorale di Lido di Savio si sono verificati allagamenti che hanno indotto alla chiusura di molte strade e della linea ferroviaria; complessivamente sono stati sommersi 10.000 ettari di terreno.

Costa Riminese

L'intero litorale che si estende da Bellaria a Cattolica è stato interessato da ingressione fino al lungomare con esondazione dei porto-canali e fenomeni erosivi. Sono state distrutte le cabine in legno e le attrezzature di numerosi stabilimenti balneari. I danni più gravi si sono verificati a Torre Pedrera dove l'ingressione ha allagato una colonia e dove è stata parzialmente demolita una villetta sull'arenile.

AZIONI E INTERVENTI

Diversi interventi in emergenza sono stati effettuati da Vigili del Fuoco, forze dell'ordine e dalla popolazione stessa.

Il Genio Civile, a Goro, ha messo in opera un primo piano per la difesa dell'abitato con l'apporto di sacchi di sabbia per tamponare la falla. Evacuazione di un'ottantina di famiglie dalle case più vicine al porto.

Dopo l'evento del 1966 venne realizzata nel settore Volano - Porto Garibaldi una linea di difesa arretrata contro l'ingressione marina costituita da un argine di seconda difesa, costruito dall'Ente Delta Padano nel 1968. Esso si sviluppa dal Po di Volano a Porto Garibaldi, lungo il tracciato della vecchia strada Acciaioli, ad una distanza variabile tra i 500 e i 1.500 metri dalla linea di spiaggia. La quota di sommità è di +3 m e la larghezza è di 9 m, di cui 7 formano una strada sopraelevata. Il paramento verso mare è stato rivestito in conglomerato bituminoso.

DATI TELERILEVATI E CARTOGRAFIA

Dopo l'evento fu redatta la cartografia, *Zone allagate dall'alluvione del 4 novembre 1966* in scala 1:200.000 - Provincia di Ferrara, relativa alle aree inondate nell'area del Polesine e lungo la costa ferrarese evidenziando gli impatti presso Volano, Valle Bertuzzi e Valli di Comacchio. Le figure a pagina seguente mostrano le aree inondate e la posizione dell'argine di difesa Acciaioli e un ingrandimento dell'area di Lido delle Nazioni nord (Volo GAI 1955) da cui si evince che all'epoca del volo fino ai primi anni '70 (secondo comunicazione Ufficio Urbanistica, Comune di Comacchio) le aree urbane di Lido delle Nazioni nord erano limitate. L'esplosione urbana che si è realizzata in seguito ha interessato anche vaste aree che sono state sommerse dall'evento del '66 e che non sono difese dall'argine Acciaioli.



Cartografia delle aree inondate lungo la costa ferrarese.

QUADRO PAUROSO MENTRE L'INCUBO CONTINUA

Tre giorni dopo la catastrofe

Firenze torna alla vita

La città sta riprendendosi - L'irraggio e la nebbia fermano dei suoi abitanti - Il più ferito di qualsiasi villaggio - Ripristinati in parte alcuni servizi

Una mattina d'inverno
 Firenze, 7 novembre. - La città sta riprendendosi. L'irraggio e la nebbia fermano dei suoi abitanti. Il più ferito di qualsiasi villaggio. Ripristinati in parte alcuni servizi.

I soccorsi
 Tre giorni dopo la catastrofe, la città sta riprendendosi. L'irraggio e la nebbia fermano dei suoi abitanti. Il più ferito di qualsiasi villaggio. Ripristinati in parte alcuni servizi.



Firenze, 7 novembre. - Tre giorni dopo la catastrofe, la città sta riprendendosi. L'irraggio e la nebbia fermano dei suoi abitanti. Il più ferito di qualsiasi villaggio. Ripristinati in parte alcuni servizi.

Spazzato via dalla piena il piccolo zoo tanto caro ai fiorentini

I bambini hanno perduto i loro amici delle Cascine

E' morto il capinno - Anche capretti, pecorelle e uccelli sono affogati - I corvi e i falchi sono fuggiti nel bosco, impauriti dal terrore - In salvo «Eomerida»

Il parco
 Il parco delle Cascine, tanto caro ai fiorentini, è stato spazzato via dalla piena. I bambini hanno perduto i loro amici delle Cascine.

Il parco
 Il parco delle Cascine, tanto caro ai fiorentini, è stato spazzato via dalla piena. I bambini hanno perduto i loro amici delle Cascine.

«Scappate!»
 I corvi e i falchi sono fuggiti nel bosco, impauriti dal terrore.

«Scappate!»
 I corvi e i falchi sono fuggiti nel bosco, impauriti dal terrore.

Una strage
 Anche capretti, pecorelle e uccelli sono affogati.

Una strage
 Anche capretti, pecorelle e uccelli sono affogati.

Una strage
 Anche capretti, pecorelle e uccelli sono affogati.

Una strage
 Anche capretti, pecorelle e uccelli sono affogati.

Una strage
 Anche capretti, pecorelle e uccelli sono affogati.

Una strage
 Anche capretti, pecorelle e uccelli sono affogati.

Una strage
 Anche capretti, pecorelle e uccelli sono affogati.

Una strage
 Anche capretti, pecorelle e uccelli sono affogati.

Fuga dal Delta padano

La popolazione di Ca' Venier ha ricevuto ieri l'ordine di sgombero - Un esodo ordinato - Seimila profughi - Minacciata l'Isola di Ariano

Sui tetti
 La popolazione di Ca' Venier ha ricevuto ieri l'ordine di sgombero.

Sui tetti
 La popolazione di Ca' Venier ha ricevuto ieri l'ordine di sgombero.

Sui tetti
 La popolazione di Ca' Venier ha ricevuto ieri l'ordine di sgombero.

Sui tetti
 La popolazione di Ca' Venier ha ricevuto ieri l'ordine di sgombero.

Sui tetti
 La popolazione di Ca' Venier ha ricevuto ieri l'ordine di sgombero.

Sui tetti
 La popolazione di Ca' Venier ha ricevuto ieri l'ordine di sgombero.

Sui tetti
 La popolazione di Ca' Venier ha ricevuto ieri l'ordine di sgombero.

Sui tetti
 La popolazione di Ca' Venier ha ricevuto ieri l'ordine di sgombero.

Sui tetti
 La popolazione di Ca' Venier ha ricevuto ieri l'ordine di sgombero.

Sui tetti
 La popolazione di Ca' Venier ha ricevuto ieri l'ordine di sgombero.

Sui tetti
 La popolazione di Ca' Venier ha ricevuto ieri l'ordine di sgombero.

Sui tetti
 La popolazione di Ca' Venier ha ricevuto ieri l'ordine di sgombero.

Sui tetti
 La popolazione di Ca' Venier ha ricevuto ieri l'ordine di sgombero.

Sui tetti
 La popolazione di Ca' Venier ha ricevuto ieri l'ordine di sgombero.

Sui tetti
 La popolazione di Ca' Venier ha ricevuto ieri l'ordine di sgombero.

Sui tetti
 La popolazione di Ca' Venier ha ricevuto ieri l'ordine di sgombero.

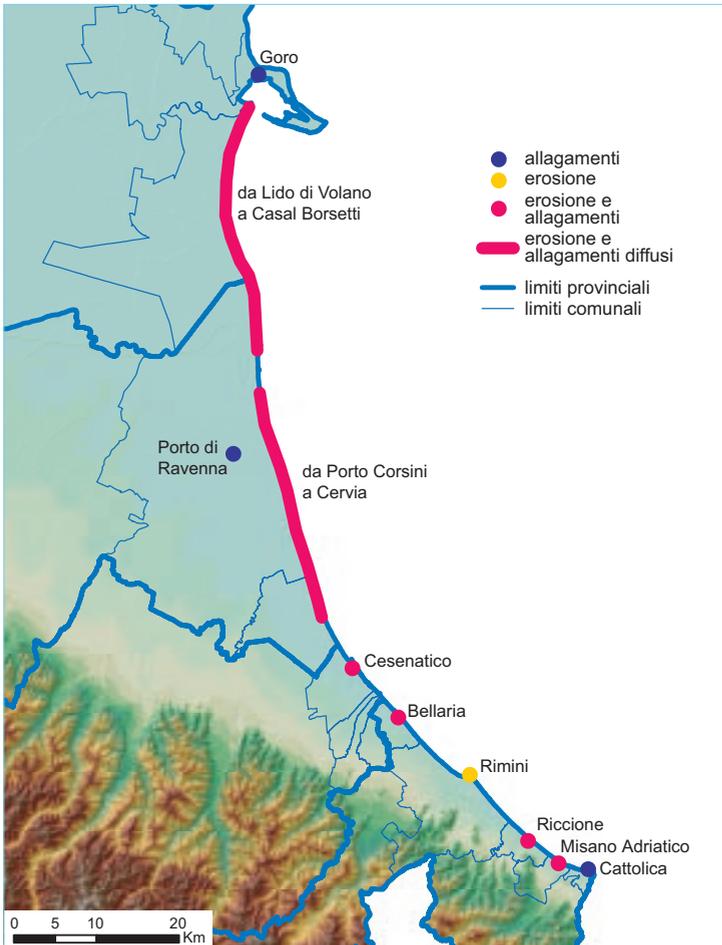
Sui tetti
 La popolazione di Ca' Venier ha ricevuto ieri l'ordine di sgombero.

Sui tetti
 La popolazione di Ca' Venier ha ricevuto ieri l'ordine di sgombero.



Il mare
 La popolazione di Ca' Venier ha ricevuto ieri l'ordine di sgombero.

ESTENSIONE TERRITORIALE	Nazionale
REGIONI ADRIATICHE INTERESSATE	Friuli-Venezia Giulia, Veneto, Emilia-Romagna, Marche
LOCALITÀ COLPITE IN EMILIA-ROMAGNA	Intera costa regionale
FONTE DELLE INFORMAZIONI	Archivi: R.E-R, ISPRA, Centro Maree (Comune di Venezia), quotidiani; siti internet
TIPOLOGIA DELLE INFORMAZIONI	Rapporti tecnici (STB, Provincia di Ferrara, Genio Civile Ravenna), Atti Parlamentari, Rapporti Idroser, articoli di giornali; pagine web
DATI METEOROLOGICI E ONDAMETRICI	Analisi ECMWF, Rete meteorologica nazionale (A.M.), (messaggi SYNOP), Rapporto Idroser 1981
DATI MAREOGRAFICI	Annali idrologici del Servizio Idrografico e mareografico Nazionale, Mareografi di Rimini e Porto Corsini, mareografo di Punta della Salute (VE) - RMLV
ELABORAZIONI	ARPA-SIMC
DATI TELERILEVATI	n.d.
CARTOGRAFIA	n.d.
ELABORAZIONI	n.d.



La costa con evidenziate le località colpite dall'evento.

DESCRIZIONE DELL'EVENTO

La configurazione meteorologica all'origine di questo evento di vento forte e mareggiate è decisamente atipica rispetto a quelle riscontrate negli altri eventi registrati. Il 21 dicembre una profonda onda depressionaria in quota si estendeva dalla Scandinavia fino al nord Africa e alla catena montuosa dell'Atlante, favorendo una ciclogenesi sottovento su quella regione. Il ciclone al suolo si è successivamente spostato dal Sahara verso le coste dell'Algeria, approfondendosi molto rapidamente e raggiungendo il Mediterraneo occidentale nelle prime ore del 22 novembre con una pressione di minima di 983 hPa. Il basso valore di pressione minima e la vasta estensione spaziale di questa depressione sono abbastanza inusuali per le depressioni che si formano sul Mediterraneo, conferendo a questo evento carattere di particolare intensità. Questa configurazione barica ha generato sull'Adriatico persistenti venti dai quadranti meridionali, che pur non raggiungendo punte di particolare intensità (almeno nei campi di rianalisi) hanno interessato una vasta area, comprendendo il mar Ionio, il mar Mediterraneo centrale e il mare Adriatico. Nel settore settentrionale di quest'ultimo la particolare situazione barica ha creato le condizioni ideali per il fenomeno dell'*acqua alta* che si è mantenuta per un periodo notevolmente prolungato.

Queste condizioni meteorologiche hanno causato danni diffusi: strade interrotte, treni in ritardo e traghetti fermi. Venezia è stata interessata da una notevolissima acqua alta, seconda solo all'episodio del 4 novembre 1966 dall'inizio delle misurazioni sistematiche, avvenuto nel 1872. Infatti, dopo una minima di 76 cm registrata alle ore 05.00, il livello del mare ha raggiunto quota 166 cm alle ore 09.10. Si sono registrate violente mareggiate anche in Campania e nello stretto di Messina.

CONDIZIONI METEO-MARINE

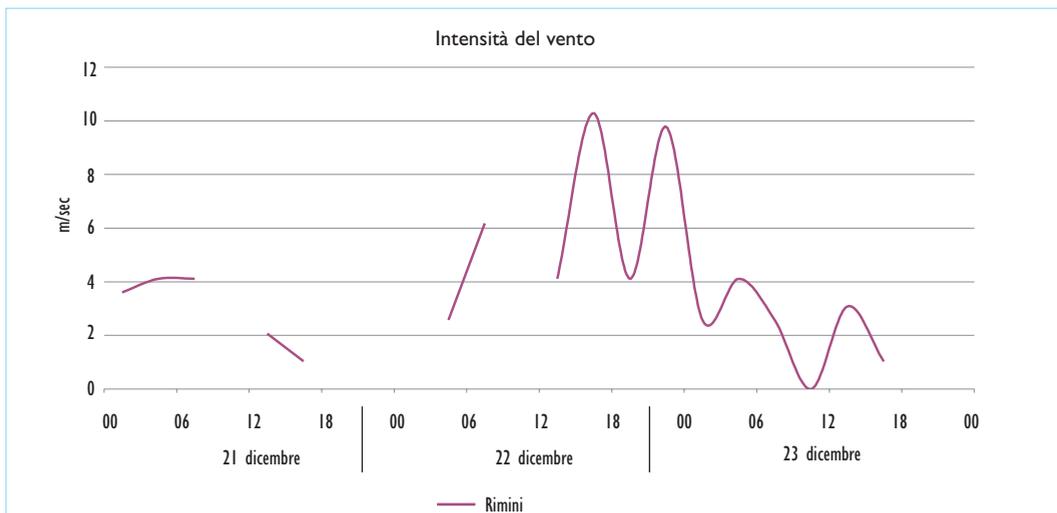
In Emilia-Romagna i dati meteorologici disponibili in archivio riguardano i messaggi triorari SYNOP delle stazioni meteorologiche di Marina di Ravenna e Rimini. Queste stazioni hanno registrato forti venti dai quadranti meridionali e orientali. Il vento presenta due massimi di intensità a Rimini (10 m/s SE) il 12 dicembre, rispettivamente alle ore 15.00 e alle 22.00, mentre la stazione di Marina di Ravenna registra valori di minore intensità (5 m/s E). Non sono disponibili i valori relativi alla raffica. Il vento massimo sul mare, dedotto dalle analisi ECMWF risulta essere di 19 m/s da SE. Questo valore, considerata la bassa risoluzione spaziale delle analisi (circa 120 km di risoluzione orizzontale), risulta probabilmente sottostimato.

I venti da SE sono associati ad un elevato livello del mare, per il quale non sono disponibili negli archivi i dati delle rilevazioni orarie. Per stimare il valore dell'acqua alta si è fatto ricorso al valore massimo mensile pubblicato sugli annali idrologici del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale, che riportano un livello del mare di 1,64 m a Porto Corsini (RA). Per questo episodio era ancora in funzione il mareografo di Rimini che ha registrato il valore più elevato in Emilia-Romagna (1,96 m), superiore anche all'acqua alta di 1,66 m registrata a Venezia.

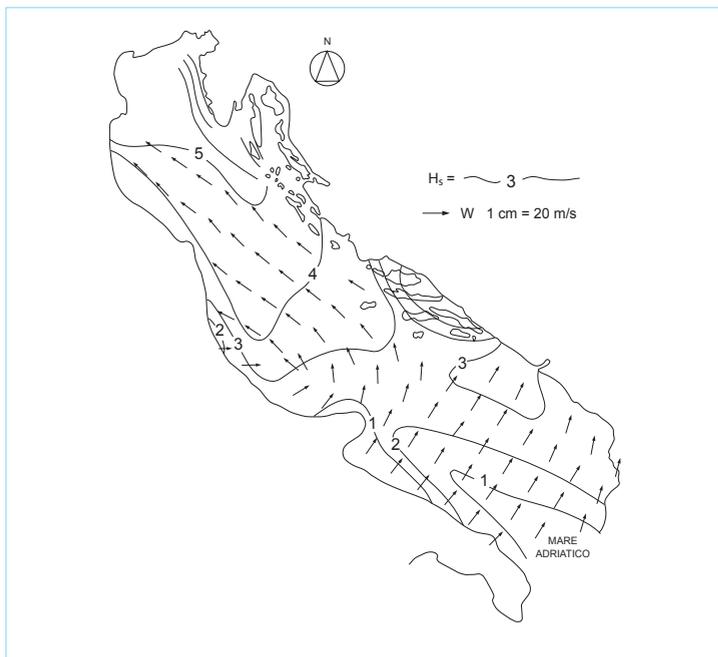
Non sono disponibili misurazioni sperimentali dell'onda per questo episodio. Stime dedotte dallo studio Idroser, 1981, indicano valori di altezza dell'onda dell'ordine di 4-5 m nell'alto Adriatico.

Massima intensità del vento sul mare (dedotta da analisi ECMWF)	19 m/s
Direzione del vento prevalente (dedotta da analisi ECMWF)	forti da SE
Massima intensità del vento	10 m/s SE (stazione Rimini)
Massima velocità del vento (raffica)	n.d.
Massimo livello del mare	1,96 m (mareografo Rimini)
Massima altezza e direzione dell'onda	4-5 m SE
Durata dei valori superiori a soglia critica: (onda > 2 m e livello > 0,7 m)	n.d.

Tabella riassuntiva dell'evento meteorologico.



Intensità del vento (media degli ultimi 10 minuti di ogni ora) rilevata dal 21 al 23 dicembre dalla stazione costiera di Rimini.



Altezza d'onda significativa (H_s) e distribuzione dei venti lungo la costa Adriatica (Rapporto Idroser, 1981).

Costa Ferrarese

La mareggiata ha colpito tutta la costa dal faro di Goro alle Vene di Bellocchio, provocando danni di rilevante entità economica. A Goro la lama d'acqua ha raggiunto lo spessore di 1,5 m sulla banchina del porto, mai accaduto prima. Lido di Volano presenta la situazione più grave, l'acqua del mare ha invaso la spiaggia, priva di difese a mare, ed è arrivata fino alla pineta provocando danni alle cabine di circa venti stabilimenti balneari; allagati circa 100 ettari di pineta. A Lido delle Nazioni, Lido di Pomposa e Lido degli Scacchi si sono verificate infiltrazioni di acqua marina, subito tamponate, e danni ad alcuni stabilimenti. A Porto Garibaldi esondazione del porto-canale con lama d'acqua di 20 cm sulla strada fiancheggiante.

Costa Ravennate

Allagamento dell'intero litorale da Casal Borsetti a Cervia ad eccezione di Marina Romea. Strade ricoperte di fango, negozi e scantinati sommersi da acqua, fango e detriti, alcuni abitati devastati fino ai primi piani, danni alle spiagge, alle pinete, ai terreni coltivati. Stabilimenti balneari spazzati via dal mare.

A Casal Borsetti si è registrato un sovrizzo d'onda complessivo di circa 190 cm rispetto al l.m.m.

Sia a Marina di Ravenna che a Porto Corsini il mare ha superato la spiaggia, gli stabilimenti balneari, la striscia di pineta e il lungomare, invadendo i centri abitati. Tracimazione in più punti del porto-canale Candiano che ha aggravato la situazione di Porto Corsini e di Marina di Ravenna. Danni alle banchine del porto e allagamenti di campi, fino alla darsena della città di Ravenna, e di industrie (es. centrale termoelettrica ENEL di Porto Corsini, dove il mare ha aperto una falla di circa 10 m nel muretto di protezione del porto. Blocco della Centrale AGIP di Lido Adriano, in prossimità della foce dei Fiumi Uniti). Si stimano danni per diversi miliardi di lire (allagamenti industrie, tonnellate di merci avariate).

Viene a mancare l'acqua potabile a Marina di Ravenna, a Lido di Savio e a Lido di Classe.



Ingressione marina e allagamenti a Ravenna. A sinistra: ingressione del mare nel quartiere Trieste, il più popoloso della città. A destra: Lido Adriano invaso da oltre un metro d'acqua (Il Resto del Carlino del 27/12/1979).



Allagamenti a Lido Adriano (L'Unità del 29/12/1979).



Tubi Longard usati per la prima volta in Italia a Cesenatico danneggiati dall'evento (Idroser, 1984).

A Lido Adriano si verifica un'ingressione del mare con danni alle strutture balneari; interruzione dell'energia elettrica, dell'acqua e del gas. Allagate tutte le strade e le abitazioni; in alcuni punti il mare ha sfondato porte e vetrine, spostato automobili e invaso gli scantinati fino a 2 m di altezza da terra. Anche a Lido di Savio l'acqua ha allagato il centro con punte tra 1,5 e 3 m da terra. Travolte le scogliere frangiflutto e gli argini a terra. Allagato anche Lido di Classe, dove c'è stata una vittima: automobilista colto da infarto chiuso nella sua auto mentre le onde del mare coprivano la sua vettura sulla strada.

Costa Forlivese-Cesenate

La riviera ha riportato erosione dell'arenile e ingressione marina in più punti.

Costa Riminese

Le località più colpite sono Bellaria, Riccione e Misano Adriatico. Erosione della spiaggia e ingressione marina: in alcuni tratti il mare ha raggiunto la strada travolgendo cabine, chioschi e allagando colonie, ville e pensioni prossime alla spiaggia. A Riccione il porto è stato bloccato a causa dell'insabbiamento e dell'accumulo di detriti e di immondizia trascinati dai fiumi in piena. A Rimini nord forte erosione della spiaggia. Danni fino a Cattolica, minori e più localizzati.

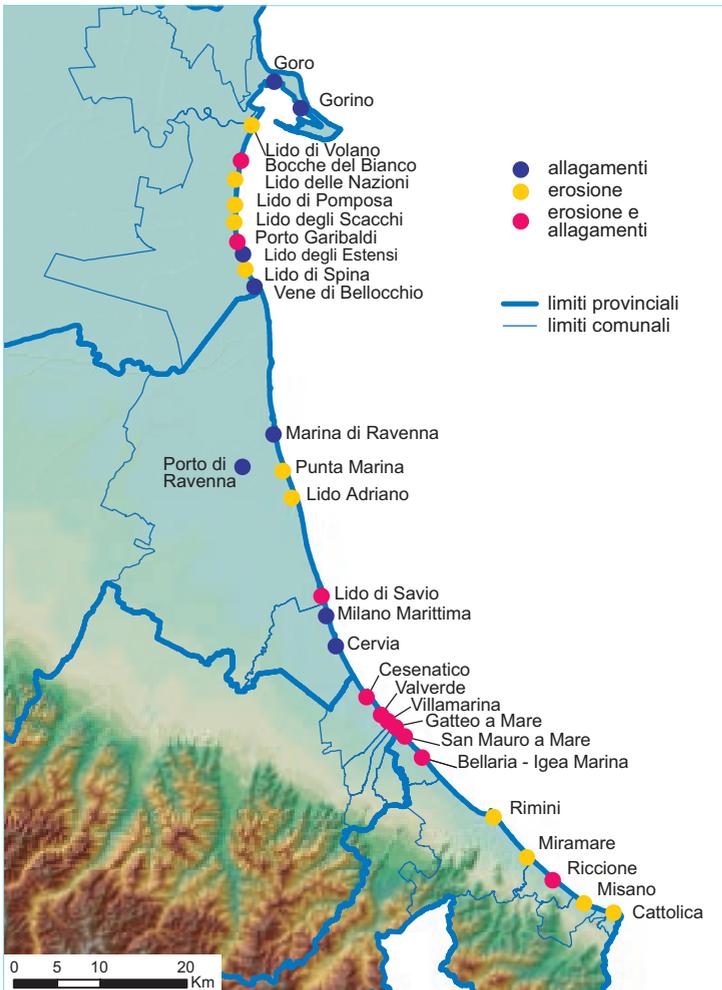


Danni lungo la riviera romagnola. Immagine a sinistra, un centro balneare allagato nel Ravennate; immagine a destra, la spiaggia di Rimini trasformata in una palude (Il Resto del Carlino del 23/12/1979).

AZIONI E INTERVENTI

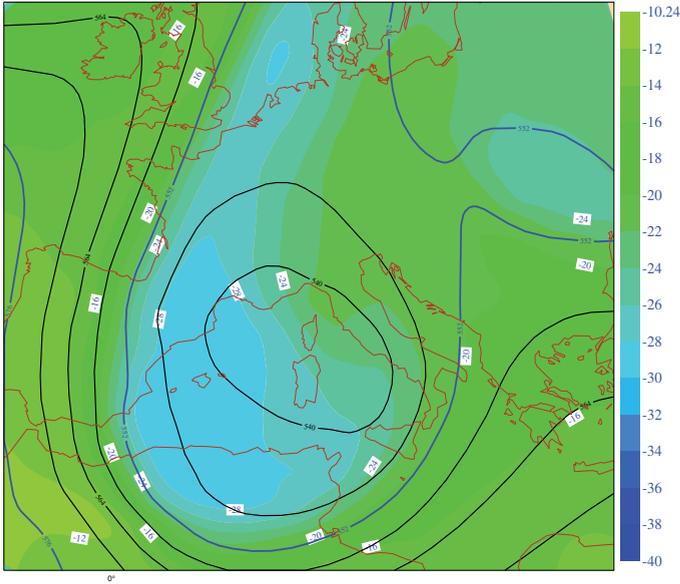
Numerosi gli interventi in emergenza da parte dei Vigili del Fuoco e degli amministratori locali. Viene richiesta, da parte del Sindaco di Ravenna al Ministero, l'esecutività degli interventi da tempo predisposti contro l'abbassamento del suolo. A seguito dell'evento sono state costruite numerose opere di difesa rigida lungo la costa.

ESTENSIONE TERRITORIALE	Nazionale
REGIONI ADRIATICHE INTERESSATE	Friuli-Venezia Giulia, Veneto, Emilia-Romagna, Marche
LOCALITÀ COLPITE IN EMILIA-ROMAGNA	Intera costa regionale
FONTE DELLE INFORMAZIONI	Archivi: R.E-R, ENI, Centro Maree (Comune di Venezia), quotidiani; siti internet
TIPOLOGIA DELLE INFORMAZIONI	Rapporti tecnici (STB, Comuni di Cesenatico e Rimini), articoli di giornali; pagine web
DATI METEOROLOGICI E ONDAMETRICI	Analisi ECMWF, Rete meteorologica nazionale (A.M.), Rete regionale RIRER (messaggi METAR), piattaforma ENI-PCW
DATI MAREOGRAFICI	Mareografo di Punta della Salute (VE)- RMLV
ELABORAZIONI	ARPA-SIMC
DATI TELERILEVATI	Riprese aeree
CARTOGRAFIA	Mappe tecniche (STB), carte tematiche
ELABORAZIONI	SGSS

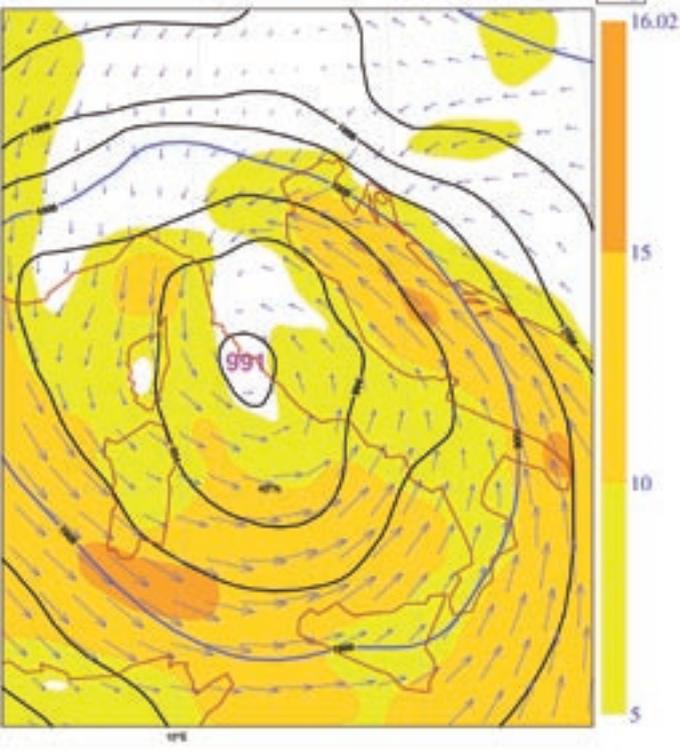


La costa con evidenziate le località colpite dall'evento.

ECMWF AN VT:Tue 1992-12-08 12UTC 500hPa T/ Z



ECMWF AN: 1992-12-08 12UTC Vento e MSLP



Situazione meteorologica durante la fase più intensa del minimo depressionario, 08/12/1992 ore 12.00 UTC. In queste ore il vento sull'alto Adriatico inizia a cambiare direzione passando da un SE ad NE. Il riquadro in alto mostra l'analisi dell'altezza del geopotenziale e la temperatura a 500 hPa, nel riquadro inferiore viene mostrata l'analisi della pressione al livello del suolo e il vento alla superficie. Il campo colorato mostra l'intensità del vento in m/s.

DESCRIZIONE DELL'EVENTO

La formazione di un'intensa depressione sul golfo di Genova è stata la causa dell'acqua alta eccezionale dell'8 dicembre. Il minimo iniziò a formarsi sul mar Ligure tra i giorni 7 e 8 dicembre per poi raggiungere la sua fase matura durante la giornata dell'8 dicembre, raggiungendo la pressione minima di 991 hPa, spostandosi poi verso il Tirreno centrale. Tale situazione meteorologica, simile a quella dell'evento del 6-7 novembre 1999, ha determinato nella sua fase iniziale l'instaurarsi di moderate correnti da SE su tutto l'Adriatico, e poi, con il procedere verso sud del minimo depressionario, il cambio di direzione del vento sull'alto Adriatico con l'ingresso di intensi venti di bora. Nell'alto Adriatico venti di bora con raffiche fino a 30 m/s a Trieste e fino a 31 m/s misurate presso la piattaforma "Acqua Alta" al largo di Venezia; nel basso Adriatico venti di scirocco: a Termoli si è registrata l'intensità di 13 m/s.

Queste condizioni hanno portato neve su quasi tutto l'arco alpino, pioggia sull'intera penisola, piene fluviali e mareggiate sulle coste adriatiche. Diffusi gli allagamenti e le frane, con interruzione della viabilità. Il mare ha invaso oltre il 90% della superficie del centro storico di Venezia (acqua alta 142 cm). A Chioggia l'acqua alta ha sommerso tutto il centro storico. Lungo il litorale veneziano la marea ha superato in alcuni punti i 172 cm.

CONDIZIONI METEO-MARINE

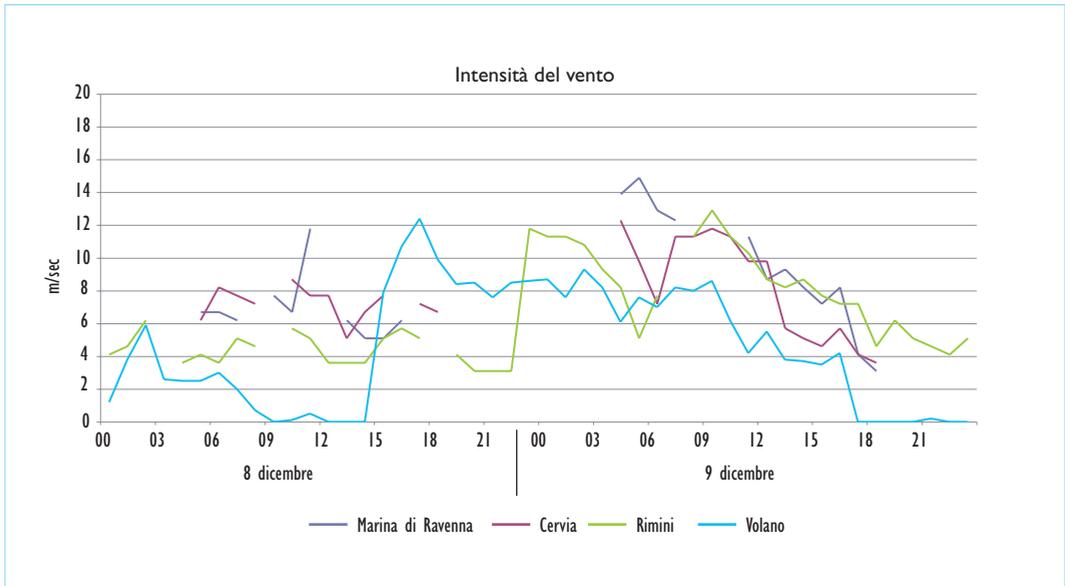
Per questo evento sono disponibili i dati delle stazioni costiere di Marina di Ravenna, Cervia e Rimini, appartenenti alla Rete Meteorologica Nazionale e della stazione di Volano (FE) appartenente alla Rete regionale RIRER. I dati orari (messaggi METAR), in parte frammentari, mostrano come l'intensità del vento sia stata sostenuta (tra 8 e 14 m/s) per gran parte del periodo con direzione inizialmente da SE, l'8 dicembre, con una intensità massima di 9 m/s a Marina di Ravenna. Il giorno successivo, 9 dicembre, i venti hanno subito una rotazione verso E con un rinforzo, raggiungendo la massima intensità di 10 m/s a Marina di Ravenna con raffiche fino a 26 m/s. Si stima (analisi ECMWF con risoluzione orizzontale circa 80 km) che l'intensità media del vento sia stata ancora maggiore sul mare, fino a 16 m/s.

I dati di altezza dell'onda in Emilia-Romagna sono stati forniti dalla piattaforma ENI-PCW dove si è registrata un'altezza massima di 4 m alle ore 21.00 dell'8 dicembre. L'altezza dell'onda si è mantenuta per 10 ore (dalle ore 18.00 dell'8 dicembre alle ore 05.00 del 9 dicembre) superiore al valore di riferimento di 3 m, classe energetica 3. In questa stazione non sono rilevati dati di direzione dell'onda. La direzione è stata quindi stimata in base ai dati di vento rilevati sulla stessa piattaforma oceanografica.

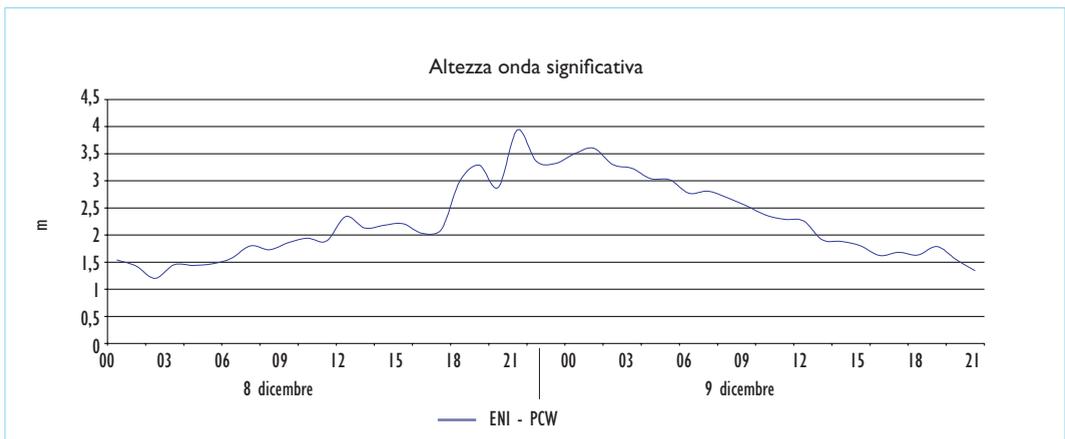
Il mareografo di Porto Corsini non presenta dati validi per questo evento, si fa ricorso pertanto alle osservazioni eseguite a Venezia dove si è osservata un'acqua alta massima di 141 cm. Si noti come il rialzo massimo (108 cm, ore 13.00) ha quasi coinciso con una bassa marea (-22 cm) che ne ha fortemente attenuato l'effetto sul livello del mare effettivo (fonte Centro Studi Maree).

Massima intensità del vento sul mare (dedotta da analisi ECMWF)	16 m/s
Direzione del vento prevalente (dedotta da analisi ECMWF)	inizialmente sostenuti da SE, dall'8 dicembre moderati-forti da E
Massima intensità del vento	9 m/s da SE, poi 10 m/s NE (stazione Marina di Ravenna)
Massima velocità del vento (raffica)	26 m/s (stazione Marina di Ravenna)
Massimo livello del mare	1,4 m a Venezia
Massima altezza e direzione dell'onda	ore 21.00 dell'8 dicembre: 4 m SE, poi ENE (piattaforma ENI-PCW), classe 3
Durata dei valori superiori a soglia critica: (onda > 2 m e livello > 0,7 m)	10 h

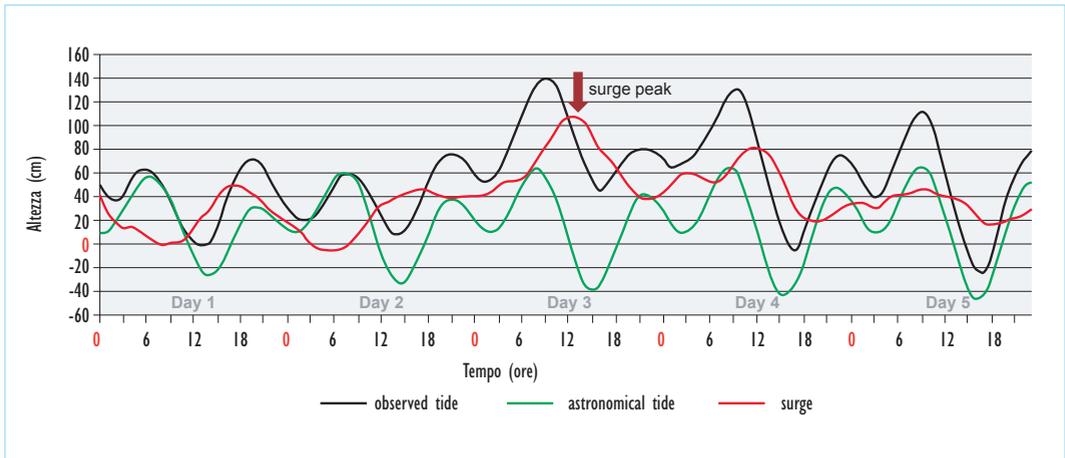
Tabella riassuntiva dell'evento meteorologico



Intensità del vento (media degli ultimi 10 minuti di ogni ora) rilevata dal 08 al 09 dicembre dalle stazioni costiere dell'Emilia-Romagna. (messaggi METAR).



Altezza significativa dell'onda rilevata dal 08 al 9 dicembre dalla piattaforma PCW dell'ENI. Valori orari.



Livelli di marea e acqua alta rilevati dal mareografo di Venezia dal 6 al 10 dicembre (modificato da P. Canestrelli et al., 2001). http://www.istitutoveneto.it/venezia/documenti/rapporti_studi/perturbazioni_maree/08_dic_1992.pdf.

IMPATTI SUL TERRITORIO

Costa Ferrarese

Presso il Lido di Spina erosioni della duna e diffuso *overwashing* nelle Vene di Bellocchio, allagamenti nel camping limitrofo; erosioni spondali del canale Logonovo; allagamenti presso Lido degli Estensi, Porto Garibaldi e Volano per tracimazione dei canali. Nel tratto tra Porto Garibaldi e Lido delle Nazioni erosioni diffuse della spiaggia emersa. Presso la località Bocca del Bianco erosione degli argini di difesa e ingressione marina. Erosione della duna nel tratto a nord di Lido di Volano. Tracimazioni del Po di Volano in più punti.

Costa Ravennate

Erosione severa della spiaggia tra Punta Marina e Lido di Savio. Acqua alta al porto di Ravenna: l'acqua ha tracimato dal canale Candiano fino alla via Baiona che è stata bloccata per due ore. Il centro di Marina di Ravenna è stato invaso da 10-20 cm d'acqua. Allagati anche Lido di Savio, Milano Marittima, Cervia.

La mareggiata ha eroso la spiaggia danneggiando gli stabilimenti balneari di Lido Adriano e Punta Marina. Più contenuti gli effetti a Cervia dove era stata fatta la prevenzione con interventi su dune, con argini rialzati dei canali e nuove fogne.



Acqua alta a Venezia, Piazza San Marco allagata (Il Resto del Carlino del 9/12/1992).



Cesenatico allagata (Il Resto del Carlino del 10/12/1992).

Costa Forlivese-Cesenate

Allagamenti a Valverde, Villamarina, Gatteo, San Mauro, fino a Riccione, con ingressione del mare di 80/100 m verso terra. A Ponente e a Cesenatico la situazione più critica: tracimazione del canale e ingressione marina con allagamenti di strade e del centro storico (isolato il Municipio), con lama d'acqua fino a 20 cm. Danni gravissimi alle abitazioni, alle strutture e agli esercizi pubblici, per almeno 1 miliardo di lire.

Costa Riminese

Erosione severa della spiaggia tra Rimini e Riccione. Allagati i centri storici, le strade e gli edifici; la mareggiata ha danneggiato le cabine sulla spiaggia tra Miramare e Riccione. In particolare il giorno 8 dicembre a Riccione sud sono state completamente distrutte le strutture balneari in legno; nella notte tra l'8 e il 9 dicembre anche quelle in cemento sono crollate a causa dell'erosione marina.

A Bellaria ha straripato il fiume Uso, erosione della spiaggia ed esondazione del porto-canale; l'acqua ha superato di un metro la banchina.

Ad Igea Marina ingressione del mare fino alle Colonie con conseguente scomparsa della spiaggia.

A Cattolica e a Misano Adriatico forte erosione della spiaggia; in particolare a Misano Adriatico la lama d'acqua marina sulla terraferma ha raggiunto i 30 cm di altezza, per cui sottopassi allagati e centraline di pompaggio al lavoro senza sosta.

*Mareggiate e allagamenti sulla
costa adriatica, frane in Toscana
e Liguria, straripa il Po di Volano
Sulle strade 40 morti in 4 giorni*



Riccione: uno stabilimento balneare distrutto dalla mareggiata che ha colpito il litorale adriatico (Il Resto del Carlino del 9/12/1992).

AZIONI E INTERVENTI

Il giorno 11 dicembre in Regione si tiene un vertice per la valutazione dei danni; il 23 dicembre viene richiesta al Governo la dichiarazione dello stato di emergenza.

Interventi dei Vigili del Fuoco e della Protezione Civile; quest'ultima ha disposto l'invio di 5.000 sacchi di sabbia e diverse pompe idrovore per la protezione dei centri abitati di Codigoro, Comacchio, Cervia e Cesenatico. Mobilitati anche operai comunali, forze dell'Ordine, amministratori e volontari. Sono state costruite "trincee" con sacchi di sabbia nei punti più critici dell'ingressione per arginare i danni.

Si prospetta la realizzazione del progetto "Porte Vinciane".

DATI TELERILEVATI E CARTOGRAFIA

A seguito dell'evento i Servizi Tecnici regionali hanno prodotto la mappatura delle aree che hanno subito erosione dei litorali e/o allagamenti.

La Regione Emilia-Romagna ha inoltre commissionato alla CGR - Compagnia Generale Riprese Aeree (Parma) un volo sull'intera costa per acquisire fotografie aeree utili a valutare gli effetti della mareggiata.

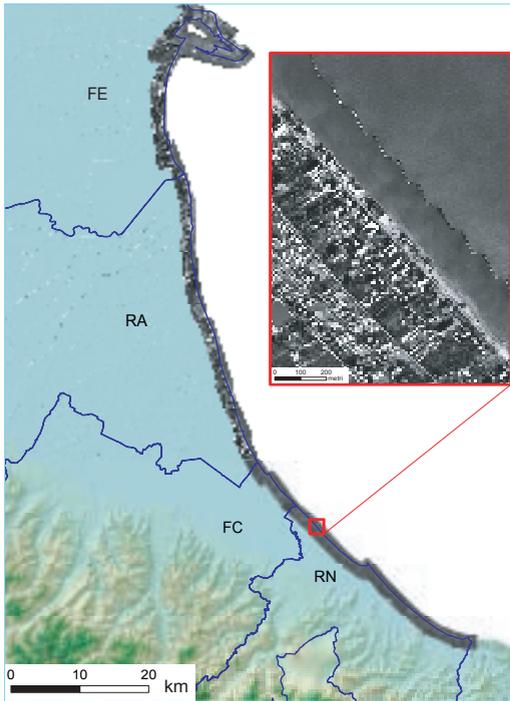
A causa della copertura nuvolosa il volo è stato effettuato in tre giorni diversi:

- 11 dicembre 1992 da Po di Goro a Casal Borsetti;
- 12 dicembre 1992 dal fiume Lamone a Cattolica;
- 13 gennaio 1993 lo Scanno di Goro.

Le foto aeree dell'area tra la foce del fiume Savio e la foce dei Fiumi Uniti, ortorettificate e mosaiccate, sono state fotointerpretate nell'ambito del progetto europeo MICORE (www.micore.eu), al fine di mappare le morfologie prodotte dall'impatto della mareggiata.



Erosione e/o allagamento nel settore tra Lido delle Nazioni e Porto Garibaldi (da STB Po di Volano e della Costa).

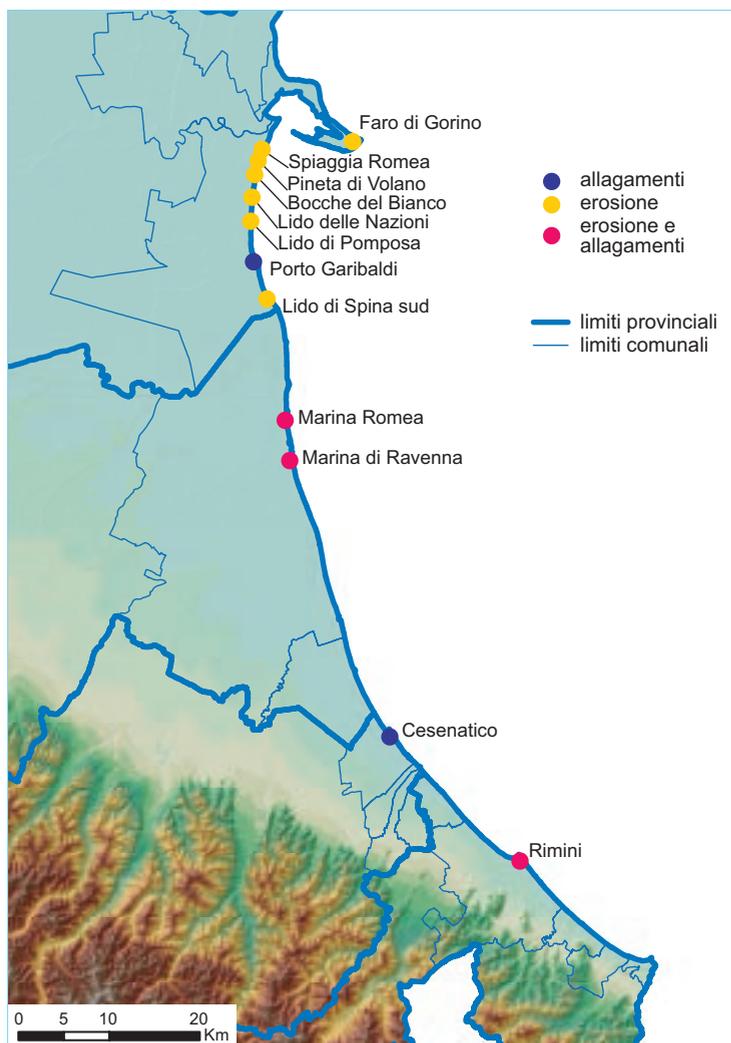


Copertura del volo aereo lungo la costa regionale effettuata da CGR (Parma) e zoom sull'area di Igea Marina.



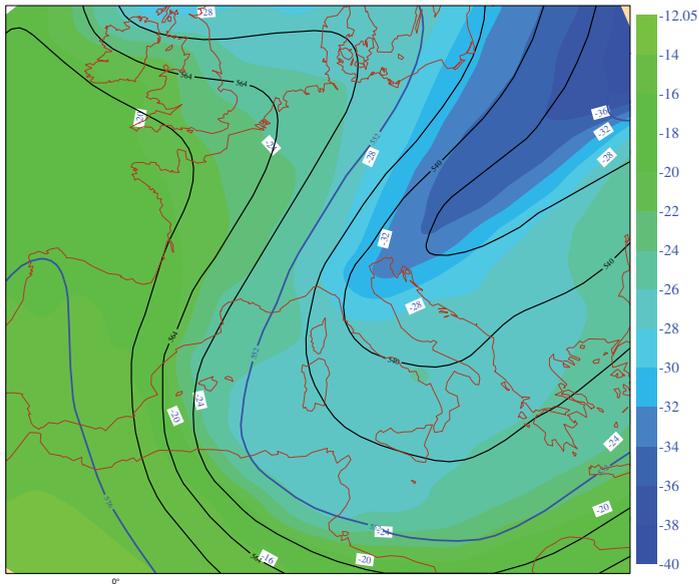
Confronto tra le fotointerpretazioni del 1991 e del 1992, nell'area costiera di Lido Adriano, al fine di evidenziare i cambiamenti e gli elementi della morfologia della spiaggia da impatto della mareggiata (*beach ridge*, aree inondate, terrazzi di tempesta, ecc.) e di valutare la variazione quantitativa dei principali parametri fisici (ampiezza spiaggia, posizione linea di riva, linea di massimo *run-up*, ecc.).

ESTENSIONE TERRITORIALE	Alto Adriatico
REGIONI ADRIATICHE INTERESSATE	Veneto, Emilia-Romagna, Marche, Abruzzo
LOCALITÀ COLPITE IN EMILIA-ROMAGNA	Intera costa regionale
FONTE DELLE INFORMAZIONI	Archivi: R.E-R, ENI, ISPRA, quotidiani
TIPOLOGIA DELLE INFORMAZIONI	Rapporti tecnici (STB), articoli di giornali
DATI METEOROLOGICI E ONDAMETRICI	Analisi ECMWF, Rete meteorologica nazionale(A.M.), piattaforma ENI-PCW
DATI MAREOGRAFICI	Mareografo di Porto Corsini - RMN
ELABORAZIONI	ARPA-SIMC
DATI TELERILEVATI	n.d.
CARTOGRAFIA	n.d.
ELABORAZIONI	n.d.

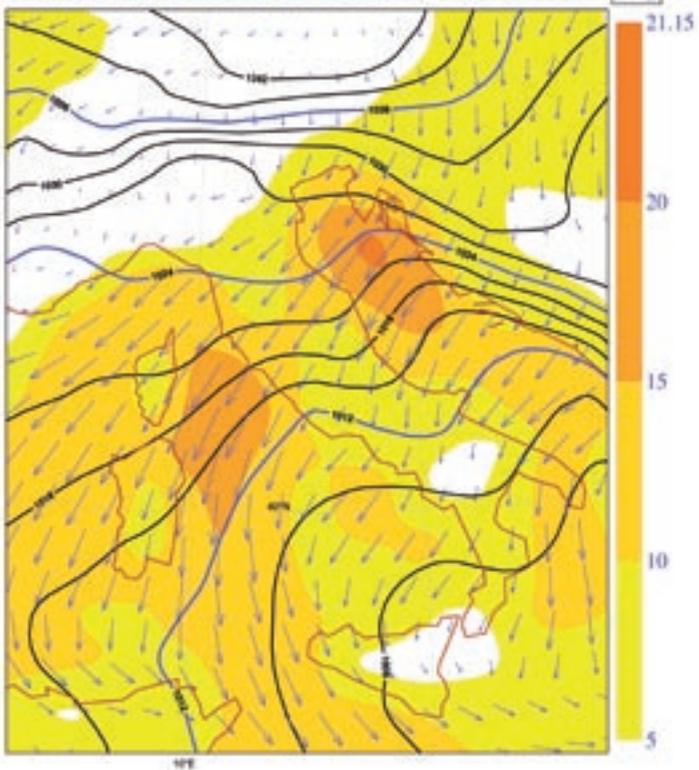


La costa con evidenziate le località colpite dall'evento.

ECMWF AN VT:Thu 1996-12-26 18UTC 500hPa T/ Z



ECMWF AN: 1996-12-26 18UTC Vento e MSLP



Situazione meteorologica nel momento di massima intensità del vento sull'alto Adriatico, 26/12/1996 ore 18.00 UTC. Il riquadro in alto mostra l'analisi dell'altezza del geopotenziale e la temperatura a 500 hPa, nel riquadro inferiore viene mostrata l'analisi della pressione al livello del suolo e il vento alla superficie. Il campo colorato mostra l'intensità del vento in m/s.

DESCRIZIONE DELL'EVENTO

La formazione di una vasta ondulazione delle correnti in quota, con l'alta pressione sull'Europa occidentale e bassa pressione sull'Europa orientale e sui Balcani, tipica dei mesi invernali, ha determinato la formazione di un gradiente di pressione molto intenso lungo le regioni adriatiche con conseguente innesco di forti venti di bora, fino a burrasca. Tale configurazione, rimasta invariata per circa due giorni, ha determinato un notevole e persistente innalzamento del moto ondoso dell'Adriatico centro-settentrionale e un brusco calo delle temperature che sono scese sotto lo zero anche lungo la costa.

CONDIZIONI METEO-MARINE

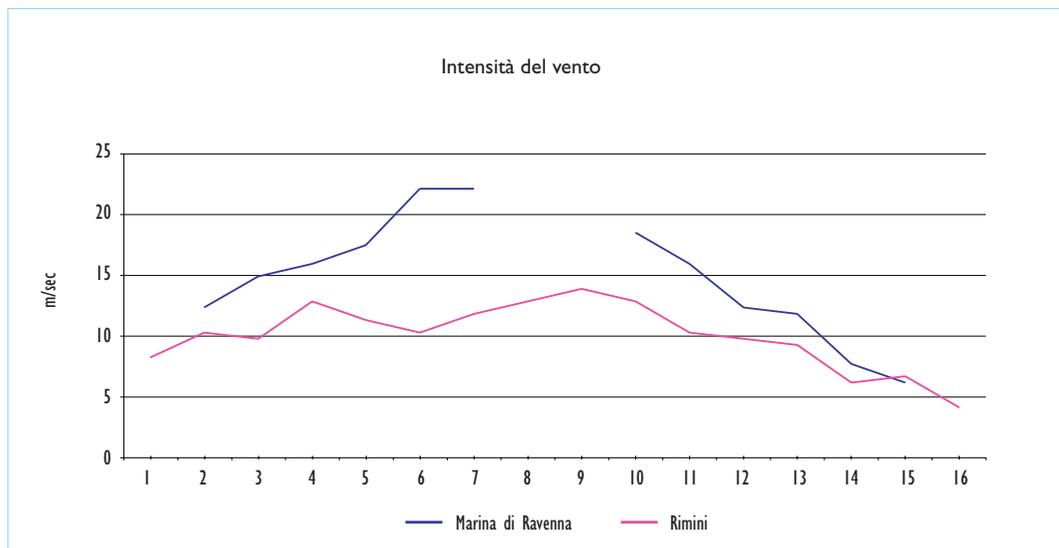
Nel corso del pomeriggio del 25 dicembre si registra un rapido rinforzo dei venti orientali lungo tutta la fascia costiera e il mare prospiciente. L'intensità del vento raggiunge i 22 m/s (registrata a Marina di Ravenna) e manifesta una notevole persistenza sia in termini di intensità quanto di direzione (ENE).

Si registra, di conseguenza, un aumento del moto ondoso che provoca un'intensa mareggiata di classe energetica pari a 4. L'altezza dell'onda rilevata dalla piattaforma ENI-PCW si mantiene superiore al valore di riferimento di 3 m per 20 ore, durante le quali l'altezza significativa dell'onda raggiunge il picco di 4,2 m alle ore 02.00 UTC del 27 dicembre.

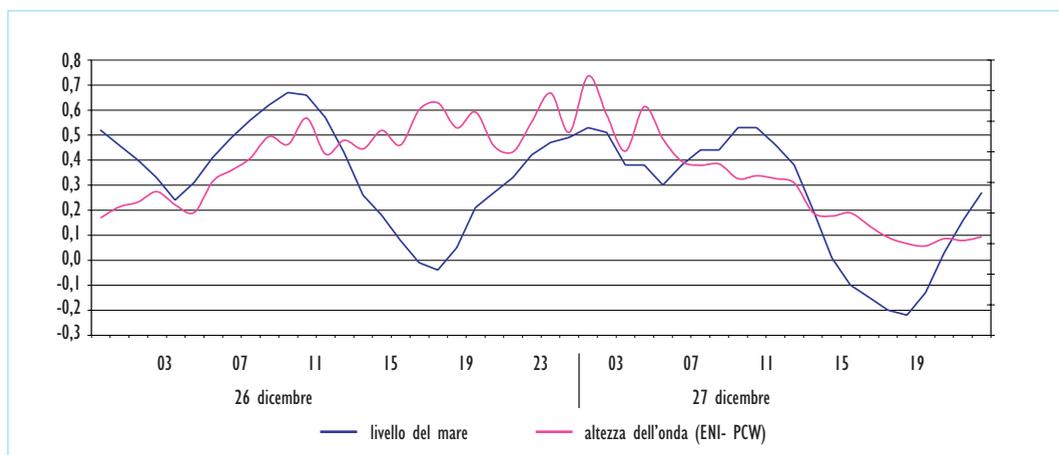
Il livello del mare non è stato di eccezionale rilevanza, raggiungendo il valore massimo di 70 cm (mareografo di Porto Corsini) alle ore 10:00 UTC del 26 dicembre; questo ha fatto sì che la contemporanea combinazione di altezza d'onda e di livello del mare non ha mai fatto registrare il superamento della soglia critica (onda > 2 m e livello > 0,7 m) per tutta la durata dell'evento.

Massima intensità del vento sul mare (dedotta da analisi ECMWF)	22 m/s
Direzione del vento prevalente (dedotta da analisi ECMWF)	persistenti e forti da NE
Massima intensità del vento	22 m/s da ENE (stazione Marina di Ravenna)
Massima velocità del vento (raffica)	28 m/s (26 dicembre a Cervia)
Massimo livello del mare	0,7 m (mareografo Porto Corsini - RMN)
Massima altezza e direzione dell'onda	4,2 m (piattaforma ENI-PCW), classe 4
Durata dei valori superiori a soglia critica: (onda > 3 m)	20 h

Tabella riassuntiva dell'evento meteorologico



Intensità del vento (media degli ultimi 10 minuti di ogni ora) rilevata dal 26 al 27 dicembre 1996 dalle stazioni costiere dell'Emilia-Romagna. (messaggi SYNOP).



Altezza dell'onda stimata misurata dalla piattaforma ENI-PCW (linea rossa, asse a destra) e livello del mare (linea blu, asse di sinistra) misurato dal mareografo di Porto Corsini (RA) dal 26 al 27 dicembre 1996.

Costa Ferrarese

Danni alle opere a mare in tubi “Longard” a difesa del faro di Gorino; franamenti lungo l’argine presso la pineta di Volano; erosione della spiaggia emersa presso Spiaggia Romea, Bocche del Bianco, Lido delle Nazioni, Lido di Pomposa, Lido di Spina sud; insabbiamento delle foci del Po di Volano, del canale Logonovo e del canale Gobbino; insabbiamento dell’impianto idrovoro sullo Scanno di Goro; danni agli impianti di mitilicoltura; cedimento della banchina del porto-canale di Porto Garibaldi-Lido Estensi; danni a stabilimenti balneari nella zona dei lidi nord.



Erosione della spiaggia a Volano.

Altre segnalazioni

A Ravenna raffiche di bora fino a 31 m/s (110 km/h); allagamento di alcuni stabilimenti balneari a Marina di Ravenna e Marina Romea.

Copiose nevicate nel tratto costiero riminese e cesenate. In molte località di questo tratto costiero l’erosione della spiaggia è stata diffusa e profonda.

Ingressione del mare a Rimini e nel porto-canale di Cesenatico.

Il maltempo flagella la Romagna

La pioggia di Natale ha lasciato il posto a violente mareggiate
Cesenatico e Riccione le spiagge più colpite. Vento a forza 7

Il «Burian» gela tutto il Ferrarese

Riccione
Nella Porto Verde l'acqua ottiene a Piacenza Kennedy ha subito parecchio

Annulata la regata

Il "Burian" la tempesta di vento delle stagioni invernali ha fatto sentire i suoi effetti anche nel nord e lungo la costa. Da ieri alle 11 i distaccamenti dei vigili del fuoco di Codigoro e Portoferraro e il comando di Ferrara hanno riaperto un cantiere di rifilatura. In buona parte le richieste di

Immagine di Rimini e Cesenatico (L'Unità del 27/12/1996, inserto “Mattina”).

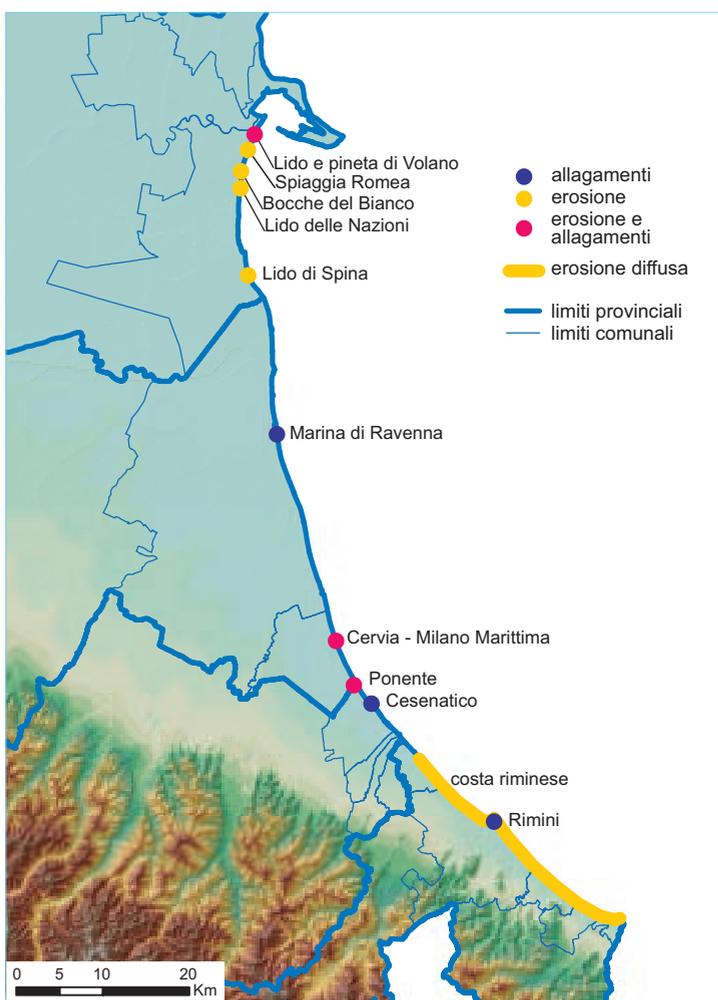
AZIONI E INTERVENTI

Interventi urgenti effettuati dagli STB con costruzione di arginature in sabbia e sacchi. La strada provinciale per Ferrara. È stata chiusa al traffico per precauzione per un tratto di circa 2 km e sulla carreggiata è stato costruito un cordone di sicurezza con i sacchi di sabbia. Le forze dell'ordine sono intervenute anche sulla SS Romea: ove un tratto di circa 1,5 km in direzione sud è stato parzialmente occupato da un argine di terriccio. Emesso l'avviso di burrasca.

A Porto Garibaldi pronto intervento della Protezione Civile di Comacchio, della Capitaneria di Porto e dei Carabinieri con sacchi di sabbia posti su entrambi i lati della banchina del porto-canale.

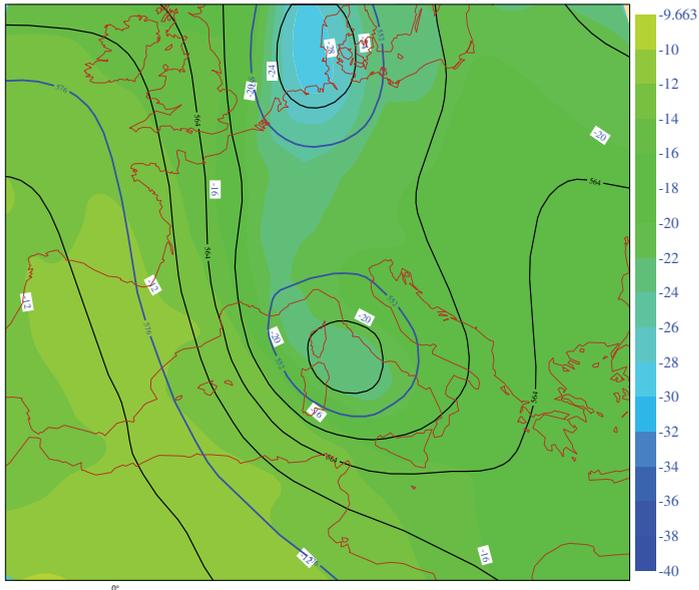
Interventi post-evento: ripascimenti, ricostruzione di duna e spiaggia.

ESTENSIONE TERRITORIALE	Nazionale
REGIONI ADRIATICHE INTERESSATE	Friuli-Venezia Giulia, Veneto, Emilia-Romagna, Marche, Abruzzo
LOCALITÀ COLPITE IN EMILIA-ROMAGNA	Intera costa regionale
FONTE DELLE INFORMAZIONI	Archivi: R.E-R, ARPCiv, ENI, ISPRA, DST-UniFe, quotidiani; siti internet
TIPOLOGIA DELLE INFORMAZIONI	Rapporti tecnici (STB), Piano Interventi, ordinanze e decreti documentazioni fotografiche, relazioni universitarie, articoli di giornale; pagine web
DATI METEOROLOGICI E ONDAMETRICI	Analisi ECMWF, Rete meteorologica nazionale (A.M.), Rete regionale RIRER (messaggi METAR), Piattaforma ENI-PCW
DATI MAREOGRAFICI	Mareografo di Punta della Salute (VE) - RMLV
ELABORAZIONI	ARPA-SIMC
DATI TELERILEVATI	n.d.
CARTOGRAFIA	n.d.
ELABORAZIONI	n.d.

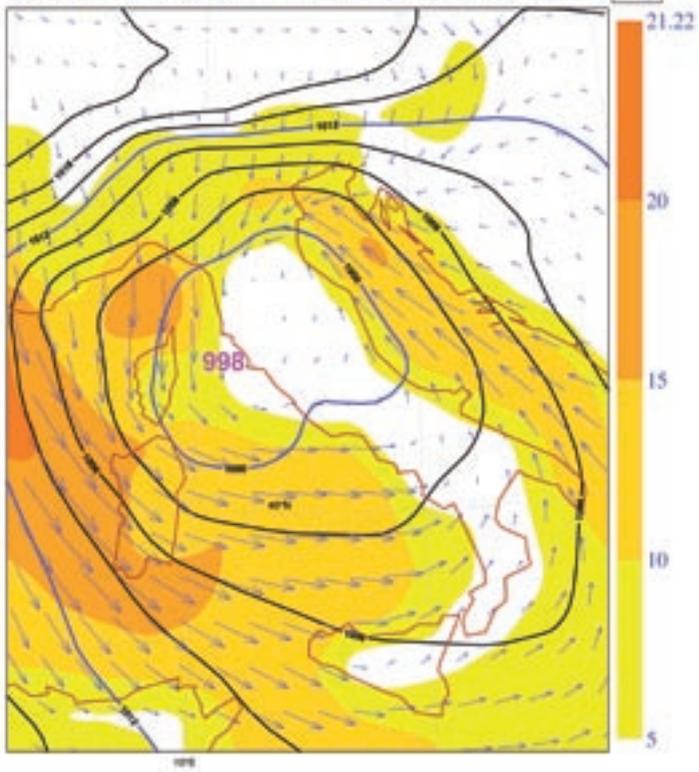


La costa con evidenziate le località colpite dall'evento.

ECMWF AN VT:Sun 1999-11-07 00UTC 500hPa T/ Z



ECMWF AN: 1999-11-07 00UTC Vento e MSLP



Situazione meteorologica nelle 6 ore successive alla formazione del ciclone sul Mar Ligure, 07/11/1999 ore 00.00 UTC, quando inizia la rotazione del vento sulla .Il riquadro in alto mostra l'analisi dell'altezza del geopotenziale e la temperatura a 500hPa, nel riquadro inferiore viene mostrata l'analisi della pressione al livello del suolo e il vento alla superficie. Il campo colorato mostra l'intensità del vento in m/s.

DESCRIZIONE DELL'EVENTO

Si è verificato un marcato peggioramento delle condizioni meteorologiche sul nord Italia a partire dal 6 novembre con intense precipitazioni, localmente anche temporalesche, e forti raffiche di vento in particolare nel settore nord orientale della penisola. In Emilia-Romagna le piogge sono state abbondanti e il litorale è stato sferzato da venti fortissimi, spiranti inizialmente da SE, poi da E con velocità fino a 25-28 m/s (90-100 km/h), che hanno agitato il mare. La mareggiata si è verificata in concomitanza di condizioni di sovrizzo meteorologico e di marea astronomica crescente. La bora ha soffiato a Trieste con raffiche fino a 35 m/s (125 km/h) mentre l'acqua alta ha raggiunto a Venezia il livello di 116 cm.

L'interazione di questi fenomeni ha prodotto danni diffusi, soprattutto lungo il tratto di costa da Rimini a Ferrara, quali l'erosione della spiaggia emersa e delle dune costiere, l'ingressione del mare oltre la spiaggia in diversi punti e il generalizzato arretramento della linea di riva, con conseguente riduzione della fascia costiera adibita alla balneazione e perdita di grandi quantitativi di sabbia.

Il fortissimo innalzamento del Po di Volano ha causato condizioni critiche presso Codigoro. Il livello del Po di Volano e del Canale Navigabile ha minacciato anche Ferrara città, dove si sono predisposti interventi di emergenza per affrontare gli allagamenti.

La mareggiata è stata determinata da una vigorosa ciclogenesi sul mar Ligure. La fase di formazione della bassa pressione è iniziata il giorno 6 novembre con la discesa di aria fredda in quota da nord e la formazione di un minimo di pressione al suolo alle ore 18.00 UTC del 6 novembre. In questa fase sull'Adriatico andavano intensificandosi venti da SE che interessavano l'intero bacino. Dalle prime ore del giorno 7 novembre il ciclone, raggiunta la sua fase matura, è andato spostandosi verso SE posizionandosi sul Tirreno centrale. In questa fase la ventilazione sulla costa emiliano-romagnola, pur rimanendo forte, ha cambiato direzione provenendo in maniera sempre più marcata da ENE.

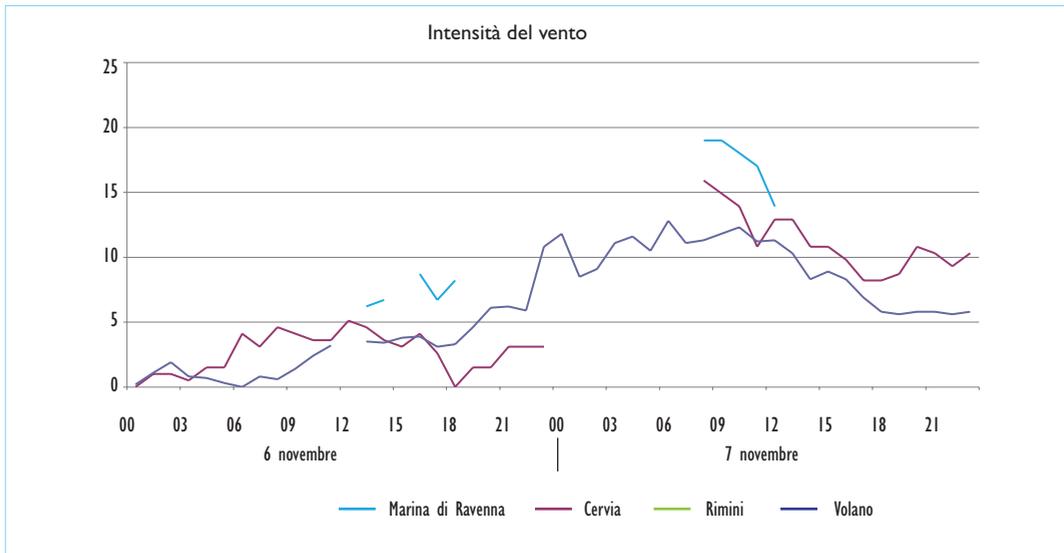
CONDIZIONI METEO-MARINE

Sulla costa dell'Emilia-Romagna sono stati registrati venti di intensità superiore a 10 m/s nella notte del 6 novembre. Inizialmente orientati da SE, i venti sono aumentati di intensità orientandosi da NE nella giornata del 7 novembre. La massima intensità oraria è stata osservata a Marina di Ravenna (19 m/s) con raffiche fino a 26 m/s. I dati delle stazioni sinottiche di Marina di Ravenna e Rimini risultano tuttavia discontinui per questo episodio. L'andamento temporale del vento è meglio descritto dalla stazione di Volano, che per la sua collocazione in prossimità del delta del Po, risulta però meno esposta ai venti di NE. I venti decrescono nel pomeriggio del 7 novembre.

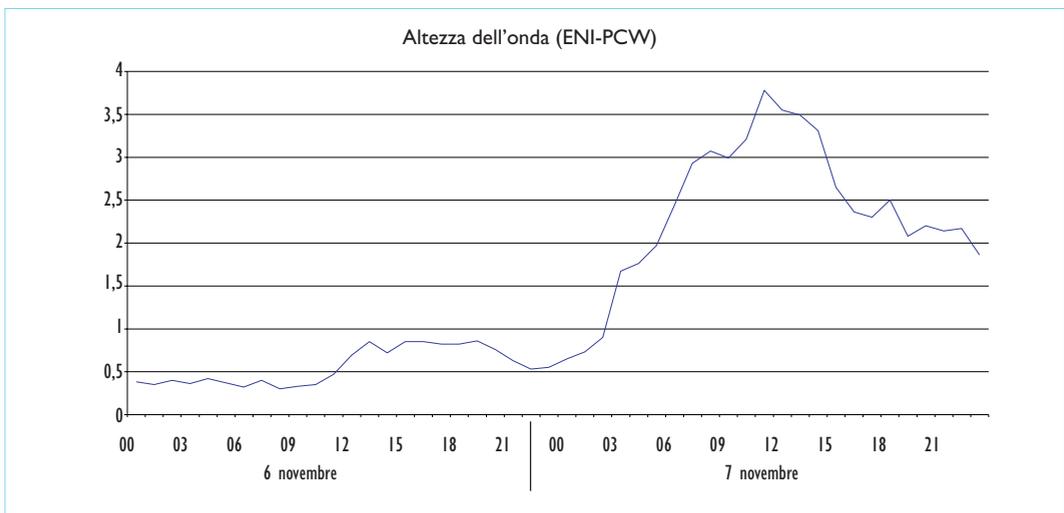
I dati relativi alla altezza dell'onda sono forniti dalla stazione collocata sulla piattaforma PCW dell'ENI dove sono stati osservate onde in aumento a partire già dalla mattina del 7 novembre, le onde hanno raggiunto la massima altezza (3,8 m) alle 11.00 del 7 novembre per poi decrescere e si sono mantenute ad una altezza superiore al valore di riferimento di 3 m per 6 ore. Classe energetica della mareggiata 3. Per questo evento non sono disponibili dati del livello del mare misurati in Emilia-Romagna. La massima altezza del livello del mare registrata a Venezia è stata di 1,2 m.

Massima intensità del vento sul mare (dedotta da analisi ECMWF)	17 m/s
Direzione del vento prevalente (dedotta da analisi ECMWF)	inizialmente sostenuti da SE, dal 7 novembre forti da NE
Massima intensità del vento	19 m/s, NE (stazione di Marina di Ravenna)
Massima velocità del vento (raffica)	26 m/s (stazione di Marina di Ravenna)
Massimo livello del mare	1,2 m (mareografo di Venezia)
Massima altezza e direzione dell'onda	3,8 m, classe 3 (piattaforma ENI-PCW)
Durata dei valori superiori a soglia critica: (onda > 3 m)	6 h

Tabella riassuntiva dell'evento meteorologico.



Intensità del vento (media degli ultimi 10 minuti di ogni ora) rilevata dal 6 al 7 novembre 1999 dalle stazioni costiere dell'Emilia-Romagna (messaggio METAR).



Altezza dell'onda misurata dal 6 al 11 novembre dalla piattaforma PCW di ENI situata 6 km al largo di Marina di Ravenna.

Costa Ferrarese

Ingressione del mare in punti diffusi a Lido di Volano e Pineta di Volano. Profonda erosione della spiaggia presso Spiaggia Romea, Lido delle Nazioni, Lido di Spina. Danneggiamento dell'argine a mare presso Pineta di Volano e Bocche del Bianco. Insabbiamento della foce del canale Logonovo.

Costa Ravennate

Violenta burrasca di vento e di mare a Marina di Ravenna, dove all'alba del giorno 7 l'acqua è uscita dal porto-canale e ha allagato anche una zona abitata. Una motonave utilizzata per le gite turistiche è affondata.

Nel comune di Cervia-Milano Marittima la forza del mare è stata particolarmente intensa, tanto da creare cedimenti nelle banchine portuali. Allagamenti di zone urbane per ingressione marina. Tracimazioni dei canali per difficoltà di deflusso a mare.

Distruzione locale dell'argine sabbioso invernale con conseguente invasione del mare e deposizione di grandi quantità di sabbia in area urbana.

In numerosi tratti costieri le spiagge sono state profondamente erose.

Costa Forlivese-Cesenate

A Cesenatico il mare, ha invaso l'arenile e provocato una tracimazione del porto-canale e il conseguente allagamento del centro storico (livello dell'acqua fino a 50-60 cm).

Distruzione locale dell'argine sabbioso invernale e conseguente allagamento delle aree urbane retrostanti (località Ponente e canale Vena). Danni diffusi anche sulla costa limitrofa e difficoltà per alcune barche a causa del forte vento.

Costa Riminese

Il vento forte ha abbattuto 22 alberi fra Miramare e Viserba e ha arrecato danni nel tratto da Bellaria a Cattolica. Allagamenti diffusi presso il centro di Rimini, dove il sistema fognario non ha retto agli elevati livelli idrici.



Lido di Spina, erosione della spiaggia.



Bocche del Bianco, distruzione della duna armata.



Pineta di Volano, erosione della duna armata.

AZIONI E INTERVENTI

I Servizi Tecnici di Bacino dell'Emilia-Romagna, le Prefetture, i Vigili del Fuoco, i volontari della Protezione Civile e i Sindaci dei comuni più a rischio sono stati mobilitati per monitorare la situazione e intervenire con i primi mezzi d'emergenza. Alla foce del fiume Reno i Vigili del Fuoco sono dovuti intervenire con un elicottero per recuperare 3 pescatori bloccati in un trabucco dal mare in tempesta. A Cesenatico 50 persone sono state evacuate e le idrovore hanno lavorato per tutta la notte di domenica per liberare dall'acqua cantine, alberghi e negozi.

Redazione di relazioni tecniche relative a: accertamento danni, valutazione interventi di ripristino e ripascimento, programmazione e costo degli interventi.

Compilazione del "Piano regionale degli interventi urgenti di ripristino in condizioni di sicurezza e per la riduzione del rischio, delle infrastrutture pubbliche e dei beni monumentali danneggiati - eventi idrogeologici del periodo ottobre-novembre 1999 nelle province di Forlì-Cesena e Ravenna". Stanziati 17 milioni di lire a seguito dell'ordinanza OM3124/2001 (<http://www.protezionecivile.emilia-romagna.it/aree-tematiche/piani-di-messa-in-sicurezza/rischio/opcm-3124-2001>).

Dettaglio delle operazioni previste dal Piano Regionale degli Interventi

Casal Borsetti: intervento di difesa dell'abitato e recupero della spiaggia.

Punta Marina: completamento degli interventi di difesa dell'abitato e del litorale.

Canale Fosso Ghiaia: sistemazione arginature scarico pineta e difesa a mare.

Lido di Savio - Milano Marittima: potenziamento impianto idrovoro Bassona; risonamento canale Fortino e adeguamento del manufatto di scarico nel canale di via Cupa Nuovo.

Cervia: risonamento e realizzazione di nuove arginature a valle della via del confine fino all'immissione nel Rio Granarolo e completamento degli impianti di sollevamento con elettropompe in corrispondenza dell'immissione dello scolo Rio della Valle nel Canale di Allacciamento.

Cervia - Milano Marittima: recupero e consolidamento strutture in c.a. delle paratoie e dei moli alla foce del canale via Cupa Nuovo, per la messa in sicurezza degli abitati di Savio e Milano Marittima.

Savio: completamento e adeguamento sezioni idrauliche, arginature e manufatti con rifacimento di un ponte a valle della SS 16.

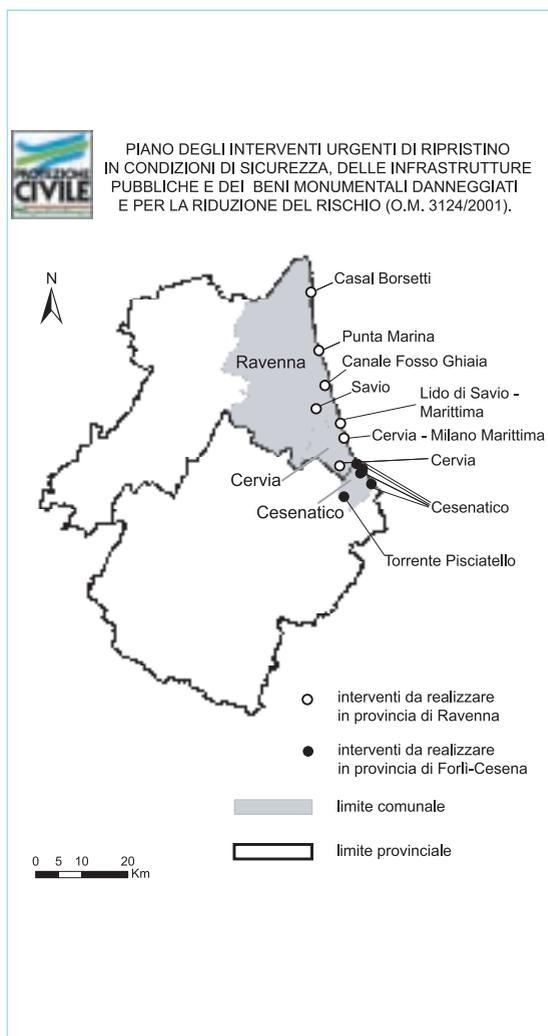
Cesenatico: adeguamento e completamento della sezione idraulica di Rio Rigoncello e realizzazione di nuovi argini fino alla confluenza con lo scolo Fossatone.

Ripristino della struttura e della muratura danneggiata dalle esondazioni del bene monumentale "Casa Moretti" ubicata nel centro storico del Porto Canale di Cesenatico.

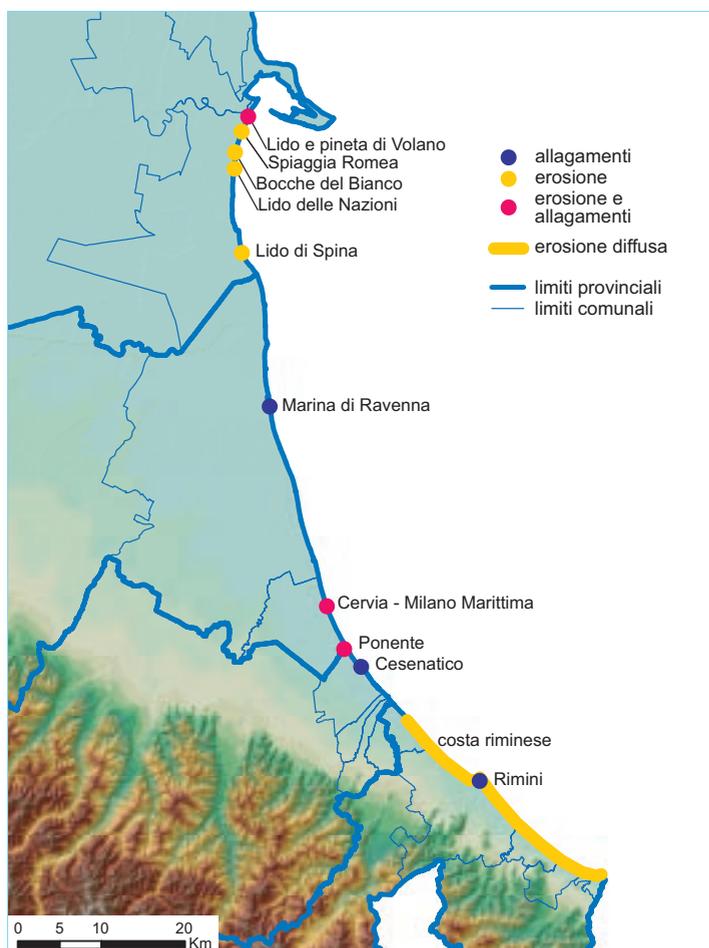
Rifacimento di una sponda della "vasca dei delfini" ubicata nella parte terminale della vena Mazzarini, nel centro turistico di Cesenatico.

Potenziamento del sistema di monitoraggio idrometrico in telemisura, mediante l'installazione di due nuovi misuratori lungo il corso d'acqua "Fossatone" e nella zona darsena nonché il collegamento in rete per la trasmissione dei dati.

Completamento dell'adeguamento delle sezioni di deflusso del Torrente Pisciatello nel tratto compreso tra i comuni di Cesena e Cesenatico.

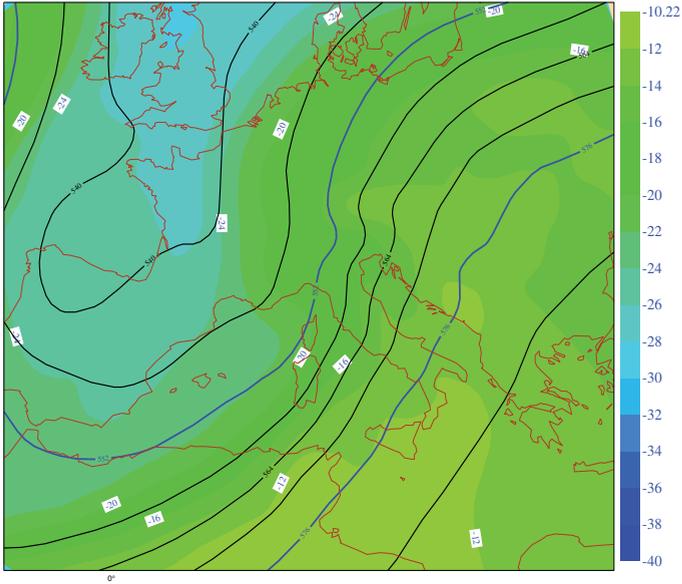


ESTENSIONE TERRITORIALE	Alto Adriatico
REGIONI ADRIATICHE INTERESSATE	Friuli-Venezia Giulia, Veneto, Emilia-Romagna, Marche
LOCALITÀ COLPITE IN EMILIA-ROMAGNA	Intera costa regionale
FONTE DELLE INFORMAZIONI	Archivi: R.E-R, ARPCiv, Centro Maree (Comune di Venezia), ISPRA, DST-UniFe, quotidiani; siti internet
TIPOLOGIA DELLE INFORMAZIONI	Rapporti tecnici (STB), Piano Interventi, Ordinanze e decreti, documentazioni fotografiche, relazioni universitarie, articoli di giornali; pagine web
DATI METEOROLOGICI E ONDAMETRICI	Analisi ECMWF, Rete meteorologica nazionale (A.M.), Rete regionale RIRER (messaggi METAR), Boa ondometrica di Ancona – RON (trasposta su ER)
DATI MAREOGRAFICI	Mareografo di Punta della Salute (VE) - RMLV, mareografo Porto Corsini - RMN
ELABORAZIONI	ARPA-SIMC
DATI TELERILEVATI	n.d.
CARTOGRAFIA	n.d.
ELABORAZIONI	n.d.

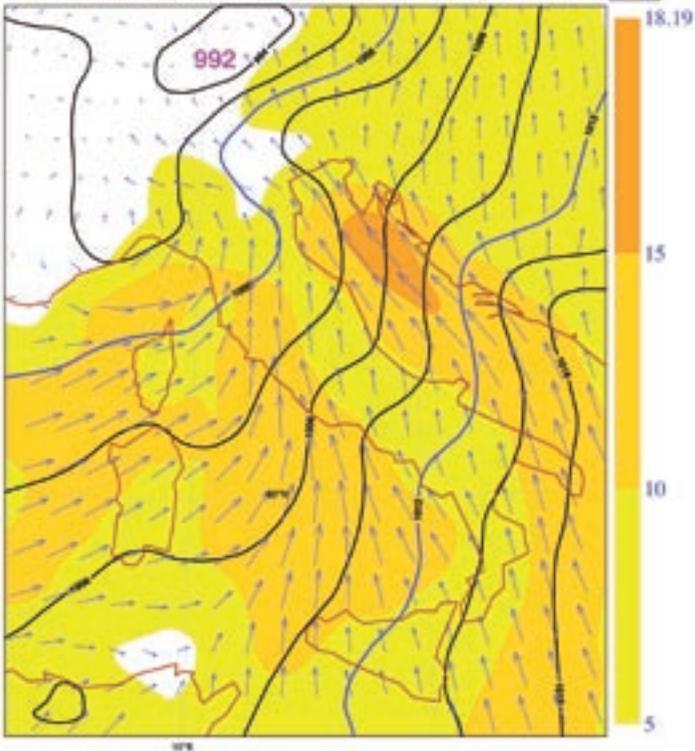


La costa con evidenziate le località colpite dall'evento.

ECMWF AN VT:Sat 2002-11-16 12UTC 500hPa T/ Z



ECMWF AN: 2002-11-16 12UTC Vento e MSLP



Situazione meteorologica nel momento di massima intensità del vento sull'alto Adriatico, 16/11/2002 alle ore 12.00 UTC. Il riquadro in alto mostra l'analisi dell'altezza del geopotenziale e la temperatura a 500hPa, nel riquadro inferiore viene mostrata l'analisi della pressione al livello del suolo e il vento alla superficie. Il campo colorato mostra l'intensità del vento in m/s.

DESCRIZIONE DELL'EVENTO

Dal punto di vista meteorologico il mese di novembre è stato caratterizzato da persistenti flussi sud-occidentali che hanno portato sul Mediterraneo numerosi sistemi perturbati causando intense precipitazioni associate a piene fluviali e a numerosi dissesti idrogeologici. L'innescò di questa situazione si deve a un'estesa onda depressionaria, presente a tutte le quote, che ha determinato l'insistenza di venti forti di scirocco su tutto il Mediterraneo centrale, particolarmente intensi sull'Adriatico. Nella figura risulta evidente il forte gradiente di pressione sul bacino Adriatico (nord-sud).

Questo quadro generale ha comportato numerosi eventi di mareggiata nel mese di novembre che hanno duramente colpito le coste dell'Emilia-Romagna e di tutto l'Adriatico. Nei giorni compresi tra il 14 e il 19 novembre, in particolare, è stata registrata una mareggiata molto intensa che si è protratta per cinque giorni quasi consecutivi. Ad essa si è associato un livello di acqua alta tra i più elevati mai registrati, + 96 cm a Porto Corsini. Le amministrazioni locali hanno registrato danni, anche di ingente entità, a strutture di protezione, turistiche e di pubblico interesse che hanno comportato la richiesta dello stato di calamità.

L'evento ha interessato in modo grave anche le regioni limitrofe, Veneto e Marche. A Venezia è stato registrato un valore di acqua alta di 147 cm.

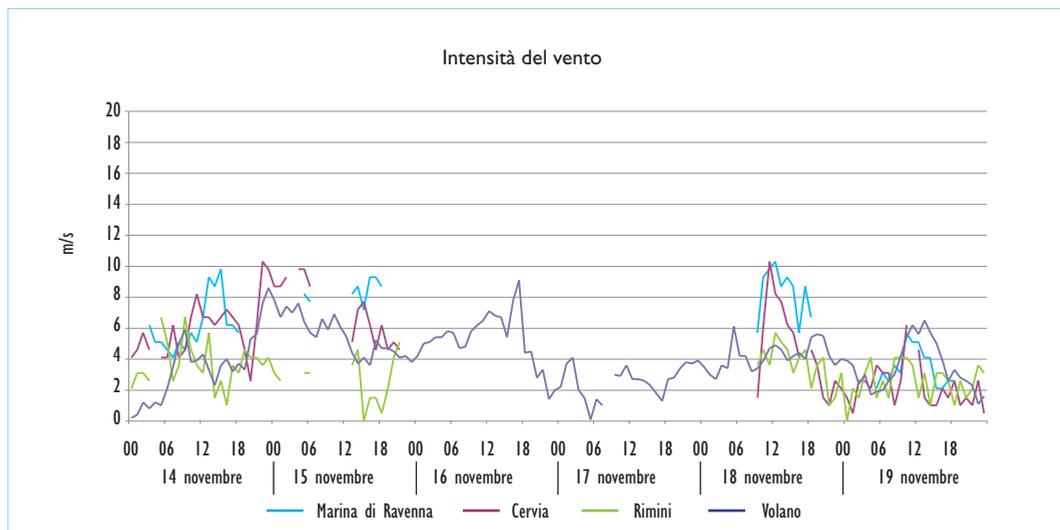
CONDIZIONI METEO-MARINE

Il 16 novembre il livello del mare e l'altezza dell'onda sono risultati simultaneamente superiori alla soglia critica per 12 ore (onda > 2 m e livello > 0,7 m). Nello stesso giorno si sono stimati valori di altezza significativa dell'onda superiori al valore di riferimento di 3 m per 16 ore con classe energetica 4. Il mareografo di Porto Corsini ha registrato valori superiori al valore di riferimento di 0,8 m per 6 ore.

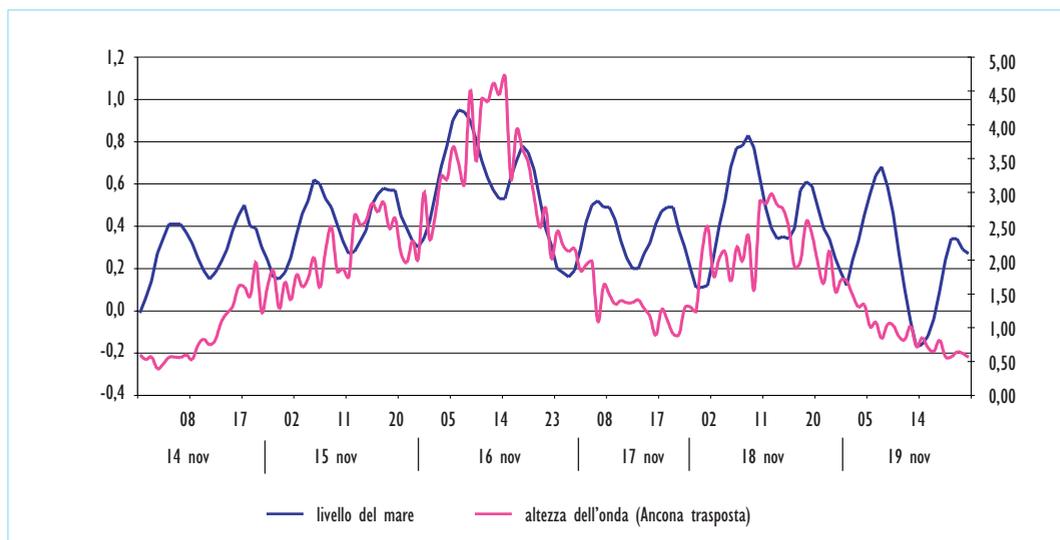
I giorni che hanno preceduto la mareggiata sono stati caratterizzati inizialmente da forti venti da sud (fino a 18 m/s sul mare) in rotazione verso SSO. Le stazioni costiere hanno registrato un'intensità massima del vento di 10 m/s da SE, con raffiche fino a 15 m/s a Marina di Ravenna.

Massima intensità del vento sul mare (dedotta da analisi ECMWF)	18 m/s
Direzione del vento prevalente (dedotta da analisi ECMWF)	inizialmente forti da S, dal 16 novembre forti da SSO
Massima intensità del vento	10,3 m/s (stazione Marina di Ravenna)
Massima velocità del vento (raffica)	14,9 m/s (stazione Marina di Ravenna)
Massimo livello del mare	0,96 m (mareografo Porto Corsini - RMN)
Massima altezza e direzione dell'onda	4,7 m NNE (Boa Ancona trasposta), classe 4
Durata dei valori superiori a soglia critica (onda > 2 m e livello > 0,7 m)	12 h

Tabella riassuntiva dell'evento meteorologico.



Intensità del vento (media degli ultimi 10 minuti di ogni ora) rilevata dal 14 al 19 novembre 2002 dalle stazioni costiere dell'Emilia-Romagna.



Altezza dell'onda stimata attraverso la trasposizione delle misure eseguite dalla Boa ondometrica di Ancona (linea rossa, asse a destra) e livello del mare (linea blu, asse di sinistra) misurato dal mareografo di Porto Corsini (RA) dal 14 al 19 novembre 2002.

Costa Ferrarese

La costa ferrarese è stata particolarmente colpita dall'evento che ha causato marcata erosione della spiaggia e della duna lungo tutto il litorale dalla foce Po di Goro al limite provinciale sud, provocando allagamenti agli stabilimenti balneari. I tratti maggiormente danneggiati, per erosione della spiaggia e della duna, sono risultati quelli già maggiormente vulnerabili e, in particolare il tratto fra foce Reno e il Lido di Spina sud, il tratto Lido delle Nazioni–Lido di Volano e foce del Po di Goro. Si è registrato un accumulo sulla spiaggia di circa 1.500 tonnellate di materiale detritico. Sono stati registrati numerosi danni alle opere di difesa ed in particolare alla massicciata a protezione del Faro di Goro e alla chiavica monodirezionale in prossimità della foce. Danni gravi sono stati registrati all'opera di ingegneria naturalistica effettuata a Lido di Volano.



Lido di Spina, erosione del litorale e danni alle infrastrutture turistiche.

Costa Ravennate

La costa ravennate è stata interessata da intensi fenomeni di erosione della spiaggia e della duna, dall'allagamento di alcuni stabilimenti balneari nonché dall'accumulo di circa 1.700 tonnellate di materiale detritico sulla spiaggia. Le località maggiormente colpite sono state Casal Borsetti, dove si è reso necessario un intervento di ripascimento a difesa dell'abitato, Marina Romea, Punta Marina sud, dove si è reso necessario un intervento di ripascimento immediato a protezione dell'abitato, Lido Adriano e Lido di Dante che ha subito danni alla scogliera,



Ravenna, inondazioni nel Porto Canale.

Costa Forlivese-Cesenate

Anche lungo questo litorale si sono verificate erosioni della spiaggia e accumulo di 800 tonnellate di materiale da smaltire. Le aree maggiormente danneggiate risultano essere quella a nord del porto in località Colonie Ponente, Valverde e Villamarina.

Costa Riminese

Il litorale di Rimini è risultato anch'esso duramente danneggiato dall'evento. Si sono registrati danneggiamenti alle opere di difesa e l'erosione della spiaggia nonché l'accumulo di 12.000 tonnellate di materiale da smaltire. Le principali località colpite sono state: Misano Adriatico, Porto Verde, dove è stata danneggiata anche l'opera di difesa, Riccione sud e Bellaria. Si sono verificati inoltre gli insabbiamenti dei porti di Riccione e Bellaria-Igea Marina che hanno richiesto dragaggi in emergenza.



Litorale di Cesenatico, allagamenti degli stabilimenti balneari.

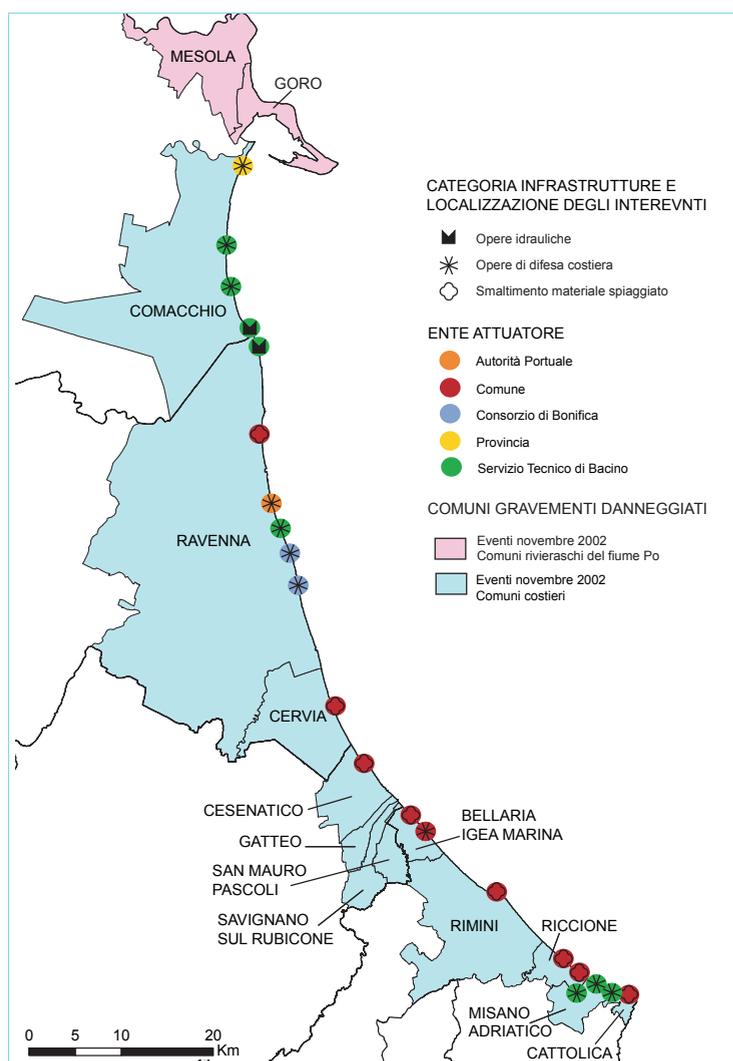
AZIONI E INTERVENTI

Nel corso della mareggiata è stato effettuato un intervento di emergenza al fine di scongiurare l'ingressione del mare nella zona sud del Lido di Spina (rinforzo della duna con sabbia).

Per il recupero delle imbarcazioni affondate nel porto di Cervia si è reso necessario l'intervento dei Vigili del Fuoco e della Capitaneria di Porto

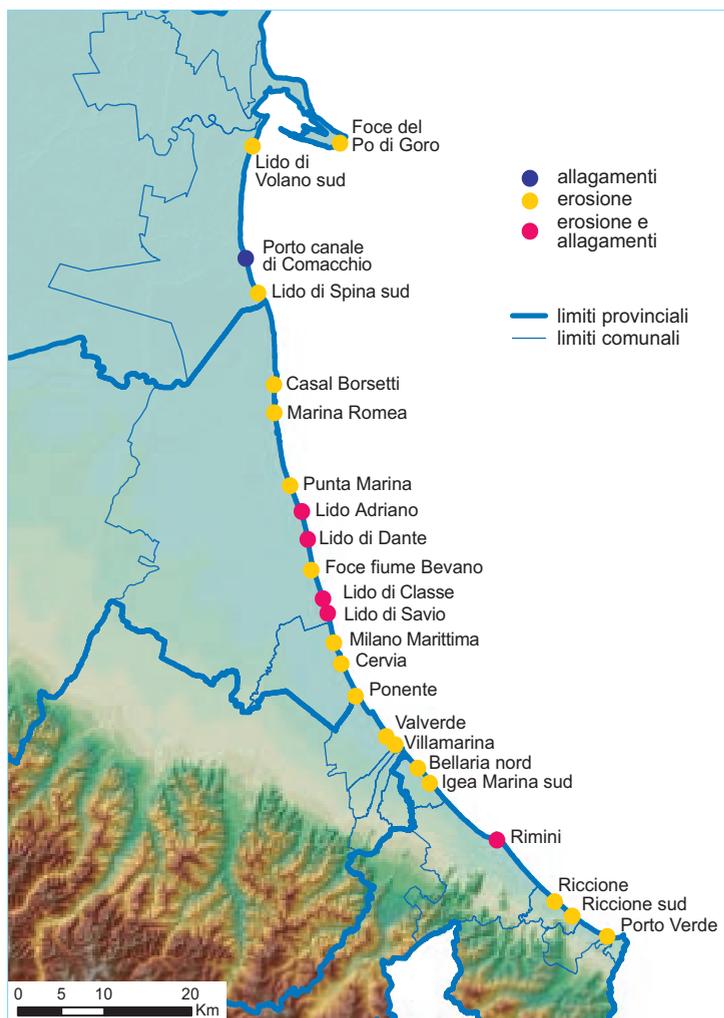
A seguito di questo evento la Regione Emilia-Romagna, così come le altre regioni colpite, hanno chiesto lo stato di calamità a seguito del quale è stata emessa l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3258/2002, che ha avuto come obiettivo principale la realizzazione dei primi interventi urgenti per fronteggiare gli eventi alluvionali e i dissesti idrogeologici che hanno interessato nei mesi di ottobre e novembre 2002, il territorio regionale. Per gli interventi lungo la costa sono stati stanziati circa un milione di euro.

A seguito di questo atto sono stati previsti anche interventi di bonifica degli arenili dai materiali spiaggiati e interventi di ripascimento di taluni punti critici della costa, per un totale di € 995.000.



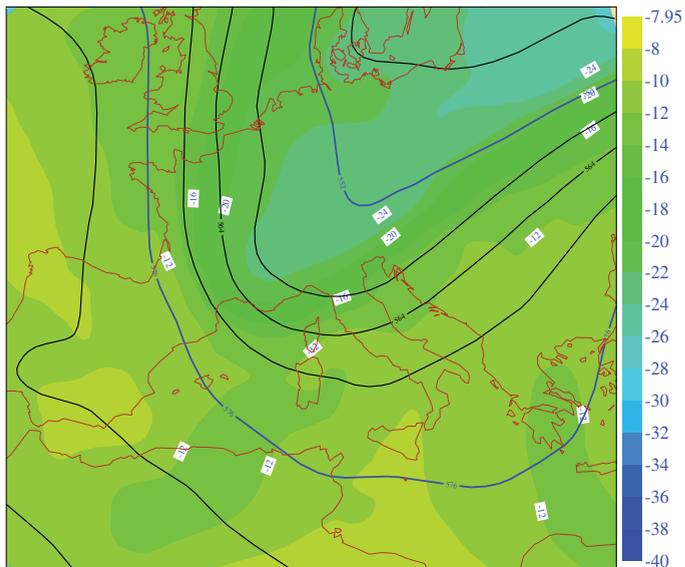
Stralcio della Carta del Piano dei primi interventi urgenti conseguenti agli eventi e dissesti idrogeologici nei mesi di ottobre e novembre 2002 – O.P.C.M. 3258/2002. Piano approvato il 04 febbraio 2003 (ARPCiv).

ESTENSIONE TERRITORIALE	Alto Adriatico
REGIONI ADRIATICHE INTERESSATE	Friuli-Venezia Giulia, Veneto, Emilia-Romagna, Marche, Abruzzo
LOCALITÀ COLPITE IN EMILIA-ROMAGNA	Intera costa regionale
FONTE DELLE INFORMAZIONI	Archivi: R.E-R, ARPCiv, ISPRA, DST-UniFe, DISTART-UniBo, quotidiani
TIPOLOGIA DELLE INFORMAZIONI	Rapporti tecnici (STB), Piano Interventi, Ordinanze e decreti, documentazioni fotografiche, relazioni universitarie, articoli di giornali
DATI METEOROLOGICI E ONDAMETRICI	Analisi ECMWF, Rete meteorologica nazionale A.M (messaggi METAR), Boa ondametrica di Ancona – RON (trasposta su ER)
DATI MAREOGRAFICI	Mareografo Porto Corsini - RMN
ELABORAZIONI	ARPA-SIMC
DATI TELERILEVATI	Rilievo LIDAR, Sistema Video Argus
CARTOGRAFIA	DSM; carte tematiche e profili altimetrici
ELABORAZIONI	SGSS, DST-UniFe

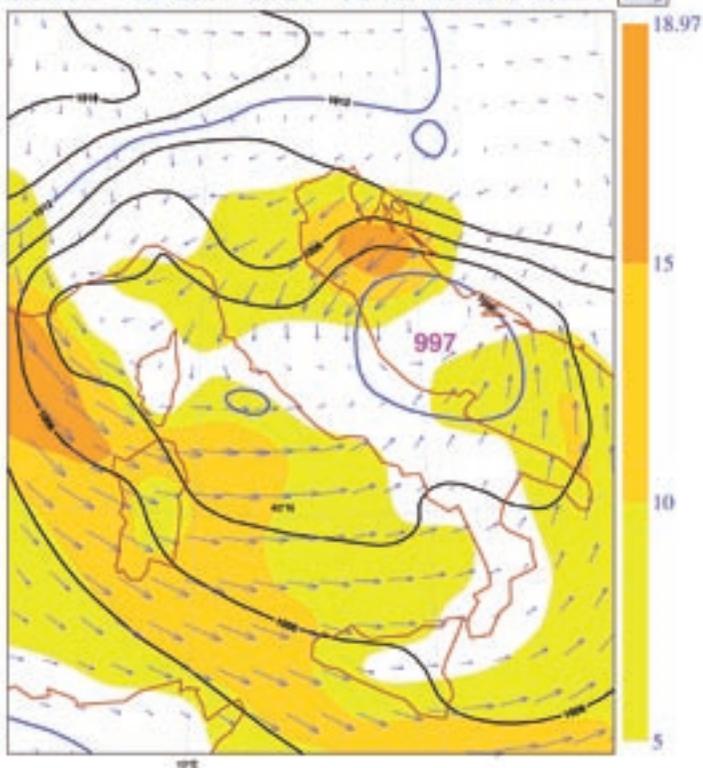


La costa con evidenziate le località colpite dall'evento.

ECMWF AN VT:Fri 2004-09-24 18UTC 500hPa T/ Z



ECMWF AN: 2004-09-24 18UTC Vento e MSLP



Situazione meteorologica nel momento di massima intensità del vento sull'alto Adriatico, 24/09/2004 alle ore 18.00 UTC. Il riquadro in alto mostra l'analisi dell'altezza del geopotenziale e la temperatura a 500 hPa, nel riquadro inferiore viene mostrata l'analisi della pressione al livello del suolo e il vento alla superficie. Il campo colorato mostra l'intensità del vento in m/s.

DESCRIZIONE DELL'EVENTO

La situazione meteorologica che ha determinato questo rapido e intenso evento è stata caratterizzata da una discesa di aria fredda in quota da nord che ha determinato forti condizioni d'instabilità e la conseguente formazione di una diffusa attività temporalesca sul triveneto e sull'alto Adriatico con conseguente rapida formazione di un piccolo minimo depressionario, molto intenso (997 hPa), associato al fronte temporalesco. La successiva discesa del minimo verso l'Adriatico centrale, avvenuta nel tardo pomeriggio, ha determinato un forte peggioramento del tempo sulla costa regionale con violenti temporali e forti raffiche di vento anche lungo il litorale e nel vicino entroterra. Da notare che questo evento presenta una scala spaziale relativamente ridotta e quindi la sua intensità potrebbe non essere rappresentato fedelmente dalle analisi meteorologiche ottimizzate per scale spaziali più grandi. Da osservare inoltre la velocità con cui si è sviluppato questo evento: meno di 6 ore.

Lungo tutta la fascia costiera della regione si sono verificate violente mareggiate, accompagnate dal fenomeno dell'acqua alta, che hanno provocato forte erosione dei litorali aumentando così la vulnerabilità della costa.

L'eccezionale intensità del moto ondoso ha provocato la perdita di vite umane nel ravennate. Ulteriori impatti sono stati: blocchi della circolazione stradale e ferroviaria, danni alle infrastrutture portuali e turistiche, il danneggiamento e l'affondamento di numerose imbarcazioni da diporto e di pescherecci, la tracimazione di canali, danneggiamenti al sistema fognario dei centri abitati, alla viabilità comunale e provinciale e alle linee elettriche e telefoniche.

Lungo tutto il litorale regionale si sono registrate interruzioni alla circolazione per la caduta di alberi e di cartelli pubblicitari.

CONDIZIONI METEO-MARINE

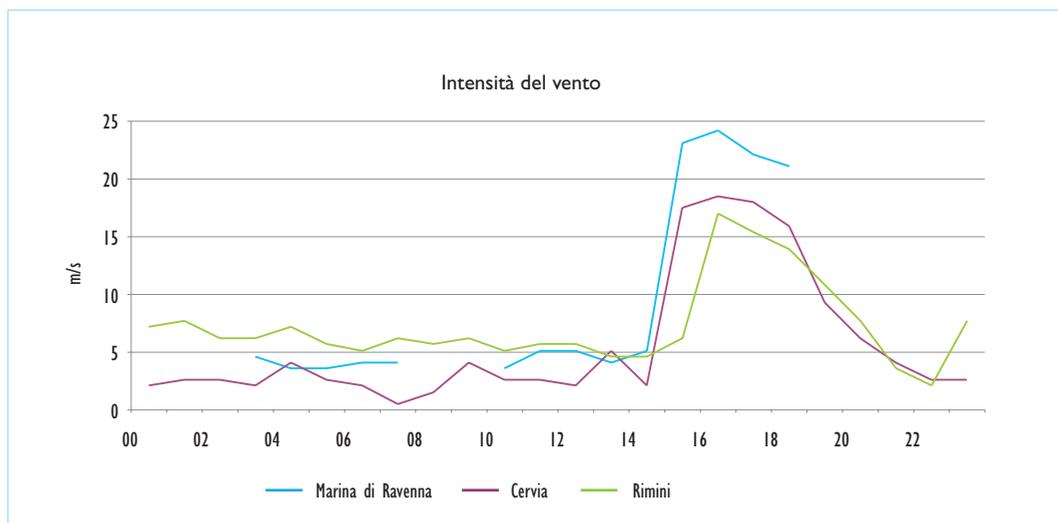
Nel corso del pomeriggio del 24 settembre si registra un rapido rinforzo dei venti nord orientali lungo la fascia costiera. L'intensità del vento raggiunge i 24 m/s con raffiche fino a 36 m/s nella stazione di Marina di Ravenna. La intensità del vento decresce rapidamente nella serata.

A questo rapido impulso è associato un aumento dell'altezza dell'onda incidente sulla costa e del livello del mare, che si mantengono simultaneamente al di sopra della soglia critica per un'ora (onda > 2 m e livello > 0,7 m).

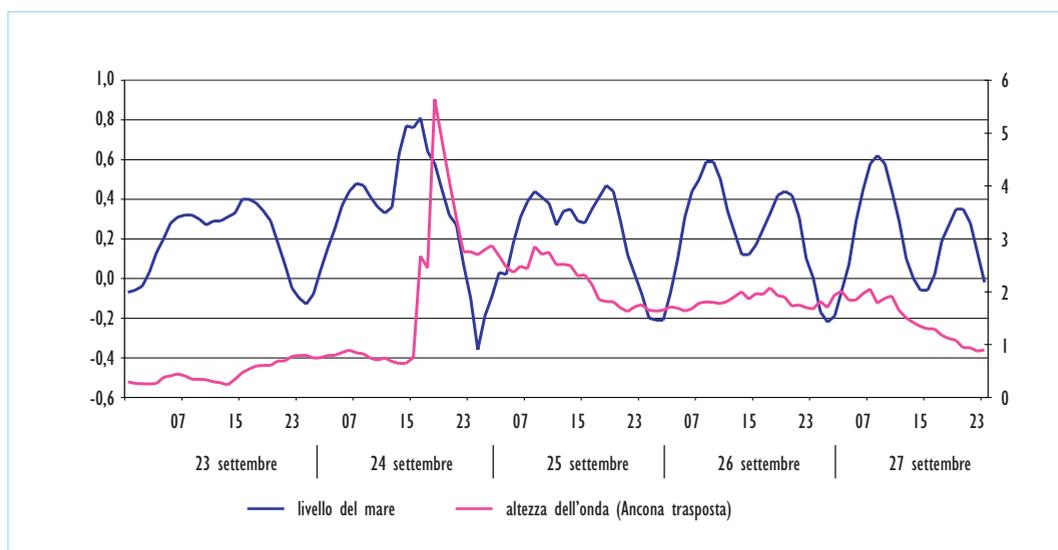
Il livello del mare supera il valore di riferimento di 0,8 m per una sola ora alle ore 17.00 del giorno 24 settembre, mentre le onde hanno superato il valore di riferimento (onda > 3 m) per un intervallo di 4 ore. La mareggiata presenta classe energetica 3.

Massima intensità del vento sul mare (dedotta da analisi ECMWF)	non significativa
Direzione del vento prevalente (dedotta da analisi ECMWF)	inizialmente un debole SW, poi repentino cambio ENE
Massima intensità del vento	24 m/s NE (stazione di Marina di Ravenna)
Massima velocità del vento (raffica)	36 m/s (stazione di Marina di Ravenna)
Massimo livello del mare	0,85 m (mareografo Porto Corsini - RMN)
Massima altezza e direzione dell'onda, classe energetica	5,6 m NE (Boa Ancona trasposta), classe 3
Durata dei valori superiori a soglia critica (onda > 2 m e livello > 0,7 m)	1 h

Tabella riassuntiva dell'evento meteorologico.



Intensità del vento (media degli ultimi 10 minuti di ogni ora) rilevata il 24 settembre 2004 dalle stazioni costiere dell'Emilia-Romagna



Altezza dell'onda stimata attraverso la trasposizione delle misure eseguite dalla Boa ondometrica di Ancona (linea rossa, asse a destra) e livello del mare (linea blu, asse di sinistra) misurato dal mareografo di Porto Corsini (RA) il 24 settembre 2004.

Costa Ferrarese

Il litorale ferrarese è stato colpito da fenomeni di forte erosione della spiaggia e della duna soprattutto in corrispondenza di Lido di Spina sud e di Lido di Volano sud, mentre, nell'area compresa tra Porto Garibaldi e Lido delle Nazioni, l'effetto è stato più contenuto grazie al recente apporto di sabbia tramite sabbiodotto.

Alcuni danni sono stati registrati alle opere di difesa della foce del Po di Goro, mentre lungo porto canale di Comacchio si sono verificati fenomeni di tracimazione.

La stima complessiva del fabbisogno di sabbia per il ripristino dei tratti erosi è stato valutato in circa 120.000 m³.

Costa Ravennate

Il ravennate è stato particolarmente colpito dall'evento con la perdita di due vite umane a Marina di Ravenna. Nonostante l'allertamento della Capitaneria di porto, due uomini sono stati colti di sorpresa dal repentino peggioramento del mare e sono stati travolti dall'onda sulla banchina di Porto Corsini.

Dal punto di vista morfologico si sono verificati forti processi di erosione della spiaggia e della duna in numerose località anche oggetto di recenti interventi di ripascimento (Casal Borsetti, Marina Romea, Punta Marina, Lido Adriano, Lido di Dante, Foce Bevano, Lido di Classe, Lido di Savio, Milano Marittima e Cervia).

L'ingressione marina in alcune strutture balneari e località turistiche ha causato pesanti danneggiamenti al verde pubblico, agli arredi urbani, al sistema fognario e alle attività commerciali.

La stima complessiva del fabbisogno di sabbia per il ripristino dei tratti erosi è stato valutato in circa 380.000 m³.

Costa Forlivese-Cesenate

Il litorale del comune di Cesenatico è stato interessato da un arretramento moderato della linea di riva ad eccezione delle località di Valverde, Villamarina e di Ponente Colonie dove l'erosione è stata marcata. La stima complessiva del fabbisogno di sabbia per il ripristino dei tratti erosi è stato valutato in circa 60.000 m³.



Lido di Spina, erosione della spiaggia.



Spina sud, erosione del litorale e arretramento del fronte dunale.



Lido di Dante, immagine Argus.

Costa Riminese

Il mare ha sommerso gran parte del litorale della città di Rimini lambendo i primi alberghi del settore a sud del porto. Nei quartieri a nord dei moli, invece, l'acqua si è fermata a pochi metri dalla strada. L'onda di marea ha raggiunto la quota di un metro nel porto canale provocandone la tracimazione; ciò ha comportato danni alla circolazione stradale.

Forti fenomeni erosivi si sono registrati lungo tutto il litorale della provincia, anche se le aree maggiormente colpite sono state il settore a sud di Igea Marina, quello a nord del porto di Bellaria, il tratto a nord del porto di Riccione, il settore meridionale dello stesso comune, e Porto Verde. La stima complessiva del fabbisogno di sabbia per il ripristino dei tratti erosi è stato valutato in circa 64.000 m³.



Valverde, erosione della spiaggia.

AZIONI E INTERVENTI

Come conseguenza della perdita di vite umane e dei numerosi danni al territorio e alle infrastrutture fu dichiarato lo stato di emergenza nel territorio della fascia costiera delle province di Ferrara, Ravenna, Forlì- Cesena e Rimini (DPCM 18-11-2004).

La Regione Emilia-Romagna, sulla base di specifiche valutazioni tecniche, ha approvato un primo stralcio di interventi atti ad assicurare la protezione di arenili, la sistemazione della foce di alcuni fiumi e la protezione di un nucleo abitato in località Lido di Savio. Per la realizzazione di tali interventi sono state stanziare risorse a carico del bilancio regionale e dei Comuni interessati.

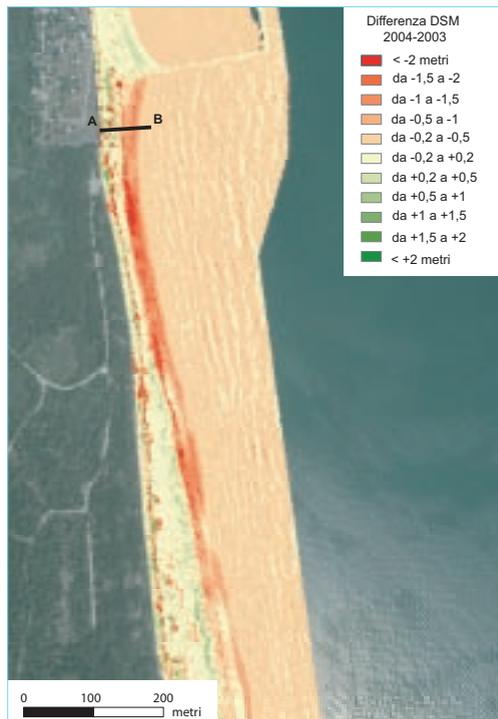
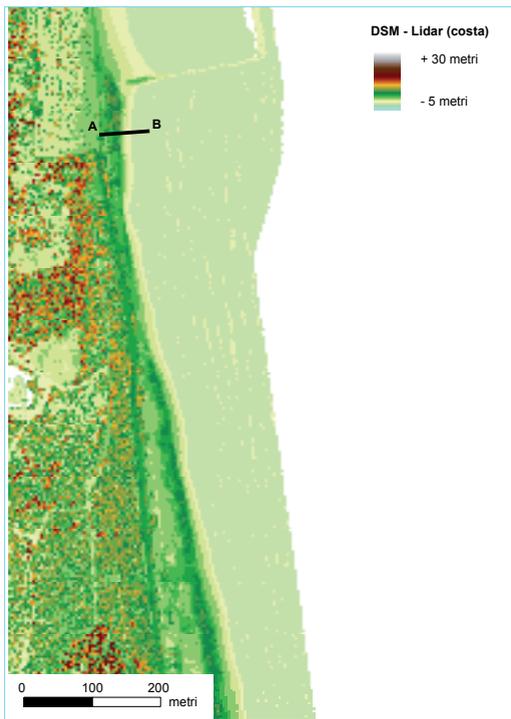
L'Agenzia Regionale Protezione Civile ha emanato il Primo stralcio del "Piano degli interventi straordinari di messa in sicurezza della fascia costiera" in data 06/04/2006, il Secondo stralcio, in data 20/06/2006, e infine, in data 12/12/2007, il Terzo stralcio del Piano di messa in sicurezza della costa. A tale data lo stato di attuazione dei lavori del Secondo stralcio risultava essere pari al 95%.

Tali provvedimenti hanno permesso la realizzazione di interventi di messa in sicurezza di alcuni tratti critici del litorale emiliano-romagnolo, mediante ripascimento con sabbie sottomarine: Misano Adriatico, Riccione, Bellaria Igea Marina, Rimini nord, Cesenatico nord, Milano Marittima, Lido di Dante, Punta Marina, Lido di Spina. Altre zone a priorità inferiore: Deposito di Foce Savio, Rimini nord, Savignano-San Mauro, Gatteo, Valverde di Cesenatico, Lido di Savio, Lido Adriano, Foce Lamone-Casal Borsetti, Lido degli Scacchi-Lido delle Nazioni.

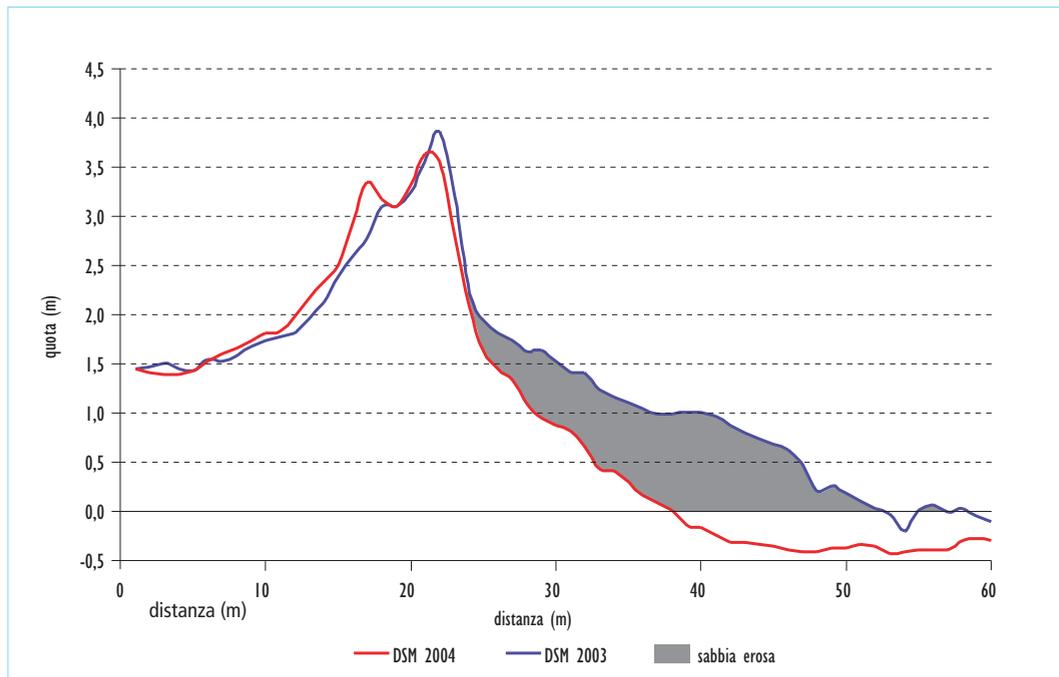
Sono stati effettuati inoltre numerosi interventi di manutenzione alle opere di difesa rigida delle seguenti località: Lido di Spina, Foce Lamone, Punta Marina, Lido Adriano, Lido di Dante, Lido di Savio, Milano Marittima nord, Valverde, Riccione sud, Misano Adriatico, Bellaria e Igea Marina.

DATI TELERILEVATI E CARTOGRAFIA

Due giorni dopo l'evento di mareggiata è stato realizzato il volo LIDAR lungo la costa emiliano-romagnola da Goro a Rimini. Il rilievo era già stato programmato in precedenza e non era quindi finalizzato al rilevamento degli impatti legati all'evento. Ciononostante, avendo a disposizione un precedente rilievo LIDAR, effettuato da Eni nel 2003, è stato possibile condurre analisi comparative tra i due dataset.



Lido di Dante sud. A sinistra: Modello Digitale di Superficie (DSM), LIDAR 2004; a destra: differenza DSM 2004-2003.



Differenza tra i rilievi LIDAR eseguiti nel 2003 (rilievo ENI) e nel 2004 (rilievo R.E-R) lungo il profilo (A-B) situato a sud di Lido di Dante; evidente l'arretramento del fronte della duna e l'abbassamento del profilo di spiaggia.

I principali risultati emersi dallo studio hanno evidenziato un generalizzato abbassamento della quota di spiaggia e, in alcuni casi, l'arretramento di alcuni metri del fronte dunare. Le situazioni erosive più gravi, ovvero quelle con abbassamenti superiori ai 30-40 cm della quota di spiaggia, sono le stesse segnalate dai Servizi tecnici regionali ed evidenziate nella mappa iniziale. Di particolare nota risultano le situazioni erosive di Lido di Spina sud, di Foce Lamone sud e Lido di Dante sud. In queste zone, attraverso la comparazione dei profili altimetrici estratti dai dati LIDAR, si sono osservati abbassamenti della quota di spiaggia superiori al metro e un forte arretramento del fronte duna.

Immagini Video Argus: 24 settembre 2004

L'immagine della figura 1 è stata scattata il 24 settembre durante l'apice della mareggiata; risulta poco nitida a causa delle gocce di pioggia sulla lente della fotocamera. Si può comunque osservare che come l'acqua marina abbia superato il pennello, raggiungendo la recinzione del campeggio e le dune (*overwash*, sfondamento - *breaching* ed erosione frontale).

Un altro temporale colpì il paraggio il 26 settembre (figura 2): fu meno intenso, ma durante l'evento l'acqua del mare raggiunse e scavalcò il limite verso terra del pennello provocando un ulteriore scalzamento dello stesso nella parte verso costa.



Figura 1 - Immagine istantanea obliqua del 24 settembre, ore 15.00 GMT.



Figura 2 - Immagine istantanea obliqua del 26 settembre, ore 09.00 GMT.

Barre sommerse

Prima della mareggiata la barra esterna era ritmica, terminato l'evento la barra esterna è rimasta ritmica fino a 700 m a sud del pennello (figura 3) mentre è diventata lineare nella zona centrale e in quella a sud, compresa tra i 1.100 m e i 1.700 m dal pennello (vedi parte destra dell'immagine).



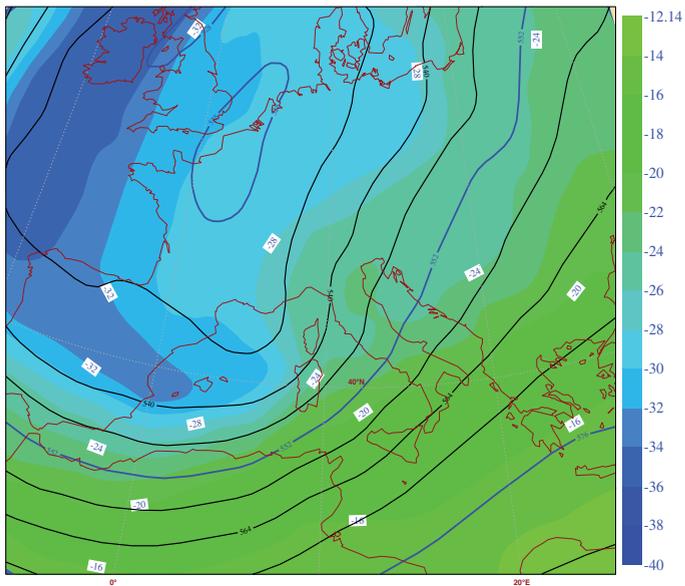
Figura 3 - Immagine del 27 settembre, ore 15.00 GMT.

ESTENSIONE TERRITORIALE	Nazionale
REGIONI ADRIATICHE INTERESSATE	Friuli-Venezia Giulia, Veneto, Emilia-Romagna, Marche, Abruzzo, Molise, Puglia
LOCALITÀ COLPITE IN EMILIA-ROMAGNA	Intera costa regionale
FONTE DELLE INFORMAZIONI	Archivi: R.E-R, DST-UniFe, quotidiani
TIPOLOGIA DELLE INFORMAZIONI	Rapporti tecnici (STB), documentazioni fotografiche, articoli di giornali
DATI METEOROLOGICI E ONDAMETRICI	Analisi ECMWF, Rete meteorologica nazionale (A.M.), Rete regionale RIRER (messaggi METAR), Boa ondametrica Nausicaa (RIRER)
DATI MAREOGRAFICI	Mareografi Porto Corsini (RA) - RMN e Punta della Salute (VE) - RMLV
ELABORAZIONI	ARPA-SIMC
DATI TELERILEVATI	Sistema Video Argus
CARTOGRAFIA	n.d.
ELABORAZIONI	DST- UniFe



La costa con evidenziate le località colpite dall'evento.

ECMWF AN VT:Mon 2008-12-01 00UTC 500hPa T/ Z



DESCRIZIONE DELL'EVENTO

L'evento include tre episodi che hanno colpito il litorale regionale in un brevissimo intervallo di tempo, impedendo così al sistema costiero di recuperare il proprio equilibrio.

Dal punto di vista meteorologico il mese di novembre è stato caratterizzato da condizioni meteorologiche perturbate con persistenti flussi atlantici sul Mediterraneo. La prima metà di dicembre risulta caratterizzata da prevalenza in quota di forti correnti sud-occidentali umide.

Il **30 Novembre** si assiste al rapido sviluppo di un ciclone (con minimo di pressione di circa 990 hPa) sottovento sul Golfo del Leone che portandosi nelle ore successive verso il Golfo di Genova produrrà un'ulteriore intensificazione della ventilazione su tutto il Tirreno da SSO e sull'Adriatico, a prevalente componente SSE.

Il **1 dicembre** il litorale regionale è stato oggetto di un evento meteorologico di forte rilevanza per l'intensità del vento e del moto ondoso e, soprattutto, per la persistente acqua alta. Alle ore 10.45 il mareografo di Punta della Salute di Venezia ha registrato una marea di 160 cm, valore che si colloca al 4° posto della serie storica degli ultimi 81 anni di osservazione; a Porto Corsini, invece, si è raggiunto un livello massimo di 97 cm. Il fenomeno è dovuto al persistente vento di scirocco proveniente da SE che ha interessato l'intero Adriatico a partire dalla mezzanotte, raggiungendo un'intensità del vento sul mare di 18 m/s (valori stimati da analisi ECMWF). Questi venti hanno prodotto onde sottocosta alte fino a 1,5 m (dati registrati dalla Boa ondometrica Nausicaa di Cesenatico) che hanno duramente colpito i litorali e le infrastrutture. L'evento è proseguito con intensità decrescente fino al 3 dicembre.

Un nuovo episodio di mareggiate si è verificato dal **10 al 13 dicembre**, con livelli di acqua alta leggermente inferiori al primo. Questo evento è stato caratterizzato, tuttavia, da moto ondoso più intenso con vento da ESE e onde sotto costa fino ai 2 metri.

Il terzo episodio, registrato il **15 dicembre**, è stato caratterizzato da valori di acqua alta di 90 cm, con vento da SE e onde di altezza attorno a 1,5 metri.

Tutto il litorale regionale è stato duramente colpito dal susseguirsi degli eventi che hanno causato forte erosione dei litorali, con ingenti perdite di sabbia e un conseguente aumento della vulnerabilità all'ingressione marina e alla inondazione delle località turistiche. Peculiarità dell'evento è stata la ricorrenza molto ravvicinata dei 3 episodi e la loro durata che hanno avuto effetti molto negativi sulla nostra costa. La vulnerabilità della costa risulta infatti amplificata dalla durata degli eventi.

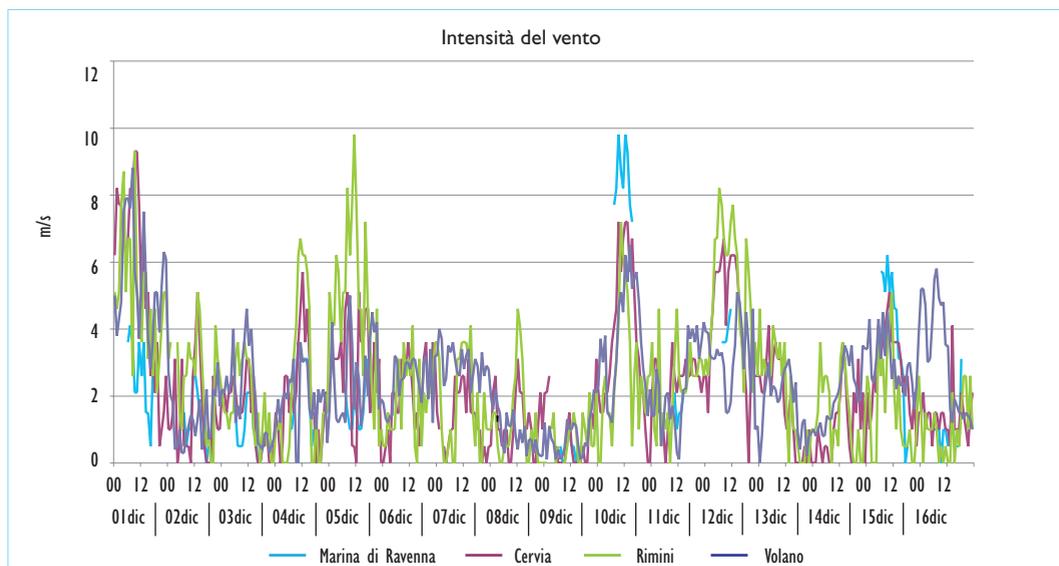
CONDIZIONI METEO-MARINE

Persistenti venti sud orientali hanno ripetutamente interessato il litorale regionale con intensità superiore a 6 m/s nelle giornate del 1, 10 e 12 dicembre. Intensità minori sono state osservate il 15 dicembre. La intensità del vento osservata simultaneamente nelle stazioni di Punta Marina e Rimini, ha raggiunto 9.8 m/s da SSE, con raffiche fino a 17 m/s.

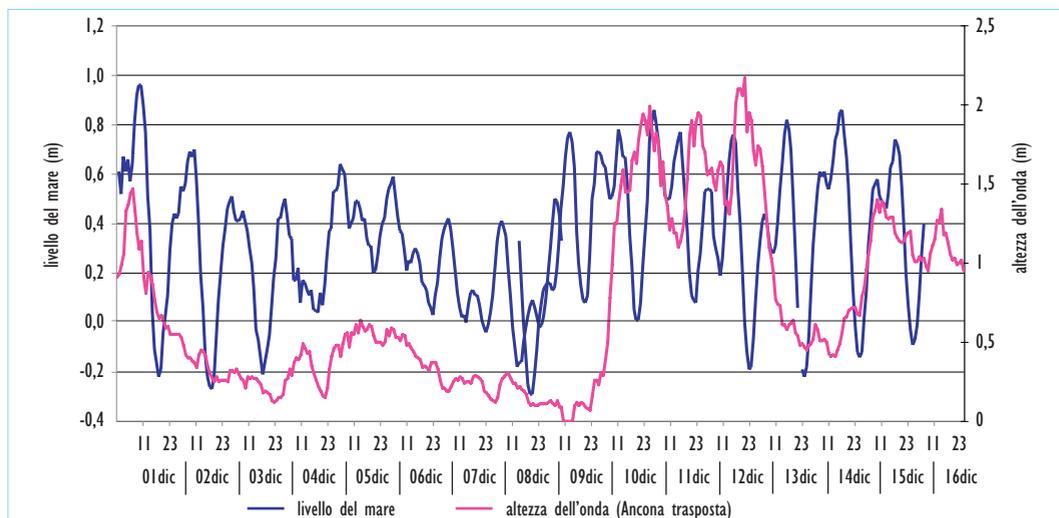
La Boa ondometrica Nausicaa, situata al largo di Cesenatico, ha registrato valori superiori al valore di riferimento di 0,8 m per un periodo complessivo di 11 ore, mentre non è mai stata osservata la presenza simultanea di onda e livello del mare superiore alle soglie critiche (onda > 2 m e livello > 0,7 m) o di onde superiori al valore di riferimento di 3 m. La classe energetica della mareggiata è I. Come si nota dalla figura l'elemento che ha caratterizzato l'evento è la persistenza per più giorni di acqua alta combinata in più occasioni con condizioni di mare mosso.

Massima intensità del vento sul mare (dedotta da analisi ECMWF)	18 m/s
Direzione del vento prevalente (dedotta da analisi ECMWF)	SSE lungo la costa e su alto e medio Adriatico
Massima intensità del vento	9,8 m/s SSE (stazioni di Rimini e Marina di Ravenna)
Massima velocità del vento (raffica)	17,5 m/s (stazioni di Rimini e Marina di Ravenna)
Massimo livello del mare	0,97 m (mareografo Porto Corsini - RMN)
Massima altezza e direzione dell'onda, classe energetica	2,2 m NNE (boa Nausicaa), classe energetica I
Durata dei valori superiori a valore di riferimento (livello del mare > 0,8 m)	11 h

Tabella riassuntiva dell'evento meteorologico.



Intensità del vento (media degli ultimi 10 minuti di ogni ora) rilevata dal 12 al 16 dicembre 2008 dalle stazioni costiere dell'Emilia-Romagna.



Altezza dell'onda misurata dalla Boa ondometrica di Cesenatico (linea rossa, asse a destra) e livello del mare (linea blu, asse di sinistra) misurato dal mareografo di Porto Corsini (RA) dal 12 al 16 dicembre 2008.

Costa Ferrarese

Il litorale ferrarese è stato interessato da una persistente acqua alta con valori di *run up* (risalita sulla spiaggia) superiori a 1,5 m. Ciò ha comportato la formazione di gradini di erosione diffusi nella parte alta della spiaggia con dislivelli fino a 2 m. Localmente sono stati segnalati abbassamenti della quota di spiaggia di oltre 1 m. A Lido di Volano e a Lido di Spina alcuni stabilimenti balneari sono stati allagati e/o sono stati danneggiati a causa dell'erosione della spiaggia circostante. La mareggiata ha lambito l'argine di difesa dell'abitato di Lido di Volano e della pineta di Volano nord.

A Lido delle Nazioni l'evento ha causato lo smantellamento quasi completo degli argini invernali messi in opera dal Comune di Comacchio e dai gestori degli stabilimenti. L'argine di difesa dell'abitato del Lido di Spina è stato drasticamente eroso provocando un rischio imminente di ingressione diretta del mare nel lago di Spina e da qui all'abitato di Spina.

Si è verificata la tracimazione dei moli del porto canale di Porto Garibaldi, una filtrazione nel muretto del porto canale sotto il ponte della SS Romea lato Lido degli Estensi, con allagamento e chiusura della strada.

Il Porto di Goro è stato allagato e molte difese sono risultate danneggiate.

La perdita di sabbia stimata è stata di circa 140.000 m³.

Costa Ravennate

Il litorale ravennate è stato intensamente colpito dalla mareggiata soprattutto nelle località di Casal Borsetti, Foce Lamone, Punta Marina, Lido Adriano, Lido di Dante, Foce Bevano, Lido di Savio e Milano Marittima.

I principali impatti sono stati gli allagamenti degli stabilimenti balneari, soprattutto nei tratti privi di duna invernale, e la forte erosione della spiaggia e della duna, dove esistente. La duna invernale è stata particolarmente intaccata, o completamente erosa in occorrenza del secondo e del terzo episodio di mareggiata della serie.



Lido di Spina sud, Bagno Jamaica (15 dicembre 2008).



Lido di Volano nord, ingressione marina.



Lido di Volano sud, difese in pali dell'abitato di Lido di Volano. La duna argine in sabbia che ricopriva la dorsale longitudinale in pali è completamente scomparsa.

A Milano Marittima si è registrata una forte asportazione di sabbia portata a ripascimento nel 2007.

La perdita complessiva di sabbia è stata stimata in circa 90.000 m³.

Costa Forlivese-Cesenate

Il litorale del comune di Cesenatico ha subito un accentuato arretramento della linea di riva (fino a 40 m), e abbassamenti della quota di spiaggia fino a 50 cm. Queste evidenze sono state registrate soprattutto nei punti critici quali Valverde, Villamarina, Zadina e Ponente Colonie, tutti tratti interessati dall'intervento di ripascimento con sabbie sottomarine del 2007 e da successivi apporti di sedimento di minore entità. Alcune zone hanno subito la quasi totale asportazione del sedimento riversato.

Per quanto riguarda i litorali dei comuni di Gatteo e San Mauro Pascoli, si è registrato un sensibile arretramento della linea di riva; la perdita di sabbia è stata stimata in circa 50.000 m³.

Costa Riminese

La linea di riva ha subito un generale arretramento intorno ai 20 m con alcune punte di erosione nella zona nord di Bellaria e nelle spiagge adiacenti Portoverde in comune di Misano Adriatico.

La quota della spiaggia emersa ha subito un abbassamento variabile da 30 cm a 130 cm circa con conseguente formazione di gradini di erosione.

I tratti che hanno subito i danni maggiori sono: Bellaria, Igea Marina, Torre Pedrera, Viserbella, Riccione Alba, Riccione sud e Misano Adriatico, con particolare riferimento al tratto al confine con Riccione e a quello a sud di Portoverde.

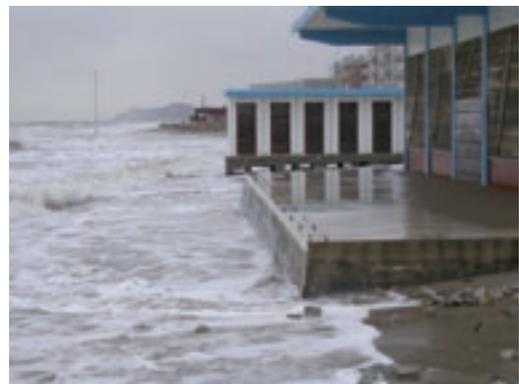
La perdita di sabbia è stata stimata in circa 157.000 m³.



Punta Marina, Bagno Mirella.



Milano Marittima nord, Bagno Biondi Beach.



Valverde (Cesenatico), Bagno Matteo: ingressione marina.

AZIONI E INTERVENTI

In molti casi sono state attivate le procedure di emergenza: a Goro, si è resa necessaria la chiusura con panconi delle porte di accesso ai porti (due a Goro e una a Gorino). Il STB Po di Volano e della Costa ha eseguito le manovre per aprire/chudere le paratie delle chiaviche di Valle Molino al fine di regolare il livello nella valle ed evitare l'allagamento della SS Romea.

In alcuni casi sono stati effettuati interventi tampone quali:

- un pronto intervento per una infiltrazione dal muro perimetrale del porto di Gorino che stava allagando le abitazioni circostanti;
- il 15 dicembre, per evitare la tracimazione dell'Ancona di Bellocchio all'altezza del Camping Spina, è stato eseguito un innalzamento dell'argine di difesa a mare dell'abitato di Lido di Spina utilizzando sacchetti di sabbia;
- a Porto Garibaldi, a causa di una infiltrazione nel muretto del porto, il Comune ha attuato un pronto intervento con sacchetti di sabbia e pompe;
- a Valle Molino si è verificata una tracimazione sul lato NE in corrispondenza di un argine provvisorio per lavori in corso da parte del Consorzio di Bonifica Il Circondario. Si è resa necessaria la chiusura della strada Collinara e un pronto intervento di chiusura della falla con pietrame e terra.

Con nota n. 304758 del 18 dicembre è stato autorizzato dall'Assessorato regionale un intervento di somma urgenza per un valore pari a € 90.000, destinati al rinforzo degli argini di difesa a mare nei tratti più critici di Lido Volano nord e Lido Spina sud.

Nuovi ripascimenti sono stati attuati nelle aree più colpite.

DATI TELERILEVATI E CARTOGRAFIA

Immagini Argus: 1-3 dicembre 2008

Immagini oblique

La mareggiata è stata molto forte soprattutto a causa dell'altezza elevata delle onde (figura 1) che hanno intaccato le dune e le infrastrutture. Le condizioni del mare si sono ristabilite tra i giorni 2 e 3 dicembre (figure 2 e 3).



Figura 1 - Immagine istantanea obliqua del 1 dicembre, 08.00 GMT.



Figura 2 - Immagine istantanea obliqua del 2 dicembre, 10.00 GMT.



Figura 3 - Immagine istantanea obliqua del 3 dicembre, 11.00 GMT.

Barre sommerse

Non sono disponibili immagini nitide per l'analisi della barre sommerse.

Immagini Argus: 10-15 dicembre 2008

Immagini oblique

La mareggiata è stata molto forte e ha interessato le dune e le infrastrutture (figure 4, 5 e 6) durante tutto l'evento.



Figura 4 - Immagine istantanea obliqua del 10 dicembre, 11.00 GMT.



Figura 5 - Immagine istantanea obliqua del 11 dicembre, 08.00 GMT.

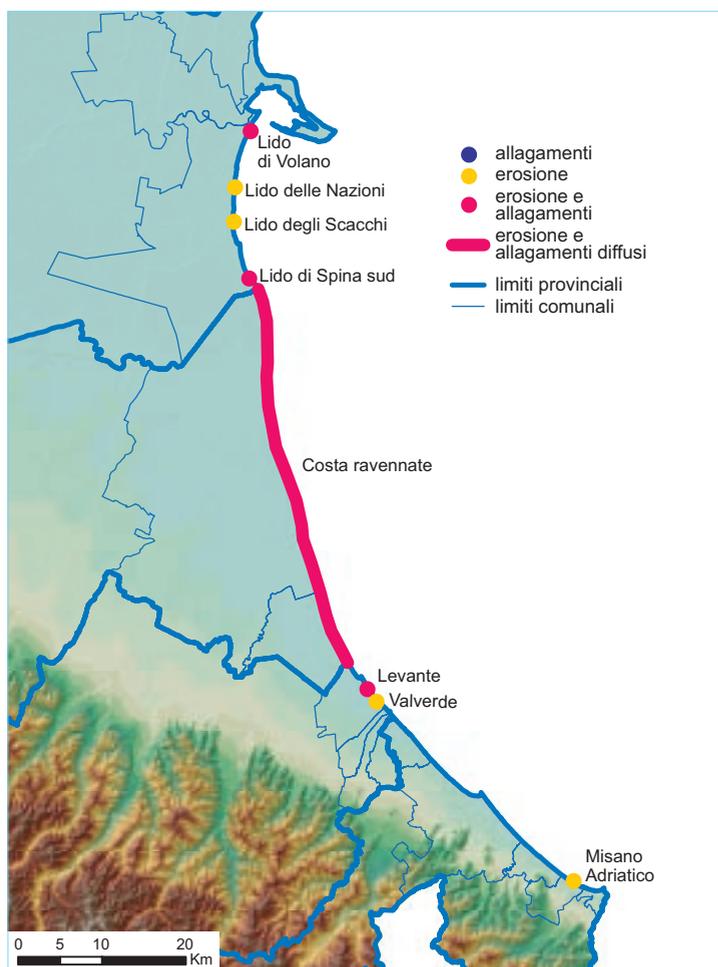


Figura 6 - Immagine istantanea obliqua del 12 dicembre, 08.00 GMT.

Barre sommerse

Purtroppo l'eccessiva energia del moto ondoso non ha permesso l'estrazione di immagini nitide, utilizzabili per l'analisi delle barre sommerse.

ESTENSIONE TERRITORIALE	Nazionale
REGIONI ADRIATICHE INTERESSATE	Friuli-Venezia Giulia, Veneto, Emilia-Romagna, Marche, Abruzzo
LOCALITÀ COLPITE IN EMILIA-ROMAGNA	Intera costa regionale
FONTE DELLE INFORMAZIONI	Archivi: R.E-R, ARPCiv, ISPRA, Provincia di Ferrara, DST-UniFe, quotidiani
TIPOLOGIA DELLE INFORMAZIONI	Rapporti tecnici (STB), Giornale eventi - ARPCiv, documentazioni fotografiche, articoli di giornali
DATI METEOROLOGICI E ONDAMETRICI	Analisi ECMWF, Rete Meteorologica Nazionale (A.M.), Rete regionale RIRER (messaggi METAR), Modello ondametrico (SWAN-ER)
DATI MAREOGRAFICI	Mareografo Porto Corsini - RMN, mareografo Porto Garibaldi - Provincia Ferrara
ELABORAZIONI	ARPA-SIMC
DATI TELERILEVATI	Sistema Video Argus
CARTOGRAFIA	n.d.
ELABORAZIONI	DST- UniFe



La costa con evidenziate le località colpite dall'evento.

DESCRIZIONE DELL'EVENTO

Questo evento si è sviluppato in un periodo con condizioni meteorologiche dominate da flussi atlantici sul Mediterraneo. In particolare l'ingresso di una modesta onda ciclonica in quota ha favorito la formazione di una depressione sul Mediterraneo occidentale che nel suo rapido movimento verso la Sardegna è andata ad interessare il territorio italiano, determinando venti forti da sud sud-est lungo tutto l'Adriatico. Nella giornata del 27 aprile i venti da sud-est tendono ad interessare maggiormente la costa regionale. Il minimo al suolo ha raggiunto la sua massima intensità ad ovest della Corsica nelle ultime ore del 27/04 con una pressione minima di poco al di sotto dei 1000 hPa.

Questa mareggiata è avvenuta a seguito di altri eventi energetici, di marzo 2009 e di dicembre 2008, che avevano già messo in crisi i litorali con l'abbassamento delle quote di spiaggia e la formazione di *gradini* di erosione. I danni complessivi sono risultati molto rilevanti. I gradini di erosione, ubicati nella parte alta della spiaggia, sono apparsi irreversibili e recuperabili solo attraverso ripascimento artificiale.

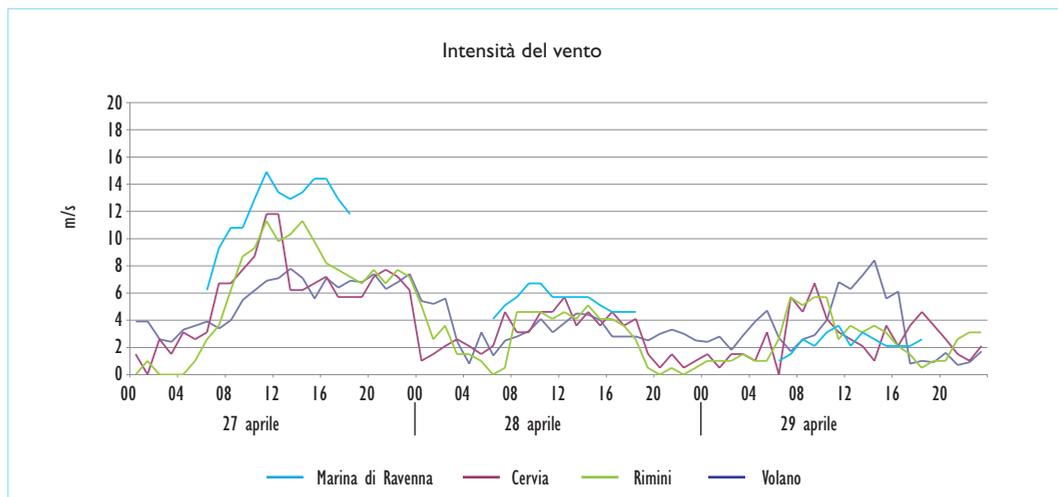
CONDIZIONI METEO-MARINE

Il 27 aprile si osserva un temporaneo rinforzo dei venti sulla costa della regione dove si osservano venti sud orientali che raggiungono la massima intensità (15 m/s con raffiche fino a 20 m/s) nelle ore centrali del 27 aprile nella stazione di Punta Marina. L'intensità del vento decresce rapidamente nelle giornate successive.

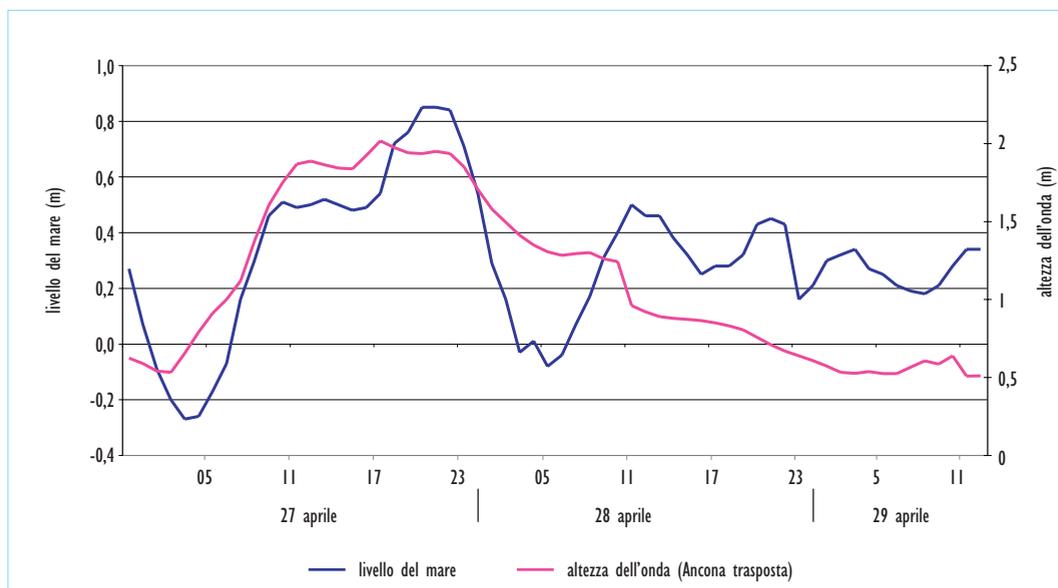
Il livello del mare si mantiene per sole tre ore, dalle ore 20.00 alle ore 23.00 del 27 aprile, al di sopra della soglia di riferimento di 0,8 m raggiungendo un livello del mare massimo di 0,9 m nelle ore serali del 27. In questo periodo non sono disponibili i dati della boa ondometrica di Cesenatico a causa di interventi di manutenzione. L'altezza dell'onda stimata dal modello ondometrico ha raggiunto il valore massimo di 2 m da est sud est (ESE) Classe energetica 2, nella parte settentrionale della regione, 1,2 m con provenienza est (E) in quella meridionale.

Massima intensità del vento sul mare (dedotta da analisi ECMWF)	17 m/s
Direzione del vento prevalente (dedotta da analisi ECMWF)	SE lungo la costa e SSE su alto e medio Adriatico
Massima intensità del vento	15 m/s da SE (stazione di Marina di Ravenna)
Massima velocità del vento (raffica)	20 m/s (stazione di Marina di Ravenna)
Massimo livello del mare	0,85 m (mareografo Porto Corsini - RMN)
Massima altezza e direzione dell'onda, classe energetica	2,0 m ESE (stima modello SWAN-ER), classe 2
Durata dei valori superiori a soglia critica (onda > 2 m e livello > 0,7 m)	0 h

Tabella riassuntiva dell'evento meteorologico.



Intensità del vento (media degli ultimi 10 minuti di ogni ora) rilevata dal 27 al 29 aprile 2009 dalle stazioni costiere dell'Emilia-Romagna.



Altezza dell'onda stimata dal modello ondametrico SWAN-ER (linea rossa, asse a destra) e livello del mare (linea blu, asse di sinistra) misurato dal mareografo di Porto Corsini (RA) dal 27 al 29 aprile 2009.

Costa Ferrarese

I rilievi speditivi eseguiti il 28 aprile hanno evidenziato un valore massimo di risalita del livello del mare di 1,35 m a Lido di Volano e di 1,20 m a Lido di Spina sud. Le misure sono state effettuate sulla base di punti di controllo collegati alla rete Arpa, e posti in corrispondenza di alcuni stabilimenti balneari, come per esempio il Bagno Isa. Molte di queste strutture sono state allagate soprattutto a Lido di Volano, dove il mare ha raggiunto l'argine retrostante i bagni, e a Lido di Spina sud.

A Lido di Volano si sono registrati abbassamenti della quota di spiaggia fino a 0,5 m, le altre località colpite sono state: Lido delle Nazioni centro-nord, Lido degli Scacchi e Lido di Spina sud.

È stata stimata una perdita di sedimento per erosione pari a 42.000 m³.

Costa Ravennate

Numerosi danni sono stati rilevati lungo tutto il litorale, anche nei lidi solitamente immuni da fenomeni di allagamento ed erosione, come Porto Corsini e Marina di Ravenna. L'acqua ha eroso porzioni di spiaggia, invaso l'interno di molti stabilimenti balneari e, in alcuni casi, come a Lido di Savio, li ha oltrepassati arrivando fino in strada.

Costa Forlivese-Cesenate

L'acqua in molte zone è penetrata all'interno delle strutture procurando danni e erodendo notevoli quantità di sabbia. A Levante, dove era stato effettuato da poco tempo un grosso intervento di ripascimento, la mareggiata ha completamente vanificato l'opera, allagando le cabine e danneggiando attrezzature e arredi. Nella zona turistica "Valverde I", dove la Regione aveva effettuato un intervento di ripascimento per oltre 40.000 m³ di sabbia, l'arenile è stato fortemente eroso così come nel centro di Valverde dove la battaglia è stata ridotta di diversi metri. Nel Porto Canale è affondato un peschereccio.

Costa Riminese

Il Comune di Misano Adriatico ha segnalato forti fenomeni erosivi che hanno messo in serio pericolo le strutture balneari.

Sono risultati particolarmente colpiti i tratti di litorale al confine con il comune di Riccione.



Lido di Volano, allagamenti.



Lido delle Nazioni, forte erosione della spiaggia.



Marina di Ravenna, allagamenti di stabilimenti balneari.
(http://ravennanotizie.it/main/index.php?id_pag=23&id_blog_post=26359)

AZIONI E INTERVENTI

Sono stati attuati interventi di ripascimento in somma urgenza nei lidi ferraresi, tramite sabbiodotto.

Nelle zone soggette ad allagamento si sono resi necessari numerosi interventi dei Vigili del Fuoco. Successivamente all'evento sono stati pianificati interventi di ripascimento e di ripristino delle opere di difesa danneggiate.

DATI TELERILEVATI E CARTOGRAFIA

Dalle immagini Argus si evince che le onde hanno iniziato a diventare significative verso il tardo pomeriggio del 26 aprile (figura 1). La risalita del mare, tuttavia, non aveva ancora interessato la parte più alta della spiaggia, il muro del campeggio nella zona protetta dalla barriera soffolta e le dune nella parte naturale. Il giorno successivo, 27 aprile, la mareggiata si è intensificata e le onde hanno ricoperto completamente la spiaggia non protetta e intaccato le dune (figura 2). L'immagine è sfuocata perché la pioggia ha bagnato la lente della telecamera.



Figura 1 - Snapshot di Argus; immagine obliqua del 26 aprile 2009, 16.00 GMT.



Figura 2 - Timex di Argus, immagine obliqua del 27 aprile 2009, 16.00 GMT.



Figura 3 - Snapshot di Argus, immagine obliqua del 28 aprile 2009, 13.00 GMT.



Figura 4 - Snapshot di Argus, immagine obliqua del 29 aprile 2009, 14.00 GMT.

Il 28 aprile la situazione è ulteriormente peggiorata (figura 3). Si noti come, nella zona protetta, la linea di massima risalita dell'acqua abbia raggiunto il muro del campeggio. L'area naturale è stata completamente coperta dal mare e si sono verificati fenomeni di scavalco e inondazione del retro spiaggia.

Nel pomeriggio del 28 aprile il mare ha cominciato a calmarsi fino ad appiattirsi il giorno successivo (figura 4).

Le barre sommersa esterna all'inizio della mareggiata aveva una forma lievemente ritmica, quasi rettilinea, con un andamento a festoni. Le due forme ritmiche sono osservabili al centro e nell'area più a lontana dal pennello (zona sud, a destra dell'immagine). La barra interna è invece rettilinea (immagine ortogonale, figura 5).

Durante la mareggiata, l'eccessiva quantità di schiuma nella zona dei frangenti ha mascherato il reale andamento delle barre (figura 6): si può notare come tutta la zona del *surf* sia bianca e che la barra interna sia diventata tutt'uno con la spiaggia.

Poche ore dopo l'evento, la barra esterna è tornata chiaramente visibile e sembra essere stata solo in parte rettificata dall'evento di mareggiata (figura 7). Ha assunto un andamento quasi lineare con una lieve festonatura solo nella parte più a sud. La barra interna è anch'essa rettilinea, ma la sua forma si confonde con la frangenza sulla spiaggia.

La barra interna è visibile anche il giorno successivo, il 29 aprile, quando le onde sono quasi scomparse e frangono solo vicino alla battigia (figura 8). Essa appare rettilinea e nella parte più vicina al pennello, dove la risoluzione delle immagini è migliore, si osservano delle morfologie tipo *ridge and runnel*.



Figura 5 - Planview timex di Argus, immagine del 26 aprile 2009, 10.00 GMT.



Figura 6 - Planview timex di Argus, immagine del 28 aprile 2009, 14.00 GMT.

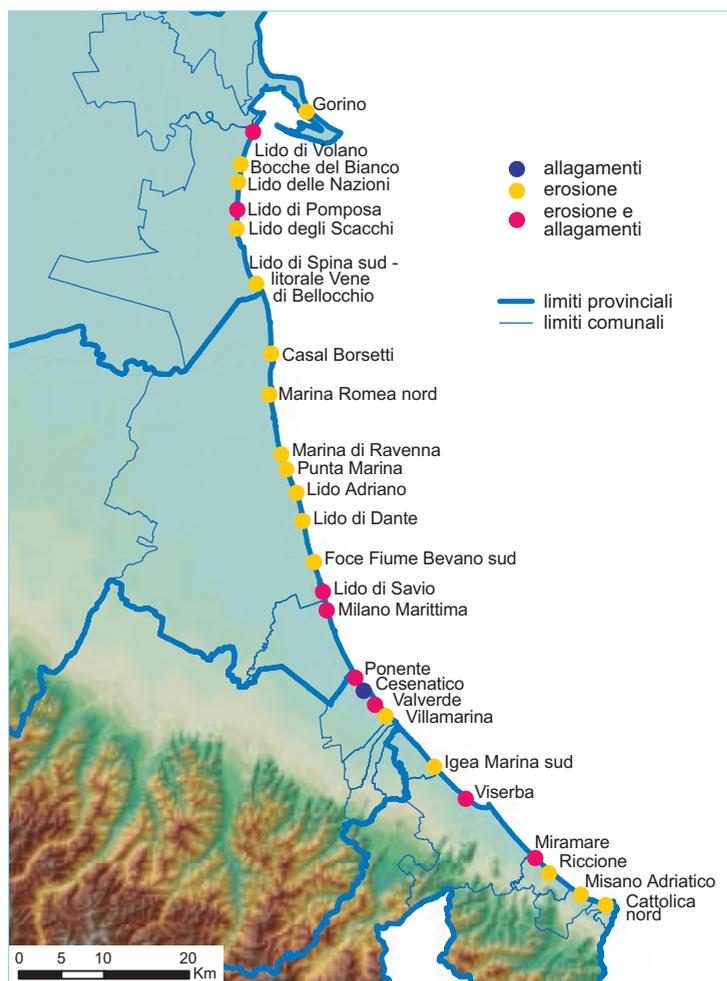


Figura 7 - Planview timex di Argus, immagine del 28 aprile 2009, 17.00 GMT.



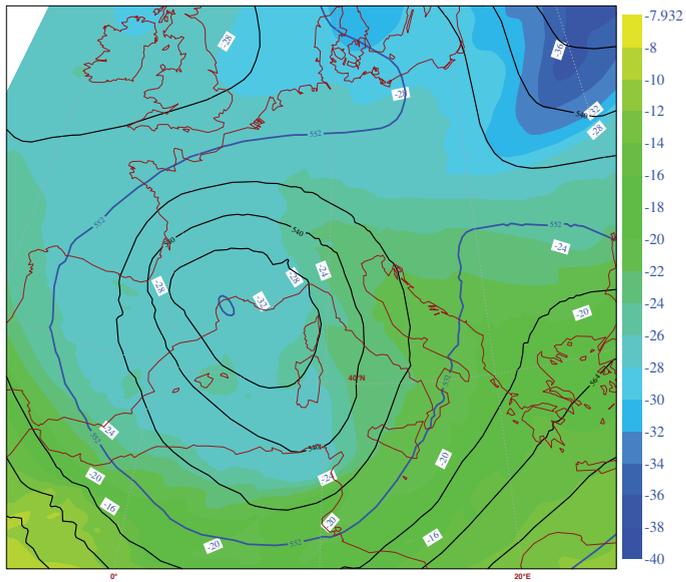
Figura 8 - Planview timex di Argus, immagine del 29 aprile 2009, 14.00 GMT.

ESTENSIONE TERRITORIALE	Nazionale
REGIONI ADRIATICHE INTERESSATE	Friuli-Venezia Giulia, Veneto, Emilia-Romagna, Marche
LOCALITÀ COLPITE IN EMILIA-ROMAGNA	Intera costa regionale
FONTE DELLE INFORMAZIONI	Archivi: R.E-R, ARPCiv, ISPRA, Provincia di Ferrara, quotidiani
TIPOLOGIA DELLE INFORMAZIONI	Rapporti tecnici (STB), Giornale eventi - ARPCiv, documentazioni fotografiche, articoli di giornali
DATI METEOROLOGICI E ONDAMETRICI	Analisi ECMWF, Rete meteorologica nazionale (A.M.), Rete regionale RIRER (messaggi METAR), Boa ondametria Nausicaa (RIRER)
DATI MAREOGRAFICI	Mareografo di Porto Garibaldi (Provincia di Ferrara), mareografo Porto Corsini - RMN
ELABORAZIONI	ARPA-SIMC
DATI TELERILEVATI	Rilievo LIDAR e riprese aeree
CARTOGRAFIA	DSM; carte tematiche e profili altimetrici
ELABORAZIONI	OGS, SGSS

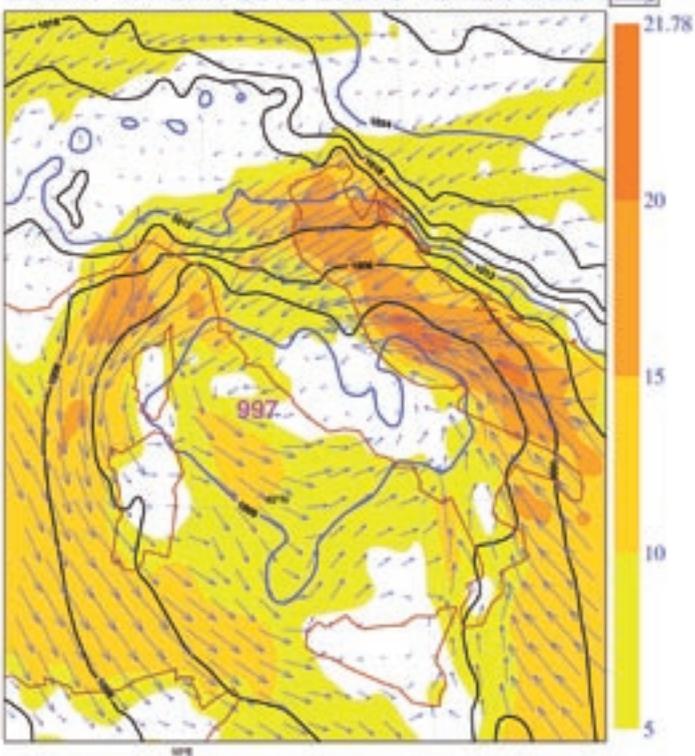


La costa con evidenziate le località colpite dall'evento.

Wed 2010-03-10 00UTC ECMWF AN t+ VT: 00UTC 500hPa T/ Z



ECMWF AN: 2010-03-10 00UTC Vento e MSLP



Situazione meteorologica nel momento di massima intensità del sistema perturbato, 10/03/2010 alle ore 00.00 UTC. Il riquadro in alto mostra l'analisi dell'altezza del geopotenziale e la temperatura a 500 hPa, nel riquadro inferiore viene mostrata l'analisi della pressione al livello del suolo e il vento alla superficie. Il campo colorato mostra l'intensità del vento in m/s.

DESCRIZIONE DELL'EVENTO

Nei giorni 9 e 10 marzo 2010, l'intero litorale regionale è stato colpito da una mareggiata di forte intensità caratterizzata dall'effetto combinato di acqua alta e di una mareggiata con provenienza prevalente dal quadrante di Nord/Est ("Bora").

Questo evento è collegato allo sviluppo, fra l'8 e il 9 marzo, di un'intensa depressione al suolo sul Mediterraneo occidentale in seguito all'approfondimento di un'onda in quota e all'afflusso di aria fredda. Nei giorni successivi il minimo al suolo continua ad approfondirsi e si sposta verso est, attraversando la Sardegna e puntando verso l'Adriatico centrale. Durante questo movimento il gradiente di pressione sull'Adriatico diventa molto intenso, determinando circa 48h di venti forti dai quadranti orientali e meridionali.

CONDIZIONI METEO-MARINE

Nel corso del pomeriggio del 9 marzo forti venti da ENE iniziano ad interessare la fascia costiera. La intensità del vento raggiunge i 14 m/s, con raffiche fino a 21 m/s nella stazione di Cervia. Precipitazioni moderate con pioggia e neve hanno interessato il litorale e tutto il territorio regionale.

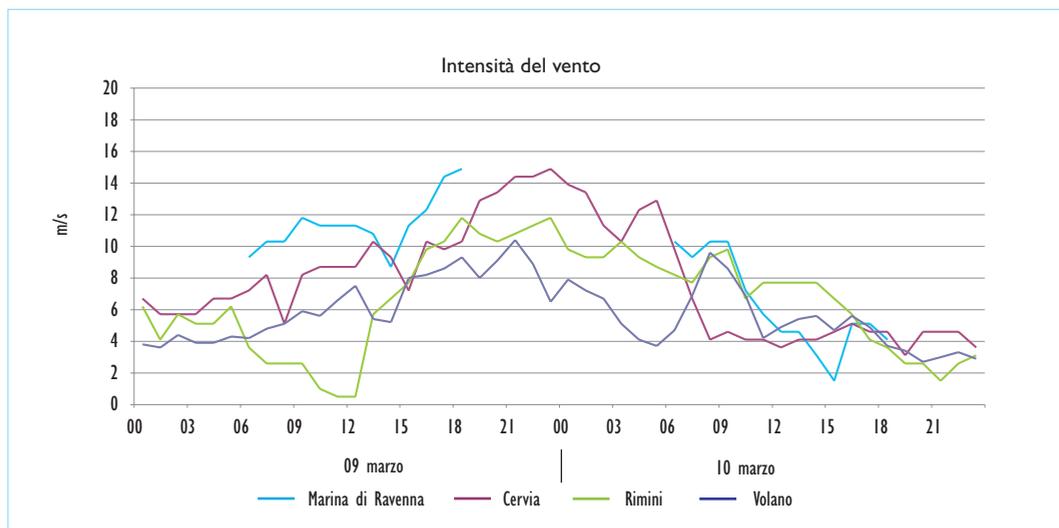
La boa ondometrica Nausicaa, situata al largo di Cesenatico, ha registrato la persistenza per ben 16 ore di un moto ondoso con altezza d'onda superiore all'altezza di riferimento di 3,0 m. Il picco massimo dell'altezza dell'onda è stato di 3,9 m, raggiunto nella nottata tra il 9 e 10 marzo. Classe energetica 2.

Contestualmente il mareografo di Porto Corsini (RA) ha registrato valori di marea superiori al valore di riferimento di 0,8 m per 12 ore consecutive nella nottata tra il 9 e 10 marzo.

La combinazione dell'altezza d'onda con il livello di marea è stata la causa scatenante delle numerose ingressioni marine occorse soprattutto lungo il litorale romagnolo. Il livello del mare e l'altezza dell'onda si sono mantenute simultaneamente al di sopra delle soglie critiche (onda > 2 m e livello > 0,7 m) per 14 ore, dalle 19.00 del 9 marzo alle 08.00 del 10 marzo.

Massima intensità del vento sul mare (dedotta da analisi ECMWF)	23 m/s
Direzione del vento prevalente (dedotta da analisi ECMWF)	ENE
Massima intensità del vento	14 m/s (stazione di Cervia)
Massima velocità del vento (raffica)	21 m/s (stazione di Cervia)
Massimo livello del mare	0,9 m (mareografo Porto Corsini - RMN)
Massima altezza e direzione dell'onda, classe energetica	3,9 m NE (boa Nausicaa), classe 2
Durata dei valori superiori a soglia critica (onda > 2 m e livello > 0,7 m)	14 h

Tabella riassuntiva dell'evento meteorologico.



Intensità del vento (media degli ultimi 10 minuti di ogni ora) rilevata il 24 settembre 2004 dalle stazioni costiere dell'Emilia-Romagna.



Altezza dell'onda misurata dalla Boa ondometrica di Cesenatico (linea rossa, asse a destra) e livello del mare (linea blu, asse di sinistra) misurato dal mareografo di Porto Corsini (RA) tra il 9 e 10 marzo.

Costa Ferrarese

Lungo la costa ferrarese si è registrata una forte erosione della duna costiera e della spiaggia emersa (stimato un deficit di sabbia di circa 105.000 m³). Sono stati segnalati danni alle opere di difesa a Lido di Volano e a Lido di Spina Sud e l'allagamento di numerose strutture balneari. Le località maggiormente colpite sono state: la spiaggia a sud della foce del Po di Goro, le spiagge di Lido di Volano, Bocche del Bianco, Lido delle Nazioni nord e centro, Lido di Pomposa (zona campeggio Florence), Lido di Spina sud e il litorale delle Vene di Bellocchio.



Costa Ravennate

Il forte innalzamento del livello del mare che ha accompagnato l'evento di mareggiata, ha provocato l'allagamento di strade e di case a Lido di Savio e consistenti danneggiamenti agli stabilimenti balneari. Sono stati registrati fenomeni erosivi della spiaggia emersa lungo tutto il tratto della costa ravennate (stimato un deficit di sabbia di circa 300.000 m³) e l'allagamento di alcuni stabilimenti balneari. Analoghe situazioni si sono riscontrate lungo il litorale cervese. La forza del mare ha danneggiato due imbarcazioni che si trovavano ormeggiate al molo; per il recupero si è reso necessario l'intervento dei Vigili del Fuoco e della Capitaneria di Porto. Una lieve esondazione è stata segnalata anche a Milano Marittima. Le località maggiormente colpite sono state: Marina Romea nord, ove si è registrata erosione della duna; Punta Marina centro e sud, Lido Adriano nord e sud, Lido di Dante, Lido di Savio e Milano Marittima, dove, oltre all'erosione dei litorali, sono stati allagati numerosi stabilimenti balneari.



Lido di Spina negli anni 2010 e 2009. In alto, le conseguenze della mareggiata del 2010: forte erosione del litorale e danni a stabilimenti balneari; in basso il litorale nel 2009.

Costa Forlivese-Cesenate

Sono stati osservati fenomeni erosivi della spiaggia emersa lungo tutto il tratto della costa forlivese-cesenate (stimato un deficit di sabbia di circa 150.000 m³). Sono stati segnalati molti danni agli stabilimenti balneari di Valverde, dove l'acqua ha raggiunto anche gli alberghi e i condomini, e a quelli della zona delle colonie di Ponente. In centro sono stati constatati danni al mercato ittico e ai ristoranti dell'asta di Ponente del porto. Ulteriori allagamenti sono avvenuti lungo le strade



Lido di Savio.

adiacenti il porto canale a causa della tracimazione dell'acqua dalle banchine. Il fenomeno è stato imputato alla mancata chiusura delle Porte Vinciane per la concomitanza di una piena da monte. I tratti maggiormente colpiti per erosione sono stati Ponente Colonie e Villamarina.

Costa Riminese

Sono stati osservati fenomeni erosivi della spiaggia emersa lungo tutto il tratto di costa della provincia di Rimini (stimato un deficit di sabbia di circa 250.000 m³). Sono stati registrati ingenti danni alle scogliere emerse e alle barriere soffolte. A Viserba sono state allagate intere strade e sottopassi, mentre a Miramare sono stati segnalati allagamenti delle strutture balneari. I tratti maggiormente colpiti per erosione sono stati: il settore sud di Igea Marina, numerose località di Riccione, Misano Adriatico e Cattolica nord.



Lido Adriano.

AZIONI E INTERVENTI

Allerta meteo e Avviso di criticità idrogeologica elevato per possibili allagamenti costieri. Interventi dei Vigili del Fuoco e della Capitaneria di Porto a Cervia e nelle altre zone allagate. Richiesto lo stato di calamità naturale.

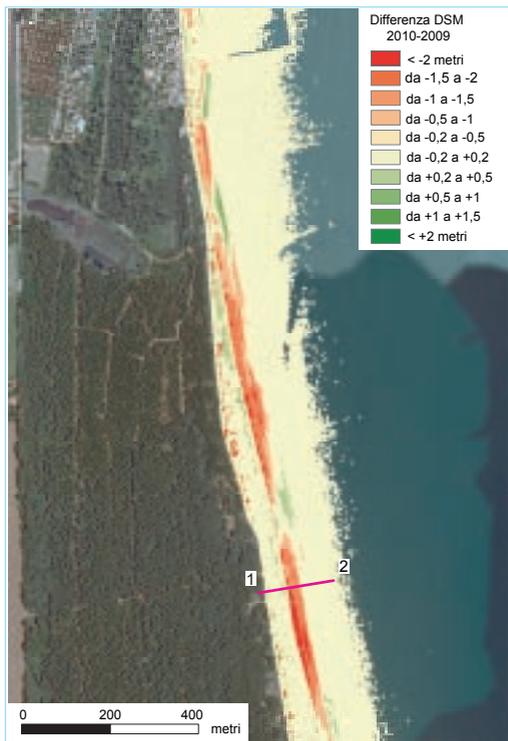
Pianificati interventi di ripascimento e ripristino difese danneggiate.

DATI TELERILEVATI E CARTOGRAFIA

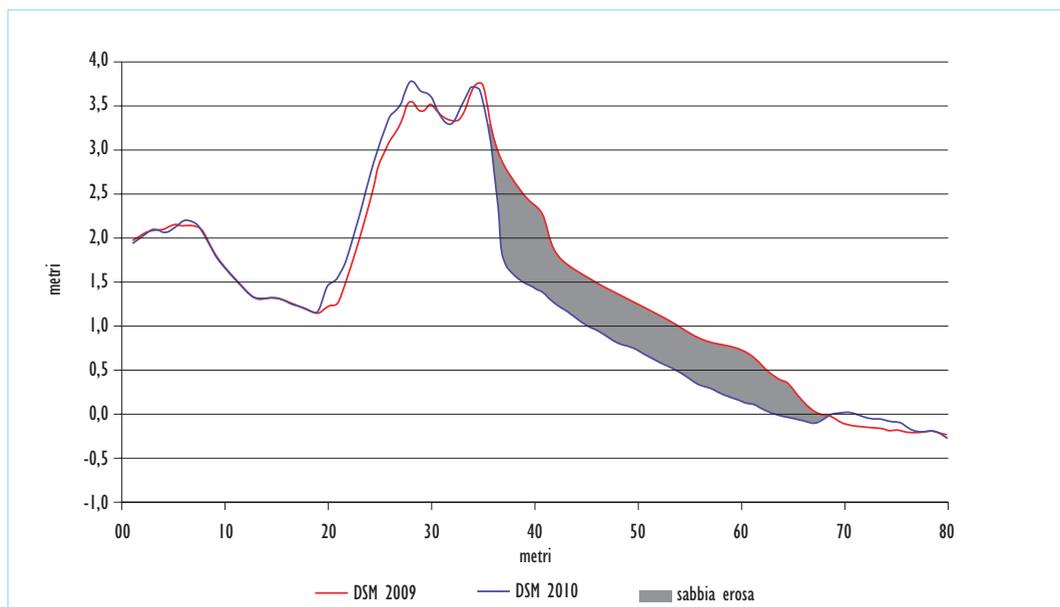
In data 3 aprile, venti giorni dopo l'evento considerato, è stato eseguito un rilievo dell'intera fascia costiera con il sistema LIDAR e fotocamera, al fine di esaminare l'impatto degli eventi che hanno caratterizzato l'intero periodo invernale 2009-2010.



DSM (Modello Digitale di Superficie) LIDAR 2010, Lido Dante-Bevano.



Differenza elaborata dalla sottrazione tra i DSM 2010 e 2009. Il rilievo 2009 è stato eseguito nell'ambito del progetto europeo Micore.



Differenza tra i rilievi LIDAR eseguiti nel 2009 (rilievo Micore) e nel 2010 (rilievo ARPCiv) lungo il profilo n.20 situato a nord di Foce Bevano; evidente l'arretramento del fronte della duna e l'abbassamento del profilo di spiaggia.



Immagini aeree, realizzate con i rilievi LIDAR 2010 e 2009, della zona a sud del molo dei Fiumi Uniti. A sinistra è evidente l'espansione dei ventagli di washover generati da mareggiata.

Attraverso l'analisi dei dati LIDAR 2010 e dal confronto con i rilievi LIDAR precedenti (2008 e 2009) sono state prodotte le mappe delle differenze e le cartografie dei tratti critici.

I principali risultati dell'analisi hanno dimostrato che:

- oltre 50 km di costa regionale sono stati interessati da erosione della spiaggia e/o della duna.
- il volume totale di sedimento perso dal 2008 al 2010 è di circa 1.000.000 m³, anche se il computo potrebbe essere superiore considerato che in tale periodo sono stati effettuati interventi di ripascimento in alcune aree limitate del litorale.
- si ritiene che la maggior parte delle perdite di sedimento sia avvenuta nell'inverno 2009-2010, in occorrenza delle mareggiate di dicembre 2009 e, soprattutto, marzo 2010. Ciò si evince dal fatto che nell'area interessata dal rilievo LIDAR, effettuato nel marzo del 2009 nell'ambito del progetto Micore, si osserva una relativa stabilità della spiaggia tra il 2008 e il 2009, mentre l'erosione maggiore si registra tra i due anni successivi.
- alcuni tratti di litorale regionale si trovano in una situazione particolarmente critica sia per il mancato apporto sedimentario da parte dei fiumi (vedi Vene di Bellocchio) sia perché le opere di difesa non fungono più da protezione alla linea di riva (vedi Lido delle Nazioni).

I caratteri distintivi ed i vantaggi dell'organizzazione a rete

Atti Workshop 25 Giugno 1998

M. Bompani / (esaurito)

Test di mutagenesi e monitoraggio ambientale, 2000

F. Cassoni, A. Buschini / (esaurito)

Inquinamento elettromagnetico da impianti di teleradiocomunicazioni

Atti Convegno 29 Gennaio 1999 e Fonti normative

S. Fabbri, S. Violanti / (esaurito)

Air Quality '98

Atti V Convegno nazionale, Ravenna 25/28 Ottobre 1998

A cura di Francesco Fortezza, Ottavio Tubertini / (esaurito)

Nuovi modelli di controllo per la sostenibilità ambientale

Atti del Seminario 1 Luglio 1999

M. Bompani, G. Morini, G. Sandon / (esaurito)

Verso la realizzazione di reti ecologiche in aree rurali

Studio pilota in provincia di Reggio Emilia, 2000

B. Cavalchi, G. Pungetti / (esaurito)

Il riuso delle acque reflue in agricoltura

Atti Workshop 10 Maggio 2000, Bologna / (esaurito)

Campi elettromagnetici

Prevenzione, comunicazione, controllo e ricerca

Atti del Convegno del 6/7 Novembre 2000, Bologna / (esaurito)

Arie di città

La qualità dell'aria in ambiente urbano

Atti del Convegno del 28/30 Novembre 2000, Bologna

Nitrati, acqua e suolo da salvaguardare

Prevenzione dell'inquinamento dei sistemi idrogeologici, 2000

A cura di Elisabetta Russo e Adriano Zavatti / (esaurito)

GITAS

Giovani Informati su Traffico Ambiente Salute, 2000

Un progetto per la mobilità sostenibile

A cura di F. S. Apruzzese e A. Gorrieri / (esaurito)

Indoor pollution microbiologico, 2002

Rassegna bibliografica ed esperienze dirette

A cura di Loretta Camellini con la collaborazione di: Patrizia Battistini, Milena Cavalchi, Maria Antonietta Morleo

Elaborazioni statistiche di Enzo Motta

Stato del litorale emiliano-romagnolo all'anno 2000

Il lavoro ideato e diretto da Mentino Preti

Arpa Emilia-Romagna, Ingegneria Ambientale / (esaurito)

Telerilevamento e ambiente

Atti del seminario sulle applicazioni ambientali del telerilevamento da satellite e da aereo

A cura di Vittorio Marletto / (esaurito)

Acqua, suolo, clima: conoscere per governare
alcune esperienze di Arpa-ER, 2003

Water, soil, climate: knowing to manage

some experience of Arpa-ER

A cura di Carla Rita Ferrari / (esaurito)

Verso un monitoraggio della biodiversità

Primo incontro formativo della rete APAT-ARPA - 8-9 ottobre 2001

A cura di Annalisa Ferioli, Claudia Milan, Federico L. Montanari
(esaurito)

Verso la gestione integrata delle zone costiere
Atti del seminario del 27 settembre 2001 - Cesenatico

A cura di Carla Rita Ferrari

EMAS II: benefici economici e gestione ambientale

La protezione dell'ambiente e lo sviluppo sostenibile applicato a tutti i settori dell'attività economica

Atti del convegno del 25 gennaio 2002 - Rimini

A cura di Gianna Sallese

Pubblicazione solo digitale, documento in formato Acrobat .pdf scaricabile dalla pagina internet www.arpa.emr.it/quaderni.htm

Rifiuti speciali, monografie su alcune tipologie, 2003

A cura di Barbara Villani, Patricia Santini, Davide Verna con la collaborazione di Fabio Fantini / (esaurito)

Presenza e diffusione dell'arsenico nel sottosuolo e nelle risorse idriche italiane e nuovi strumenti di valutazione delle dinamiche di mobilitazione

A cura di Maria Grazia Scialoja

Analisi climatologica delle condizioni idrodinamiche nella fascia costiera dell'Emilia-Romagna

Climatological analysis of hydrodynamic conditions in the Emilia-Romagna coastal strip

A cura di Giuseppe Montanari, Nadia Pinardi

Applicazione dei test di mutagenesi al monitoraggio ambientale

A cura di Francesca Cassoni

Inquinamento acustico. L'impegno del sistema agenziale

A cura di Anna Callegari

Stato del litorale emiliano-romagnolo all'anno 2007 e piano decennale di gestione

a cura di Mentino Preti

Arpa Emilia-Romagna

L'ecosistema urbano di Bologna.

Verso un report di sostenibilità

a cura di Vanes Poluzzi, Claudio Maccone, Arianna Trentini

Arpa Emilia-Romagna

Qualità dell'aria in Provincia di Reggio Emilia. 30 anni di reti di monitoraggio

a cura di Fabrizia Capuano, Luca Torreggiani

Arpa Emilia-Romagna

Chlorophyta multicellulari e fanerogame acquatiche. Ambienti di transizione italiani e litorali adiacenti

Adriano Sfriso

Arpa Emilia-Romagna

Bioaccumulo di microinquinanti nella rete trofica marina

Paola Martini

Arpa Emilia-Romagna

Le mareggiate e gli impatti sulla costa in Emilia-Romagna 1946 - 2010

a cura di Luisa Perini, Lorenzo Calabrese, Marco Deserti, Andrea Valentini, Paolo Ciavola, Clara Armaroli

La pubblicazione di questo volume risponde alla necessità di divulgare ad un ampio pubblico, formato da operatori e tecnici che lavorano in ambito costiero, dal sistema di protezione civile, dai comuni e dalle province, alcuni importanti risultati emersi nei tre anni del progetto europeo MICORE.

Nel volume sono presentati i risultati della ricerca finalizzata a ricostruire la serie storica dei fenomeni meteo-marini che hanno causato impatti significativi sulle aree costiere della regione Emilia-Romagna.

La ricerca presentata in questo volume è stata condotta con un approccio interdisciplinare che ha consentito l'integrazione dell'analisi dei fenomeni fisici che caratterizzano determinate situazioni critiche con lo studio della risposta del territorio.

Per l'acquisizione dei dati meteo-marini e di quelli relativi agli impatti è stata condotta una lunga ricerca bibliografica ed una collezione di dati storici che ha portato a consultare numerose fonti e ad avvalersi della collaborazione di vari Enti che operano nel campo della meteorologia, dell'oceanografia e della difesa costiera.

La meticolosa integrazione di tutte le informazioni collezionate ha infine permesso di analizzare i fenomeni e valutarne gli impatti sul territorio, consentendo di ottenere risultati utili alla definizione delle procedure di allerta da mareggiate in Emilia-Romagna.