



# MAREGGIATE

Analisi dati 2017-2018 e aggiornamento della  
sintesi 1946-2018

**Aggiornamento analisi sulle mareggiate con impatto periodo 2017-2018;  
dati sistema informativo in Storm e analisi delle 'allerte' finalizzata al  
collaudo del 'Sistema di allertamento regionale per Criticità Costiera'**

## **Indice**

- 1. Premessa**
- 2. Sintesi dei dati pregressi**
- 3. Le mareggiate 2017**
- 4. Le mareggiate 2018**
- 5. Analisi dei dati periodo 2011-2018**
  - a. Impatti**
  - b. Sistema di allertamento**
- 6. Aggiornamento dati complessivi: periodo 1946 -2018**

BOLZA

## 1. Premessa

Il presente documento costituisce un aggiornamento, al 2018, del rapporto 'Mareggiate analisi dati 2011-2016', disponibile presso il Servizio geologico, Sismico e dei suoli dell'Emilia-Romagna. Esso fornisce:

- una descrizione aggiornata degli eventi di mareggiata che hanno prodotto impatto sulla costa e delle località colpite
- la sintesi delle allerte emesse e delle informazioni sugli eventi
- una ulteriore valutazione della risposta del 'Sistema di Allertamento Costiero, divenuto operativo nel 2012 e che, dal 2017, è entrato ufficialmente nelle 'procedure regionali di allertamento'.

Si rammenta che lo studio di riferimento, da cui si è partiti per la definizione delle soglie meteomarine di attenzione e per la definizione degli indicatori di allerta, è il lavoro condotto da SGSS, ARPA-SIMC e Unife nell'ambito del progetto Europeo Micore (2008-2011), sintetizzato nel volume: Perini L., Calabrese L., Deserti M., Valentini A., Ciavola P., Armaroli C. (a cura di) (2011) – [Le Mareggiate e gli impatti sulla costa in Emilia-Romagna](#), 1946-2010. I quaderni di Arpa, pp. 141. Arpa Emilia Romagna, Bologna, ISBN 88-87854-27-5

In primo luogo, attraverso l'analisi di tutti i dati meteo-marini associati alle mareggiate storiche, sono state definite le caratteristiche dei fenomeni che generano gli impatti più rilevanti e, incrociando tali informazioni con i rilievi di campo, sono state stabilite le soglie di impatto per le zone naturali e per quelle antropizzate (Armaroli et al. 2012).

Tipo di spiaggia	Tipo di impatto	parametro	soglie	Criterio utilizzato per la definizione
Naturale con dune	Evoluzione morfologica (erosione e/o distruzione della duna)	Altezza d'onda ( $H_s$ )	T1 wave height = 3.3 m	DSF (Dune Stability Factor)
		Livello del mare (surge + tide)	T1 WL = 0.85 m above MSL	
Antropizzata	Inondazione e/o danneggiamento delle infrastrutture	Altezza d'onda ( $H_s$ )	$H_s = 2.00$ m	Confronto tra dati dell'evento (run-up + surge + tide) massima elevazione topografica
		Livello del mare (surge + tide)	WL = 0.7 m above MSL	

Tab. 1 soglie di impatto definite nell'ambito del progetto EU Micore (2008-2011)

A partire da tali risultati e dall'analisi degli impatti realmente prodotti dalle mareggiate lungo l'intera costa regionale, sono state stabilite le **soglie di criticità** da utilizzare per la previsione e allertamento dei fenomeni.

Soglie	Livello marea	Hs onde
Solo onda		3 m
Solo marea	0.8 m	
combinazione	0.7 m	2 m

Tab. 2 soglie di impatto utilizzate per le allerte di Protezione Civile

Successivamente, dal 2011 i dati sulle mareggiate sono archiviati nel database informatico denominato in\_Storm, parte del Sistema Informativo del Mare e della Costa -RER, che è stato sviluppato con lo scopo di: organizzare le informazioni sulle mareggiate, garantire l'aggiornamento del catalogo delle mareggiate storiche; di avere un controllo sullo stato del litorale indispensabile per i reperibili SGSS che valutano quotidianamente le criticità costiere nell'ambito del Centro funzionale regionale.

Una descrizione dello strumento è consultabile alla pagina

[http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/temi/costa/in\\_storm-il-sistema-informativo-per-la-gestione-delle-mareggiate](http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/temi/costa/in_storm-il-sistema-informativo-per-la-gestione-delle-mareggiate)

È importante sottolineare che le informazioni recenti, a partire dagli anni '90, sono molto più accurate di quelle storiche, soprattutto perché sono divenuti via via più numerosi i report tecnici, di gran lunga più affidabili rispetto alle segnalazioni ricavate da altre fonti, come, per esempio, dalla cronaca.

Le informazioni sui dati meteomarini, invece, sono divenute affidabili solo a partire dal 2007, anno in cui è stata installata la boa ondometrica 'Nausica' al largo delle coste Regionali. Va sottolineato, tuttavia, che il sistema di monitoraggio meteomarino è ancora sotto-dimensionato rispetto alle reali necessità poiché in alcuni periodi è venuta meno la stazione mareografica di Porto Corsini gestita da ISPRA e, saltuariamente, anche la 'Boa Nausica' deve essere salpata per effettuare la manutenzione straordinaria. Ciò determina la presenza di interruzioni nelle serie dei dati, che talvolta accadono in corrispondenza di eventi di mareggiata.

### **I dati contenuti nel DB inStorm**

Nel database sono archiviate diverse tipologie di dato, raggruppati nelle seguenti sezioni:

- Previsioni: dove sono raccolti gli avvisi meteo e le allerte di protezione Civile
- Rilevazioni: contengono i dati meteomarini – resi disponibili da Arpae-Simc
- STB: è la sezione dove si archiviano i report elaborati dai Servizi di Area della APC (ex STB costa)
- Mareggiata: la sezione raccoglie tutte le informazioni sugli impatti e le rilevazioni effettuate dal SGSS
- Analisi: è una sezione che permette di effettuare analisi quali-quantitative sui dati
- Report: per l'elaborazione di report annuali o pluriennali

Le informazioni sono ascrivibili alle seguenti tipologie di evento:

1. **mareggiate che sono stati oggetto di allertamento per evento costiero e/o per stato del mare (se successivamente si rileva superamento di soglia costiera)**, anche qualora non abbiano prodotto impatto significativo sul territorio. Si ricorda che l'evento costiero è stato introdotto solo dopo il 2012, quando si è avviata la sperimentazione delle 'procedure di allertamento da Mareggiata'. In questo caso l'acquisizione delle informazioni si attiva immediatamente, a partire dalla previsione
2. **mareggiate che hanno prodotto impatto sul territorio**, anche qualora non siano state oggetto di allertamento. In questo caso la raccolta delle informazioni si attiva una volta che sono giunte le prime segnalazioni, quindi a evento iniziato
3. **mareggiate che hanno determinato il superamento delle soglie**, anche senza produrre impatto, e che non erano state previste. Anche in questo caso le informazioni sono raccolte a posteriori e sono finalizzate a comprendere meglio i fenomeni di mareggiata e di affinare il sistema di allertamento

## 2. Sintesi dei dati pregressi, dal 1946 al 2016

Nell'intervallo temporale 2011-2016, il numero degli 'eventi meteomarini' complessivi registrati in in\_Storm sono **stati 57**, essi comprendono tutte le tre categorie sopra elencate, quindi anche quelle mareggiate che, pur avendo registrato superamento di soglia, non hanno prodotto impatti sul territorio. Questi ultimi sono **17** eventi nell'arco dei **6 anni** considerati.

A partire da gennaio 2011, fino a dicembre 2016, sono state conteggiate, invece, **29 mareggiate che hanno prodotto impatto** sulle coste della regione Emilia-. È importante sottolineare che **9** di questi **eventi sono stati caratterizzati da parametri di mareggiata sotto soglia**.

I grafici successivi mostrano, rispettivamente, la distribuzione nei vari mesi dell'anno, delle mareggiate registrate prima del 2011 e dal 2011 al 2016.

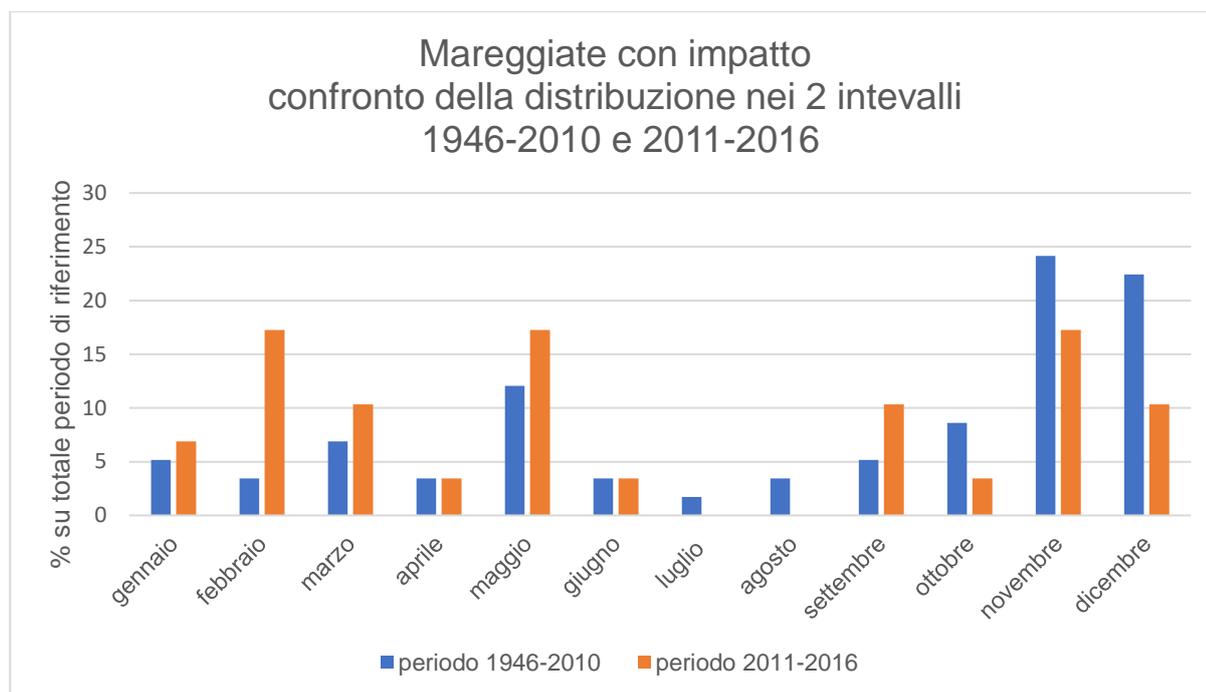


Fig. 1: Valori percentuali di mareggiate con impatto normalizzati al totale del periodo per i 2 intervalli di tempo: 1946-2010 e 2011-2016

Per quel che riguarda invece la frequenza degli eventi negli anni, si può notare nel grafico sottostante come il 2013 sia stato l'anno in cui si sono registrate il maggior numero di mareggiate totali (14) e che hanno prodotto impatto sulla costa (8), anche se l'evento più impattante è stato quello del febbraio 2015.

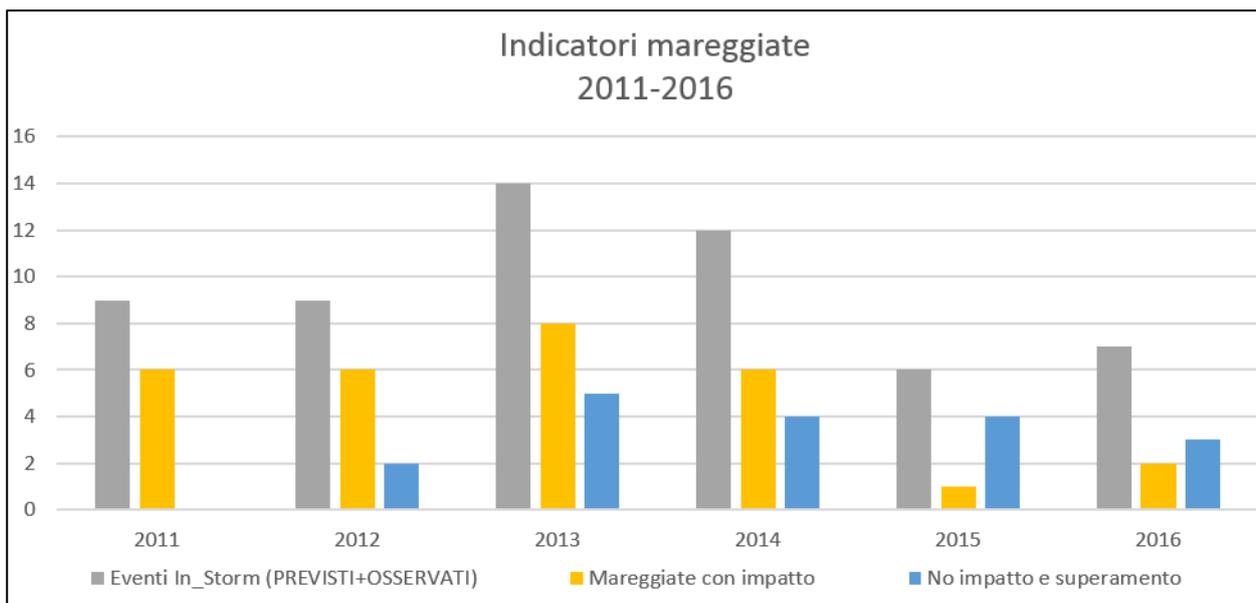


Fig. 2: distribuzione dei principali indicatori delle mareggiate nell'intervallo 2011-2016

Tra esse, le località che risultano maggiormente interessate da segnalazioni, N>di 50 a partire dal 1946, sono: Lido di Volano, Lido Adriano, lido di Savio, Milano Marittima e Valverde di Cesenatico (Figura 8).

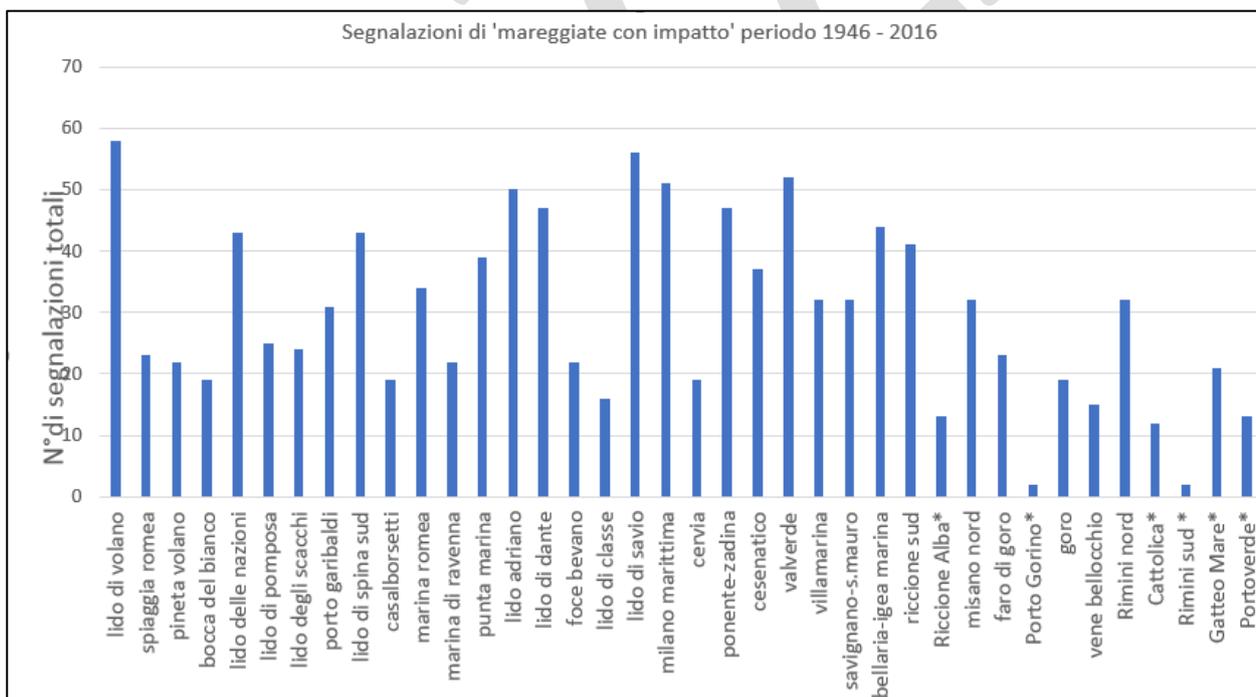


Fig. 3: Località colpite e numero di segnalazioni periodo 1946-2016 (\*nuove località registrate dal 2011)

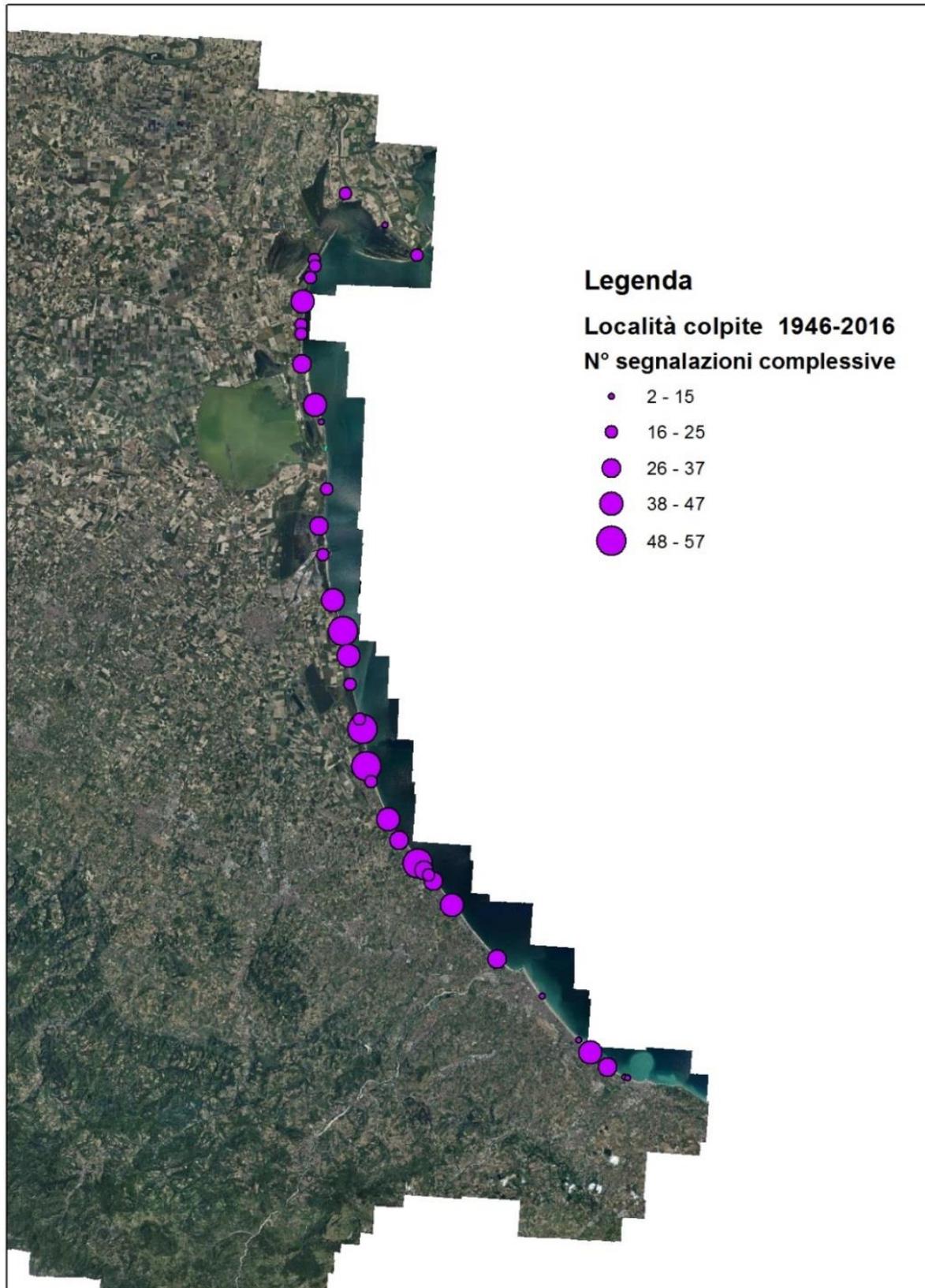


Fig. 4: Distribuzione lungo la costa delle località colpite e numero di segnalazioni.

### 3. Le mareggiate 2017

Le mareggiate che si sono abbattute sulle coste regionali nell'anno 2017 non sono state particolarmente numerose e non hanno prodotto impatti eccessivamente devastanti ad eccezione di alcuni tratti della costa ferrarese.

Nel database in\_Storm sono state inserite **11 mareggiate**, tutte caratterizzate dalla emissione di un'allerta per criticità costiera e/o stato del mare. Di esse **4 hanno prodotto impatto** sul territorio

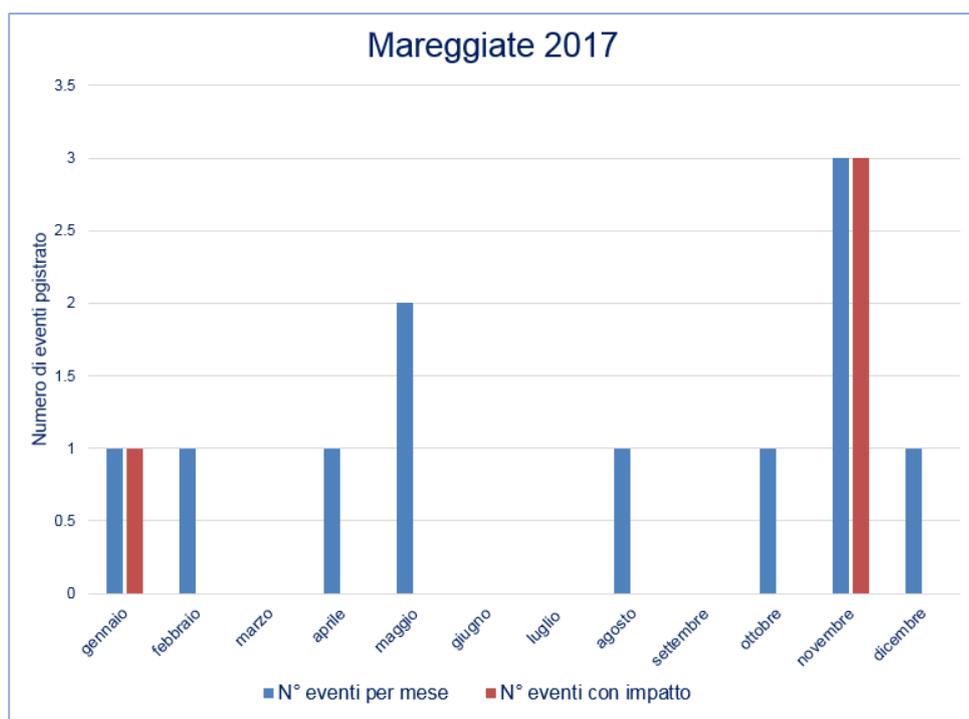


Fig. 5 Distribuzione nell'anno delle mareggiate 2017

Tra gli eventi che hanno causato danni sulla costa, la mareggiata di gennaio e la prima del mese di novembre sono state collegate a venti del primo quadrante (Bora), caratterizzate da onde con Hs rispettivamente di 3.6 m e 2.79 m (misurata alla boa Nausica). Le due mareggiate successive (del 13 e 26 novembre), invece, sono iniziate come eventi di Scirocco (II quadrante), poi evoluti in venti di bora (I° quadrante).

La tabella seguente contiene la sintesi delle informazioni relative alle singole mareggiate, con particolare riferimento a:

- previsione/allertamento dell'evento
- superamento delle soglie (in previsione e in registrazione)
- impatti e relativa registrazione

CODICE	PREVISIONI											MAREGGIATE CON IMPATTI
	Data Inizio	Data Fine	Allerte		SOGLIE			EWS				
			Stato del Mare	Criticità Costiera	Altezza d'onda	Livello del mare	Combinato	SCW		BWD		
								Rosso	Arancione	Rosso	Arancione	
2017_01_I	16 gennaio 2017	19 gennaio 2017	Livello 1	Livello 1	Si	No	No	-	-	-	-	Si
2017_02_III	24 febbraio 2017	26 febbraio 2017	Livello 1	Livello 1	No	No	Si	2	1	-	-	No
2017_04_VI	26 aprile 2017	27 aprile 2017	Livello 1	Livello 1	No	Si	No	2	1	-	1	No
2017_05_I	6 maggio 2017	8 maggio 2017	GIALLO	GIALLO	No	No	Si	1	2	-	-	No
2017_05_II	11 maggio 2017	13 maggio 2017	ARANCIONE	GIALLO	No	Si	Si	2	1	-	1	No
2017_08_II	20 agosto 2017	22 agosto 2017	GIALLO	GIALLO	No	No	Si	2	2	-	1	No
2017_10_II	22 ottobre 2017	24 ottobre 2017	ARANCIONE	GIALLO	No	No	No	2	2	-	-	No
2017_11_I	5 novembre 2017	9 novembre 2017	ARANCIONE	GIALLO	Si	Si	Si	2	1	-	1	Si
2017_11_II	13 novembre 2017	17 novembre 2017	ARANCIONE	ARANCIONE	No	Si	Si	2	2	1	2	Si
2017_11_III	26 novembre 2017	27 novembre 2017	ARANCIONE	GIALLO	No	No	Si	2	1	1	-	Si
2017_12_I	2 dicembre 2017	4 dicembre 2017	ARANCIONE	GIALLO	No	No	Si	2	1	-	1	No
					Superamento soglie	1	4	8				4

MAREGGIATE CON IMPATTI	RILEVAZIONI						SEGNALAZIONE DANNI	
	Marea max (m)	Giorno/Mese - Ora	Mareografo	Altezza Onda	Giorno/Mese - Ora	Ondametro	STB	ALTRO
Si	0.62	17/01 - 17:00	Porto Garibaldi	3.62	17/01 - 12:00	Nausicaa	Relazione STB	
No	0.6	25/02 - 12:30	Porto Garibaldi	3.08	25/02 - 02:30	Nausicaa		
No	0.69	26/04 - 22:10	Porto Garibaldi	1.47	26/04 - 19:30	Nausicaa		
No	0.53	06/05 - 20:00	Porto Garibaldi	1.06	07/05 - 03:00	Nausicaa		
No	0.69	11/05 - 22:20	Porto Garibaldi	1.37	11/05 - 23:30	Nausicaa		
No	0.46	20/08 - 04:20	Porto Garibaldi	1.56	20/08 - 00:30	Nausica fuori uso Angela-Angelina		
No	0.53	24/10 - 19:30	Porto Garibaldi	4.03	22/10-22:30	Nausica fuori uso Angela-		
Si	0.89	07/11 - 00:40	Porto Garibaldi	2.79	07/11 - 00:00	Nausicaa	Report STB Po di Volano	Notizie giornali locali, foto
Si	1.03	13/11 - 07:00	Porto Garibaldi	3.63	13/11 - 18:30	Nausicaa	Report STB Po di Volano	Notizie giornali locali, foto, video
Si	0.53	26/11 - 13:30	Porto Garibaldi	3.07	26/11 - 13:30	Nausicaa		Quotidiani locali
No	0.71	02/12 - 09:20	Porto Garibaldi	2.39	02/12 - 16:00	Nausicaa		
	marea			onda				
4	2			5				
		Combinati	3					

Tab. 3 dati di sintesi delle mareggiate 2017

## L'allertamento

Come si evince dalla tabella n 3, in un solo caso è stata emessa un'allerta per criticità costiera di livello arancione, in occasione dell'evento del 13-17 Novembre 2017, in cui, effettivamente, si sono registrati superamenti di soglia sia per onda che per livello del mare e impatti rilevanti lungo tutta la costa regionale.

Tutti gli altri eventi in DB sono stati oggetto di allertamento di colore giallo.

## Superamenti delle soglie meteomarine

Con riferimento ai livelli di soglia meteomarina utilizzati ai fini dell'allertamento e riportati nella tabella 2 del presente documento, nell'anno 2017 si sono registrati:

- 3 casi di superamento della soglia di Hs > 3 metri
- 2 casi di superamento della soglia di livello del mare di 0.8 metri
- 3 casi di superamento combinato di Hs>2 + livello mare > 0.7 m

Il valore massimo di livello del mare di 1.03 m è stato registrato in occasione dell'evento del 13/11, fortunatamente non in fase con il picco d'onda di Hs=3.63 m

### **Gli impatti**

Il territorio ferrarese è quello che ha registrato il maggior numero di impatti nell'anno 2017.

Sono state particolarmente intense per questo settore le mareggiate di:

- 16-19 gennaio 2017
- 5-7; 13-14 e 26 Novembre 2017

La situazione più critica si è manifestata a Lido di Spina Sud dove, dopo il primo evento di Novembre, l'argine di difesa all'abitato è stato gravemente eroso e il servizio di area di Ferrara ha dovuto procedere con un intervento di 'somma urgenza' per il ripristino dell'argine.



*Fig. 6 Grave erosione dell'argine di difesa dall'ingressione marina a Lido di Spina (Novembre 2017)*

Nel territorio di competenza dell'area Romagna (a sud di foce Reno), invece, l'evento più critico è stato quello del 13-14 Novembre 2017, con diffusi fenomeni erosivi in numerose località della costa.

Il danno finale, per interventi vari, stimato dalla stessa autorità ammonta a circa 590 000€.

#### 4. Le mareggiate 2018 (aggiornamento al 10 Dicembre 2018 )...

Le mareggiate che si sono abbattute sulle coste regionali nell'anno 2018 non sono state particolarmente numerose e poco devastanti, se si esclude l'impatto di quella di fine ottobre per la costa ferrarese.

Nel database in\_Storm sono state inserite **10 mareggiate**, 8 delle quali caratterizzate dalla emissione di un'allerta per criticità costiera e 2 per solo stato del mare. Di esse **5** eventi hanno prodotto impatto sul territorio

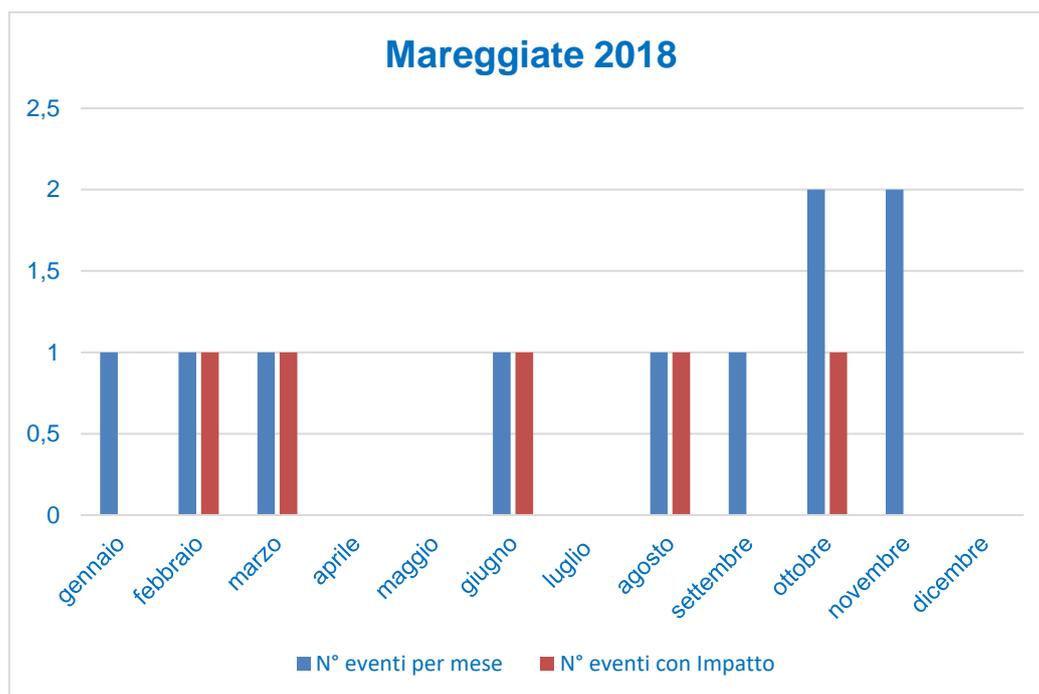


Fig. 7 Distribuzione nell'anno delle mareggiate 2018

Tra gli eventi che hanno causato danni sulla costa, la mareggiata di febbraio, marzo, giugno, agosto e novembre sono state collegate a venti del primo quadrante (Levante e/o Bora), mentre l'evento più critico, quello del 29-31 Ottobre è stato un evento con venti dominanti da sud/est (Scirocco-II quadrante). Questo evento, tuttavia, è caratterizzato da una particolarità poiché i dati della boa ondometrica Nausica, registrano una direzione d'onda prevalente da Nord. Il caso è ancora in esame anche da parte di Arpae. Va sottolineato che questa mareggiata, nell'alto Adriatico, ha assunto dimensioni eccezionali. La boa ondometrica della piattaforma Acqua alta del CNR-ISMAR ha registrato un Hs di circa 6 m nella serata di lunedì 29 Ottobre, mentre il Mareografo di ISPRA, ubicato a Lido - presso la Diga Sud, ha registrato un valore massimo di 144 cm s.l.m, lo stesso giorno alle ore 13.10.

A Punta della Dogana, sarebbe stato registrato, inoltre, un picco di marea pari a 156 cm, poco prima delle 15 dello stesso 29/10/2018.

Vista l'elevata variabilità della Hs, si riporta di seguito la comparazione con i livelli di onda misurati in corrispondenza della Boa Nausica e degli ondometri presenti sulle piattaforme eni.

Boa/ondametro	distanza dalla costa in km	prof. Fondale in metri	Hs picco	Hs media/inrorno	ora
Angelina	2	8.5	3.3	3	16
Nausica	8	10	2.75	2.5	17
Garibaldi A	19	25	4.6	4	18
Amelia	27	32	6	4.2	16
Barbara	58	70	3.1	3	16

Tab. 4 misure ondamiche mareggiata 29-30 Ottobre 2018

La tabella seguente contiene la sintesi delle informazioni relative alle singole mareggiate, con particolare riferimento a:

- previsione/allertamento dell'evento
- superamento delle soglie (in previsione e in registrazione)
- impatti e relativa registrazione

CODICE	Data Inizio	Data Fine	Allerte		SOGLIE			EWS				MAREGGIATE CON IMPATTI
			Stato del Mare	Criticità Costiera	Altezza d'onda	Livello del mare	Combinato	SCW		BWD		
								Rosso	Arancione	Rosso	Arancione	
2018_01_I	8 gennaio 2018	10 gennaio 2018	ARANCIONE	GIALLO	No	No	No	2	1	-	-	No
2018_02_I	23 febbraio 2018	27 febbraio 2018	ARANCIONE	GIALLO	No	No	No	2	-	-	1	Si
2018_03_I	18 marzo 2018	24 marzo 2018	ARANCIONE	GIALLO	No	No	Si	2	-	-	1	Si
2018_06_I	22 giugno 2018	23 giugno 2018	GIALLO	GIALLO	No	No	No	2	-	-	-	Si
2018_08_I	25 agosto 2018	27 agosto 2018	GIALLO	GIALLO	Si	No	No	2	-	-	-	Si
2018_09_I	24 settembre 2018	26 settembre 2018	GIALLO	GIALLO	No	No	Si	2	-	-	-	No
2018_10_I	21 ottobre 2018	23 ottobre 2018	GIALLO	GIALLO	No	No	No	2	-	-	-	No
2018_10_II	29 ottobre 2018	31 ottobre 2018	ROSSO	ARANCIONE	Si	No	No	2	-	2	3	Si
2018_11_I	19 novembre 2018	21 novembre 2018	GIALLO	VERDE	No	No	No					No
2018_11_II	27 novembre 2018	28 novembre 2018	GIALLO	VERDE	No	No	No					No
Superamento soglie					2	0	2					5

MAREGGIATE CON IMPATTI	RILEVAZIONI						SEGNALAZIONE DANNI		NOTE	Direzione vento
	Marea max (m)	Giorno/Mese - Ora	Mareografo	Altezza Onda	Giorno/Mese - Ora	Ondametro	STB	ALTRO		
No	0.63	09/01 - 4:20	Porto Garibaldi	1.43	09/01 - 3:30	Nausicaa				
Si	0.77	26/02 - 21:30	Porto Garibaldi	3	24/02 - 3:00	Nausicaa	Ferrara		STB FE ha red	ENE Bora
Si	1.21	18/03 - 23:00	Porto Garibaldi	3.1	21/03 - 05:00	Nausicaa	Ferrara	Giornali locali		E- NE Levante e poi Bora
Si	0.6	22/06 - 19:00	Porto Garibaldi	1.54	22/06 - 17:00	Nausicaa		Giornali locali Fe	le soglie d'onda non sono state	E Levante
Si	0.65	25/08 - 22:00	Porto Garibaldi	2	25/08 - 17:00	Nausicaa		Giornali locali Ravenna		E- NE Levante e poi Bora
No	0.65	24/09 - 11:40	Porto Garibaldi	2.75	24/09 - 17:00	Nausicaa				
No	0.66	21/10 - 17:00	Porto Garibaldi	2.76	21/10 - 15:30	Nausicaa				
Si	1.1	29/10 - 16:00	Porto Garibaldi	2.63	29/10 - 18:30	Nausicaa	Ferrara	Giornali locali	I valori risultano inferiori alle soglie rosso solo macro D	SE Scirocco (pe)
No	0.92	20/11 - 07:00	Porto Garibaldi	2.66	20/11 - 4:00	Nausicaa			Nessuna allerta costiera, ma si	NNE
No	0.83	28/11 - 13:00	Porto Garibaldi	2.3	27/11 - 22:30	Nausicaa			Nessuna allerta costiera, ma si	NNE
marea				onda						
5		4		2						
Combinati			5							

Tab. 5 dati di sintesi delle mareggiate 2018

## **L'allertamento**

Come si evince dalla tabella n 5, in un solo caso è stata emessa un'allerta per criticità costiera di livello arancione, in occasione dell'evento del 29-31 Ottobre 2018, in cui, effettivamente, si sono registrati i danni più rilevanti di tutto il periodo

Tutti gli altri eventi in DB sono stati oggetto di allertamento di colore giallo.

Va sottolineato che le 2 mareggiate del mese di novembre, in cui non è stata emessa allerta per criticità costiera poiché in previsione non era previsto il superamento delle soglie meteomarine, in registrazione di evento hanno invece evidenziato il superamento di soglia per valore di marea e anche per combinazione di marea + onda. Si tratta quindi di 2 mancate allerte che, tuttavia, non hanno generato impatto.

Oltre a questi eventi, nel corso dell'anno sono stati emessi alcune altre allerte per stato del mare (raggruppabili in 11 eventi) che non sono state incluse nel DB mareggiate perché non hanno determinato né superamenti di soglia né impatto.

## **Superamenti delle soglie meteomarine**

In sintesi, con riferimento ai livelli di soglia meteomarina, utilizzati ai fini dell'allertamento e riportati nella tabella 2 del presente documento, nell'anno 2018 si sono registrati:

- 2 casi di superamento della soglia di Hs > 3 metri
- 4 casi di superamento della soglia di livello del mare di 0.8 metri
- 5 casi di superamento combinato di Hs>2 + livello mare > 0.7 m

Il valore massimo di livello del mare di 1.21 metri è stato registrato in occasione dell'evento del 18/03, in fase con un'onda con Hs di circa 1.4 m. Il picco d'onda di Hs=3.1 m, registrato il giorno 21 alle ore 5 è stato invece concomitante a una marea di 0.6 m, quindi sotto soglia.

## **Gli impatti**

Anche nel 2018 il territorio ferrarese è quello che ha registrato il maggior numero di impatti. Si tratta in particolare di fenomeni erosivi, grave danneggiamento di argini di difesa in terra (a febbraio/marzo 2018) e danneggiamento delle infrastrutture balneari presenti sulla spiaggia.

## 5. Analisi dei dati: periodo 2011-2018

Si presenta un aggiornamento dei dati sulle mareggiate, relativo all'intervallo 2011-2016 sopra riportato in sintesi.

Nell'intervallo temporale 2011-2018, il numero totale degli 'eventi meteomarini' registrati in in\_Storm, con riferimento alle tre categorie sopra elencate, sono **stati 77**. Come si evince dal grafico di Fig. 8, il mese in cui si registra la massima frequenza degli eventi è novembre, seguito dai mesi di Febbraio e di Marzo.

L'alta frequenza dei mesi di febbraio e marzo che supera l'attuale ricorrenza del mese di dicembre, si discosta dal trend sul lungo periodo (1946-2010) in cui i mesi caratterizzati da mareggiate con impatto erano prevalentemente novembre e dicembre (vedi confronto in fig.9). Va sottolineato, tuttavia, che il periodo di analisi è troppo breve per trarre conclusioni definitive, questa informazione può essere utilizzata però come campanello di allarme, rimandando a un prossimo futuro eventuali disamine sulle variazioni dei trend.

Dei 77 eventi, **50** sono stati caratterizzati da superamento di almeno 1 delle soglie meteomarine utilizzate ai fini dell'allertamento.

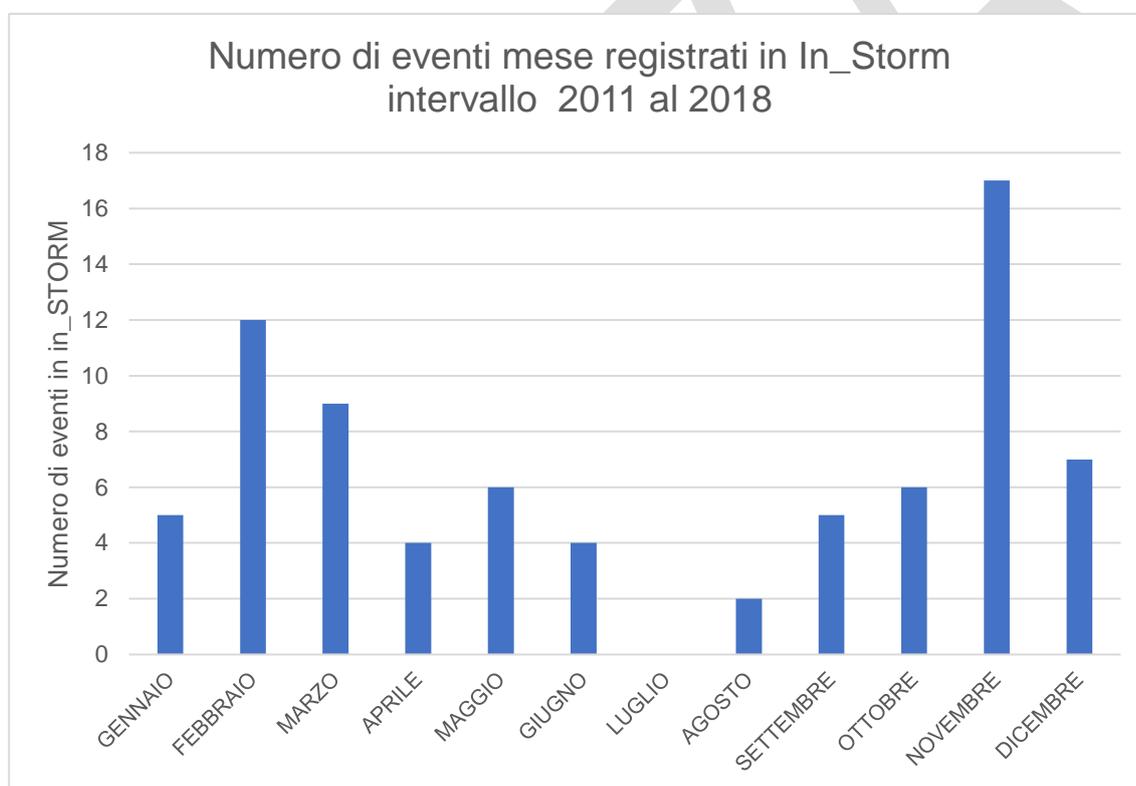


Fig 8: Numero di eventi per mese, con riferimento all'intervallo 2011-2018

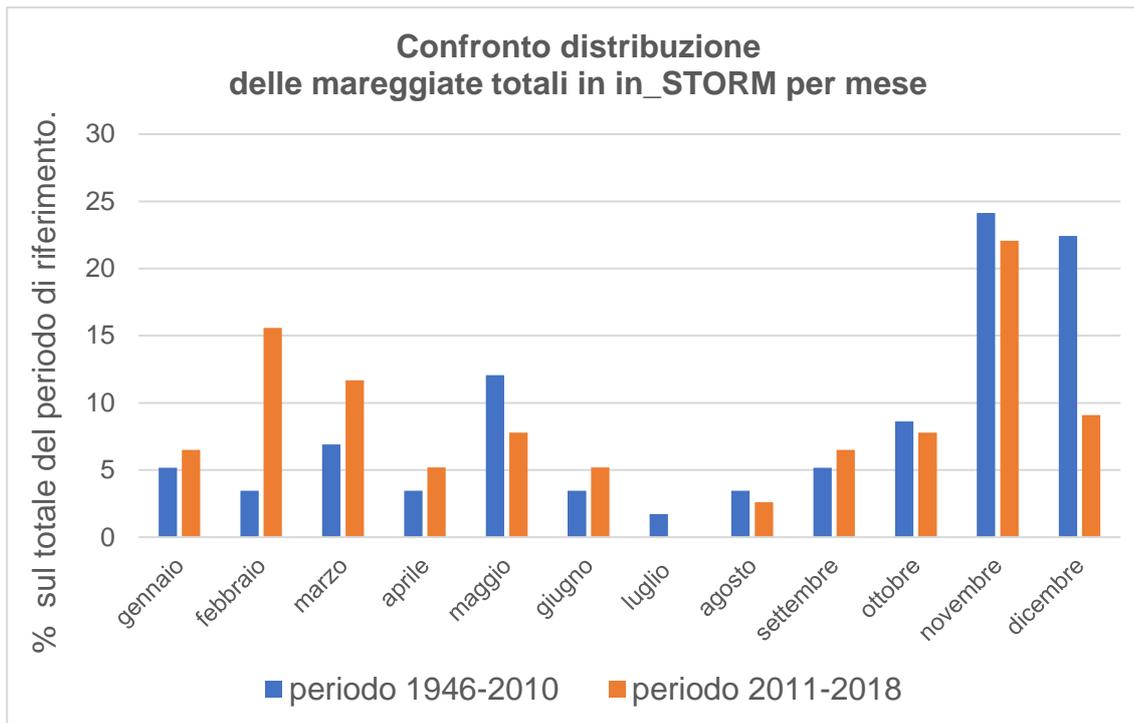


Fig. 9 Valori percentuali di mareggiate con impatto normalizzati al totale del periodo per i 2 intervalli di tempo: 1946-2010 e 2011-2018

Per quanto attiene alle **Mareggiate con Impatto**, da gennaio 2011, fino a dicembre 2018, sono stati conteggiati **38 eventi** che hanno colpito le coste della regione. Anche in questo caso domina il mese di novembre, a cui seguono i mesi di febbraio e maggio. (fig. 10). Questo ultimo dato è importante poiché evidenzia che, anche i mesi tardo primaverili/estivi, in cui la costa è maggiormente esposta a rischio, meritano grande attenzione ai fini dell'allertamento. Rimane comunque da osservare che non tutte le mareggiate con impatto hanno la stessa importanza. Sono infatti limitati gli eventi che interessano tutta la costa regionale e/o che generano tutte le tipologie di impatto. Si osservano, infatti, località con un numero di eventi e di impatti anche 3 volte maggiore di altre zone. (vedi fig. 11).

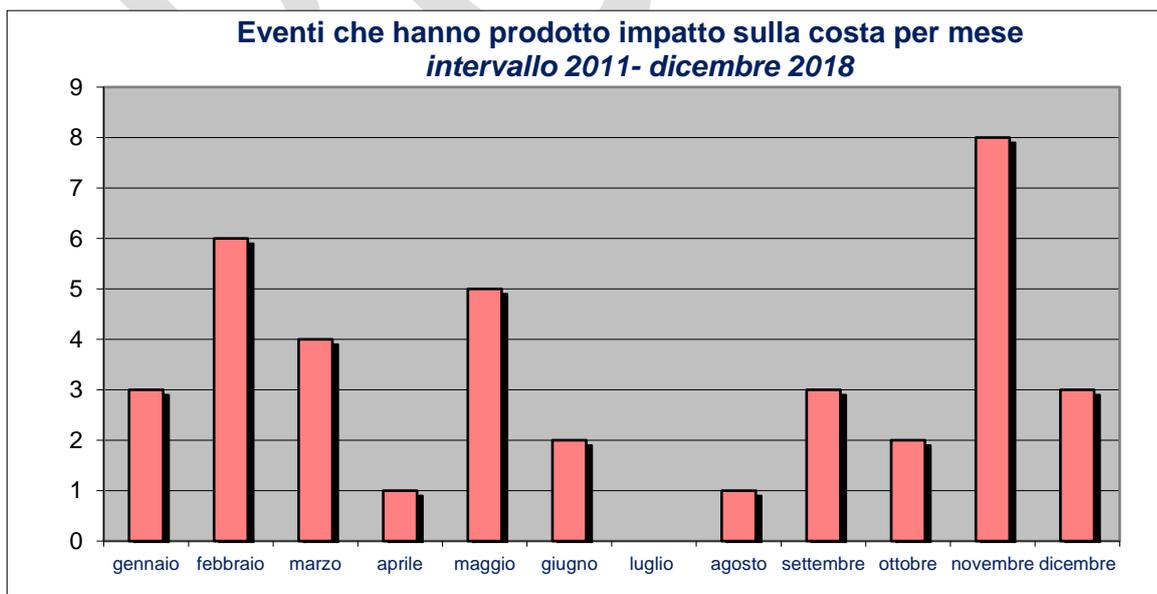


Fig. 10 Mareggiate con impatto: periodo 2011-2018 – distribuzione per mese

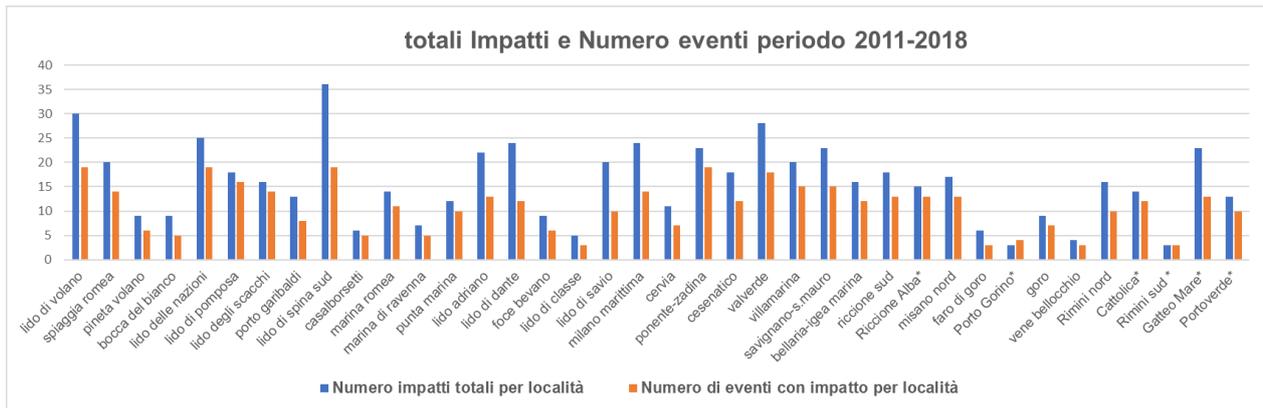


Fig. 11 Località colpite: periodo 2011-2018

Se si osserva il grafico di figura 13, si evince che il fenomeno nettamente più diffuso è:

- l'erosione dei litorali (376 segnalazioni)
- inondazione di stabilimenti e/o retrospiaggia (165 segnalazioni)
- danni agli stabilimenti balneari (52 segnalazioni)
- danni alle opere di difesa (40 segnalazioni)
- tracimazione di canali (25 segnalazioni)

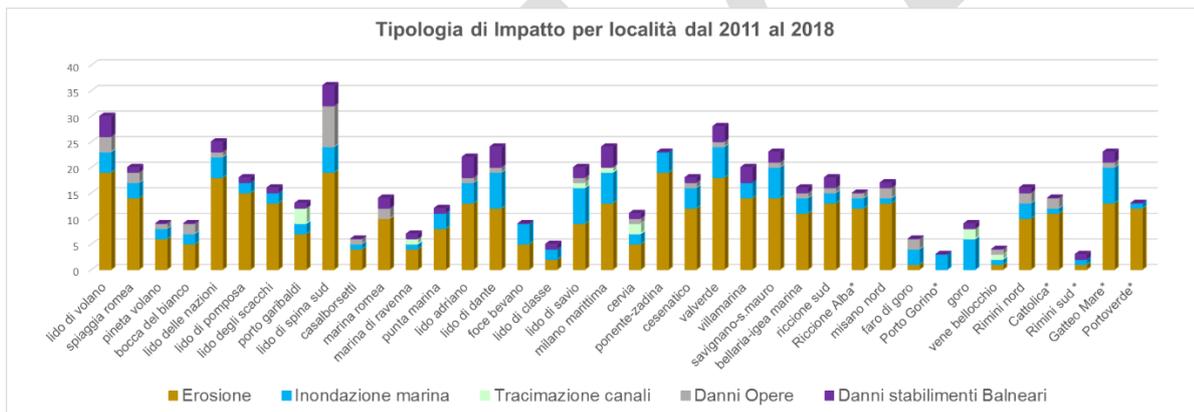


Fig. 12 dettaglio delle tipologie di impatto per località: periodo 2011-2018

### Tipologie di eventi

Come si evince dal grafico di figura 13, il numero maggiore degli eventi che hanno prodotto impatto sulla costa sono:

- mareggiate del I quadrante in assenza e/o associate a fenomeni di acqua alta
- in subordine fenomeni meteomarinari associate a venti di levante che oscillano tra il I e II quadrante, sempre in presenza di acqua alta

Va sottolineato, tuttavia, che le mareggiate del 1° quadrante non risultano essere in assoluto le mareggiate più numerose, ma quelle che determinano il numero maggiore di danni. Non si osservano nemmeno trend evolutivi in tal senso, come risulta dal lavoro di Valentini (Arpae 2016)

Va sottolineato inoltre che l'analisi della direzione degli eventi necessita di ulteriori approfondimenti perché nel corso di un evento la direzione del vento e dell'onda cambiano nel tempo e dovrebbe essere definito un criterio univoco per attribuire il campo.

In fig14, infine, sono riportati i massimi valori di marea registrati nel periodo. La massima marea dell'intervallo risulta essere quella che ha caratterizzato l'evento del 5-6 Febbraio 2015, pari a 1.20 m registrato alla stazione di Porto Corsini.

L'anno che ha avuto il maggior numero di episodi di superamento della soglia di marea 0.8 m è stato il 2013, con 10 eventi.

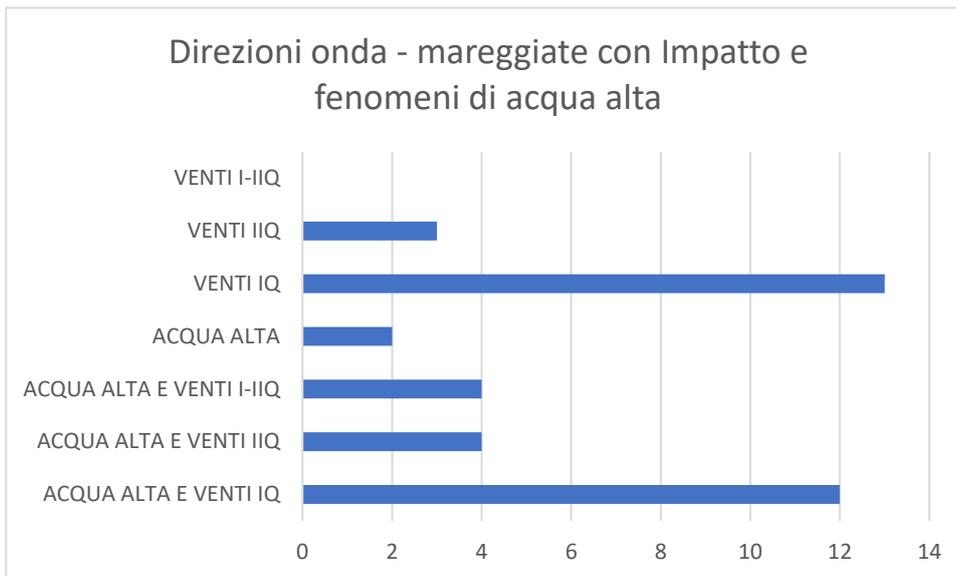


Fig. 13 caratteristiche delle mareggiate con impatto 2011-2018

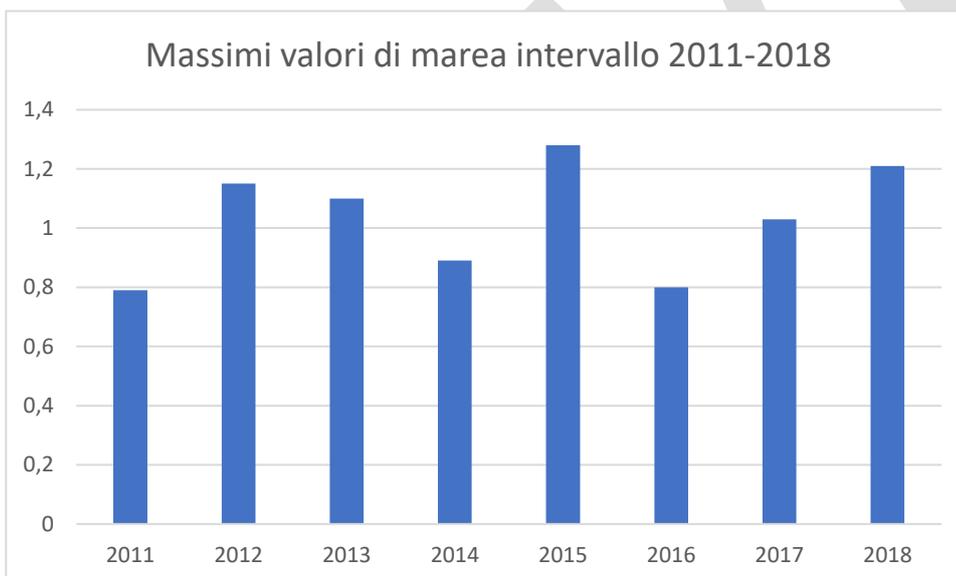


Fig. 14 Massime maree 2011-2018

## Risposta del Sistema di allertamento a partire dal 2012

Come anticipato, gli eventi catalogati nel database in\_storm dal 2011 al 2018 sono 77, mentre dal 2012, anno in cui è entrato in sperimentazione il sistema di allertamento costiero (EWS), sono stati **69**, **32** dei quali hanno prodotto impatto sul territorio.

L'analisi sulla risposta del sistema di allertamento si è quindi concentrata su questi eventi, ricordando, tuttavia, che solo dal maggio 2017 il sistema è divenuto ufficiale perché recepito dalla regione con DGR 417/2017.

Come si evince dalla tabella n. 6, delle **32** mareggiate con impatto:

- **25** sono state caratterizzate da superamento di soglia meteomarina (come da procedure)

- **7** sono state invece mareggiate **sotto soglia**, 4 delle quali caratterizzate da parametri molto prossimi alle soglie di onda, o marea o combinata

Anno	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	totali
Eventi In_Storm (PREVISTI+OSSERVATI)	9	14	12	6	7	11	10	69
Mareggiate con impatto	6	8	6	1	2	4	5	32
Sopra soglia per onda	3	2	4	4	2	5	2	22
Sopra soglia per marea	4	10	5	2	3	2	4	30
Sopra soglia combinata	3	7	4	4	1	3	5	27
Sopra soglia totali	7	10	8	5	5	7	5	47
Eventi con impatto e sotto soglia	1	2	2	0	0	0	2	7
Allerte/no impatto/no sopra soglia	1	1	2	1	2	4	3	14
No impatto e superamento	2	5	4	4	3	2	2	22

Tab. 6 sintesi delle informazioni relative al sistema di allertamento costiero 2012-2018

Dal punto di vista dell'allertamento si osserva che sono ben **14** gli eventi che sono stati oggetto di allerta costiera (e/o, prima del 2017 stato del mare + criticità costiera) e che poi non hanno dato esito a impatto né superamento di soglia.

Di questi 14, 7 registrano comunque valori di onda e/o marea molto vicini al livello di soglia.

In definitiva si può dire che i veri **falsi allarmi** siano stati **7**.

Solo in **2 circostanze**, invece, si sono verificati impatti senza che fosse stata emessa un'allerta (**mancati allarmi**)

In entrambe i casi (giugno 2016 e settembre 2014) si è trattato di evento estivo caratterizzato da un repentino sopralzo di marea e da condizioni di esposizione predisponenti.

Nel caso del 2014 l'evento è stato impulsivo, e caratterizzato dalla combinazione di onda e marea sopra soglia, forse definibile come 'Metetsunam' o tsunami meteorologico.

## 6. Aggiornamento dati complessivi 1946 -2018

Di seguito si riportano alcuni dati chiave sugli impatti registrati lungo le coste dell'Emilia-Romagna nel periodo 1946-2018.

Come si evince dalla mappa di figura 15, alcune località della costa regionale risultano particolarmente afflitte dagli eventi di mareggiata.

Tra esse spiccano: **Lido di Volano, Lido di Spina sud, Ponente Zadina e Valverde** che registrano >**30** eventi con impatto. Dal grafico sulla destra della stessa figura si osserva che alcune località registrano molteplici tipologie diverse di danno in occasione degli eventi, che rendono particolarmente critico il territorio in quelle circostanze. Tali località sono: **Lido di Volano, Lido di Spina sud, Lido Adriano, lido di Dante e Lido di Savio**, dove il totale degli impatti quasi raddoppia quello degli eventi

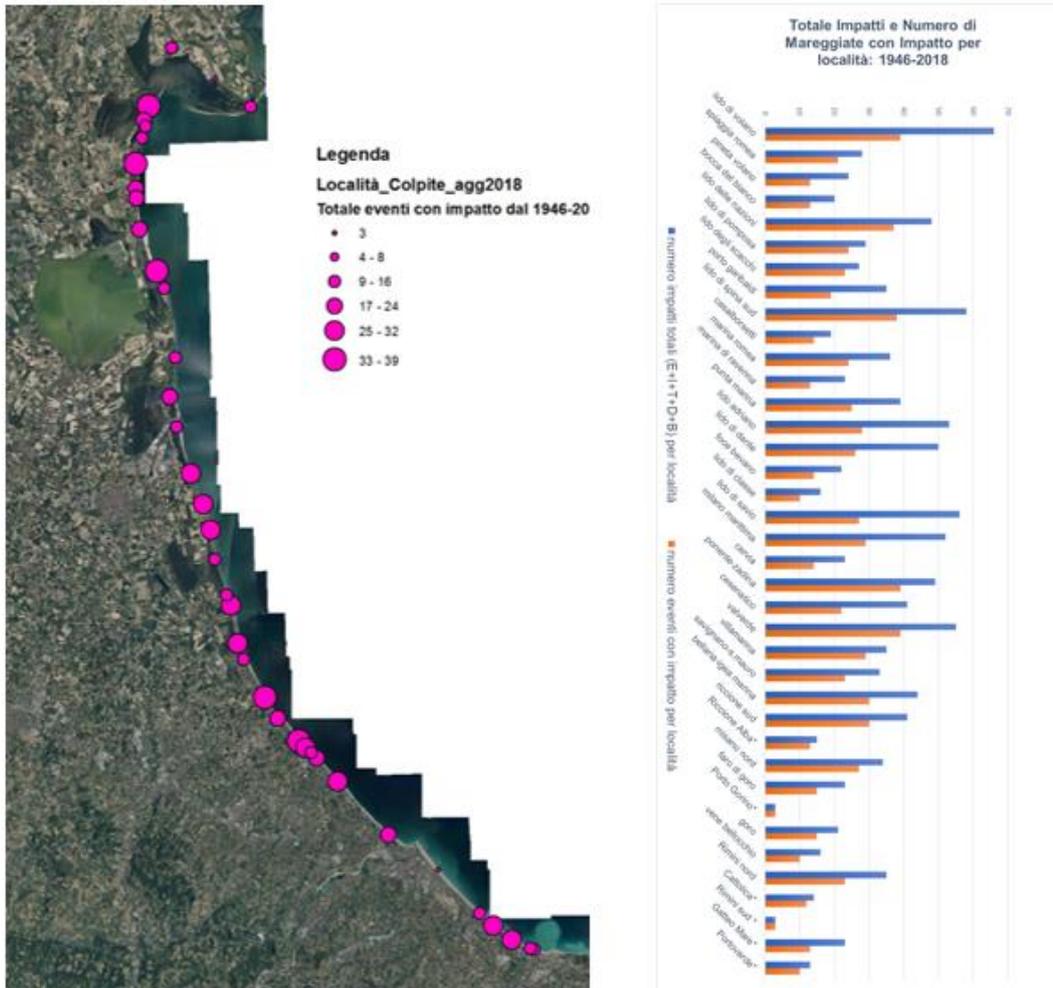


Fig. 15

Se si osserva la distribuzione delle diverse tipologie di impatto per località, in figura 16, si può notare che, anche sul lungo periodo dominano le segnalazioni per il fenomeno erosivo (695 segnalazioni), a cui segue il fenomeno dell'inondazione (258 segnalazioni), danni agli stabilimenti balneari (130 segnalazioni), danni alle opere di difesa (97 segnalazioni) e infine la tracimazione di canali (42 segnalazioni)

Le località maggiormente colpite dal fenomeno erosivo ( $S > 20$  segnalazioni) sono: Lido di Volano, Lido delle Nazioni, Lido di Pomposa, Lido di Spina sud, Marina Romea, Punta Marina, Lido Adriano, Lido di Dante, Lido di Savio, Milano Marittima, Ponente-Zadina, Valverde, Villamarina, Savignano-S.Mauro, Bellaria-Igea Marina, Riccione sud, Misano nord e Rimini nord

A superare le 20 segnalazioni per il fenomeno dell'inondazione marina è invece solo Lido i Savio.

Va precisato, tuttavia, che soprattutto per le le mareggiate più vecchie, le informazioni sugli impatti sono state ricostruite solo sulla base della cronaca e quindi, se il fenomeno erosivo era quello dominante, le altre informazioni potrebbero essere state trascurate.

L'altro aspetto cruciale è l'entità del danno che, in questa analisi non è analizzata in dettaglio.

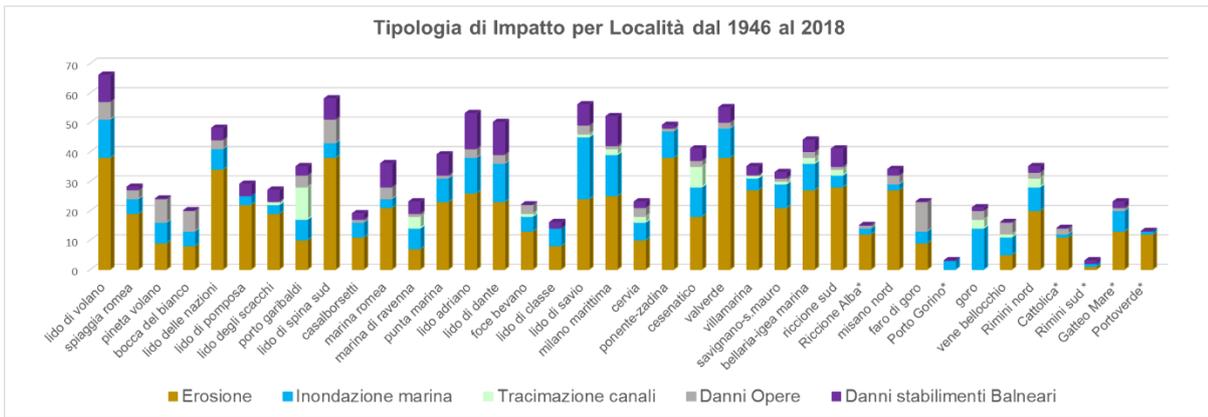


Fig. 16

Le immagini sottostanti riportano la distribuzione spaziale delle diverse tipologie di impatto

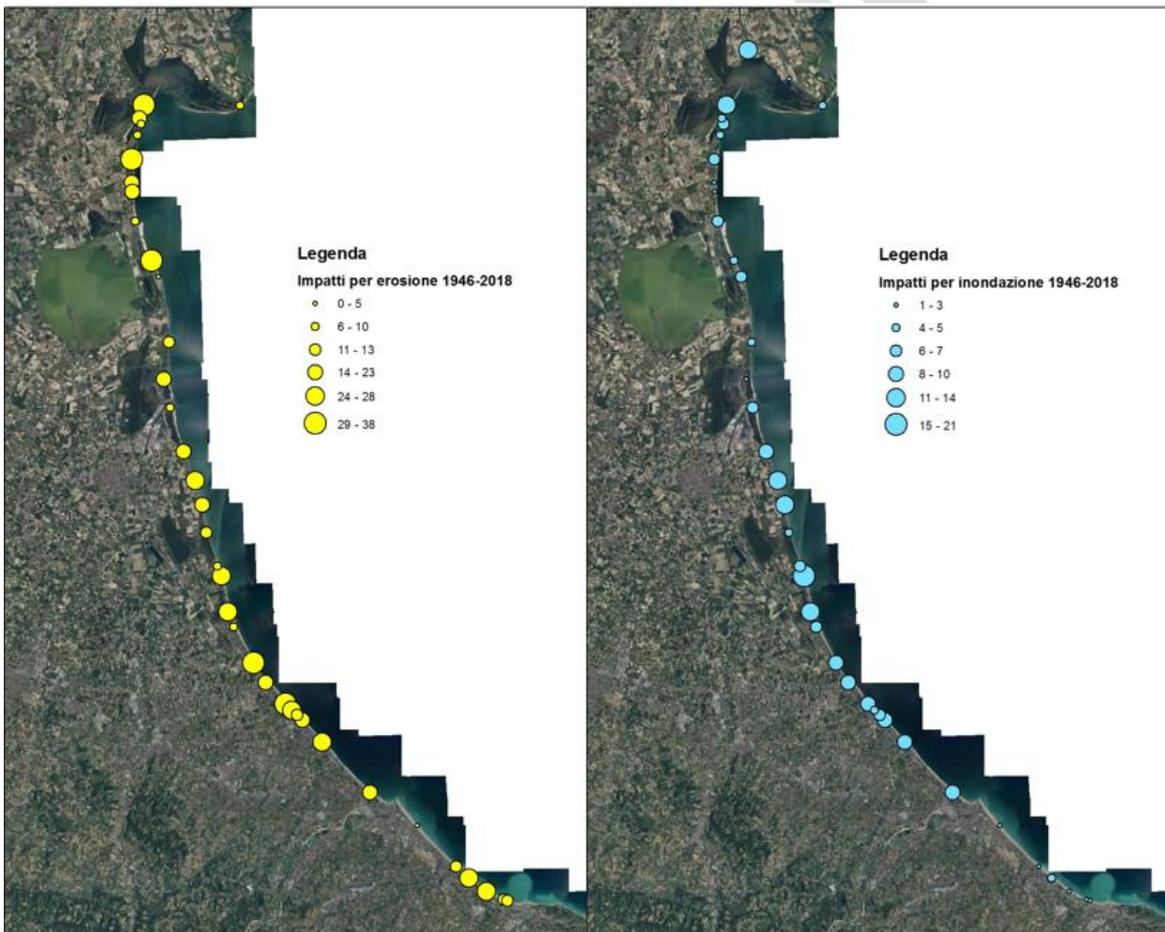
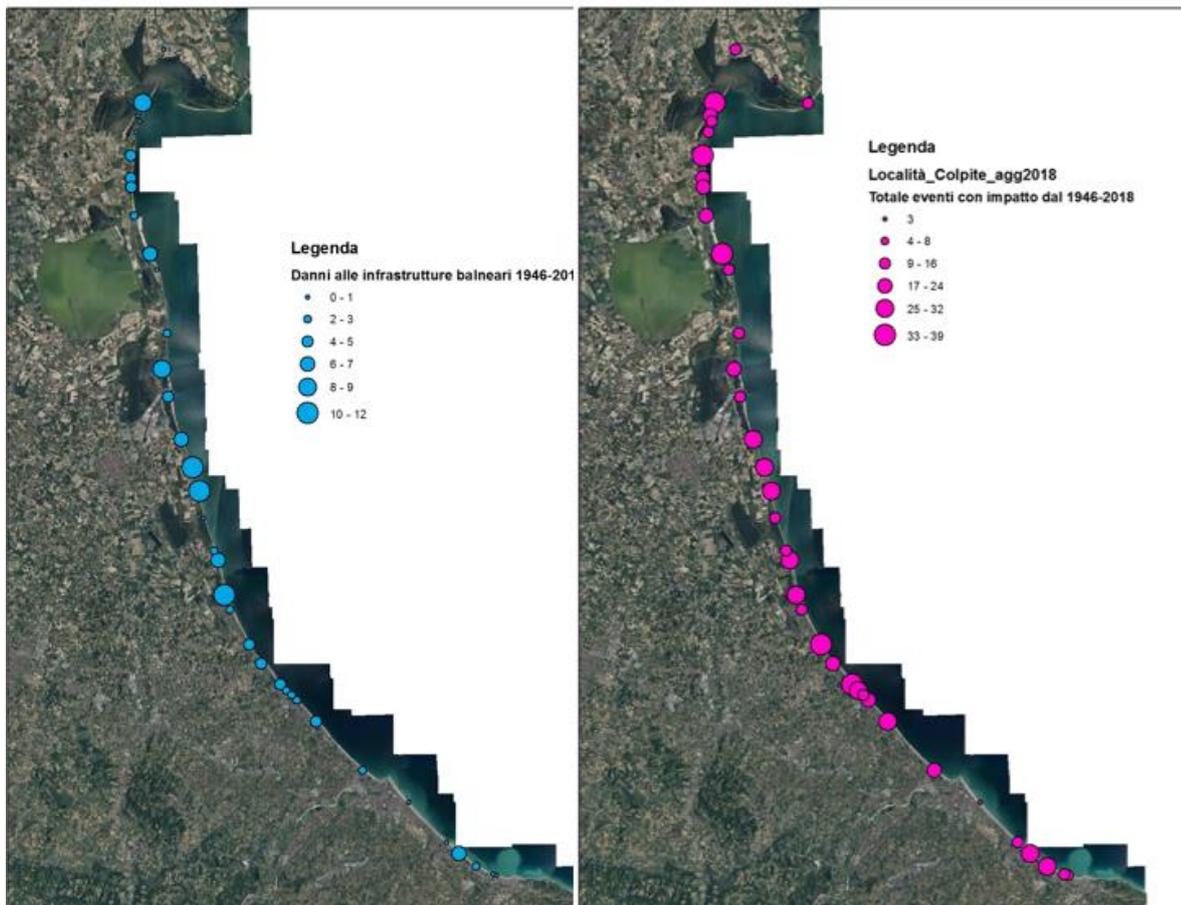


Fig. 17 Distribuzione delle località colpite per erosione e inondazione e numero di eventi



Fig. 18 Distribuzione delle località colpite per tracimazione e danneggiamento delle opere di difesa e numero di eventi



### Bibliografia di riferimento

Armaroli, C., Ciavola, P., Perini, L., Calabrese, L., Lorito, S., Valentini, A., & Masina, M., 2012. Critical storm thresholds for significant morphological changes and damage along the Emilia-Romagna coastline, Italy. *Geomorphology* 143-144, 34-51. doi:10.1016/j.geomorph.2011.09.006

Perini, L., Calabrese, L., Deserti, L. M., Valentini, A., Ciavola, P., & Armaroli, C., 2011. *Le Mareggiate E Gli Impatti Sulla Costa in Emilia-Romagna, 1946-2010*. Bologna: I Quaderni di ARPA – Regione Emilia Romagna.

Perini L., Calabrese L., Lorito S., Luciani P. (2015). Il Rischio da mareggiata in Emilia-Romagna: l'evento del 5-6 Febbraio 2015. *Il Geologo* Volume n. 53 p. 8-17.

Valentini A. 2016, Review of Climate change impacts on sea storm occurrence. Report progetto Life Primes. Azione A1.