

GESTIONE E PREVENZIONE
DEL **RISCHIO COSTIERO**
DI UN TERRITORIO
IN EVOLUZIONE

PISA 8 OTTOBRE 2019

Scuola Normale Superiore
Piazza dei Cavalieri
9:00 - 17:30



Il ruolo dei cambiamenti climatici nella previsione del rischio a breve e lungo termine

*Brandini C., Perna M., Bendoni M., Vannucchi V., Taddei S.,
Messori G., Iannucilli M., Vallorani R., Capecchi V., Pasi F.,
Vitale G., Orlandi A., Gozzini B.*



Consiglio Nazionale delle Ricerche



La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La cooperazione al cuore del Mediterraneo



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Consiglio Nazionale delle Ricerche

Il concetto di rischio



Rischio a “breve” termine (scala di mareggiata)



Rischio a “lungo” termine (scala dei processi erosivi e cambiamenti climatici)



I due concetti non sono slegati: il lungo termine è in parte rappresentato dall’effetto di processi a breve termine (che non sono lineari), ma anche il lungo termine influenza il modo in cui si manifestano processi a breve termine (es. mutamento nel regime delle mareggiate)

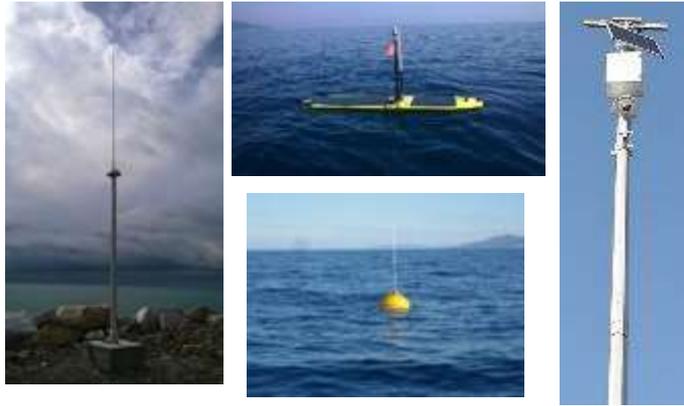
Le attività del progetto MAREGOT per la gestione del rischio costiero a breve e a lungo termine

Si possono identificare due attività di previsione e gestione del rischio costiero in relazione alle scale spaziali alle scale temporali di interesse:

-  **rischio a breve termine** - identificazione previsione e gestione del rischio legato all'impatto delle mareggiate sulla costa → lo strumento tecnico di riferimento è rappresentato dai modelli di previsione meteo marina eventualmente accoppiati con modelli di impatto delle onde sulla costa.
-  **rischio a lungo termine** - fa riferimento ai processi di erosione costiera di lungo periodo che possono portare alla perdita di ambienti naturali o costruiti → anche in questo caso occorre fare riferimento agli scenari legati alla ricostruzione del clima a lungo termine del vento e delle onde, ed è pertanto necessario non limitarsi alla conoscenza di quanto avvenuto nel corso degli ultimi decenni, ma anche tenere conto degli scenari di cambiamento globale.



Osservazioni in situ



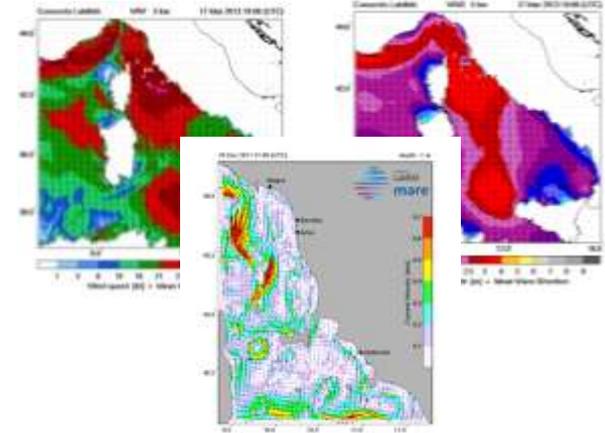
- ✓ Rete istituzionale dati in-situ (boe) → ISPRA + RT;
- ✓ Radar meteo (LaMMA);
- ✓ Rete mareografica (ISPRA)
- ✓ Rete di monitoraggio marino ad alta tecnologia: radar HF (LaMMA)
- ✓ Rete meteo in-situ (anemometri)
- ✓ Correntometri/ondametri costieri (ADCP)
- ✓ Veicolo autonomo di superficie – Wave Glider (LaMMA)
- ✓ Webcam
- ✓ Rilievi a terra (GPS)

Osservazioni remote



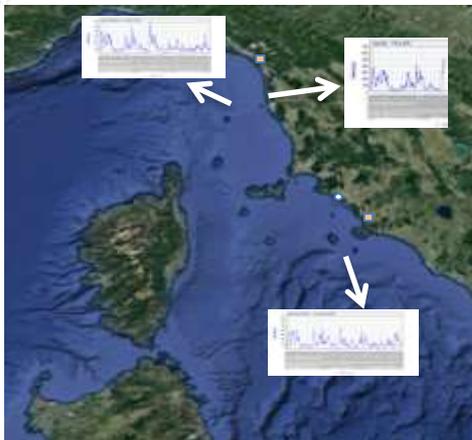
- ✓ Integrazione osservazioni in-situ con dati satellitari con Sentinel 1 – 2 - 3 e immagini satellitari Pleiads

Modelli



- ✓ Un insieme di modelli: meteorologici, di moto ondoso e di circolazione
- ✓ Girano come downstream services di servizi a scala europea (ECMWF, CMEMS)
- ✓ Multiscala (fino alla risoluzione portuale);
- ✓ Modelli di agitazione ondosa e di circolazione ad altissima risoluzione
- ✓ Modelli di hindcast di moto ondoso e vento 4

Osservazioni in situ



Installazione di Webcam per la calibrazione/validazione di modelli



Installazione di una boa ondometrica di largo, di un correntometro/ondametro costiero e di stazioni mareografiche per la misura del livello



Misure tramite ASV per calibrazione/validazione modelli anche in condizioni estreme

Osservazioni remote

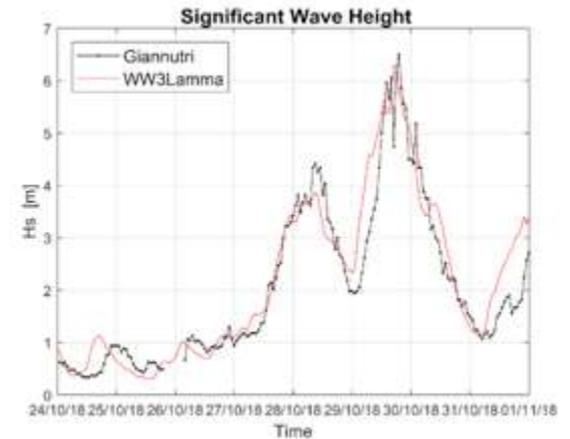
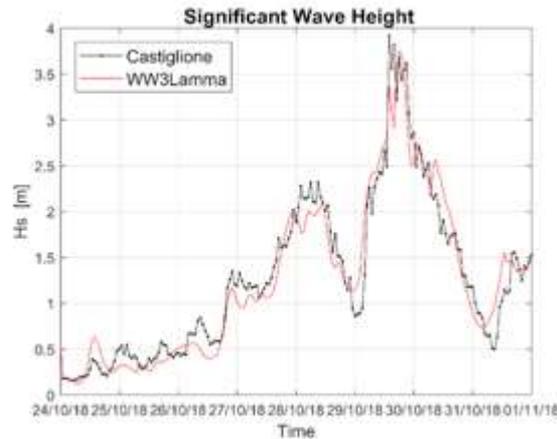
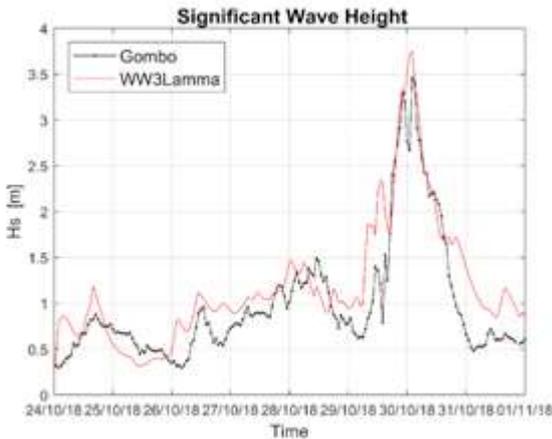
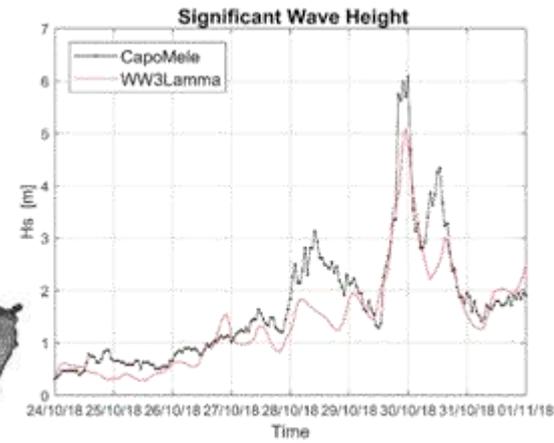
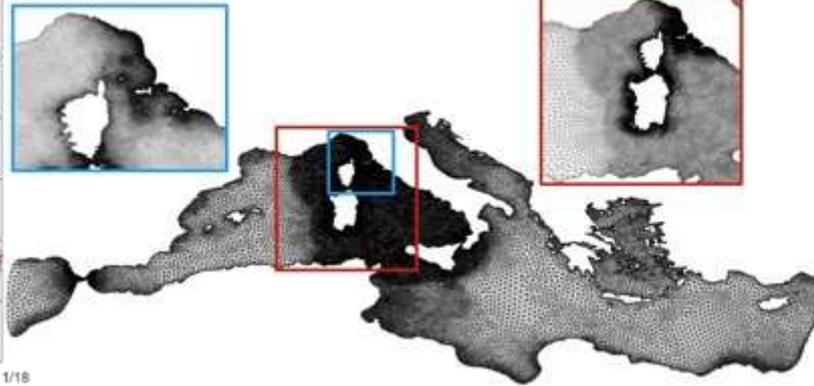
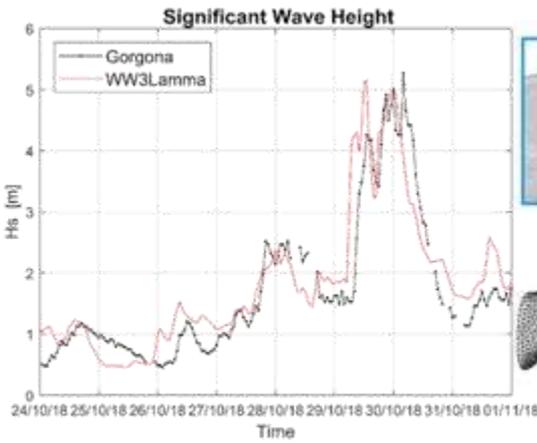
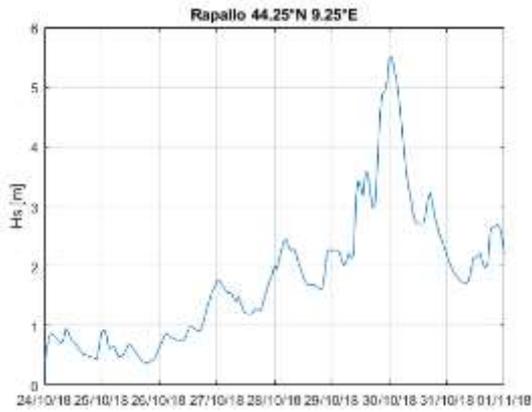


Integrazione osservazioni in-situ con dati satellitari Sentinel 1 – 2 – 3 (a sx) e immagini satellitari Pleiads (a dx)



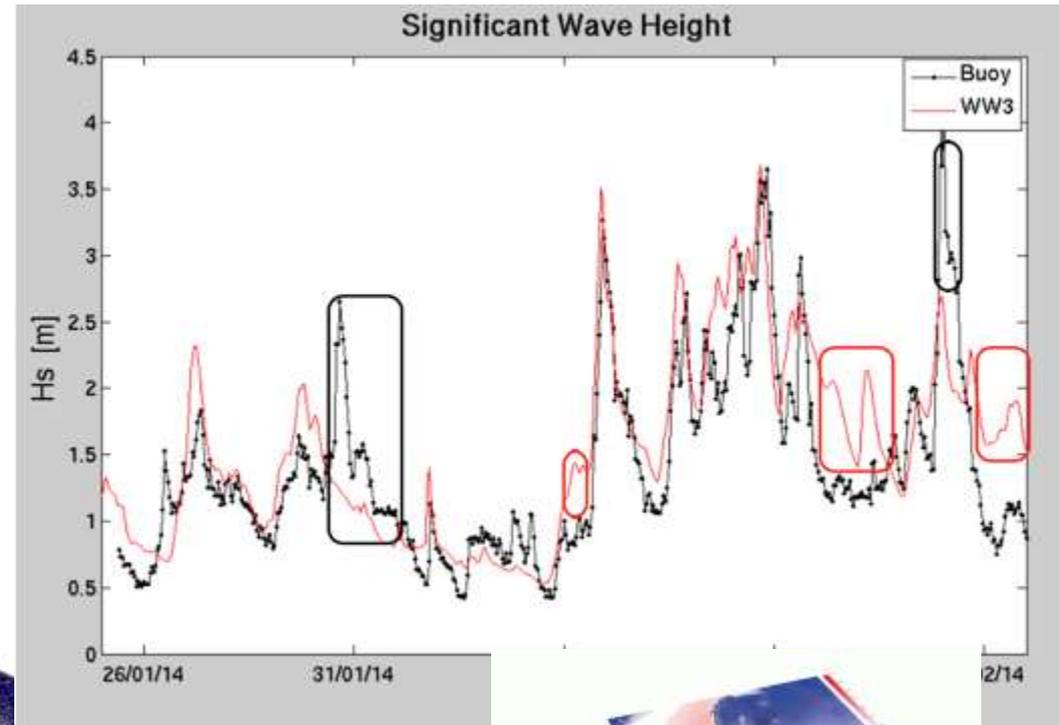
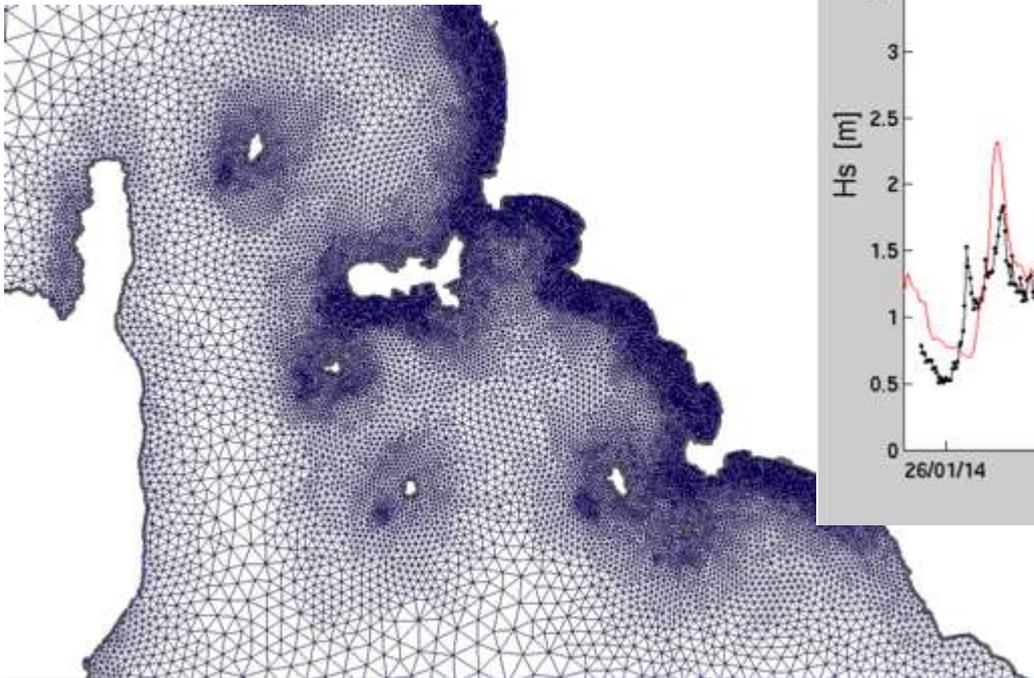
Modelli

Modello di ricostruzione (hindcast) delle mareggiate: uso di modelli a maglia non strutturata



Migliorare i modelli meteomarini per:

- Ridurre l'incertezza previsionale
- Ricostruire il passato (capire la storia dell'evoluzione costiera relativa agli ultimi decenni, e prevedere cosa succederà in futuro)



Rischio a breve termine



Interreg



UNION EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

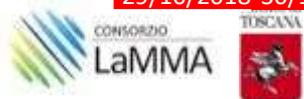
Fonds européen de développement régional



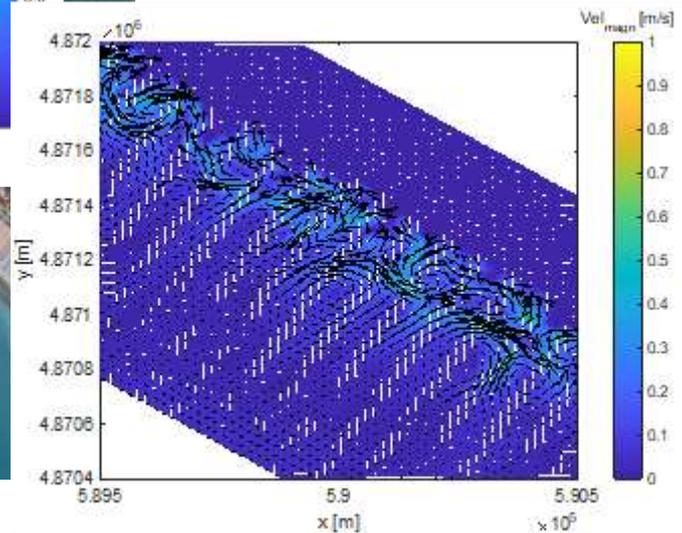
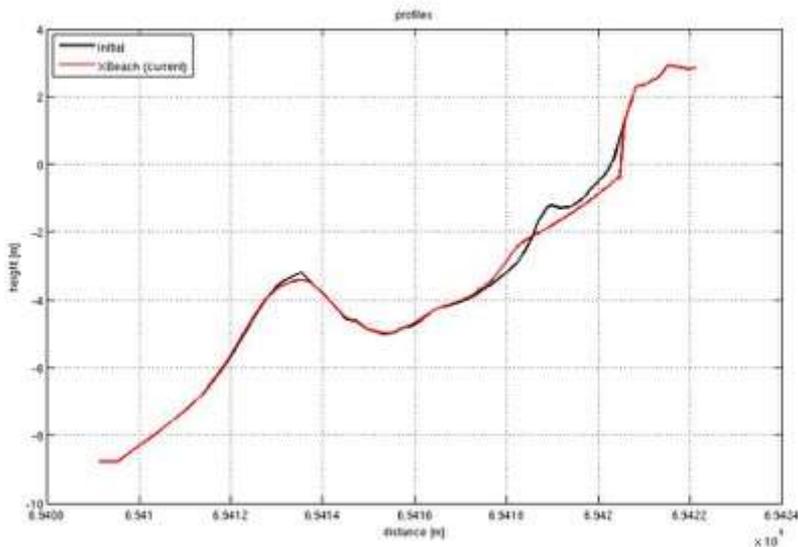
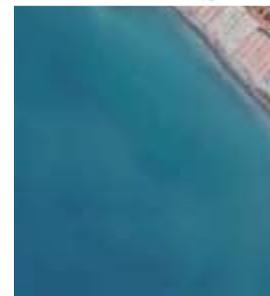
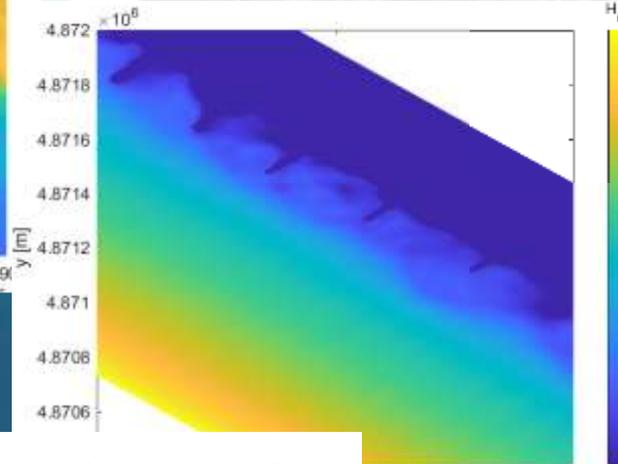
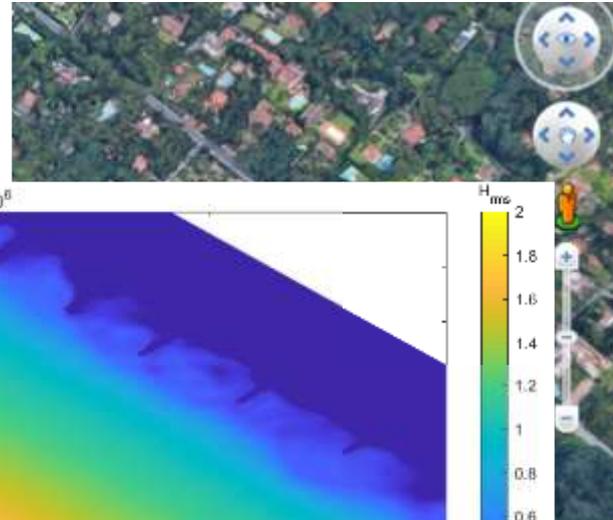
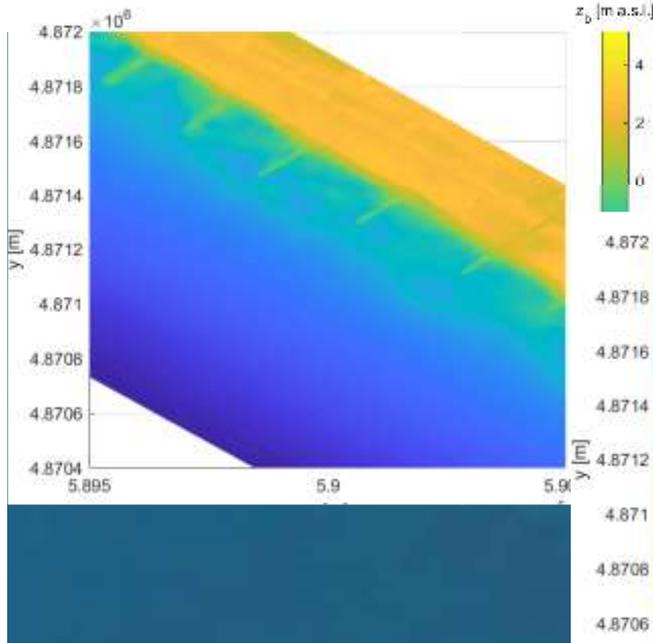
Mareggiate
intense con
evidenze di danni

LA SPEZIA						
Data	Durata [h]	CARATTERISTICHE AL PICCO				
		ORA	Hs	Tp	Dirp	
06/11/2000 08/11/2000	33	06/11/2000 14:00:00	5.77	-	191.13	
03/02/2003 04/02/2003	30	04/02/2003 01:00:00	5.9	10	229.22	
04/10/2003 06/10/2003	54	05/10/2003 06:00:00	6.5	10.5	210	
21/12/2003 22/12/2003	27	21/12/2003 21:30:00	4.47	10.53	151.43	
23/02/2004 24/02/2004	30	23/02/2004 13:30:00	6	10.5	262.1	

GORGONA							CAPO MELE							
Data	D [h]	CARATTERISTICHE AL PICCO					Data	D [h]	CARATTERISTICHE AL PICCO					
		ORA	Hs	Tp	Tm	Dirp			ORA	Hs	Tp	Tm	Dirp	
20/11/2008 22/11/2008	41	22/11/2008 02:08	4.86	-	9.06	234.8								
29/11/2008 02/12/2008	35	01/12/2008 07:37	5.11	-	7.44	232								
24/12/2009 26/12/2009	29	25/12/2009 19:00	4.67	-	7.26	248.9								
01/01/2010 03/01/2010	39	02/01/2010 15:29	5.5	-	8.35	234.8								
15/12/2011 17/12/2011	67	17/12/2011 05:55	7.08	11.1	9.29	236								
05/01/2012 06/01/2012	35	05/01/2012 20:53	4.58	10	7.66	240								
27/10/2012 29/10/2012	58	28/10/2012 09:16	6.5	11.1	8.65	239	27/10/2012 28/10/2012	23	28/10/2012 03:00:00	4.26	9.57	7.81	216.56	
04/12/2012 05/12/2012	39	04/12/2012 16:43	5.12	10	7.93	243.3								
25/12/2013 26/12/2013							25/12/2013 26/12/2013	44	25/12/2013 23:30:00	5.35	9.38	8.01	187.03	
04/11/2014 05/11/2014							04/11/2014 05/11/2014	33	05/11/2014 00:00:00	4.73	10.06	8.2	165.94	
29/01/2015 31/01/2015	57	30/01/2015 03:00	5.2	9.07	7.2	255.9								
11/01/2016 14/01/2016	82	12/01/2016 01:00	6.61	9.97	8.44	246.1								
10/12/2017 16/12/2017	148	11/12/2017 23:00	4.58	10.57	7.48	237.7	10/12/2017 12/12/2017	44	11/12/2017 20:30:00	4.73	9.86	7.52	191.25	
08/12/2017 09/12/2017	42	08/12/2017 22:00	5.18	10.57	7.95	239.1			11/12/2017 21:30:00	4.73	10.55	7.52	192.66	
							10/12/2017 12/12/2017	44	11/12/2017 20:30:00	4.73	9.86	7.52	191.25	
									11/12/2017 21:30:00	4.73	10.55	7.52	192.66	
									14/12/2017 21:00:00	3.98	9.18	7.03	216.56	
									16/01/2018 21:00:00	4.1	9.18	8.11	210.94	
16/01/2018 21/01/2018	134	17/01/2018 03:00	7.08	10.57	9.07	244.7	16/01/2018 17/01/2018	31	17/01/2018 05:00:00	4.1	9.47	7.62	215.16	
									17/01/2018 05:30:00	4.1	9.67	7.52	217.97	
29/10/2018 30/10/2018	33	30/10/2018 04:00	5.27	11.72	8.75	244.7	29/10/2018 30/10/2018	33	29/10/2018 23:00:00	6.41	9.57	8.5	271.41	



Applicazione di modelli di valutazione dell'impatto delle onde sulla costa (XBeach) come base per la costruzione di scenari di rischio a breve termine



Simulazioni XBeach



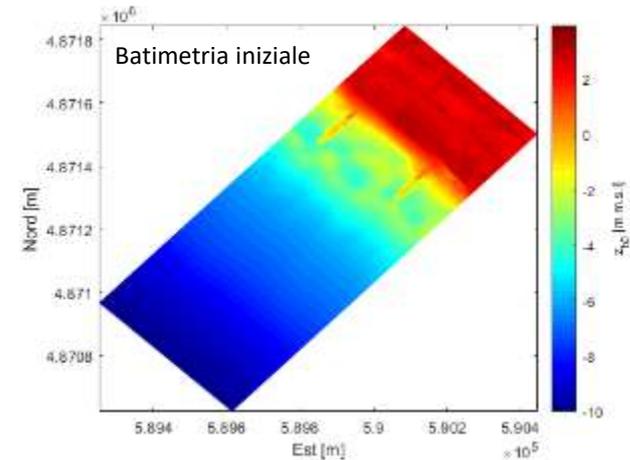
Interreg
UNION EUROPEA



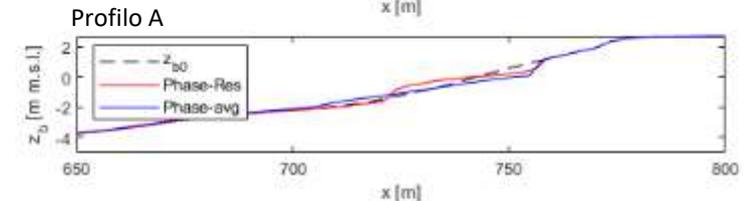
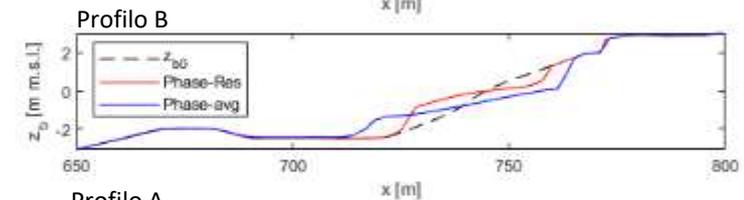
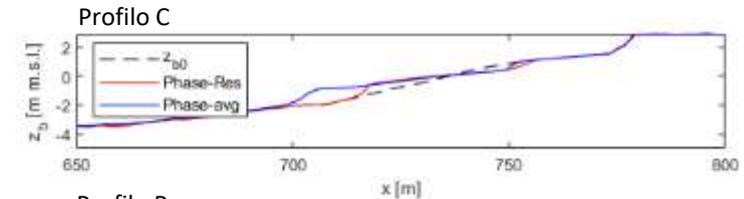
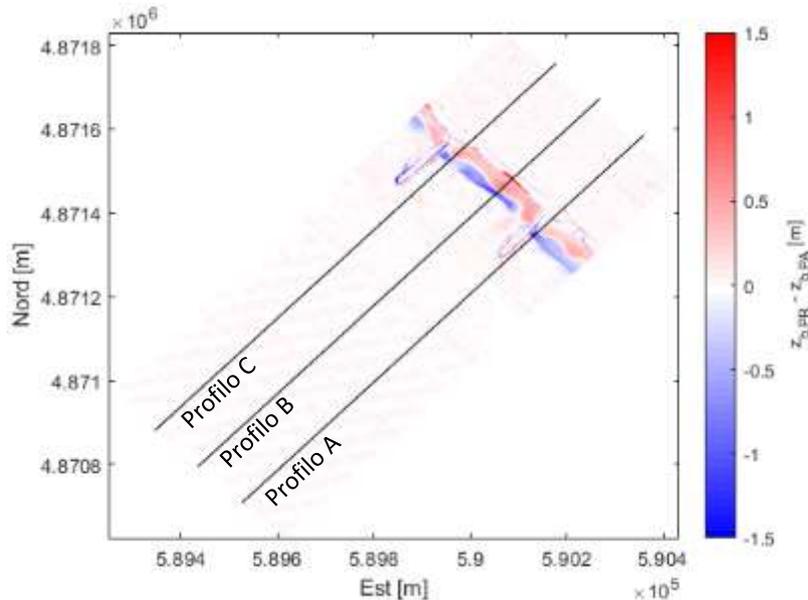
MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional

- Evento del 28 Ottobre 2012 sulla spiaggia di Ronchi (MS)
- Condizioni al contorno spettrali $S(x,y,f,\theta)$
- Confronto Phase-Averaging / Phase-Resolving
- Necessità di dati per calibrazione modello (webcam)

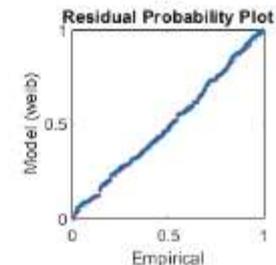
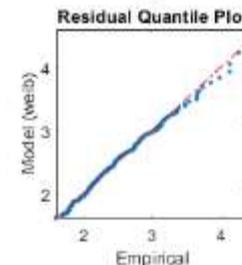
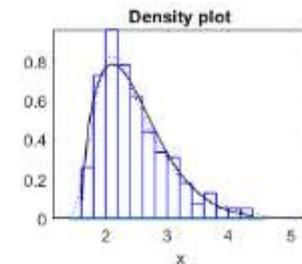
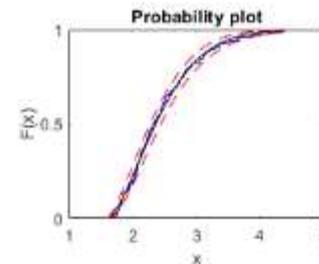
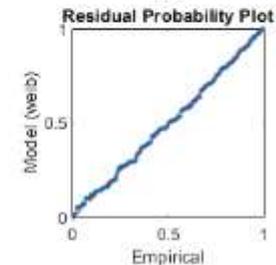
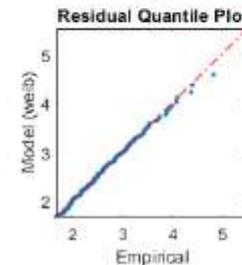
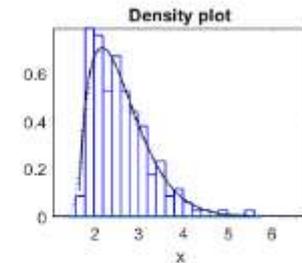
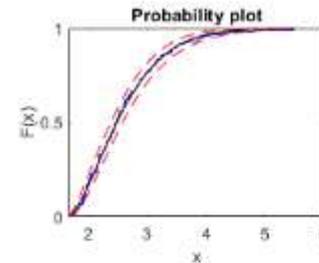
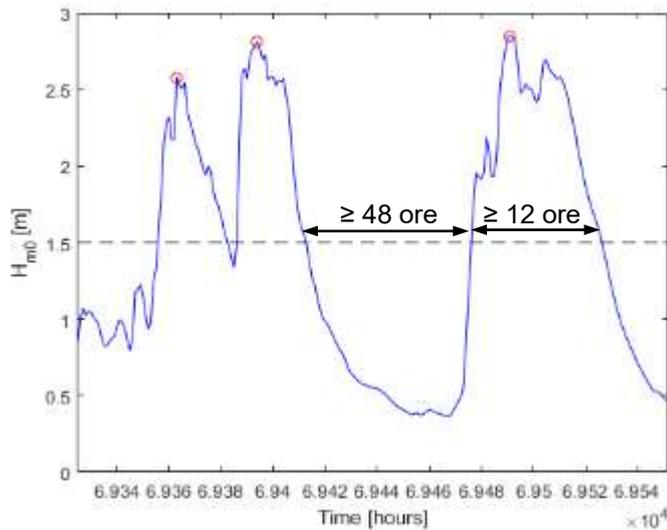


Differenza tra batimetria finale con approccio PR e PA



Analisi Eventi Estremi

- Hindcast ERA-5 (2001-2018) dati vento
- WW3 maglia non strutturata
- POT (Peak-Over-Threshold) + distribuzione di Weibull (3 parametri)



Determinazione parametri Weibull per ciascuna località a costa

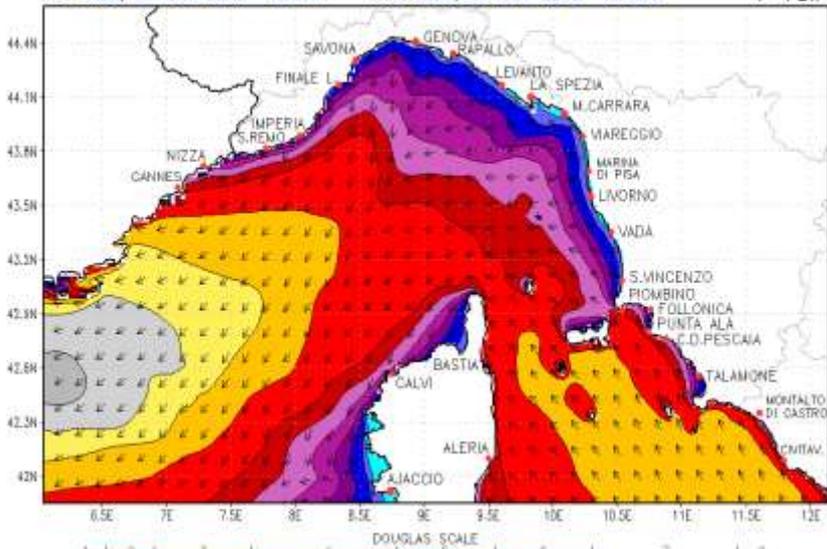


Calcolo $TR(H_{m0,evento})$ per ogni località a costa

Rischio a breve termine

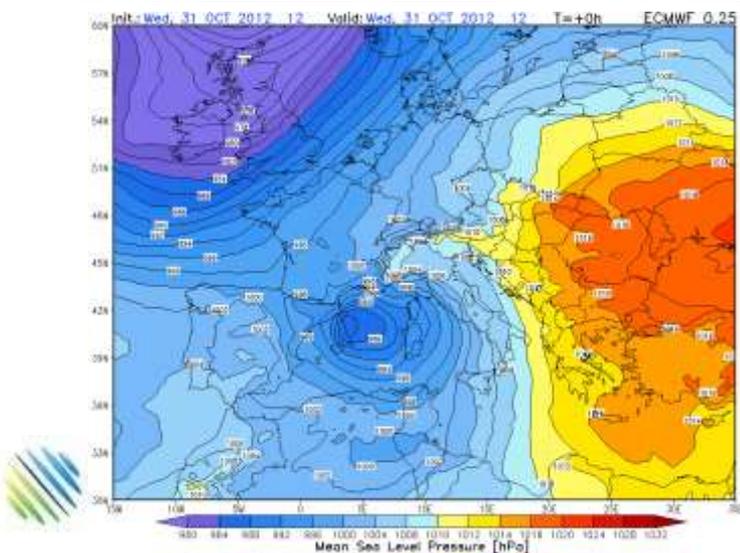
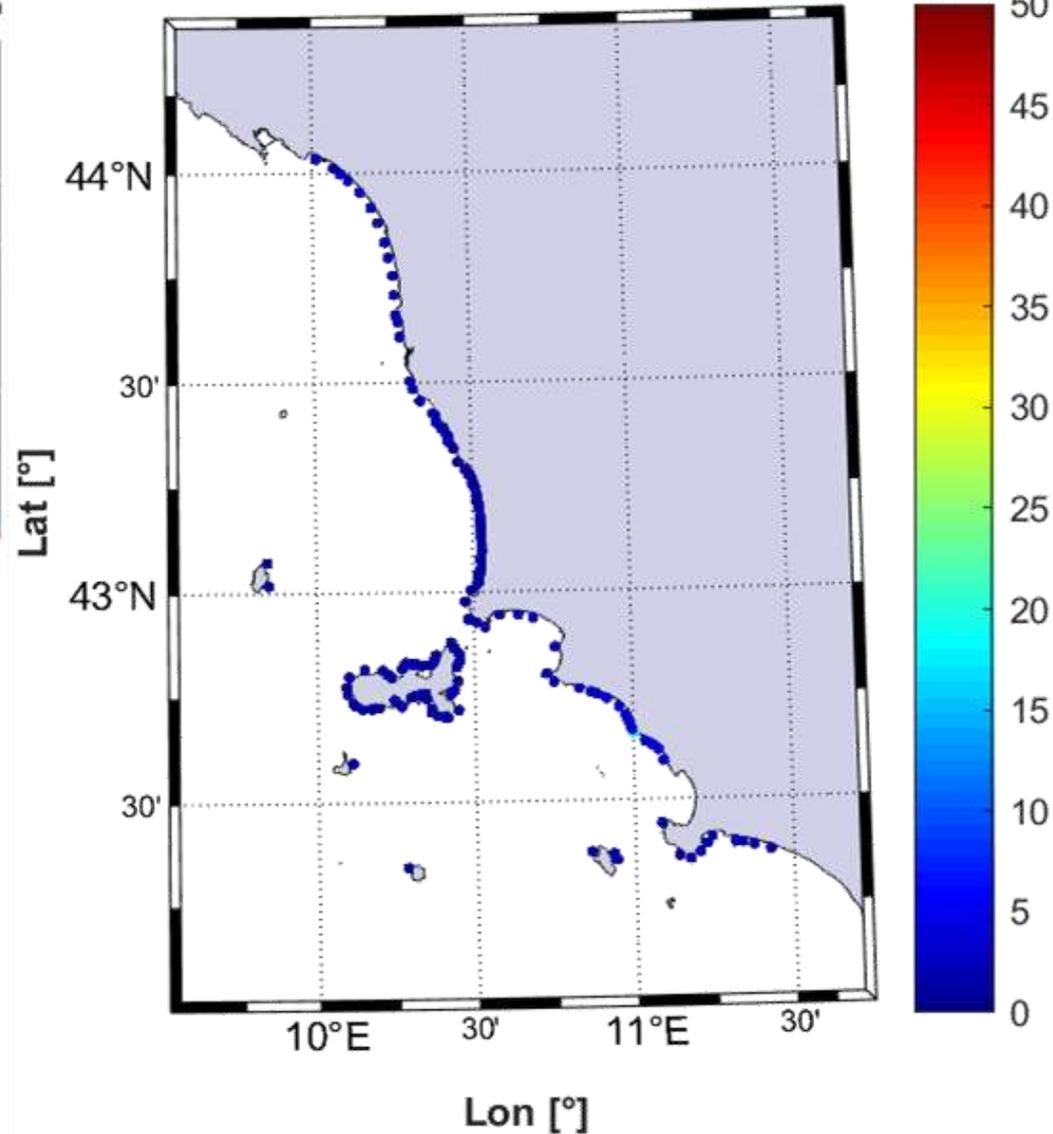
Mareggiata del 31 ottobre 2012

Consorzio LaMMA WW3 3km - WRF ECMWF 3km
Init: Wed, 31 OCT 2012 12 UTC Valid: Wed, 31 OCT 2012 12 UTC T=+0h



TR for 20121031 - Weibull

TR [years]

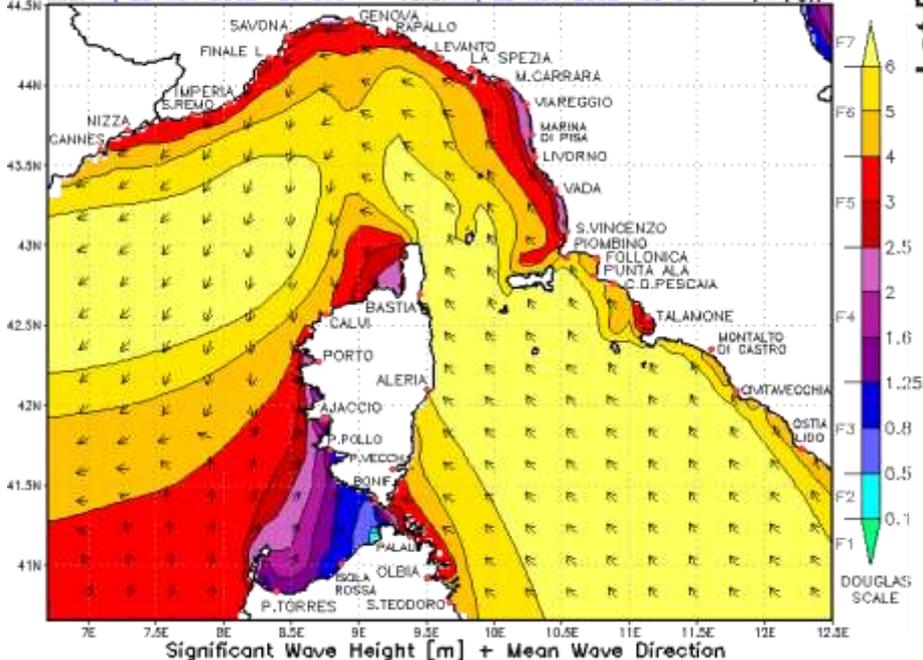


Rischio a breve termine

Mareggiata del 28 Novembre 2008

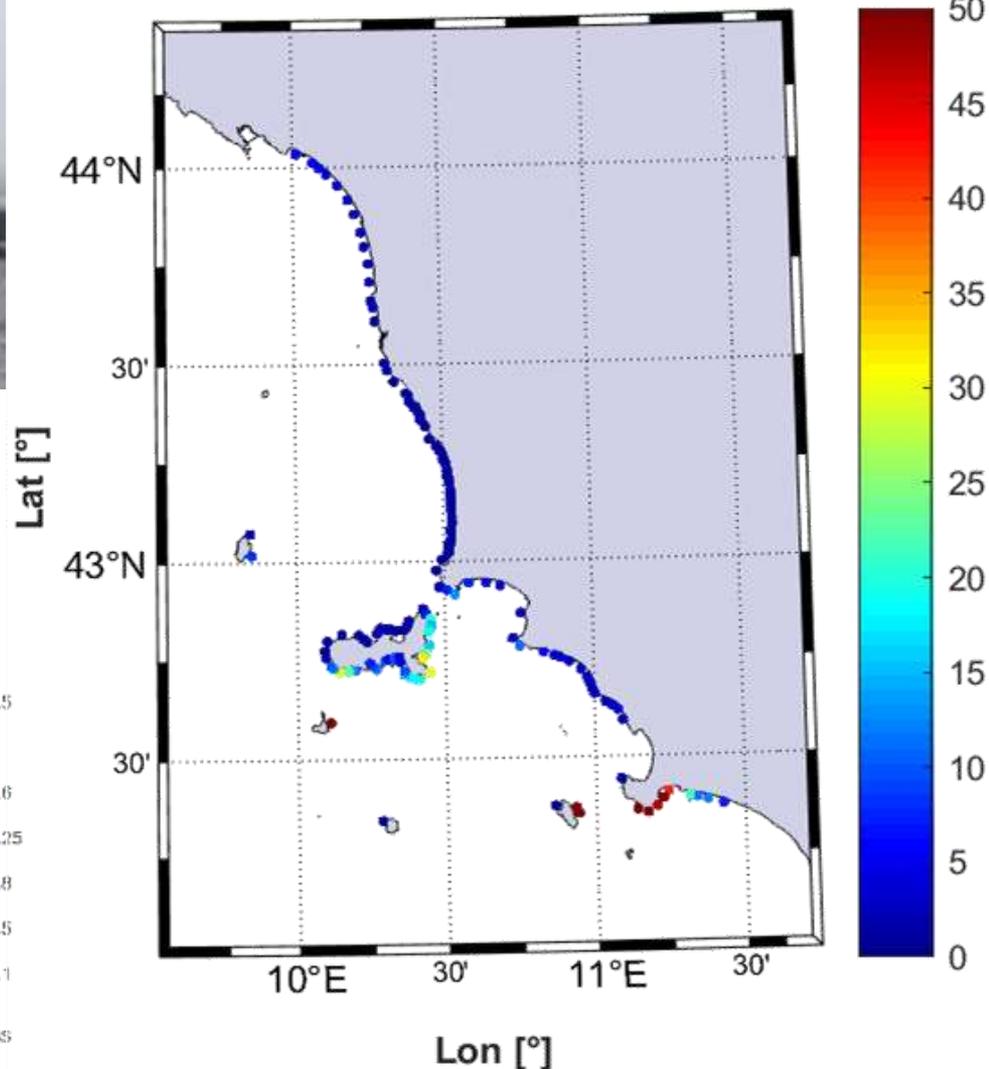


Consorzio Lamma WW3 0.15deg - WRF 0.2deg
Init.: Fr, 28 NOV 2008 00 UTC Valid: Fr, 28 NOV 2008 09 UTC T=+9h



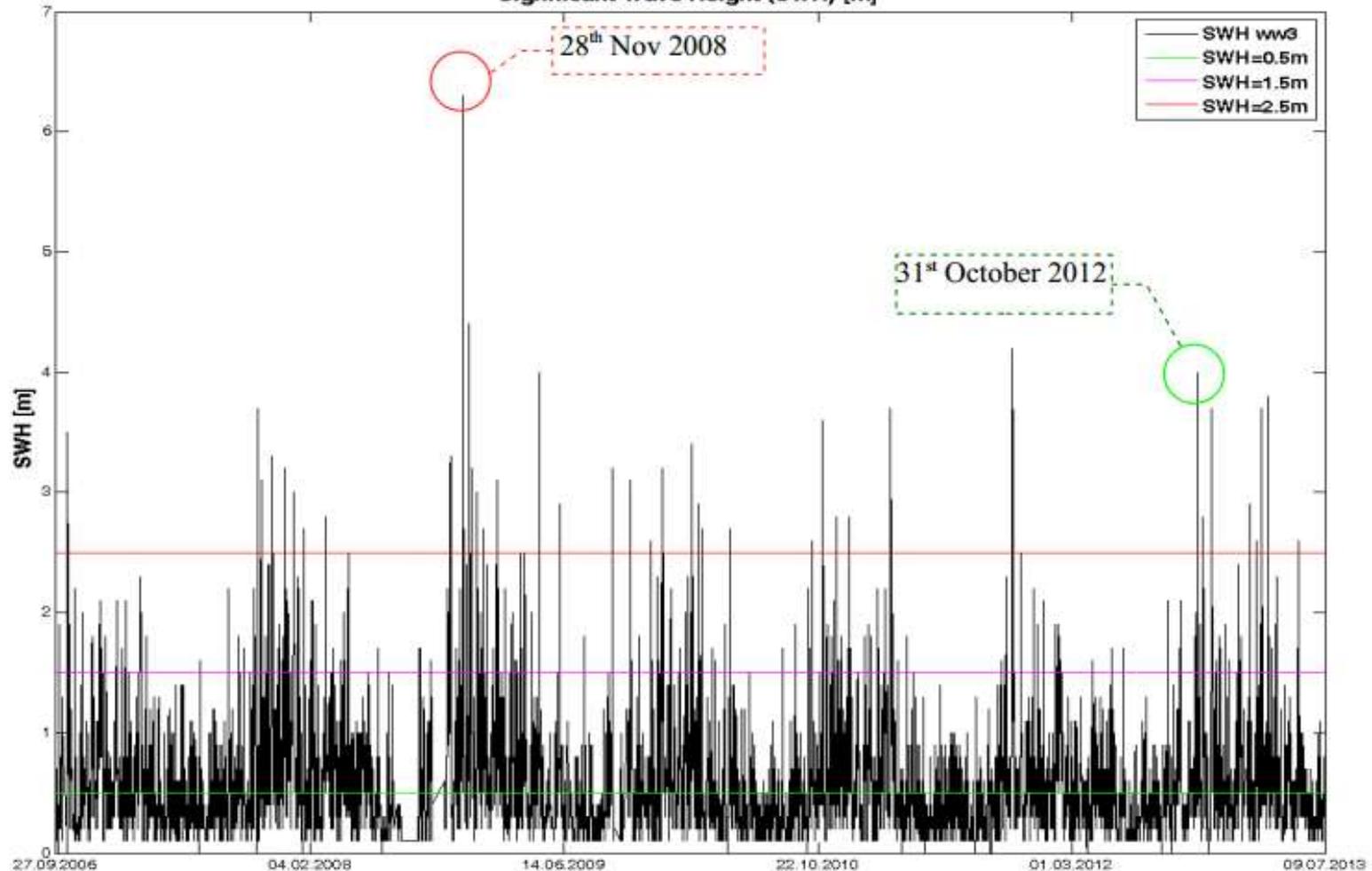
TR for 20081128 - Weibull

TR [years]



Esempio Isola del Giglio

Consorzio LAMMA, WW3 model (res. 3Km) - Hourly data for 2006-2013
Significant Wave Height (SWH) [m]

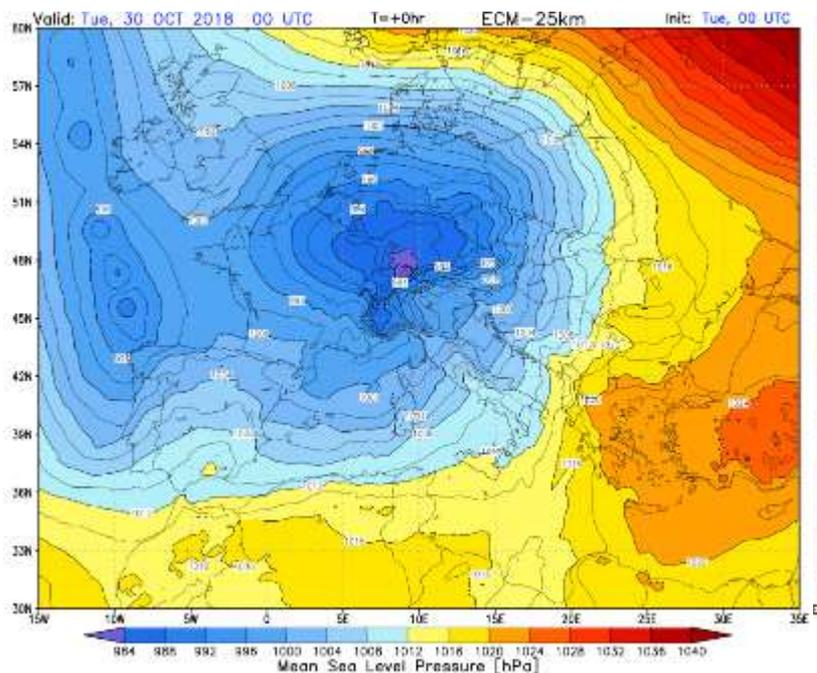
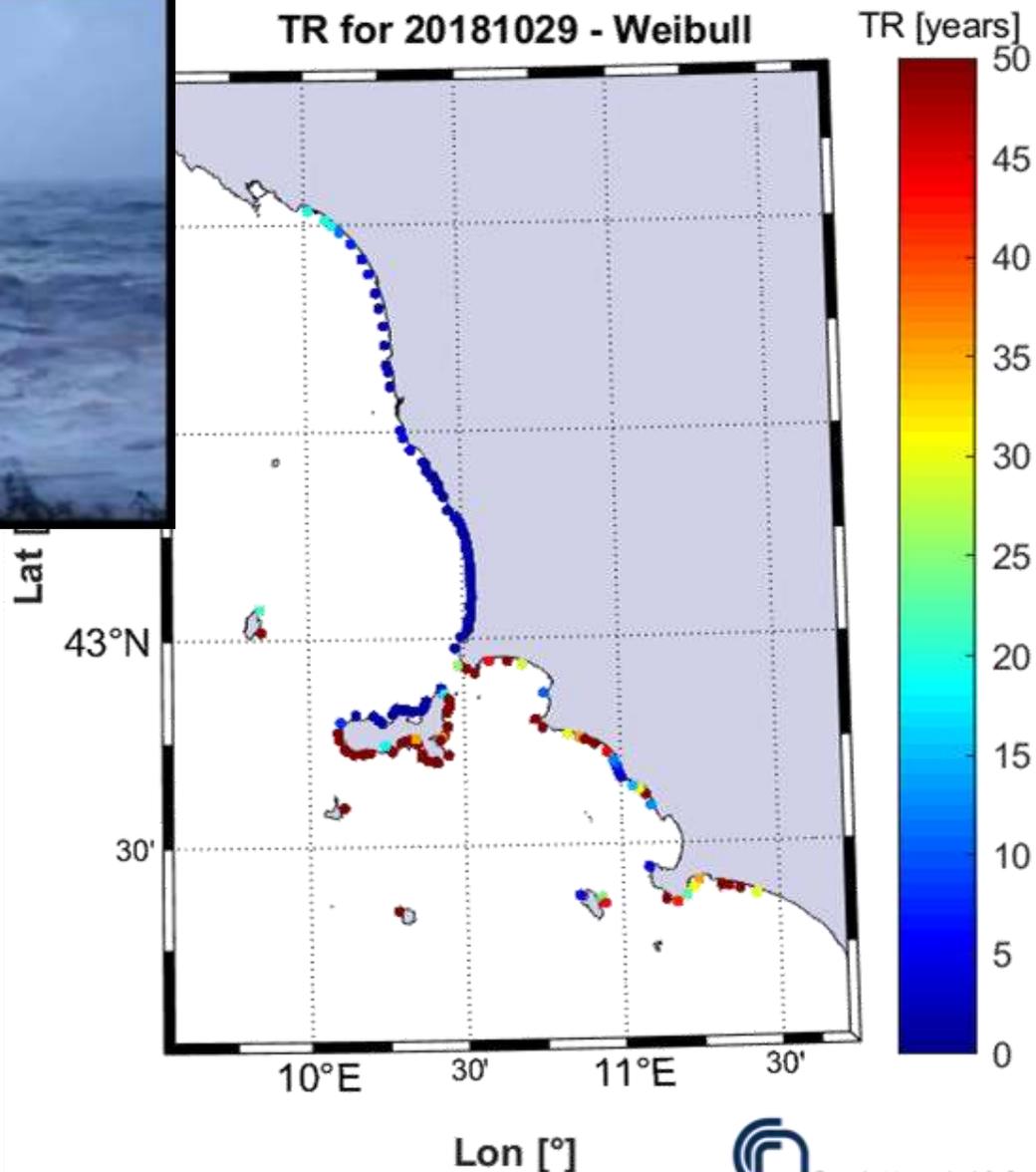


Rischio a breve termine

Consorzio LaMMA WW3 3km - WRF ECMWF 3km
Init: Mon, 29 OCT 2018 12 UTC Valid: Mon, 29 OCT 2018 23 UTC T=+11h

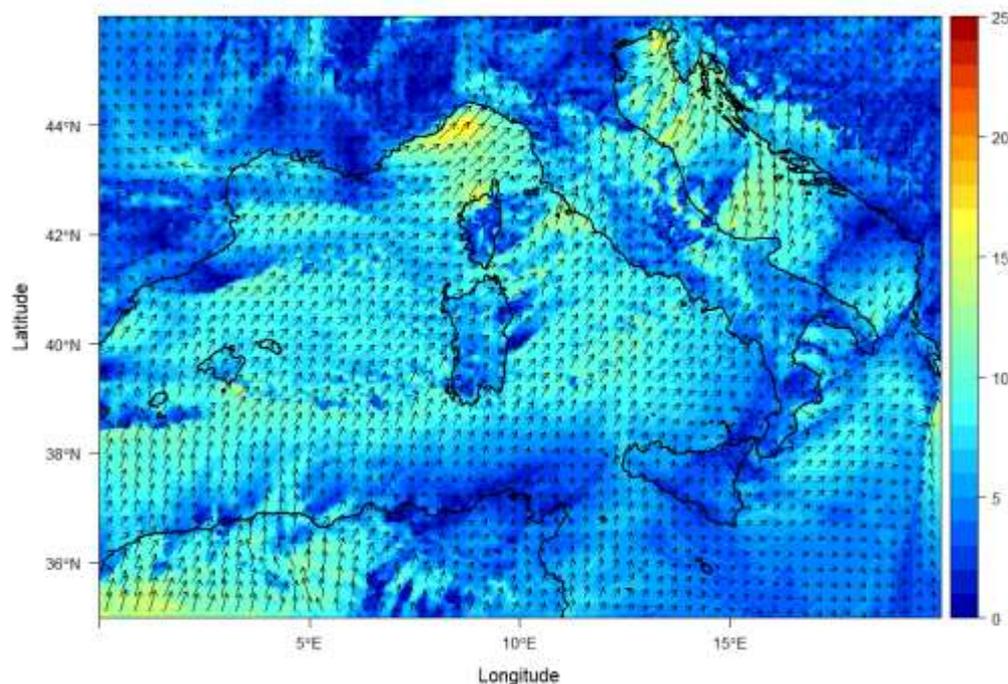


TR for 20181029 - Weibull



erazione al cuore del Mediterraneo

Evento del 28-30 Ottobre 2018 evoluzione

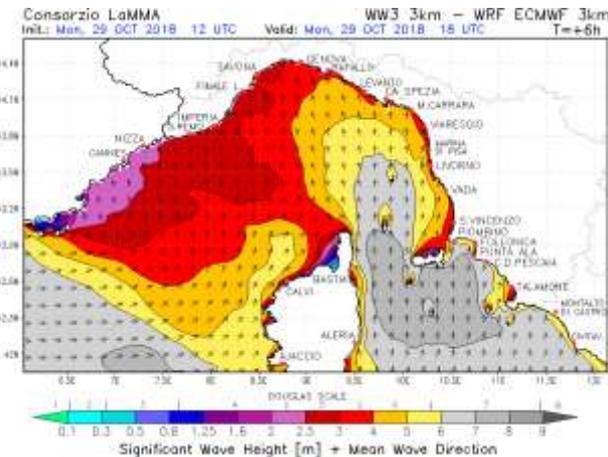
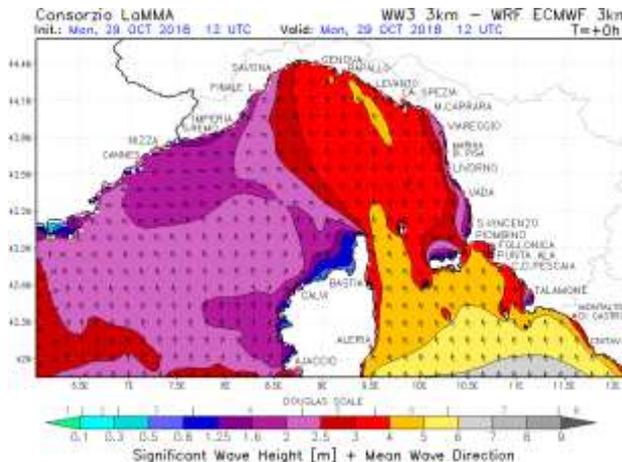
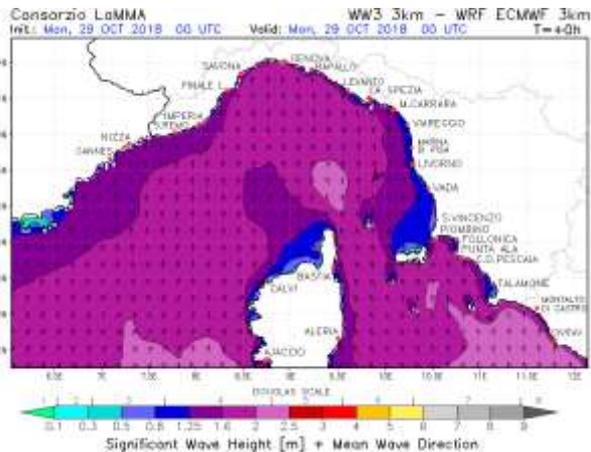


Rischio a breve termine

Le fasi iniziali, Sud e Scirocco

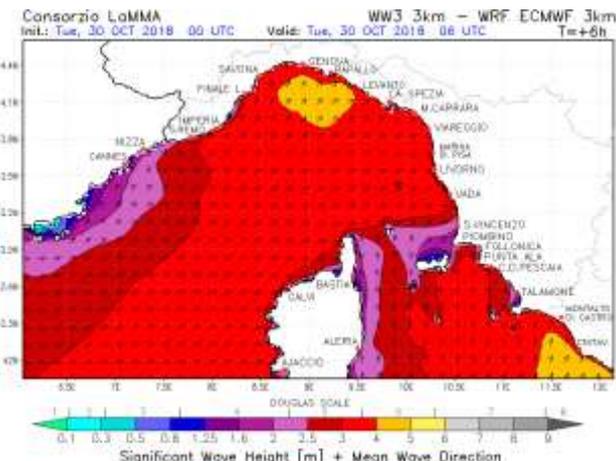
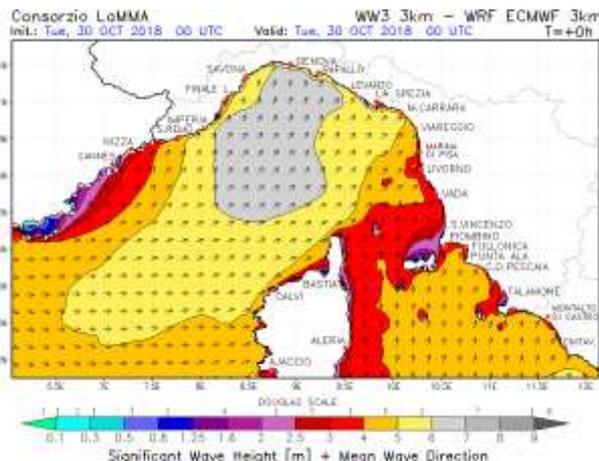
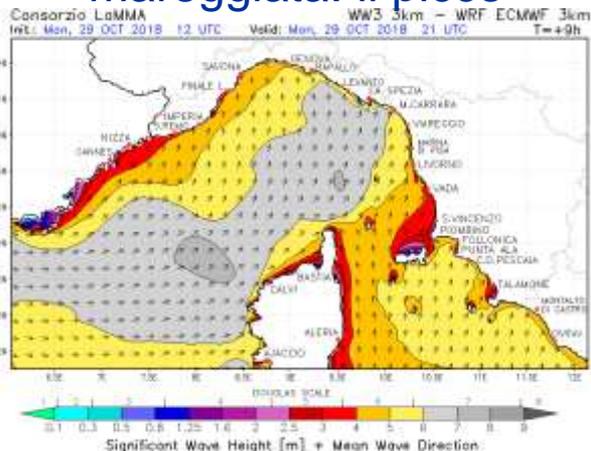
Sud e Scirocco, il passaggio del minimo barico

Il libeccio e il mare incrociato



La previsione della mareggiata: il picco

La coda della mareggiata



Rischio a breve termine

Due eventi, tra i tanti degli ultimi venti anni :
la distruttiva mareggiata di fine Ottobre 2018 ...



RAPALLO, Ottobre 2018



Fonte:

<http://www.genovatoday.it/video/rapallo-mareggiata-drone.html>

Rischio a breve termine

... e un evento anch'esso molto distruttivo, di diciotto anni prima....

RAPALLO, Novembre 2000



Fonte:
<http://www.youtube.com>

Rischio a breve termine



Interreg



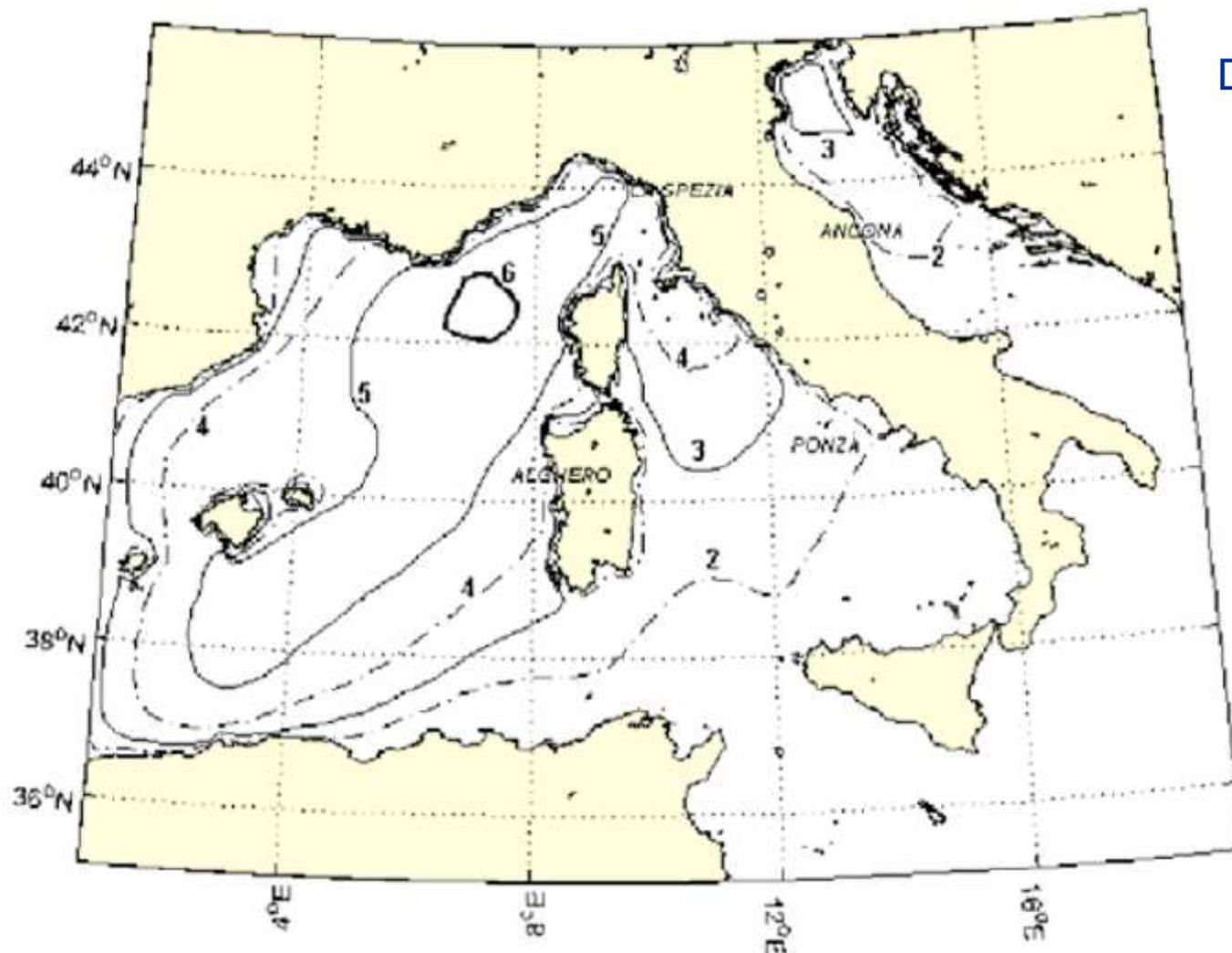
UNION EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional



Il 6-8 Novembre 2000 successe un evento simile?

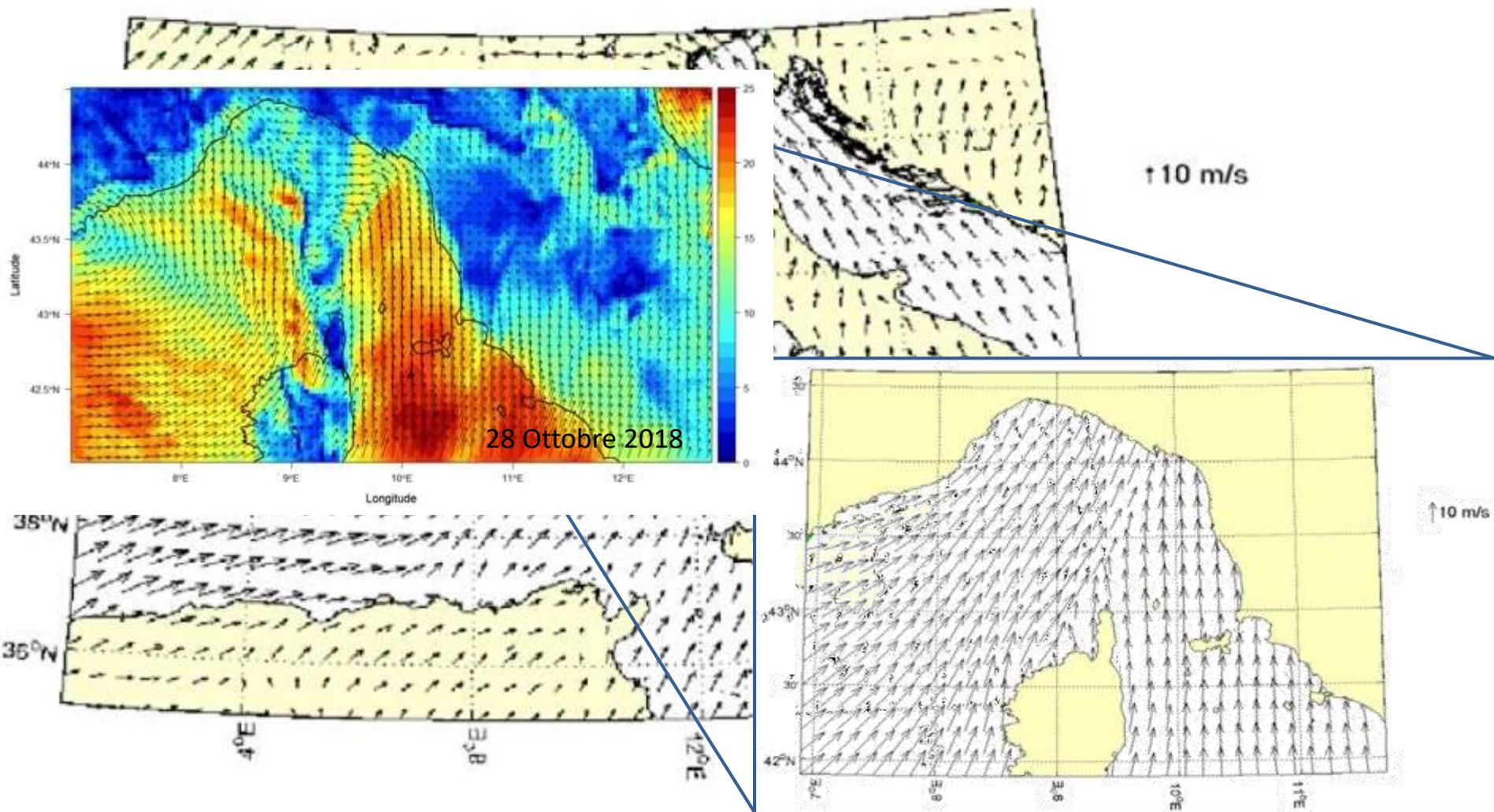


Da Brandini et al.
2002



Rischio a breve termine

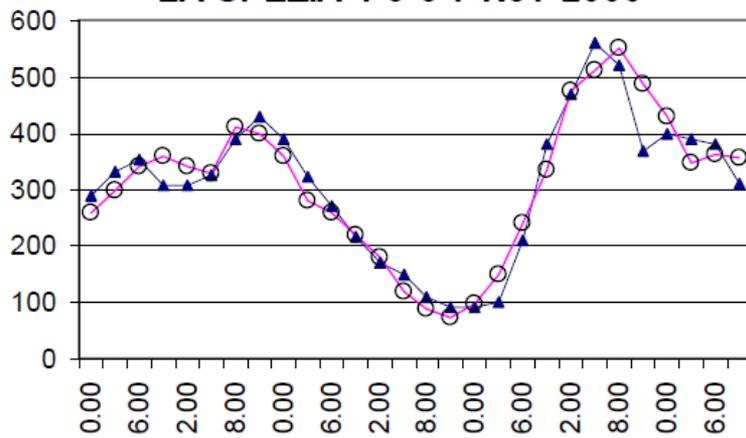
Il 6-8 Novembre 2000 successe un evento simile?



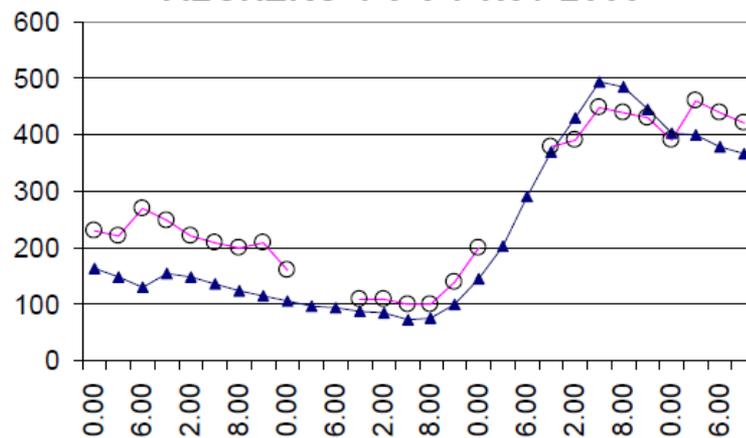
Rischio a breve termine

6-8 Novembre 2000, confronto con i dati della RON

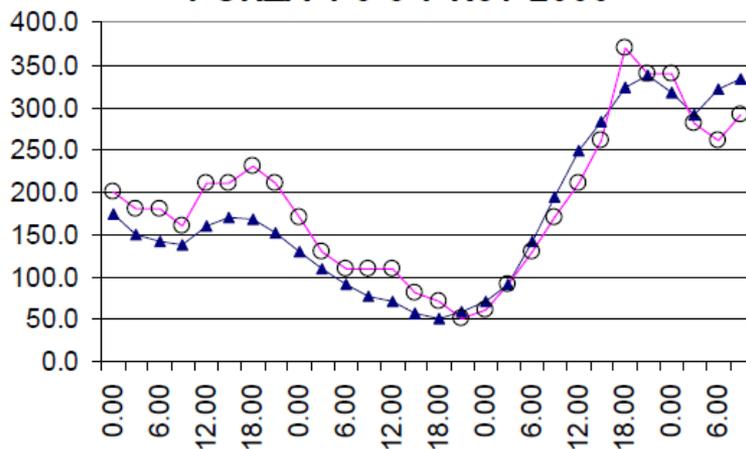
LA SPEZIA 4-5-6-7 Nov 2000



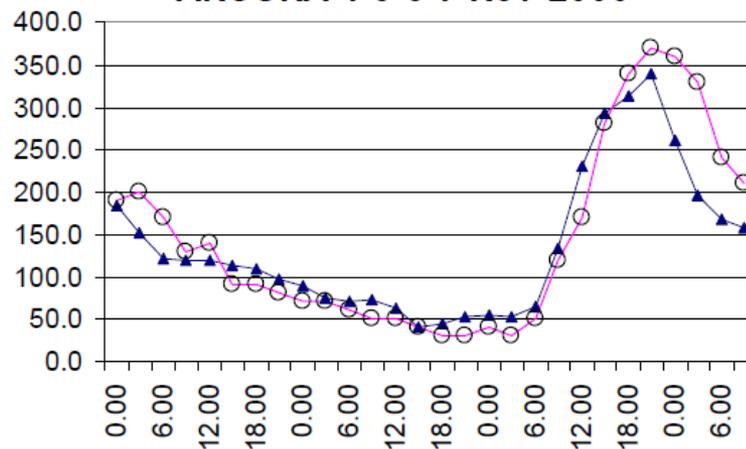
ALGHERO 4-5-6-7 Nov 2000



PONZA 4-5-6-7 Nov 2000



ANCONA 4-5-6-7 Nov 2000



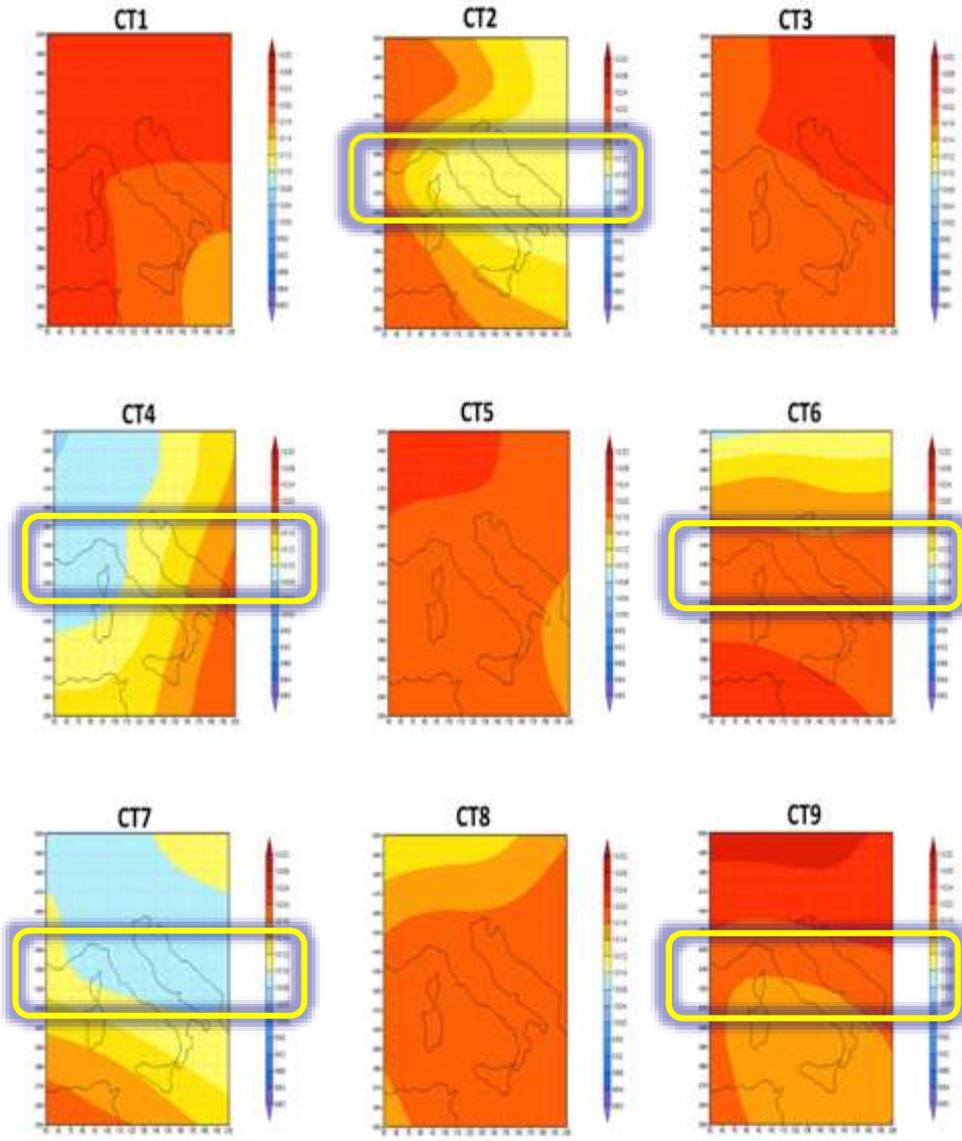
Mareggiate intense e tipi di circolazione atmosferica: una prospettiva climatologica

Mareggiate intense: la previsione del danno richiede un'attenta valutazione dell'impatto delle onde sulla costa (necessità di integrare modelli a diverse scale o di costruire indici di rischio affidabili). Ma è fattibile in tempo reale?

Circolazione generale: ci sono delle caratteristiche ricorrenti nella circolazione che caratterizzano le mareggiate intense?

Cambiamento climatico: ci sono evidenze riguardanti l'evoluzione di queste caratteristiche della circolazione che è necessario tener in considerazione per “prevedere” il rischio o “aggiornare” i criteri di progettazione da adottare per le opere di difesa costiera?

Weather Circulation Types centroids (PCT09 – MSLP)



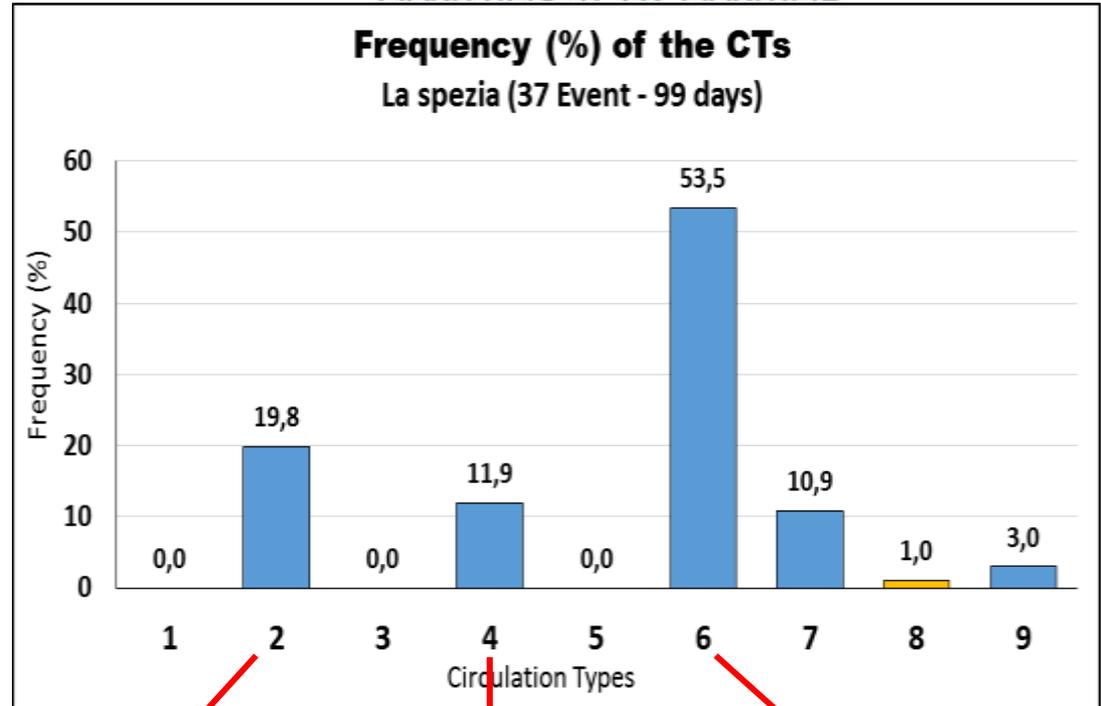
Analisi dei tipi di circolazione

1. High pressure over central-northern Italy, low over Ionian Sea; easterly winds prevailing.
2. High pressure North of Alps, low over central Italy moving southward. Northerly wind over Northern Italy, cyclonic wind circulation over central-southern part of the country.
3. High pressure conditions over central-southern Europe
4. Atlantic trough associated with deep low pressure over gulf of Lion/Ligurian Sea. High pressure blocking over Balkans. Warm and moist southerly flow over central-northern Italy with very unsettled weather conditions.
5. High pressure over Central and Western Europe, low between Ionian Sea and Greece. Easterly winds prevailing.
6. High pressure over northern Africa and zonal flow over central Europe with steep pressure gradient. Westerly winds prevailing over central-northern Italy.
7. High pressure over Western Europe, north Atlantic flow associated with several low systems moving southeastward (unsettled conditions over most of Italy).
8. High pressure over central-eastern Mediterranean Sea, low in the western part. Zonal flow North of Alps. Settled and hot weather conditions over whole of Italy.
9. Strong and wide high pressure over central Europe and Northern Italy, low over central-southern part of the country (cut-off).

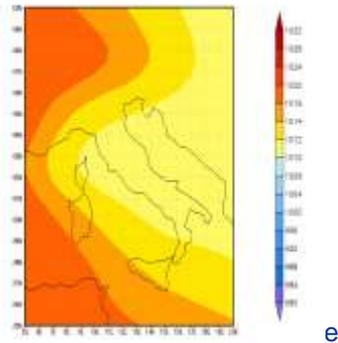
Mareggiate intense e tipi di circolazione

Alcune mareggiate intense e i tipi di circolazione (CTs) associati (PTC9)		
Misure da boa	Data	CTs
La Spezia	25-27/12/1999	6
La Spezia	6-8/11/2000	4/6
Gorgona	30-31/3/2010	4/6
Gorgona	3-8/12/2011	6
Gorgona (*)	28-30/10/2018	4

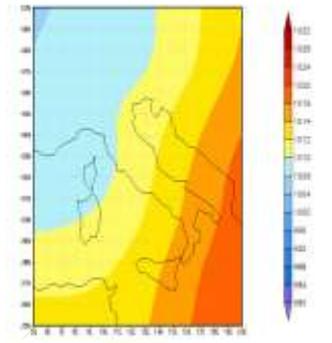
La spezia			
Frequency (%) of the CTs			
(37 Event - 99 days)			
TYPES CYCLONIC		TYPES ANTICYCLONIC	
CTs	%	CTs	%
2	19,8	1	0,0
4	11,9	3	0,0
6	53,5	5	0,0
7	10,9	8	1,0
9	3,0		
Tot	99,0	Tot.	1,0



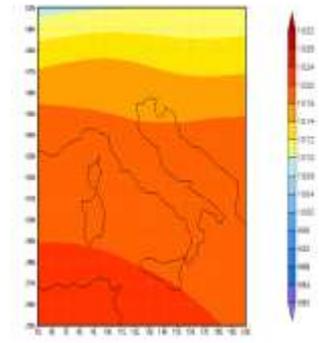
CT2



CT4



CT6

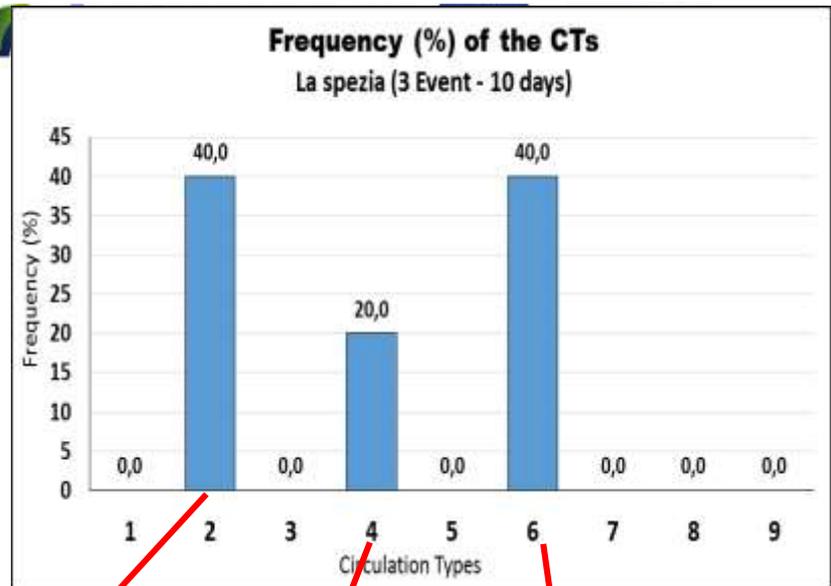


Gorgona
Heavy sea storms (Hs>90°
percentil) and daily CTs (PCT9)

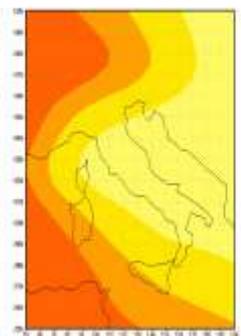
	DATA	CTs
Event 1 La Spezia	15/12/2011	6
	16/12/2011	6
	17/12/2011	2
Event 2 La Spezia	27/10/2012	4
	28/10/2012	2
	29/10/2012	2
Event 3 Gorgona	11/01/2016	6
	12/01/2016	6
	13/01/2016	2
	14/01/2016	4

Gorgona
Frequency (%) of the CTs
(3 Event - 10 days)

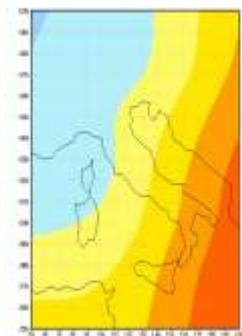
TYPES CYCLONIC		TYPES ANTICYCLONIC	
CTs	%	CTs	%
2	40,0	1	0,0
4	20,0	3	0,0
6	40,0	5	0,0
7	0,0	8	0,0
9	0,0		
Tot	100,0	Tot.	0,0



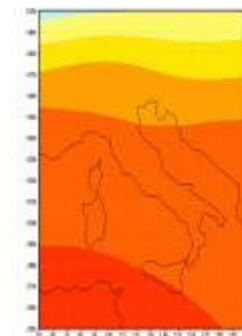
CT2



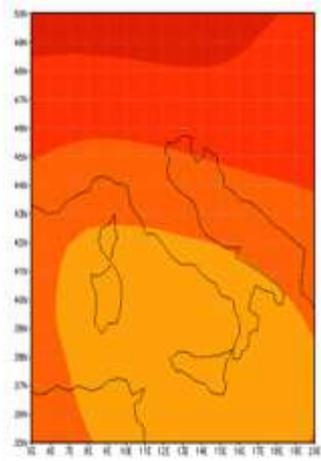
CT4



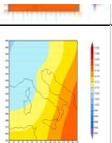
CT6



Trend of the Circulation Types (PCT9 - Vallorani et al.)



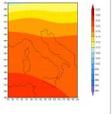
PCT9	Significance	SPRING			SUMMER			AUTUMN			YEAR		
		Z (M-K)	Trend (Q*N)	Significance	Z (M-K)	Trend (Q*N)	Significance	Z (M-K)	Trend (Q*N)	Significance	Z (M-K)	Trend (Q*N)	Significance
1		0,31	0,25		4,61	6,44	*	0,13	0,27		2,30	4,91	*
2	*	-0,90	-0,43		5,30	6,95	*	2,59	2,23	*	5,59	11,13	*
3	*	-5,22	-4,21	*	-2,88	-3,40	*	-1,98	-1,55	*	-5,09	-15,55	*
4		3,62	2,66	*	3,44	1,84	*	0,21	0,027		3,21	6,19	*
5		-3,06	-1,18	*	-2,57	-1,91	*	-6,47	-10,21	*	-5,37	-4,48	*
6		-3,75	-3,15	*	-0,23	-0,14		-1,68	-0,55		1,09	0,55	
7		0,31	0,15		3,46	2,35	*	2,47	0,95	*	0,84	0,64	
8		-0,78	-0,25		-0,92	-0,41		-1,78	-0,92		-1,09	-0,86	
9		4,49	3,28	*	2,38	2,09	*	1,29	1,23		2,74	2,21	*



Cyclonic circulation with intense flow from S-SO and high pressure blocking over Balkans



High pressure over Central and Western Europe, low between Ionian Sea and Greece. Easterly winds prevailing



High pressure over northern Africa and zonal flow over central Europe with steep pressure gradient.



High pressure over Western Europe, north Atlantic flow associated with several low systems moving southeastward



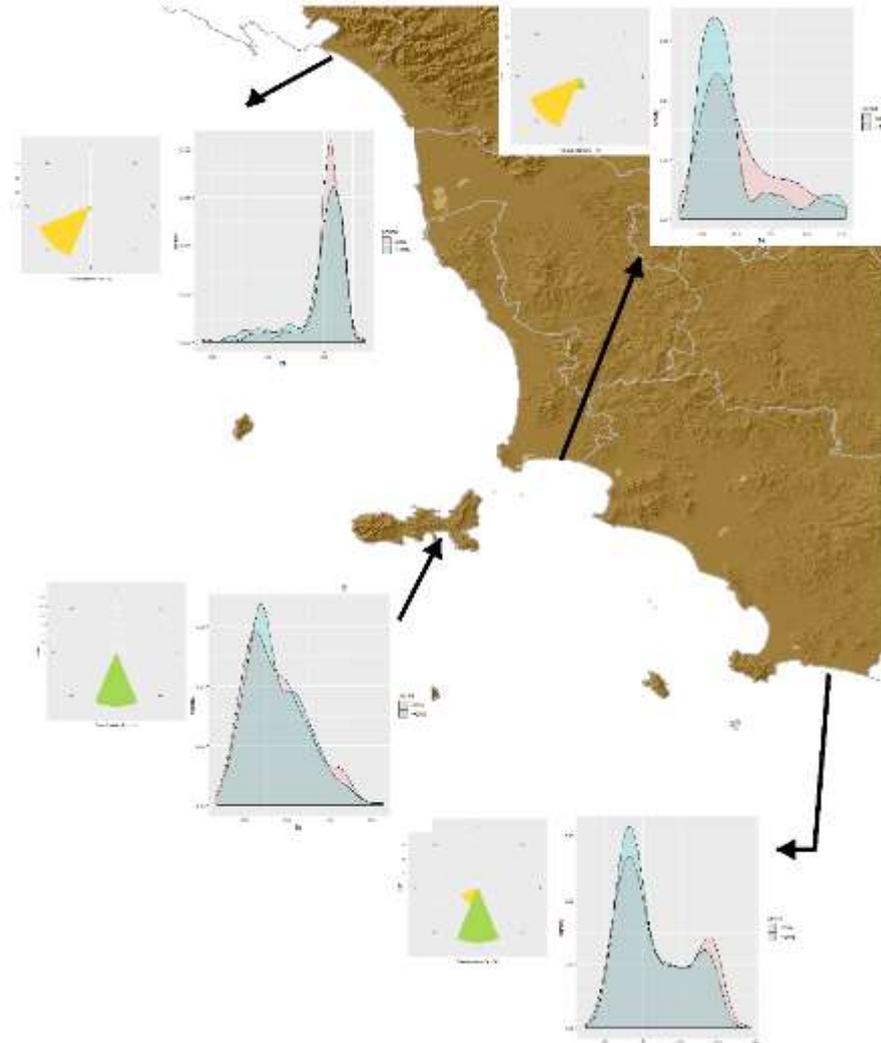
High pressure over central-eastern Mediterranean Sea, low in the western part and North of Alps.



High pressure over central Europe and Northern Italy, low over central-southern part of the country ("cut-off").

Rischio a lungo termine

Esempio di analisi della direzionalità media degli eventi ($H_s > 1.5$)



Rischio a lungo termine



Interreg
UNION EUROPEA

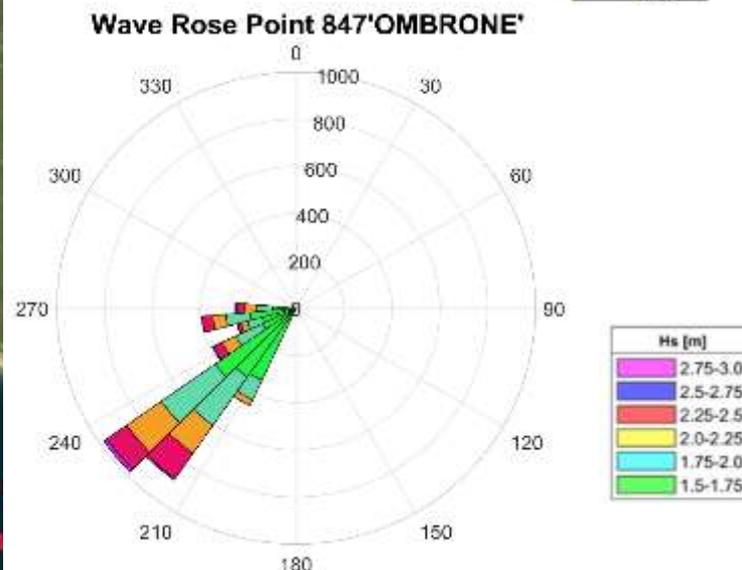
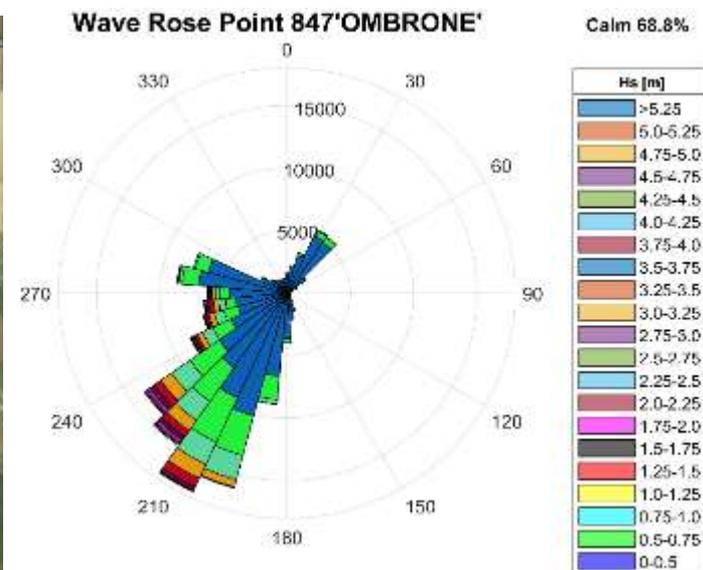


MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional



Esempio di analisi della direzionalità media delle onde per la zona dell'Ombrone



Rischio a lungo termine



Interreg
UNION EUROPEA



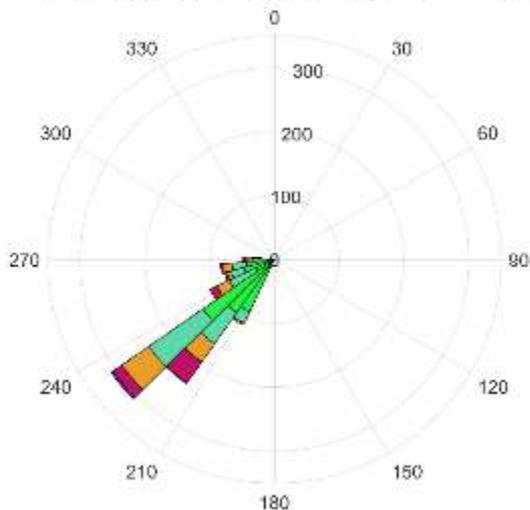
MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional

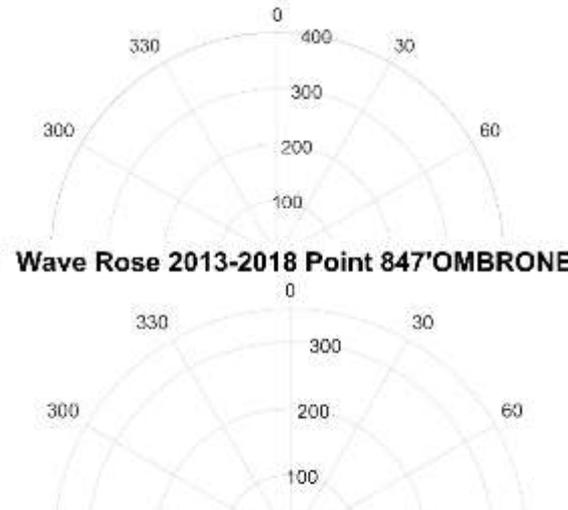


Esempio di analisi della direzionalità media delle onde per la zona dell'Ombrone

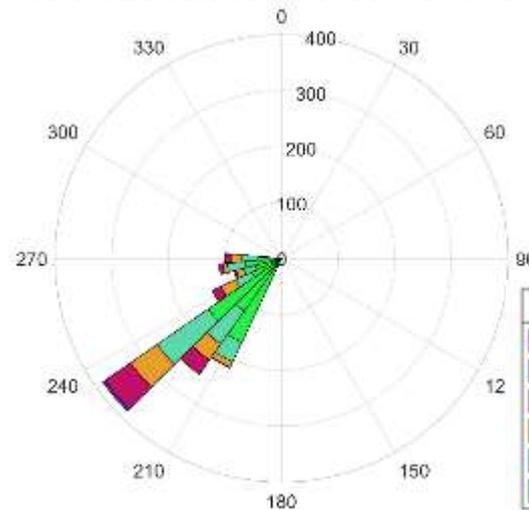
Wave Rose 2001-2006 Point 847'OMBRONE'



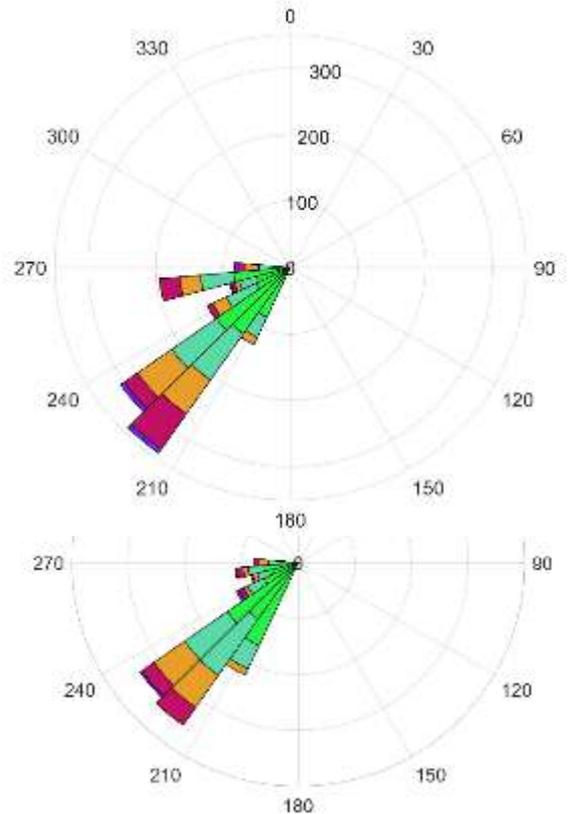
Wave Rose 2003-2008 Point 847'OMBRONE'



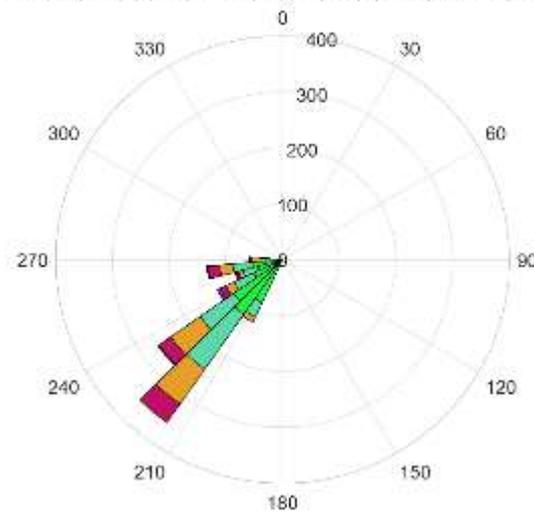
Wave Rose 2005-2010 Point 847'OMBRONE'



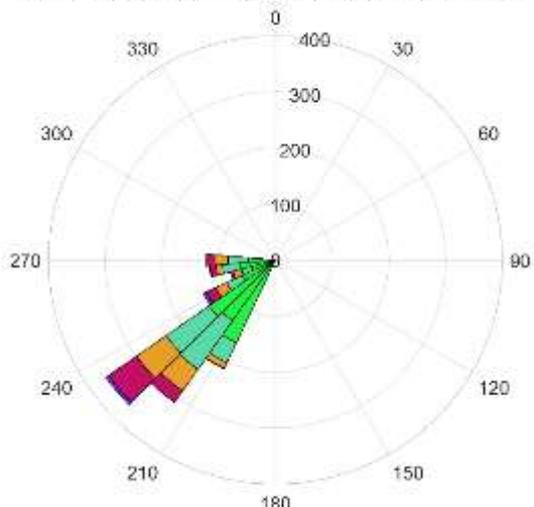
Wave Rose 2013-2018 Point 847'OMBRONE'



Wave Rose 2011-2016 Point 847'OMBRONE'



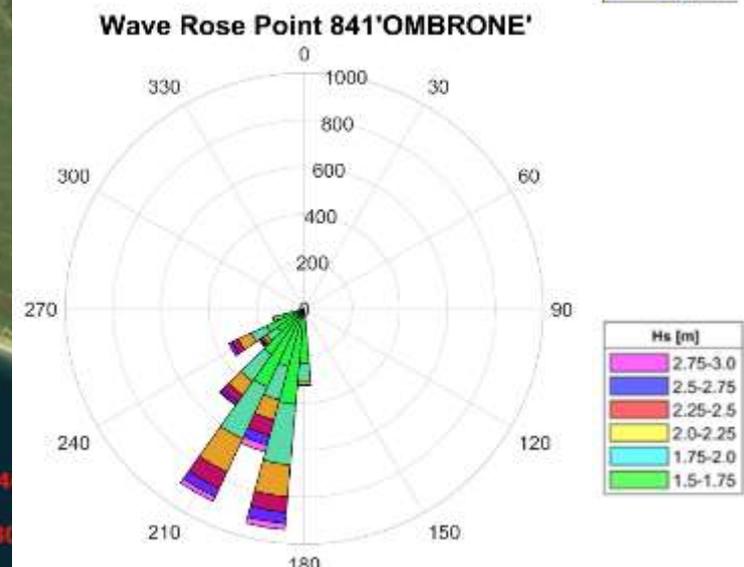
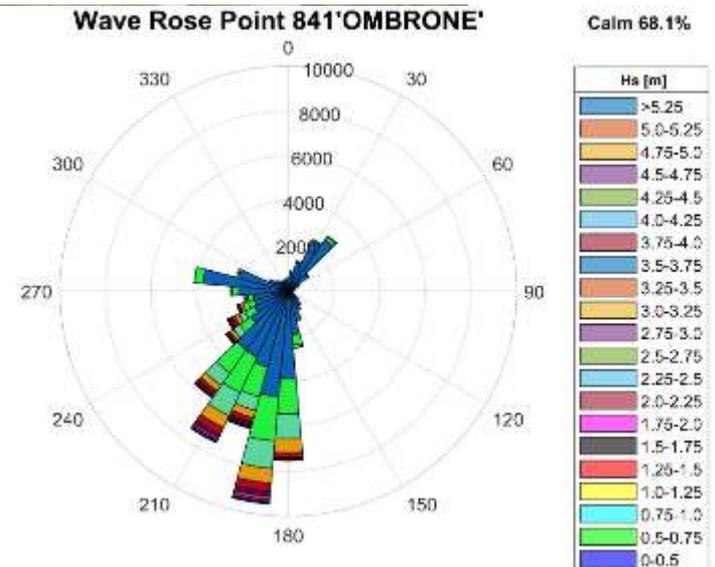
Wave Rose 2007-2012 Point 847'OMBRONE'



Rischio a lungo termine



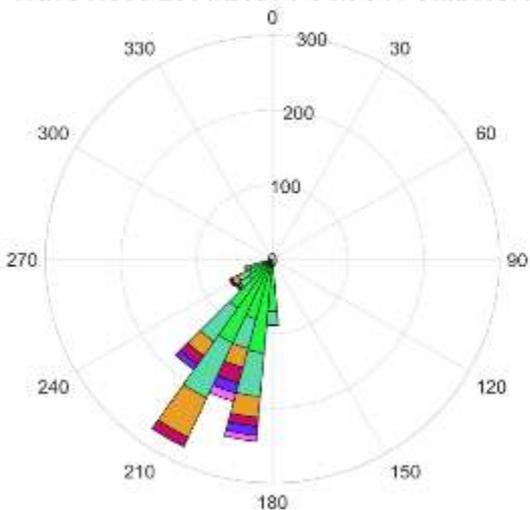
Esempio di analisi della direzionalità media delle onde per la zona dell'Ombrone



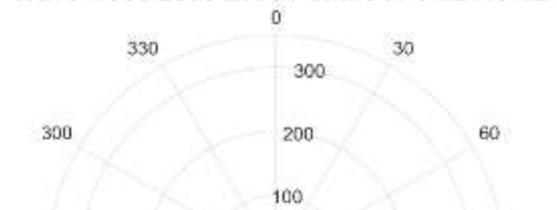
Rischio a lungo termine

Esempio di analisi della direzionalità media delle onde per la zona dell'Ombrone

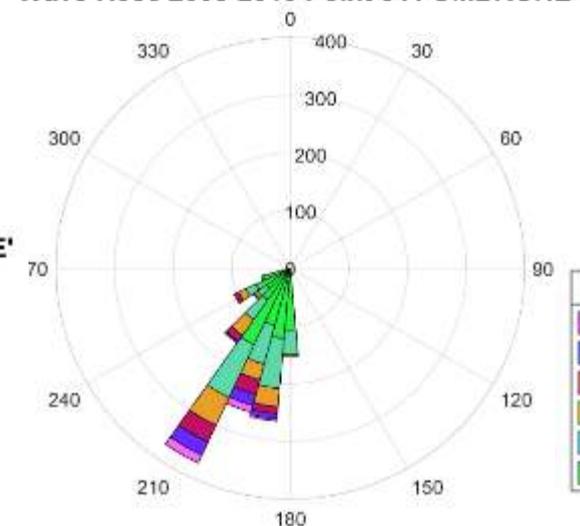
Wave Rose 2001-2006 Point 841'OMBRONE'



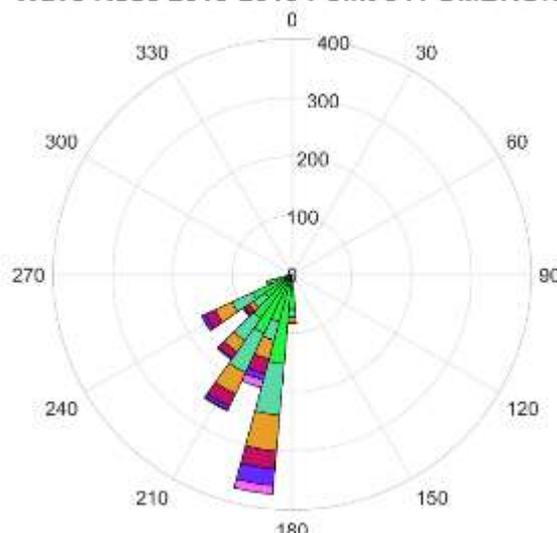
Wave Rose 2003-2008 Point 841'OMBRONE'



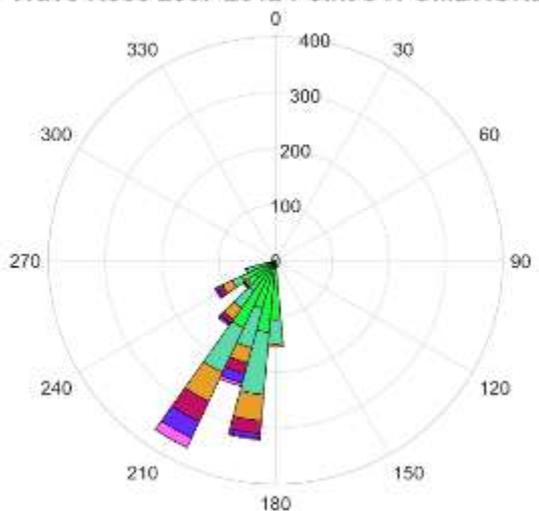
Wave Rose 2005-2010 Point 841'OMBRONE'



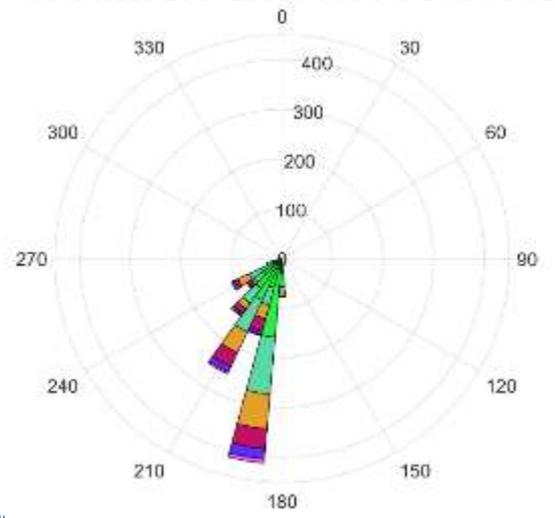
Wave Rose 2013-2018 Point 841'OMBRONE'



Wave Rose 2007-2012 Point 841'OMBRONE'



Wave Rose 2011-2016 Point 841'OMBRONE'



Rischio a lungo termine



Interreg



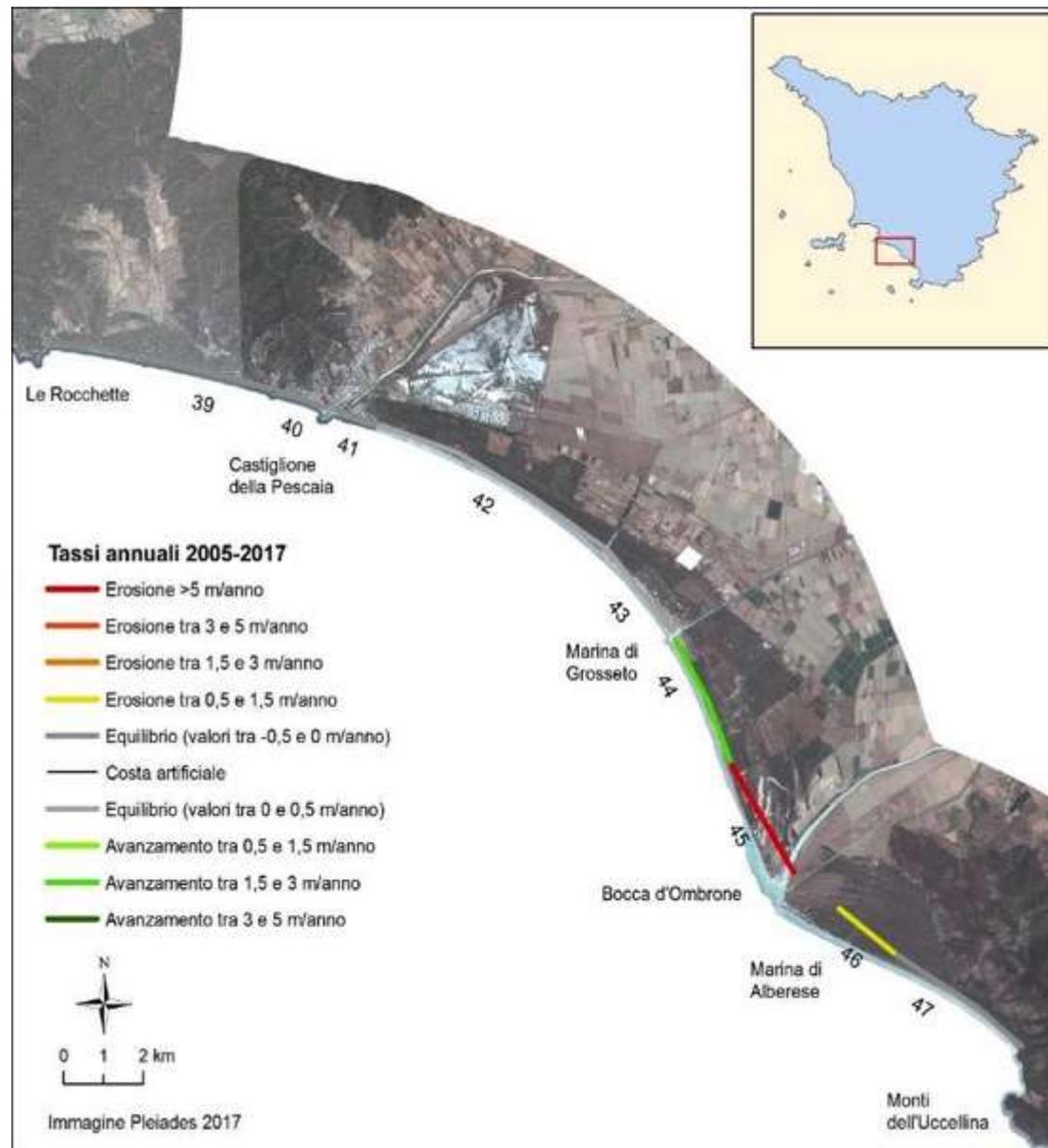
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

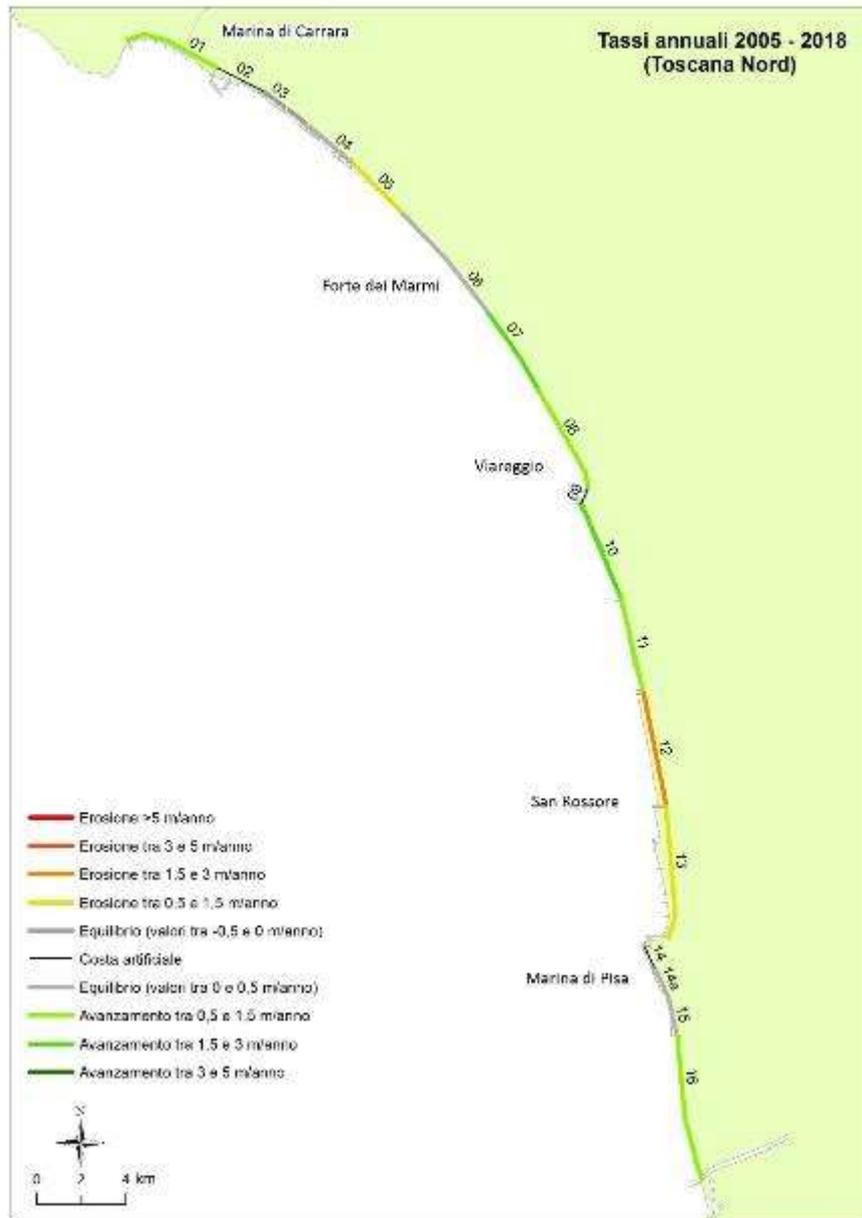
Fonds européen de développement régional



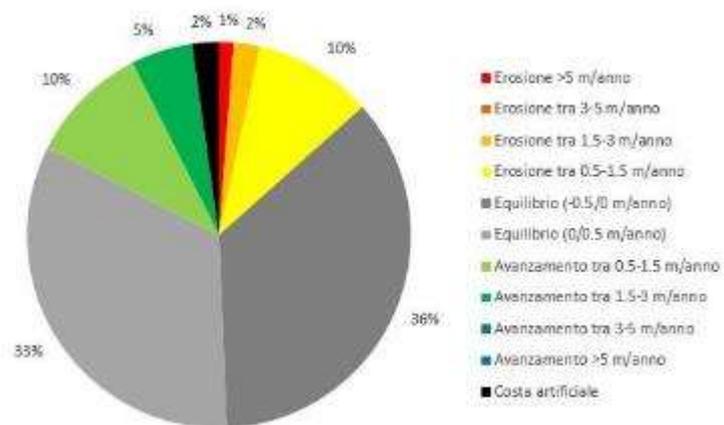
Il monitoraggio satellitare del
linea di riva: uno strumento
operativo per evidenziare i
trend da medio a lungo
termine



Monitoraggio a scala regionale della linea di riva



- Dato estratto da immagini satellitari Pleiads (risoluzione spaziale 0,5 m)



Riepilogo intera costa toscana fra 2005 e 2018

Rischio a lungo termine



Interreg



UNION EUROPEENNE

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional



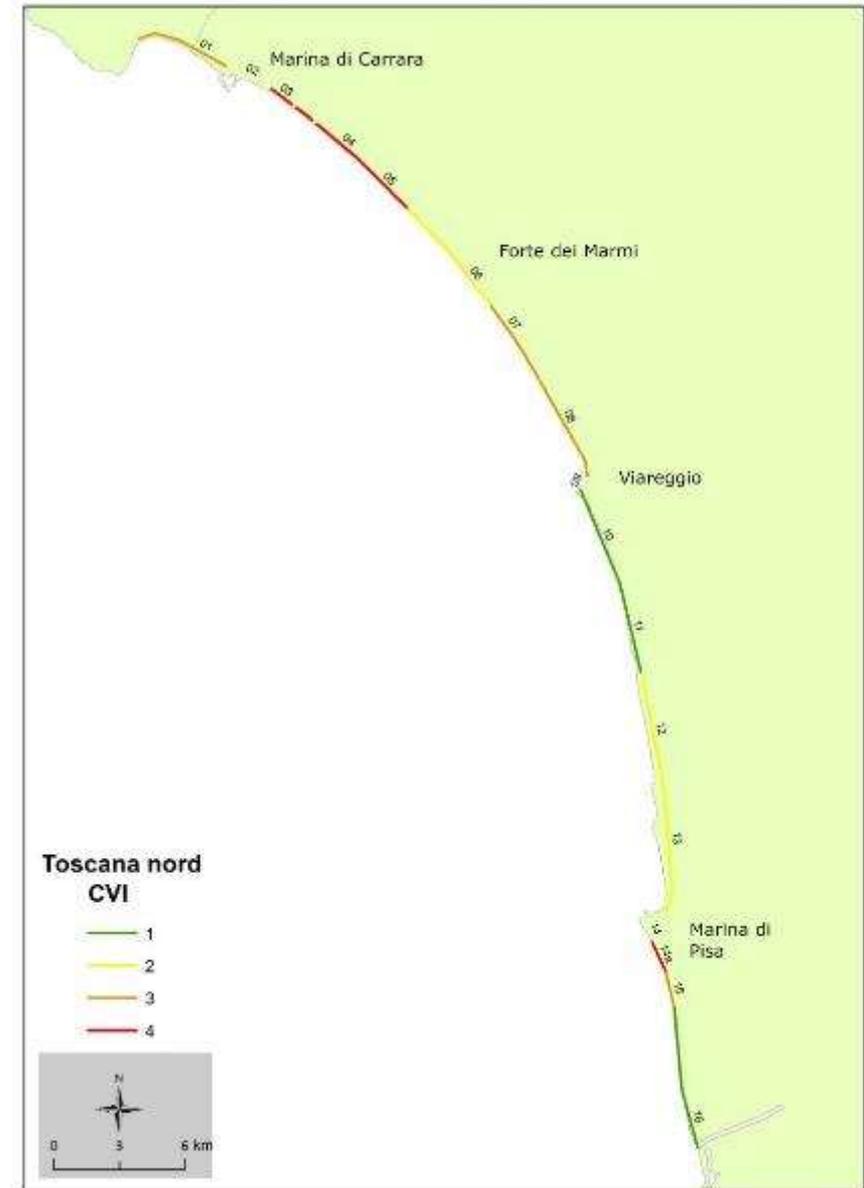
Calcolo degli indici di valutazione del rischio a lungo termine

$$CVI = \sqrt{(a \cdot b \cdot c \cdot d \cdot e \cdot f \cdot g \cdot h \cdot i \cdot l) / 10}$$

Fonte: Coastal Vulnerability Index (Gornitz, 1991 - Pantusa et al., 2018)

Basato su parametri di vario tipo:

- Geologici
 - a) geomorfologia
 - b) pendenza della spiaggia
 - c) tasso erosivo
 - d) ampiezza della spiaggia
 - e) ampiezza della duna
- Processi fisici
 - f) sea level change
 - g) Altezza d'onda significativa
 - h) Variazione media di marea
- Vegetazionali
 - i) ampiezza delle aree vegetate nel retrospiaggia
 - l) presenza di praterie di Posidonia



Rischio a lungo termine



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional

Esempio di applicazione di un modello morfologico a lungo termine per l'area della foce dell'Ombrone



Rischio a lungo termine



Interreg



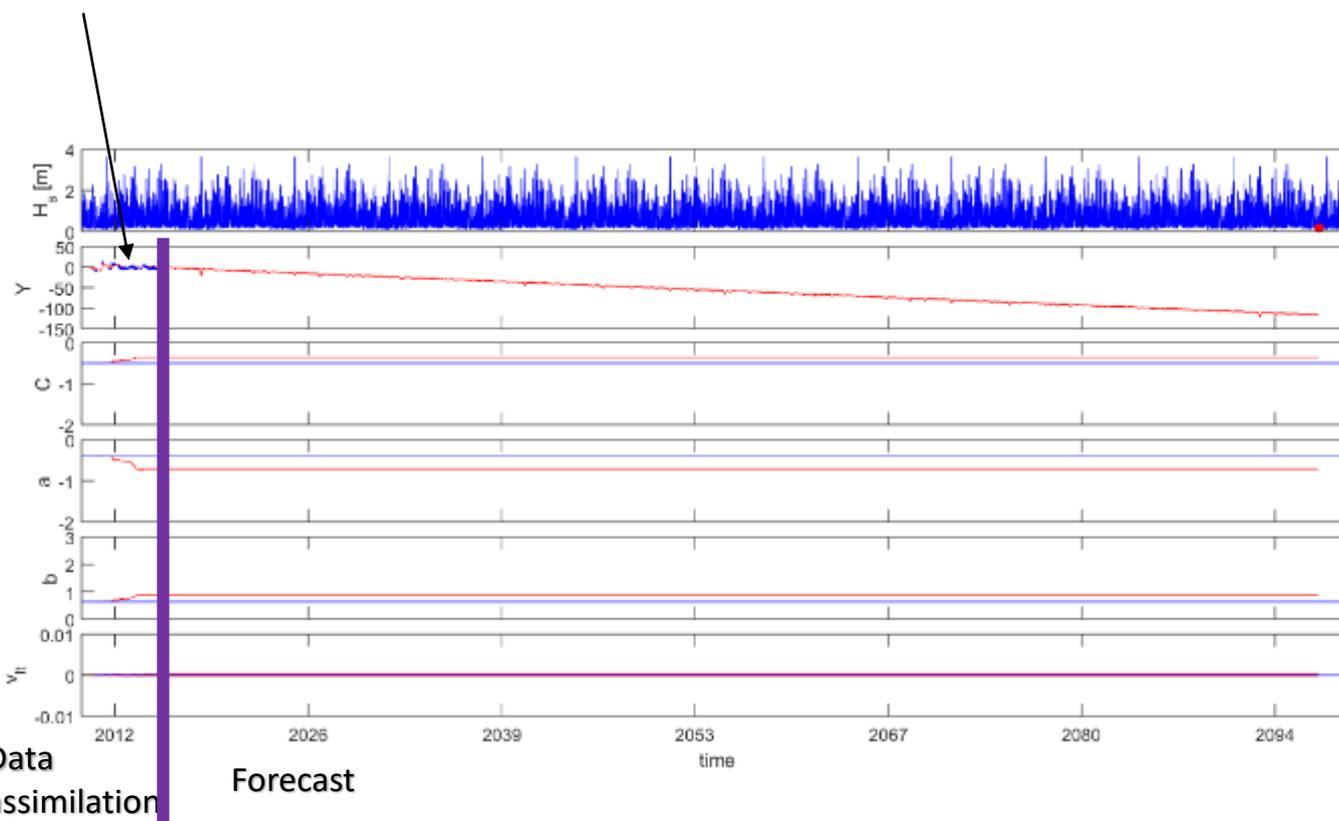
UNION EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional



Shorelines data



Conclusioni



L'analisi dei potenziali rischi per la costa si poggia sulla disponibilità di dati di lungo periodo che, in mancanza di lunghe serie di osservazioni (o in modo complementare a queste) può essere dedotta da modelli di previsione del moto ondoso di elevato dettaglio lungo la costa, in modo da rappresentare in maniera più accurata possibile le effettive condizioni di incidenza del moto ondoso.

A breve termine, nella previsione del rischio da mareggiata, è possibile costruire sistemi di previsione molto dettagliati a scala locale, utilizzando modelli di impatto delle onde sulla costa, oppure utilizzando indici sintetici basati sulla statistica a lungo termine delle onde.

A lungo termine gli scenari mostrano effetti importanti, ancora poco studiati, quali la tendenza alla rotazione dei venti (e delle mareggiate prevalenti) con aumento degli eventi di provenienza meridionale. Alcuni recenti eventi estremi sembrano associati a questi tipi di circolazione

Gestione e previsione del rischio costiero di un territorio in evoluzione

*Pisa, Martedì 8 Ottobre 2019
presso Scuola Normale di Pisa*

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

brandini@lamma.rete.toscana.it

SLIDE AGGIUNTIVE SE SERVONO

Rischio a breve termine



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional



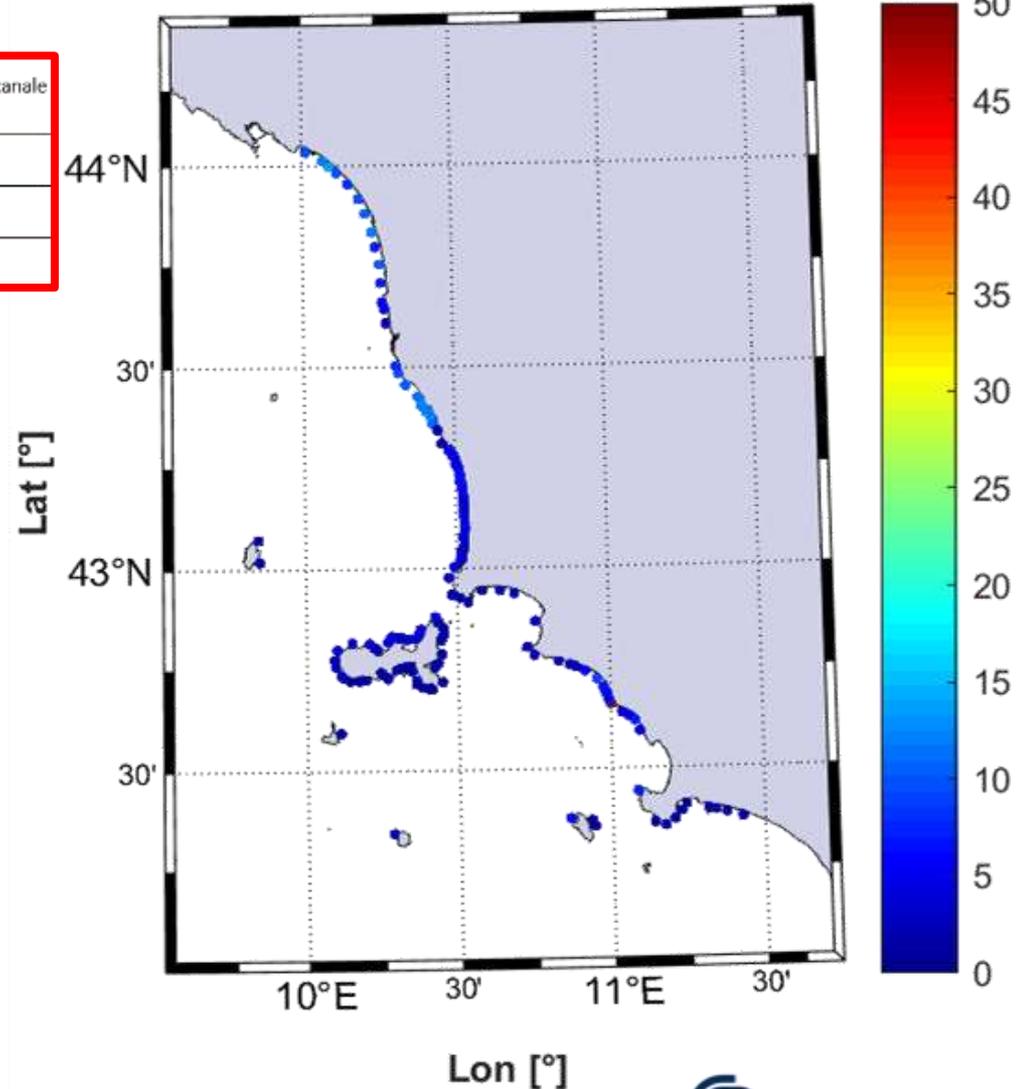
GORGONA

CARATTERISTICHE AL PICCO

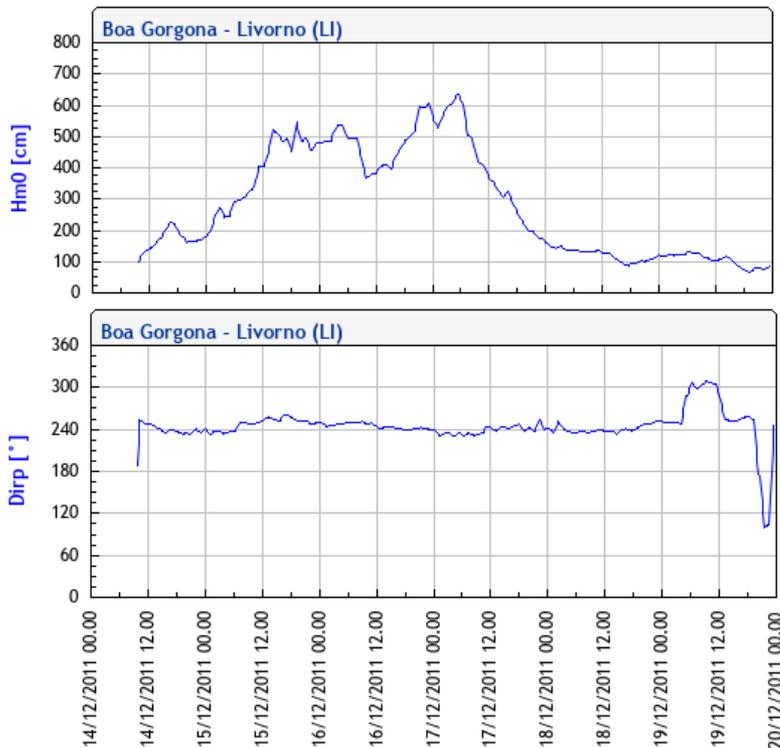
Data	D [h]	ORA	Hs	Tp	Tm	Dirp	
12/12/2011	17/12/2011	128	17/12/2011 04:55	6.2	11.8	9.2	232

TR for 20111217 - Weibull

TR [years]



17 Dicembre 2011



— Dirp [°]

Rischio a breve termine



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo europeo di sviluppo regionale

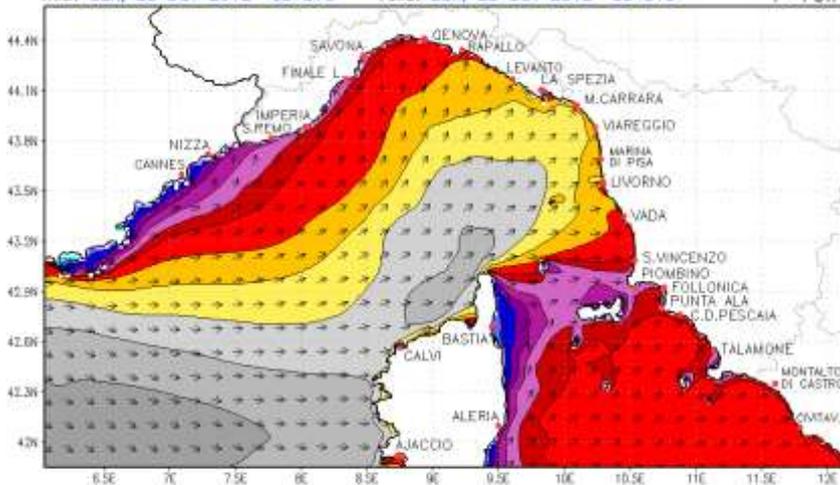


GORGONA		CARATTERISTICHE AL PICCO					
Data	D [h]	ORA	Hs	Tp	Tm	Dirp	
27/10/2012	29/10/2012	58	28/10/2012 09:16	6.5	11.1	8.65	239

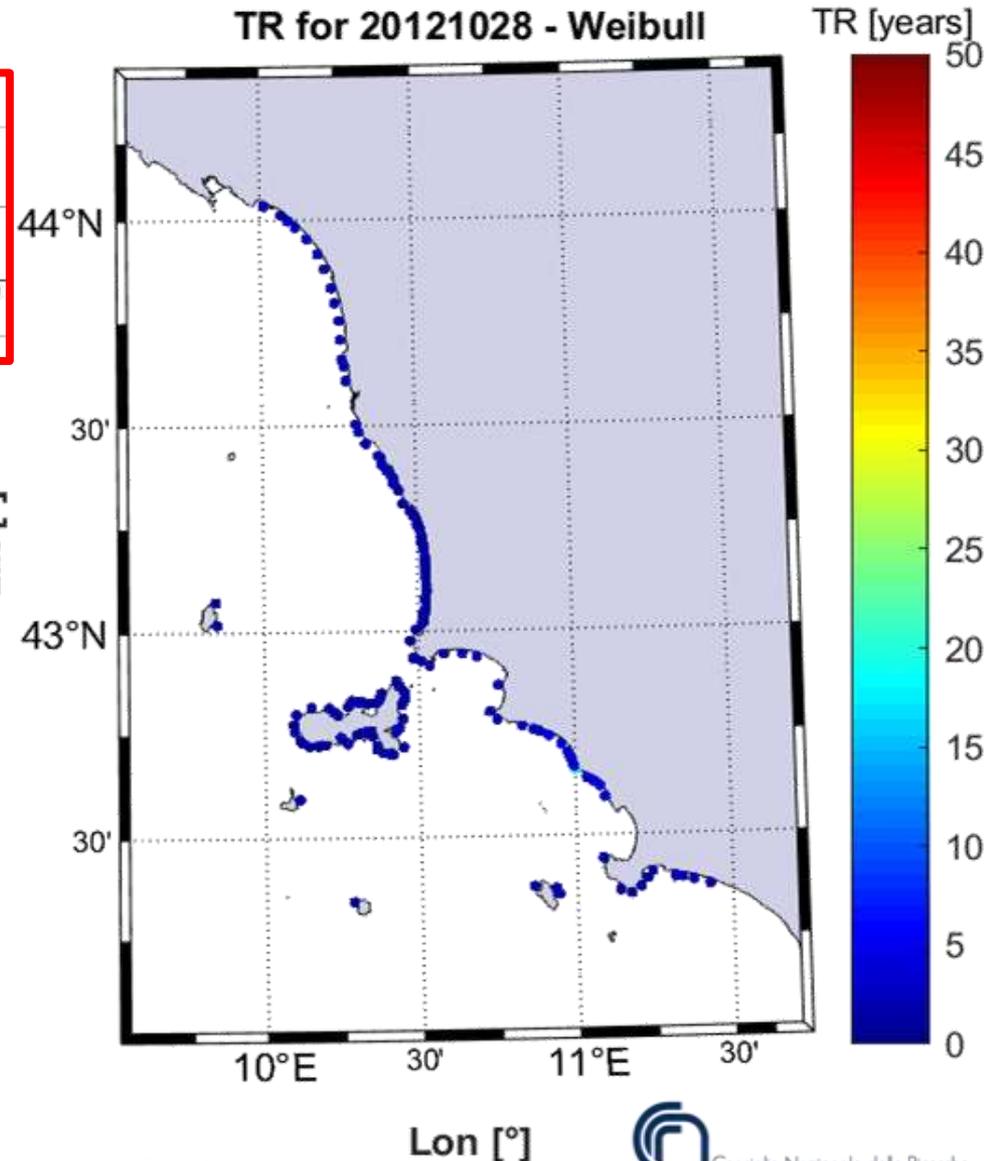
28-oct-12	Livorno	Danneggiamenti stabilimenti balneari, allagamento tuganone
28-oct-12	Marina di Castagneto Carducci	Allagamento zone edificanti centro abitato
28-oct-12	Girotte	Arenili completamente distrutti (in loc. Le Sorette) e molti stabilimenti balneari hanno subito ingenti danni
28-oct-12	Marina del Ronchi	Danneggiamenti e/o distruzioni di cabine e casine di legno con perdita di materiali ai bagni
28-oct-12	Marina di Pisa	Allagamenti con interessamento della viabilità di abitazioni ed altri edifici privati
28-oct-12	Quarcianella	Scomparsa delle spiagge al Bagno Roggione e quella al moletto di Guardianella - Pavimentazione moletto divelta - Muro di recinzione a confine con la passeggiata franato - Stabilimento balneare Cala Bianca danneggiato e barriera frangiflutti in parte distrutta con detriti presenti nello stabilimento
28-oct-12	Talamone	Rottura di un tratto di argine e protezione di terreni di circa 50 m. Allagamento proprietà private

28 Ottobre 2012

Consorzio LaMMA WW3 3km - WRF ECMWF 3km
 Init: Sun, 28 OCT 2012 00 UTC Valid: Sun, 28 OCT 2012 09 UTC T=+9h



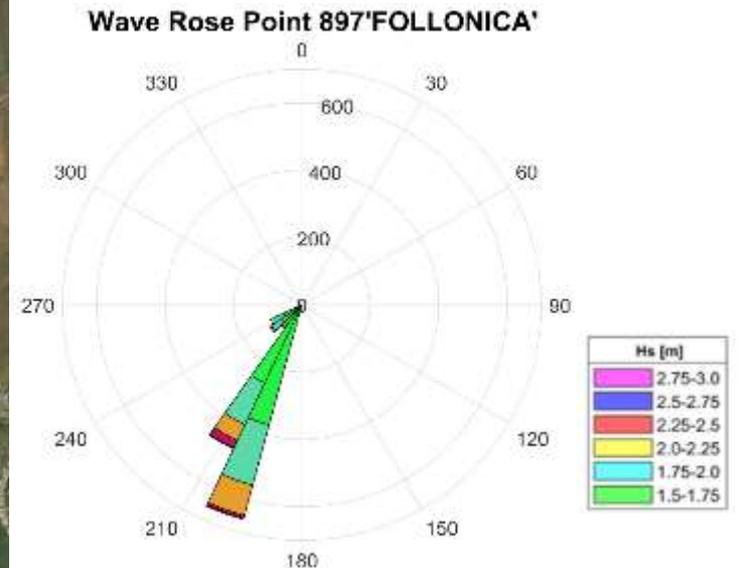
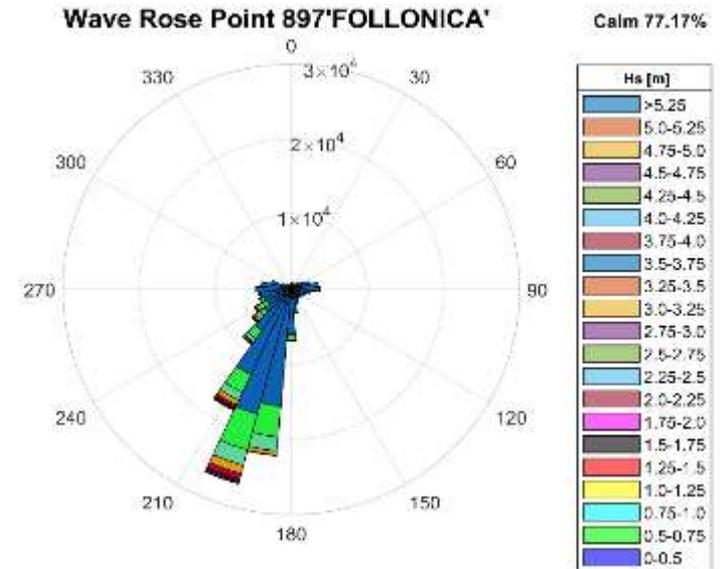
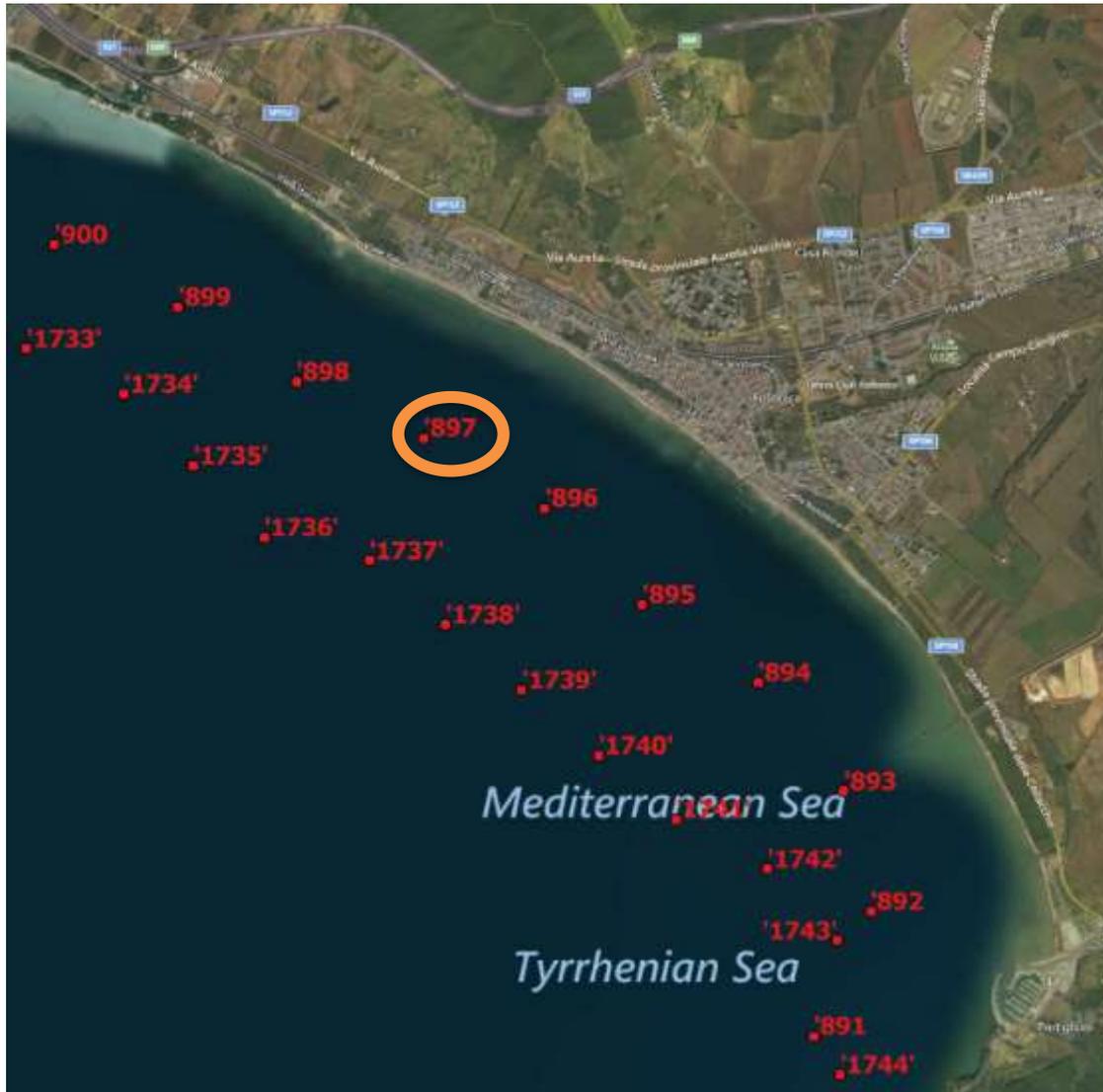
TR for 20121028 - Weibull



Rischio a lungo termine



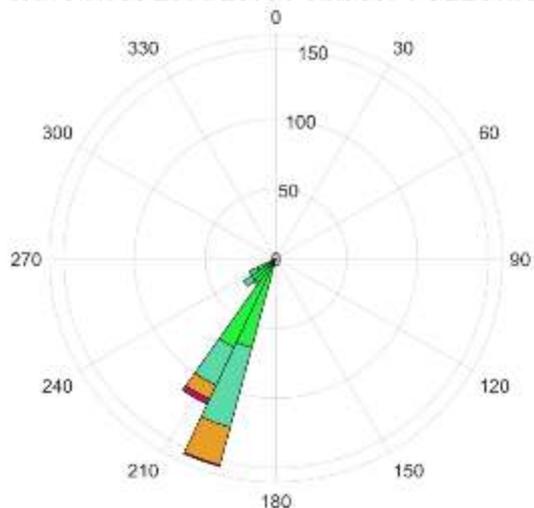
Esempio di analisi della direzionalità media delle onde per la zona di Follonica



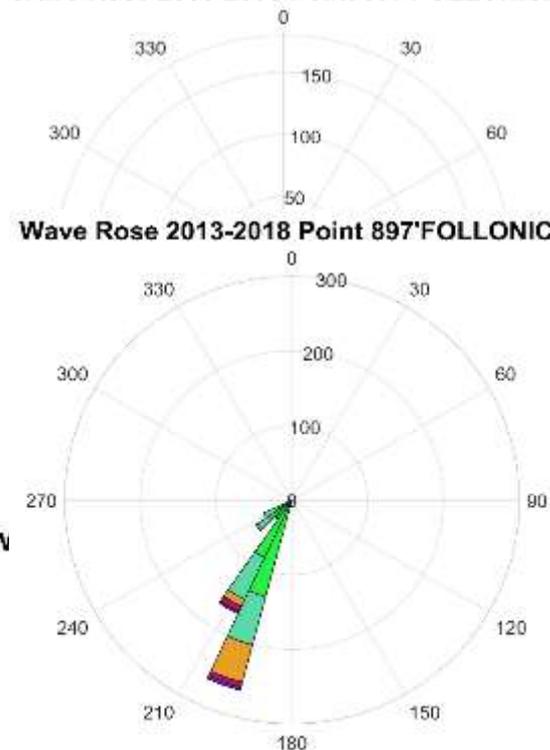
Rischio a lungo termine

Esempio di analisi della direzionalità media delle onde per la zona di Follonica

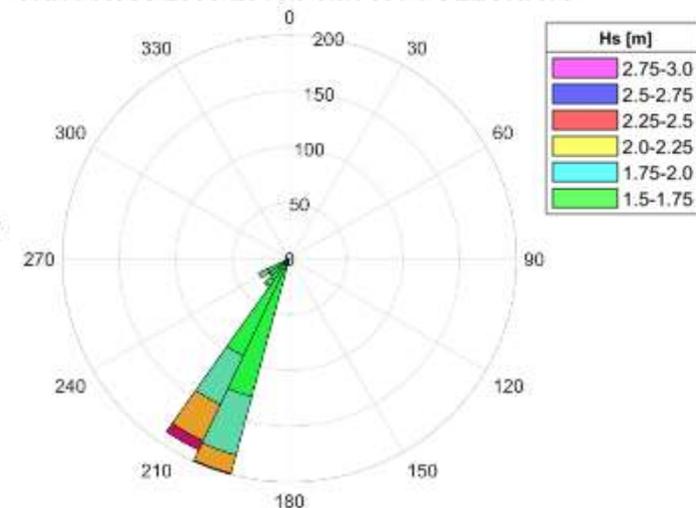
Wave Rose 2001-2006 Point 897'FOLLONICA'



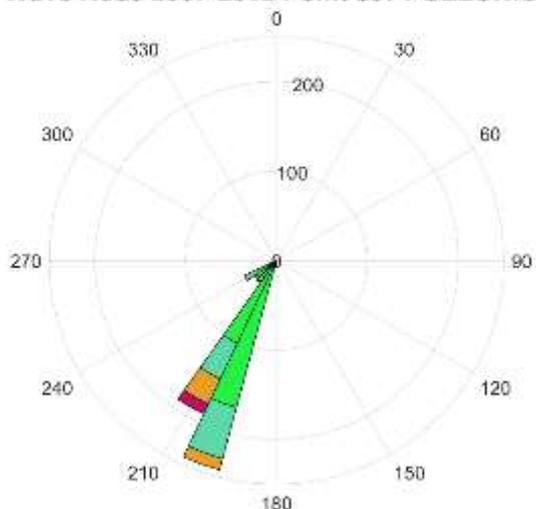
Wave Rose 2003-2008 Point 897'FOLLONICA'



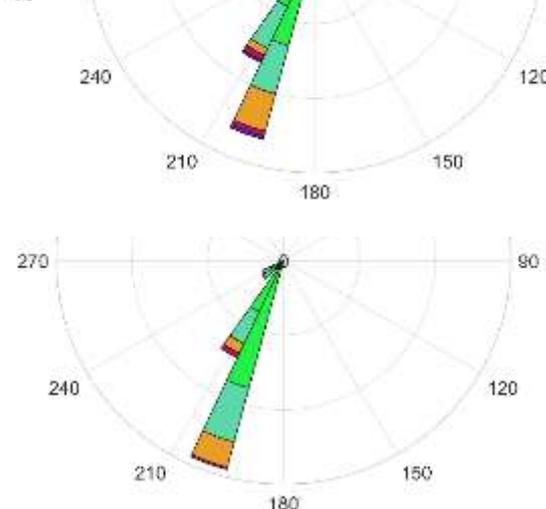
Wave Rose 2005-2010 Point 897'FOLLONICA'



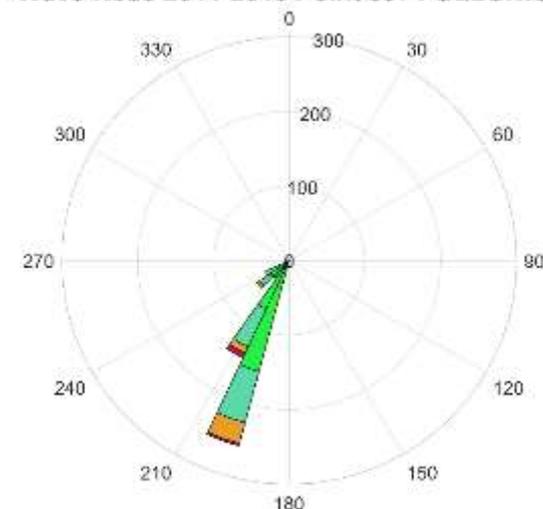
Wave Rose 2007-2012 Point 897'FOLLONICA'



W



Wave Rose 2011-2016 Point 897'FOLLONICA'



Rischio a lungo termine



Interreg
UNION EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional

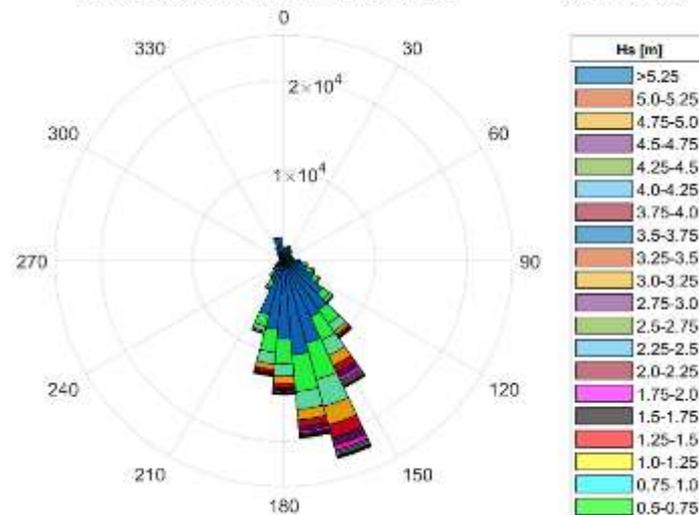


Esempio di analisi della direzionalità media delle onde per la zona di Marina di Campo

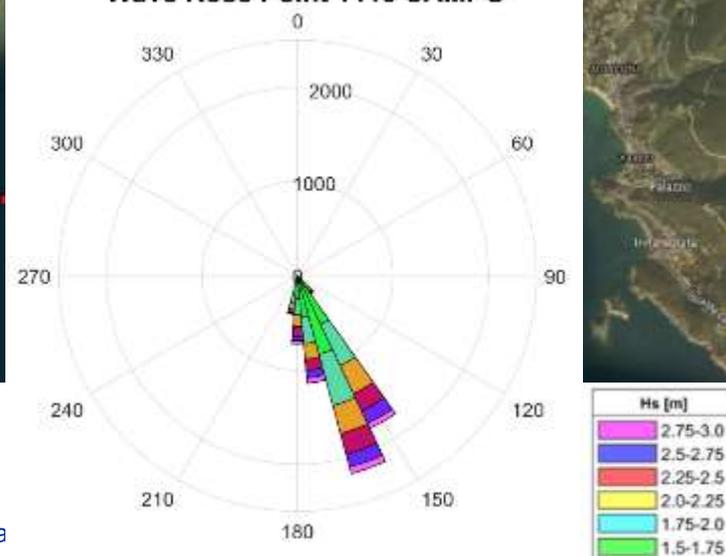


Wave Rose Point 1119'CAMPO'

Calm 62.32%



Wave Rose Point 1119'CAMPO'



La cooperazione al cuore del Mediterra

Rischio a lungo termine



Interreg



UNIONE EUROPEA

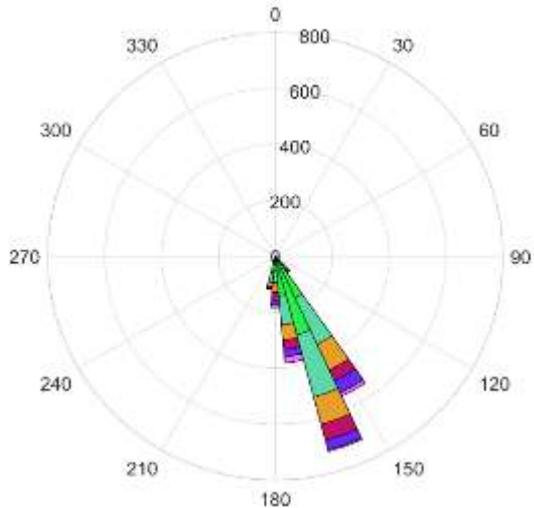
MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional

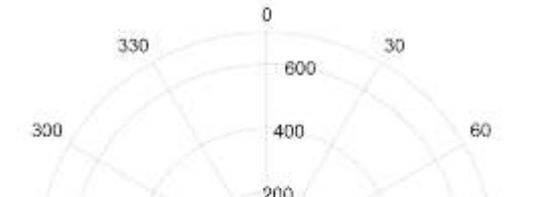


Esempio di analisi della direzionalità media delle onde per la zona di Marina di Campo

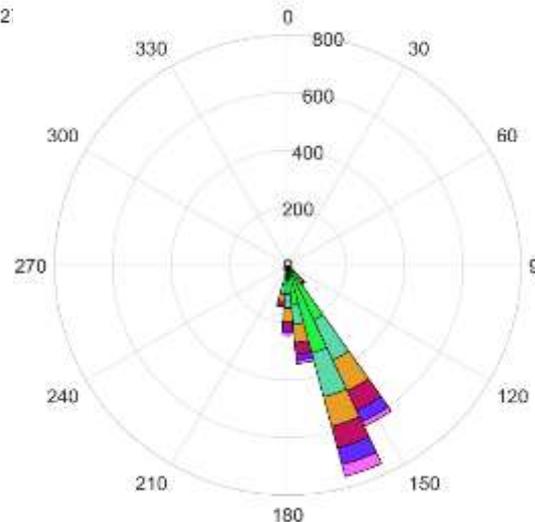
Wave Rose 2001-2006 Point 1119'CAMPO'



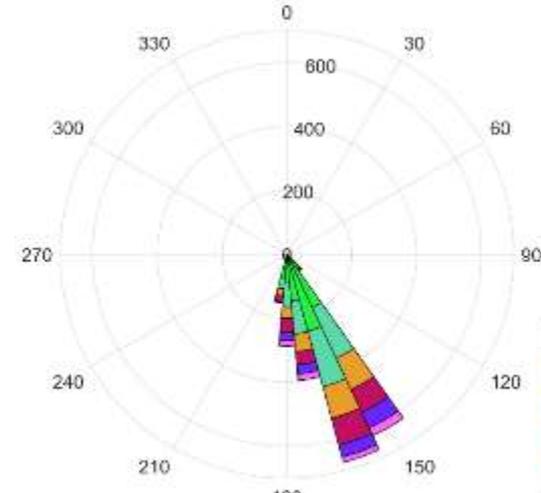
Wave Rose 2003-2008 Point 1119'CAMPO'



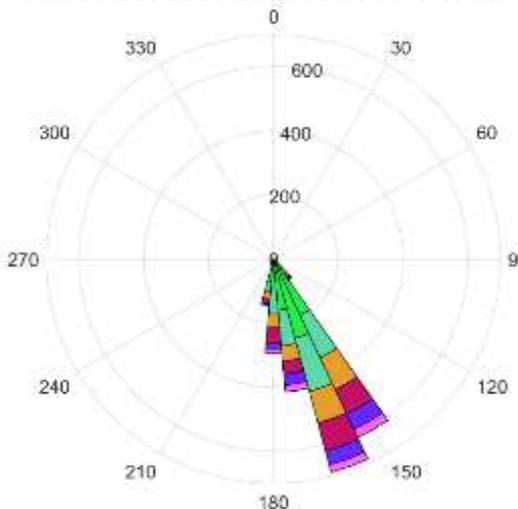
Wave Rose 2013-2018 Point 1119'CAMPO'



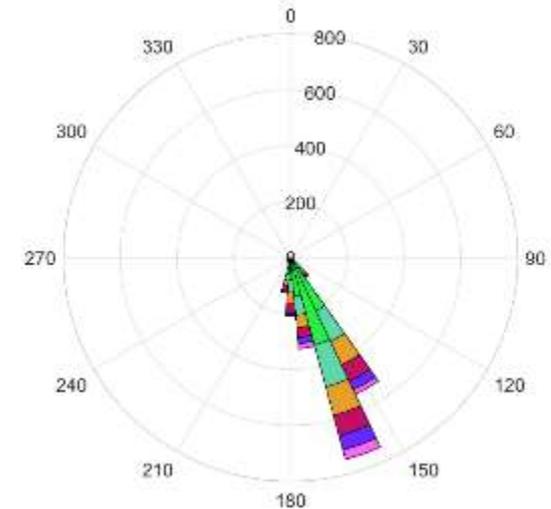
Wave Rose 2005-2010 Point 1119'CAMPO'



Wave Rose 2007-2012 Point 1119'CAMPO'



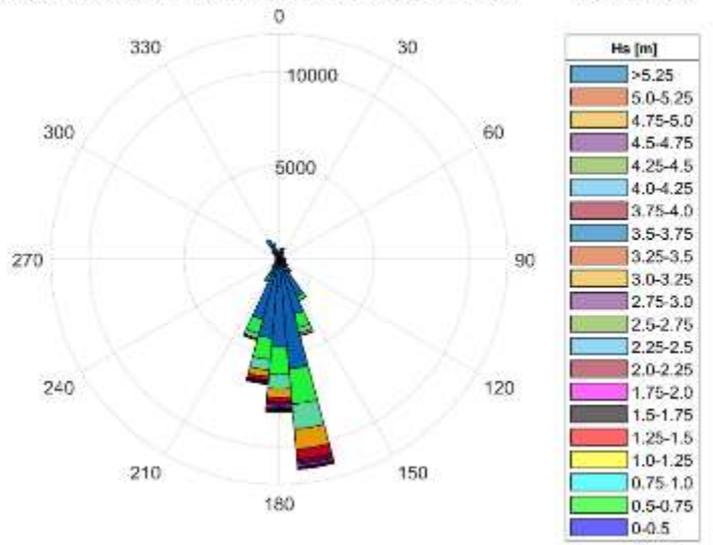
Wave Rose 2011-2016 Point 1119'CAMPO'



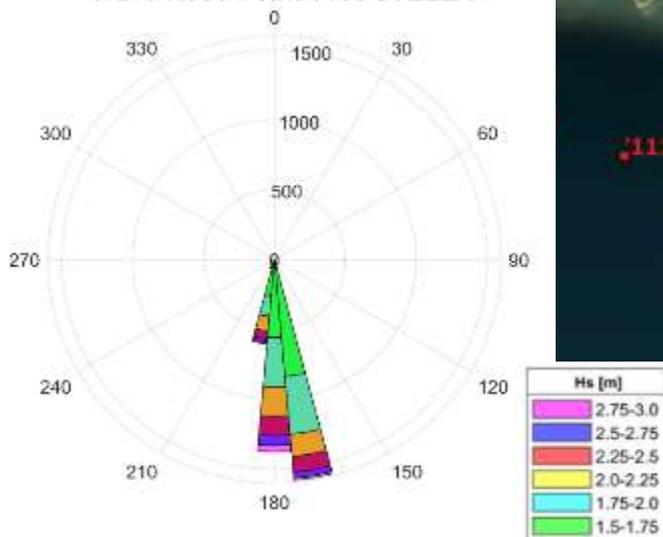
Rischio a lungo termine

Esempio di analisi della direzionalità media delle onde per la zona di Golfo Stella

Wave Rose 2013-2018 Point 1108'STELLA'



Wave Rose Point 1108'STELLA'



Rischio a lungo termine



Interreg



UNION EUROPEENNE

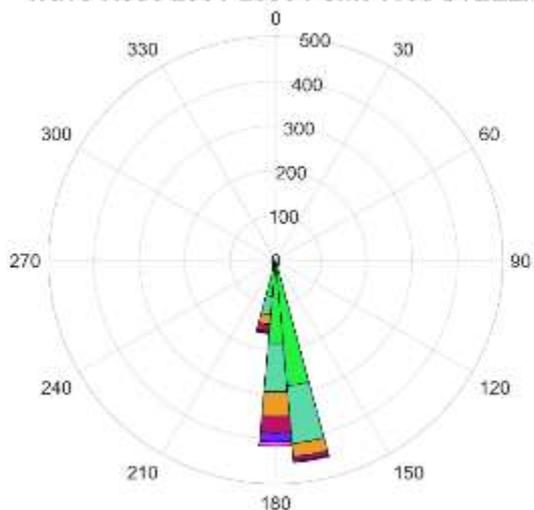
MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional

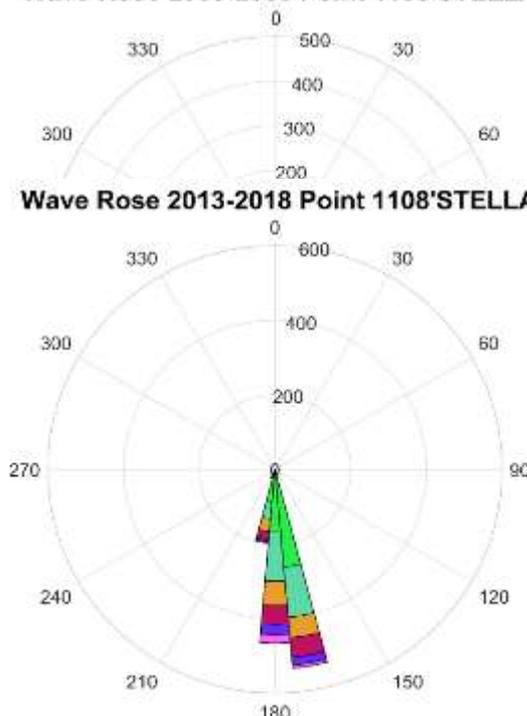


Esempio di analisi della direzionalità media delle onde per la zona di Golfo Stella

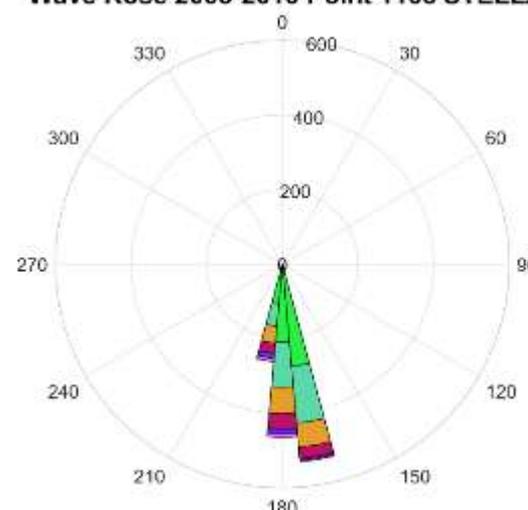
Wave Rose 2001-2006 Point 1108'STELLA'



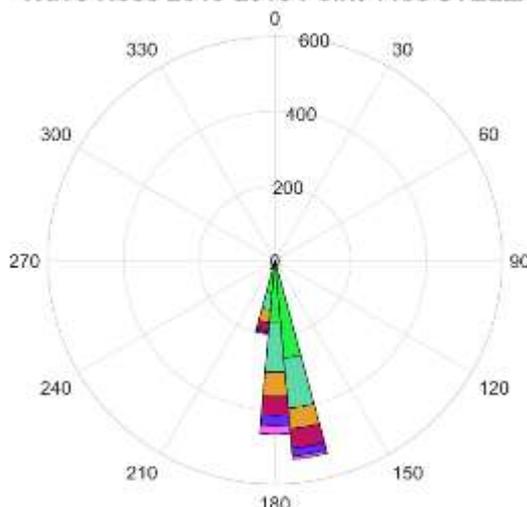
Wave Rose 2003-2008 Point 1108'STELLA'



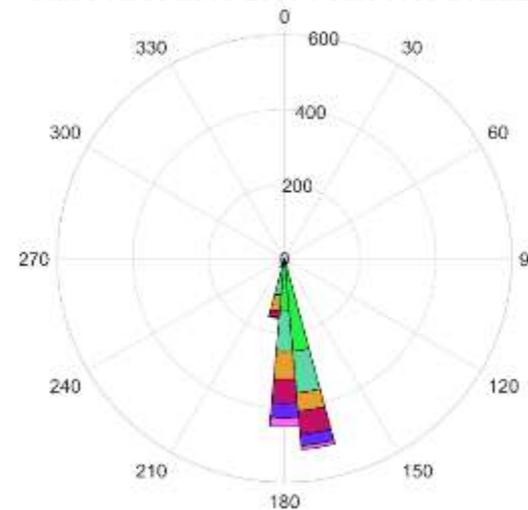
Wave Rose 2005-2010 Point 1108'STELLA'



Wave Rose 2013-2018 Point 1108'STELLA'

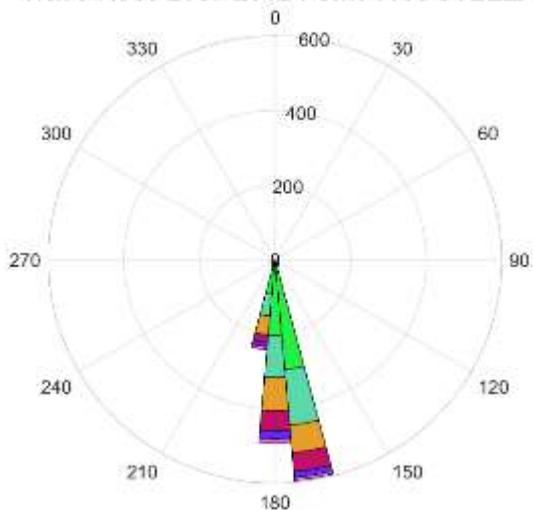


Wave Rose 2011-2016 Point 1108'STELLA'



Hs [m]
2.75-3.0
2.5-2.75
2.25-2.5
2.0-2.25
1.75-2.0
1.5-1.75

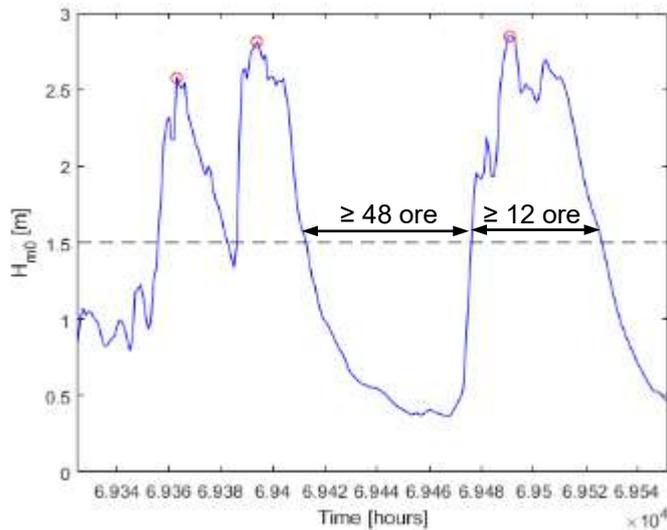
Wave Rose 2007-2012 Point 1108'STELLA'



et

Analisi Eventi Estremi

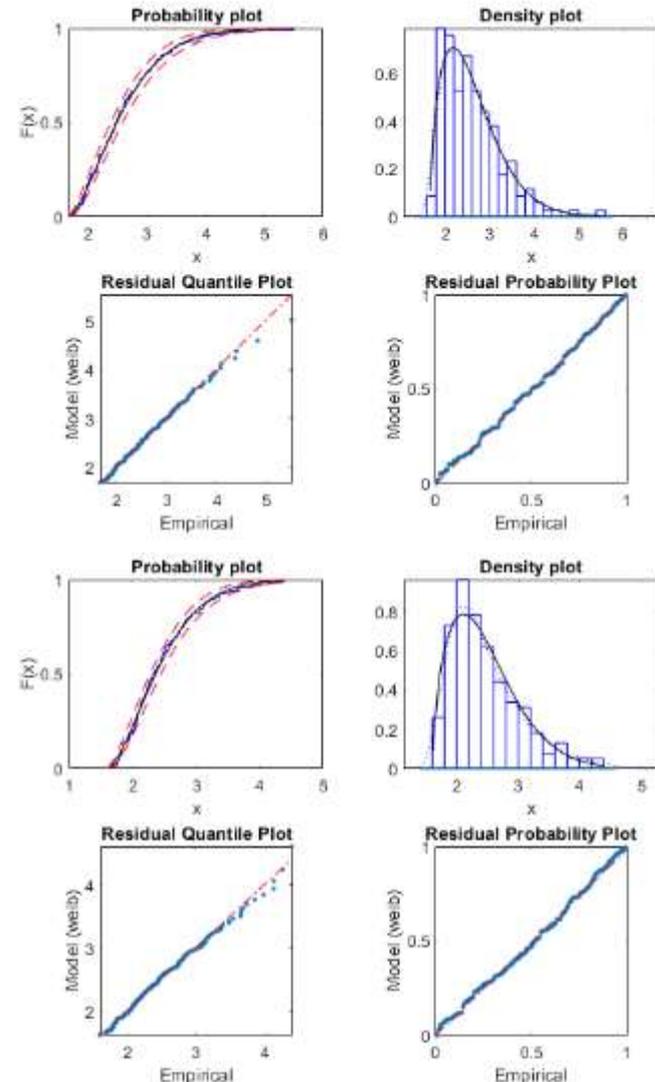
- Hindcast ERA-5 (2001-2018) dati vento
- WW3 maglia non strutturata
- POT (Peak-Over-Threshold) + distribuzione di Weibull (3 parametri)



Determinazione parametri Weibull per ciascuna località a costa



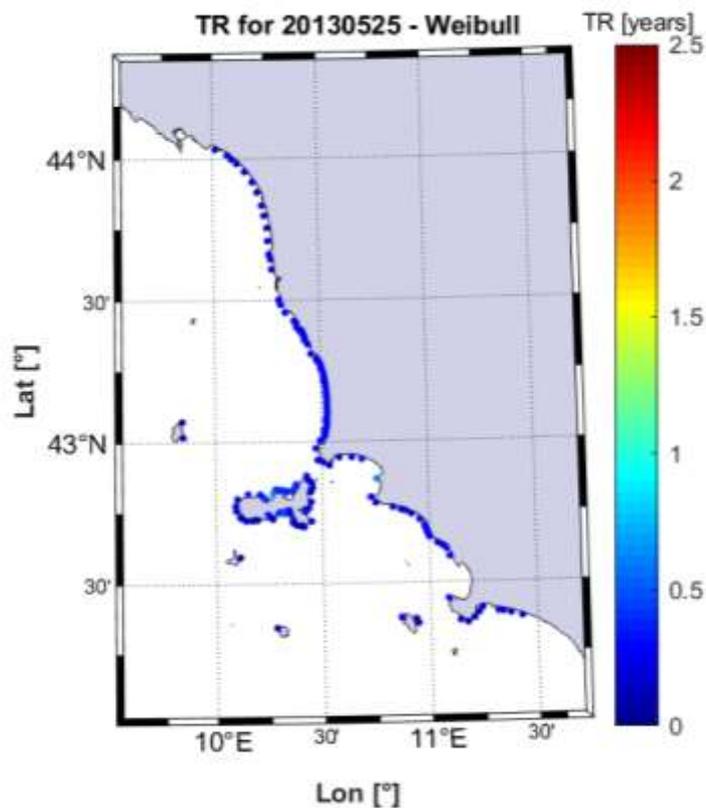
Calcolo $TR(H_{m0,evento})$ per ogni località a costa



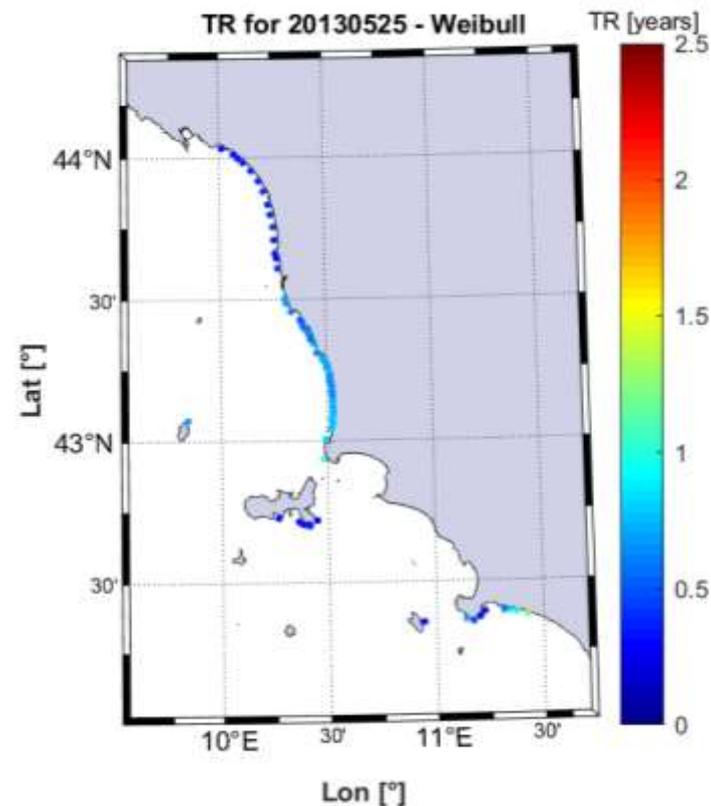
Analisi Eventi Estremi

- Effetto della stagionalità
- Evento del 25 maggio 2013

TR per dataset completo



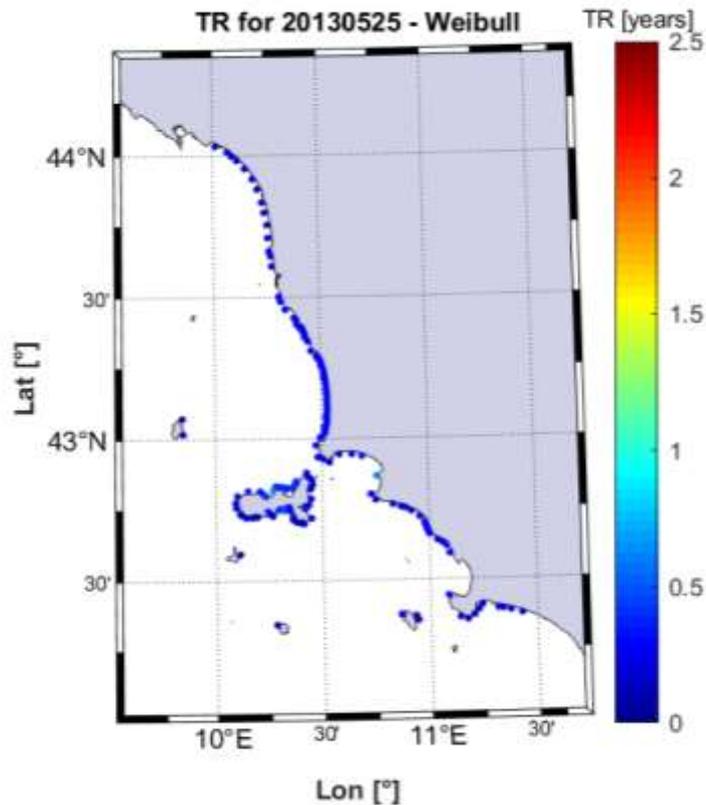
TR per dataset Aprile-Settembre



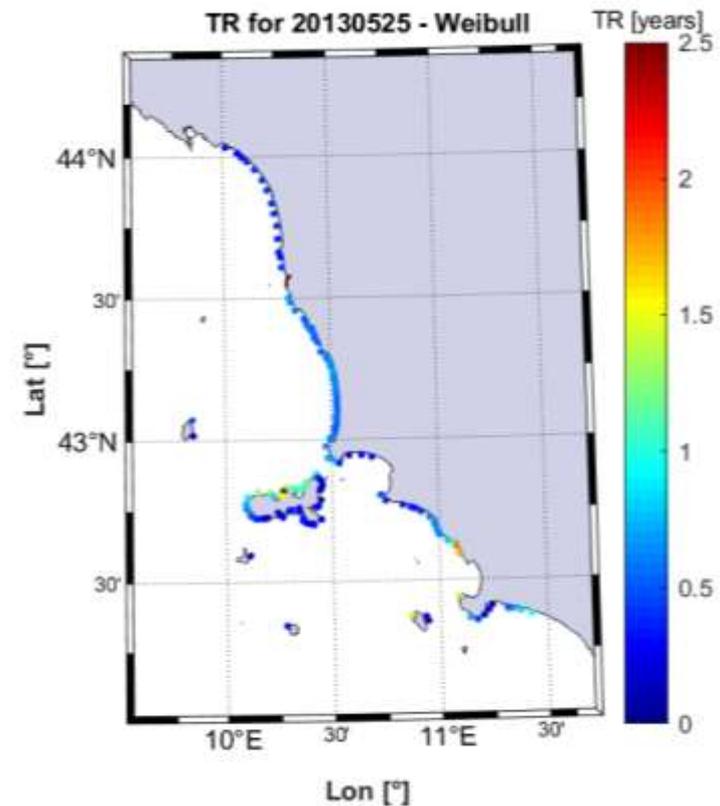
Analisi Eventi Estremi

- Effetto della stagionalità
- Evento del 25 maggio 2013

TR per dataset completo



TR per dataset Aprile-Settembre



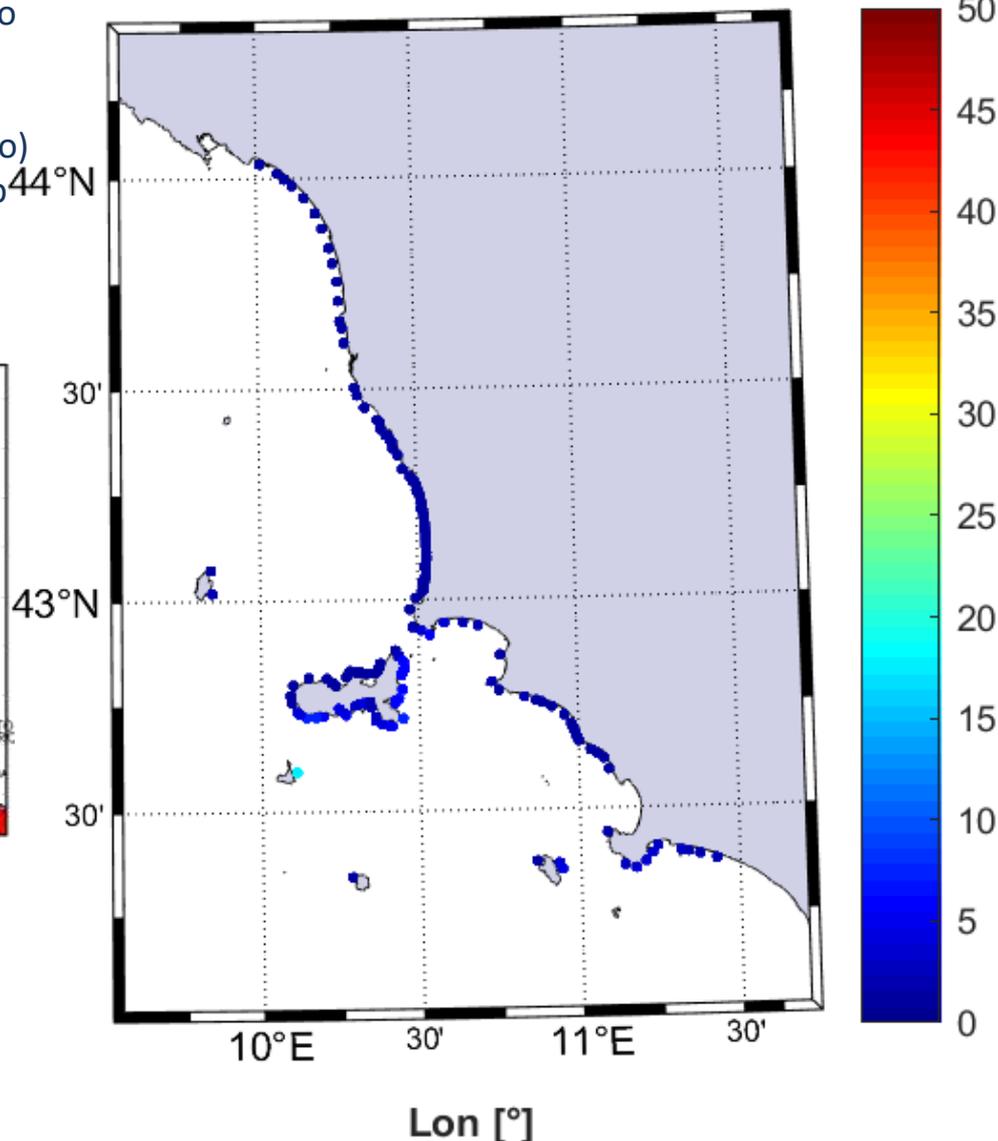
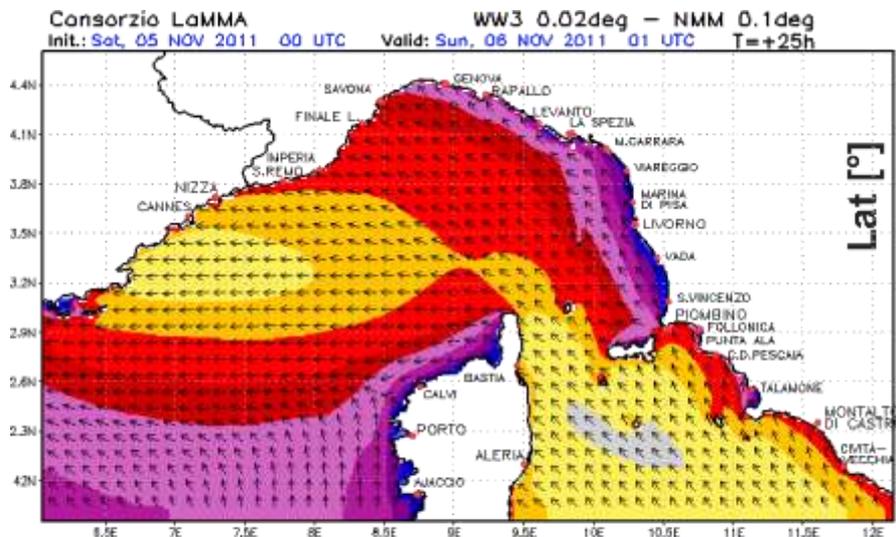
Rischio a breve termine



Mareggiata del 6 Novembre 2011, che ha impattato tutta la parte Sud dell'Arcipelago Toscano, causando una grossa alluvione a Sud dell'Elba (Marina di Campo) in parte causata dal set-up 44°N d'onda

TR for 20111106 - Weibull

TR [years]



Rischio a lungo termine

Esempio di analisi della direzionalità media delle onde per la zona dell'Ombrone

Ombrone 1 (847) - Direzioni per $H_s > 2.0m$

