

Tipi di Circolazione Atmosferica e mareggiate lungo la costa del Mar Tirreno Settentrionale

Maurizio Iannuccilli¹, Carlo Brandini^{1,2}, Michele Bendoni², Gianni Messeri^{1,2}, Roberto Vallorani^{1,2}, Valentina Vannucchi³

corresponding author: iannuccilli@lamma.toscana.it

¹IBE – CNR, Institute of Bioeconomy - National Research Council, Firenze, Italy

²Consorzio LaMMA – Laboratory of environmental modelling and monitoring for a sustainable development, Sesto Fiorentino (Firenze), Italy

³Regione Toscana, Firenze, Italy



Analisi di sensibilità per la valutazione della Classificazione dei Tipi di Circolazione Atmosferica più performante a stratificare l'Altezza d'onda massima sull'Alto Tirreno

Un valido e duttile strumento per verificare le caratteristiche climatiche favorevoli a importanti fenomeni di "severe weather" e per valutare gli impatti dei Cambiamenti Climatici in atto è rappresentato dalle Classificazioni dei Tipi di circolazioni Atmosferiche (CTCs – Circulation Types Classifications). L'Azione europea COST 733 ha dato un contributo significativo allo sviluppo di questo strumento, al fine di valutare la loro abilità a stratificare gli elementi climatici di superficie (o altre variabili ambientali ad esse connesse).

DATI E METODI

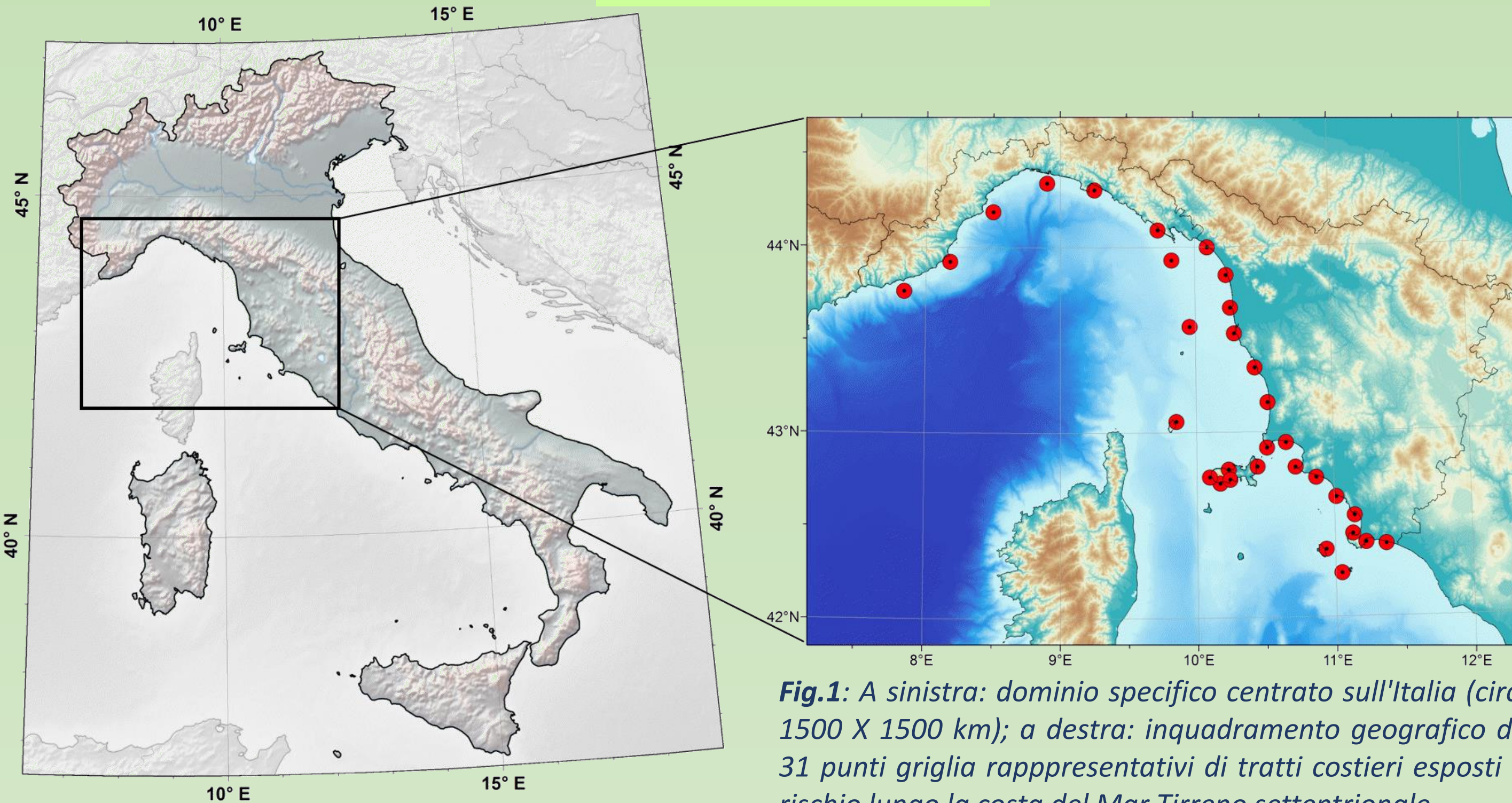


Fig.1: A sinistra: dominio specifico centrato sull'Italia (circa 1500 X 1500 km); a destra: inquadramento geografico dei 31 punti griglia rappresentativi di tratti costieri esposti al rischio lungo la costa del Mar Tirreno settentrionale.

SOFTWARE: COST733class-1.2 software package (Philip et al., 2014) è stato utilizzato per calcolare le CTCs
DOMINIO SPAZIALE: è stato scelto un dominio specifico centrato sull'Italia (Fig.1)

METODO STATISTICO DI CLASSIFICAZIONE: GWT e LIT (threshold-based), PCT (PCA-based), CKM e SAN (optimization algorithms), LND (leader algorithms)

VARIABILI DI CLASSIFICAZIONE: MSLP e 500HGT da datasets globali di NCEP Reanalysis 2, tra Gennaio 1979 – Dicembre 2015, con risoluzione di 2.5° x 2.5°

NUMERO DI CLASSI o CLUSTERS (CT – Circulation Types): 8/9, 11/12 e 18

VARIABILE TARGET: dati giornalieri di altezza d'onda massima (Hm0-max), 1979-2015, rilevati da 31 punti griglia (Fig.1), ottenuti dal downscaling dinamico dei dati ERA5 con modelli atmosferici BOLAM e MOLOCH innestati, e WW3 per il moto ondoso (<https://doi.org/10.3390/jmse9020208>)

METRICHE DI VALUTAZIONE

La performance delle 34 classificazioni sono state valutate per mezzo di determinati indici statistici in termini di capacità a massimizzare l'omogeneità "Within-Types" e l'eterogeneità "Inter-Types".

n = dimensioni del campione (numero totale dei giorni/osservazioni); k = numero delle classi; S = σ = Deviazione Standard

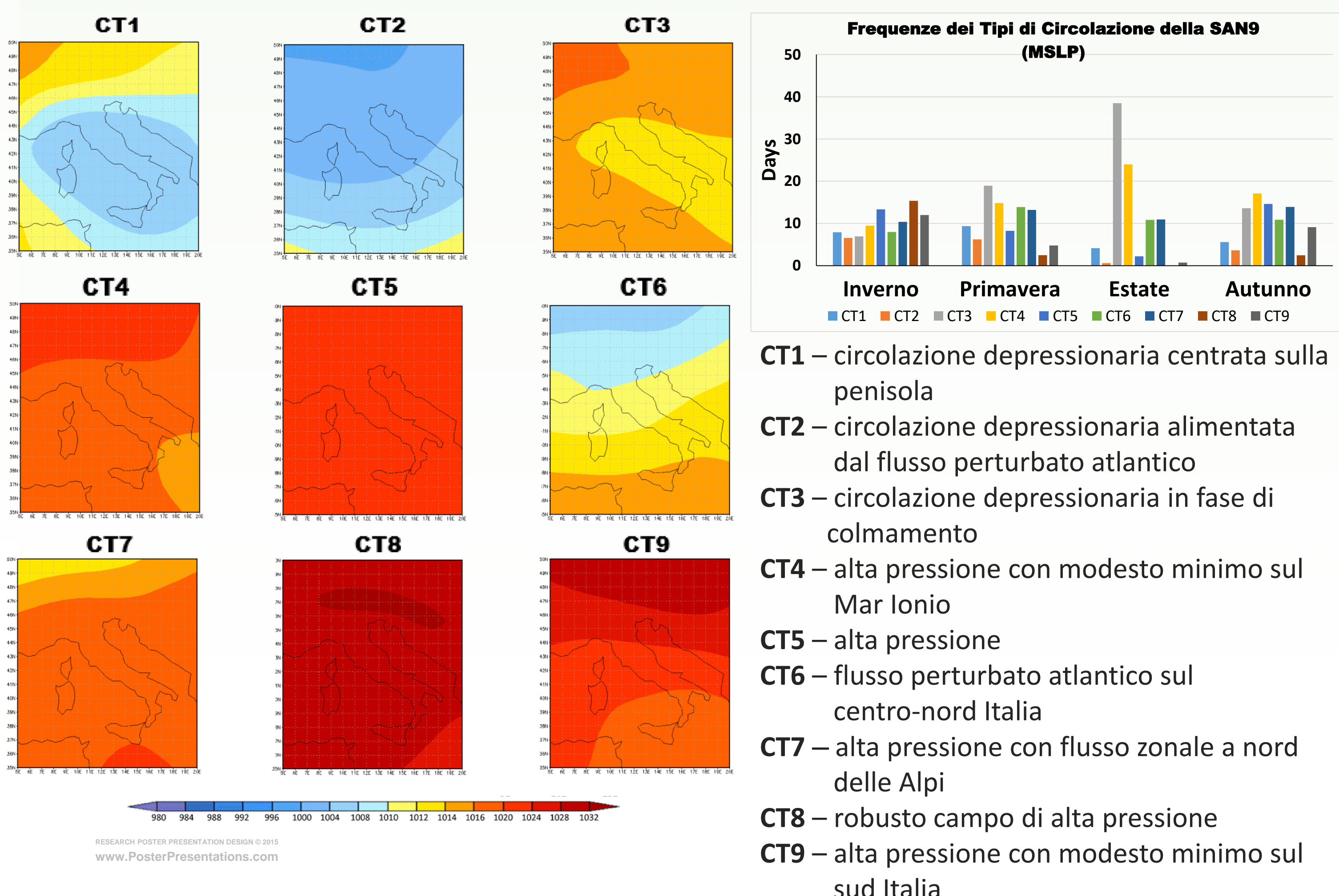
<p>EV – Explained Variance Variabilità Within-Types (WSS) VS Variabilità Totale (TSS) [0,1] – perfect score 1</p> $EV = 1 - \frac{WSS}{TSS} = 1 - \frac{\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n (y_{ij} - \bar{y}_j)^2}{\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n (y_{ij} - \bar{y}_i)^2}$	<p>PF – Pseudo F statistic Separabilità Inter-Types VS Variabilità Within-Types [0,∞] – perfect score ∞</p> $PF = \frac{BSS/(k-1)}{WSS/(n-k)} = \frac{\sum_{j=1}^k (\bar{y}_j - \bar{y})^2}{\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n (y_{ij} - \bar{y}_j)^2}$	<p>WSD Deviazione standard ponderata o variabilità Within-Types ponderata WSS [0,∞] – perfect score 0</p> $WSD = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^k (n_j - 1) \cdot S_j^2}{\sum_{j=1}^k (n_j - 1)}}; S_j^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_{ij} - \bar{y}_j)^2}{n_j}$	<p>KS – Kolmogorov Smirnov non-parametric test Separabilità tra classi: percentuale di ipotesi nulla rifiutata confrontando la distribuzione di ciascun Tipo con la distribuzione totale [0,100] – perfect score 100</p>
---	---	--	---

RISULTATI

□ L'analisi di sensibilità alla variabile di classificazione ha mostrato migliori risultati per le CTCs costruite in funzione della MSLP.

□ L'analisi di sensibilità al numero delle classi ha evidenziato prestazioni migliori per le CTCs con un numero basso di classi, ovvero (8/9) in ogni stagione.

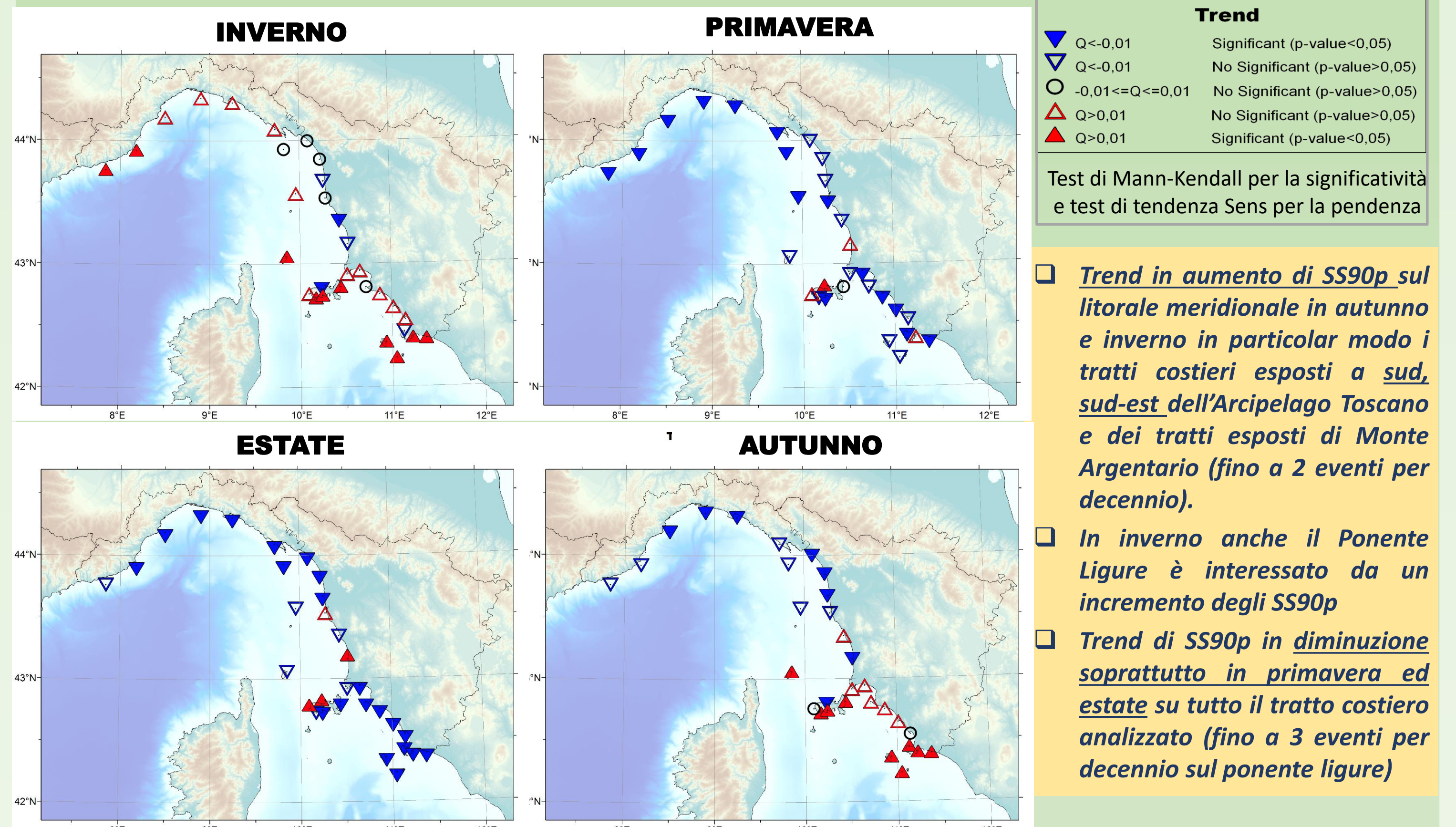
□ La classificazione più indicata a stratificare l'altezza d'onda massima è la SAN con 9 classi o Tipi di Circolazione (CT). In generale gli algoritmi di classificazione di tipo Optimisation risultano i più performanti dai ranking calcolati: la classificazione CKM si collocava spesso al primo posto, seguita dalla SAN, ma il numero elevato di classi rare ne pregiudica l'utilizzo.



CLASSIFICAZIONE SAN9 (MSLP) e mareggiate

Si definiscono **SS90p** gli «eventi meteo-marini» di forte intensità (SS – Sea Storm), ovvero il numero dei giorni con altezza d'onda massima (Hm0-max) superiore al 90° percentile della distribuzione giornaliera climatologica 1981-2010, su base stagione e per ognuno dei 31 punti griglia

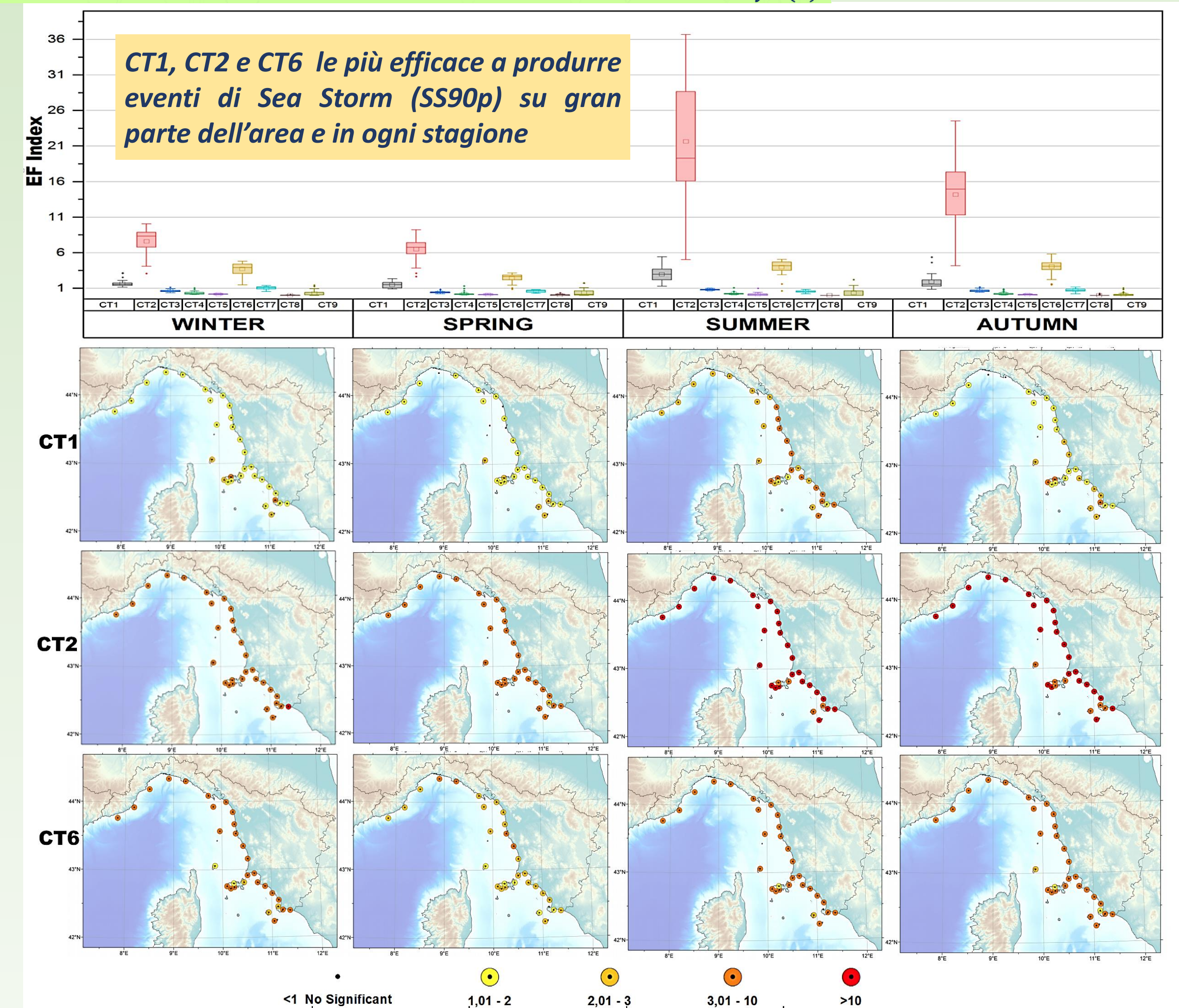
Trend delle serie di SS90p (media mobile di 11 anni) dal 1979-2019



Efficacia di ogni Tipo di Circolazione a produrre SS90p

$$index\ EF(j, k) = \frac{extreme\ days(j, k) / total\ extreme\ days(k)}{non\ extreme\ days(j, k) / total\ non\ extreme\ days(k)}$$

Efficacia di ogni CT (j) a produrre SS90p (indice EF > 1) in ogni stazione k



- CT2 è decisamente la più efficace in tutte le stagioni, tuttavia la sua predisposizione si riduce lungo i tratti costieri meridionali esposti a nord nord-est
- CT6, meno efficace della CT2 ma più efficace di CT1 in tutte le stagioni, in particolare su tutti i tratti costieri esposti ad occidente
- CT1 mostra una significativa predisposizione a produrre SS90p su gran parte del dominio, in particolar modo sui tratti esposti a nord dell'Isola d'Elba e di Monte Argentario e in estate lungo l'intera costa Toscana

Le tendenze degli eventi di mareggiata sono indotte dalle frequenze dei CT o da altri fattori nella variabilità climatica??

$$index\ EXPOT(j, k) = \frac{extreme\ days(j, k)}{total\ days(j)}$$

a) Inverno				b) Primavera			
CT	Frequenza (giorni/Decade)	N° Stazioni	EXPOT Index (N/Decade)	CT	Frequenza (giorni/Decade)	N° Stazioni	EXPOT Index (N/Decade)
CT1	* 1,65	31	* 0,395	CT1	0,073	27	-0,768
CT2	* 1,148	31	* -3,126	CT2	* 0,949	31	* -2,334
CT3	* 0,818	1	* -4,505	CT3	* -0,364	0	0
CT4	0,248	1	-0,014	CT4	0,175	1	* -2,443
CT5	0,124	0	0	CT5	-0,114	0	0
CT6	0,228	31	-0,766	CT6	* -1,364	30	* -2,398
CT7	-0,341	20	* -0,942	CT7	* -1,039	0	0
CT8	* -2,784	0	0	CT8	-0,28	0	0
CT9	* -0,728	2	-0,207	CT9	* -0,227	4	0,303

c) Estate				d) Autunno			
CT	Frequenza (giorni/Decade)	N° Stazioni	EXPOT Index (N/Decade)	CT	Frequenza (giorni/Decade)	N° Stazioni	EXPOT Index (N/Decade)
CT1	* 1,312	31	* -2,126	CT1	* 1,136	29	0,93
CT2	* 0,114	31	1,833	CT2	* 0,165	31	* 2,037
CT3	* 2,727	0	0	CT3	* 2,97	2	* -2,782
CT4	* -4,09	1	* -1,863	CT4	-0,67	0	0
CT5	* -0,62	0	0	CT5	* -0,91	0	0
CT6	* 0,773	30	* -8,347	CT6	* -1,154	31	0,112
CT7	* -0,727	0	0	CT7	* 0,254	4	* 1,349
CT8	0	0	0	CT8	* -0,248	0	0
CT9	* 0,228	5	* 6,278	CT9	* -2,045	1	* 0,951

Analisi temporale a bassa frequenza (media mobile di 11 anni) della relazione tra CT ed S90p espresso dall'Indice ExtremePOTential (EXPOT) che indica la percentuale degli episodi intensi (S90p) sul totale delle occorrenze giornaliere di ogni CT, mediata per tutte le stazioni con EF > 1 (<http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosres.2013.10.018>)

- Diminuzioni significative di EXPOT si verificano in inverno e primavera per CT2, e in estate per CT1 e CT6, nonostante i significativi aumenti delle loro occorrenze.
- Indice EXPOT in diminuzione maggiore, rispetto alle sue occorrenze, in primavera per il CT6
- EXPOT in maggiore aumento, rispetto alle sue frequenze, per il CT2 in autunno

La diminuzione della mareggiata intensa è principalmente legata ai cambiamenti delle caratteristiche interne dei tipi di circolazione, ovvero ai fattori climatici che portano ad un calo del gradiente barico in gioco!!