



Associazione  
**AMPRO**  
Meteo Professionisti



**ItaliaMeteo**




## Cambiamento climatico in Emilia-Romagna: un 2023 davvero estremo tra alluvione e tornado



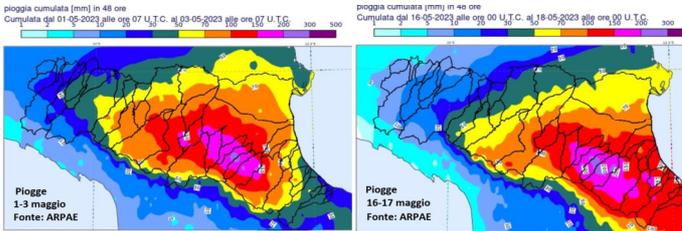
Ordine Geologi  
Emilia-Romagna



Associazione  
**Fulvio  
Ciancabilla**

*R. Mattei, 13/02/2024*

*P. Randi*  
*Meteorological T.*  
*Presidente AMPRO*  
*Consulente ItaliaMeteo*



pioggia cumulata (mm) in 48 ore  
Cumulata dal 01-05-2023 alle ore 07 U.T.C. al 03-05-2023 alle ore 07 U.T.C.

pioggia cumulata (mm) in 48 ore  
Cumulata dal 16-05-2023 alle ore 00 U.T.C. al 18-05-2023 alle ore 00 U.T.C.

Fonte: ARPAE

1



Associazione  
**AMPRO**  
Meteo Professionisti



**ItaliaMeteo**

## Professione meteorologo. In Italia boom di app e siti ma un albo non esiste

**AMPRO Unica associazione di Meteo Professionisti in Italia.**  
Si occupa del riconoscimento, valorizzazione e promozione della professione del Tecnico Meteorologo e del Meteorologo in Italia.  
Gli iscritti ad AMPRO devono rispettare il Codice Deontologico di AMPRO e sottoporsi a formazione continua e verifica annuale dei requisiti (**serve laurea a indirizzo specifico o certificazione**).

**Produce un Elenco Nazionale di Meteorologi e Tecnici Meteorologi**, aggiornato annualmente, utile all'utenza e alla Pubblica Amministrazione. Fa formazione e divulgazione.

**Associazione Professionale regolata dalla L.4 del 14 gennaio 2013**

Un passo fondamentale è rappresentato dalla nascita ed entrata in operatività dell'Agenda Nazionale **Italia Meteo**, ovvero il servizio meteorologico nazionale civile.

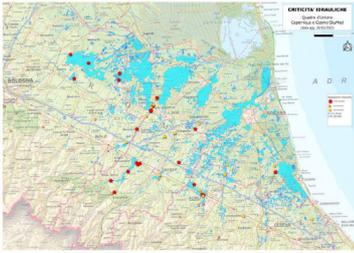


2

**ALLUVIONE MAGGIO 2023: 17 vittime**  
**Catastrofe più costosa nella storia d'Italia**  
 Swiss Re (fornitore mondiale assicurazioni): 10 miliardi di euri di danni, **di cui solo il 6% assicurato.**  
 Report Global Catastrophe Recap di Aon: **terzo peggior evento mondiale del 2023.**

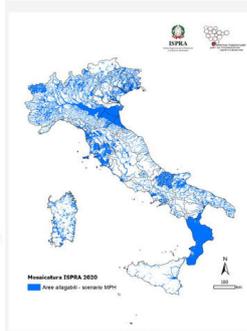
EXHIBIT 3: Top 10 Costliest Economic Loss Events in 1H 2023

Date	Event	Location	Deaths	Economic Loss (USD bn)
02/06	Turkey & Syria Earthquakes	Turkey & Syria	59,259	91.0
01/01-06/30	La Plata Basin Drought	Brazil, Argentina, Uruguay	N/A	9.9
05/13-05/17	Emilia-Romagna Floods	Italy	15	9.7
03/01-03/03	Severe Convective Storm	United States	13	6.1
01/01-06/30	Drought	Spain	N/A	5.6
03/31-04/01	Severe Convective Storm	United States	37	5.5
02/12-02/17	Cyclone Gabriele	New Zealand	11	3.9
06/21-06/26	Severe Convective Storm	United States	7	3.8
01/27-02/02	Auckland Floods	New Zealand	4	3.3
06/10-06/15	Severe Convective Storm	United States	3	3.1

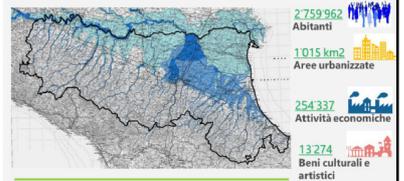
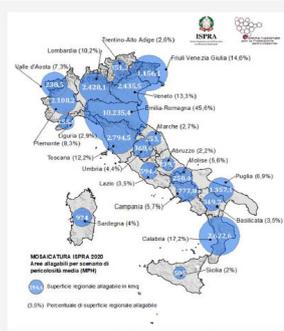


**Evento del 2-3 maggio**  
 14 corsi d'acqua contemporaneamente superano i livelli di allarme (138 superamenti di soglie idrometriche 2 e 3), in totale 23 piene

**Evento 16-17 maggio**  
 esondano 23 corsi d'acqua contemporaneamente. Non era mai successo. Altri 13 fiumi superano livelli d'allarme. Si verificano erosioni spondali, sovralluvionamenti, sormonti arginali. Almeno 15mila gli edifici allagati nelle campagne; si aggiungono quelli nelle città.



L'Emilia-Romagna è la regione con la maggior superficie allagabile (scenario di pericolosità media): 45.6% del territorio



- 56.000 km corsi d'acqua naturali di cui 3.000 km arginati
- 19.000 km di canali di bonifica



3

**Alluvione maggio 2023: partiamo da lontano..**

Grande scala: Anomalie di pressione al suolo e geopotenziale a 500 hPa 1-31 maggio 2023. **Situazione di blocco meteorologico (alte pressioni troppo a Nord).**

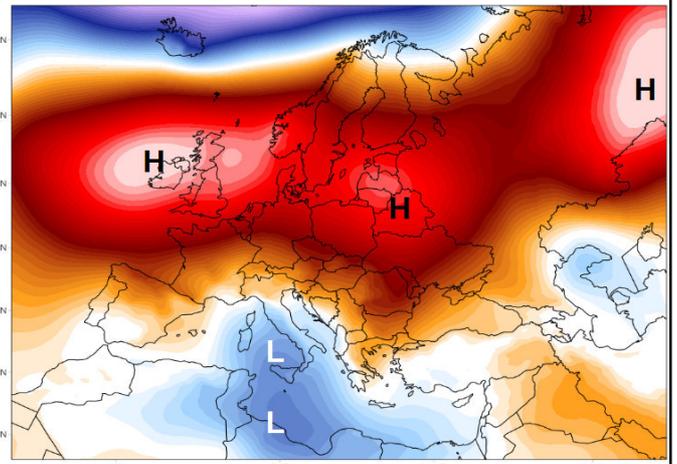
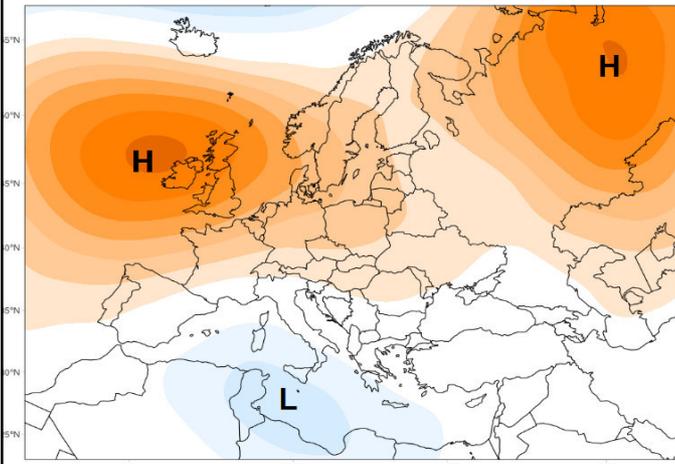


Geopot Hgt 500hPa Anomaly (dam)  
 May 2023 - 1981-2010

ECMWF ERA5 (0.5x0.5 deg)

Mean Sea Level Pressure Anomaly (hPa)  
 May 2023 - 1981-2010

ECMWF ERA5 (0.5x0.5 deg)



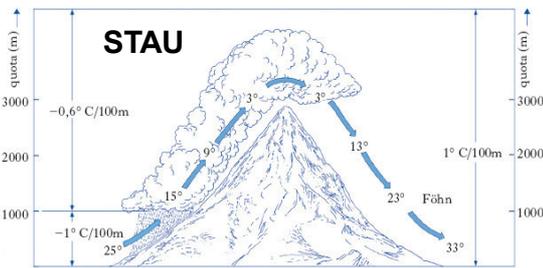
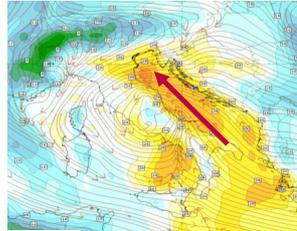
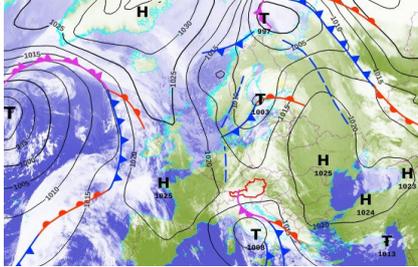
ClimateReanalyzer.org | Climate Change Institute | University of Maine

ClimateReanalyzer.org | Climate Change Institute | University of Maine

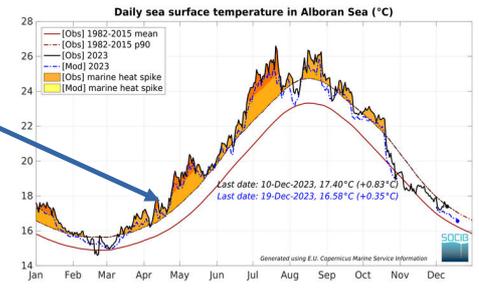
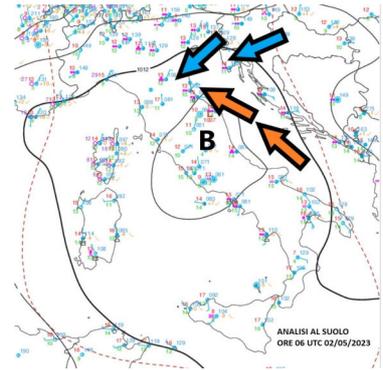
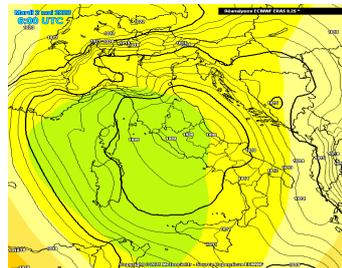
4

**Primo evento 1-3 maggio.**

Un'onda depressionaria proveniente dalla Spagna viene agganciata da una saccatura in quota in discesa dal nord Europa. Formazione di un ciclone extra-tropicale sul Mediterraneo centrale a lenta evoluzione poichè **intrappolato da due alte pressioni**.



variazione della temperatura con la quota

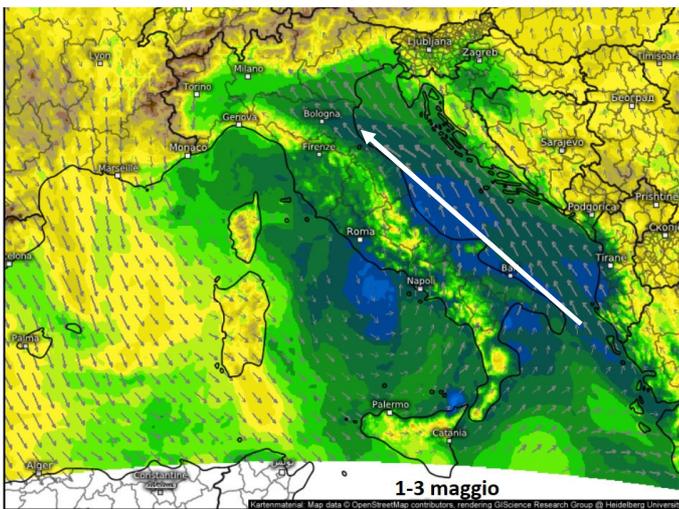


5

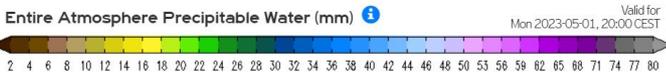
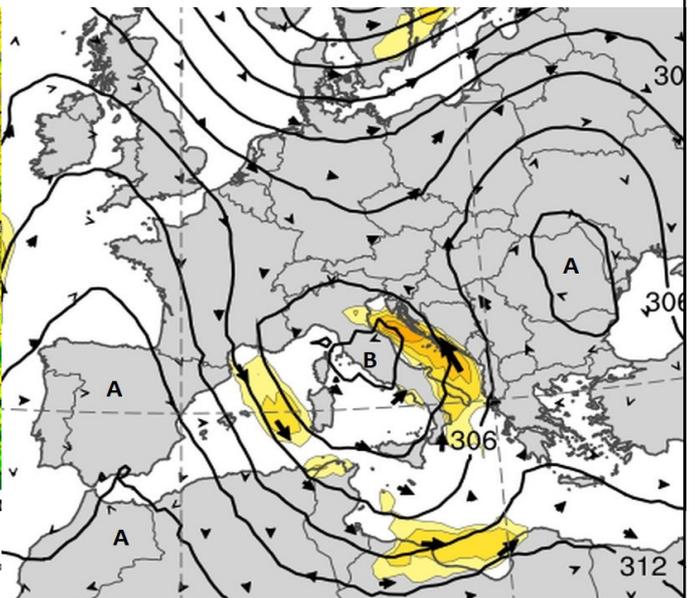
**Primo evento 1-3 maggio.**

Fin qui tutto normale; una tipica depressione mediterranea primaverile. Dove sta l'anomalia? **Nelle immagini sottostanti**

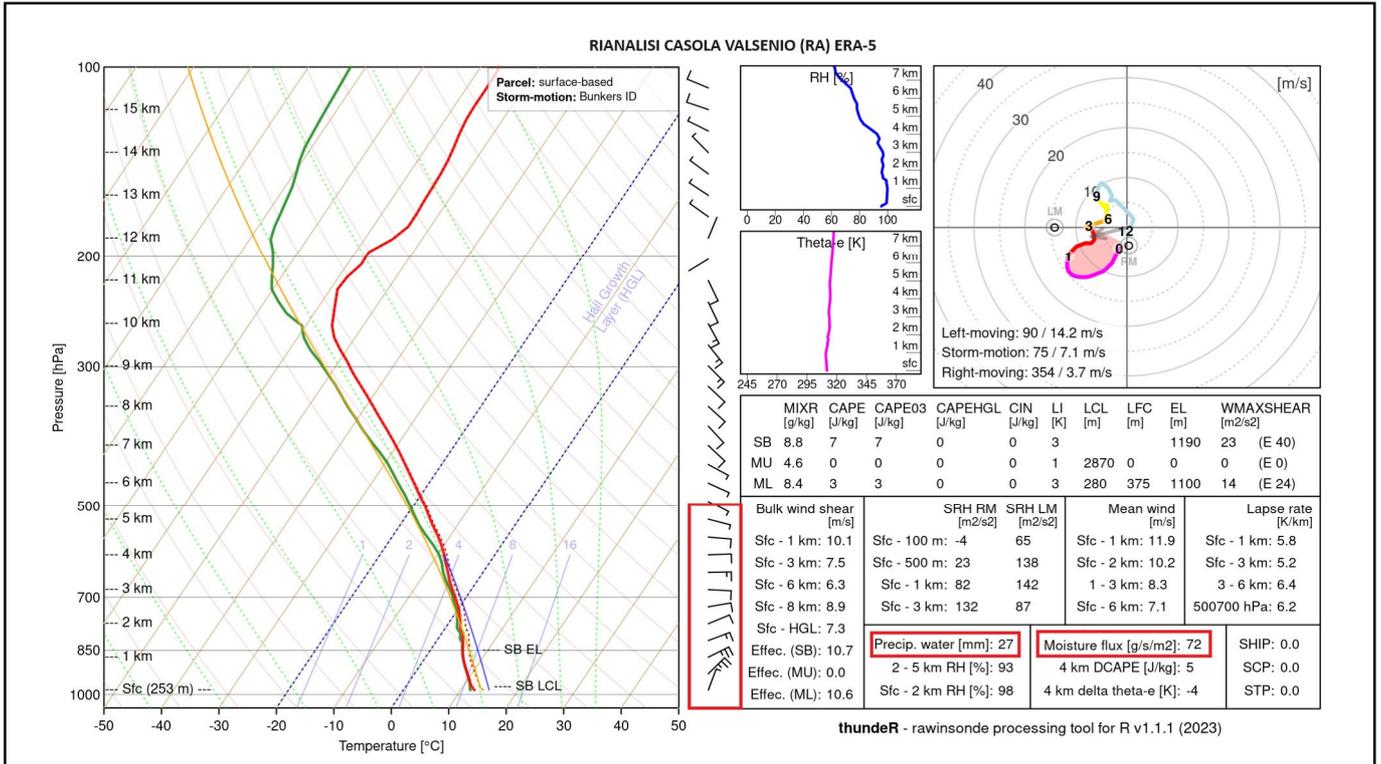
*Acqua precipitabile*



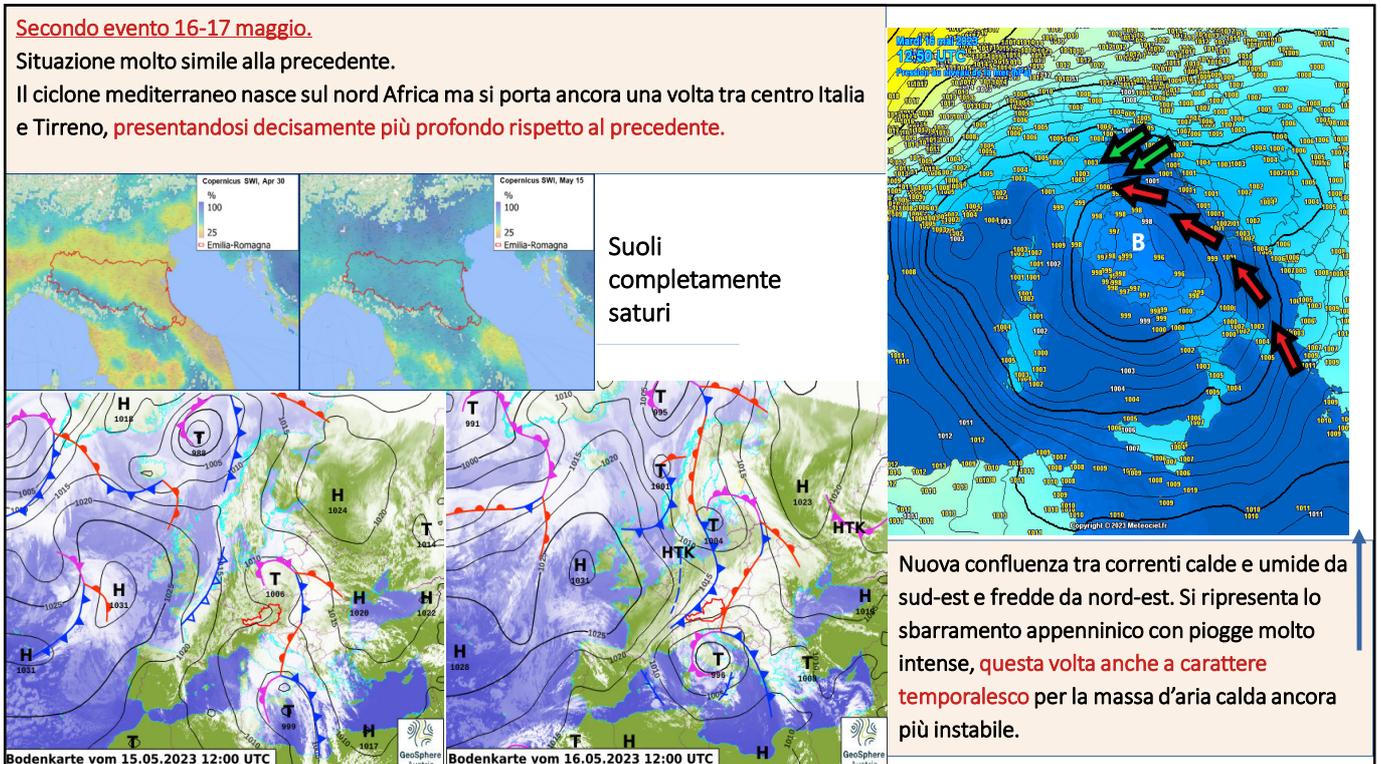
*Trasporto integrato di vapore acqueo*



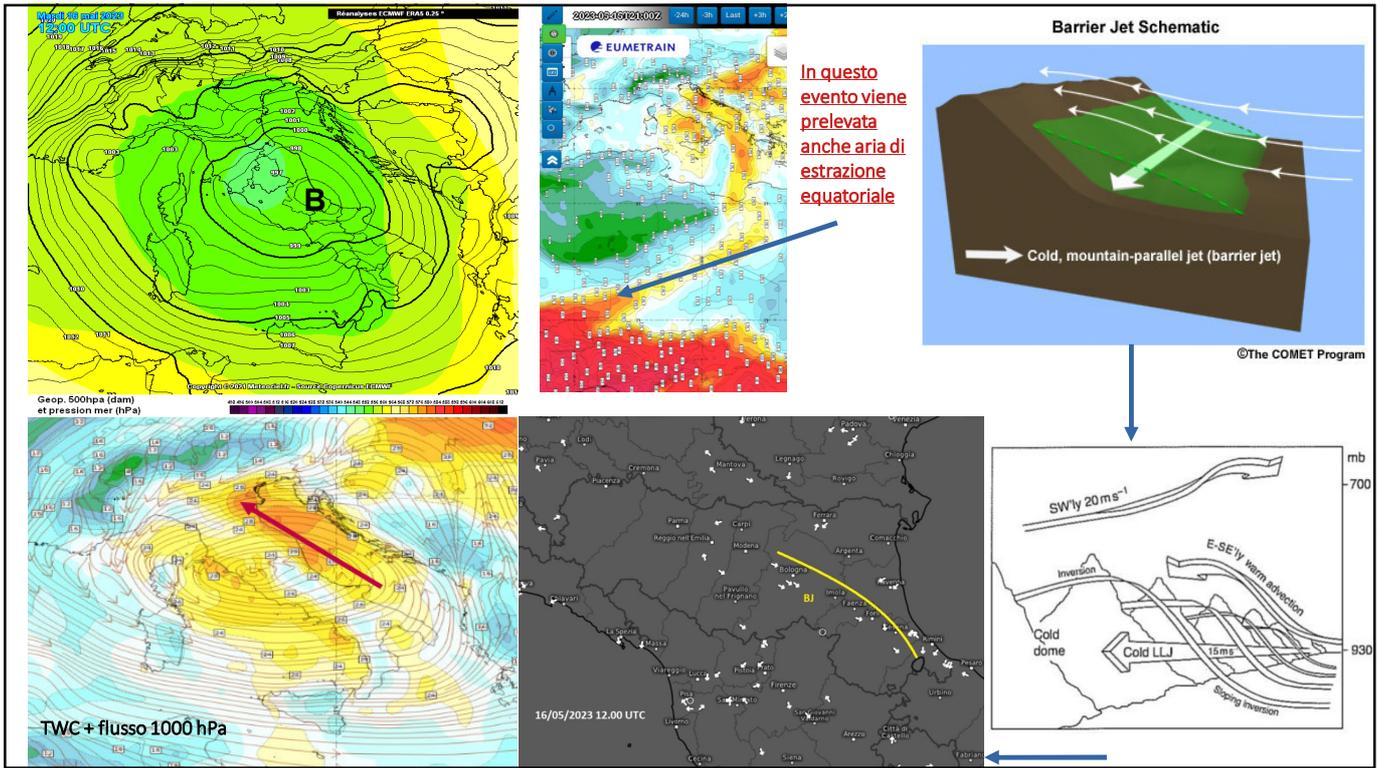
6



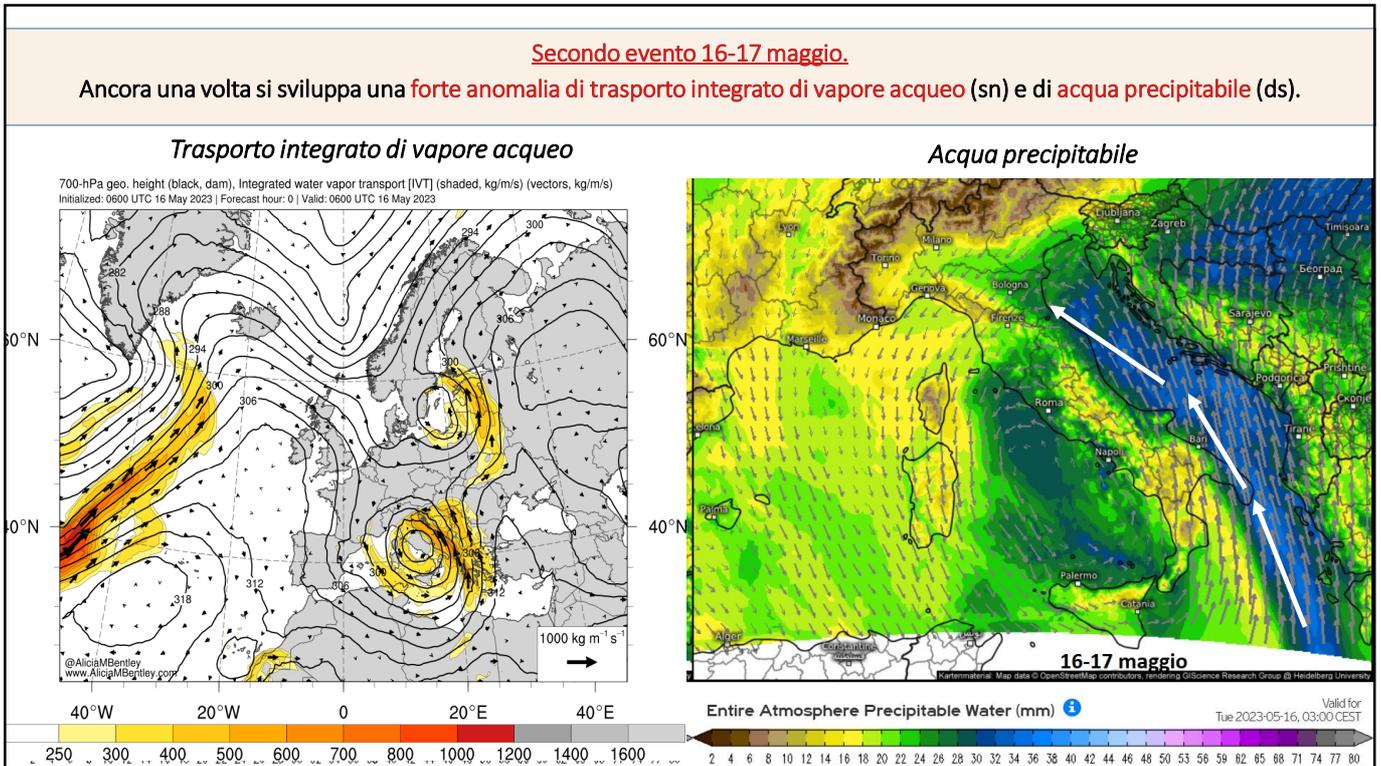
7



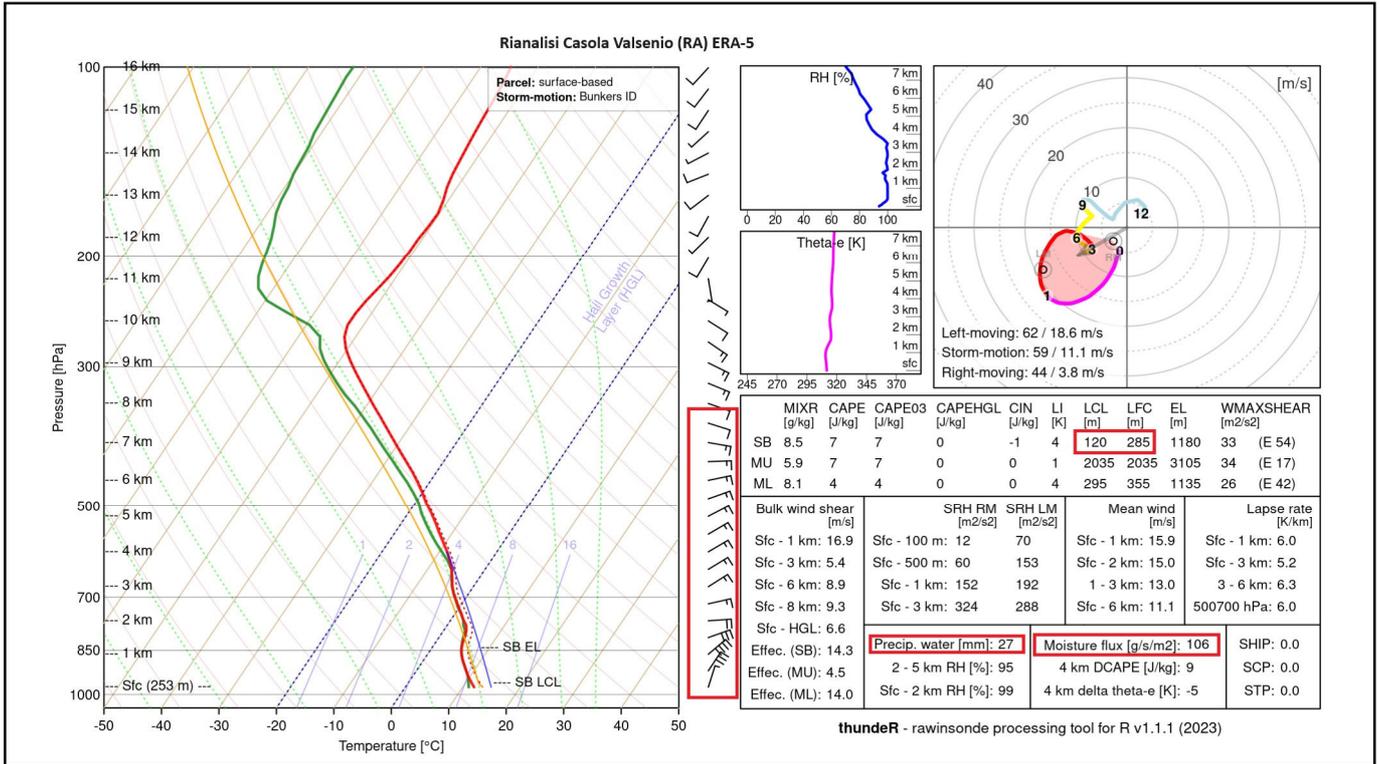
8



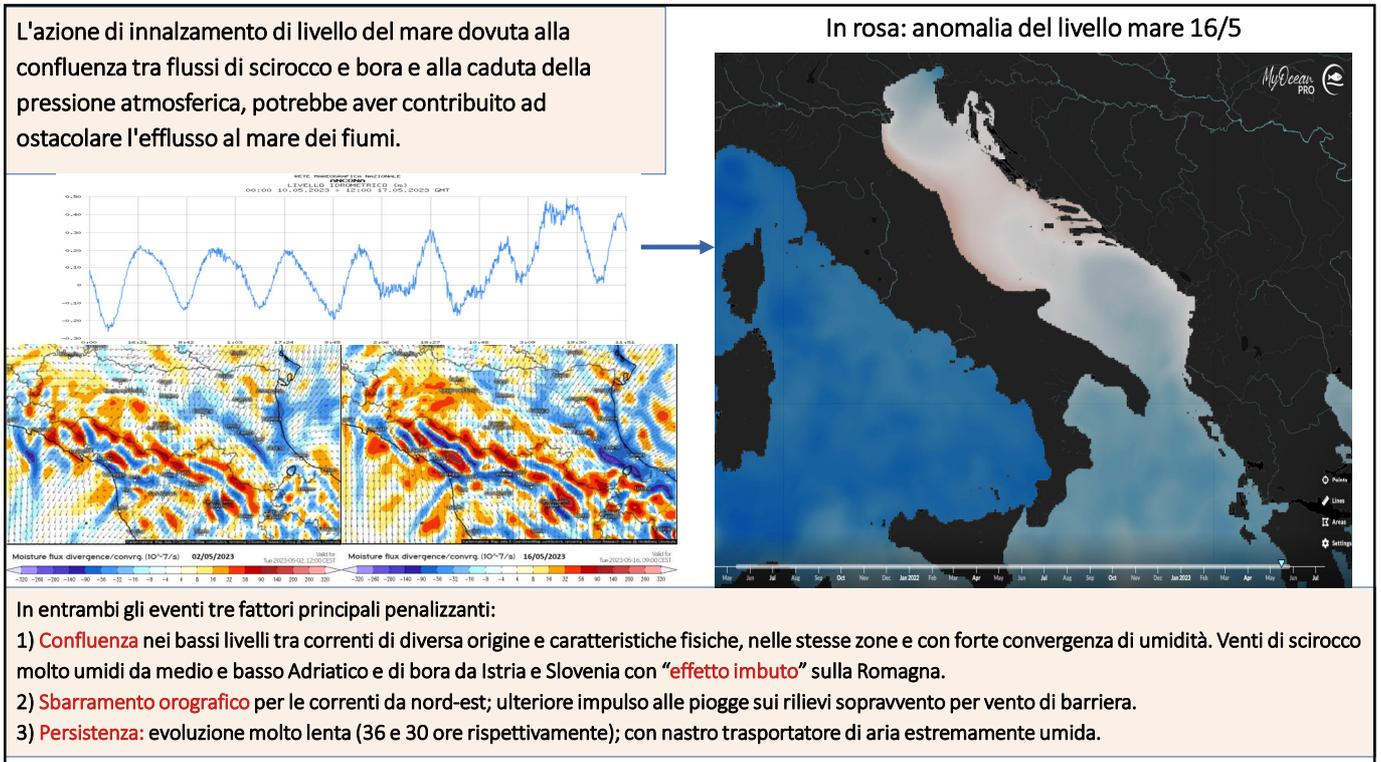
9



10



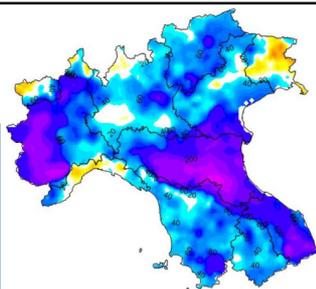
11



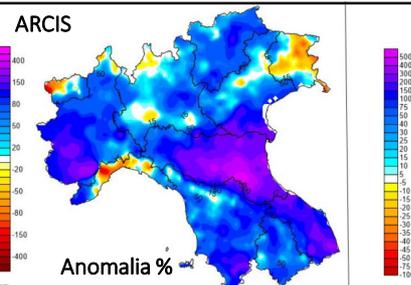
12

In estrema sintesi....

Oltre il 65% dei pluviometri dei bacini del settore centro-orientale della regione ha registrato il **record di pioggia caduta, sia nelle 24 ore sia totale (primo e secondo evento)**, e alcuni di questi hanno una serie di dati superiore ai 100 anni. Su un territorio occupato da 3-4 province della regione sono caduti localmente **più di 500 millimetri di pioggia nei due eventi; oltre la metà del valore normale annuo.**

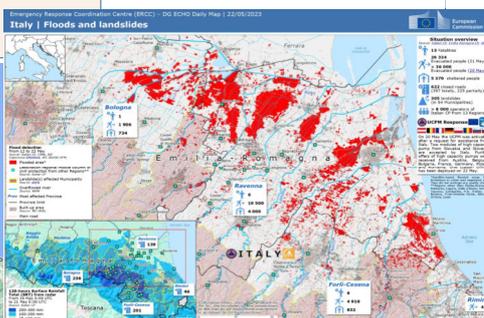


Cumulate maggio 2023



Anomalia %

Aree inondate 18/05



Località	Pioggia maggio 2023 mm	Clima maggio 91-20 mm	Clima anno 91-20 mm
Trebbio (FC)	609,8	82,6	925,5
Modigliana (FC)	597,0	75,0	916,9
S. Cassiano (RA)	573,2	87,5	980,9
Casola Valsenio (RA)	564,4	79,9	913,7
Monte Albano (RA)	530,0	83,3	920,8
Riolo Terme (RA)	530,0	68,0	836,6
Monzuno (BO)	501,0	88,7	988,3

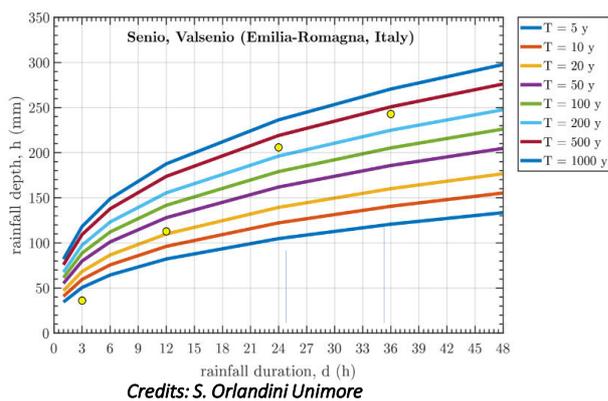
13

Romagna, 16-18 Maggio 2023

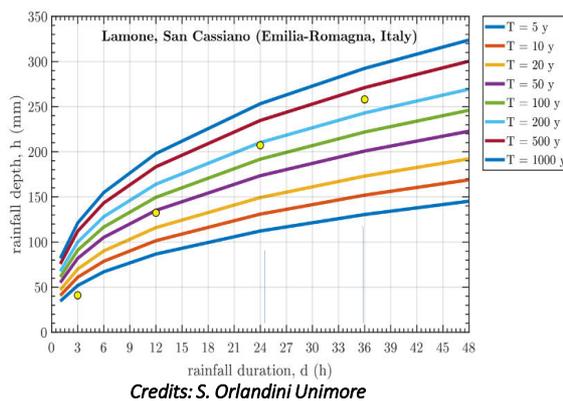
Analisi di frequenza delle precipitazioni,  $h = V/A$ .

Romagna, 16-18 Maggio 2023

Analisi di frequenza delle precipitazioni,  $h = V/A$ .



Credits: S. Orlandini Unimore



Credits: S. Orlandini Unimore

Le precipitazioni cumulate nelle 3-6-12 ore non sono particolarmente anomale (tempi di ritorno tra 5 e 20 anni). Diversa l'analisi sulle 24 e soprattutto 36 ore, con tempi di ritorno rispettivamente di 200-300 anni e quasi di 500 anni. L'evento è quindi eccezionale in merito alla **persistenza** e non all'**intensità** (es. alluvione Marche settembre 2022 con oltre 400 mm in 4 ore).

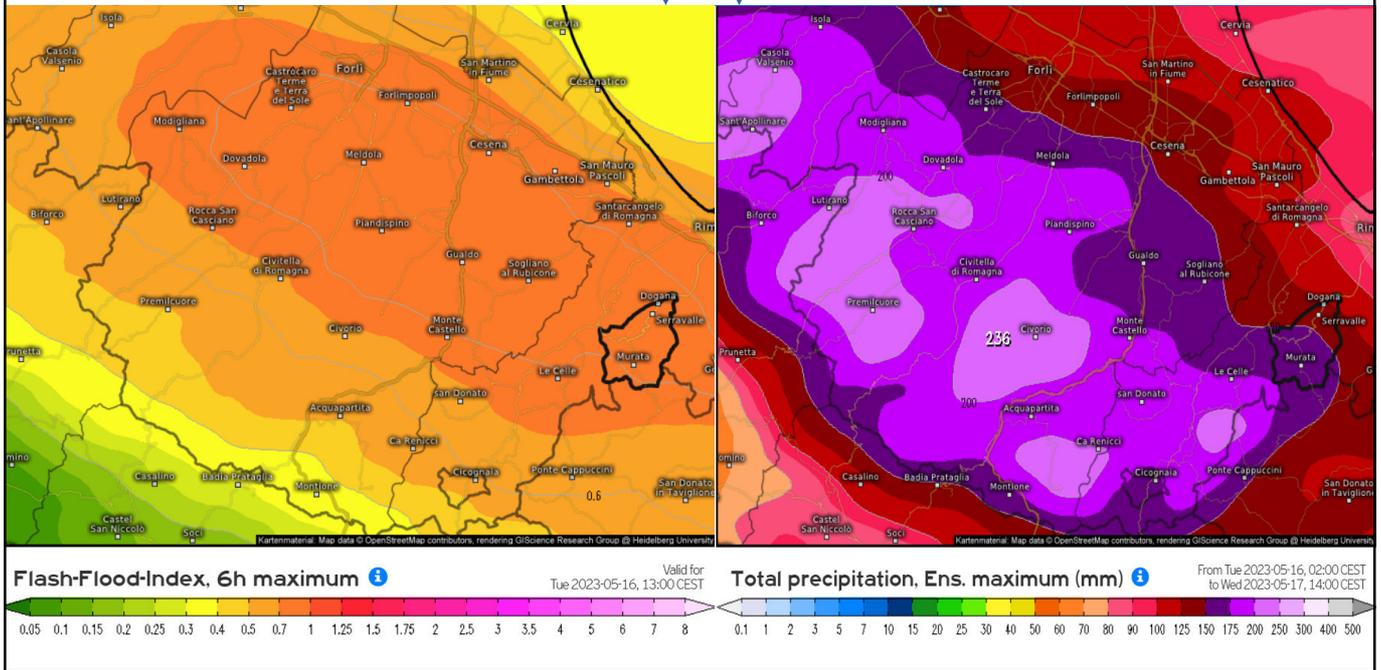


14

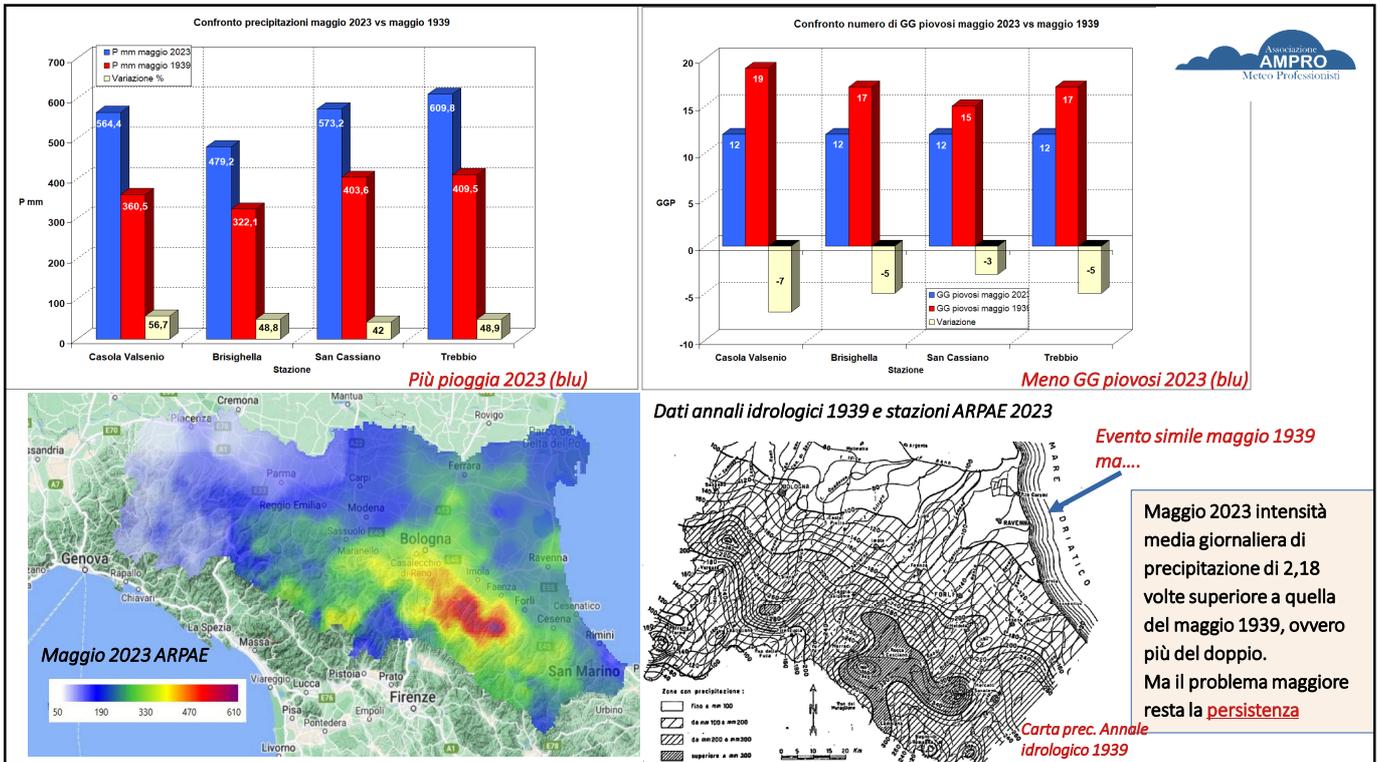
Ottima abilità di previsione (skill) con l'approccio d'insieme

Indice di alluvione 16/5 (ensemble multimodel)

Precipitazioni totali 16/5 (ensemble multimodel)



15



16

## ALLUVIONI ANCHE NEL LONTANO PASSATO?

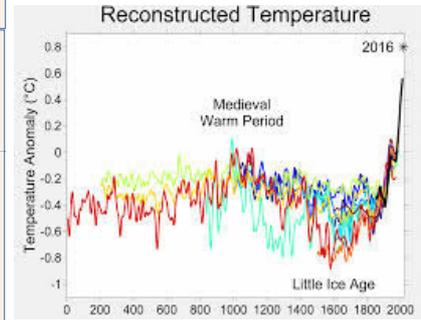
Sì, tra il '700 e l'800 in particolare, la regione fu colpita da pesanti alluvioni fluviali ma...

**Diverse!**

Eravamo in un clima più freddo (all'uscita della PEG) e si trattava di eventi in prevalenza autunnali (pur con alcuni episodi primaverili) portati da diversi giorni (3-6) con piogge moderate e continue.

L'evento del 2023 si è manifestato in due episodi di 36 e 30 ore rispettivamente (assai più breve).

**La novità non sta nell'alluvione in sé, ma nel tipo di alluvione!**



Ravenna 1636: tra il 27 e il 28 maggio l'acqua dei fiumi Ronco e Montone sommerse la città per oltre due metri, dopo sei giorni ininterrotti di pioggia

Pericolosità idraulica, ER "in testa"



## Dopo 2 mesi: TORNADO IF 2/3 Voltana -Alfonsine -Savarna (RA) 22/07/2023

**Non una prima volta, ma una prima volta così severo**



		Sturdiness class for building (in brackets: building with vulnerable 3D geometry)						
		Wall Thickness ->	10 – 20 cm	20 – 40 cm	40 – 80 cm	> 80 cm		
Wall Quality	stacked hollow masonry units without reinforcement and with little to no connections		AB (A)	B (AB)	C (B)	D (C)		
	stacked heavy masonry units such as solid brick or stones, with little to very poor connections		B (AB)	C (B)	D (C)	E (D)		
	weak brick masonry, unreinforced cast concrete		C (B)	D (C)	E (D)	F (E)		
	strong brick masonry, filled concrete masonry units, steel reinforced filled concrete blocks, or cast-in-place reinforced concrete		D (C)	E (D)	F (E)	F (E)		
Degree of Damage (DoD) to walls or frame:		Sturdiness						
		A	AB	B	C	D	E	F
DoD 0 Negligible damage to structure except to gables above highest ceiling	≤IF0.5 ≤ 33 ≤ 120	≤IF1 ≤ 40 ≤ 150	≤IF1.5 ≤ 50 ≤ 180	≤IF2 ≤ 60 ≤ 220	≤IF2.5 ≤ 70 ≤ 250	≤IF3 ≤ 80 ≤ 290	*	
DoD 1A Some damage to structure destruction of less than 1/10	IF0.5 33 120	IF1 40 150	IF1.5 50 180	IF2 60 220	IF2.5 70 250	IF3 80 290	IF4 105 380	
DoD 1B Partial destruction but not more than 2/3	IF1 40 150	IF1.5 50 180	IF2 60 220	IF2.5 70 250	IF3 80 290	IF4 105 380	IF5 130 470	
DoD 2 Near complete destruction more than 2/3	≥IF1.5 50 180	≥IF2 60 220	≥IF2.5 70 250	≥IF3 80 290	≥IF4 105 380	≥IF5 130 470	≥IF5 130 470	

# Cos'è un tornado?

**Tornado:** colonna d'aria **rotante** estesa verticalmente dalla superficie alla base di un torte temporale (i tornado severi sono sempre causati da violenti temporali), normalmente associata a una **nube a imbuto** e con velocità minima del vento pari a **104,4 km/h (29 m/s)**.

L'imbuto o il cono del tornado sono in genere ben visibili, tuttavia, in alcuni casi, il vortice, e rispettivo cono, vengono completamente avvolti dalle precipitazioni, e diventano quasi invisibili.

**Purtroppo, è stato il caso del tornado del 22 luglio 2023.**

Il tornado è osservabile su tutti i continenti ad eccezione dell'Antartide.

**Tornado e tromba d'aria sono sinonimi (una volta accertato il moto vorticoso)**



CAT

GATTO

TORNADO

TROMBA D'ARIA



**Windshear rotazione**

**Temporale a supercella**

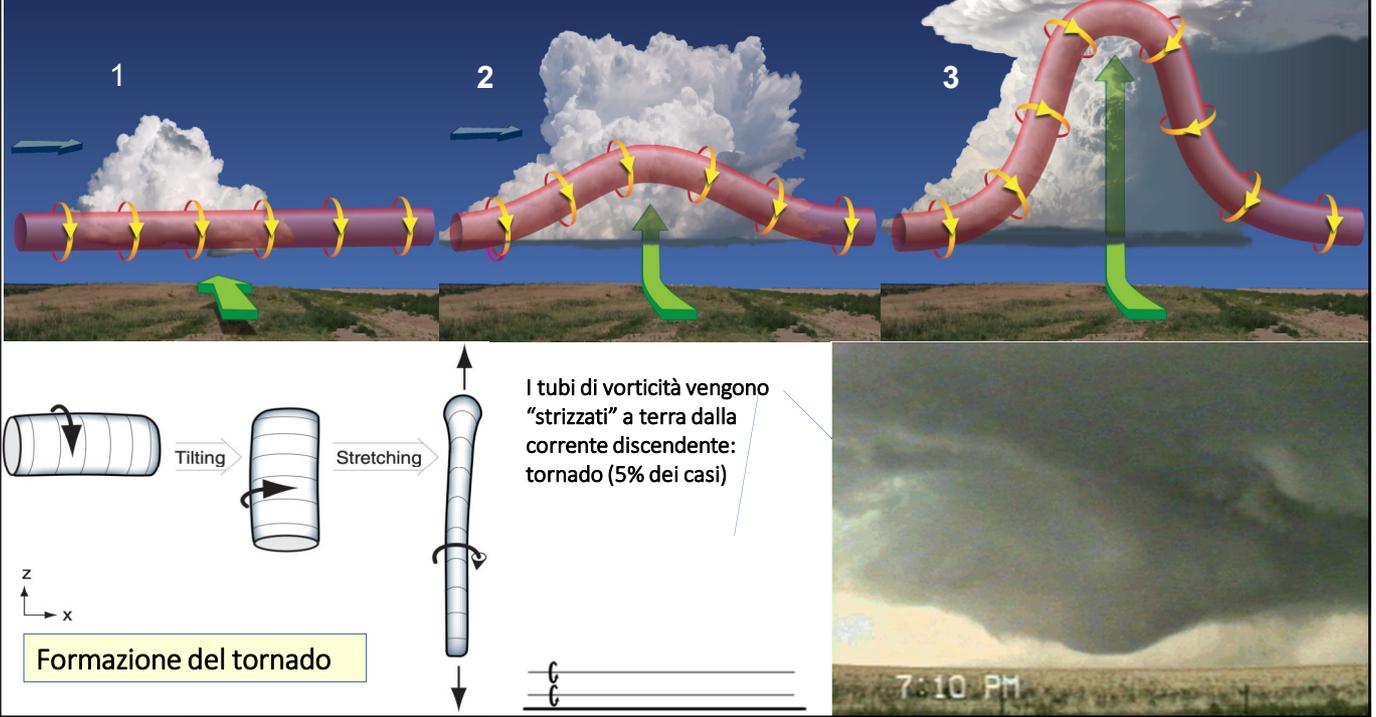
**"Supercell alleys of Europe"**

Solo il 5% delle supercelle produce tornado mesociclonici, i più pericolosi

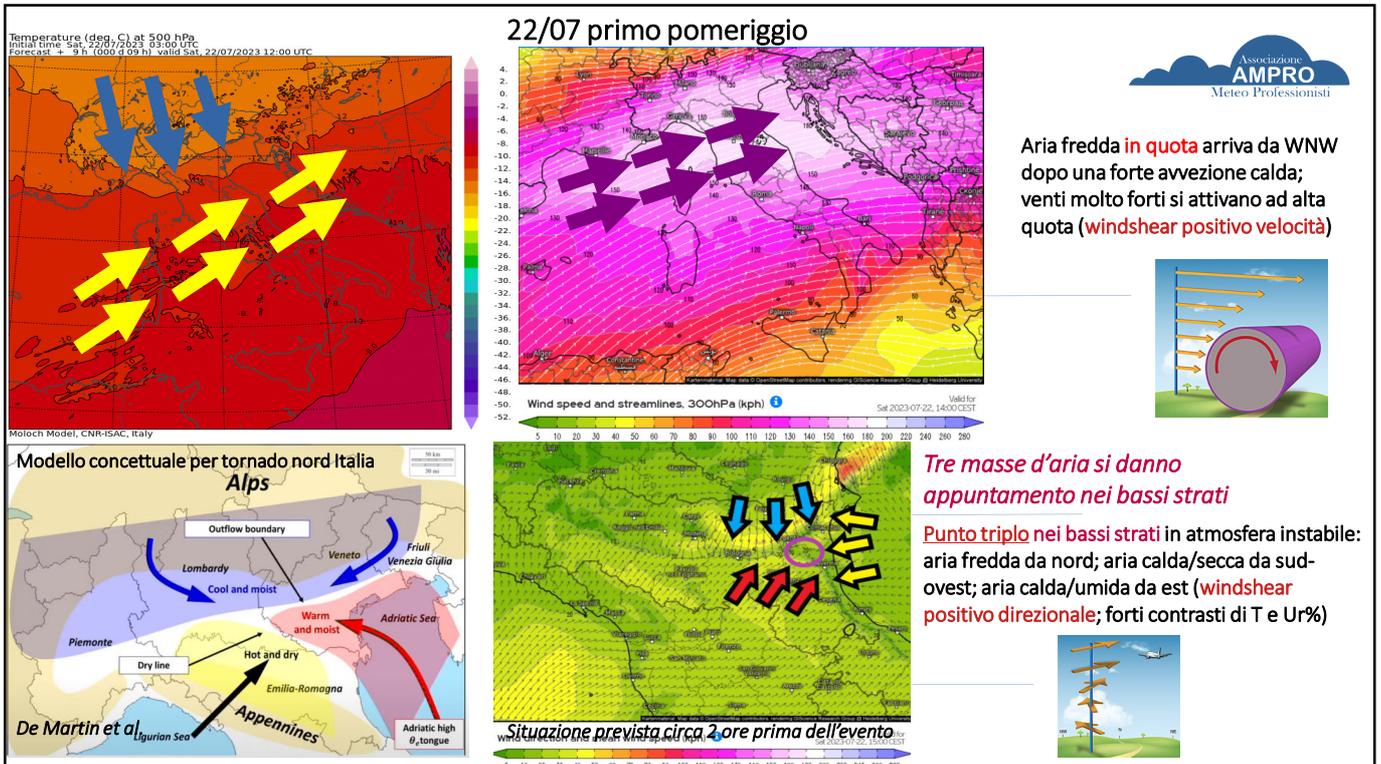
Temporale a supercella: aria instabile ma soprattutto un particolare profilo del vento: il **WINDSHEAR**

**Le supercelle in Europa**

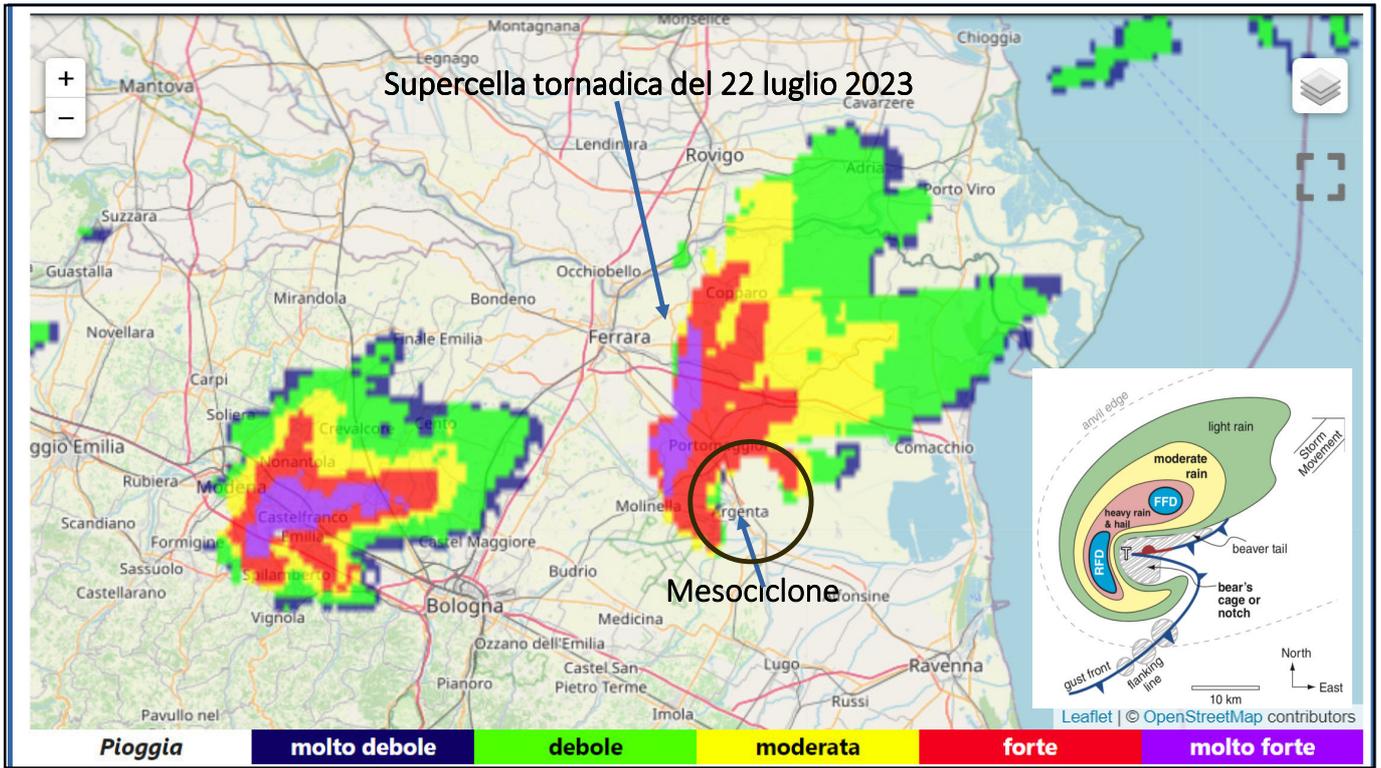
Formazione del temporale a supercella e del mesociclone



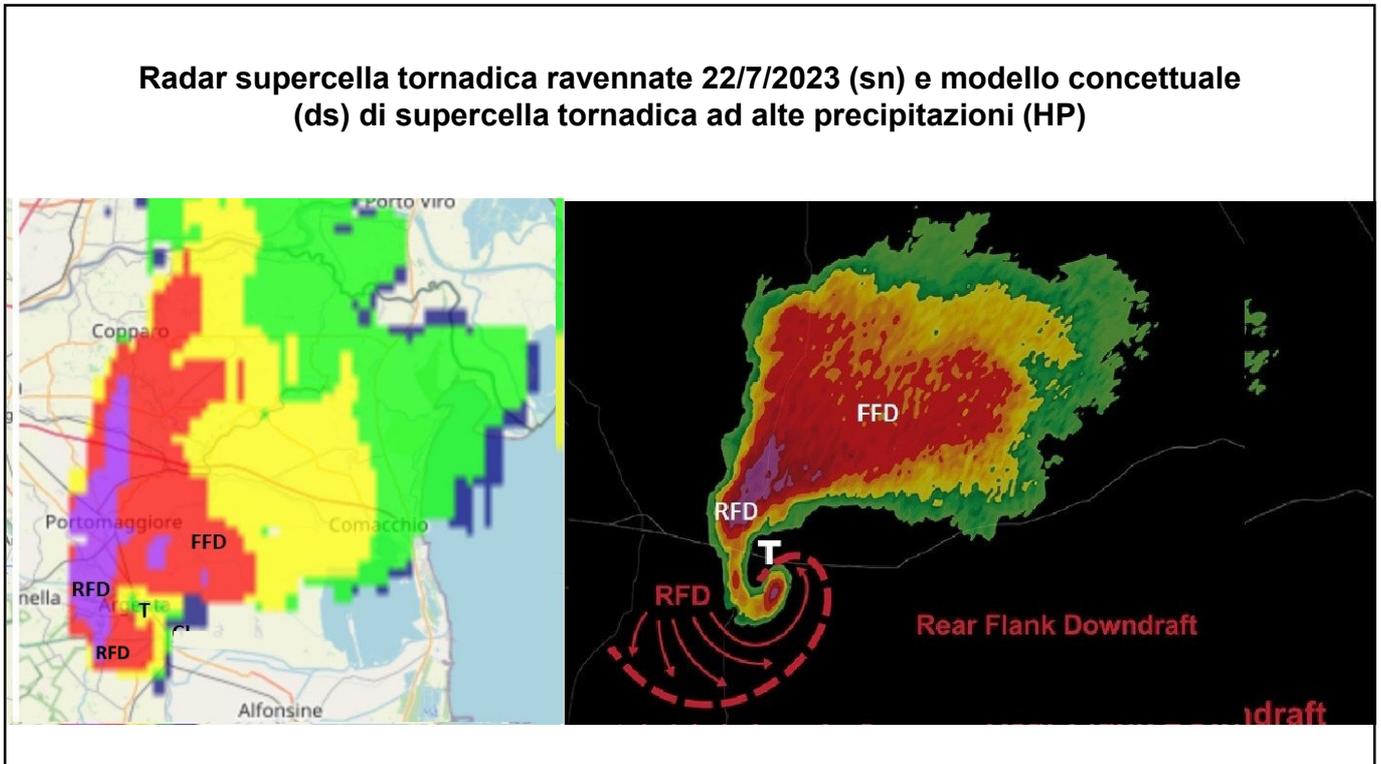
21



22



23



24

Percorso: 17 km circa, larghezza 1,3 km: una dimensione che in Italia è stata osservata molto raramente e l'unico precedente noto di simili dimensioni in Pianura Padana risale al 4 luglio 1965 tra parmense e ferrarese. Anche allora nascosto dalle precipitazioni.

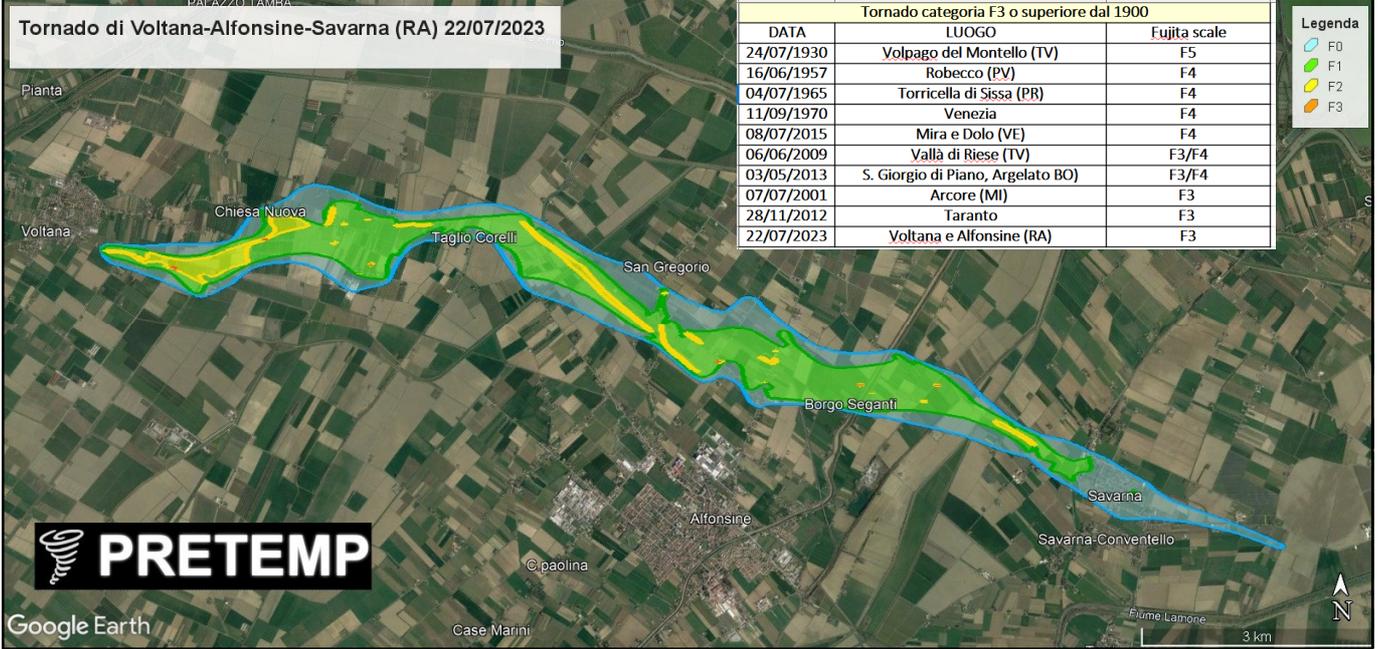
**Tornado di Voltana-Alfonsine-Savarna (RA) 22/07/2023**

Tornado categoria F3 o superiore dal 1900

DATA	LUOGO	Fujita scale
24/07/1930	Volpago del Montello (TV)	F5
16/06/1957	Robecco (PV)	F4
04/07/1965	Toricella di Sissa (PR)	F4
11/09/1970	Venezia	F4
08/07/2015	Mira e Dolo (VE)	F4
06/06/2009	Vallà di Riese (TV)	F3/F4
03/05/2013	S. Giorgio di Piano, Argelato (BO)	F3/F4
07/07/2001	Arcore (MI)	F3
28/11/2012	Taranto	F3
22/07/2023	Voltana e Alfonsine (RA)	F3

**Legenda**

- F0
- F1
- F2
- F3



25

**Tipici danni da tornado.**

**Traliccio abbattuto e accartocciato;**

**cooperchio di lattina conficcato nel legno**

**vento >280 Km/h**

26

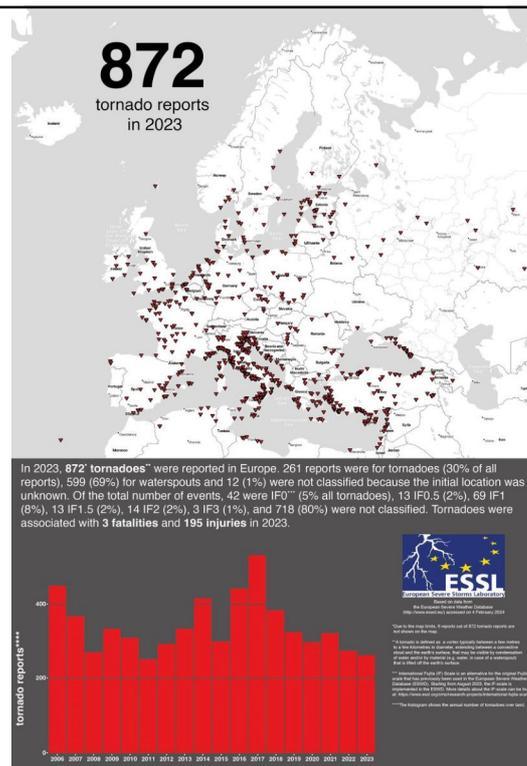
**Table 1. The IF-scale. Classificazione ESSL tornado Voltana-Alfonsine**

Class	speed m/s	error m/s	speed km/h	error km/h	Speed mph	error mph	speed knots	error knots
IF0-	20	± 6	72	± 22	45	± 14	39	± 12
IF0	25	± 7	90	± 27	56	± 17	48	± 15
IF0+	30	± 9	108	± 32	67	± 20	58	± 18
IF1-	36	± 11	128	± 38	70	± 24	69	± 21
IF1	41	± 12	149	± 45	92	± 28	80	± 24
IF1+	47	± 14	170	± 51	106	± 32	92	± 28
IF2-	54	± 16	193	± 58	120	± 36	104	± 31
IF2	60	± 18	217	± 65	135	± 40	117	± 35
IF2+	67	± 20	241	± 72	150	± 45	130	± 39
<b>IF3</b>	<b>81</b>	<b>± 24</b>	<b>293</b>	<b>± 88</b>	<b>182</b>	<b>± 55</b>	<b>158</b>	<b>± 47</b>
IF4	105	± 31	376	± 113	234	± 70	203	± 61
IF5	130	± 39	466	± 140	290	± 87	252	± 76

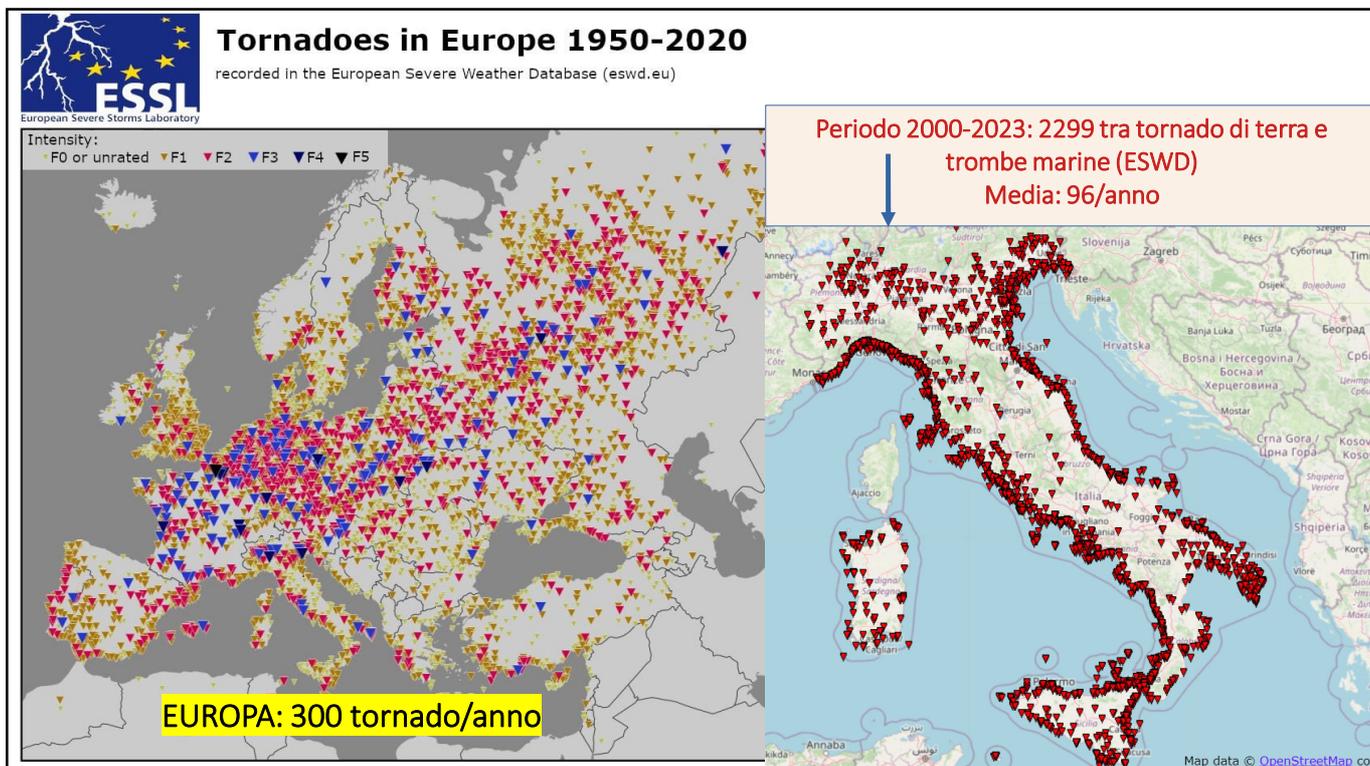
**Emilia-Romagna a rischio medio-elevato**  
**Province più colpite: RE-MO-BO-FE (tornado di terra)**  
**Coste di RA e RN per trombe marine.**

■ di formazione di tornado, a volte intense e distruttive.  
 ■ zone con alta probabilità di formazione di tornado, a volte moderate, raramente distruttive.  
 ■ zone con media probabilità di formazione di tornado, spesso deboli o moderate, raramente distruttive.  
 ■ zone non particolarmente soggette a tornado, ma dove eventi deboli (raramente "superficiali") possono avvenire.  
 ■ clima espone a tornado marine (tornado sopra o vicino, raramente moderati o intensi, occasionalmente distruttivi).

Associazione **AMPRO** Meteorologi Professionisti



27



28

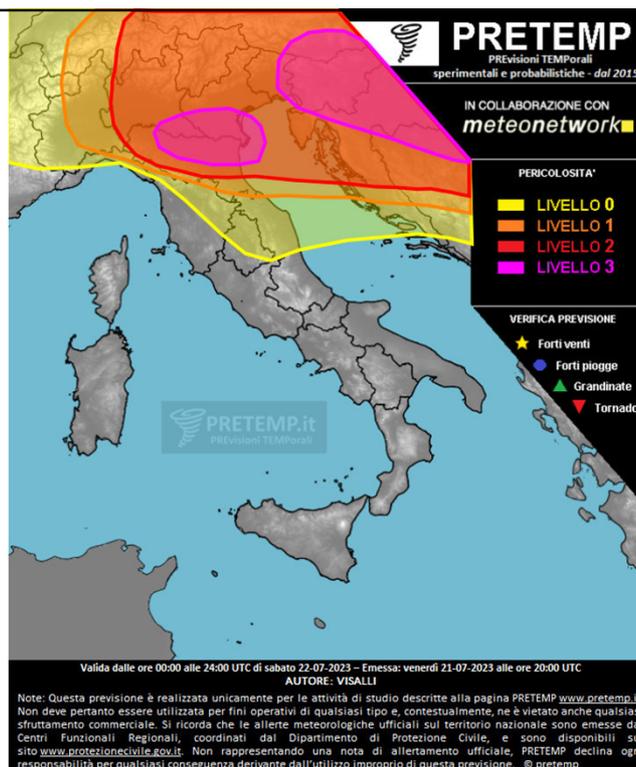
SI POSSONO PREVEDERE I TORNADO?

**Assolutamente no**, se non circa 15-30 minuti prima che abbiano luogo, ciò perché il tornado è un fenomeno, per quanto violento, **molto piccolo e di breve durata**.

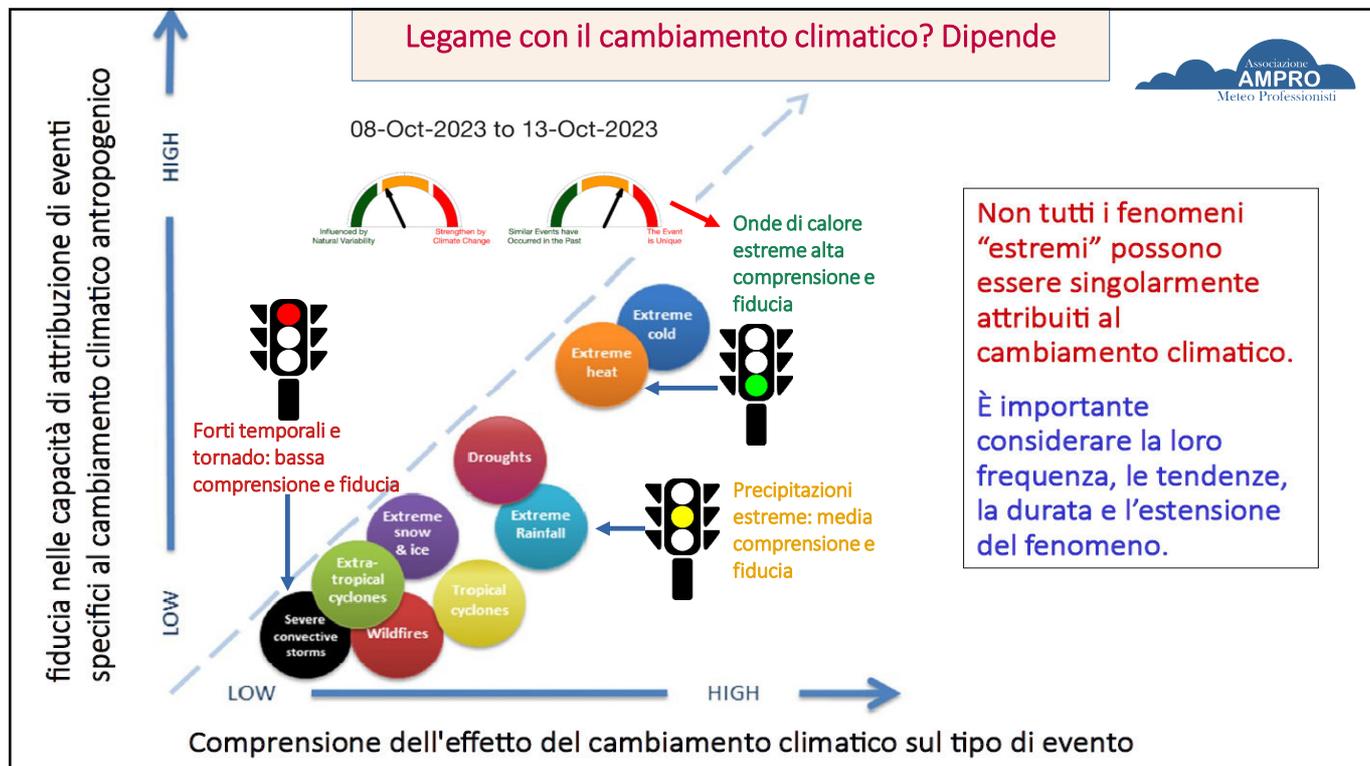
A destra la previsione del rischio di temporali violenti emessa il giorno 21 dal team di PRETEMP (Previsione Temporali, prodotto SPERIMENTALE).

L'area a rischio massimo (livello 3 con rischio grandine severa e forti venti, anche vorticosi) era piuttosto vasta (colore viola) e oltre a questo non è possibile andare.

A differenza dell'abilità di previsione per piogge abbondanti, **che è ottima** (alluvione 2023); quella sui tornado è estremamente bassa.



29



30

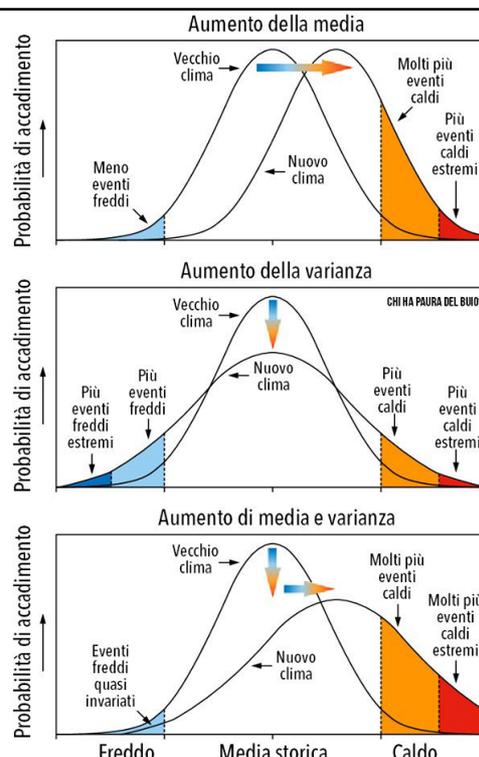
“Le due alluvioni e il tornado che hanno colpito in sequenza l’Emilia Romagna sono eventi meteorologici estremi, *“Da soli non possono stabilire una tendenza climatica”*, ma *“rientrano a pieno titolo all’interno di una tendenza climatica dimostrata da decenni di dati”*.”



31

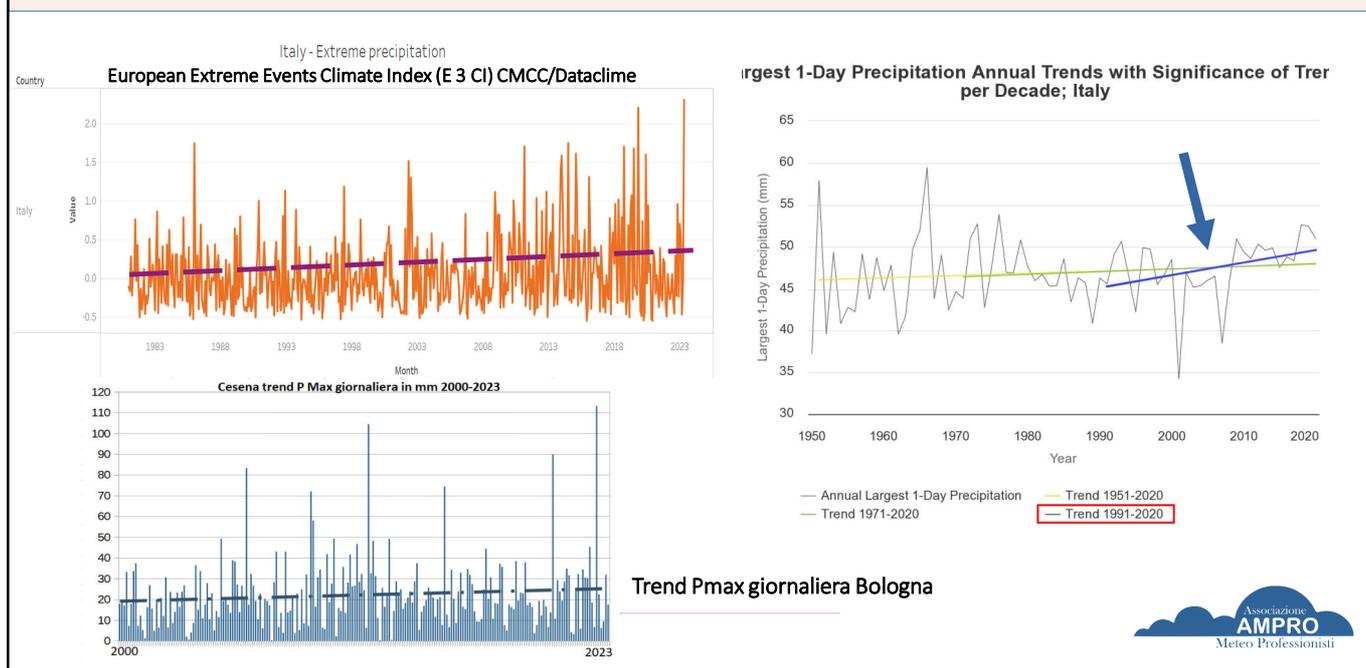
## Eventi “estremi”

- Gli eventi ‘intensivi’ stanno diventando sempre più ‘estremi’.
- Questi due termini non sono affatto sinonimi, ma nascondono una fondamentale differenza: un evento meteo intenso è un qualsiasi fenomeno atmosferico che mette a rischio vite umane; un evento meteo estremo è sì intenso quanto raro, in base alla statistica che descrive la probabilità che possa accadere in un determinato luogo.
- Il cambiamento climatico sta **variando la statistica degli**



32

Per ogni grado di aumento della temperatura, l'atmosfera può trattenere il 7% di acqua in più sotto forma di vapore acqueo. **Piogge più intense.**



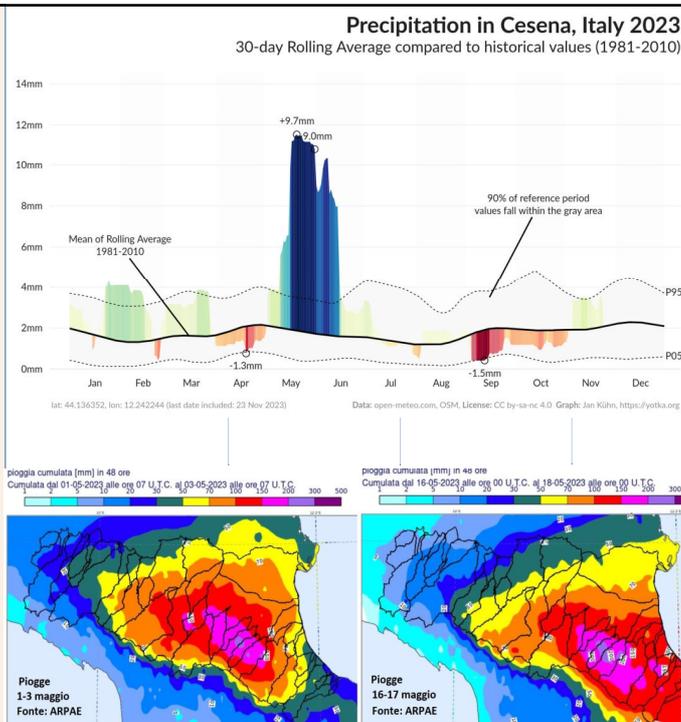
33

“**Precipitation whiplash**” = colpo di frusta delle precipitazioni.

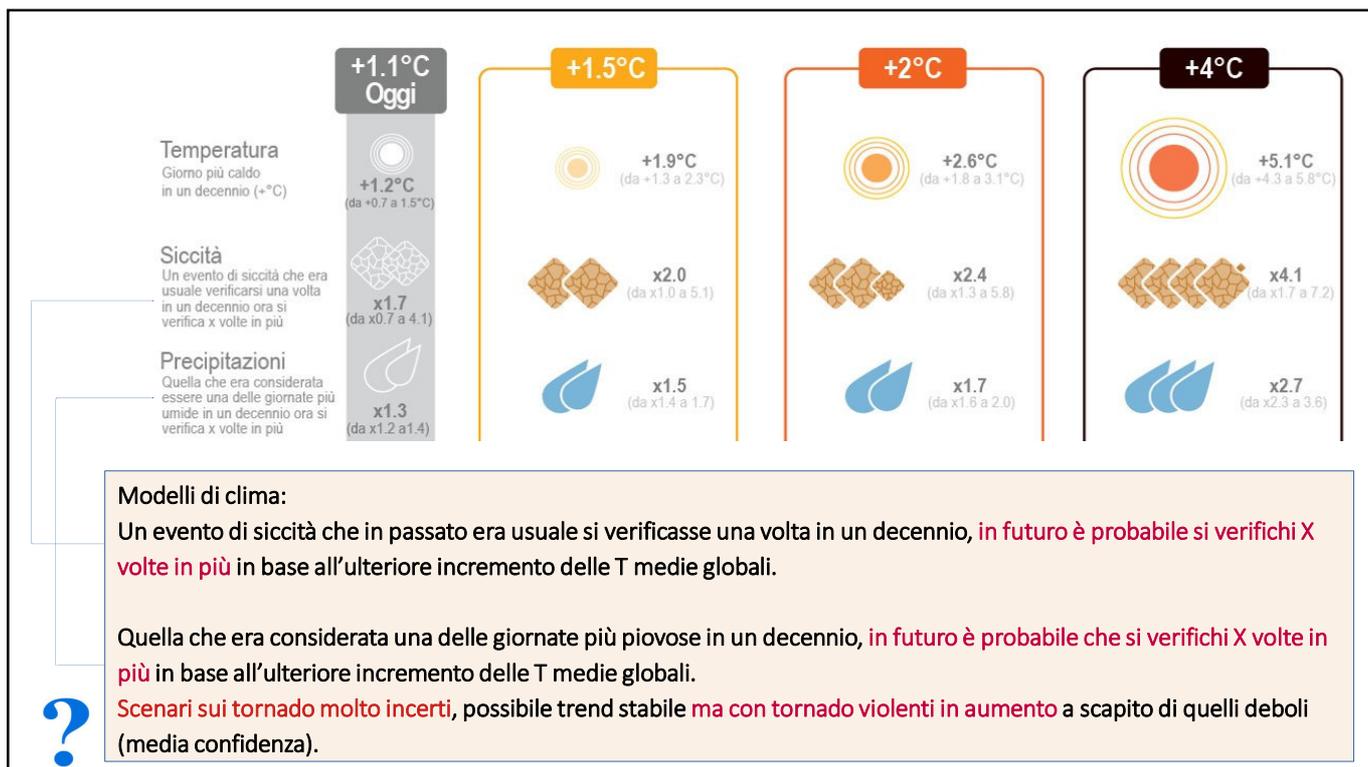
Repentini passaggi tra estremi di pioggia e siccità che causano gravi impatti sui sistemi naturali e umani.

Entro la fine del XXI secolo, in uno scenario con elevate emissioni (RCP8,5) la frequenza di questi eventi **potrebbe aumentare di  $2,56 \pm 0,16$  volte** rispetto al periodo 1979-2019, **con transizioni sempre più rapide e intense tra i due estremi.**

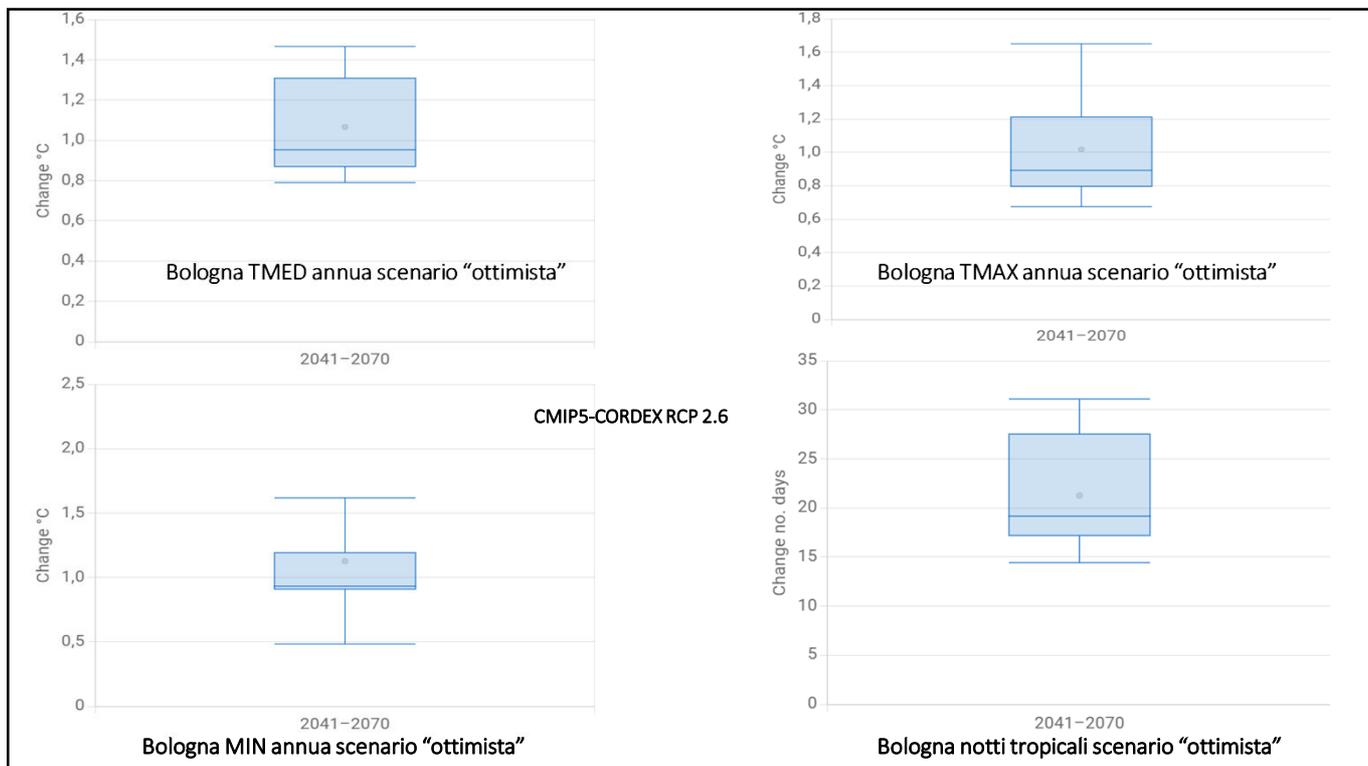
In futuro minore numero di depressioni sulla regione mediterranea, meno pioggia in generale, ma con una **maggior intensità** degli eventi piovosi associati a questi sistemi nel Mediterraneo centro-occidentale, inclusa l'Italia (*Xuezhi Tan et. al, 2023, Nature*)



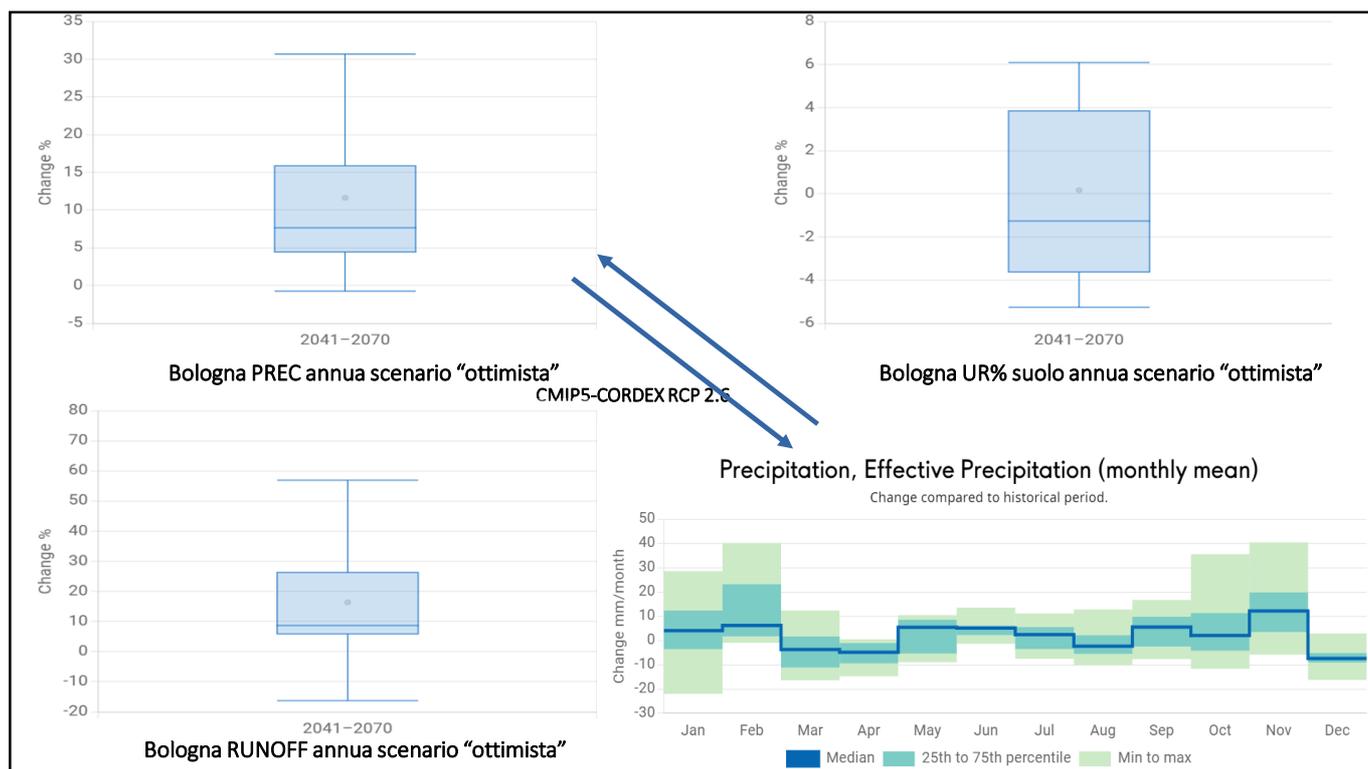
34



35



36



37


**"L'equazione dei disastri"**

$$R = P \times V \times E$$

✓ Il rischio R è il prodotto di 3 fattori:
 

- ✓ P = pericolosità degli eventi estremi, che aumenta con i cambiamenti climatici
- ✓ V = vulnerabilità dei territori, tipica della loro composizione e struttura ma aumentata dall'antropizzazione
- ✓ E = esposizione, che dipende da dove ci ubichiamo (noi e le nostre strutture) e che ovviamente rimanda al problema dell'abusivismo.
- ✓ E' l'aumento di questi 3 fattori che crea la "tempesta perfetta"



38



# GRAZIE PER L'ATTENZIONE

*R. Mattei, 13/03/2024*



**P. Randi**  
**Meteorological T.**  
**Presidente AMPRO**  
**Consulente ItaliaMeteo**

