

# Conceptual models for the development of tornadoes in Italy

Mario Marcello Miglietta  
CNR-ISAC, Padova



# OBIETTIVO

EVIDENZIARE LA NECESSITA' DI STUDIARE  
TORNADO (E DOWNBURST) IN ITALIA

# ARGOMENTI

- INTRODUZIONE
- TORNADO STORICI IN ITALIA
- CLIMATOLOGIA IN ITALIA
- CASO STUDIO: IL TORNADO DI TARANTO DEL 28 NOVEMBRE 2012
- TORNADO NEL TIRRENO E IN PIANURA PADANA
- CONDIZIONI FAVOREVOLI ALLO SVILUPPO DEI TORNADO IN ITALIA

# DEFINIZIONE DI TORNADO

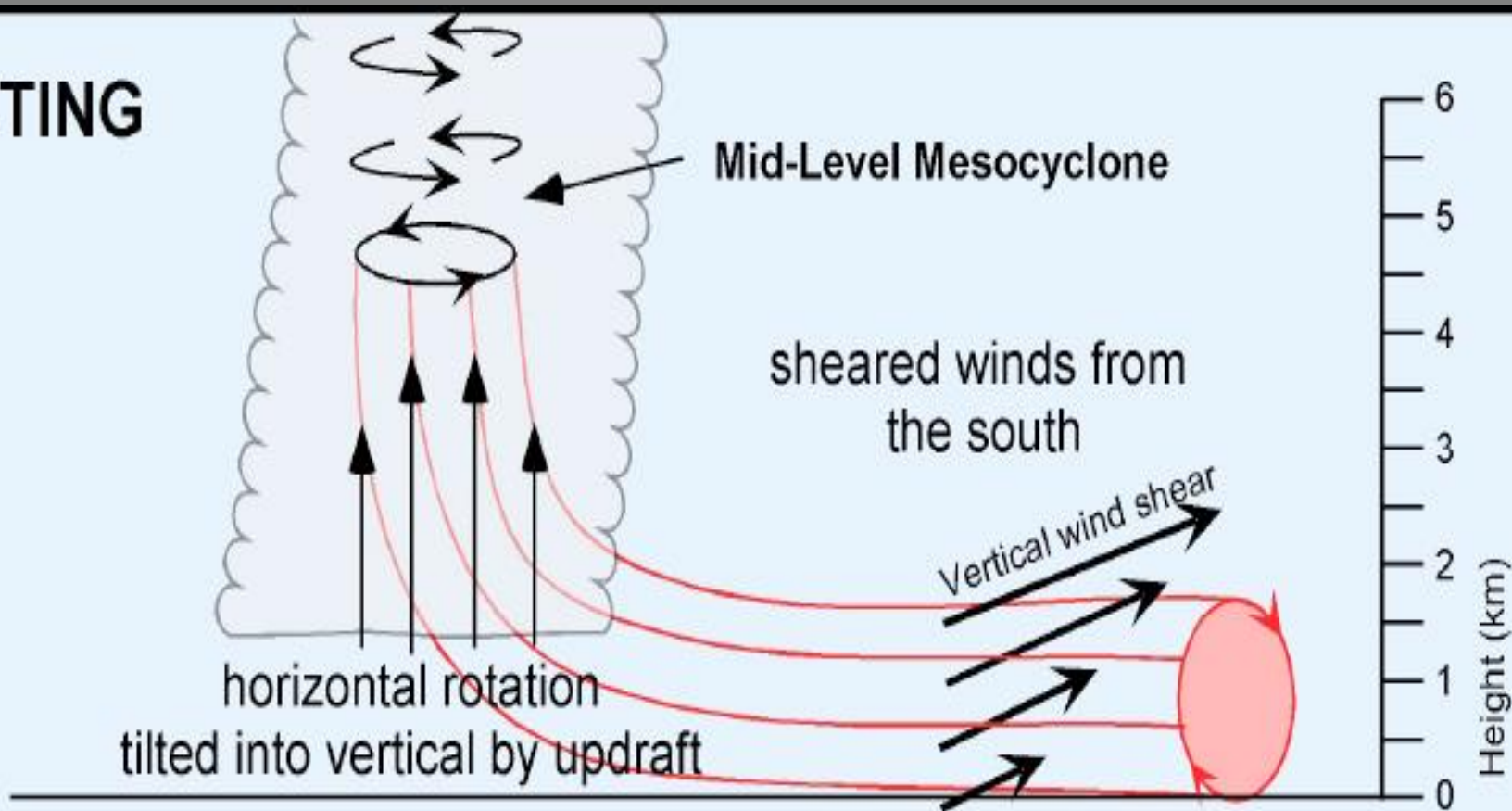
- Una colonna di aria rotante, a contatto con la superficie, pendente da una nube cumuliforme e spesso visibile come nube ad imbuto (funnel cloud) e/o come circolazione di detriti/polvere a terra ...

**(glossario American Meteorological Society)**

# INGREDIENTS FOR THE FORMATION OF A TORNADO

- High humidity content
- Moderate-to-strong atmospheric instability
- Presence of a lifting mechanism that allows the formation of convective clouds
- Strong Wind Shear (in particular for supercellular tornadoes)

## TILTING



# TORNADOES IN EUROPE

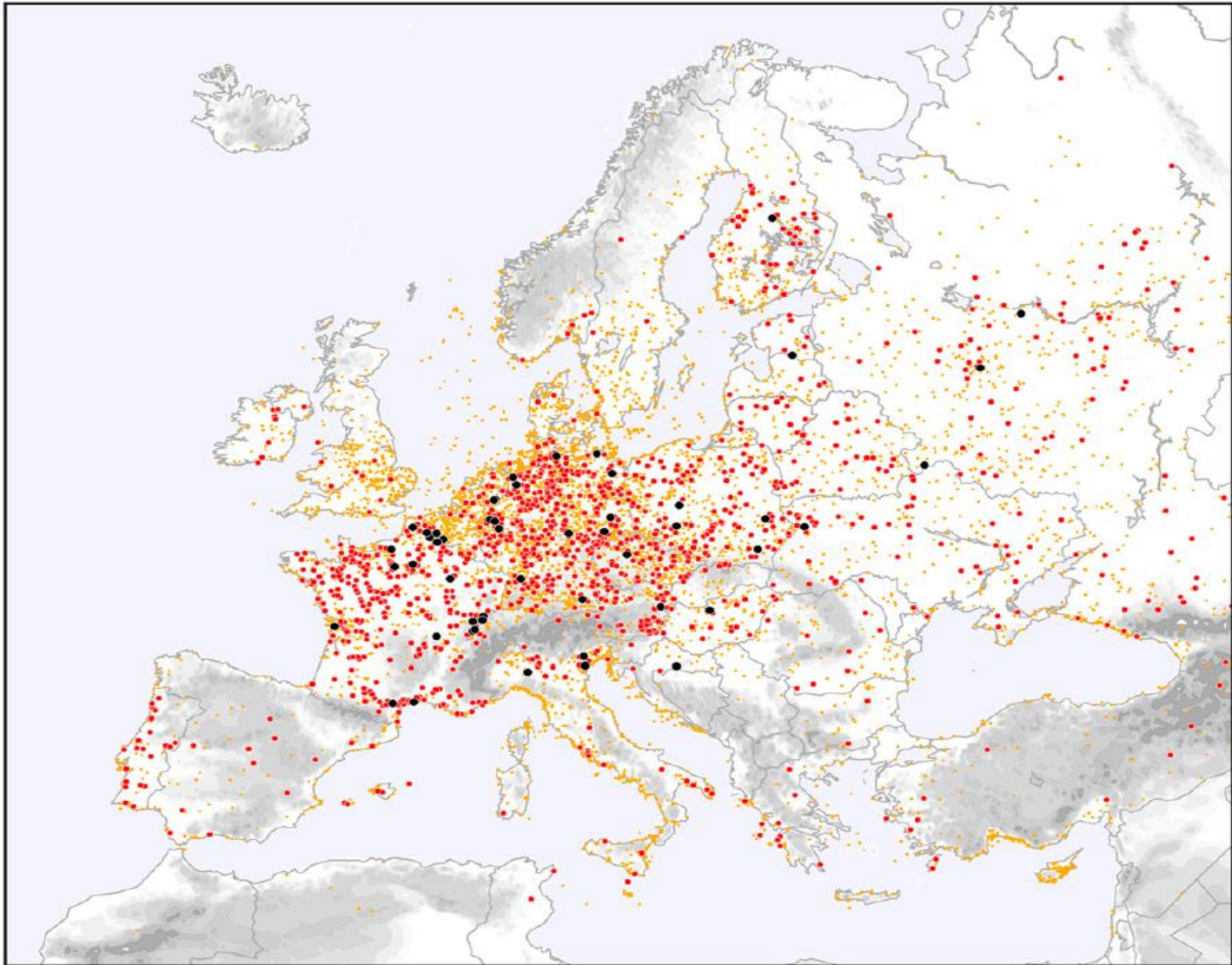


FIG. 1. Locations of all tornado reports contained in the European Severe Weather Database. Orange points are weak (F0, F1) and unrated tornadoes; red points are strong (F2, F3) tornadoes; and black points violent (F4, F5) tornadoes.

# Deadliest tornadoes in Europe

TABLE 1. The 10 ESWD tornadoes with the highest fatality counts.

Date	Place	Country	Rating	No. killed	Selected sources
19 Aug 1845	Montville	France	F5	70	<a href="#">Dessens and Snow 1989</a> ; <a href="#">Paul (2001)</a>
9 Jun 1984	Ivanovo	Russia	F5	69 (see text)	<a href="#">Snitkovsky (1987)</a> ; <a href="#">Peterson 2000</a> ; <a href="#">Pravda (2011)</a> ; <a href="#">Finch and Bikos (2012)</a>
12 May 1886	Madrid	Spain	F3	47	<a href="#">Gayà (2007)</a>
21 Sep 1897	Oria, Sava	Italy	Unrated	40	<a href="#">La Stampa (1897)</a> ;
23 Jul 1910	Saronno	Italy	Unrated	36	<a href="#">La Stampa (1910)</a>
10 Jul 1916	Wiener Neustadt	Austria	F4	35	<a href="#">Dörr (1917)</a> ; <a href="#">Holzer et al. (2013)</a>
11 Sep 1970	Teolo, Fusina, Venice	Italy	F4	34	<a href="#">Stampa Sera (1970)</a>
7 Oct 1884	Catania	Italy	Unrated	30	<a href="#">Tilburgsche Courant (1884)</a>
24 Jul 1930	Volpago del Montello	Italy	F5	23	<a href="#">La Stampa (1930)</a>
28 Jul 1930	Edirne	Turkey	Unrated	20	<a href="#">De Telegraaf 1930</a>

# ARGOMENTI

- INTRODUZIONE
- **TORNADO STORICI IN ITALIA**
- CLIMATOLOGIA IN ITALIA
- CASO STUDIO: IL TORNADO DI TARANTO DEL 28 NOVEMBRE 2012
- TORNADO NEL TIRRENO E IN PIANURA PADANA
- CONDIZIONI FAVOREVOLI ALLO SVILUPPO DEI TORNADO IN ITALIA



# Tornado di Oria (Brindisi) 21/09/1897



*Photo 2.* Oria. A view of damage produced by the 21 September 1897 tornado on houses placed near the railway station.

«**Tromba del Montello**» (24/07/1930): estimated speed: 103 m/s, duration 84 minutes  
(Crestani et al., 1939)



Devastazione prodotta dal passaggio della tromba del Montello.

Anno 100 - Numero 188

sabato 12 dicembre 1970

**IP** CONSE DI RICUPERO ANNI STUDI PER NEGOZI - SAGGIORNI PERITI - CHIMICI

**ISTITUTO PADANO**

VIA TORINO, 104 MILANO 02 74291 401/41 - 02 74291 402

# STAMPA SERA

**PERITI INDUSTRIALI**

**CORSI ACCELERATI** delle Maturità e Diplome

**ISTITUTO PADANO**

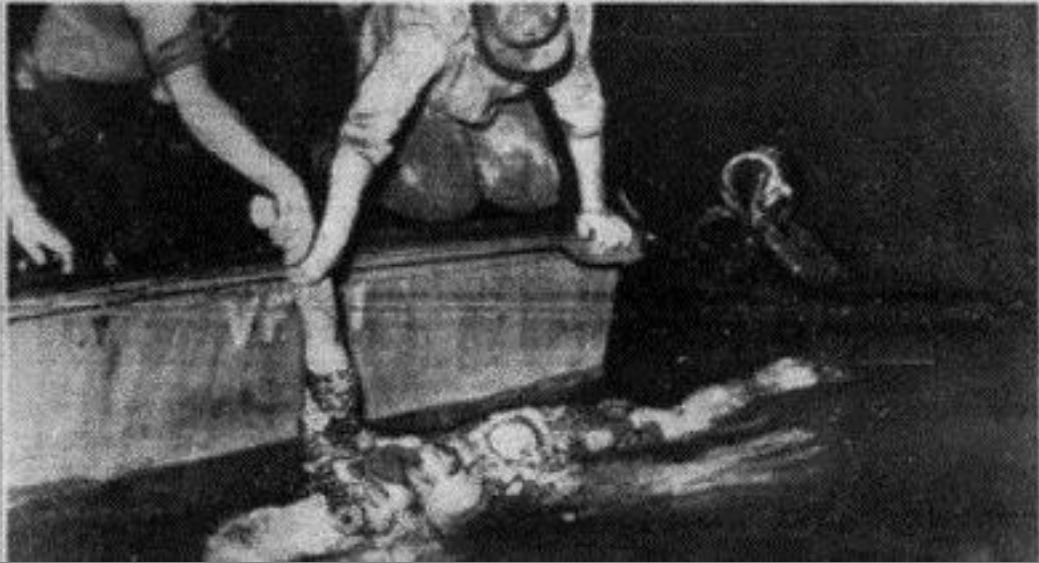
VIA TORINO, 104 MILANO 02 74291 401/41 - 02 74291 402

Stampa in bianco e nero su carta di tipo "standard" della casa editrice "Stampa Sera".

## Un vaporetto si è inabissato, devastati diversi camping

# A Venezia 33 i morti per il terrificante tifone sulla Laguna

Il bilancio non è ancora definitivo, si teme che tra le macerie e in acqua si debbano ritrovare altri cadaveri - Tra i dispersi feriti alcuni sono gravissimi - Danni per centinaia di milioni, ma per fortuna la città di Venezia appena sfiorata dalla tromba d'aria è intatta



**Del terrore sciolto**  
Venezia, sabato sera.

Un silenzio e i figli di San Marco sono spenti. I bambini acciuffati ora dormono in cuccine, dormitori e lavatoi brulicanti da una stanza all'altra. Una notte terribile che ha lasciato un alone di angoscia e di malinconia.

Il bilancio è ancora in bilico. Si teme che tra le macerie e in acqua si debbano ritrovare altri cadaveri. Tra i dispersi feriti alcuni sono gravissimi. Danni per centinaia di milioni, ma per fortuna la città di Venezia appena sfiorata dalla tromba d'aria è intatta.

La città lagunare, una di quelle marine, è stata colpita dal tifone che ha devastato la zona. I danni sono gravissimi. Si teme che tra le macerie e in acqua si debbano ritrovare altri cadaveri. Tra i dispersi feriti alcuni sono gravissimi. Danni per centinaia di milioni, ma per fortuna la città di Venezia appena sfiorata dalla tromba d'aria è intatta.

Il bilancio è ancora in bilico. Si teme che tra le macerie e in acqua si debbano ritrovare altri cadaveri. Tra i dispersi feriti alcuni sono gravissimi. Danni per centinaia di milioni, ma per fortuna la città di Venezia appena sfiorata dalla tromba d'aria è intatta.

Il bilancio è ancora in bilico. Si teme che tra le macerie e in acqua si debbano ritrovare altri cadaveri. Tra i dispersi feriti alcuni sono gravissimi. Danni per centinaia di milioni, ma per fortuna la città di Venezia appena sfiorata dalla tromba d'aria è intatta.

Il bilancio è ancora in bilico. Si teme che tra le macerie e in acqua si debbano ritrovare altri cadaveri. Tra i dispersi feriti alcuni sono gravissimi. Danni per centinaia di milioni, ma per fortuna la città di Venezia appena sfiorata dalla tromba d'aria è intatta.

# Tornado recenti: EF4 di Dolo e Mira (8/7/2015)

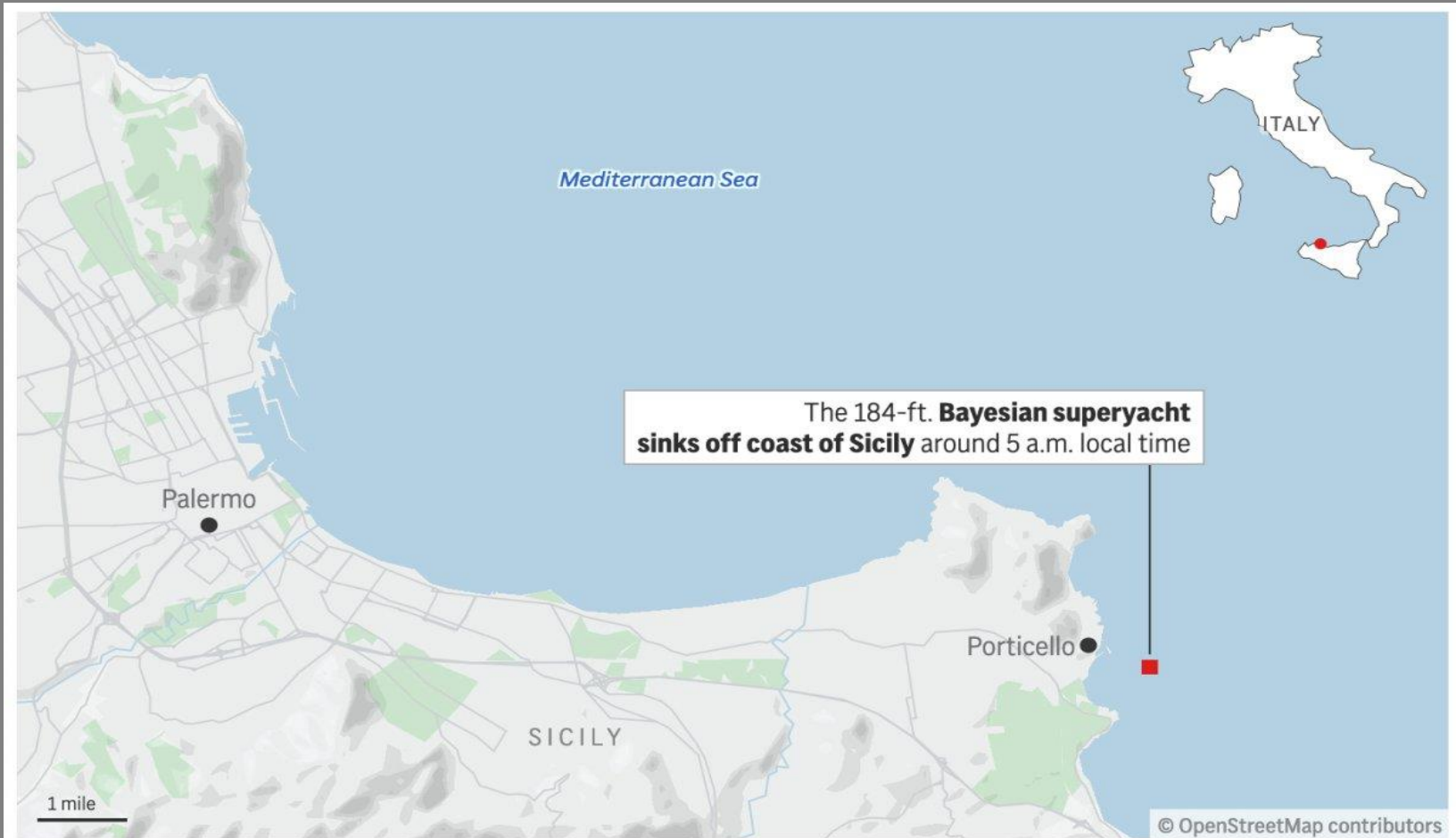
1 vittima, 30 feriti, danni per 20 M€



Tornado recenti: EF3 di Ladispoli e Cesano (6/11/2016)  
2 vittime, 30 feriti, 40 km di percorso



# Yacht inabissato a Porticello (19/08/2024): 7 morti. Tromba marina o downburst?

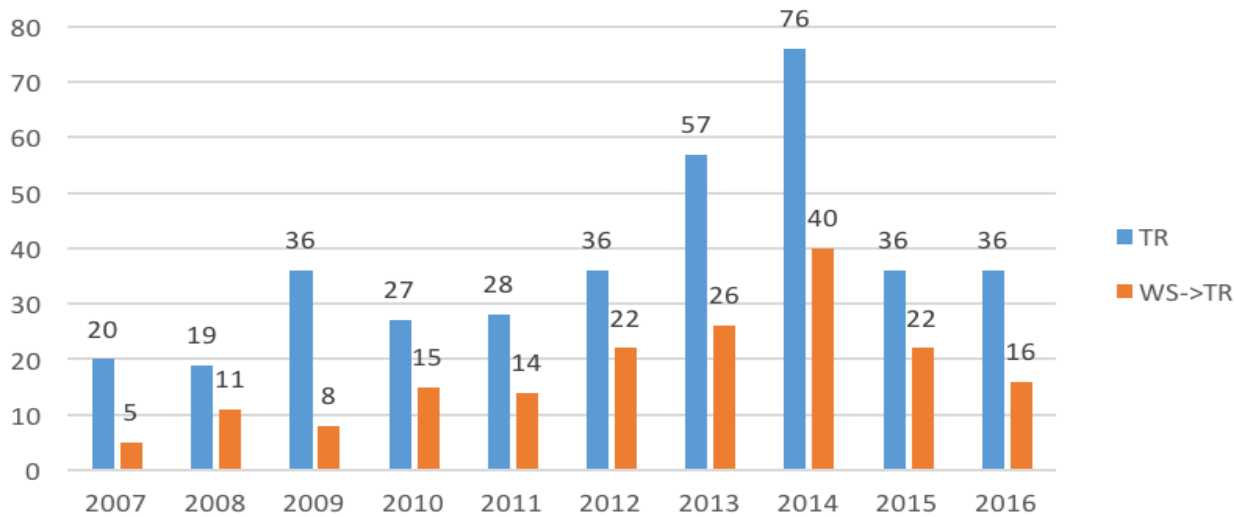


# ARGOMENTI

- INTRODUZIONE
- TORNADO STORICI IN ITALIA
- CLIMATOLOGIA IN ITALIA
- CASO STUDIO: IL TORNADO DI TARANTO DEL 28 NOVEMBRE 2012
- TORNADO NEL TIRRENO E IN PIANURA PADANA
- CONDIZIONI FAVOREVOLI ALLO SVILUPPO DEI TORNADO IN ITALIA

# ANNUAL AND INTENSITY DISTRIBUTION

Annual distribution Tornadoes 2007-2016



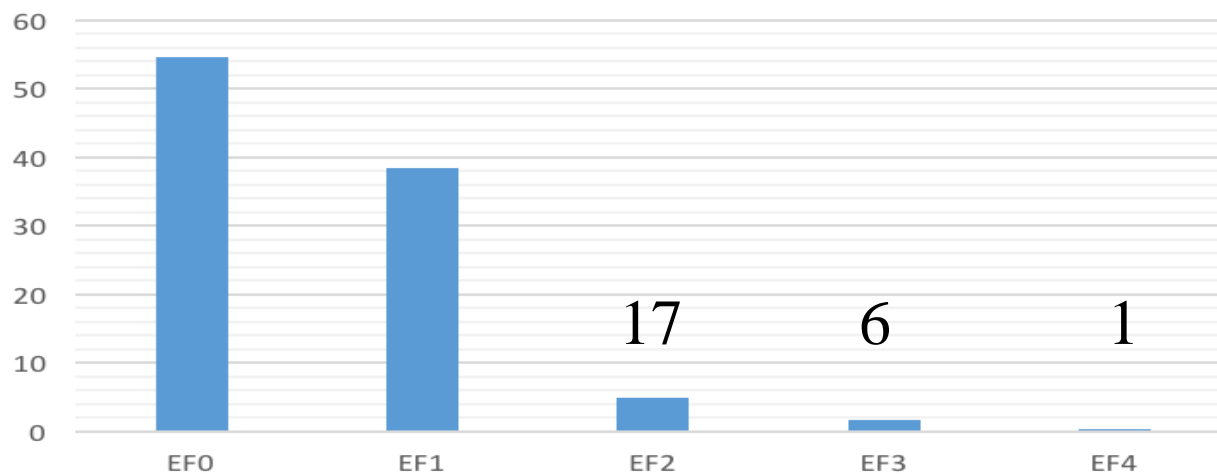
Mean: 37

Median: 36

48% from waterspouts

Density: 1.2 events per  $10^4$  km<sup>2</sup>  
vs 1.0 in Greece/1.5 Catalonia

Tornado rating distribution 2007-2016

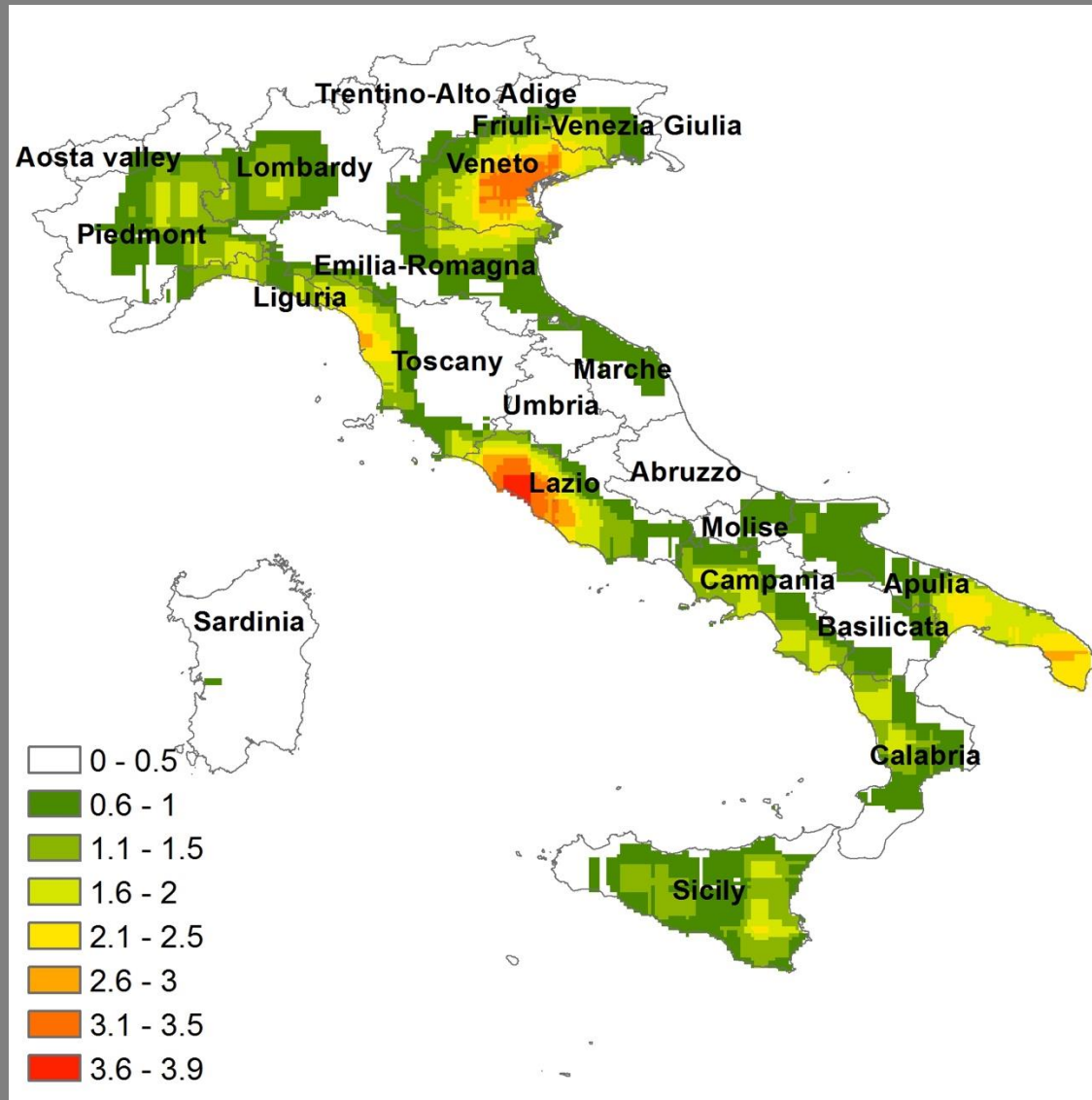


EF2+ cases: 2.4 per year

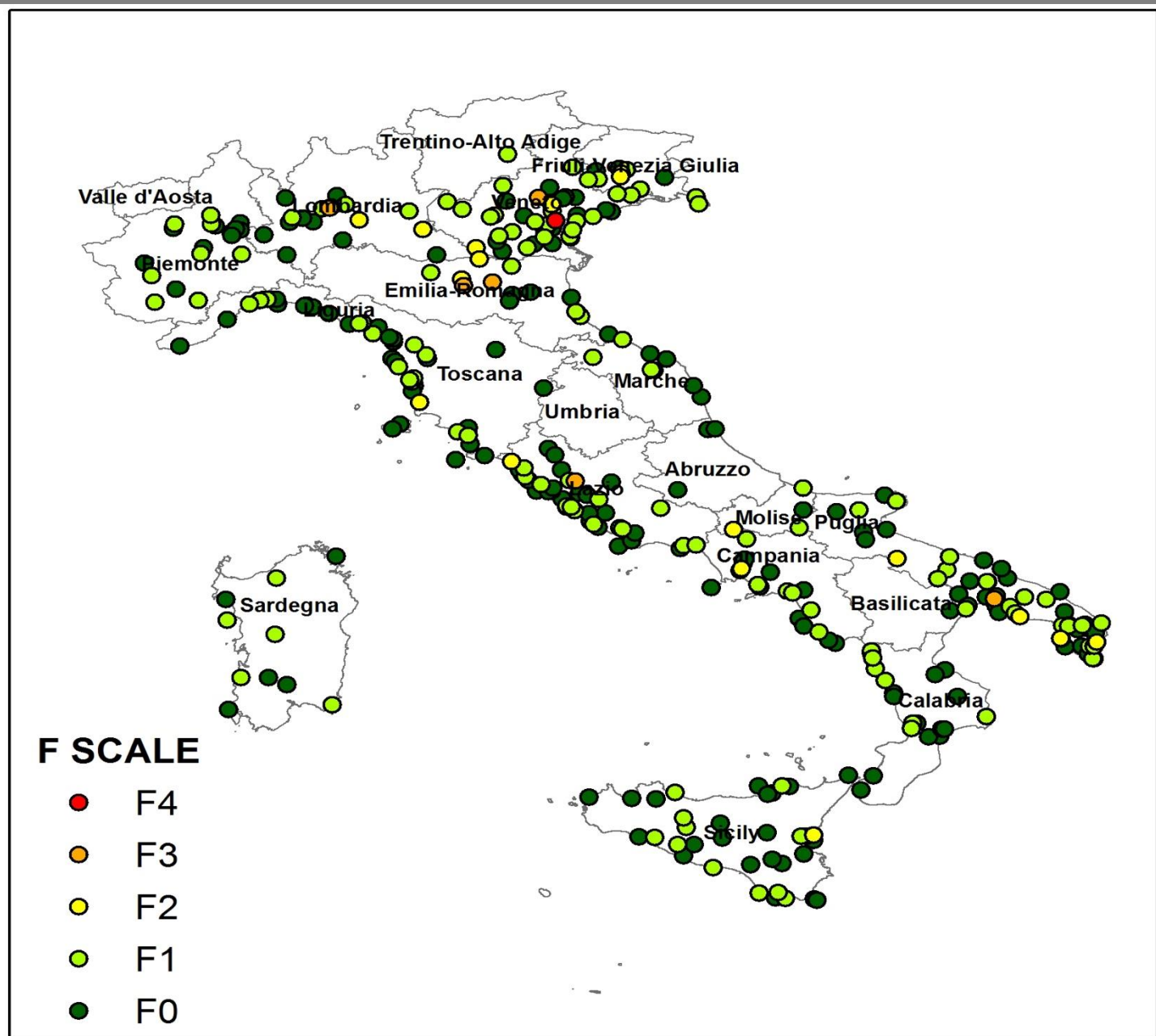
EF3+ cases: 0.7 per year



# TROMBE D'ARIA IN ITALIA (DENSITA' PER 10.000 km<sup>2</sup>)



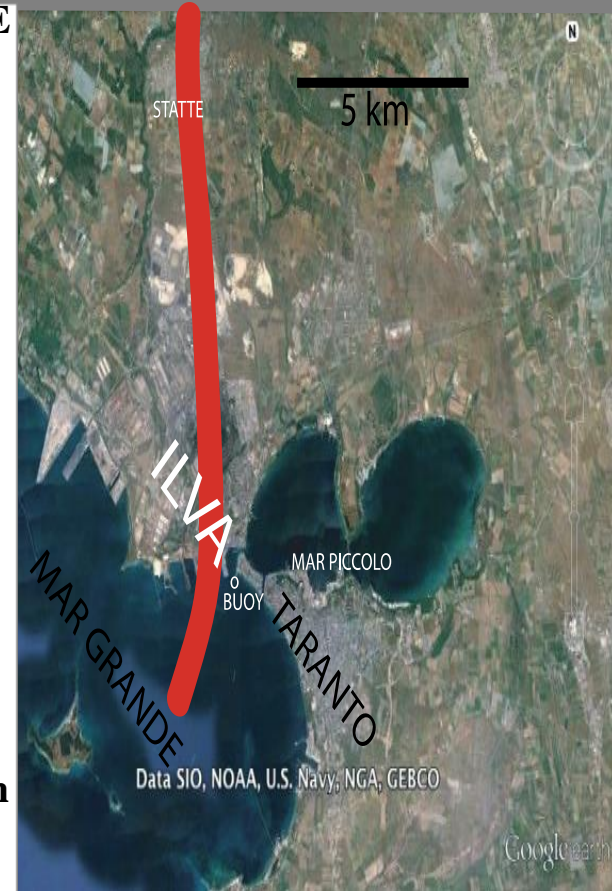
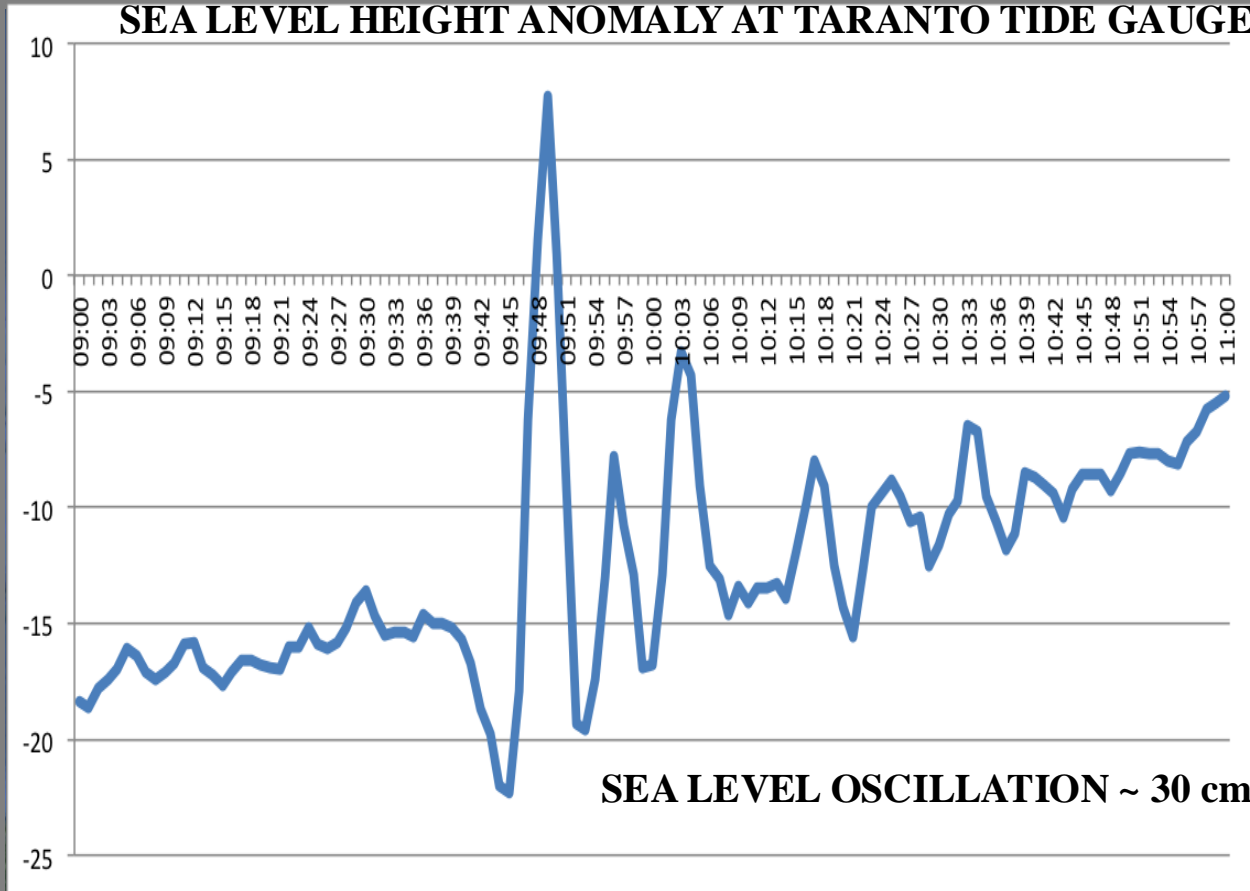
# TORNADOES IN ITALY (10 years)



# ARGOMENTI

- INTRODUZIONE
- TORNADO STORICI IN ITALIA
- CLIMATOLOGIA IN ITALIA
- CASO STUDIO: IL TORNADO DI TARANTO DEL 28 NOVEMBRE 2012
- TORNADO NEL TIRRENO E IN PIANURA PADANA
- CONDIZIONI FAVOREVOLI ALLO SVILUPPO DEI TORNADO IN ITALIA

# TORNADO TRACK



**LANDFALL ~ 09:50 UTC, 28 NOV 2012**

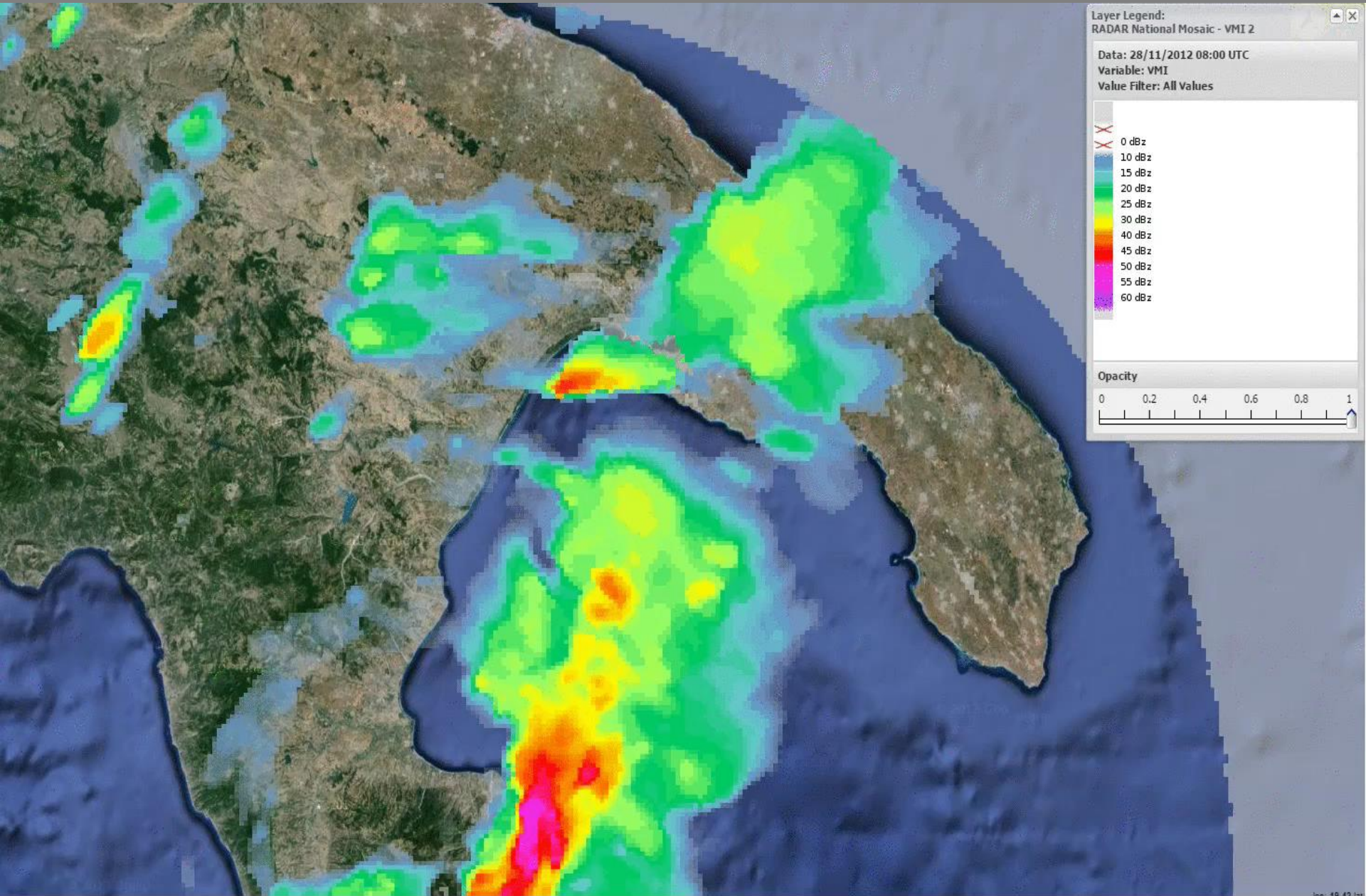
# DAMAGE AT ILVA, THE LARGEST STEEL PLANT IN EUROPE

- 1 casualty
- Estimated damage 60 M€
- Estimated intensity EF3 (~230 km/h)
- Multi-vortex structure
- Path width: 300 m after landfall, 500 m inland
- Storm translation speed ~ 21-22 m/s
- Supercell duration: 50 min

Miglietta and Rotunno (2016)

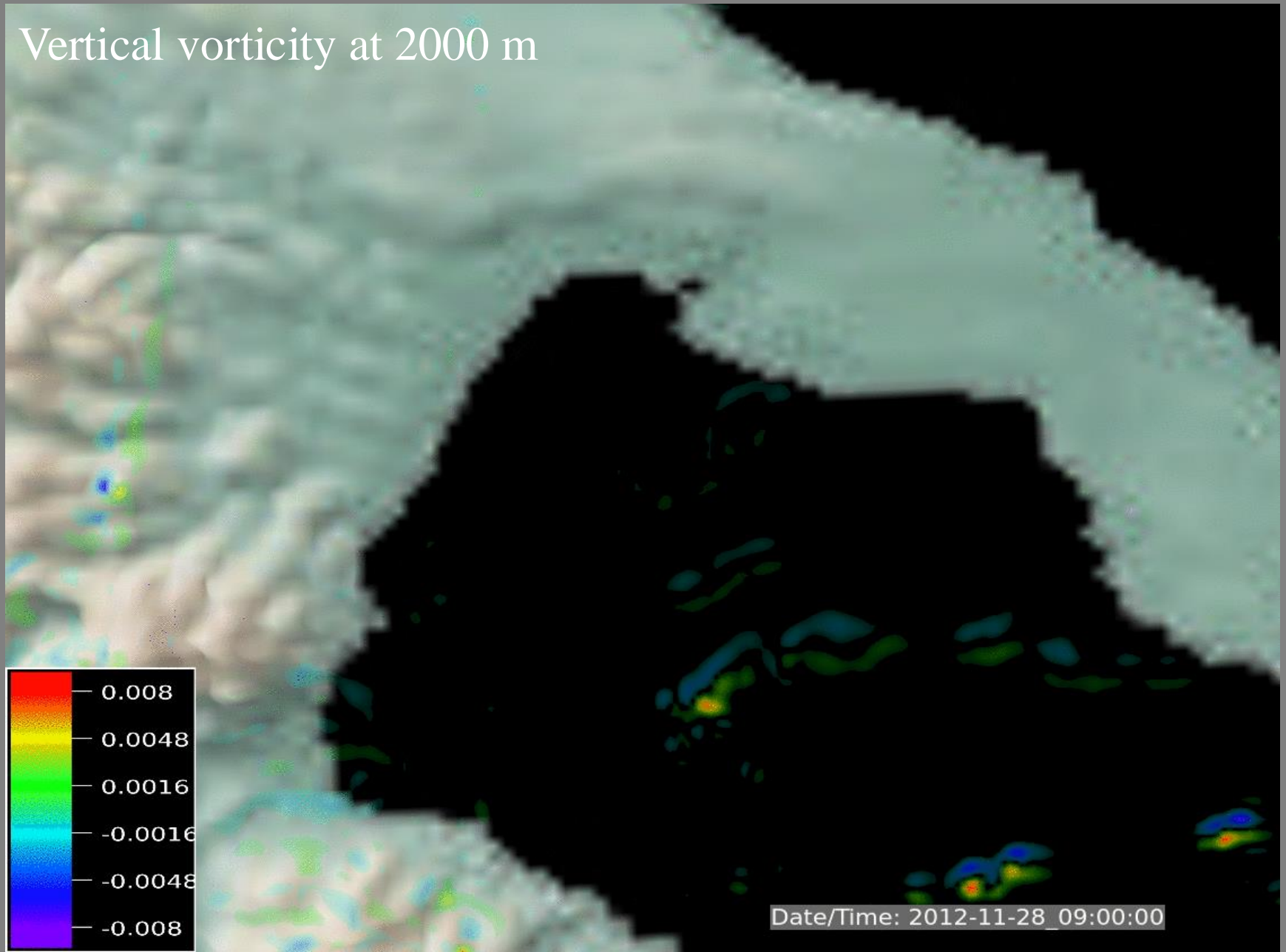


# Radar Reflectivity (Vertical Maximum Intensity)

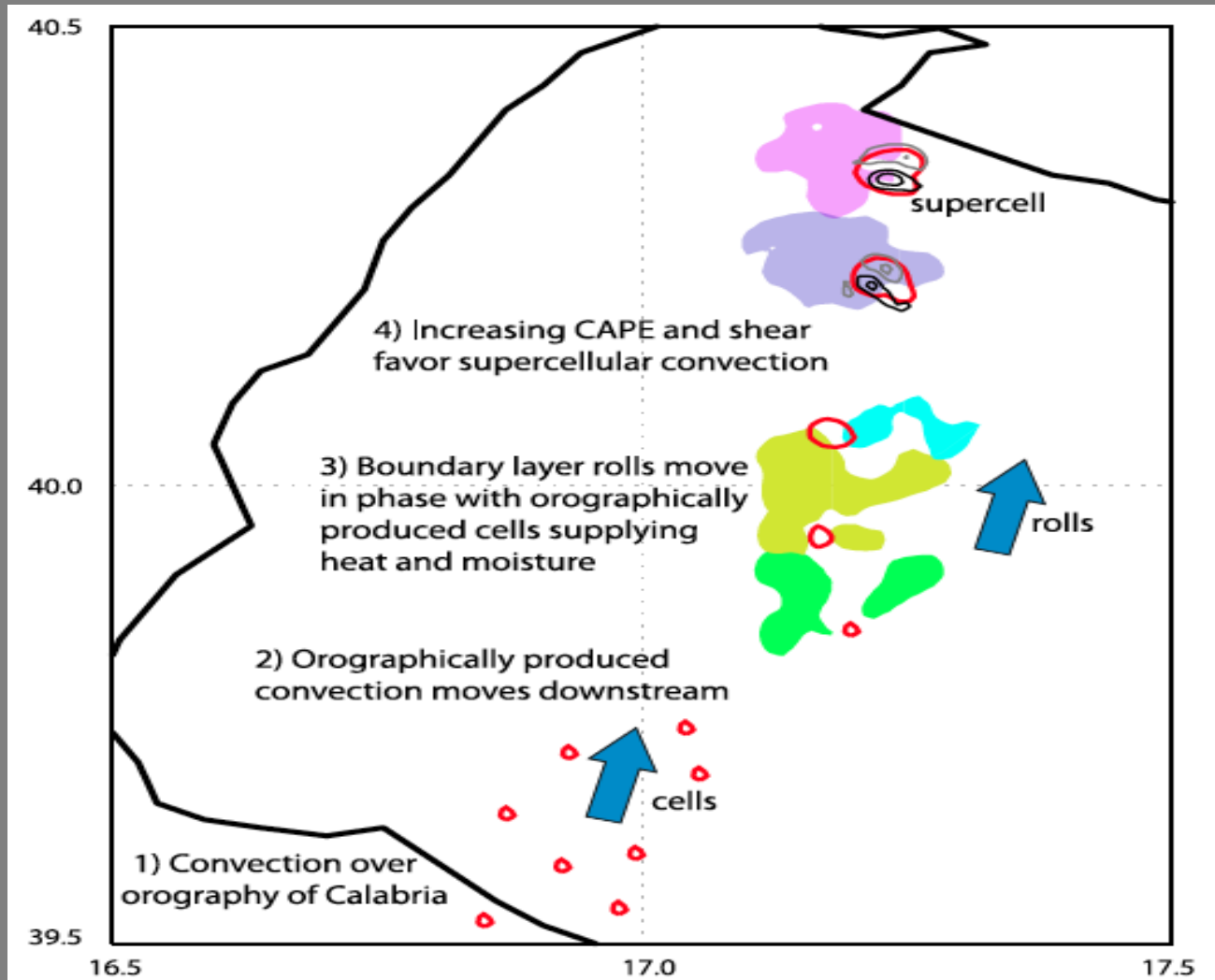


<https://www.youtube.com/watch?v=ijzck7TYOLs>

Vertical vorticity at 2000 m



# Mechanism of development for SE Italy tornadoes



$w@500 \text{ hPa} = 6 \text{ m/s}$  (Red);

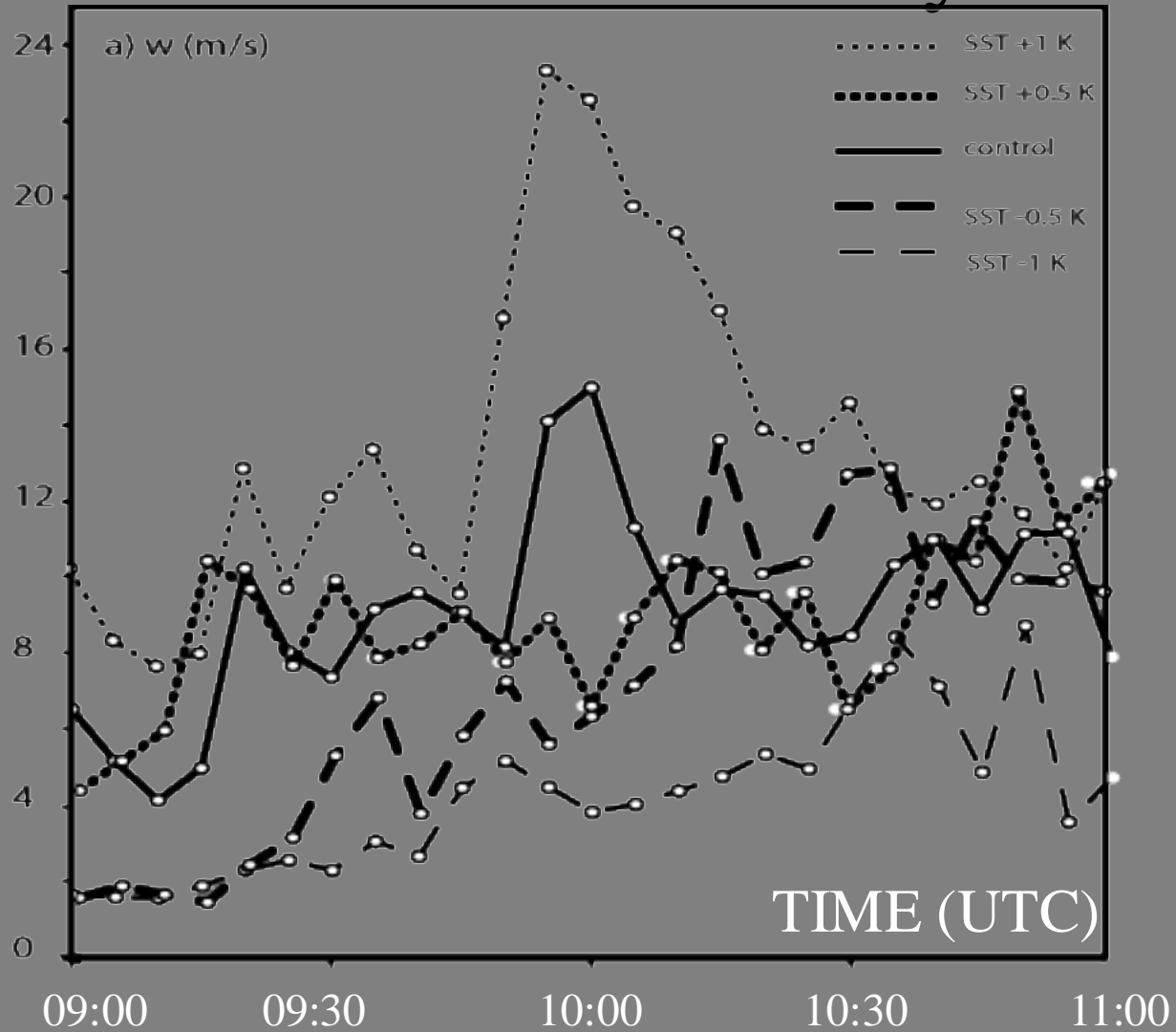
vertical vorticity@500 hPa (positive=black; negative=grey)

water\_vapor\_mixing\_ratio@800 hPa (7 g/kg isolines in colors)

Miglietta et al. (2017a)



# Sensitivity to SST: 600 hPa vertical velocity max



# ARGOMENTI

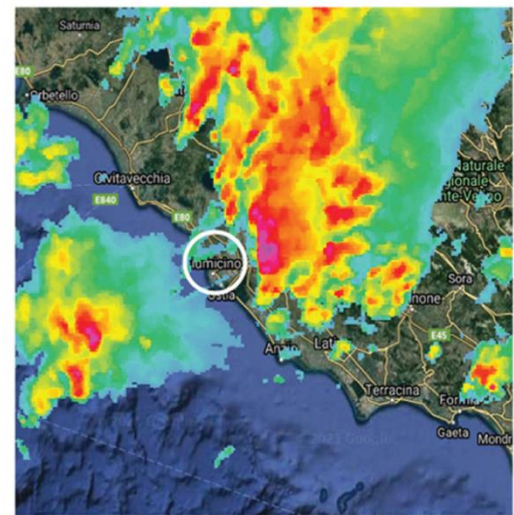
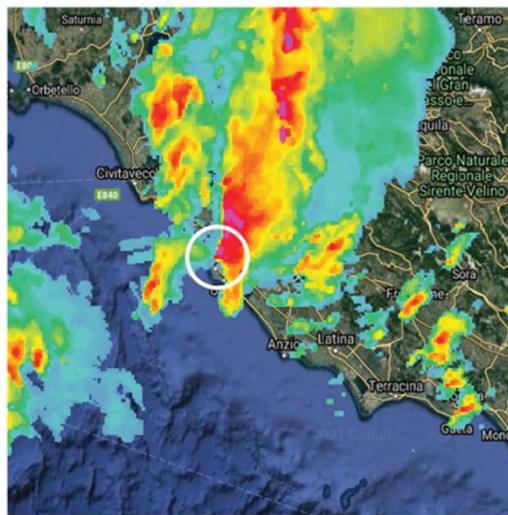
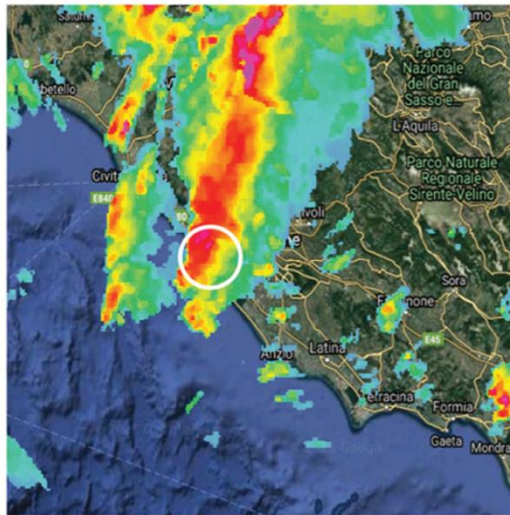
- INTRODUZIONE
- TORNADO STORICI IN ITALIA
- CLIMATOLOGIA IN ITALIA
- CASO STUDIO: IL TORNADO DI TARANTO DEL 28 NOVEMBRE 2012
- TORNADO NEL TIRRENO E IN PIANURA PADANA
- CONDIZIONI FAVOREVOLI ALLO SVILUPPO DEI TORNADO IN ITALIA

# Tornado Focene, 28-July-2019

00:00 UTC

00:30 UTC

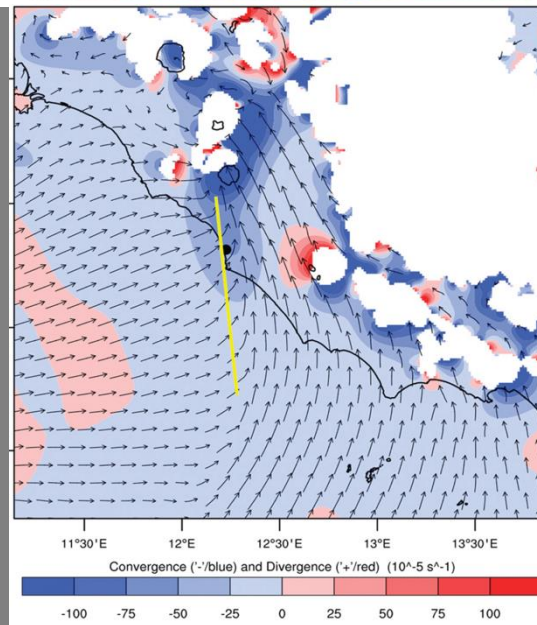
01:00 UTC



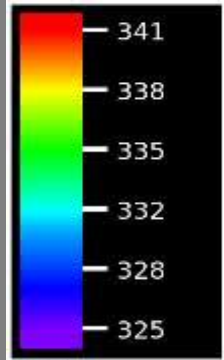
Reflectivity (dBZ)



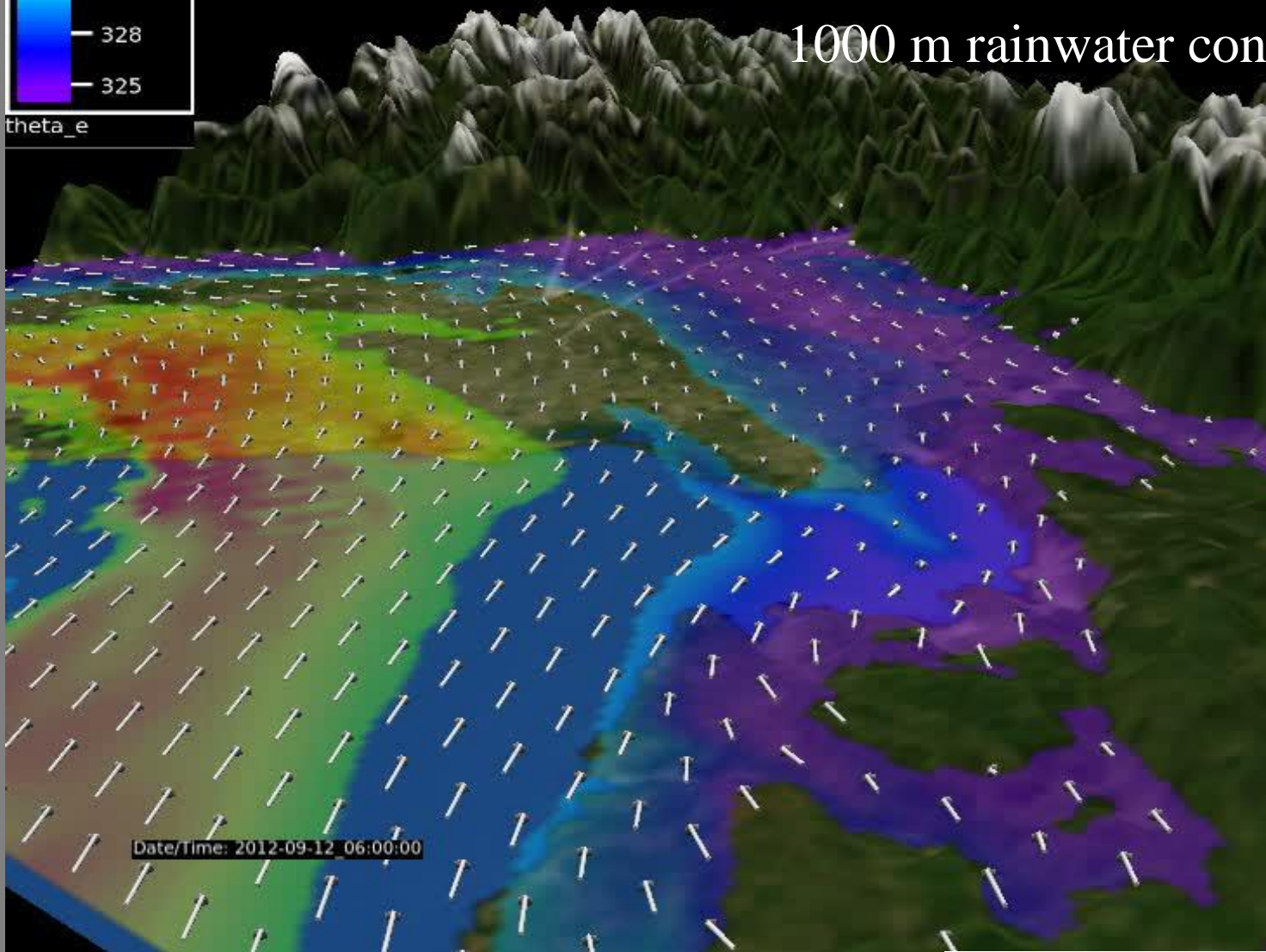
950 hPa  
Divergence  
( $10^{-5} \text{ s}^{-1}$ )



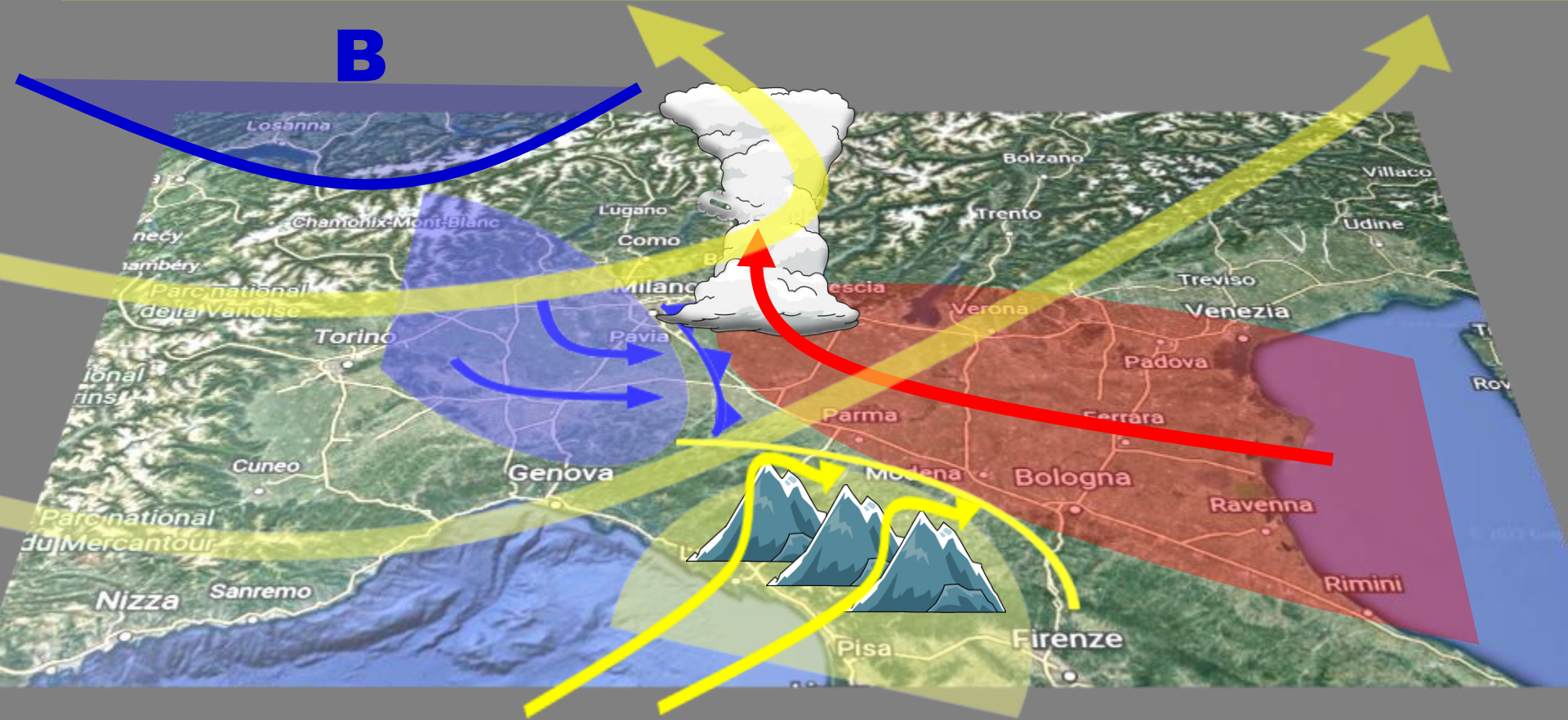
Avolio and Miglietta (2022)



350 m wind vectors  
300 m  $\theta_e$   
Isosurface  $w=12\text{m/s}$   
1000 m rainwater content



# GENERAL OVERVIEW OF THE DYNAMIC OCCURED ON 19 SEPTEMBER 2021



# ARGOMENTI

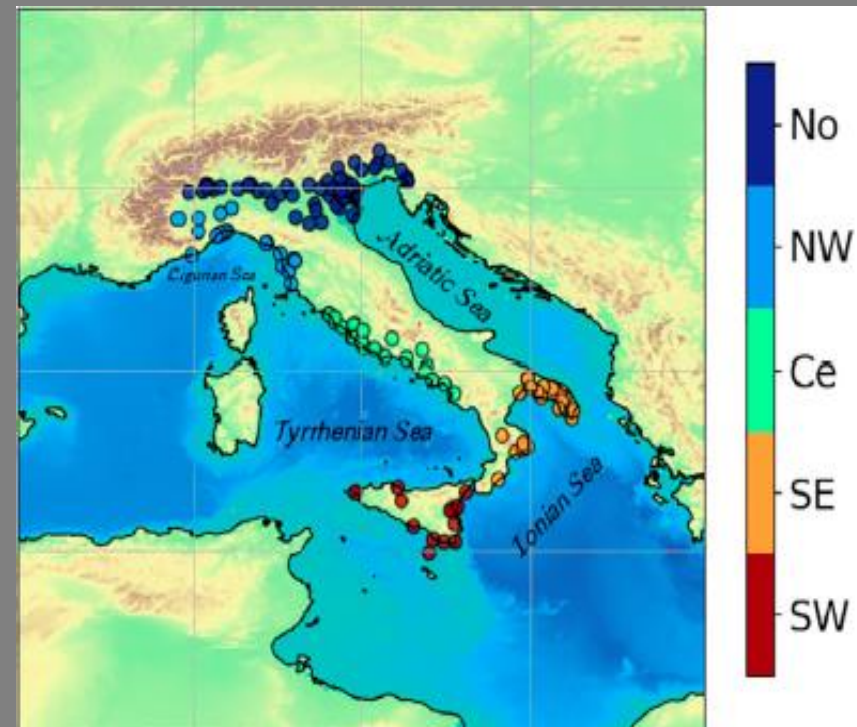
- INTRODUZIONE
- TORNADO STORICI IN ITALIA
- CLIMATOLOGIA IN ITALIA
- CASO STUDIO: IL TORNADO DI TARANTO DEL 28 NOVEMBRE 2012
- TORNADO NEL TIRRENO E IN PIANURA PADANA
- CONDIZIONI FAVOREVOLI ALLO SVILUPPO DEI TORNADO IN ITALIA

# DATASET

- Dataset (based on ESWD) extended to 2000-2018
- Only EF1+ are considered with time uncertainty  $\leq 2$  hours (149 tornadoes)
- Hourly ERA5 reanalysis for calculation of averages, anomalies, standardized indices

# CLUSTERING

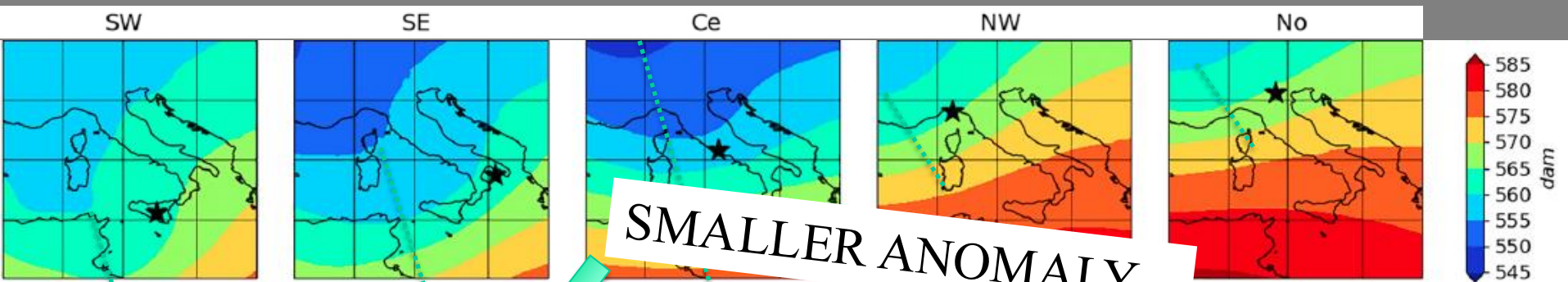
- Local clusters of nearby events (optimum density criterion)
- Criterion of dynamical similarity, i.e., we compared the cluster average mslp  $\rightarrow$  neighbouring clusters with correlations  $> 0.7$  are merged



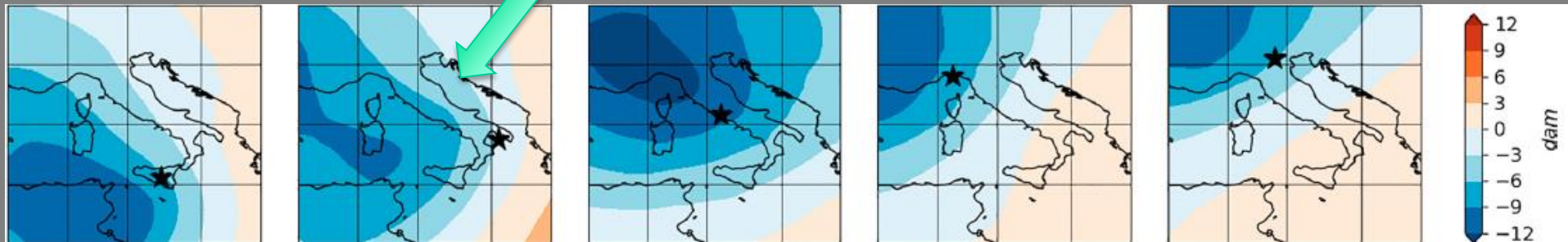
# TORNADO-RELATED SYNOPTIC PATTERNS

$Z@500hPa$  and  $T@900hPa$  show the most characteristic patterns (i.e., most anomalous with respect to non-tornadic conditions).

## MEAN $Z@500hPa$



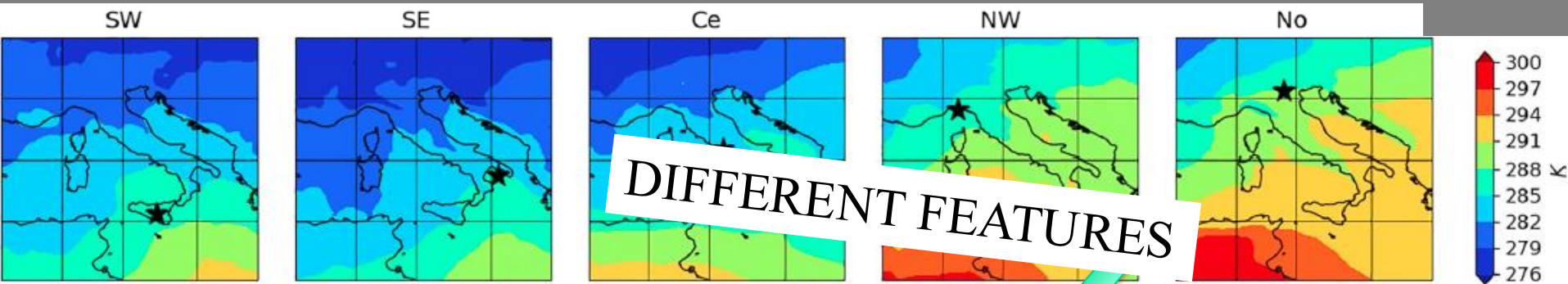
## Anomaly ( $Z@500hPa$ )



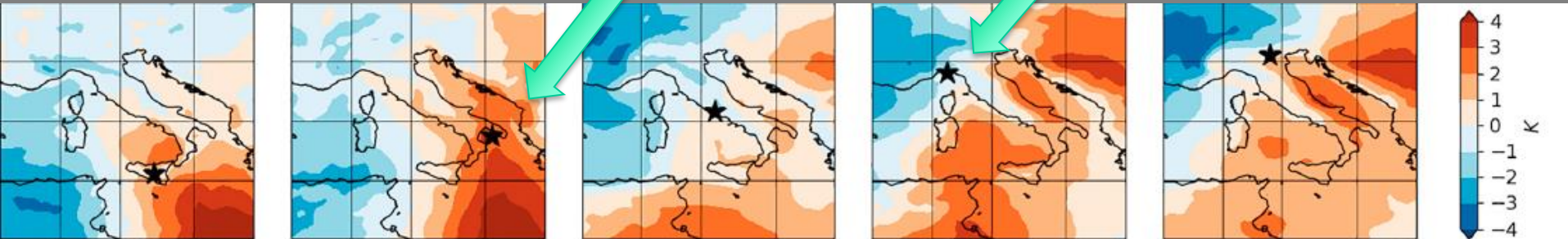


# TORNADO-RELATED SYNOPTIC PATTERNS

MEAN T@900hPa

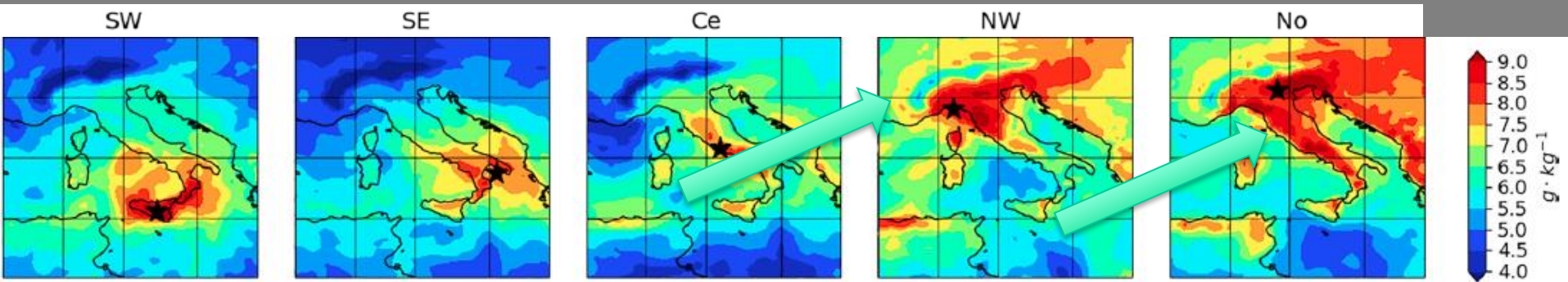


Anomaly (T@900hPa)



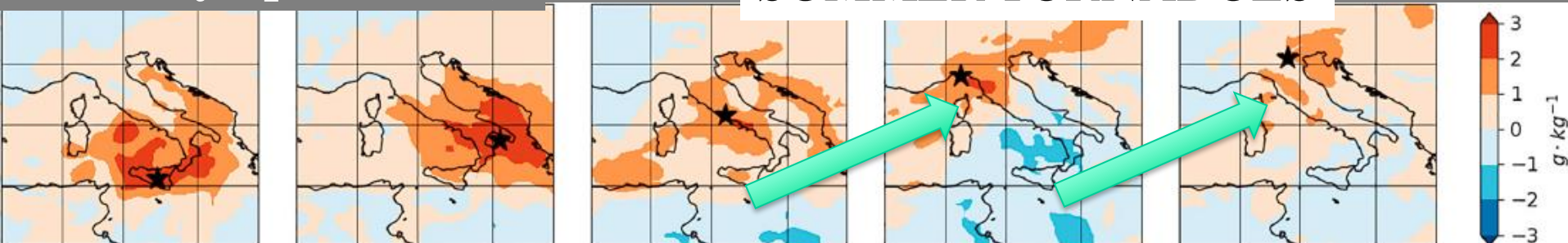
# TORNADO-RELATED SYNOPTIC PATTERNS

MEAN  $q@900hPa$  (similar results for CAPE)



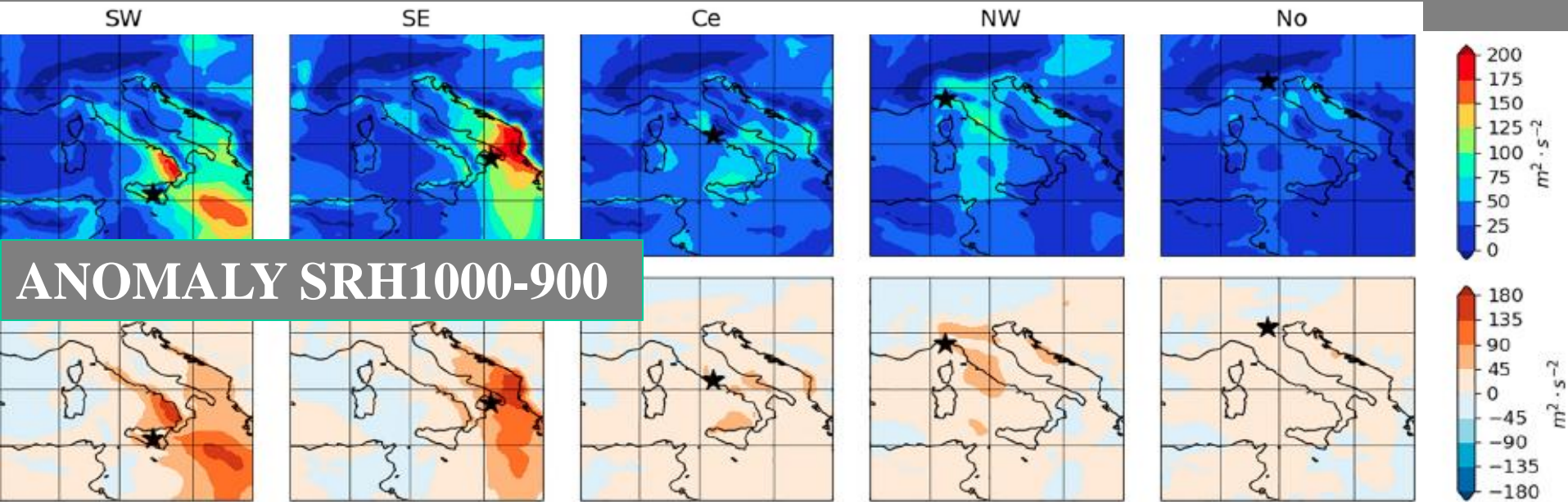
Anomaly ( $q@900hPa$ )

SUMMER TORNADOES



# TORNADO-RELATED MESOSCALE PRECURSORS

## MEAN SRH1000-900 (similar results for LLS)

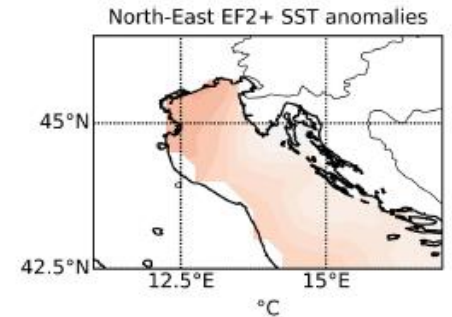
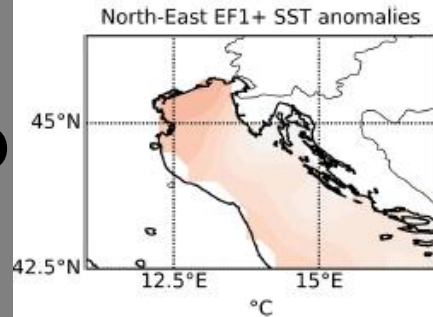


# SST ANOMALIES

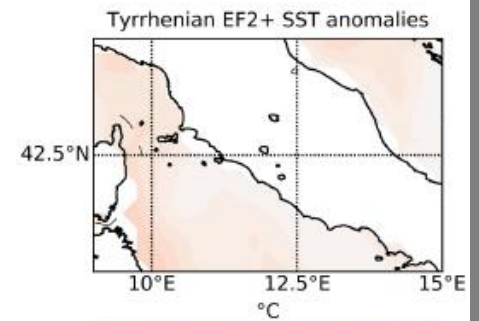
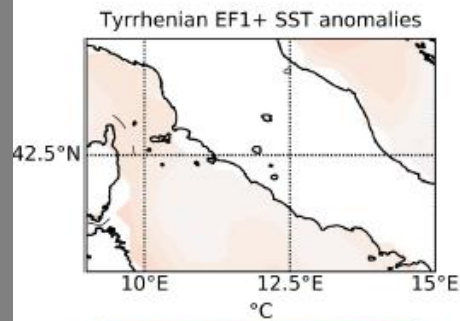
## EF1+

## EF2+

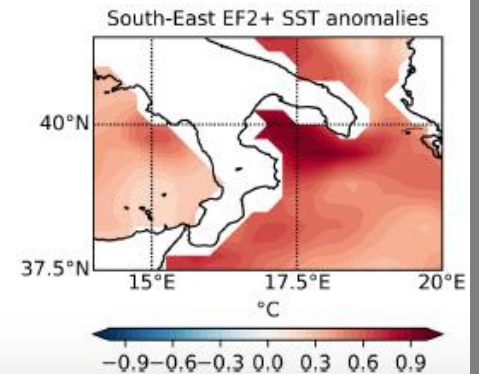
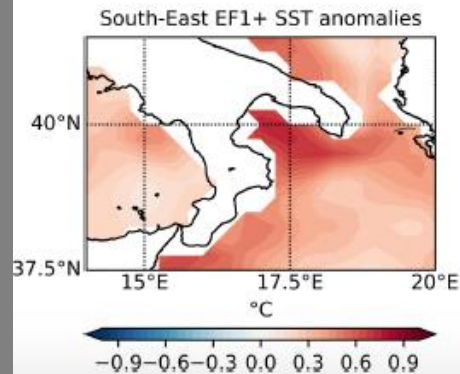
NO



CE



SE



# CONCLUSIONI

Condizioni favorevoli ai tornado in Italia

**SUD:** forzante dinamica più debole; **forte wind shear** e moderato contenuto di umidità, trasportati verso l'area di interesse

**NORD:** **punto triplo**; elevato contenuto di umidità dovuto alla forte evaporazione tipica della stagione (estate)

**CENTRO:** forzante dinamica debole -> **linee di convergenza** (e tornado non mesociclonici?)

Anomalie SST elevate nel Mar Ionio (e meno nell'Adriatico settentrionale) responsabili di tornado intensi

# Acknowledgements

- COST action CA19109 - MEDCYCLONES “European network for Mediterranean cyclones in weather and climate”
- “Earth Observations as a cornerstone to the understanding and prediction of tropical like cyclone risk in the Mediterranean (MEDICANES)”, ESA Contract No. 4000144111/23/I-KE, In response to: ESA CfP/5-50033/23/I-KE
- Progetto PRIN2022 - Thunderstorm outflows measurement and modeling for strong WIND nowcast and RISK mitigation (WIND RISK) – Finanziato dall'Unione Europea - Next Generation EU