

# Analisi delle condizioni favorevoli allo sviluppo di fenomeni convettivi estremi alla mesoscala atmosferica

Tesi di Francesco De Martin<sup>1</sup>  
Relatore Dario Giaiotti<sup>2</sup>

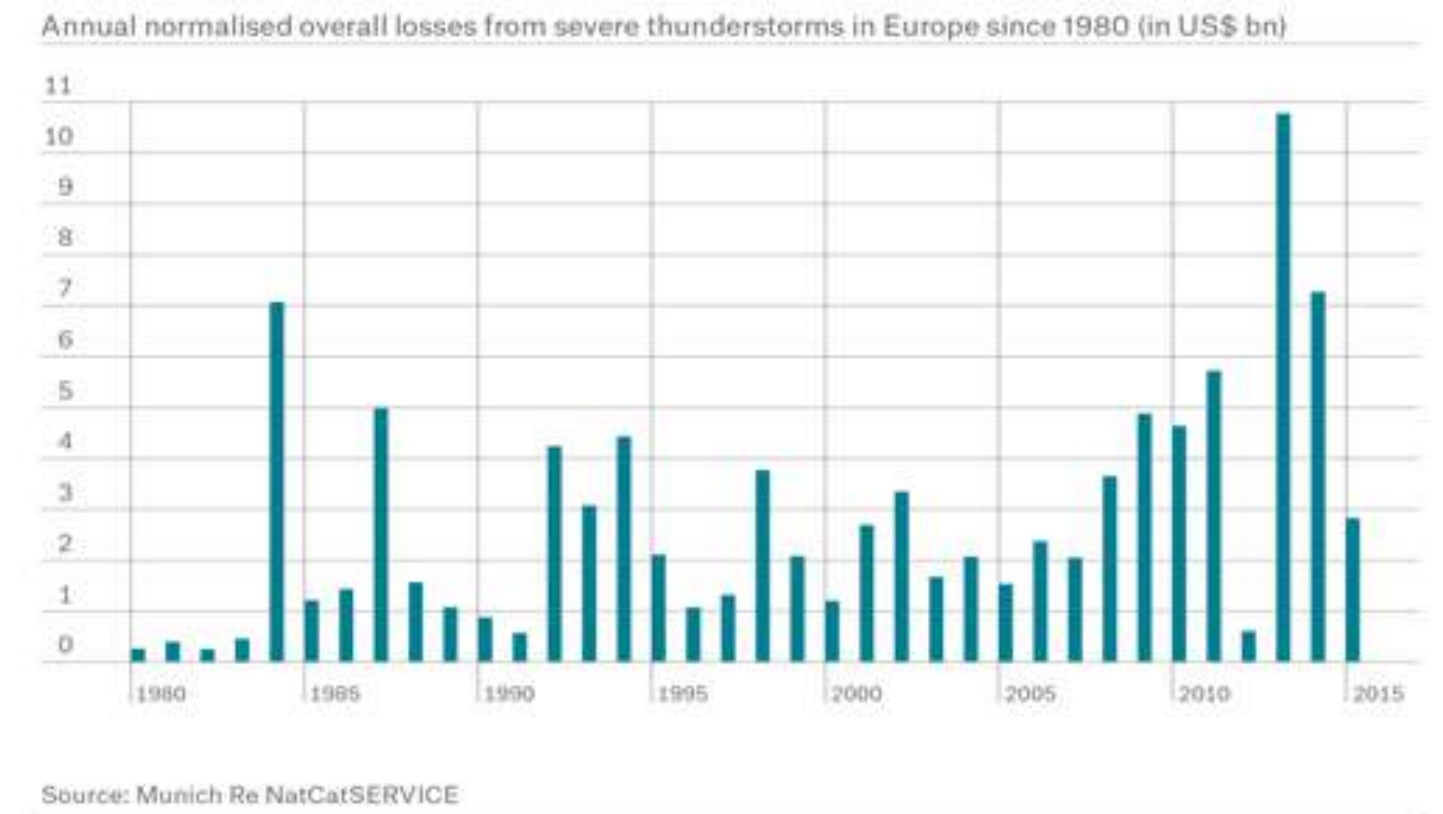
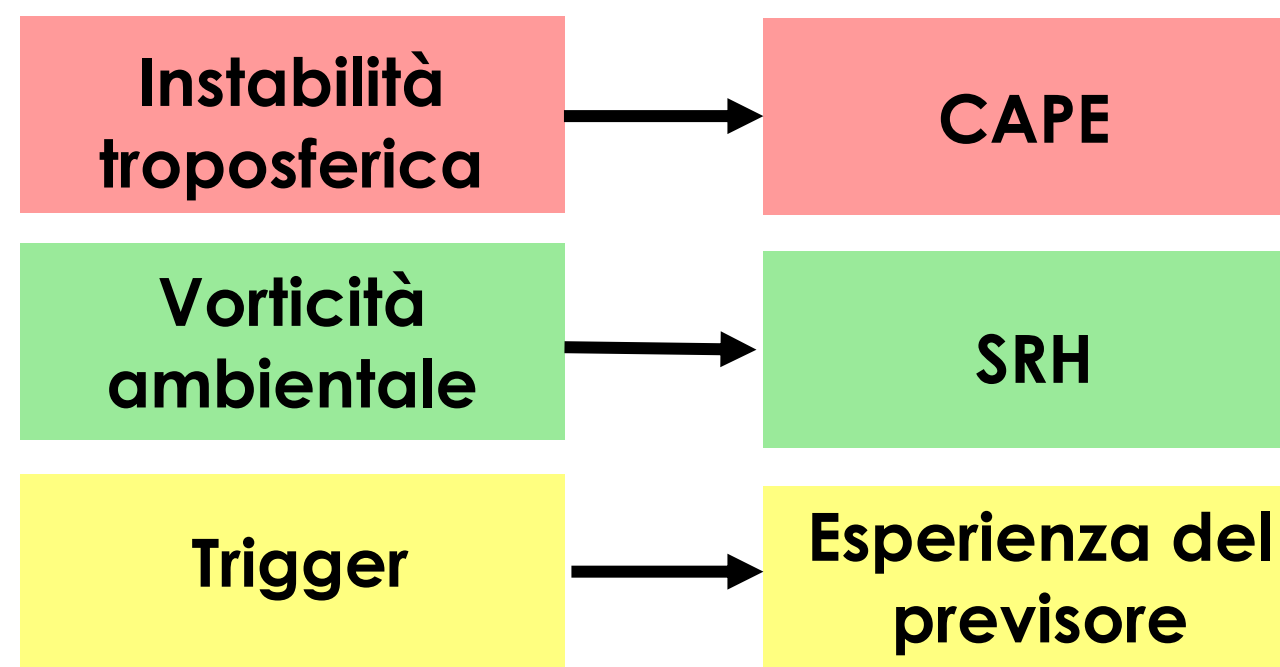
(1) Studente del corso di laurea triennale in Fisica di Trieste, (2) ARPA FVG

## I fenomeni convettivi estremi

- Sono i forti temporali responsabili di grandinate, raffiche di vento, alluvioni lampo e tornado
- Sono causa di danno per le attività umane ( dell'ordine di qualche miliardo di euro l'anno in Europa) e non di rado mettono in pericolo anche la vita delle persone
- Nonostante ciò non è ancora stato elaborato un sistema di previsione sufficientemente efficace: questa tesi vuole analizzare il modello concettuale attualmente usato nella previsione e capirne i limiti.

## Modello concettuale

E' basato su tre "ingredienti" che sono condizione necessaria e sufficiente per la genesi di forti temporali. Due degli ingredienti possono essere quantificati da un indice, il terzo può solo essere stimato dal previsore. L'idea è che se i tre ingredienti superano dei valori soglia allora si ritiene probabile lo sviluppo di temporali forti.



Miliardi di euro per anno persi a causa dei fenomeni convettivi estremi, stimati dall'azienda di riassicurazioni Munich Re

## Vorticità ambientale

- In atmosfera è talvolta presente vorticità orizzontale causata da condizioni di windshear. Tale vorticità, in presenza di una corrente ascendente, può essere trasferita sul piano verticale attraverso i processi di tilting e stretching: tale processo è la causa di sviluppo dei temporali a supercella



Processo di tilting (figura B) a seguito di condizioni di wind-shear pre-esistenti (figura A).

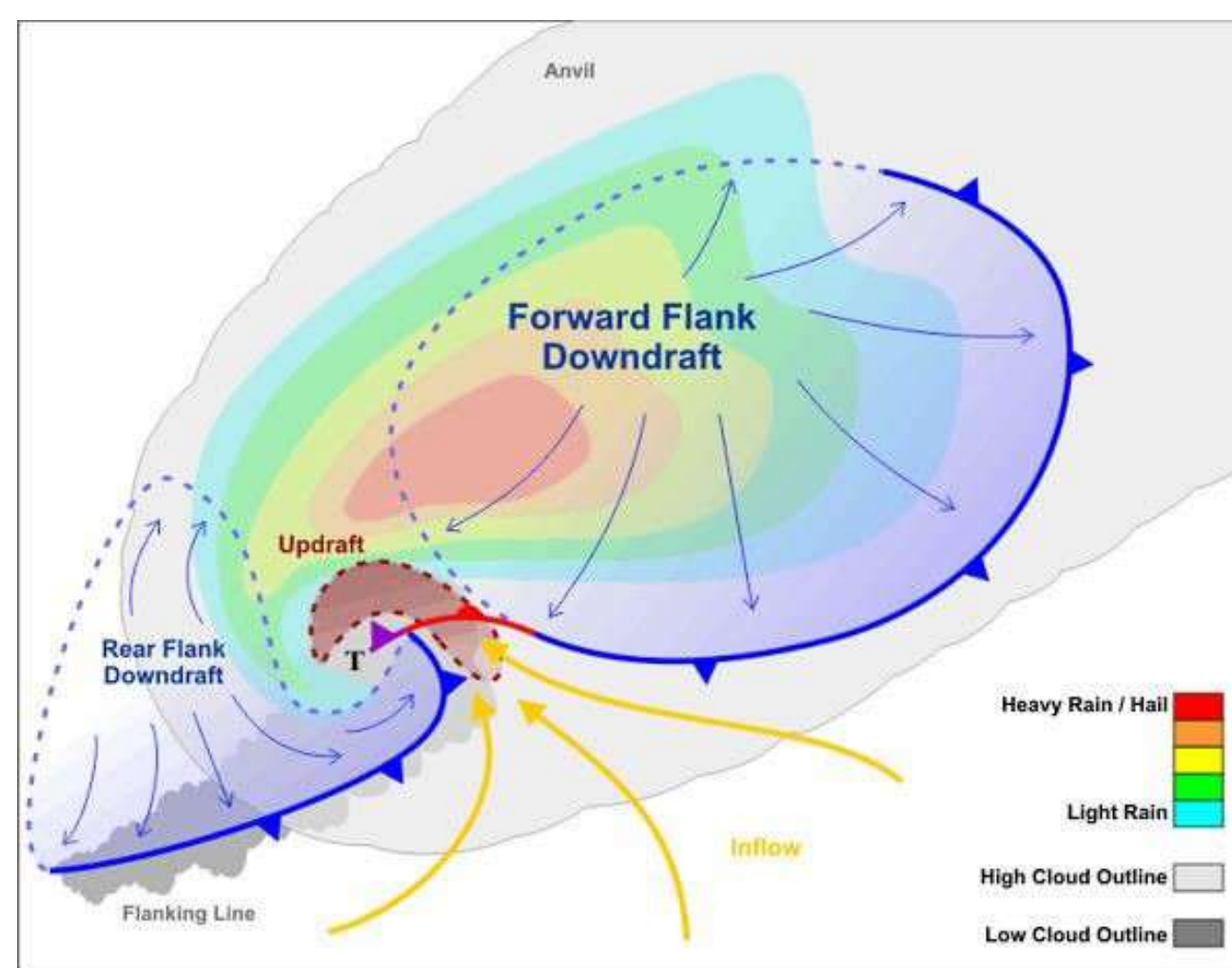
- La presenza di vorticità ambientale può essere individuata attraverso l'indice **SRH (Storm Relative Helicity)**. Maggiore è la vorticità ( quindi più è alto l'indice SRH) maggiore è il rischio di forti temporali

$$SRH = - \int_{0km}^{3km} (\vec{v} - \vec{S}) \cdot \left( \vec{k} \times \frac{\partial \vec{v}}{\partial z} \right) dz$$

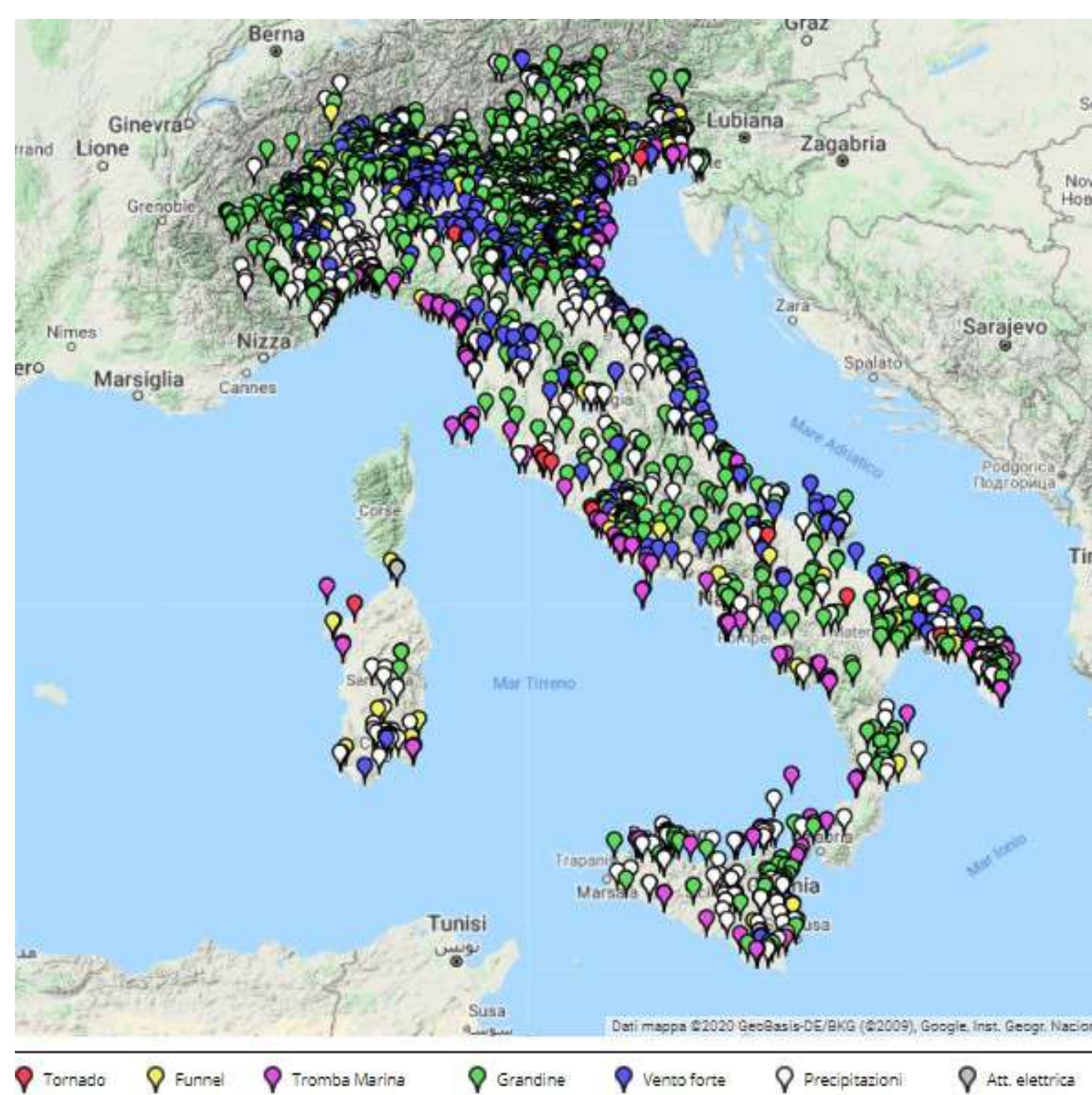
## Instabilità e Trigger

- L'instabilità, ossia la tendenza dell'atmosfera a sviluppare spontaneamente moti verticali, è quantificata dall'indice **CAPE (Convective Available Potential Energy)**: esso indica l'energia cinetica che acquisisce un volume d'aria che si solleva liberamente sotto l'azione della forza di galleggiamento. Il CAPE è importante perché ci dà una stima dell'intensità delle correnti ascendenti in un temporale: più è alto il CAPE ( e quindi più l'atmosfera è instabile), più il temporale potrebbe essere forte.
- Negli strati prossimi al suolo è spesso presente uno strato stabile che per dare inizio alla convezione deve essere vinto con una forzante esterna: il **Trigger**. Il Trigger non è stimato da nessun indice.

$$CAPE = -R \int_{p(LFC)}^{p(EL)} (T_{Lifting}(p) - T_a(p)) d \ln p$$



Schema delle correnti di un temporale a supercella. I temporali a supercella sono responsabili della maggior parte dei fenomeni convettivi estremi e sono caratterizzati dalla rotazione della corrente ascendente.



Segnalazioni di fenomeni convettivi che sono presenti nel database Storm Report tra il 1 maggio e il 31 ottobre 2019

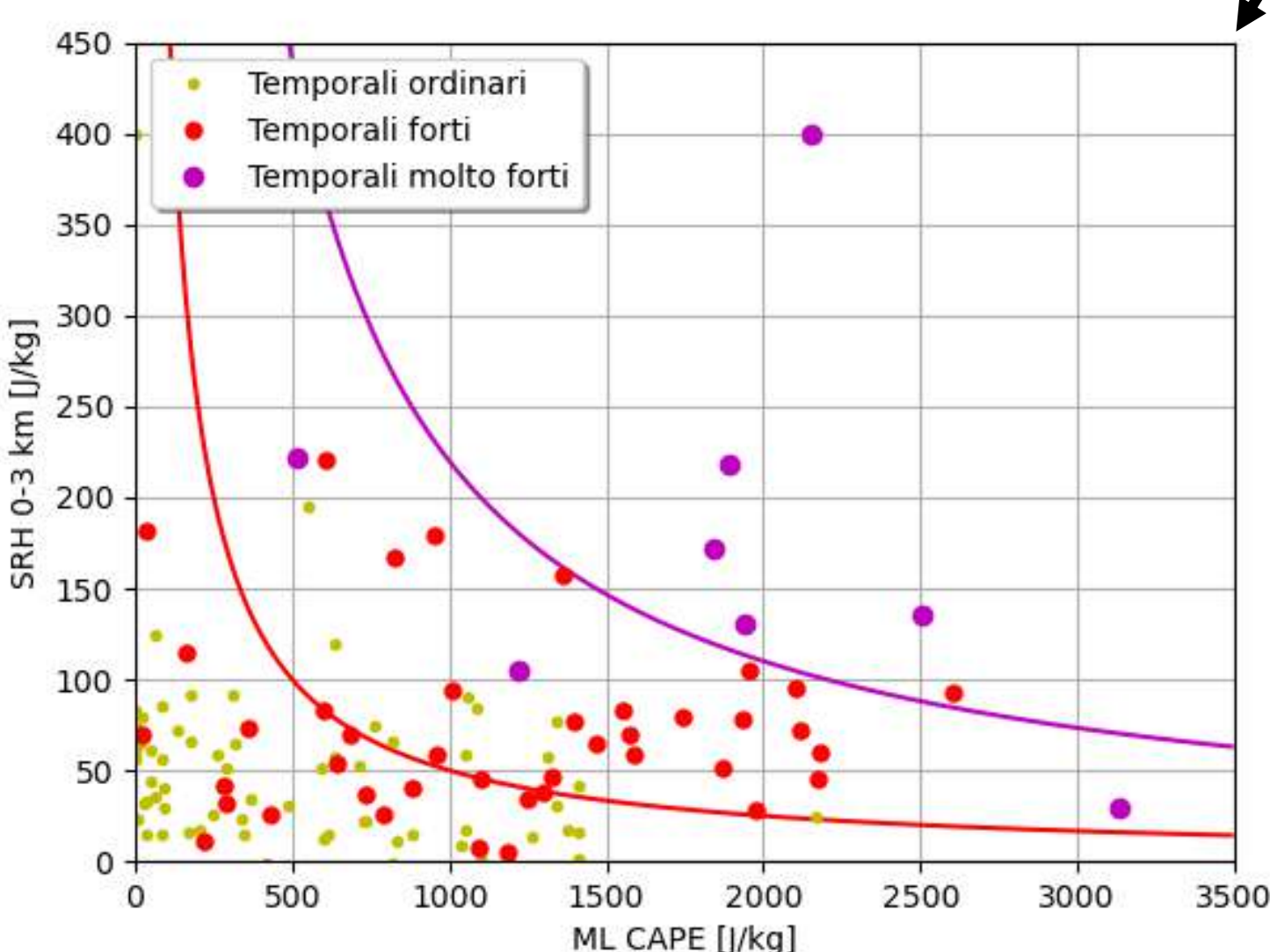


Diagramma CAPE-SRH elaborato con i dati delle radiosonde selezionate nell'analisi.

## Verifica del modello concettuale

- Il modello concettuale è stato verificato tramite l'approccio dei **proximity soundings**
- Tale approccio prevede di calcolare gli indici (come CAPE e SRH) utilizzando i dati dei palloni sonda lanciati "vicino" ad una località dove si è verificato un temporale forte.
- "vicino" sia dal punto di vista spaziale che temporale, affinché venga garantita la **rappresentatività** del valore misurato rispetto al fenomeno occorso ( il temporale forte).
- L'ambiguità del termine "vicino" rende l'analisi con i proximity soundings soggetta ad un elevato rumore.

## Metodologia dell'analisi

**Diagramma CAPE-SRH**  
E' stato infine generato un diagramma CAPE-SRH in cui ciascun punto rappresenta il dato di una radiosonda

**Storm Report**  
In questo database sono raccolte segnalazioni di fenomeni convettivi avvenuti sul territorio italiano

**Criterio di suddivisione**  
Sono stati individuati un centinaio di episodi di temporali ordinari, forti o molto forti nel 2019 usando i dati dello Storm Report e un criterio di suddivisione.

**Codice Python**  
Attraverso un codice Python sono stati dunque calcolati gli indici CAPE e SRH per ciascuna radiosonda.

**Dati delle radiosonde**  
A questi episodi è stato associato il lancio di una radiosonda lanciata nelle ore precedenti nel raggio di 50 km circa da dove si è verificato il temporale.

## Risultati

- Si osserva che nell'angolo in basso a sinistra si concentrano gli episodi di temporali ordinari, mentre nell'angolo in alto a destra sono presenti i temporali molto forti: ciò in accordo con il modello concettuale per cui elevata instabilità (ossia alto CAPE) ed elevata vorticità (ossia alto SRH) massimizzano la probabilità di temporali forti.
- Il prodotto tra CAPE e SRH, evidenziato con due valori soglia tramite le linee rosse e viola, è l'indice **EHI (Energy Helicity Index)**, che risulta essere un discreto precursore per forti temporali.
- La statistica è tuttavia associata ad elevato rumore, per cui è in genere difficile individuare dei valori soglia utili per effettuare una previsione affidabile.
- Anche usando l'indice EHI non mancano casi di falsi allarmi o mancate allerte

## Conclusioni

- Il modello concettuale attualmente utilizzato nella previsione di forti temporali è basato su tre ingredienti: instabilità troposferica, vorticità ambientale e trigger
- Nonostante il modello poggi su solide basi fisiche, il suo potere predittivo è limitato a causa dell'elevato rumore che affligge l'analisi statistica con i dati delle radiosonde, dovuta alla rapida evoluzione delle grandezze considerate rispetto ai tempi di aggiornamento dei radiosondaggi.
- I danni che tali fenomeni possono causare a cose e persone stimolano a proseguire la ricerca affinando sia il modello concettuale che l'analisi statistica.