



Scenari di eventi estremi di acqua alta a Venezia in relazione al cambiamento climatico per il XXI secolo

Tesi di Laurea Magistrale di FEDERICO BONALDO

Relatore: DARIO GIAIOTTI^{1,2}

Correlatori: FILIPPO GIORGI³, FABIO RAICICH⁴



EMAIL: fede.bonaldo.ts@gmail.com

¹ Dipartimento di Fisica, Università degli Studi di Trieste

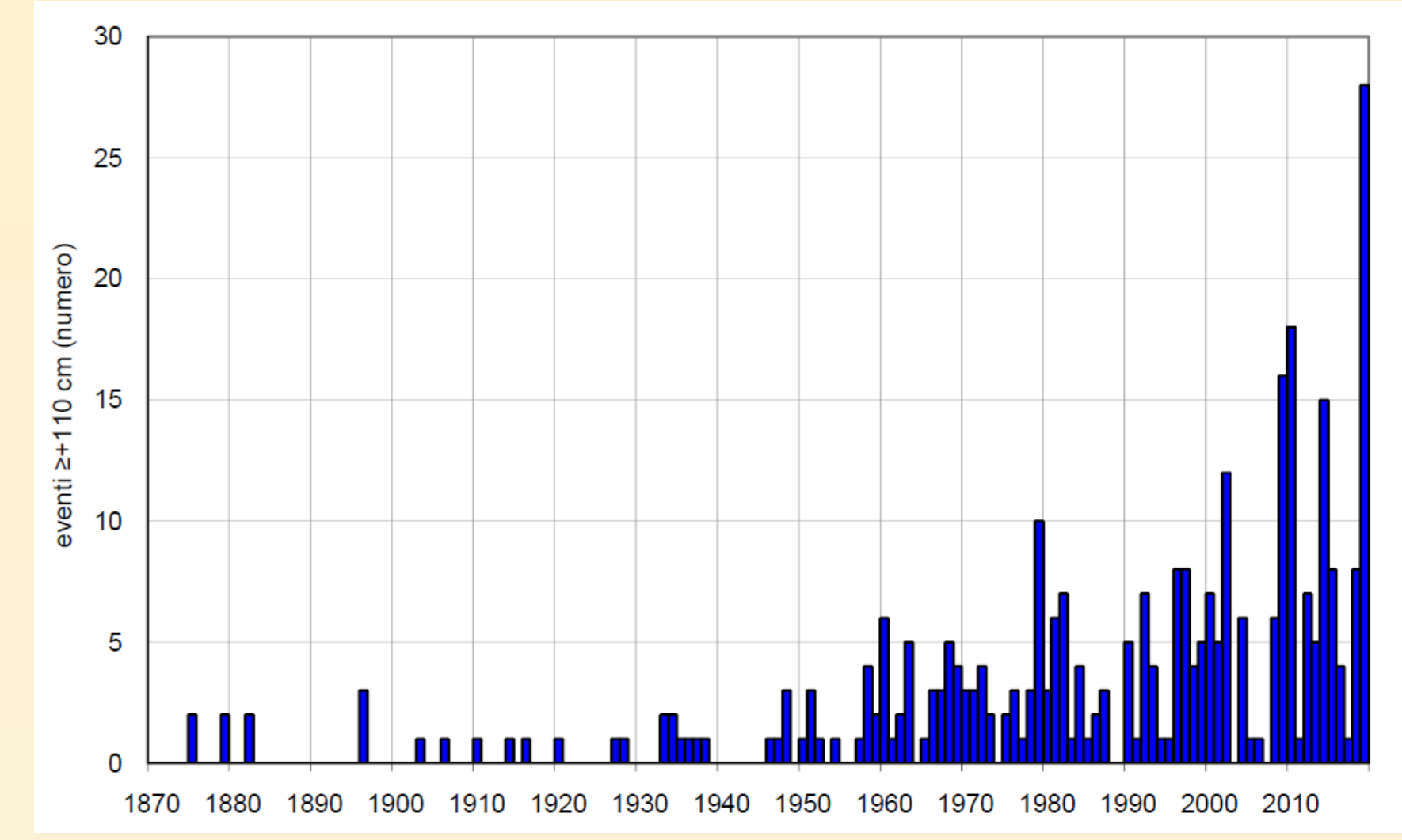
² Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente del Friuli Venezia Giulia (ARPA FVG)

³ International Centre for Theoretical Physics (ICTP)

⁴ Istituto di Scienze Marine, Consiglio Nazionale delle Ricerche - Trieste (ISMAR-CNR)

INTRODUZIONE

La frequenza del fenomeno dell'acqua alta a Venezia è drammaticamente aumentata nel corso degli ultimi decenni. Recentemente, le catastrofiche alluvioni del 29 ottobre 2018 (tempesta Vaia) e del 12 novembre 2019 (il secondo picco marea più alto mai rilevato), hanno mostrato l'estrema vulnerabilità di Venezia e reso ancor più urgente il bisogno nel guardare al futuro per capire come cambierà il fenomeno. Alla luce di quest'esigenza, questo lavoro di ricerca si pone l'obiettivo di ottenere delle proiezioni per il XXI secolo sulla frequenza e sull'intensità degli eventi di acqua alta, a partire dai dati delle variabili atmosferiche disponibili nei modelli climatici regionali (RCM) per gli scenari di concentrazione RCP2.6 e RCP8.5.

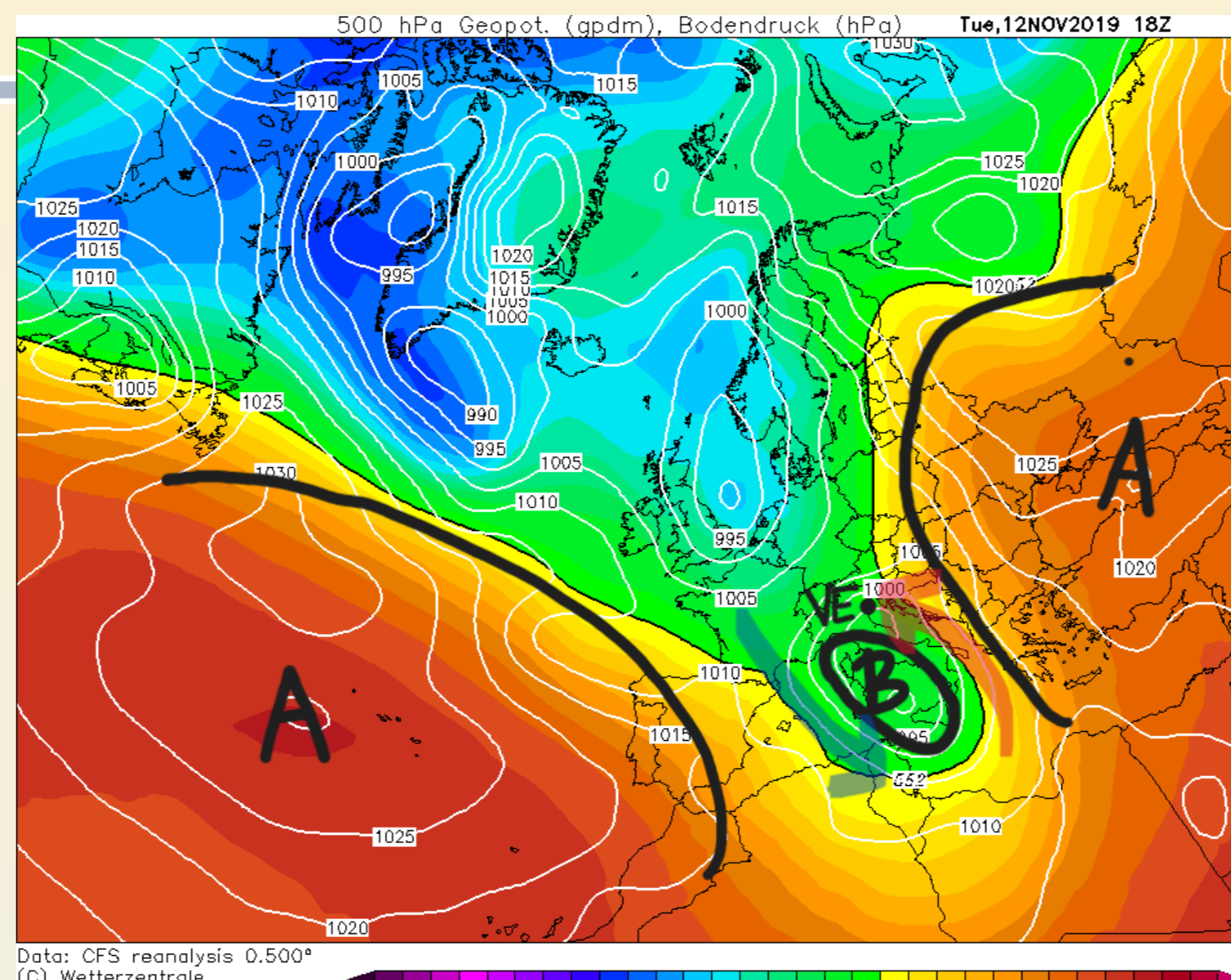


Frequenza annuale dei picchi di marea ≥ 110 cm a Venezia-Punta della Salute.

IL LIVELLO DEL MARE

Il livello del mare osservato localmente può essere suddiviso nella somma di tre contributi principali:

- Livello medio del mare locale (LMSL);
- Marea astronomica causata dall'attrazione gravitazionale dei corpi celesti sulle masse d'acqua terrestri;
- Contributo meteorologico o residuo, dovuto all'interazione tra atmosfera e mare, attraverso:
 - 1) Pressione atmosferica: più si abbassa, minore è il peso della colonna d'aria che grava sulla superficie del mare, che sarà libera di innalzarsi (effetto barometrico inverso);
 - 2) Vento: esercita una forza di attrito (stress) sulla superficie del mare, spostando l'acqua.



Geopotenziale 500 hPa 12/11/2019 ore 18 UTC

IL FENOMENO DELL'ACQUA ALTA

È il risultato prodotto dall'interazione di diversi fattori:

- Forti venti di Scirocco sul mar Adriatico. Essi provengono da sud-est e quindi riescono a sfruttare l'intera lunghezza longitudinale dell'Adriatico (800 km) per muovere le masse d'acqua verso le sue coste settentrionali dove sorge Venezia.
- Un abbassamento della pressione atmosferica;
- L'altezza e il tempismo del picco della marea astronomica.

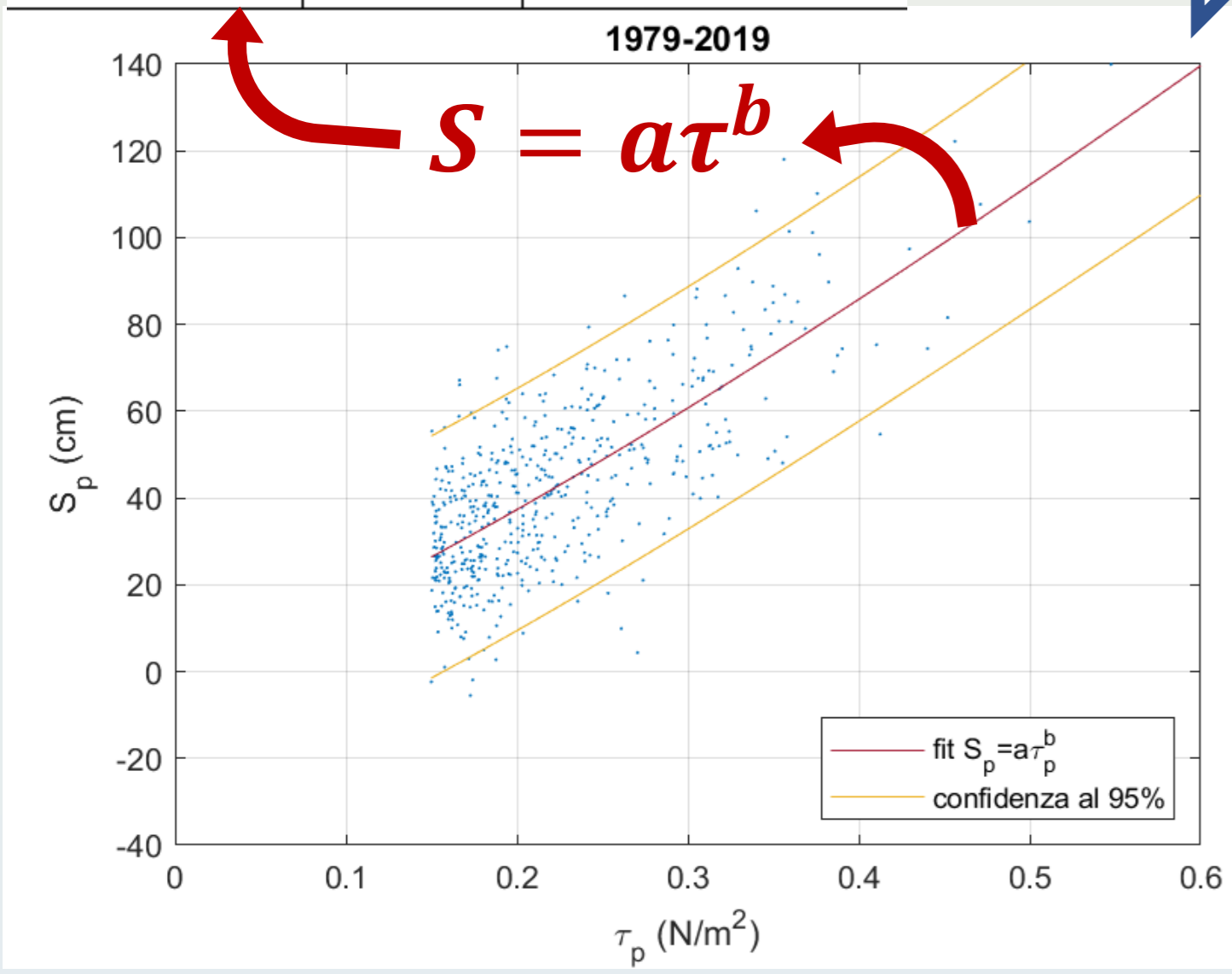
La configurazione meteorologica tipica durante la verificarsi di un'acqua alta presenta un anticiclone in Atlantico e uno in Europa orientale, separate da una circolazione depressionaria che affonda nel Mediterraneo occidentale, originando venti meridionali sul suo bordo orientale.

ANALISI STATISTICA DEL PERIODO STORICO 1979-2019

Livello del mare osservato a Venezia-Punta della Salute

Ricavo l'altezza del residuo S , togliendo la marea astronomica e il LMSL.

| Parametri del fit | Valore | Intervallo di confidenza |
|-------------------|--------|--------------------------|
| a | 257.8 | 227.4 – 288.2 |
| b | 1.201 | 1.115 – 1.286 |

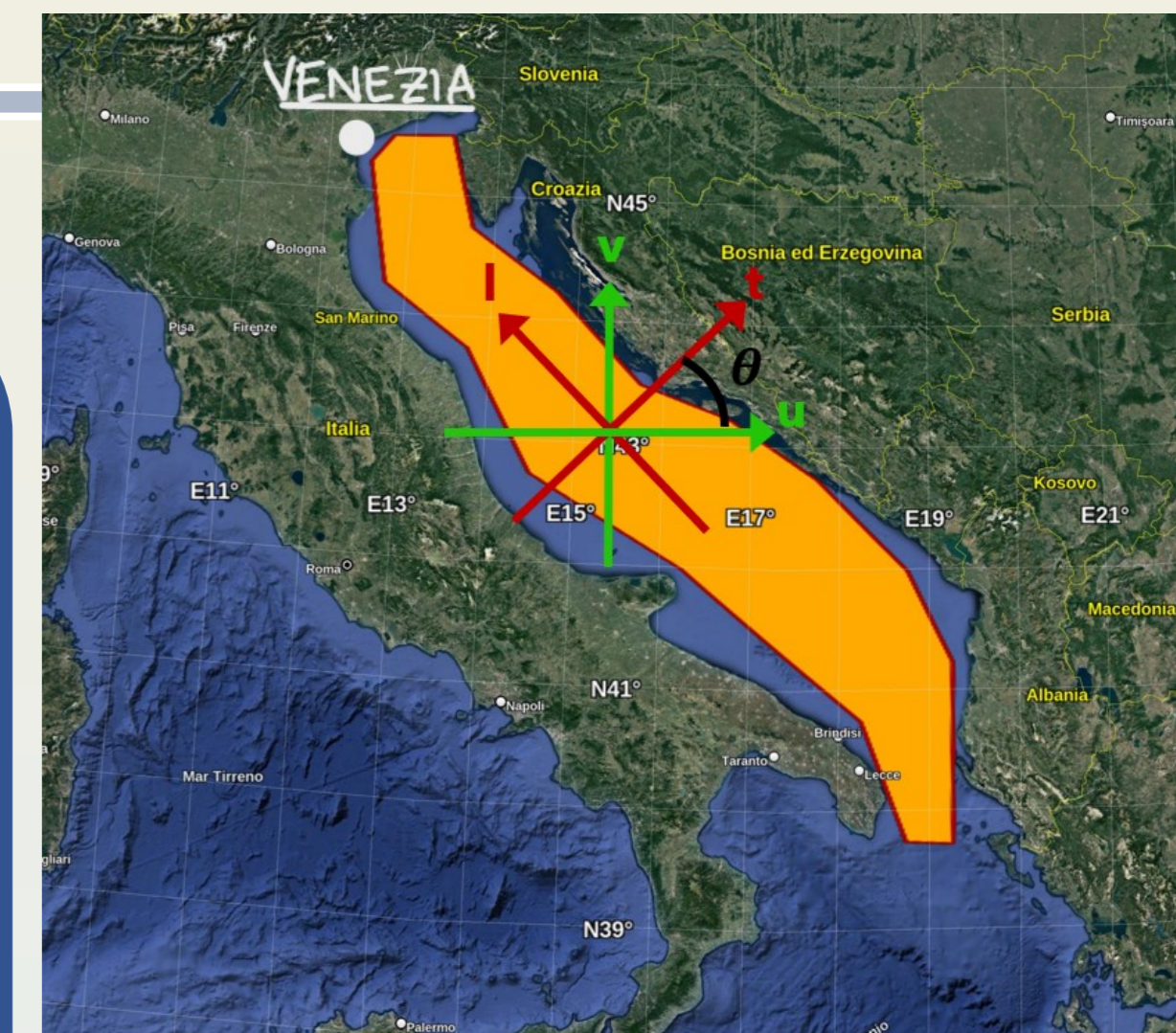


Regressione

Eseguo un fit con una funzione potenza in modo da trovare una relazione che legni le serie temporali S e τ .

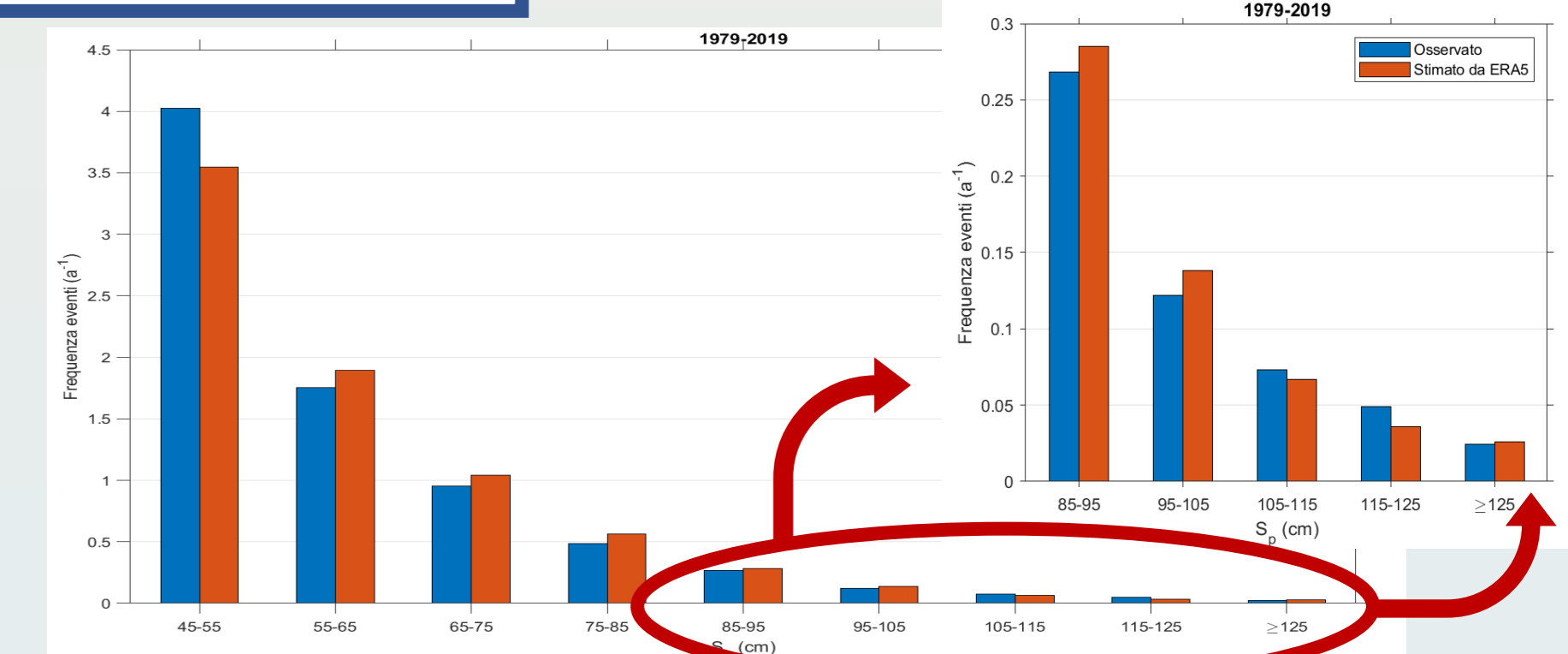
Velocità del vento orizzontale

- 1) Maschera spaziale: escludo i punti di griglia al di fuori dell'Adriatico.
- 2) Rotazione del sistema di coordinate in longitudinale e trasversale.
- 3) Calcolo dello stress longitudinale τ .
- 4) Media spaziale.



Validazione

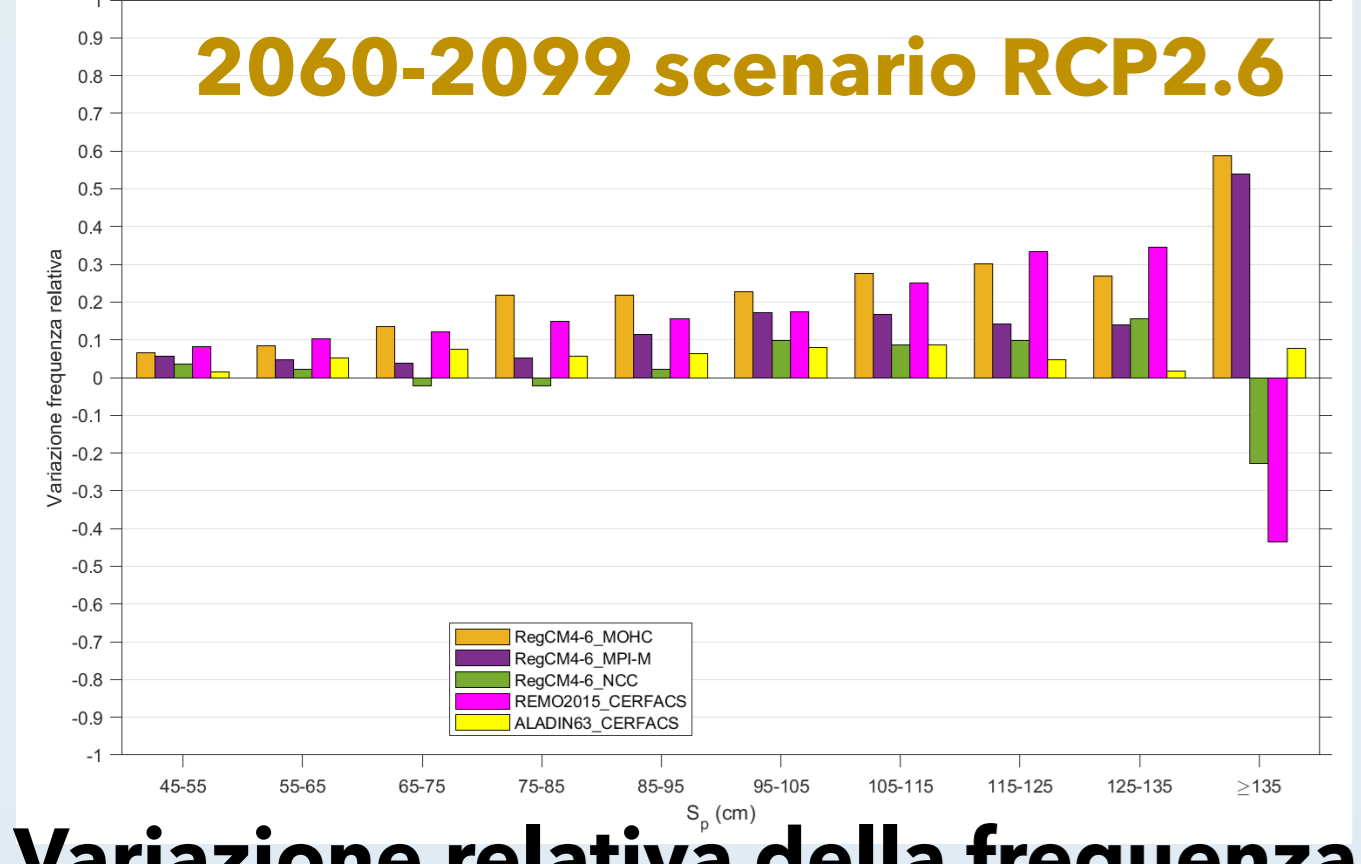
Calcolo il contributo meteorologico tramite la funzione di regressione e confronto le frequenze annuali stimate e realmente osservate in modo da validare il metodo statistico.



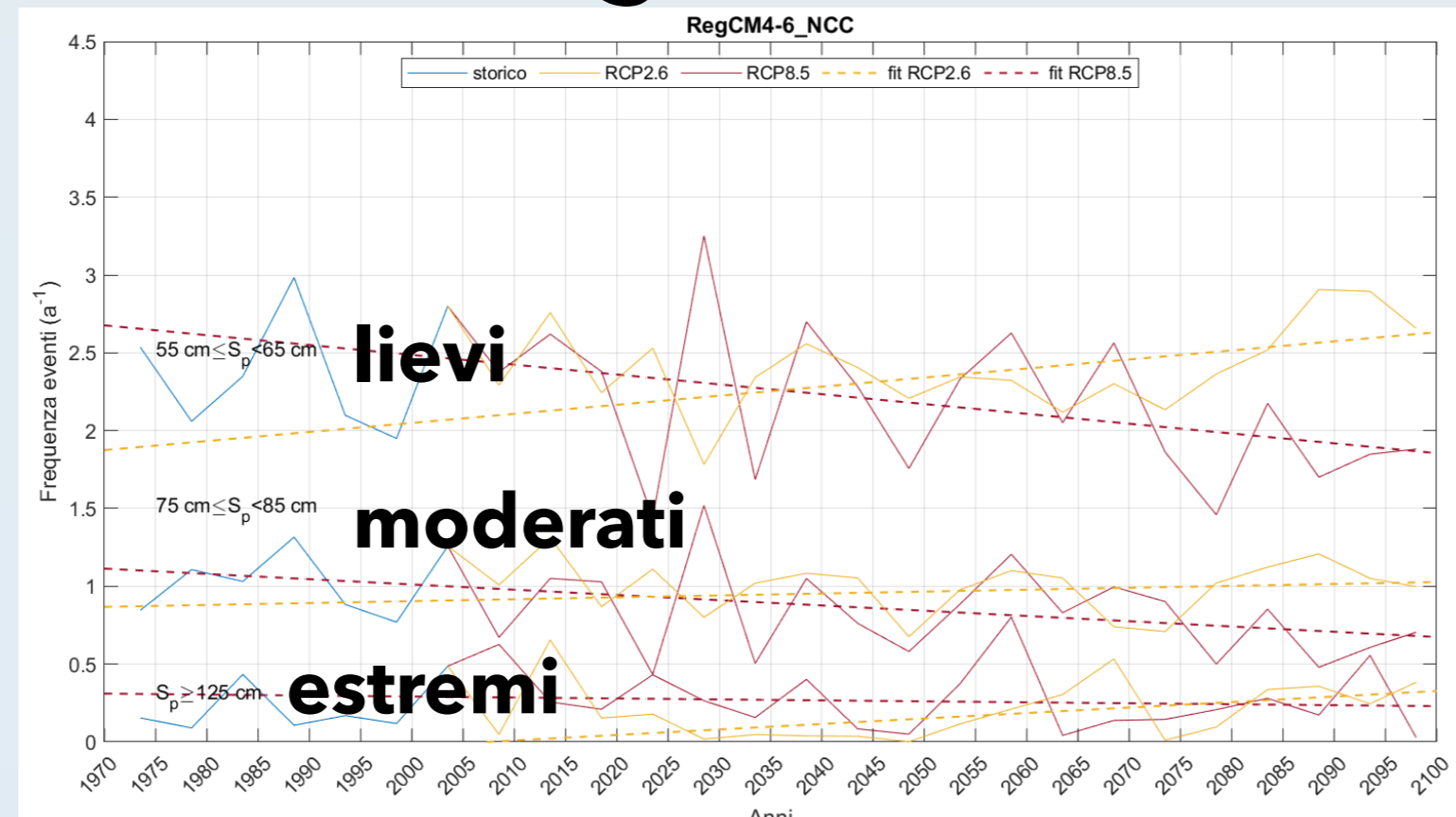
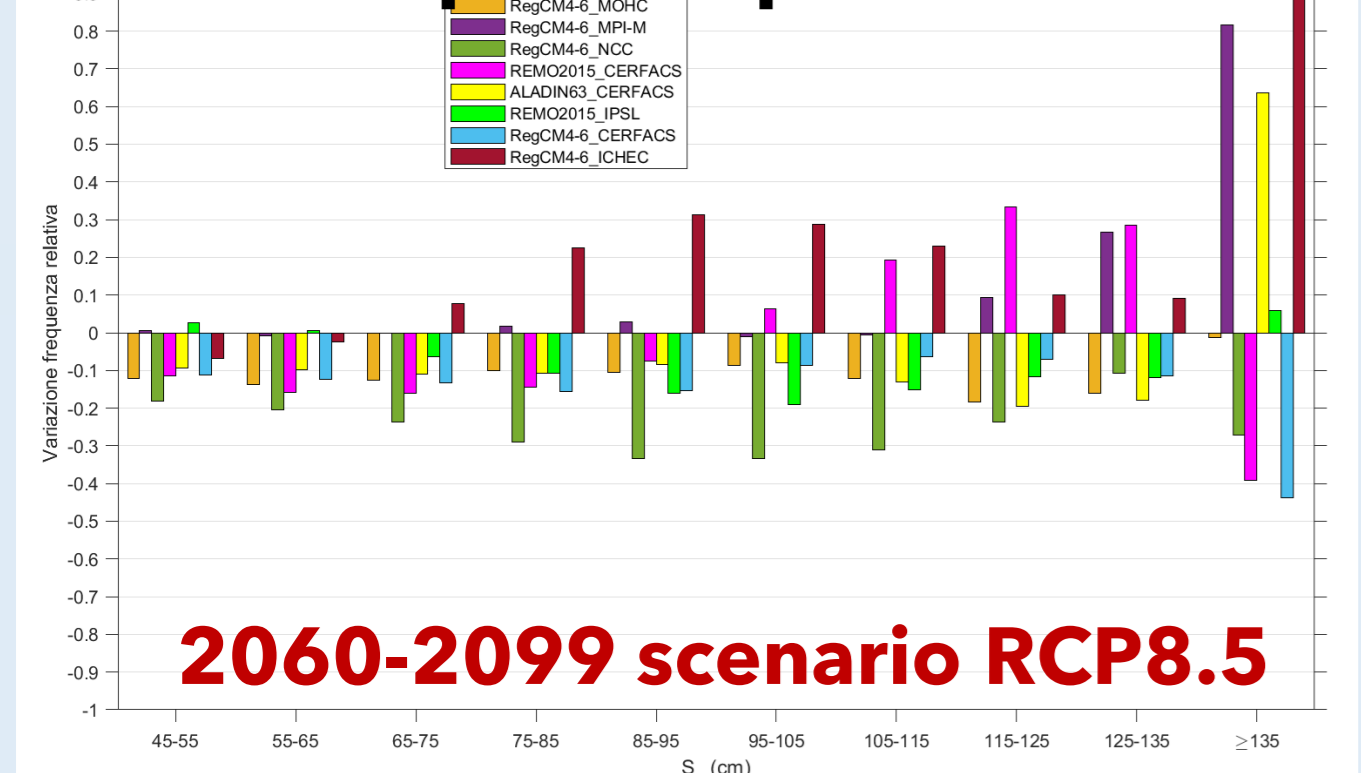
Frequenza annuale di eventi osservati e stimati suddivisi per classi di altezza del residuo.

RISULTATI DELLE PROIEZIONI CLIMATICHE FINO AL 2099

solo contributo meteorologico



Variazione relativa della frequenza annuale rispetto al periodo storico



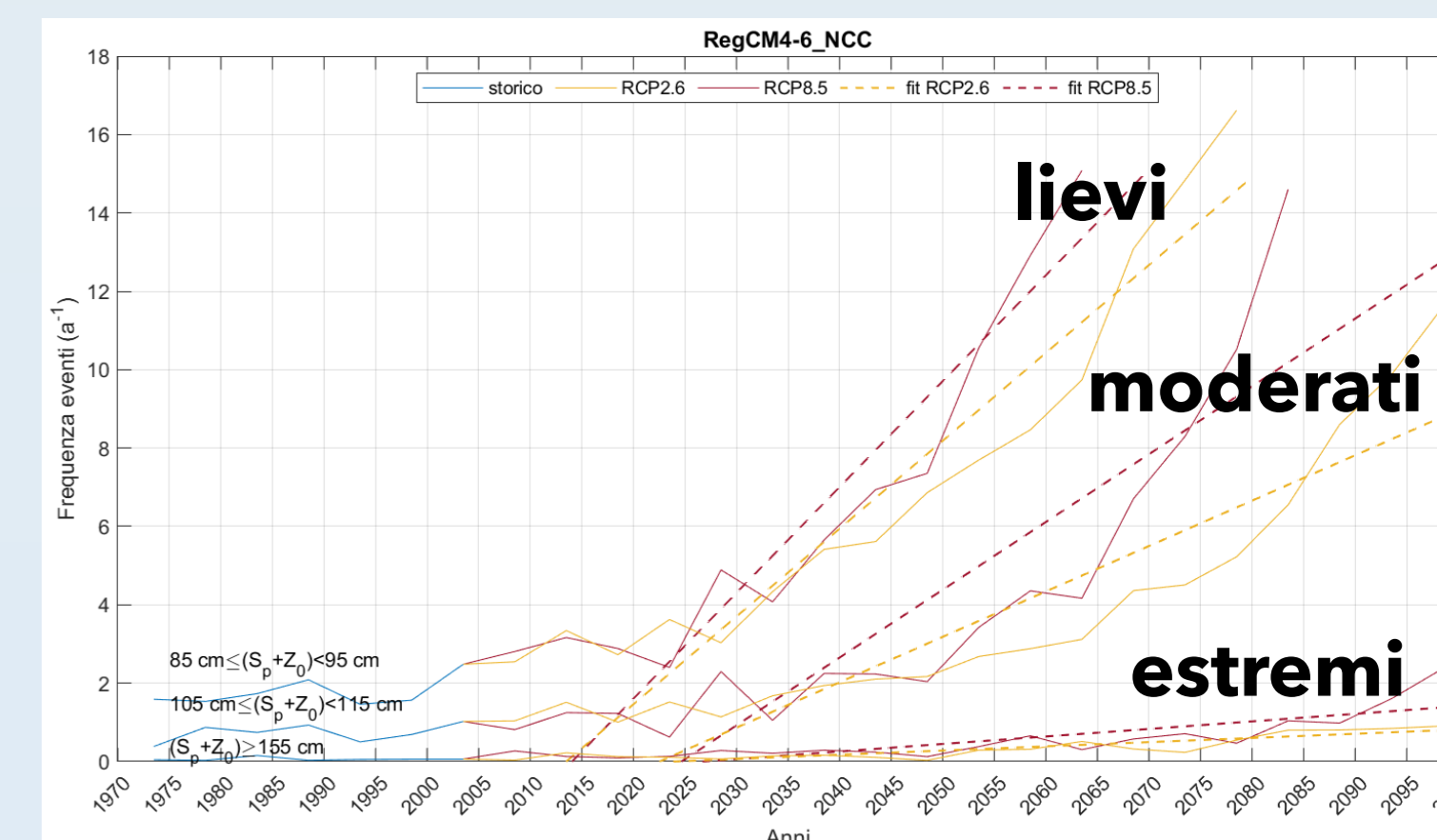
- La frequenza degli eventi lievi o moderati presenta un leggero trend positivo nello scenario RCP2.6 e negativo nel caso RCP8.5.
- Per le acque alte più intense non c'è accordo tra le varie simulazioni e per molte di esse i trend calcolati non sono statisticamente significativi.

considerando la variazione del LMSL

Sulla base del sesto rapporto dell'IPCC si stima che al termine del XXI secolo a Venezia il LMSL, rispetto al periodo di riferimento 1995-2014, aumenterà di:

- 49 cm nello scenario RCP2.6
- 72 cm nello scenario RCP8.5

- I trend sono fortemente positivi per tutte e tre le classi di intensità e con un valore maggiore nello scenario RCP8.5.



CONCLUSIONI

- Per questo secolo il principale responsabile dell'aumento in frequenza e intensità degli eventi di acqua alta a Venezia è da attribuire all'incremento del LMSL dovuto al riscaldamento globale.
- Il cambiamento climatico in atto è in generale una grave minaccia per il nostro futuro, ma le sue conseguenze non colpiscono tutte le parti del mondo allo stesso modo. Luoghi fragili e vulnerabili come Venezia e la sua laguna sono più in pericolo di altri.

Premio "SERGIO BORGHI" - 6a edizione 2022/23

La tesi è disponibile su: <https://hdl.handle.net/20.500.12072/91742>