

Ordine degli Ingegneri
della Provincia
di Roma



Lo stato dell'arte nel rischio
idraulico delle città d'arte

Venerdì 18 ottobre 2024

Sala Conferenze DICITA, Roma Tre

Via Vito Volterra 62, Roma

Il rischio idraulico a Venezia

Marco Marani

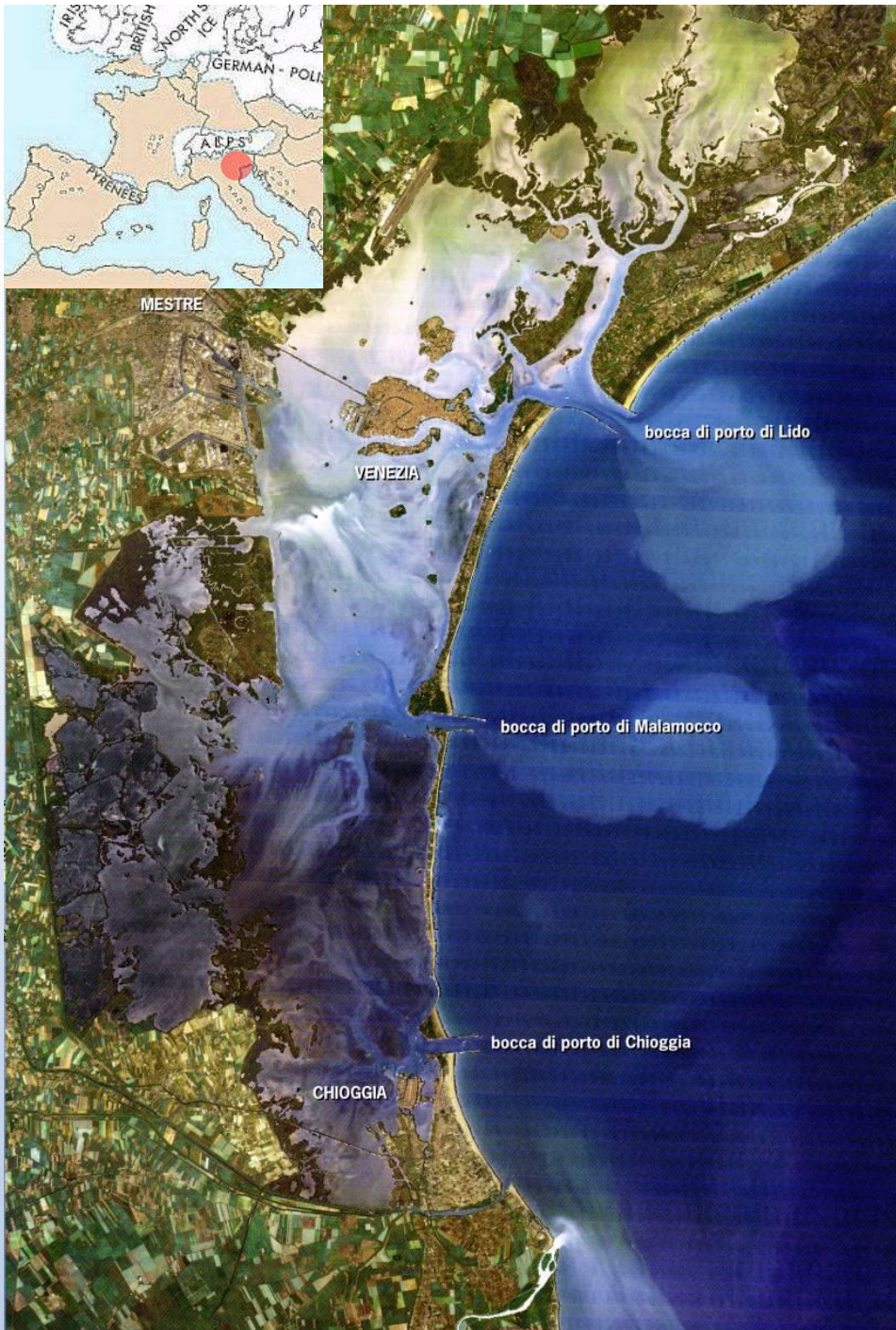
Dipartimento ICEA e

Centro Studi sugli Impatti dei Cambiamenti Climatici

Università di Padova - Rovigo

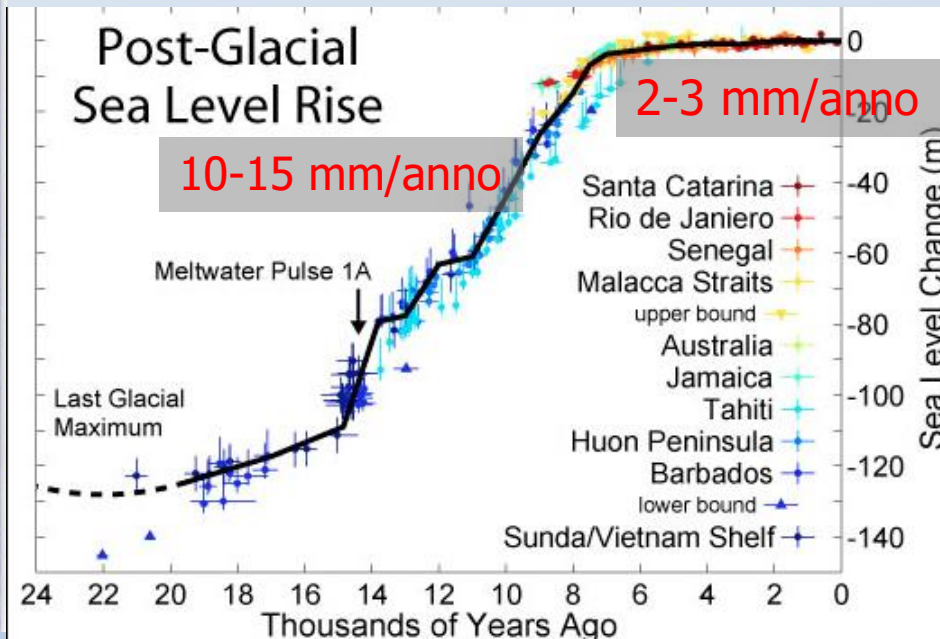


UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA



Come può esistere una laguna?

- 18 kanni fa: fine glaciazione;
- 8 kanni fa tasso di innalzamento del medio mare si riduce: possono formarsi lagune ed estuari.



I livelli marini misurati a Venezia



Metodo diretto. Il livello di marea istantaneo e' scritto:

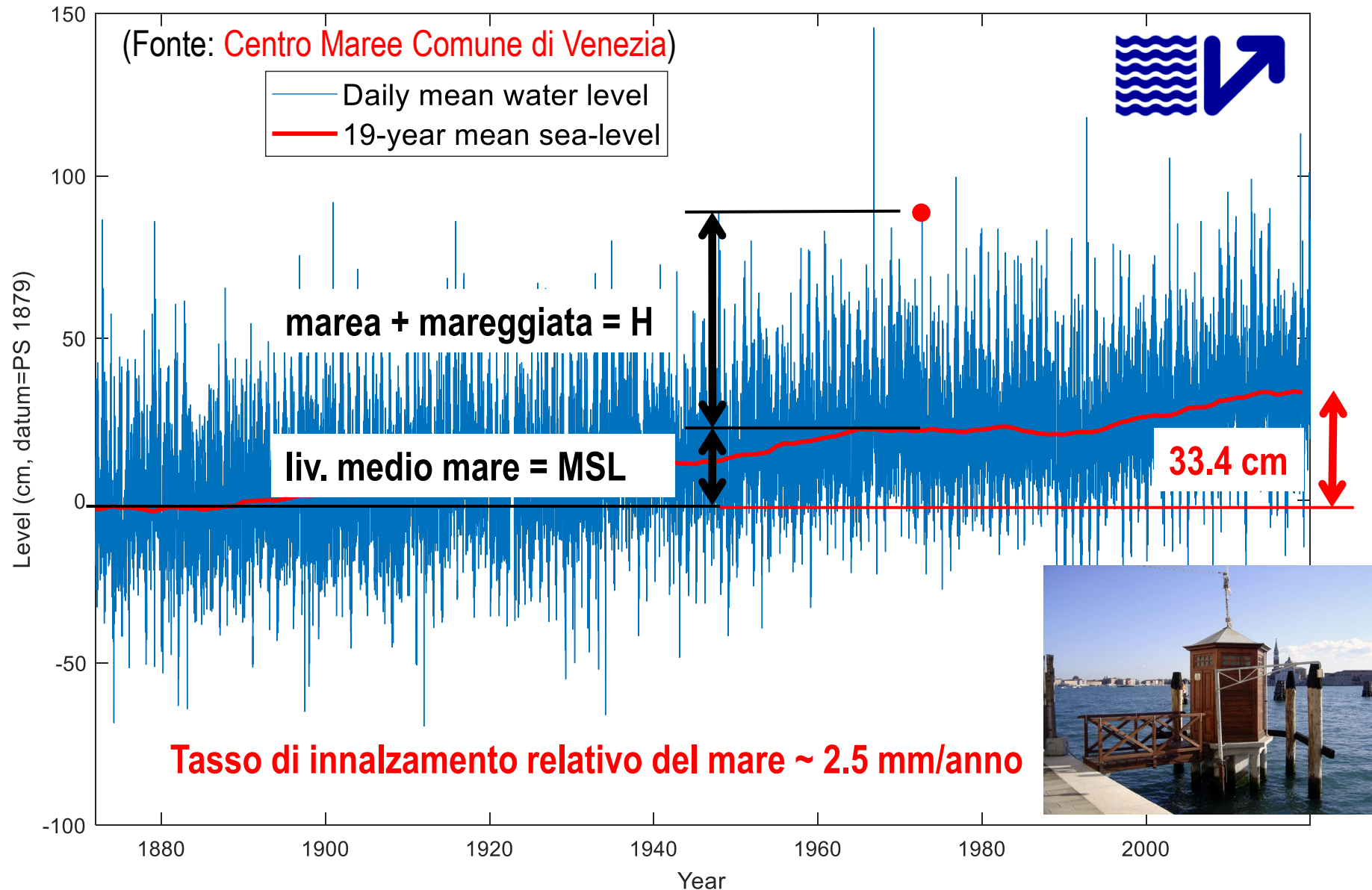
$$Z = \text{MSL} + X + Y = \text{MSL} + H$$

Dove MSL e' il medio mare corrente. X e' il livello della marea astronomica, Y e' la storm surge.

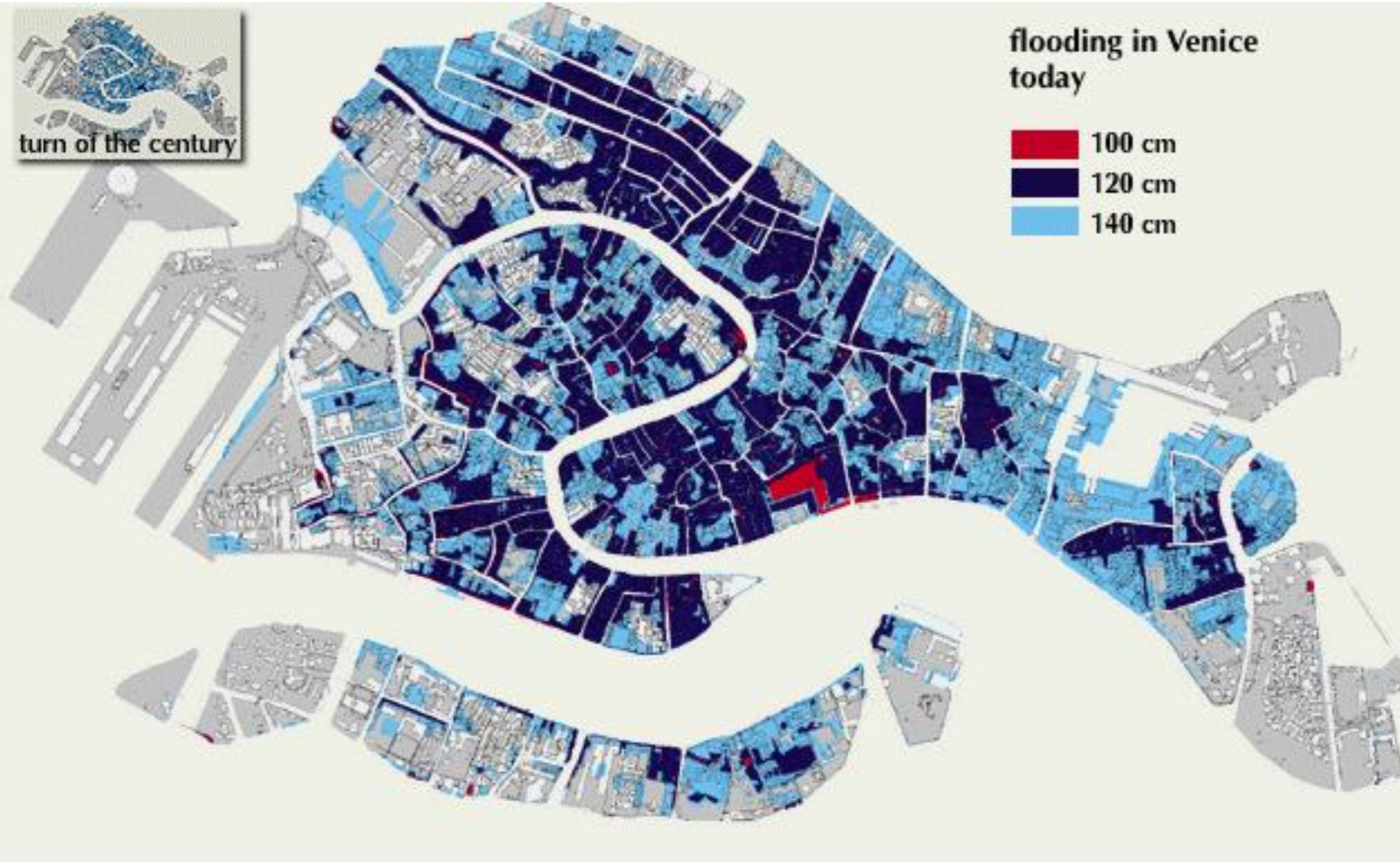
$$H = X + Y = Z - \text{MSL}$$

Livelli misurati rispetto al riferimento di Punta della Salute: 1872-2019

NOTA: z_{PS} oggi circa 33 cm al di sotto del medio mare



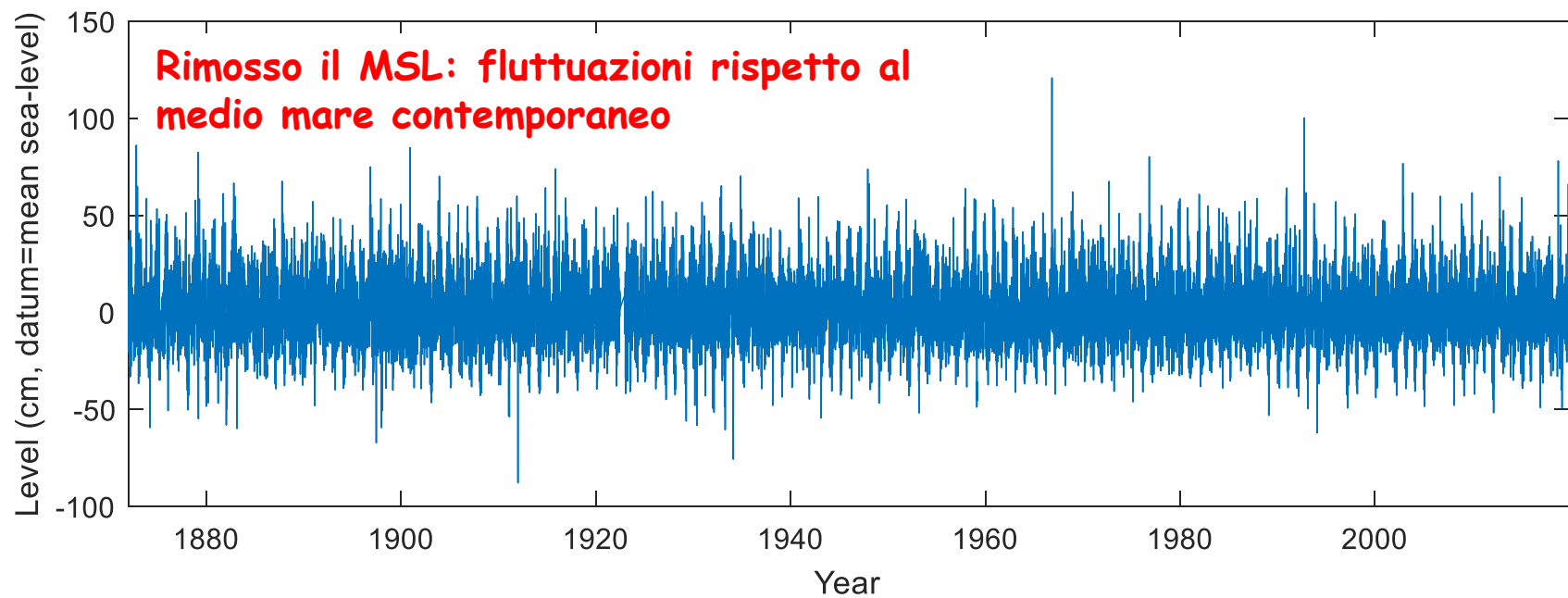
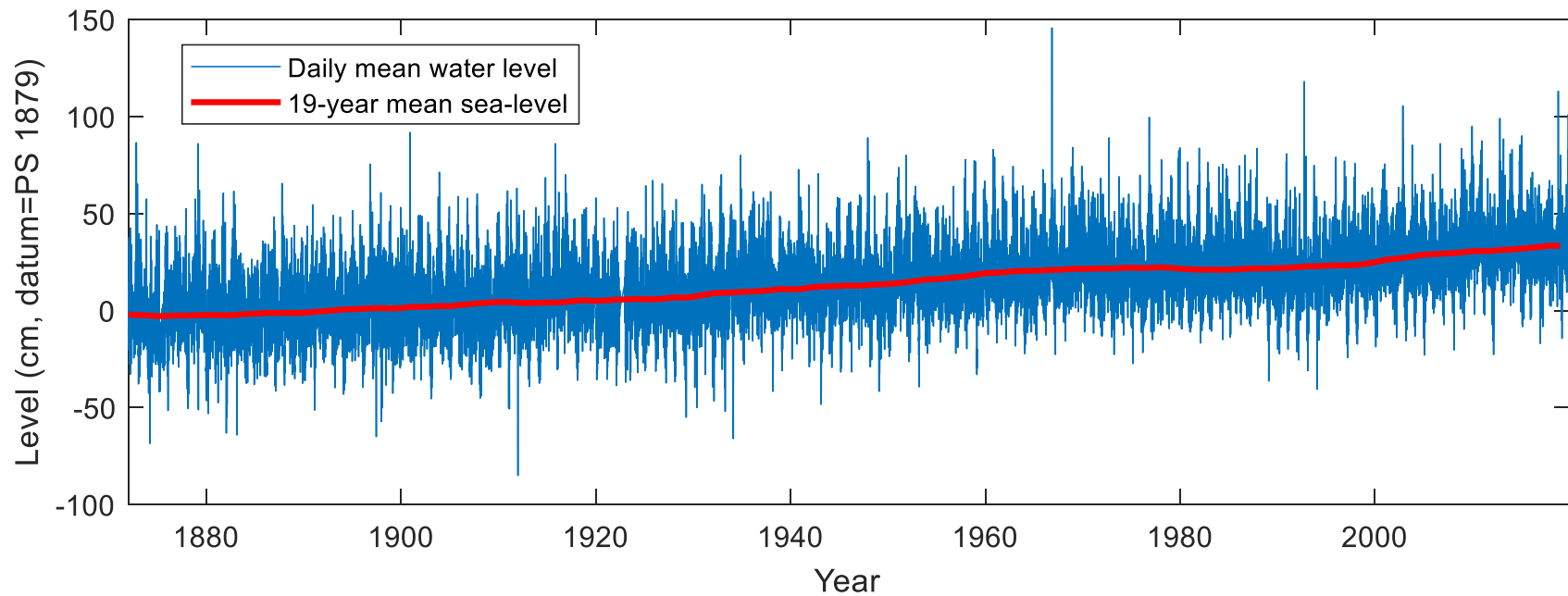
L'allagamento della città per diversi livelli a Punta della Salute



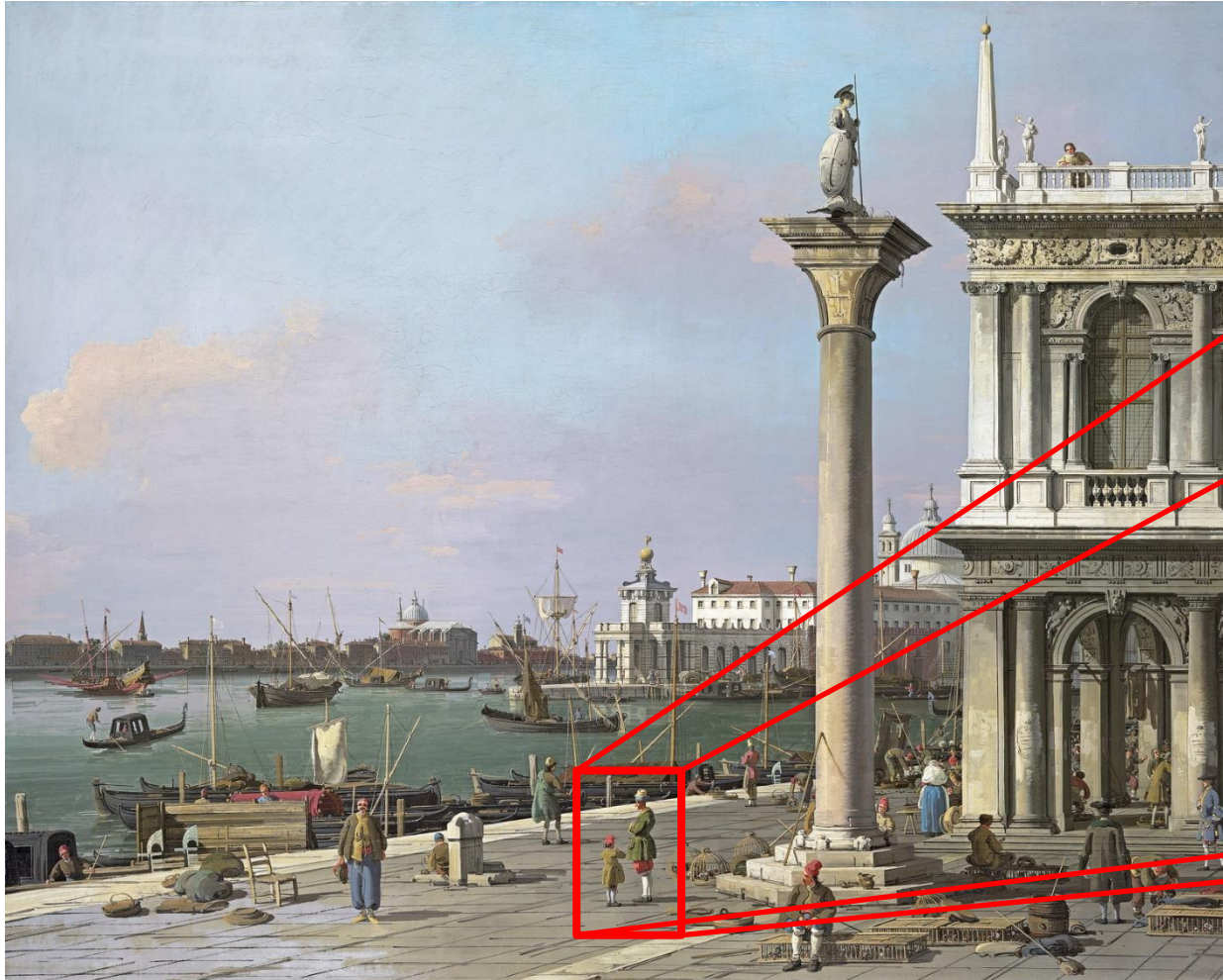
Il MoSE, Venezia e la sua Laguna

- MoSE essenziale per la difesa della città
- MoSE interferisce con dinamica lagunare: dicotomia tra difesa della città e quella del suo ambiente





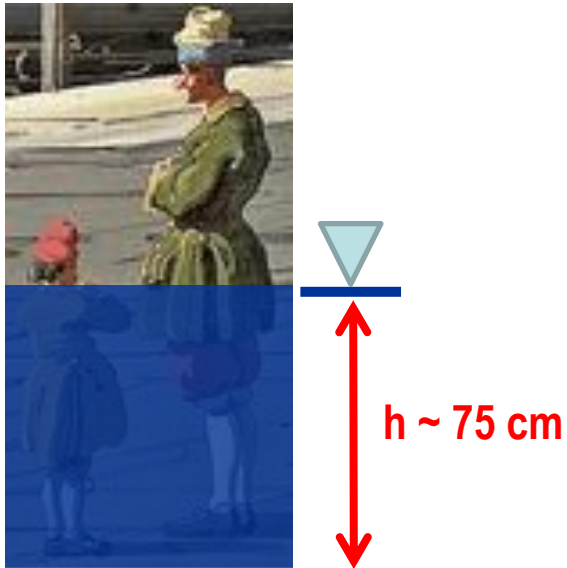
La mareggiata del 4 Novembre 1966: effetti di un medio mare che cambia



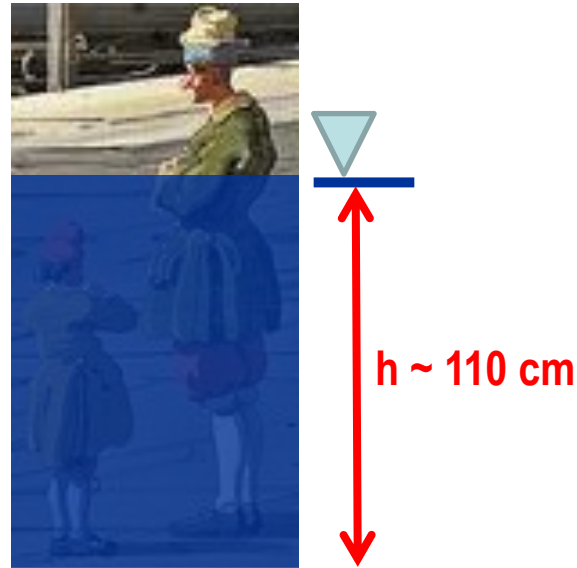
Canaletto, Il Bacino di San Marco dalla Piazzetta, 1750

La mareggiata del 4 Novembre 1966: effetti di un medio mare che cambia

Medio mare del
1750



Medio mare del
1966



E per il futuro?
Quale futuro?

Cosa prescrive la Commissione Europea per l'adattamento

(European Commission, Technical guidance on the climate proofing of infrastructure in the period **2021-2027** (2021/C 373/01))

Most **infrastructure has a long lifespan** or service life....

... one of the main concepts of the Eurocodes (12) is the **design working life** (DWL)....The DWL of buildings and other common structures designed using Eurocodes is **50 years**, and the DWL of monumental buildings and bridges is envisaged as **100 years**... structures designed in 2020 will withstand climatic actions and extreme events expected up to **2070**, and up to **2120** for bridges and monumental buildings.

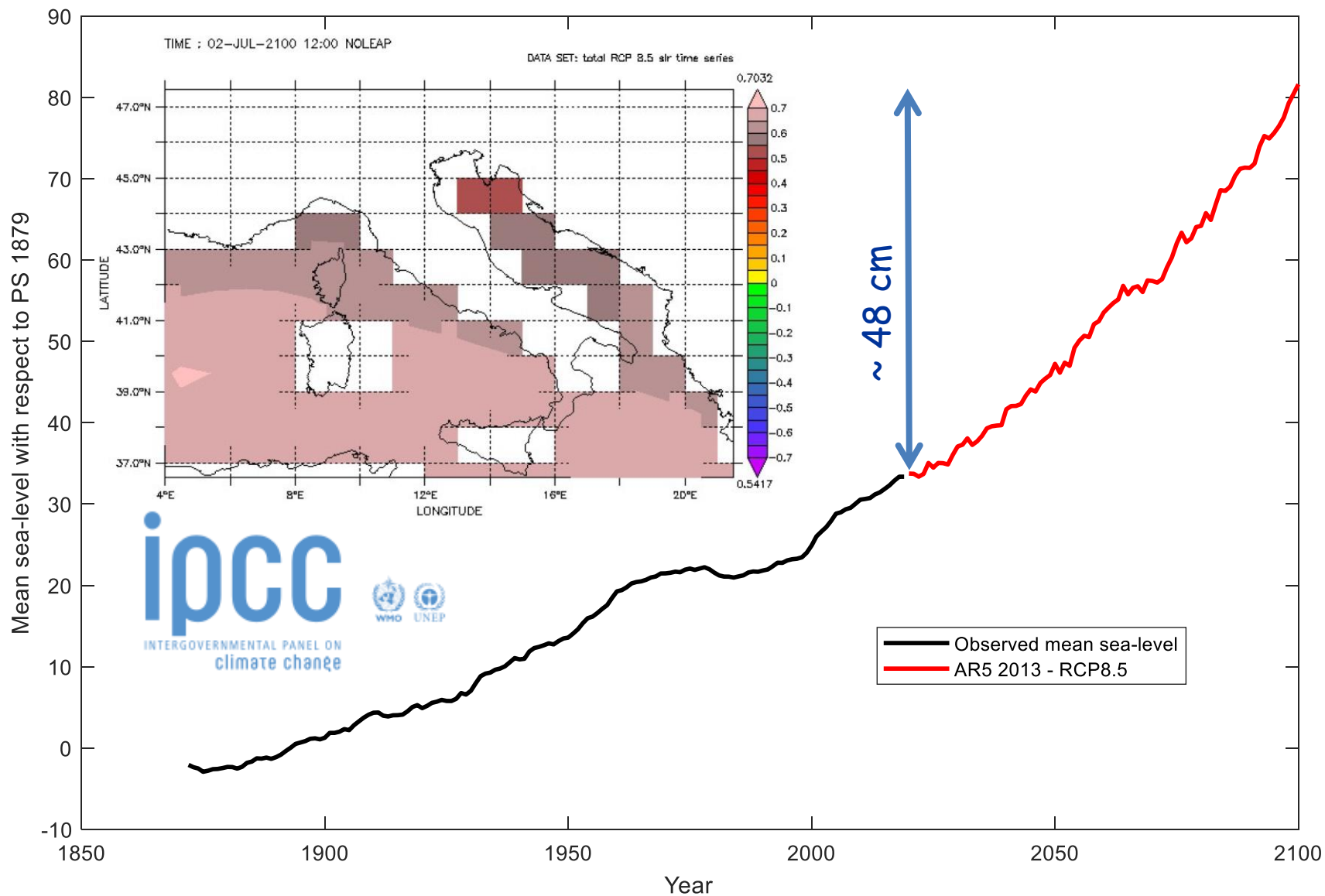
For initial *screening-type* analyses, it is recommended to use climate projections based on **RCP 6.0** or **RCP 8.5**.

The **IPCC 6 th Assessment Report** will use a new set of RCPs... Once available a new scenario (**SSP3-7.0**) ... **could possibly replace RCP8.5 for the purpose of climate proofing**.

Il riferimento per la progettazione devono dunque essere gli scenari **RCP8.5 o SSP7.0**;

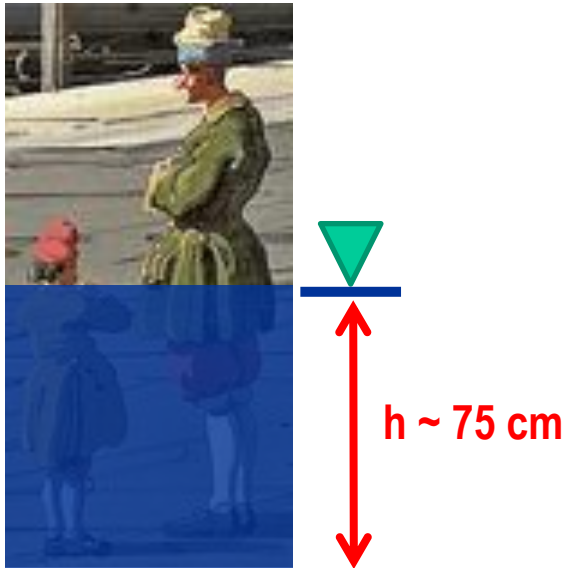
L'orizzonte temporale deve essere almeno fino alla fine del **2100** .

Livello a Venezia secondo IPCC 2013 - RCP8.5 (subsidenza = 0)

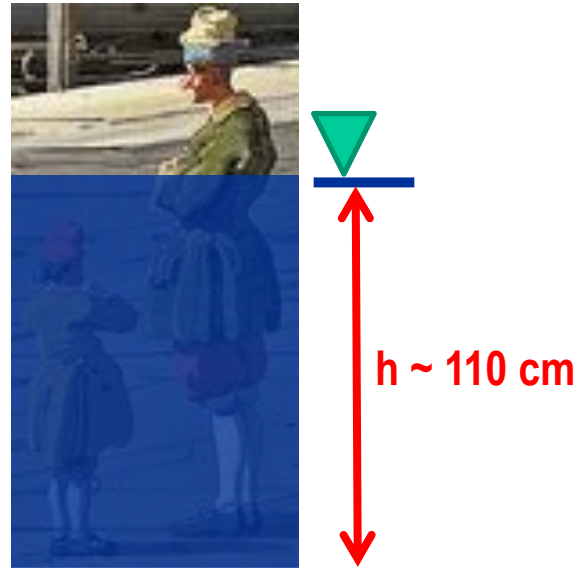


La mareggiata del 4 Novembre 1966: effetti di un medio mare che cambia

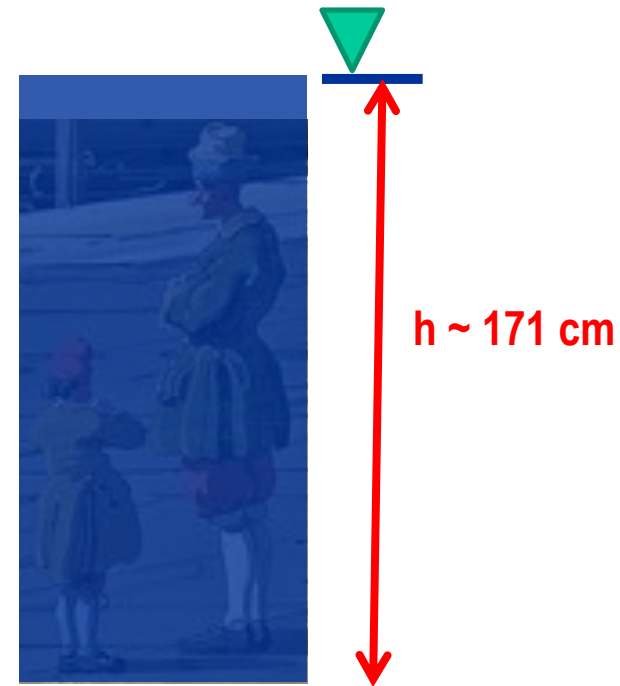
Medio mare del
1750



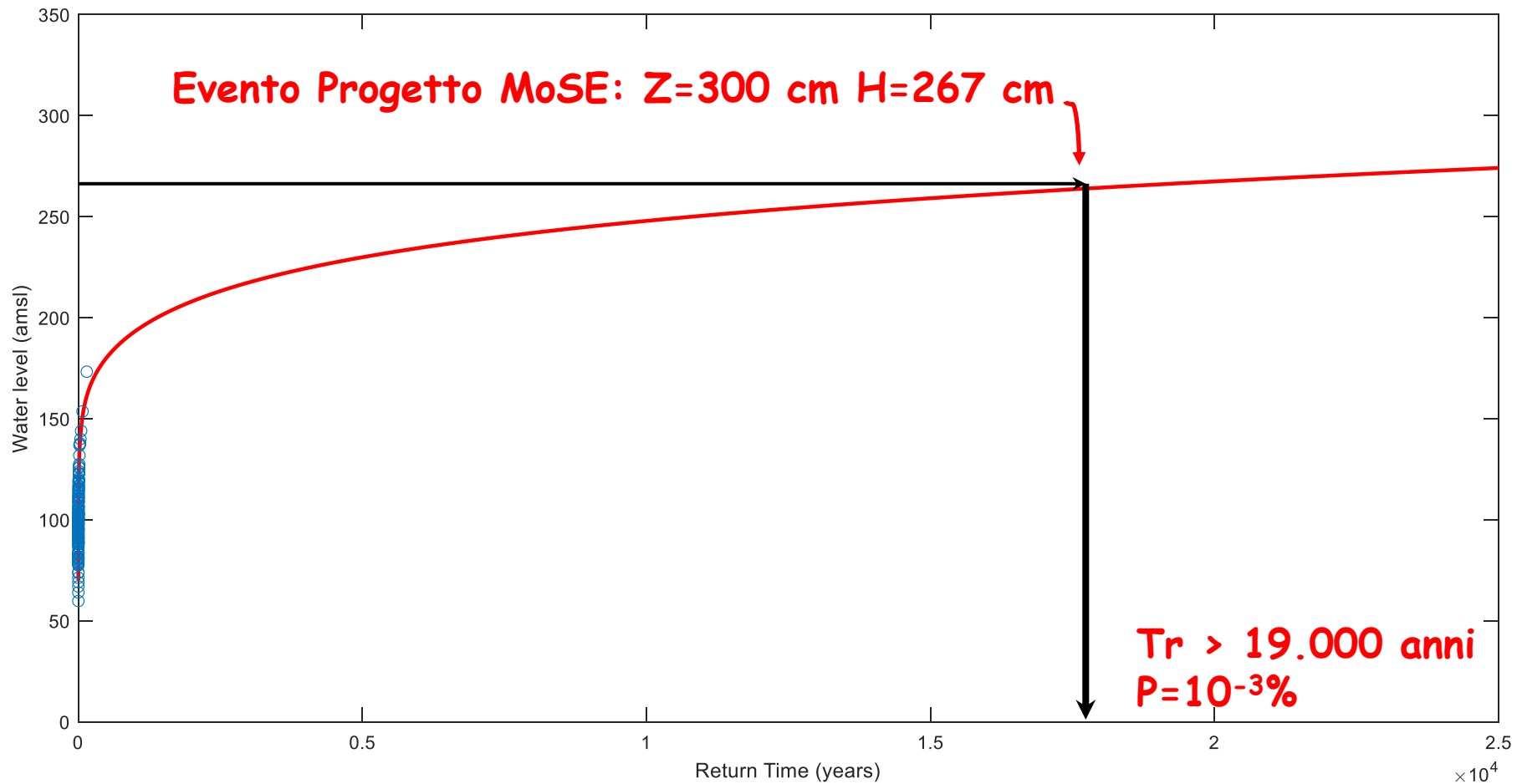
Medio mare del
1966



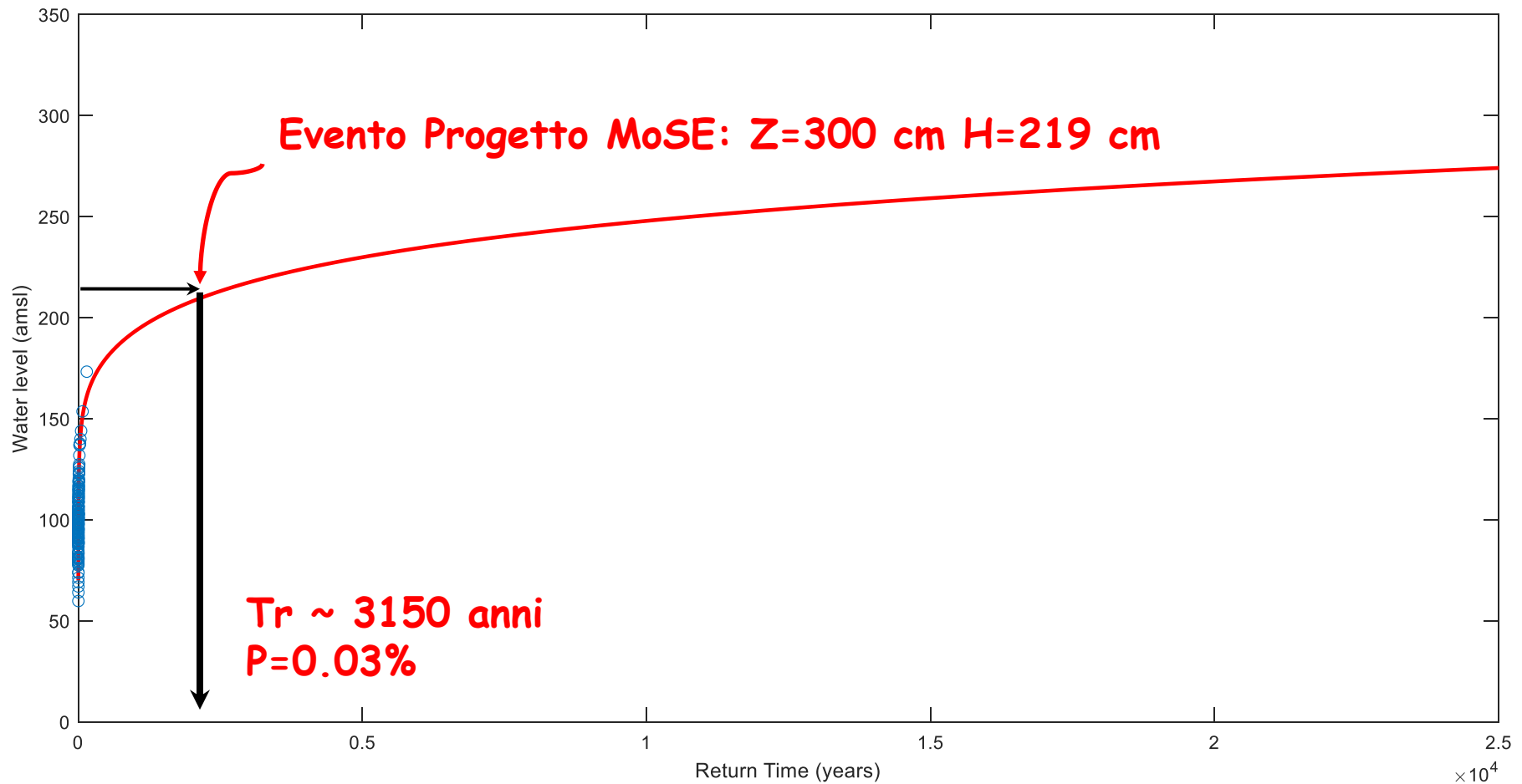
Medio mare
previsto 2100



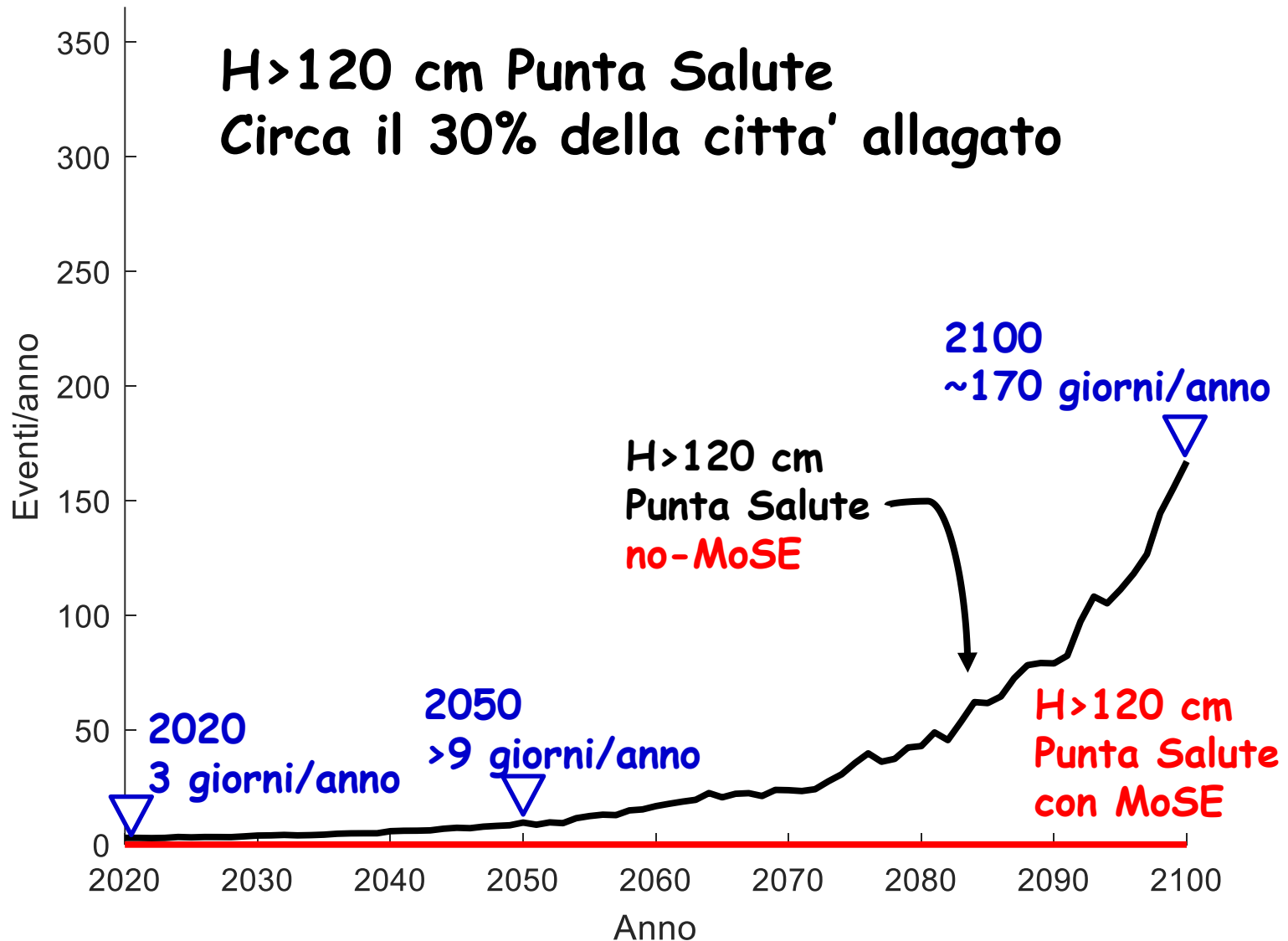
Design MoSE: 300 cm rispetto PS 1879 (G. Cecconi, com. pers.)
OGGI: $H = 300 \text{ cm} - 33.4 \text{ cm} \sim 267 \text{ cm}$



Design MoSE: 300 cm rispetto PS 1879 (G. Cecconi, com pers)
Nel 2100: $H = 300 \text{ cm} - 81.4 \text{ cm} \sim 219 \text{ cm}$

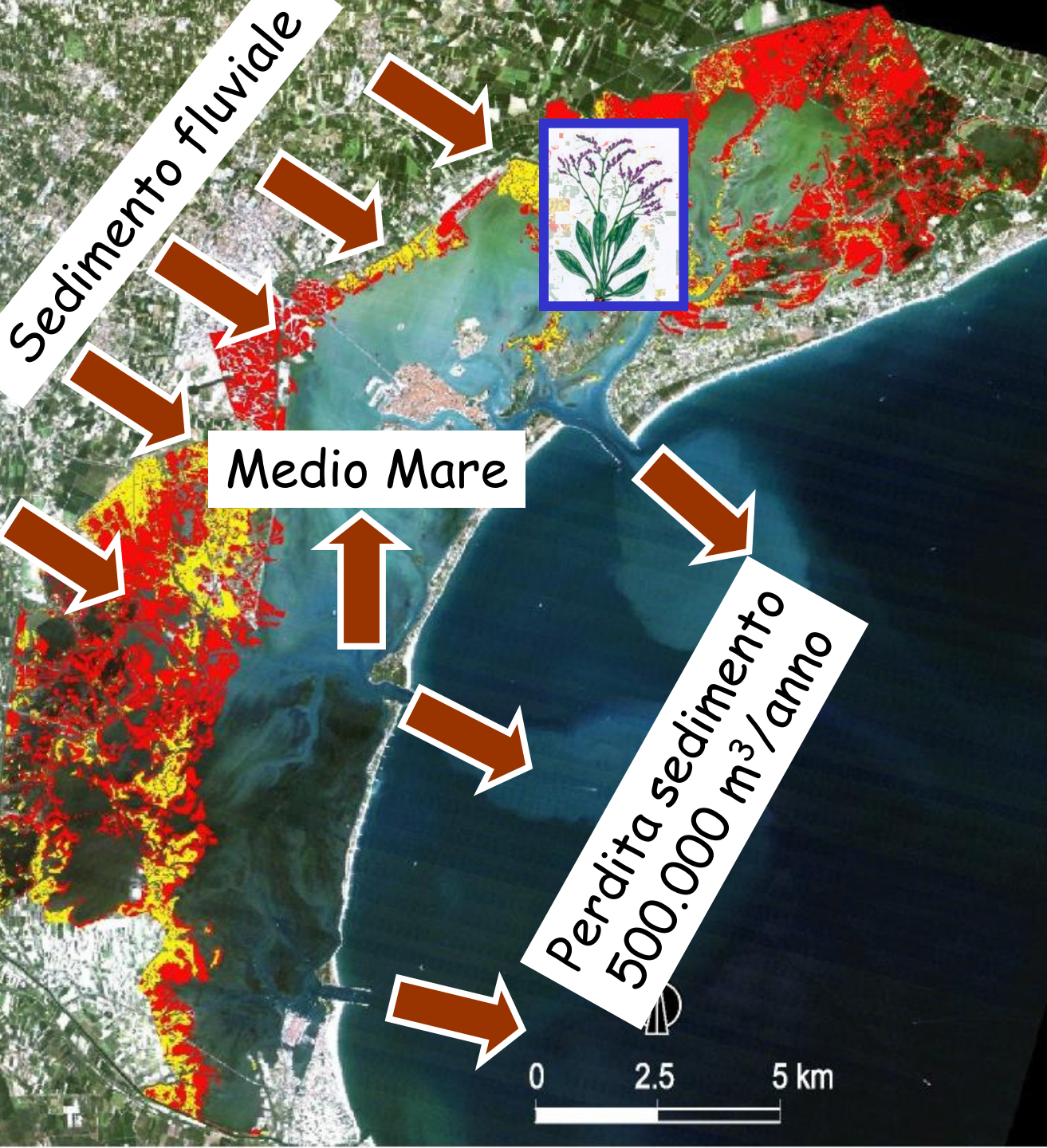


IL MOSE preserva la citta' da acque alte estreme,
Va reso definitivamente operativo prima possibile



IL MOSE e' dunque utile: ma quante chiusure?

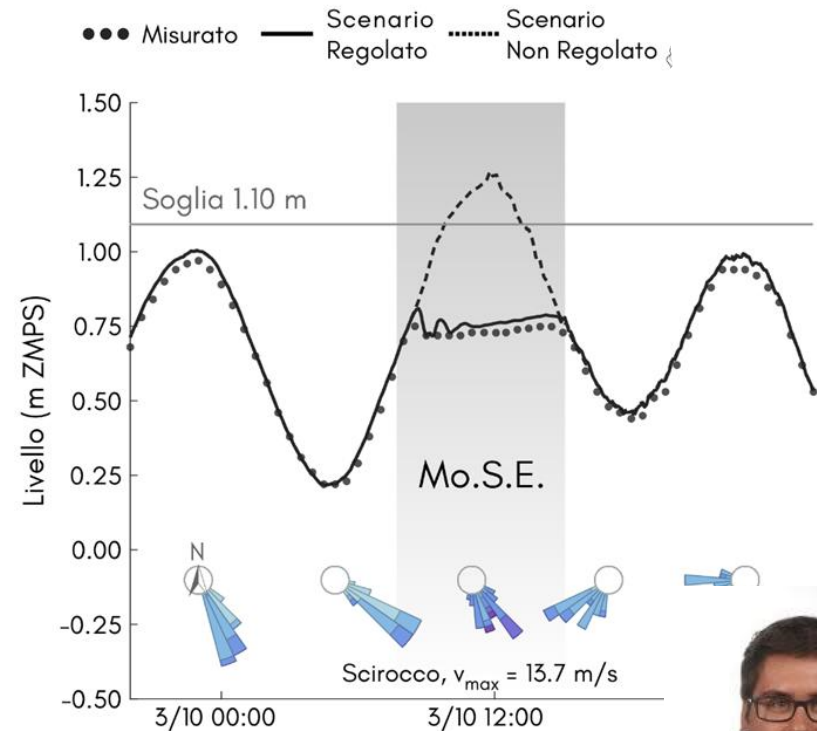
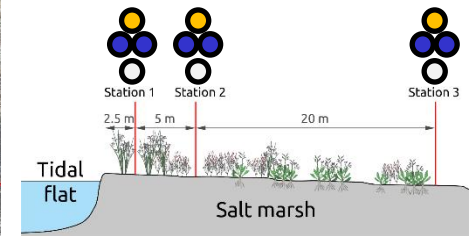
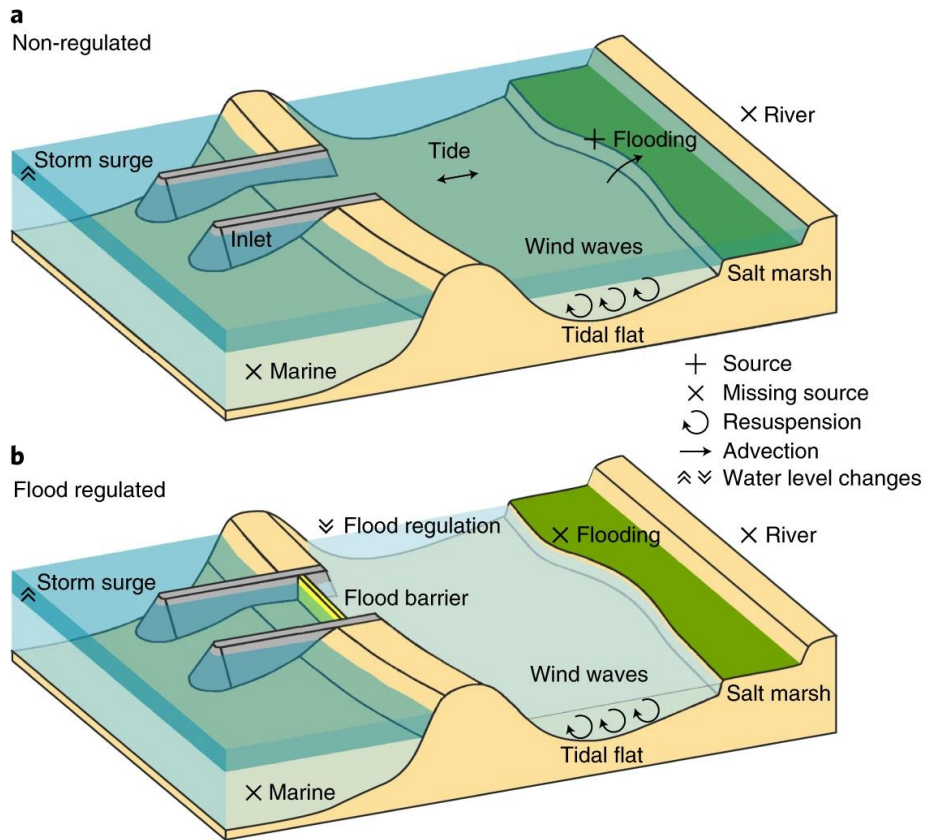




Barene e velme possono tenere il passo con l'innalzamento relativo del livello del mare solo se fornite di sufficiente quantità di sedimento. Che viene depositato durante i periodi di sommersione

Gli estremi non sempre sono dannosi: la sedimentazione sulla barena è dominata dagli eventi tempestosi

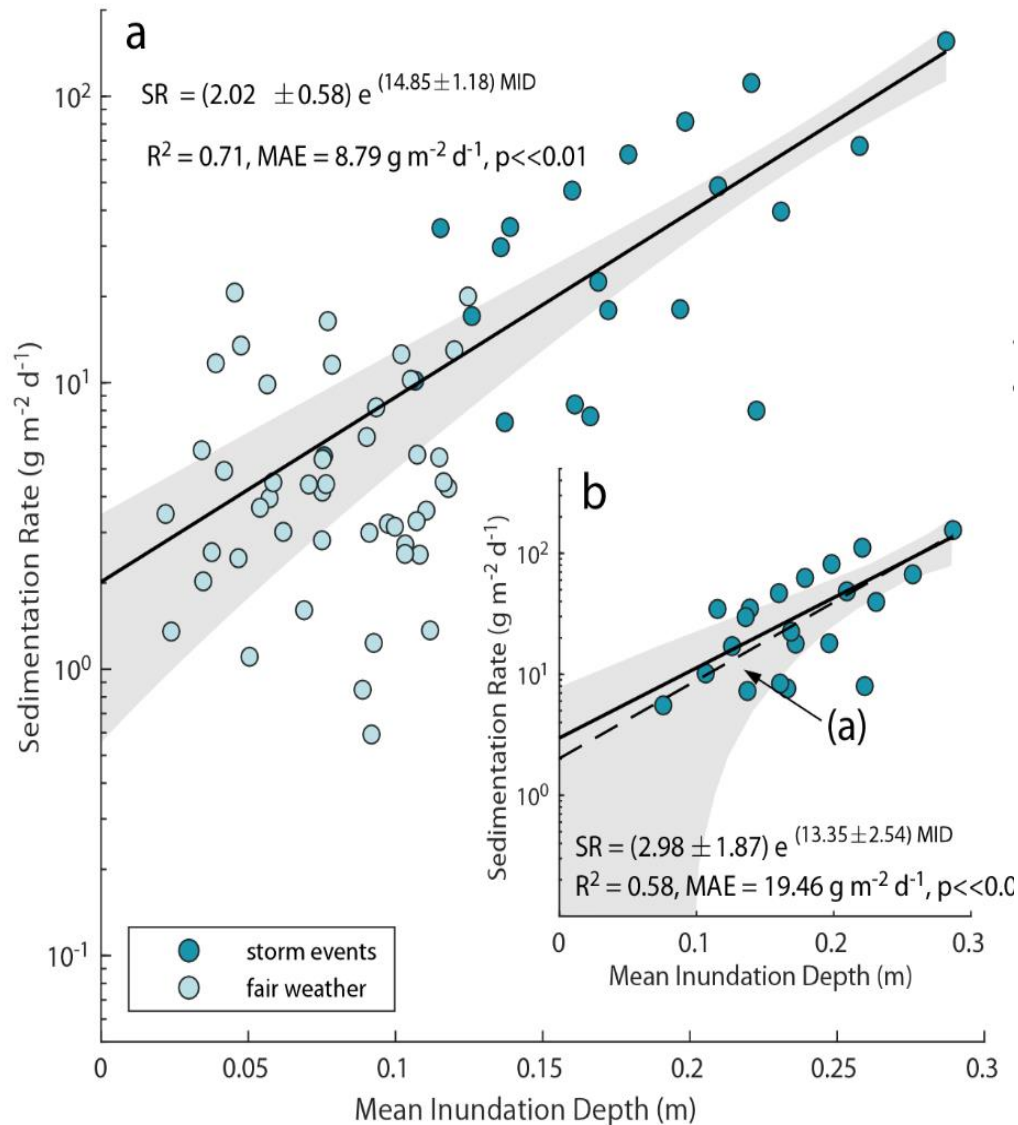
- **70%** della sedimentazione avviene durante gli **eventi tempestosi**;
- 30%** in condizioni di tempo sereno



La regolazione delle acque alte ridurrà la sedimentazione di più del 25%

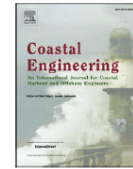
Tognin et al. (2021) Nature Geoscience

Poiché
l'accrescimento
barenale avviene
principalmente con
elevate livelli in
laguna:



Le chiusure del
MOSE ridurranno la
capacità della laguna
di tenere il passo con
l'accelerazione del
medio mare di circa
1-2 mm/anno!

(Tognin et al., Nature Geosciences, 2021)



How long the Mo.S.E. barriers will be effective in protecting all urban settlements within the Venice Lagoon? The wind setup constraint

Riccardo A. Mel^{a,*}, Luca Carniello^b, Luigi D'Alpaos^b

^a Department of Environmental Engineering, University of Calabria, Via Pietro Bucci, 87036, Arcavacata di Rende, Cs, Italy

^b Department of Civil, Environmental and Architectural Engineering, University of Padova, Via Loredan 20, 35131, Padova, Italy

- MoSE ha spesso chiuso a **70 cm** in modo cautelativo, per salvaguardare Chioggia (setup dovuto alla Bora da Nord-Est)
- In autunno 2024 la soglia di attivazione sale a **110 cm**
- Sono possibili **chiusure ottimizzate** per massimizzare la quota di chiusura nel rispetto della salvaguardia degli abitati e minimizzare il tempo totale di chiusura.



Luca Carniello



Andrea D'Alpaos



Riccardo Mel

Alcune considerazioni finali

- E' imperativo includere il cambiamento climatico nelle procedure di progettazione e pianificazione ingegneristica - Italia è in ritardo rispetto ad altri paesi;
- Dicotomia tra conservazione della città di Venezia e quella dell'ambiente lagunare;
- MoSE è adeguato a eventi estremi anche negli scenari di cambiamento climatico adottati dall'Europa;
- Per innalzamento del medio mare, poco dopo la metà del secolo, il MoSE resterà più tempo chiuso che aperto (e non potrà garantire con certezza la salvaguardia degli abitati).
- E' urgente identificare e realizzare misure valide per la second metà del secolo: MoSE ha richiesto più di 50 anni.

Quali sono gli effetti del Mo.S.E. sull'idrodinamica della laguna?



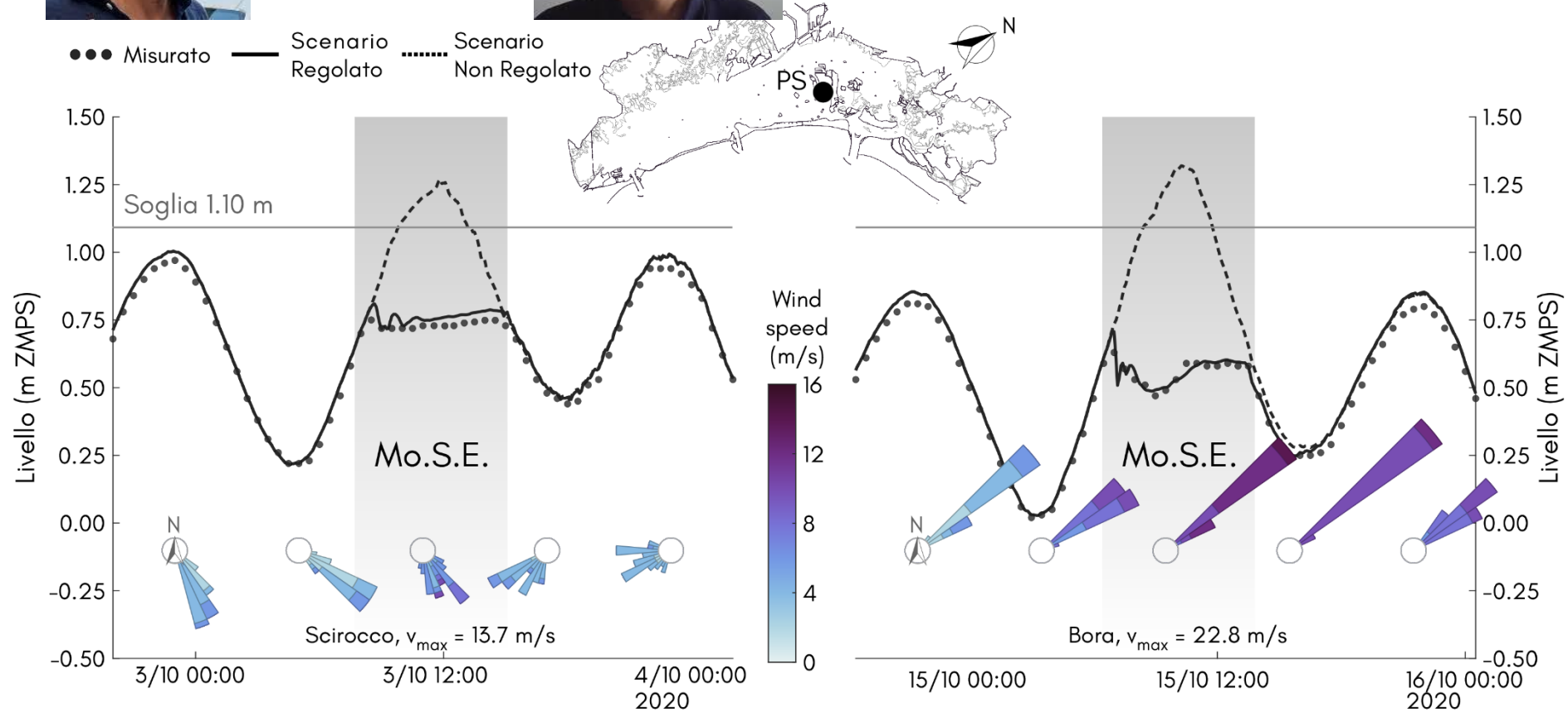
Luca Carniello



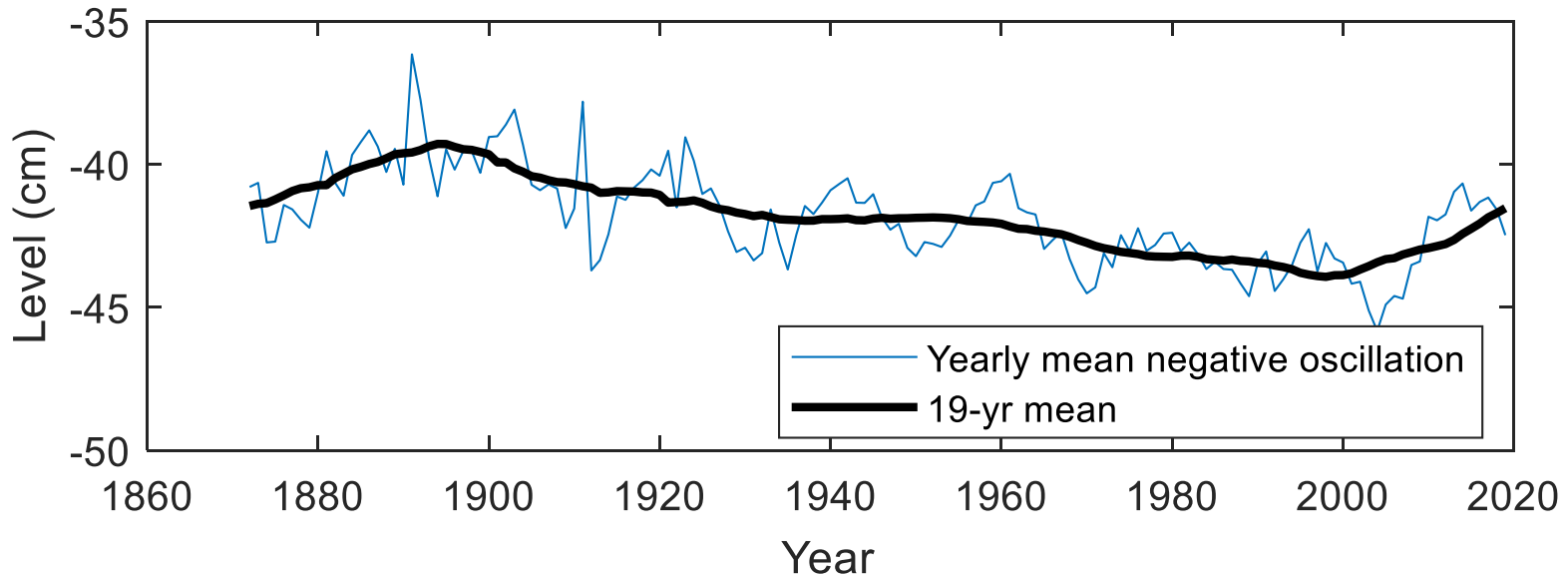
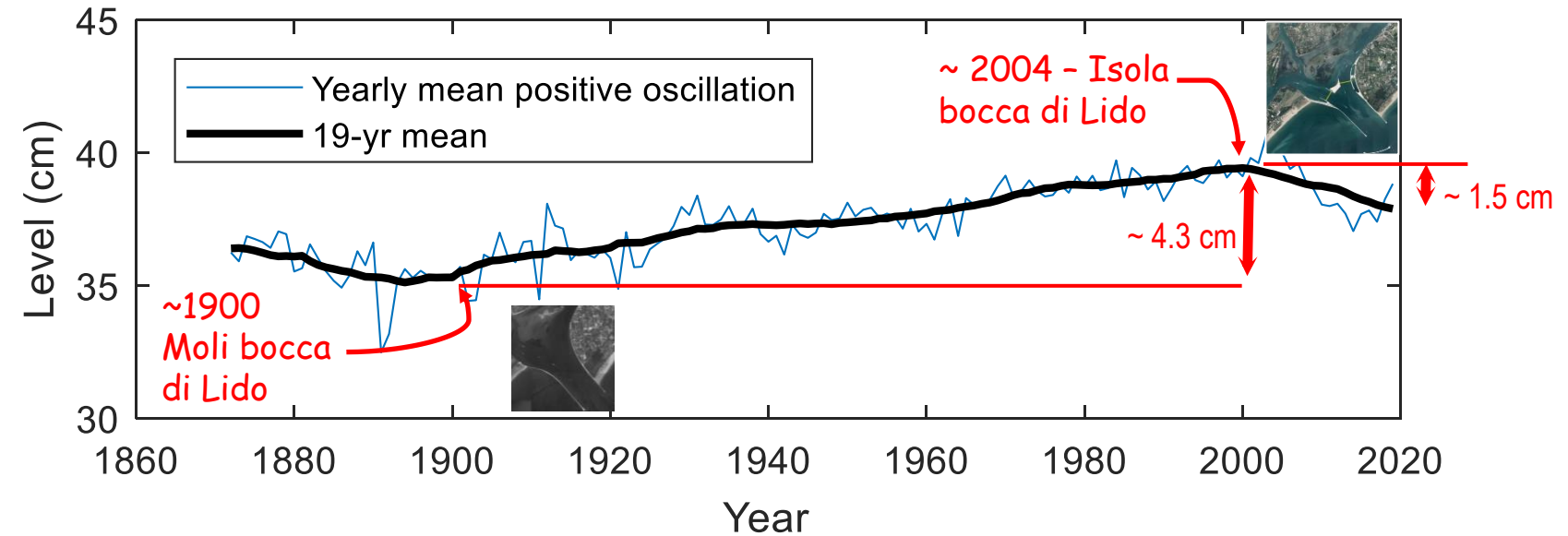
Andrea D'Alpaos



Riccardo Mel



Impatti delle opere nel tempo: oscillazioni di marea



...per esempio si veda Matticchio et al, 2017

Variazioni dei valori massimi annuali?

