

Venezia, 8 febbraio 2020

EFFETTI SULLA LAGUNA DELLE OPERE DI REGOLAZIONE DELLE BOCCHE

Criticità
presenti & future
nella gestione del sistema



CONSIGLIO NAZIONALE
DEGLI INGEGNERI

ORDINE
DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA
DI VENEZIA

COLLEGIO
DEGLI INGEGNERI
DI VENEZIA

FEDERAZIONE
ORDINE
INGEGNERI
VENETO



ACQUE ALTE A
VENEZIA:
LA SOLUZIONE
MoSE

VENEZIA
Sabato 8 febbraio 2020 - ore 8,45
Ateneo Veneto - Campo San Fantin

Luigi D'Alpaos



QUALI CRITICITA' ?

Le criticità che hanno attirato la mia attenzione non sono legate ai problemi dei quali quasi ogni giorno di questi tempi si scrive sui giornali



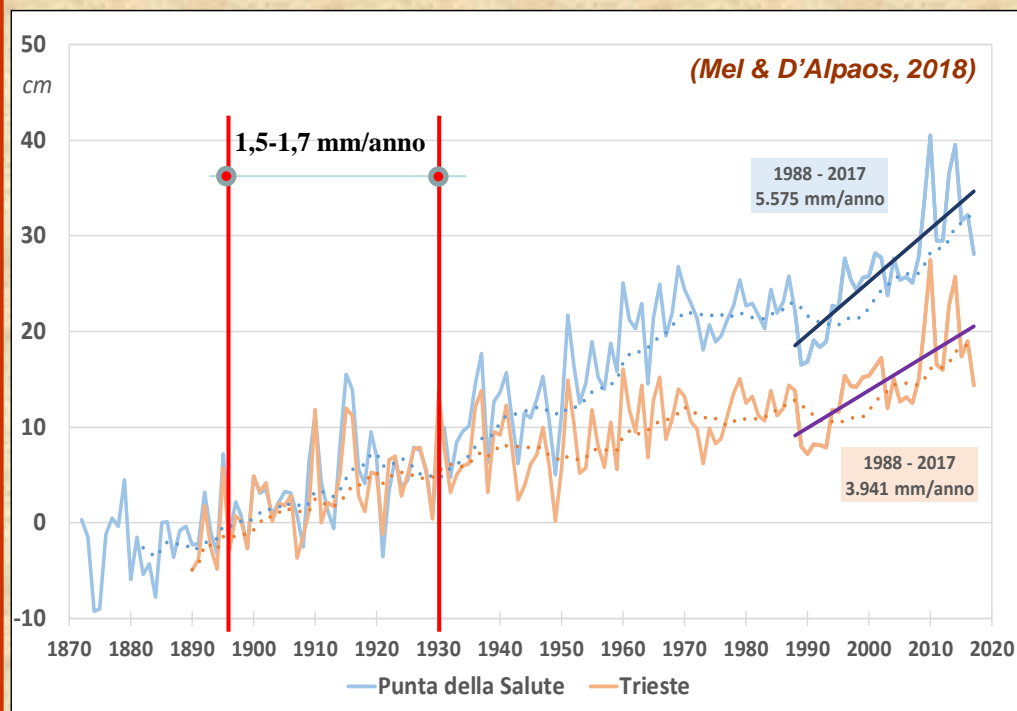
Si tratta di criticità, latenti per ora, legate a scelte progettuali inappropriate, che si dovranno comunque affrontare non appena le opere alle bocche della laguna diventeranno operative. Esse riguardano:

- **l'innalzamento del livello medio del mare previsto a fine secolo e la sua influenza sulla frequenza e sulla durata delle manovre di chiusura delle bocche**
- **la stima degli effetti del vento sui livelli di marea di acqua alta a bocche chiuse**

QUALI CRITICITA' ?

INNALZAMENTO DEL LIVELLO MEDIO DEL MARE

- Nel Progetto Definitivo delle opere alle bocche fu assunto un incremento a fine secolo del livello medio relativo del mare di 22 cm, valore definito dal Co.Ri.La. probabile cautelativo
- All'epoca delle proprie analisi lo stesso Co.Ri.La. associava al valore di 22 cm una previsione pessimistica con un incremento a fine secolo di 31,4 cm



1,5 -1,7 mm/anno
eustatismo

0,4 mm/anno
subsidenza

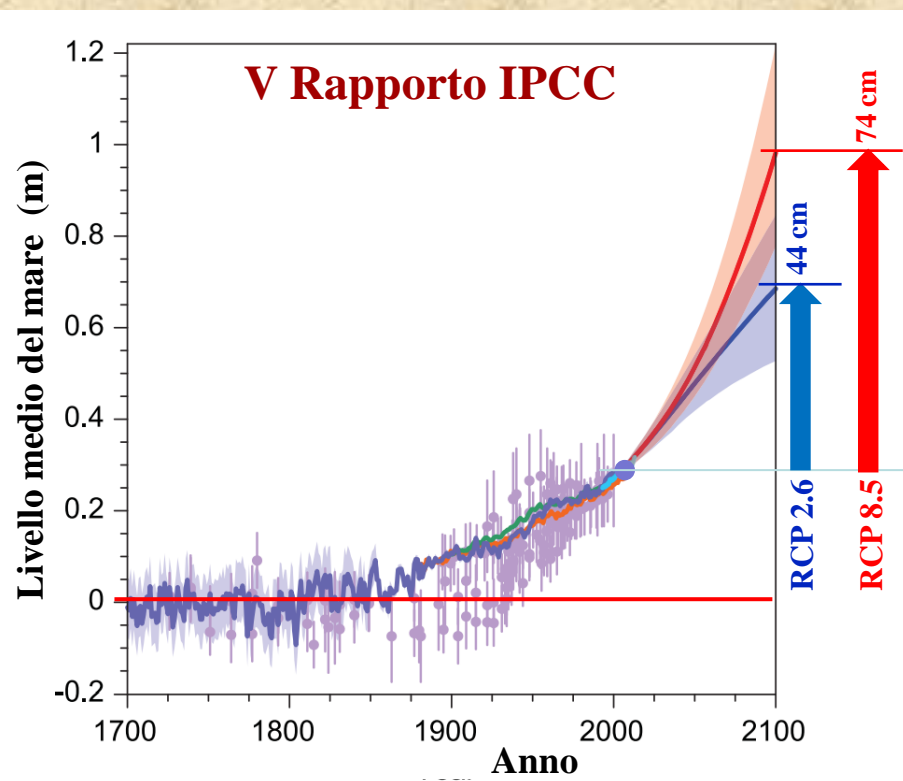
~ 22 cm/secolo

In realtà già nel periodo 1988-2002, i dati sperimentali segnalavano un incremento di oltre 7 mm/anno, mentre nel trentennio (1988-2017) si è registrato un aumento medio di ~ 5,6 mm/anno, ovvero più di 50 cm su base secolare

QUALI CRITICITA' ?

INNALZAMENTO DEL LIVELLO MEDIO DEL MARE (m)

- Le più recenti previsioni dell'IPCC-V Rapporto(2013)



Anno	SRES A1B	RCP 2.6	RCP 4.5	RCP 6.0	RCP 8.5
2020	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
2030	0.12	0.13	0.13	0.12	0.13
2040	0.17	0.17	0.17	0.17	0.19
2050	0.23	0.22	0.23	0.22	0.25
2060	0.30	0.26	0.28	0.27	0.33
2070	0.37	0.31	0.35	0.33	0.42
2080	0.44	0.35	0.41	0.40	0.51
2090	0.52	0.40	0.47	0.47	0.62
2100	0.60	0.44	0.53	0.55	0.74

Al tempo della stesura del Progetto Definitivo delle opere alle bocche, l'IPCC nei suoi I e II Rapporto indicava un valore probabile di 50 cm, sia pure entro margini della previsione piuttosto ampi compresi fra 9 - 88 cm

QUALI CRITICITA' ?

EFFETTI DEL VENTO SUI LIVELLI DI MAREA A BOCCHE APERTE



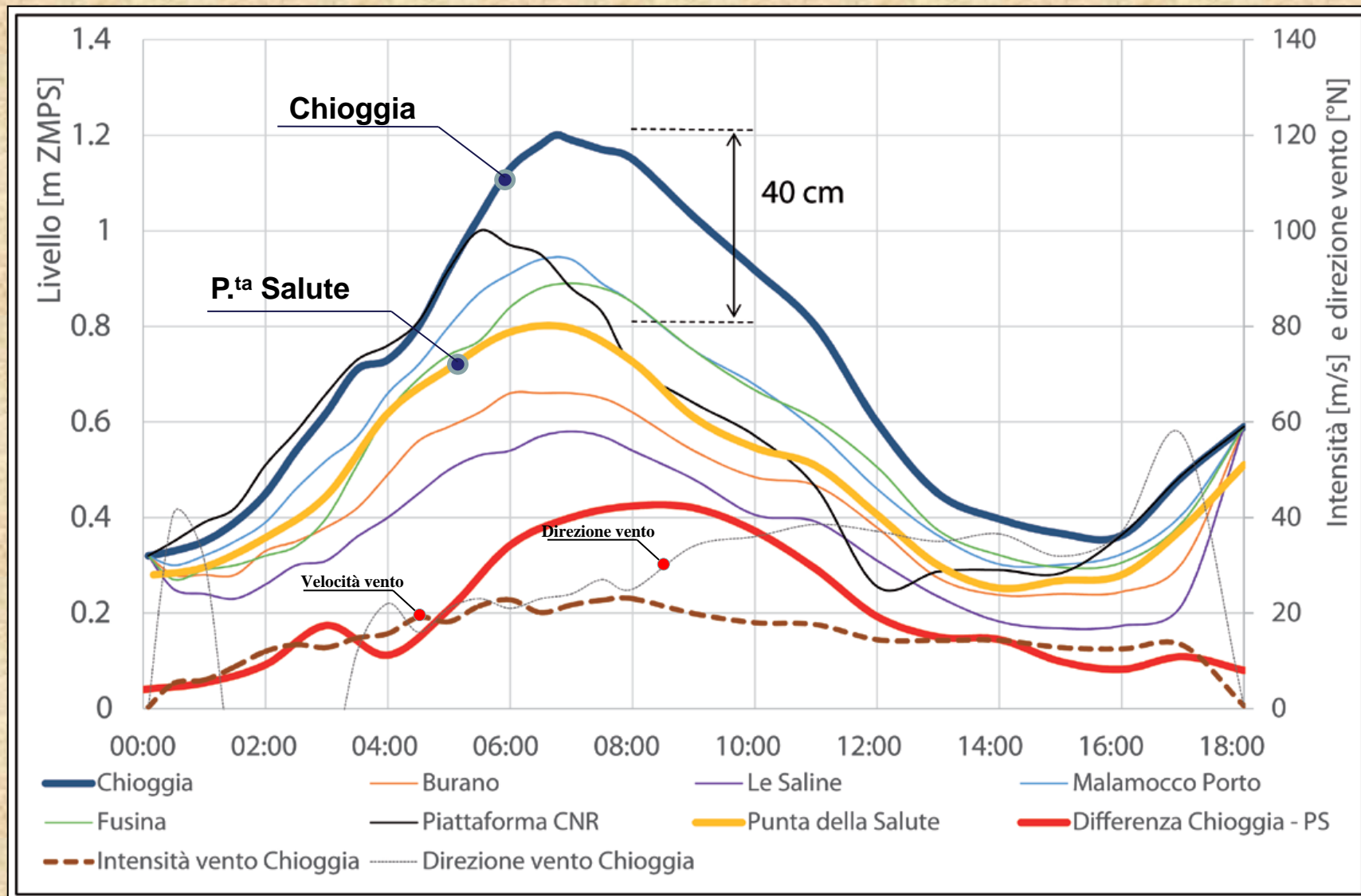
Nella condizione attuale, i venti spirando sulla laguna inducono fra le bocche una circolazione secondaria, che si sovrappone su quella generata dalle correnti di marea

Un esempio

Con venti di bora, in presenza di marea ancora crescente e con portate entranti attraverso le bocche di Lido e di Malamocco, si osservano portate consistenti uscire attraverso la bocca di Chioggia, a causa dei maggiori livelli rispetto al mare stabiliti dai venti stessi nella parte meridionale della laguna

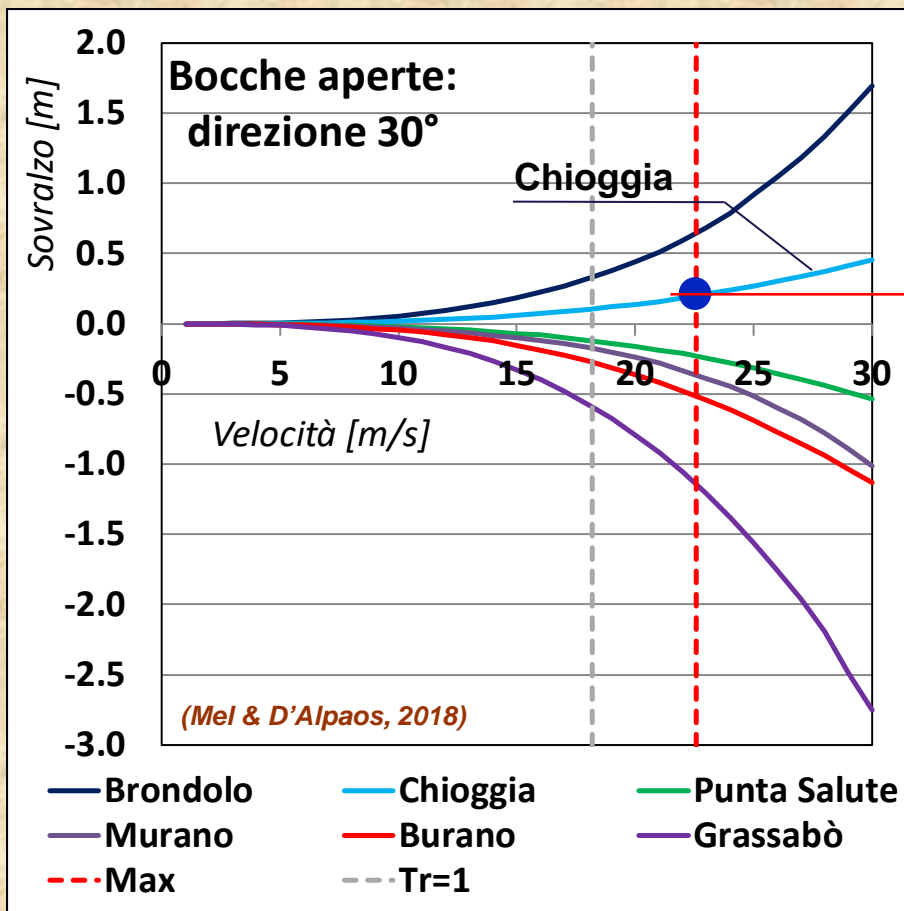
QUALI CRITICITA' ?

EFFETTI ATTUALI DEL VENTO SUI LIVELLI DI UNA MAREA PERTURBATA DALLA BORA (Marea del 17 novembre 2017)

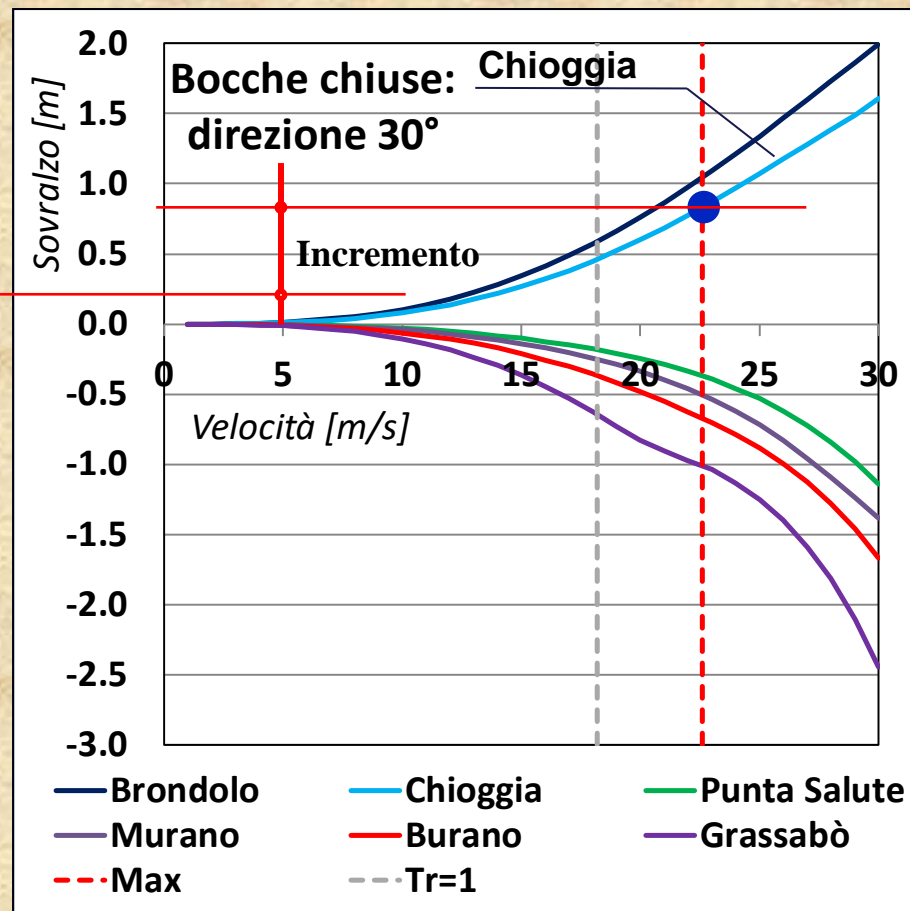


QUALI CRITICITA' ?

SOVRALZI GENERATI DAL VENTO DI BORA SUI COLMI DI MAREA, AL VARIARE DELLA VELOCITA' DEL VENTO STESSO (zero di riferimento 85 cm ZMPS)



A BOCCHE APERTE



A BOCCHE CHIUSE

PRINCIPI ISPIRATORI DELLE MANOVRE DI REGOLAZIONE DELLE BOCCHE

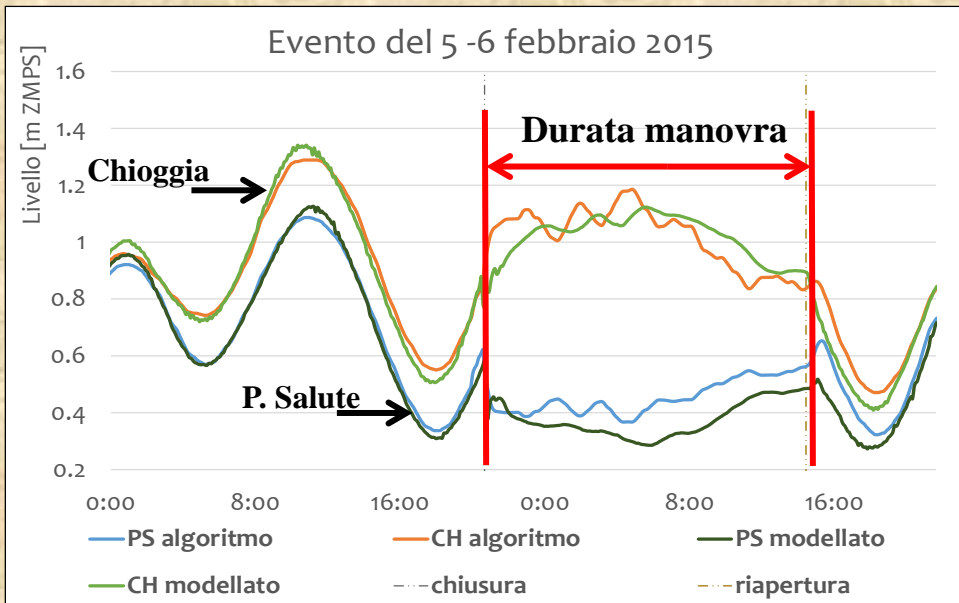
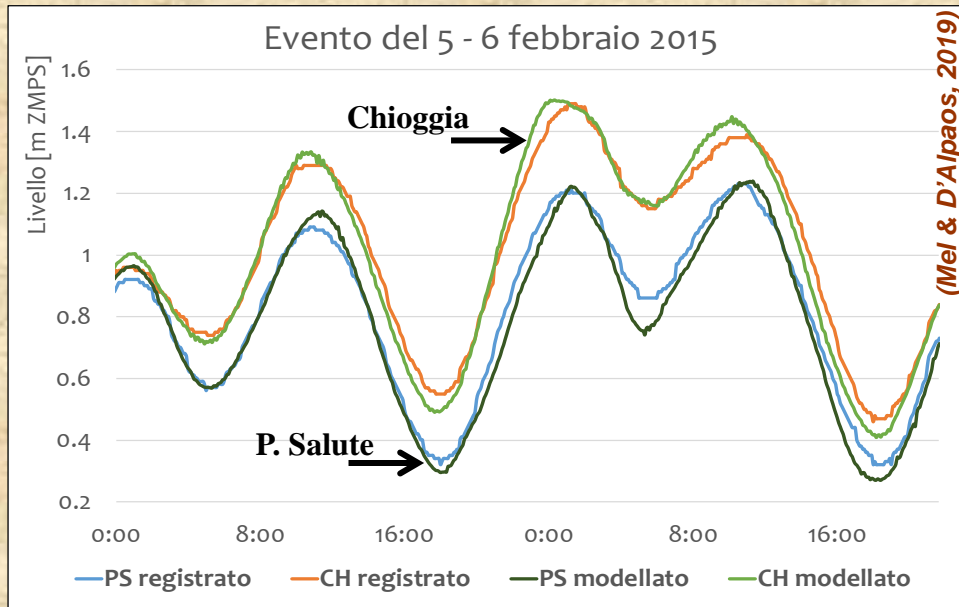
Fondamentale individuare l'istante a partire dal quale dare inizio alla manovra di chiusura delle bocche, in modo da garantire la difesa dagli allagamenti di tutti i centri storici, tenendo conto del fatto che a volte gli eventi di acqua alta da controllare si susseguono in tempi ravvicinati.

A tal fine è stata messa a punto una procedura semplificata ma efficace, che, consentendo di ottenere in tempi brevi la soluzione del problema, è utile anche dal punto di vista operativo

Per un principio di precauzione, preliminarmente nelle indagini si è ritenuto opportuno condurre le manovre di regolazione adottando un margine di sicurezza rispetto al *livello di allarme* (110 cm a Venezia, Murano e Burano e 130 cm a Chioggia)

Di qui la scelta di introdurre come riferimento delle manovre un *livello di tolleranza*, inferiore di 10 cm al precedente, che nella condizione di bocche chiuse permettesse di fronteggiare situazioni impreviste e/o imprevedibili

VERIFICA DELLA PROCEDURA SEMPLIFICATA UTILIZZATA NELLE INDAGINI CONDOTTE



I risultati della procedura proposta per la gestione delle manovre delle paratoie sono stati confrontati con quelli forniti da un modello matematico bidimensionale nella situazione attuale

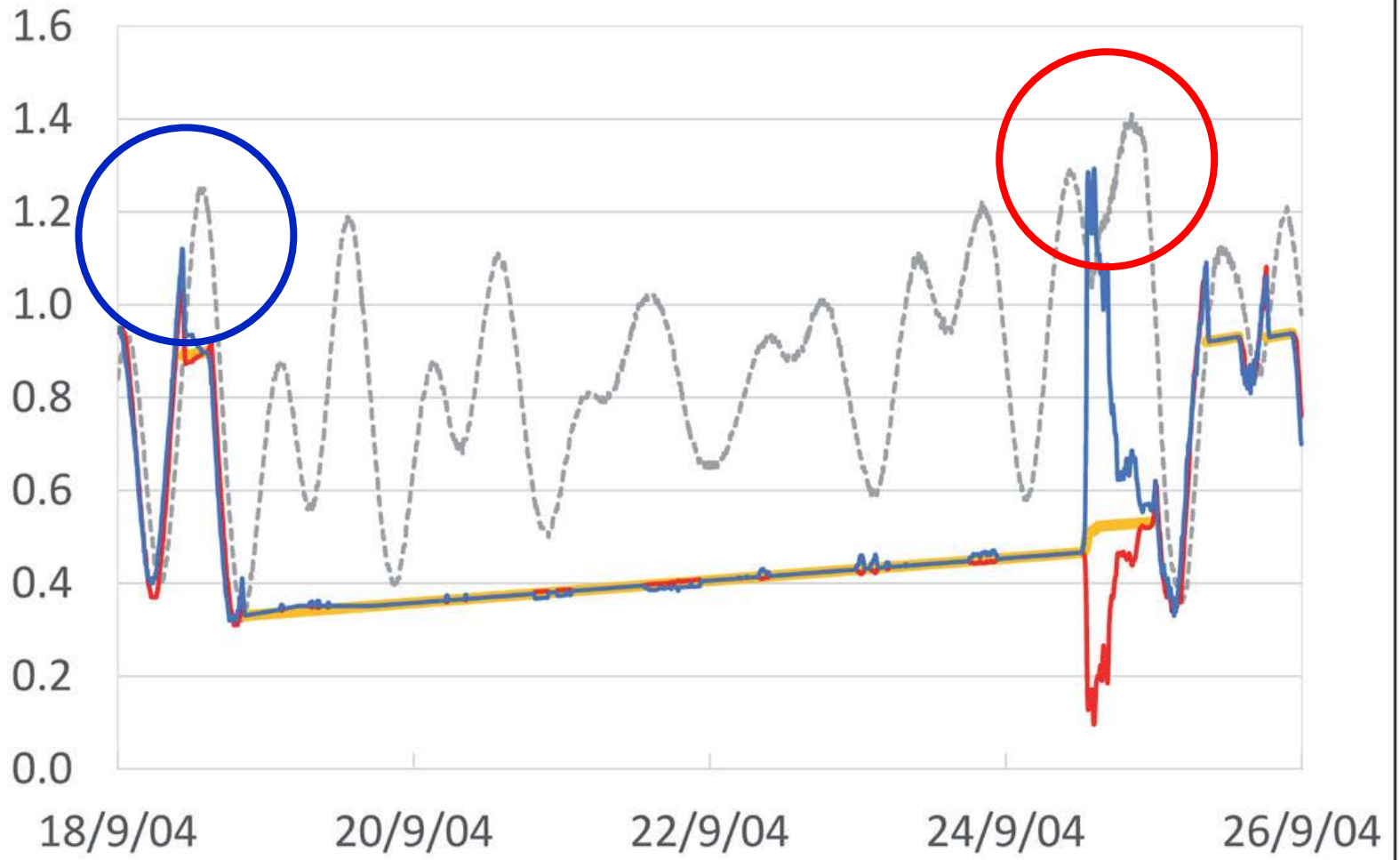
Anche a bocche chiuse, modello matematico bidimensionale e procedura semplificata proposta forniscono per i livelli di marea in laguna risultati che sono del tutto confrontabili

Effetti del vento, delle precipitazioni e delle portate di intraferro sulla durata e sul numero delle manovre richieste:

- a parità di altre condizioni e a bocche chiuse, il vento è decisamente il fattore secondario più importante che influisce sulla regolazione, incrementando sensibilmente le ore complessive di chiusura rispetto alla condizione attuale: oltre il 20% se l'incremento del livello medio del mare fosse di 50 cm
- di minore rilievo l'incidenza delle precipitazioni dirette e delle portate introdotte dai corsi d'acqua confluenti in laguna sulle ore complessive di chiusura mediamente necessarie
- da rivalutare il ruolo delle portate di intraferro, per le quali la stima diventa incerta nelle situazioni in cui si presentasse la necessità di isolare la laguna rispetto al mare durante più cicli di marea consecutivi
- innalzando il **livello di tolleranza** fino a coincidere con il **livello di salvaguardia**, per incrementi del livello medio relativo del mare di 50 cm, a parità di altre condizioni, le ore complessive di chiusura si riducono di circa il 20%

UN ESEMPIO DI REGOLAZIONE CHE COINVOLGE PIU' CICLI DI MAREA RAVVICINATI

Evento del 24 settembre 2004 con un incremento di 50 cm del livello medio del mare [m ZMPS]



--- Livello in laguna

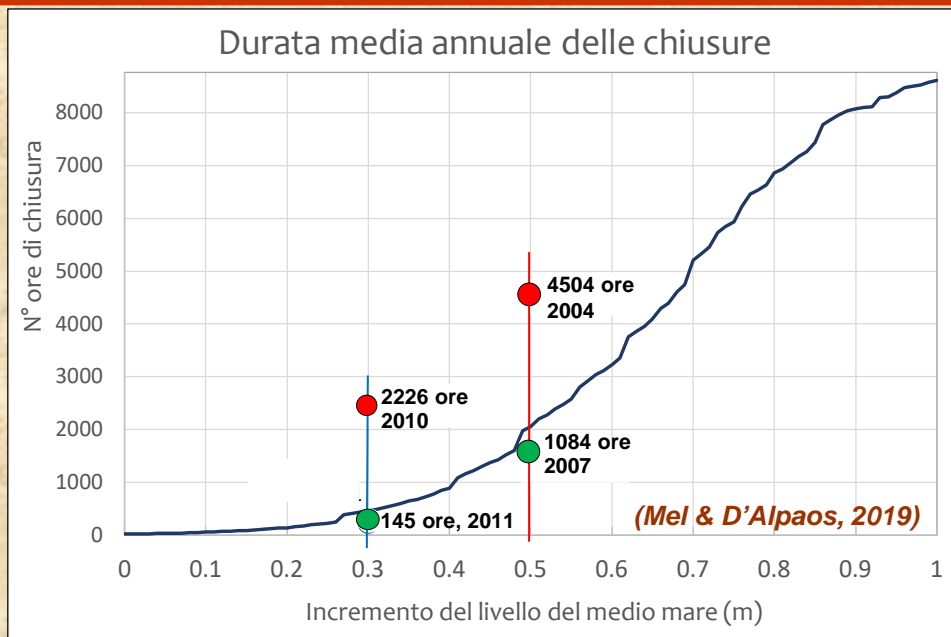
— Livello in laguna durante la chiusura

— Punta della Salute

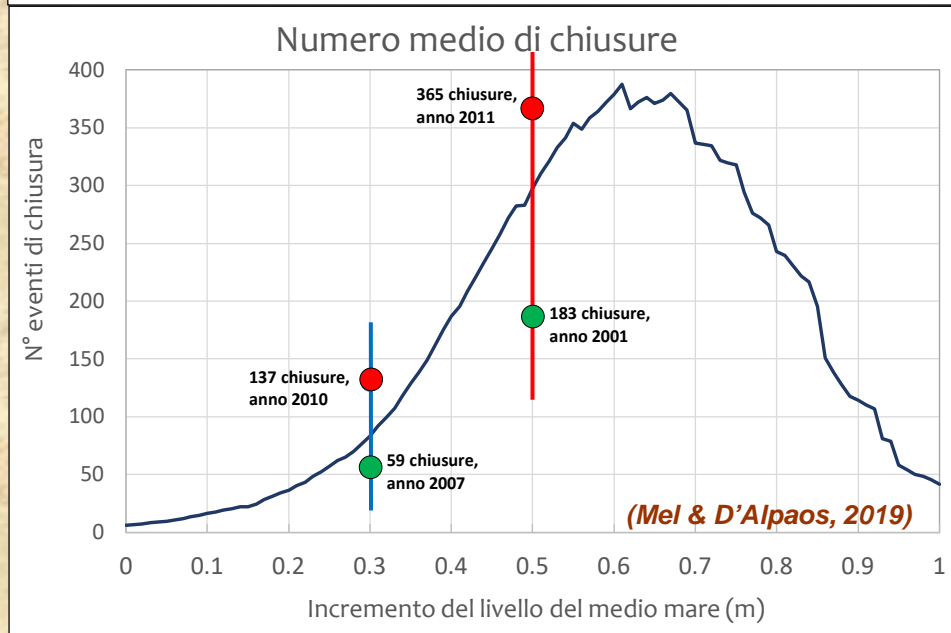
— Chioggia

(Mel & D'Alpaos, 2019)

MAREE DEL PERIODO 2000-2012 – DURATA E NUMERO DELLE CHIUSURE NECESSARIE



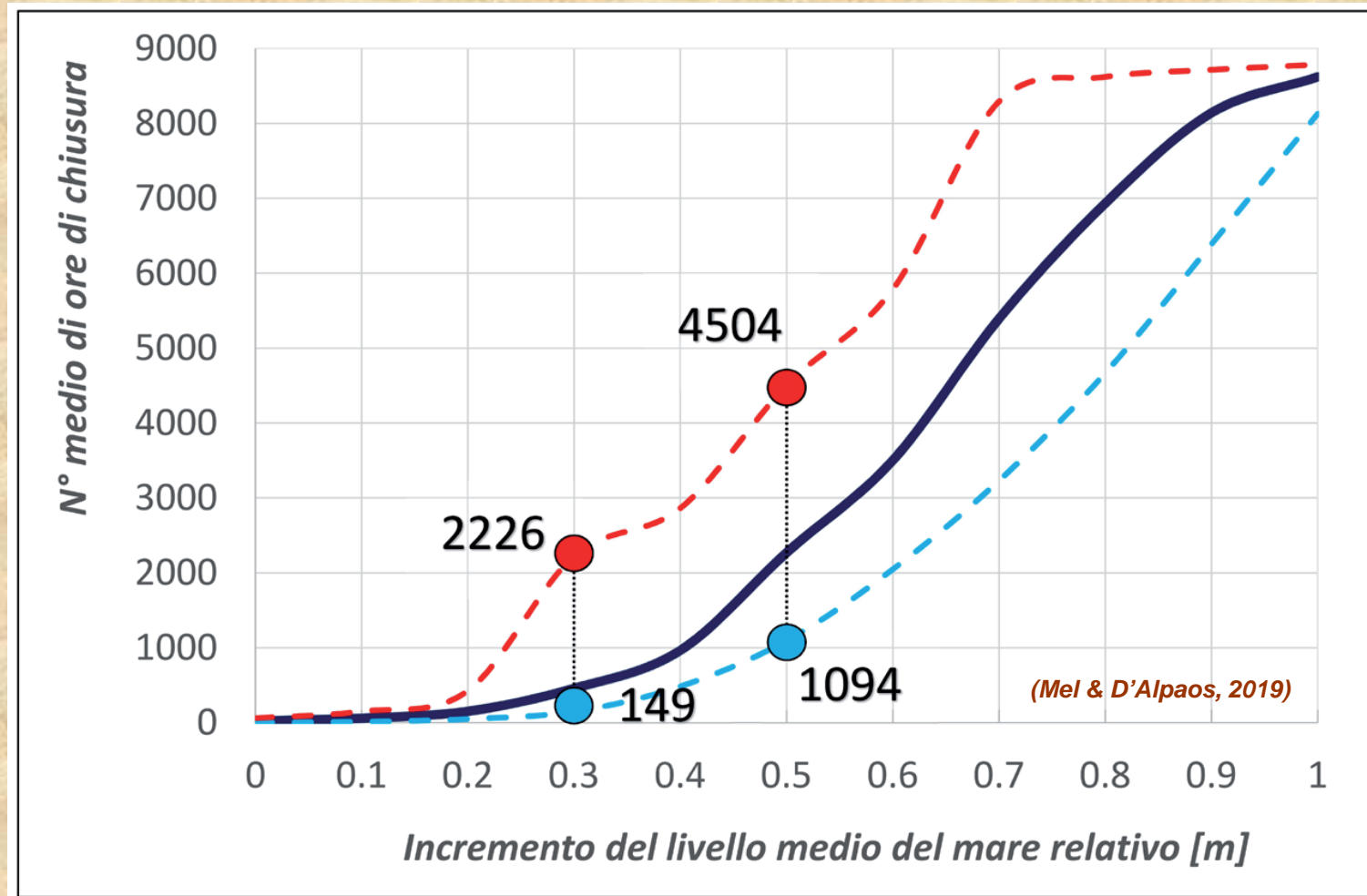
Valori medi annuali delle ore di chiusura per le maree del periodo 2000 –2012, al variare dell'incremento del livello medio relativo del mare previsto a fine secolo



Numero medio annuale delle manovre di chiusura per le maree del periodo 2000 –2012, al variare dell'incremento del livello medio relativo del mare previsto a fine secolo

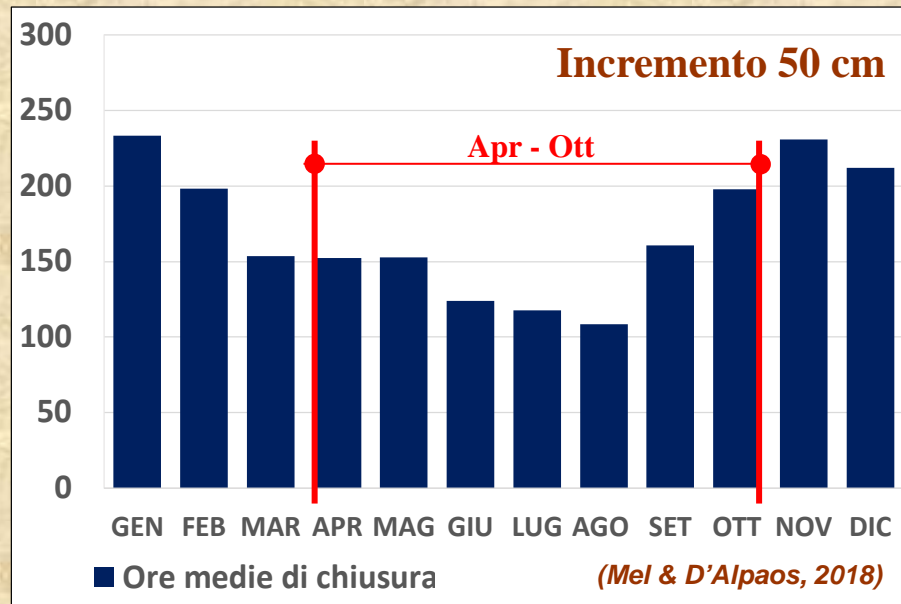
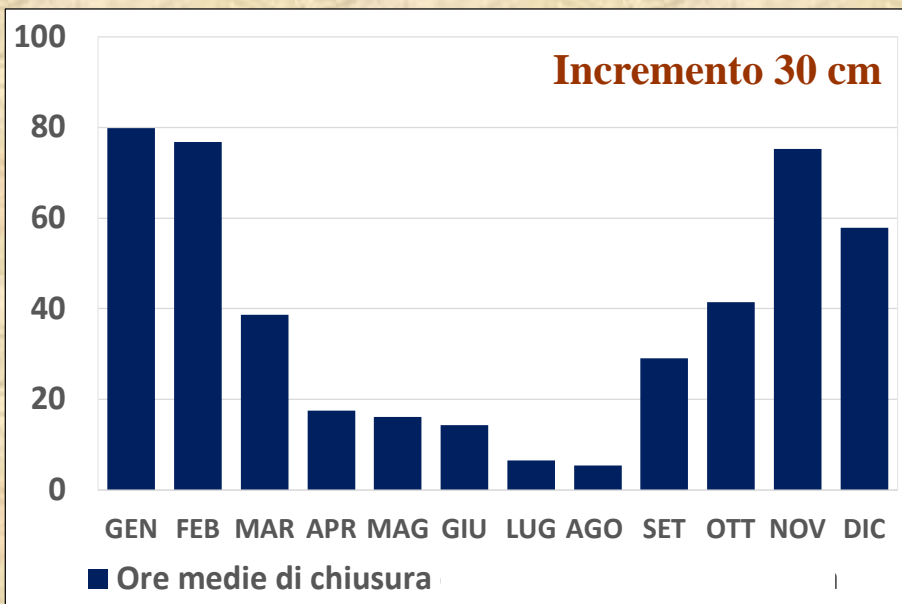
MAREE DEL PERIODO 2000-2018 - RISULTATI

Valori medi annuali delle ore di chiusura per le maree del periodo 2000 –2018, al variare dell'incremento del livello medio relativo del mare previsto a fine secolo



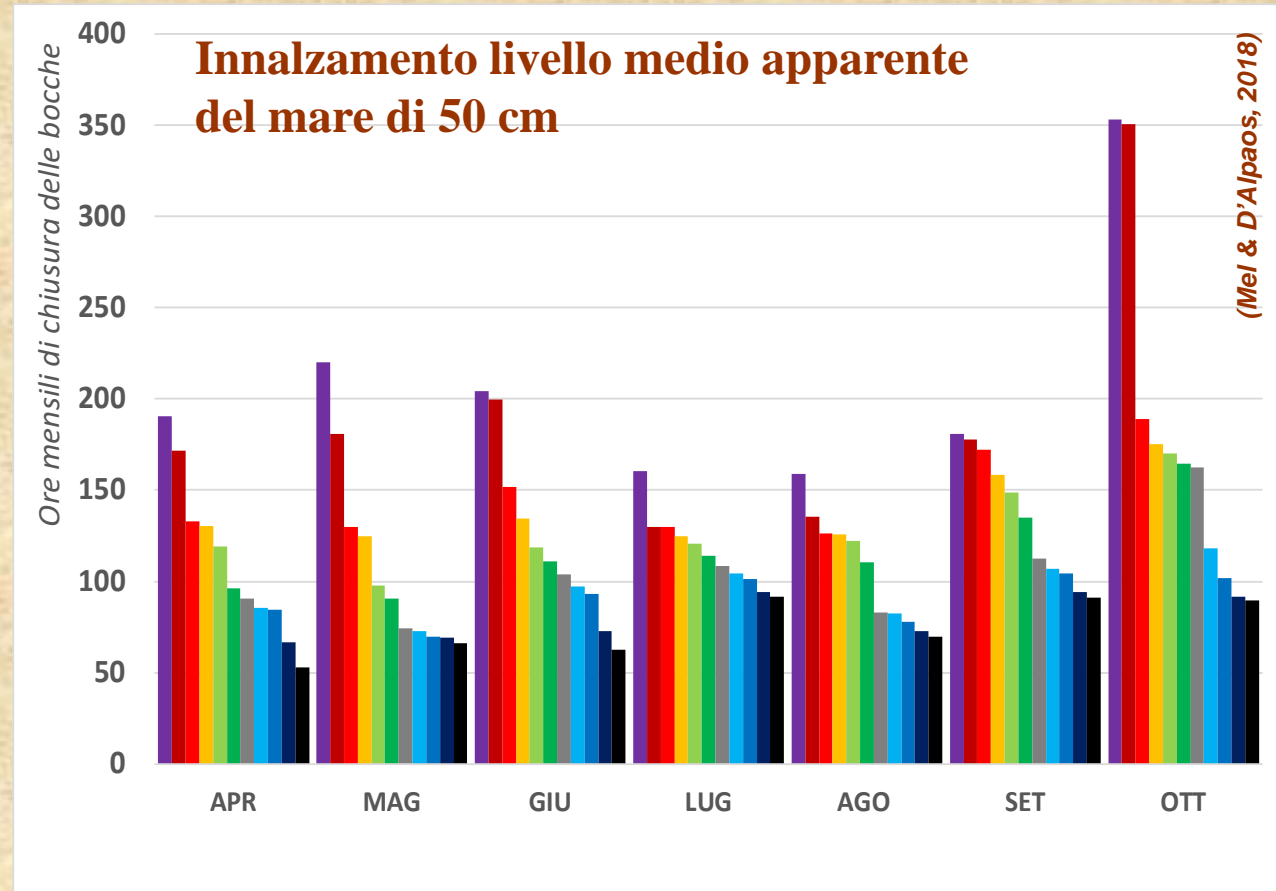
MAREE DEL PERIODO 2000-2012 - RISULTATI

Distribuzione mensile delle ore di chiusura mediamente necessarie per le maree del periodo 2000-2012



MAREE DEL PERIODO 2000-2012 - RISULTATI

Distribuzione anno per anno delle ore di chiusura nei mesi del periodo aprile–ottobre interessate dalla crocieristica necessarie per controllare le maree degli anni fra il 2000 e il 2012, esclusi l'anno più favorevole e quello meno favorevole



ALCUNE CONSIDERAZIONI

- **Quando le barriere mobili alle bocche di porto diventeranno operative, emergeranno in prospettiva alcune criticità nella loro gestione sottovalutate o non considerate affatto in fase progettuale**
- **A bocche chiuse, i sovralti di marea generati dal vento assumono valori tripli se non quadrupli rispetto a quelli attuali. Essi incideranno in misura significativa sul numero e sulla durata delle manovre necessarie per difendere i centri storici dalle acque alte**
- **Le previsioni sull'incremento del livello medio del mare a fine secolo, comportando valori di gran lunga superiori a quelli adottati dal progettista, rischiano di non consentire il raggiungimento degli obiettivi indicati dal Progetto Definitivo che è in via di completamento.
Se l'incremento del livello medio del mare a fine secolo dovesse attestarsi, come sembra ormai probabile, intorno ai 50 cm se non di più, per difendersi dal fenomeno delle acque alte, durante i mesi invernali la laguna potrebbe dover rimanere separata dal mare anche per più giorni consecutivi**

ALCUNE CONSIDERAZIONI

- Sorgeranno in prospettiva inevitabili conflittualità fra obiettivi che chiaramente erano e rimangono inconciliabili: **difesa dalle acque alte**, da una parte, **portualità**, dall'altra. Emergeranno, inoltre, **gravi problemi ambientali**, che non potranno essere ignorati e che anzi richiederebbero di essere affrontati individuando fin da subito opportuni interventi complementari alle opere alle bocche da attuare nel breve e nel medio periodo, in modo da limitare la chiusura delle bocche ai soli eventi di marea eccezionale
- Si dovrà pensare a una portualità commerciale diversamente concepita. Seri problemi si presenteranno, inoltre, anche per la crocieristica, poiché le manovre di chiusura delle bocche interesseranno pesantemente i mesi del periodo aprile-ottobre durante i quali normalmente essa si svolge. Per entrambe le attività si dovrà pensare alla realizzazione di approdi esterni alla laguna, superando, fra l'altro, il grande equivoco coltivato per tutto il corso del Novecento, ovvero che dovesse essere la laguna ad adattarsi sempre e comunque alle esigenze dell'uomo e non viceversa
- Per ridurre la frequenza degli interventi alle bocche e la durata delle chiusure, non c'è soluzione se non quella di innalzare, da una parte le quote attuali delle difese passive (*Progetto Insulae*), dall'altra le quote del suolo con criteri e metodi da verificare attentamente, applicabili a superfici edificate estese, scongiurando, ovviamente, qualsiasi fenomeno di sollevamento differenziato

Il Mose,

se non soccomberà in fasce per problemi diversi da quelli esaminati, non ultimi quelli relativi ai costi di gestione e manutenzione, valendo le attuali previsioni sull'innalzamento del livello medio del mare, non avrà vita lunga

È più che probabile che già prima della metà del secolo l'opera, se non sarà affiancata da opportuni interventi complementari, non sia più in grado di garantire i suoi obiettivi iniziali

Diventeranno ben presto inconciliabili fra loro i provvedimenti funzionali alla difesa dalle acque alte, alla tutela dell'ecosistema lagunare, alla portualità

Assegnando priorità alla difesa dei centri storici, la portualità, sia quella commerciale sia quella turistica, non potrà sussistere e volendola salvare si dovrà fin d'ora pensare per entrambe ad approdi esterni alla laguna

Poiché è impensabile isolare per più giorni consecutivi la laguna dal mare, nei giorni di acqua alta di un futuro pieno di incognite i Veneziani non potranno con ogni probabilità abbandonare consuetudini oggi famigliari

L'USO DEGLI STIVALI !

**Tramonto sulla laguna
(Fulvio Roiter)**



**GRATO
PER LA VOSTRA
ATTENZIONE**