



LUIGI D'ALPAOS
**FATTI E MISFATTI
DI IDRAULICA LAGUNARE**
La laguna di Venezia dalla diversione dei fiumi
alle nuove opere alle bocche di porto

Istituto Veneto
di Scienze, Lettere
ed Arti

MEMORIE

Collegio degli Ingegneri di Venezia
Mestre, 6 giugno 2017

**INTORNO
alla
LAGUNA DI VENEZIA**

**a sette anni
dalla pubblicazione di
"FATTI E MISFATTI DI
IDRAULICA LAGUNARE "**

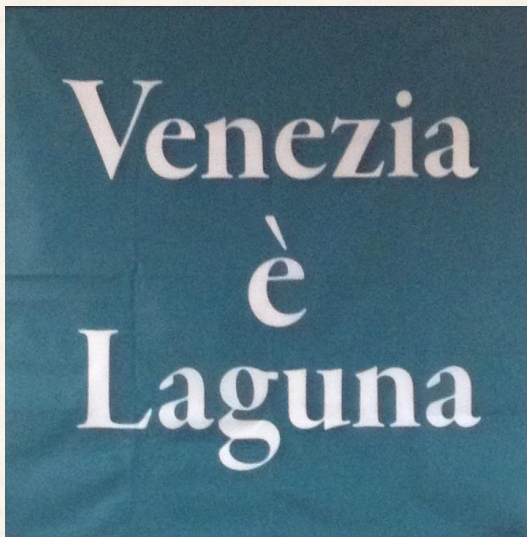
Luigi D'Alpaos

**Quali nuove
dalle parti della laguna
in questi ultimi anni?**

DAGLI ALTARI ALLA POLVERE

- All'alba del 4 giugno 2014 la Magistratura, in un sol colpo, ha spazzato via i vertici del Consorzio Venezia Nuova e con essi alcuni dei manager delle imprese consociate, faccendieri e politici vari suoi sostenitori a diverso titolo
- Il Governo, magistralmente come sempre, ha ritenuto di porre rimedio a una situazione che solo i ciechi non avevano potuto vedere prima procedendo:
 - alla nomina di tre Commissari ad acta per la gestione del Consorzio Venezia Nuova
 - all'abolizione del Magistrato alle Acque

FORTUNATAMENTE È CRESCIUTA PRESSO L'OPINIONE PUBBLICA LA CONSAPEVOLEZZA INTORNO AL "PROBLEMA VENEZIA"



- Difesa dalle acque alte
- Salvaguardia della morfologia lagunare
- Mantenimento della naturale funzionalità idraulica della laguna
- Controllo e limitazione degli eccessi dell'uomo negli usi della città e della laguna

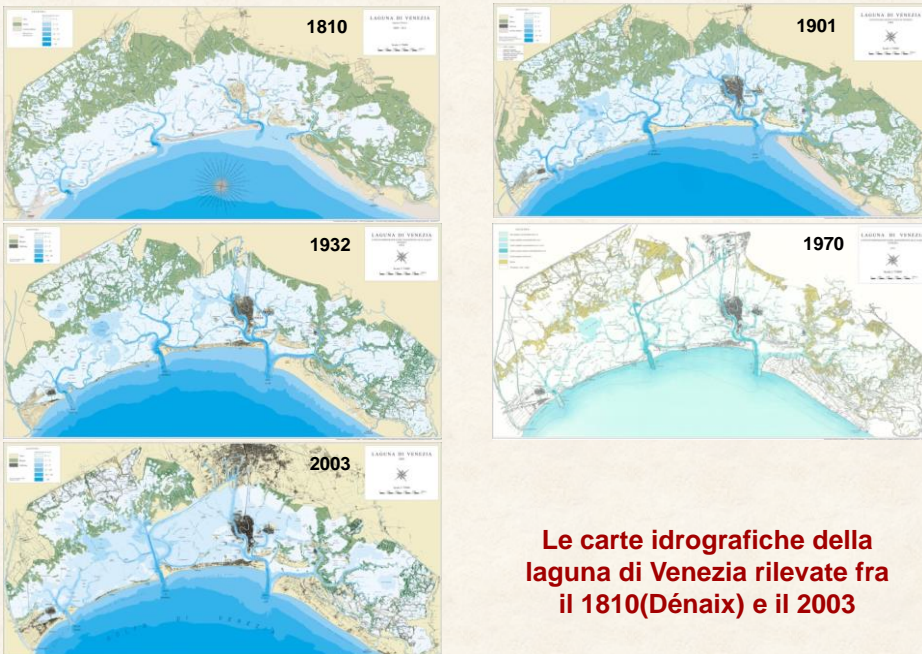
DEGRADO MORFOLOGICO



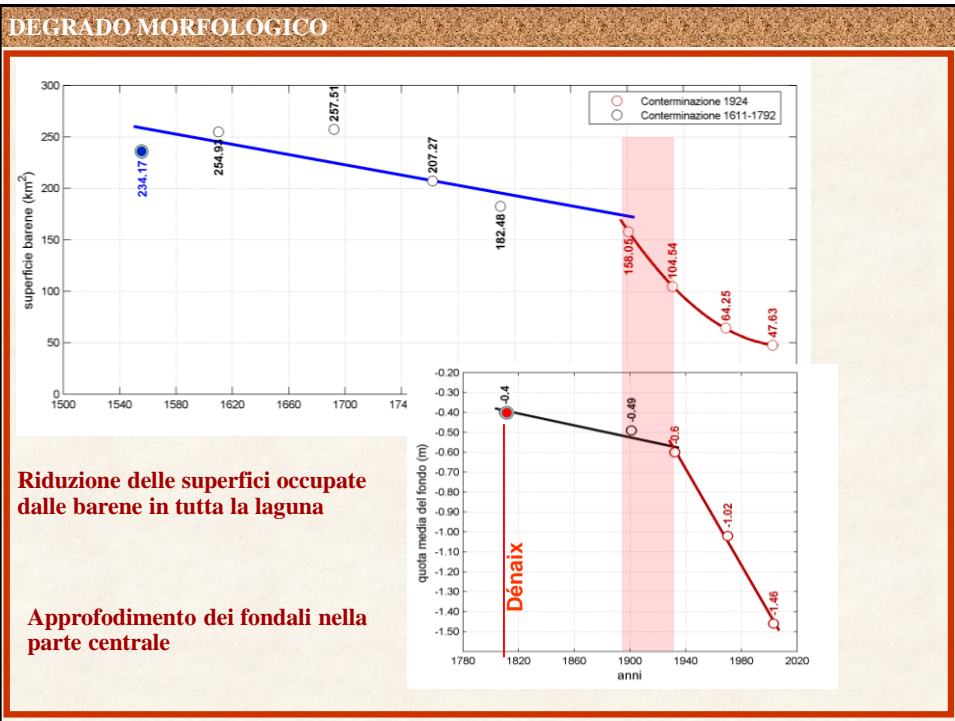
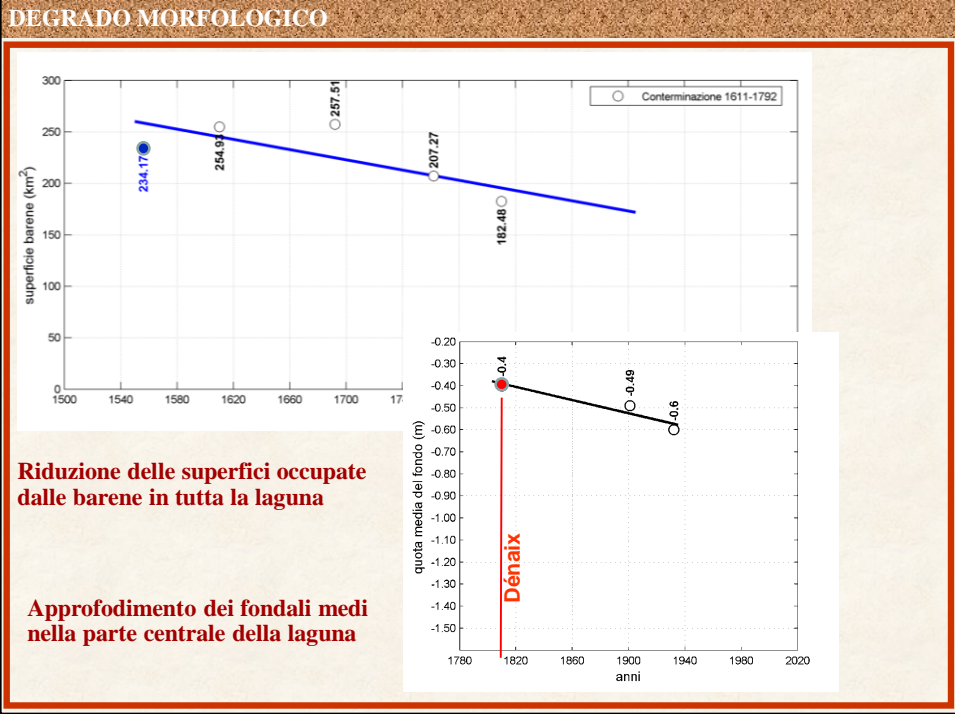
Il confronto della morfologia attuale della laguna con quella descritta dalle mappe storiche e dalle carte idrografiche del passato evidenzia:

- importanti alterazioni delle sue forme caratteristiche
- la comparsa di intensi processi erosivi
- un appiattimento e un approfondimento generalizzato dei fondali
- scambi d'acqua mare-laguna eccessivi, di gran lunga superiori a quelli del passato

DEGRADO MORFOLOGICO

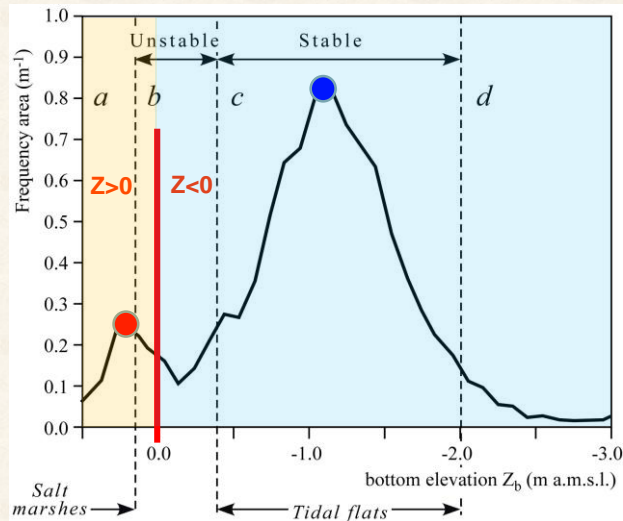


Le carte idrografiche della laguna di Venezia rilevate fra il 1810(Dénaix) e il 2003



DEGRADO MORFOLOGICO

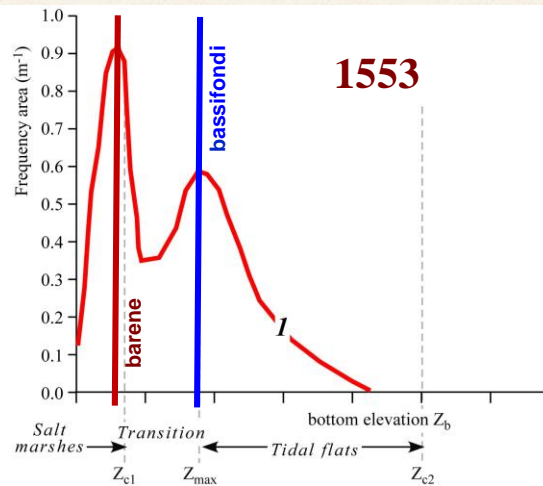
Curva di densità di probabilità della distribuzione delle quote dei fondali all'interno della laguna



DEGRADO MORFOLOGICO

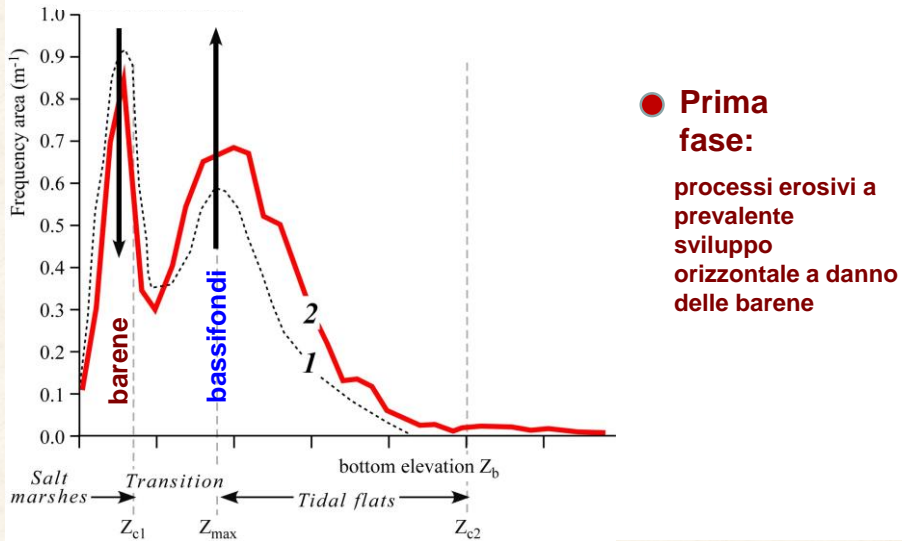
Evoluzione a lungo termine della laguna

Andamento ipotetico della curva di densità di probabilità della distribuzione delle quote dei fondali della laguna nel momento della diversione del Brenta-Bacchiglione, dopo alcuni secoli di elevato apporto di sedimenti di origine fluviale di fronte a Venezia



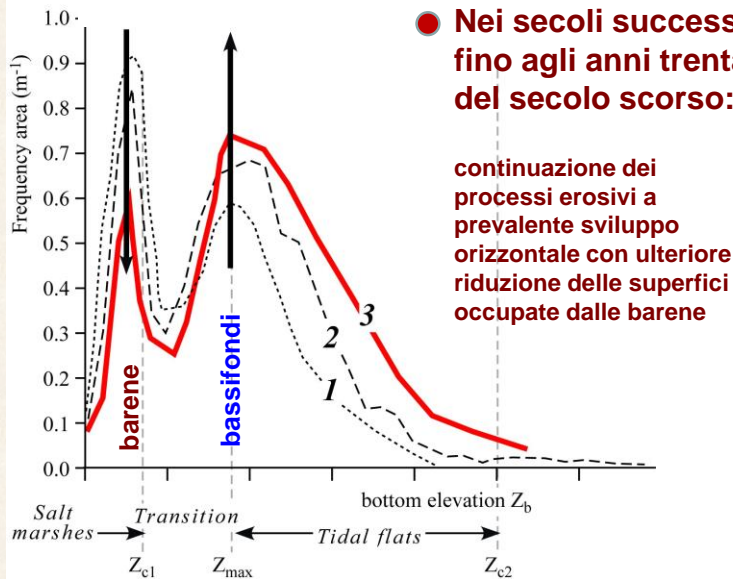
DEGRADO MORFOLOGICO

Dopo la diversione dei fiumi Brenta e Bacchiglione nel XVI secolo

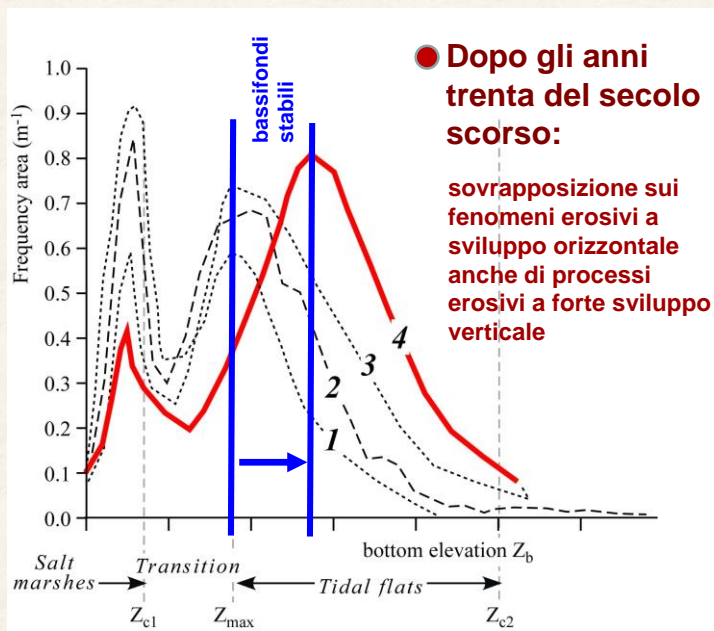


DEGRADO MORFOLOGICO

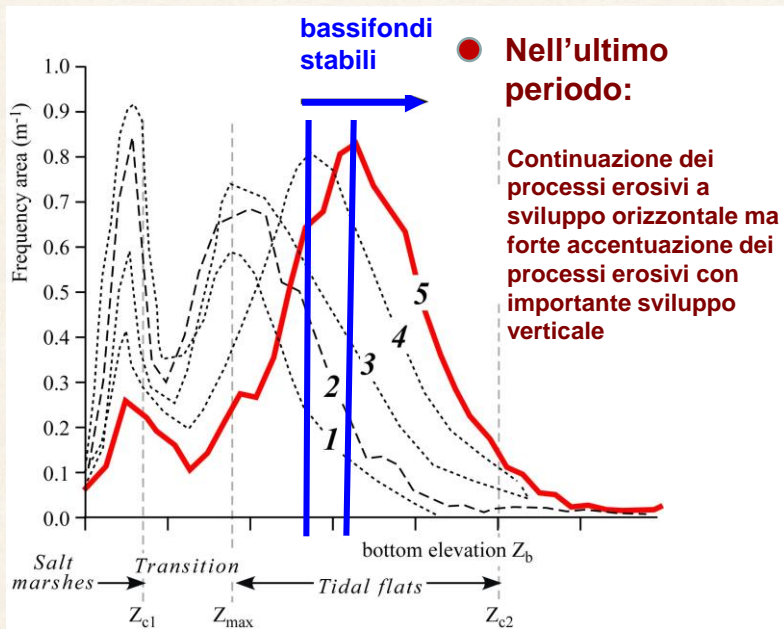
Nei secoli successivi, fino agli anni trenta del secolo scorso:



DEGRADO MORFOLOGICO

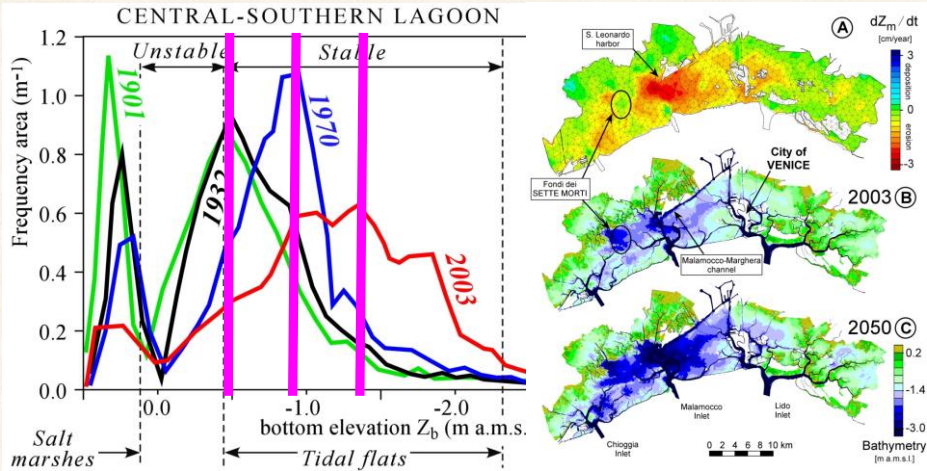


DEGRADO MORFOLOGICO



DEGRADO MORFOLOGICO

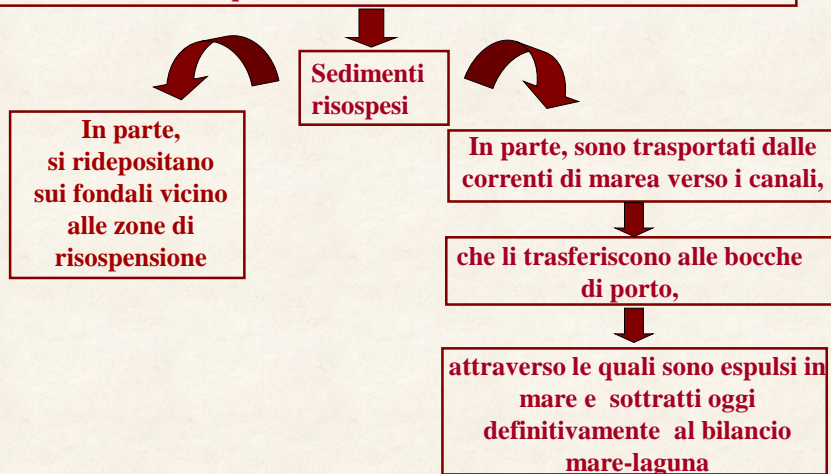
Evoluzione nel tempo delle curve di densità di probabilità della distribuzione delle quote dei fondali nella laguna centrale fra il 1901 e il 2003



DEGRADO MORFOLOGICO

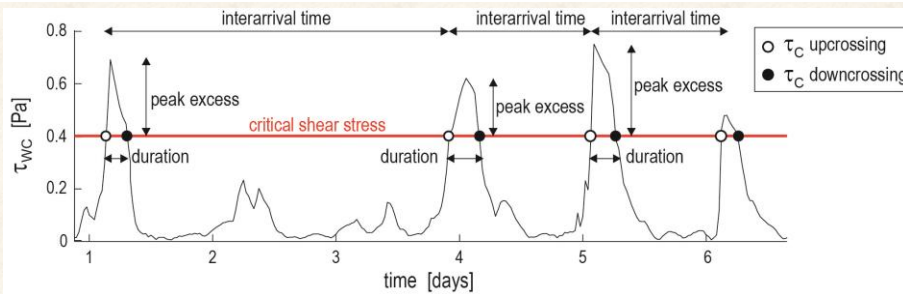
Quali meccanismi sostengono i processi erosivi all'interno della laguna?

Sono soprattutto gli sforzi tangenziali generati dalle onde a promuovere la risospensione dei sedimenti dal fondo, sovrapponendo i loro effetti su quelli delle correnti di marea



DEGRADO MORFOLOGICO

Analisi degli sforzi tangenziali al fondo generati dalle onde da vento

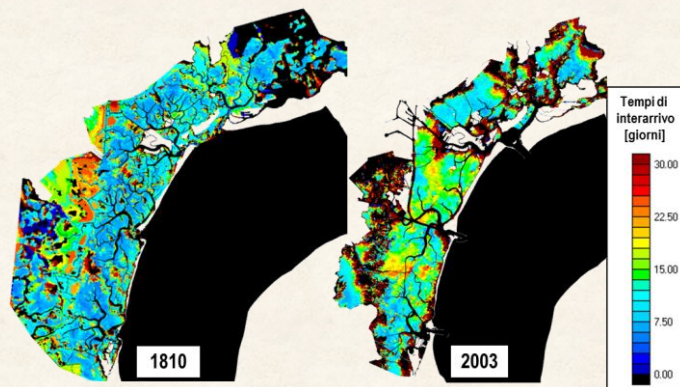


TEMPO DI INTERARRIVO: intervallo fra due superamenti successivi del valore di soglia dello sforzo tangenziale al di sopra del quale c'è risospensione;

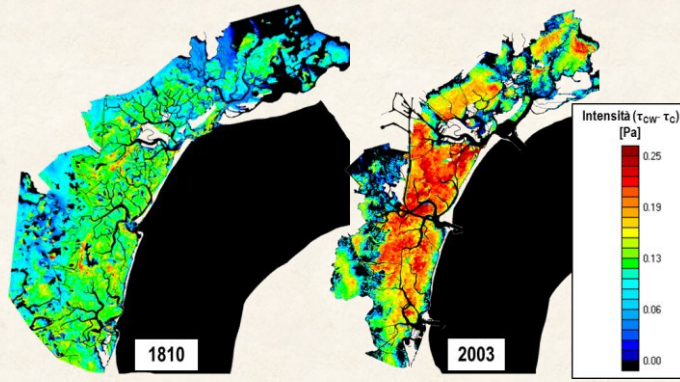
MASSIMA INTENSITA': eccesso di picco, definito come valore massimo del superamento della soglia dello sforzo tangenziale $(\tau_{cw} - \tau_c)_{max}$;

DURATA: intervallo di tempo che intercorre fra i due istanti in cui lo sforzo tangenziale supera e ritorna al di sotto del valore di soglia

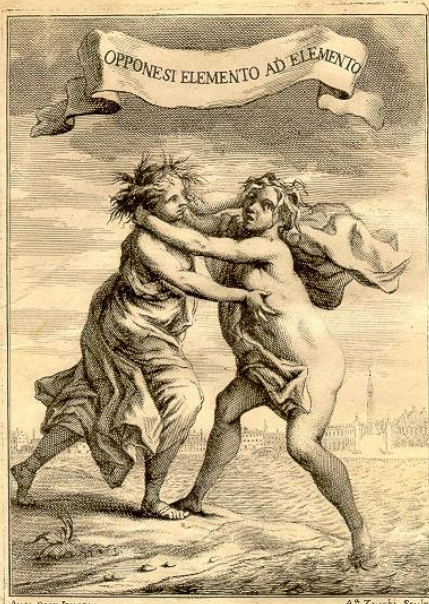
DEGRADO MORFOLOGICO - Gli effetti sui processi erosivi delle onde da vento



Rappresentazione a scala di colori dei valori locali medi dei tempi di interarrivo degli eventi di risospensione per le configurazioni della Laguna di Venezia del 1810 e del 2003.

DEGRADO MORFOLOGICO - Gli effetti sui processi erosivi delle onde da vento


Rappresentazione con scala a colori dei valori locali medi delle intensità degli eventi di risospensione (valori di sforzo tangenziale al fondo) riferite al valore critico dello sforzo tangenziale al fondo, per le configurazioni della Laguna di Venezia del 1810 e del 2003.

UOMINI E LAGUNA


Nudi Opere-Invenite. A. Zucchi Sculp.
Bernardo Trevisan, Trattato della laguna di Venezia, 1715.
 (Antiporta allegorica incisa da Andrea Zucchi)

**Circa cinquecento anni fa
 Cristoforo Sabbadino
 scriveva:**

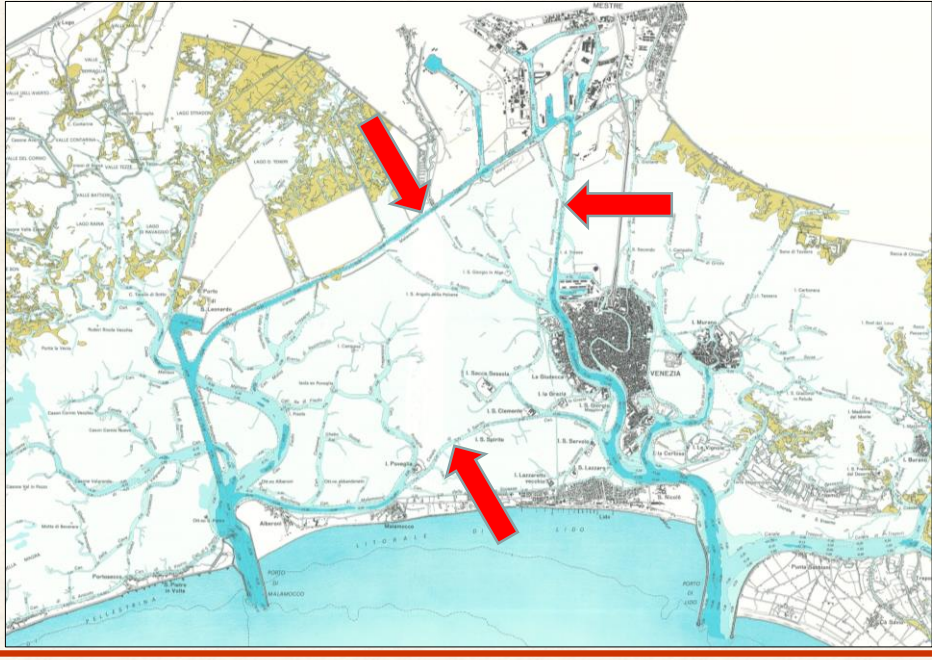
.....
 Gli fiumi, 'l mar e gl' homeni tu hai
 Per inimici, 'l provi e non lo credi.
 Non tardar, apri gl'occhi,

.....
 Rimovi i fiumi: e alle voglie ingorde
 Degli homini poni 'l fren:

**Le due grandi "voglie" dell'uomo
 moderno che stiamo scontando:**

- La costruzioni dei moli alle bocche di porto
- Lo scavo dei grandi canali navigabili

UOMINI E LAGUNA – I grandi canali navigabili



UOMINI E LAGUNA

USO IMPROPRIO DEGLI SPECCHI D'ACQUA AI FINI DELLA NAVIGAZIONE



Intorno al Mo.S.E. – Un'opera ben concepita o solo il mito di un'opera ben concepita?

Mo.S.E. (Modulo Sperimentale Elettromeccanico)



La celebrata prova dell'11 ottobre 2013

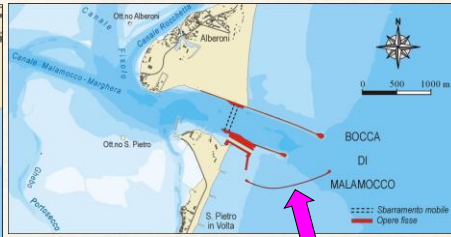
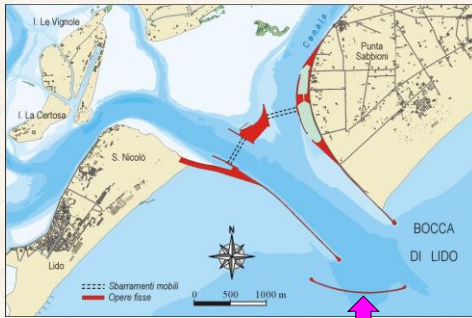
Pensando ai fatti recenti accaduti, le opere alle bocche sembrano essere state concepite soprattutto come un'occasione irripetibile per una "grande abbuffata"

Intorno al Mo.S.E.

Sono stati due i punti di partenza, assunti quale fondamento irrinunciabile nella soluzione adottata per gli interventi alle bocche di porto, che non sono condivisibili:

- Il primo, è stato quello di accreditare presso l'opinione pubblica l'idea che, con le opere proposte, gli obiettivi della portualità e quelli della difesa dalle acque alte e della salvaguardia della laguna potessero essere perseguiti insieme
- Il secondo, è stato quello di ritenere che l'attuale regime idraulico generale della laguna fosse ottimale e non si potesse in alcun modo modificare, scartando l'ipotesi, accolta invece dal "Progettone", di intervenire alle bocche di porto preliminarmente con opere fisse, capaci d incrementare apprezzabilmente la resistenza al flusso delle correnti di marea entranti in laguna, operando con *gradualità*, *sperimentando* gli effetti e realizzando interventi *reversibili*. e solo successivamente inserendo nei varchi rimasti liberi le strutture necessarie alla loro totale chiusura

Intorno al Mo.S.E.



Le opere esterne

Secondo la delibera Amato del 2001, le opere esterne avrebbero dovuto riportare le resistenze al flusso delle correnti di marea attraverso le bocche alle condizioni della laguna ottocentesca.

Intorno al Mo.S.E.



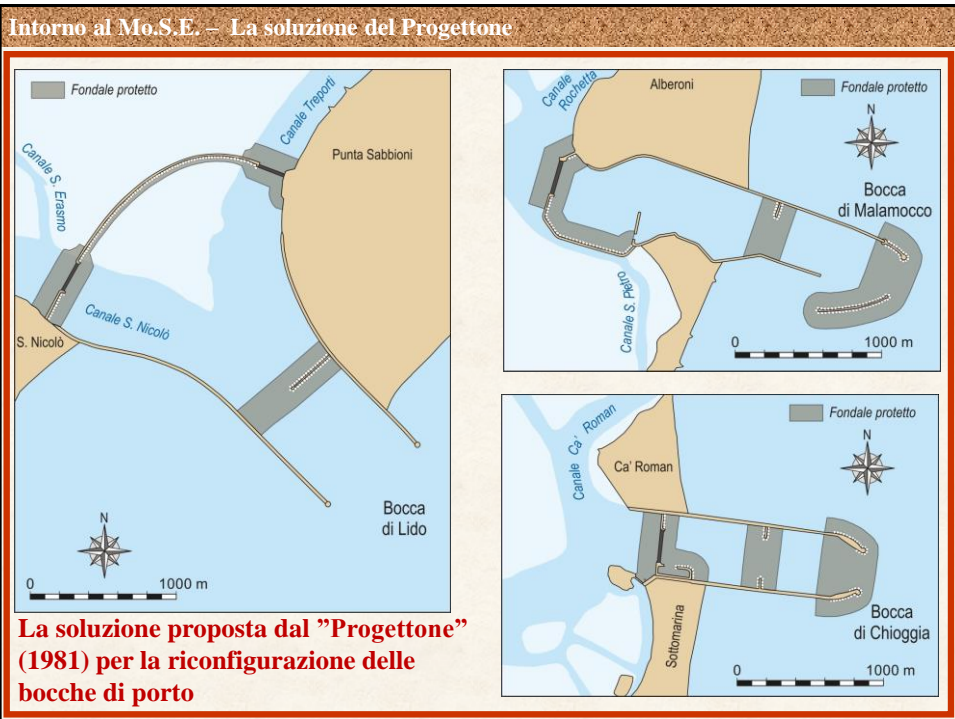
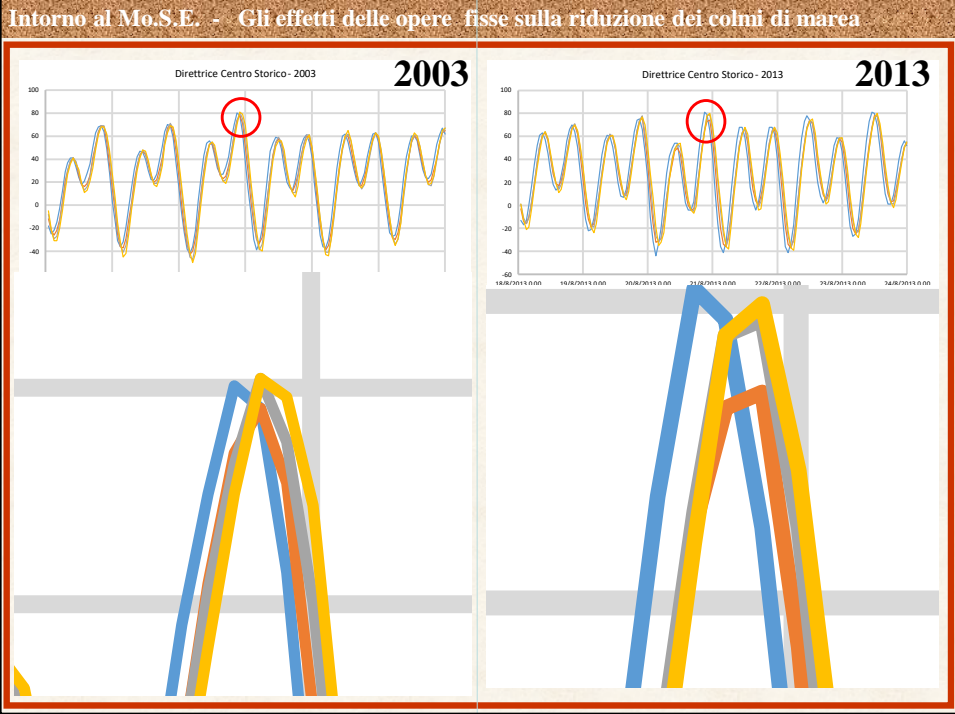
2012



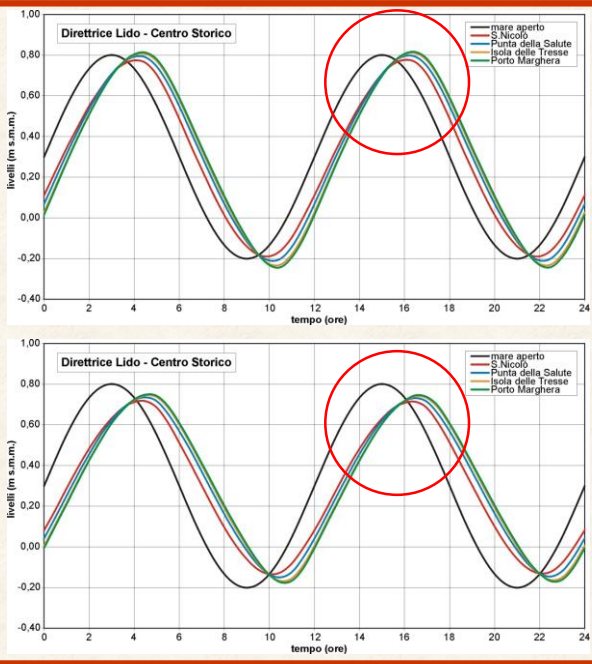
Lo stato effettivo delle opere fisse alle bocche realizzate



Si tratta di interventi che disattendono nel merito e nello spirito la delibera del Governo Amato del 2001



Intorno al Mo.S.E.



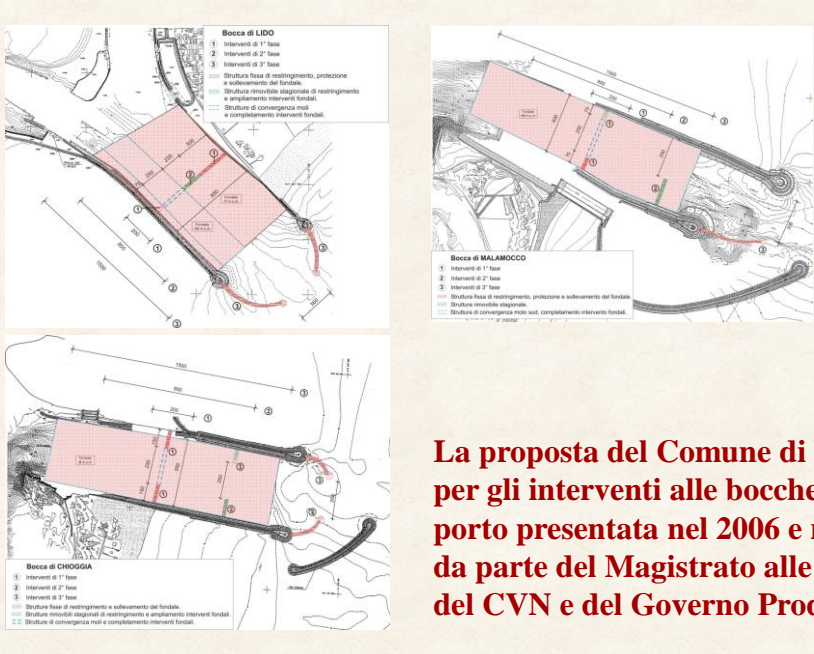
Soluzione adottata dal CVN

Andamento dei livelli lungo la direttrice del Centro Storico

Soluzione proposta nel "Progettone"

Andamento dei livelli lungo la direttrice del Centro Storico

Intorno al Mo.S.E. – La soluzione suggerita dal Comune di Venezia



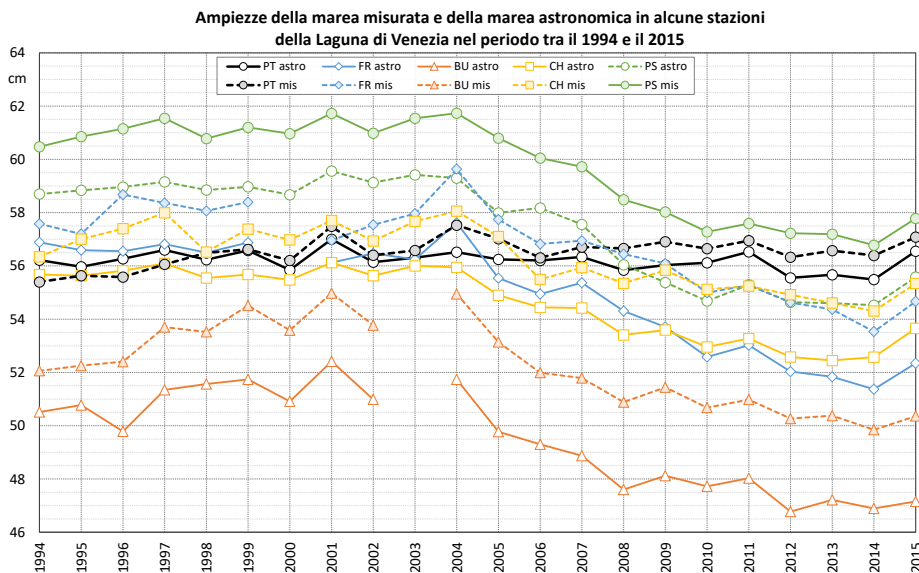
La proposta del Comune di Venezia per gli interventi alle bocche di porto presentata nel 2006 e rigettata da parte del Magistrato alle Acque, del CVN e del Governo Prodi

Intorno al Mo.S.E.

Le opere fisse realizzate alle bocche di porto, completate ormai da alcuni anni, hanno già comportato effetti idraulici sulla laguna, diversi da quelli attesi, intorno ai quali discutono molti di quanti praticano la laguna con una certa assiduità

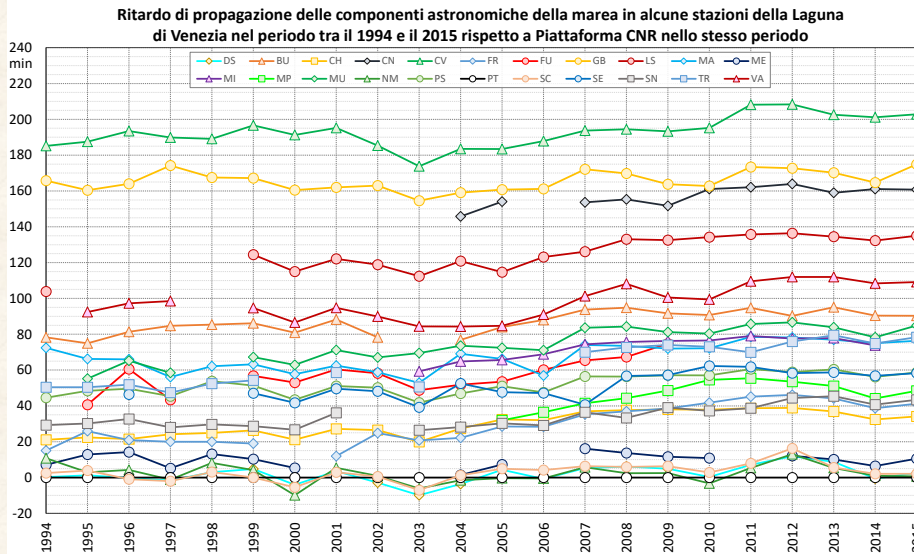
Si tratta soltanto di sensazioni oppure sono modificazioni verificabili su basi sperimentali ?

Intorno al Mo.S.E.



Riduzione delle ampezze della marea registrate in laguna

SUL Mo.S.E.

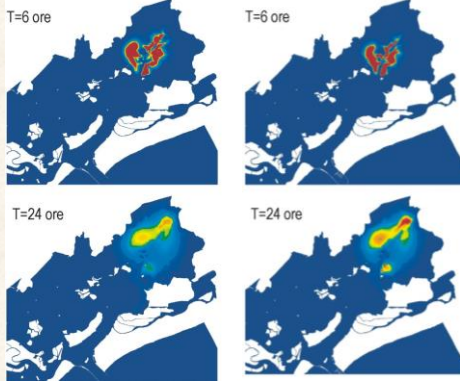
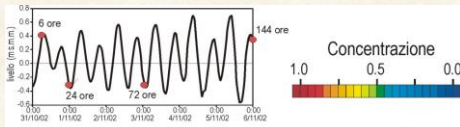


Ritardi di fase dei colmi delle componenti astronomiche di marea

Intorno al Mo.S.E.

Un commento sui volumi di scambio mare-laguna necessari per garantire il ricambio delle acque e la difesa delle forme lagunari

Intorno al Mo.S.E.

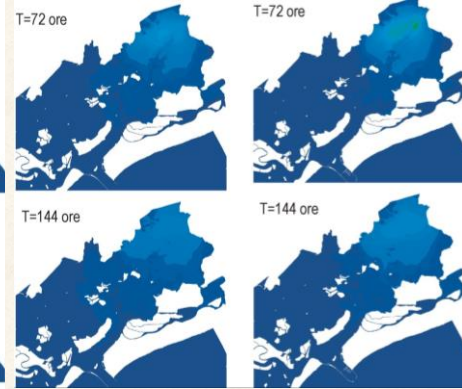
Laguna Nord

Bocche attuali

Bocche ristrette

Dispersione di una macchia di inquinante:

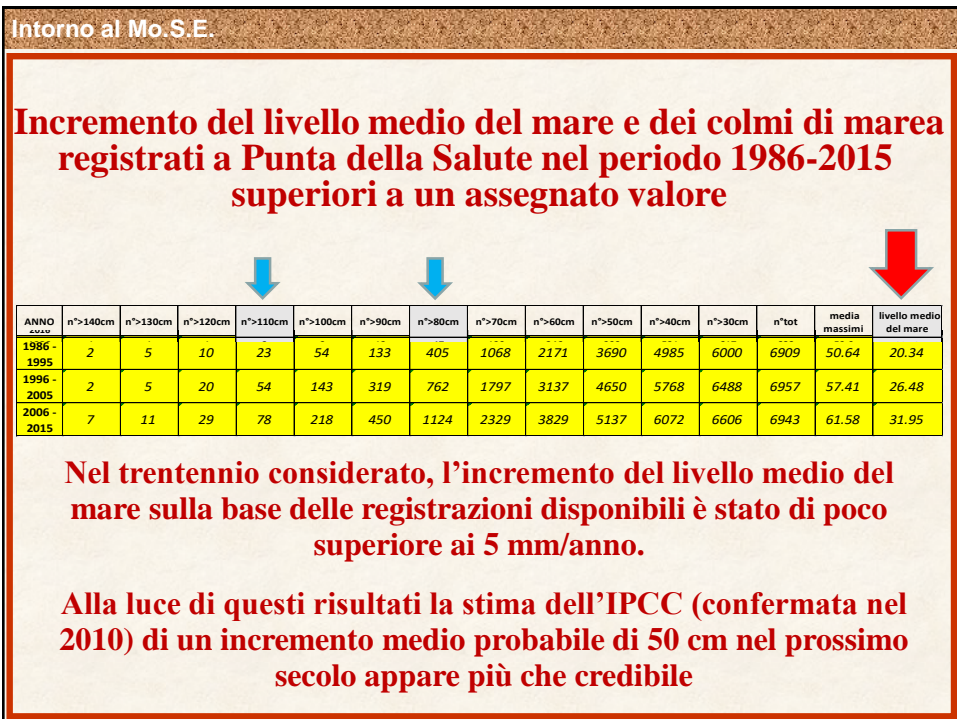
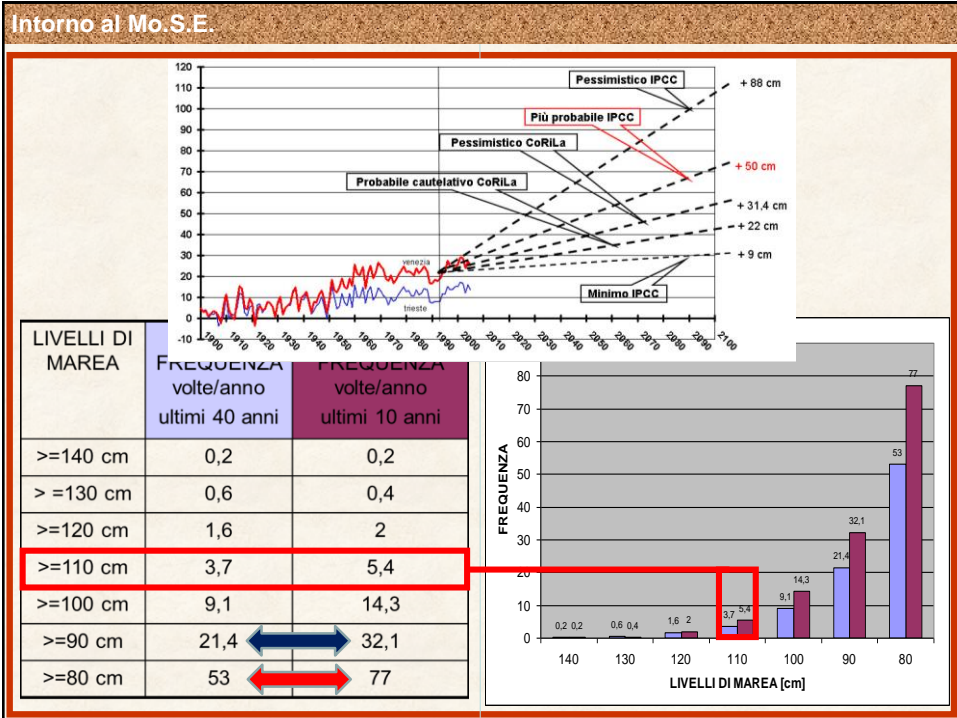
- nella situazione attuale
- nella situazione ipotetica di bocche ristrette



Bocche attuali

Bocche ristrette

Sulla frequenza degli interventi di chiusura alle bocche di porto per difendere Venezia e gli altri centri storici dal fenomeno delle acque alte, tenuto conto dell'eustatismo e degli effetti del vento che, con bocche chiuse, sono sensibilmente incrementati rispetto alla condizione di bocche aperte



Intorno al Mo.S.E.

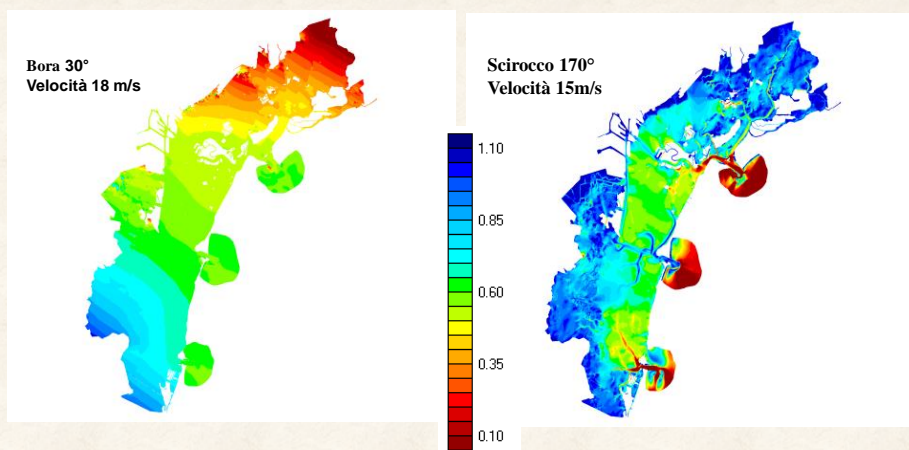
Alla luce di questi dati, l'assunzione posta alla base del Progetto definitivo delle opere alle bocche di un incremento del livello medio del mare di 22 cm nel corso del XXI secolo appare quanto mai inadeguata

Tanto più se si considera che, di fronte all'incertezza, il PRINCIPIO DI PRECAUZIONE avrebbe dovuto suggerire al progettista di far riferimento non al valore più probabile della sua previsione "fatta su misura" (22 cm) ma a quello dello scenario più gravoso da lui stesso indicato (31,4 cm)

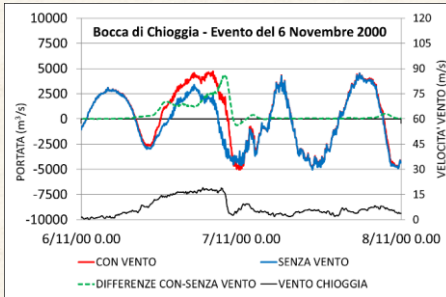
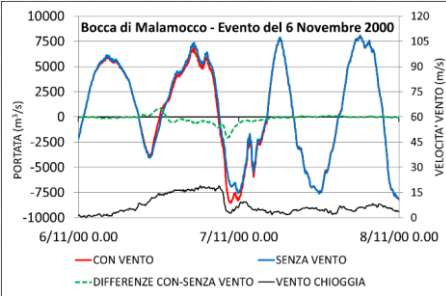
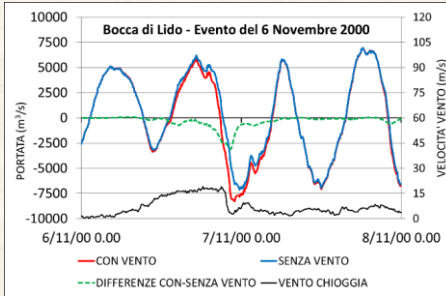
Vengono pertanto meno tutte le valutazioni sulle conseguenze delle opere con riferimento alla portualità, per tutelare la quale furono posti pesanti vincoli sulle dimensioni dei varchi liberi alle bocche da presidiare con paratoie, a danno ovviamente delle necessità di carattere ambientale, che avrebbero richiesto di incrementare le resistenze al flusso delle correnti di marea

Intorno al Mo.S.E.

Dislivelli generati da venti di bora e di scirocco nella situazione attuale di bocche aperte



Intorno al Mo.S.E.



Marea di acqua alta del 6 novembre 2000

Bocche aperte – Effetti di un vento di bora sulle portate scambiate dalla laguna con il mare attraverso le bocche

Intorno al Mo.S.E.



Circolazione secondaria indotta dai venti di bora fra le bocche di Lido e Malamocco (in ingresso) e la bocca di Chioggia (in uscita)

Intorno al Mo.S.E.

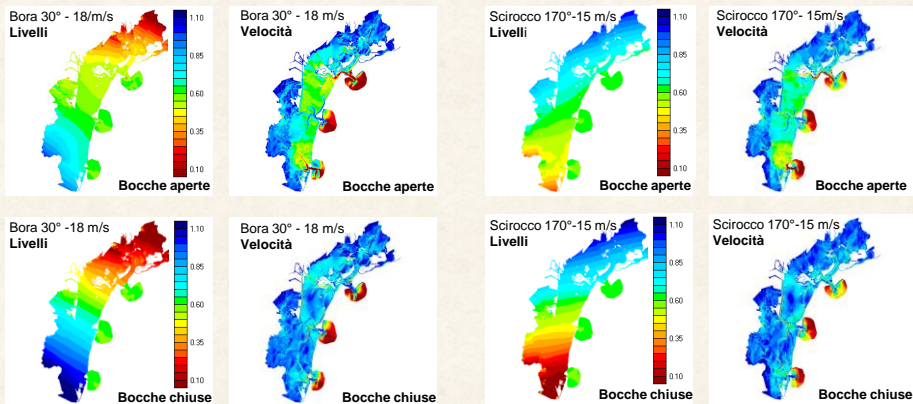
A bocche chiuse la circolazione secondaria fra le bocche indotta dal vento è completamente impedita

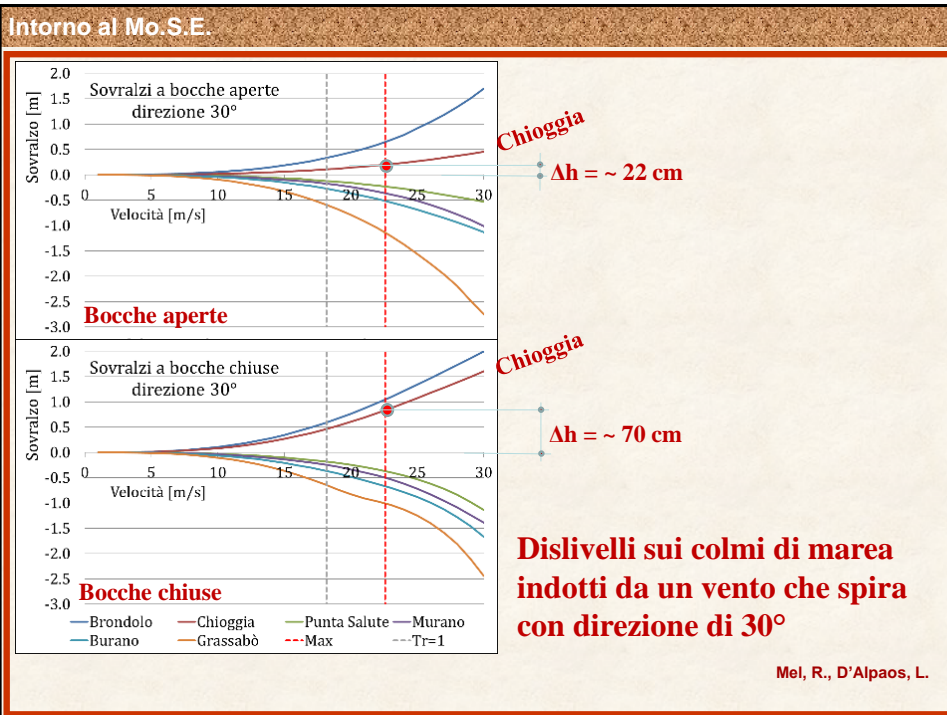
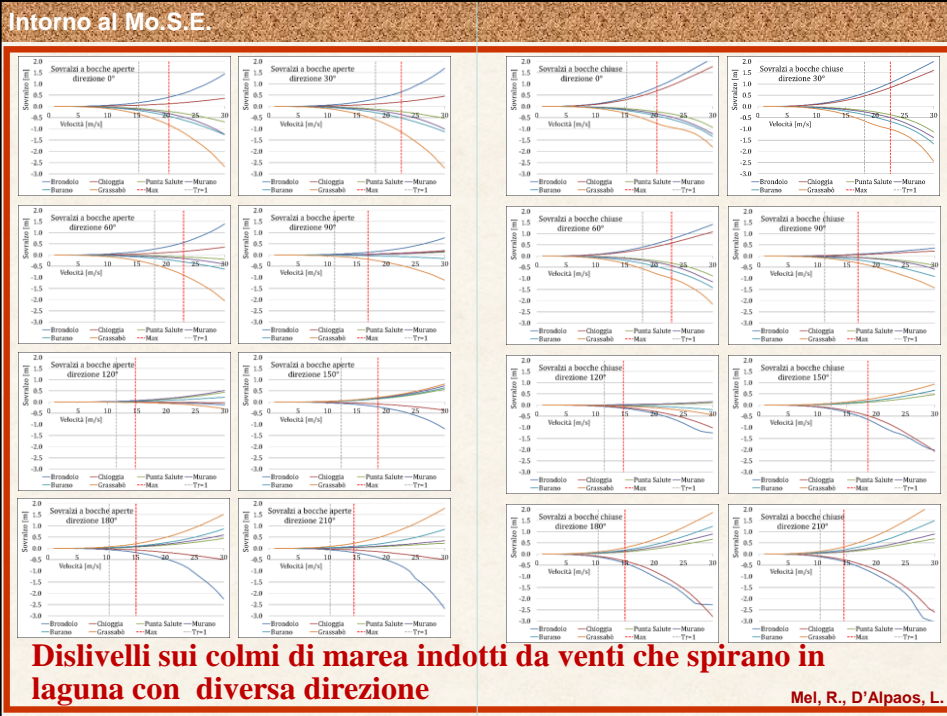
Come conseguenza le acque sospinte dal vento, in direzione di Chioggia nel caso di venti di bora tendono a insaccarsi maggiormente, verso il bordo meridionale della laguna nel caso di venti di scirocco, inducendo maggiori dislivelli rispetto a quelli che si realizzano a bocche aperte

Le differenze sono importanti e a Chioggia con venti di bora di circa 20 m/s i dislivelli indotti dal vento sono praticamente più che raddoppiati

Intorno al Mo.S.E.

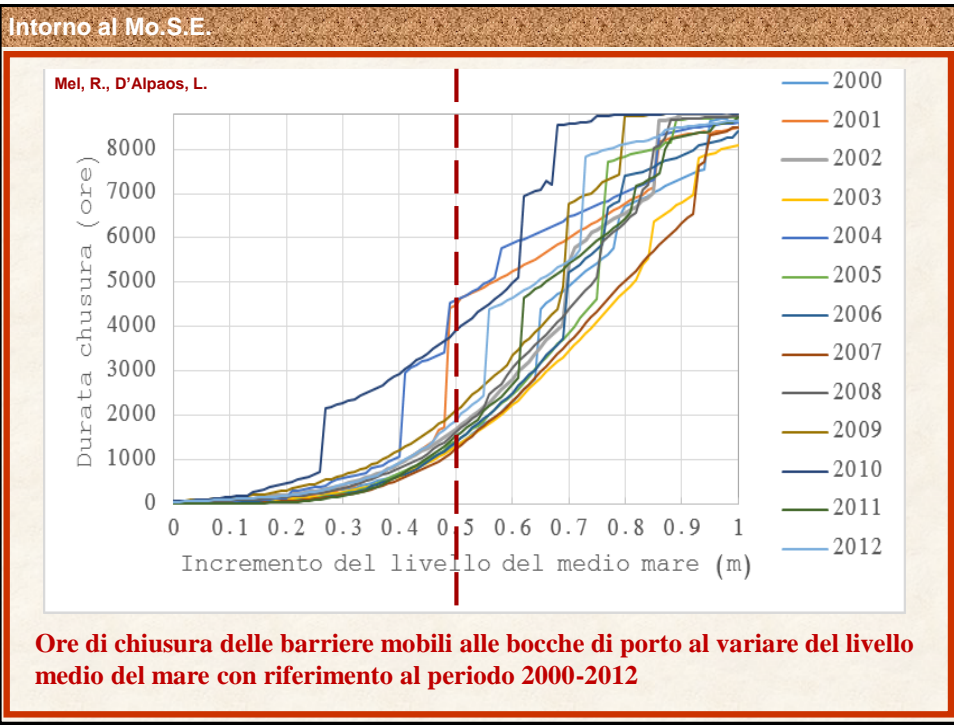
Effetti del vento sulla laguna con bocche aperte e bocche chiuse



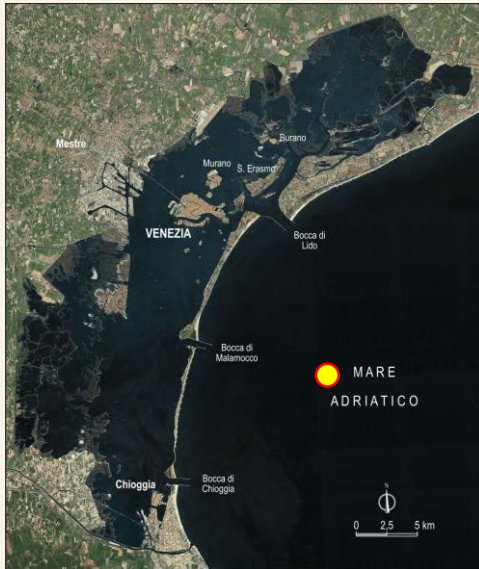


Quale portualità per Venezia ?

ANNO	n°>140cm	n°>130cm	n°>120cm	>110cm	n°>100cm	n°>90cm	>80cm	n°>70cm	>60cm	n°>50cm	n°>40cm	n°>30cm	n°tot	media mensili	livello medio del mare
1986	1	1	1	2	3	12	47	130	246	399	521	617	688	53.0	22.79
1987	0	2	2	2	7	19	60	158	284	423	546	629	678	55.5	25.06
1988	0	0	0	0	1	4	30	114	231	397	523	636	688	52.4	22.33
1989	0	0	0	0	1	8	25	80	175	316	445	566	682	47.3	16.94
1990	0	0	1	5	7	13	39	89	159	314	439	554	690	46.4	16.57
1991	0	0	1	1	5	12	33	81	177	332	481	594	692	48.6	18.92
1992	1	2	4	7	14	26	51	101	193	332	457	564	696	48.5	17.96
1993	0	0	1	4	7	16	44	97	211	344	484	590	695	49.5	18.94
1994	0	0	0	1	4	11	33	111	249	410	535	619	703	52.2	21.72
1995	0	0	0	1	5	12	43	107	246	423	554	631	697	53.0	22.21
1996	0	1	2	8	21	39	101	194	325	482	595	655	697	58.7	27.82
1997	0	0	3	8	15	32	79	164	291	450	599	636	699	58.2	25.16
1998	0	0	1	4	9	20	50	141	303	472	578	659	708	55.5	25.05
1999	0	0	1	5	15	23	51	160	298	463	584	657	697	56.5	25.69
2000	1	1	2	6	19	42	81	167	276	437	582	652	700	56.2	25.57
2001	0	0	1	5	14	30	86	234	347	507	599	659	694	60.1	29.15
2002	1	1	6	12	19	48	108	209	346	490	588	652	693	60.0	28.92
2003	0	0	0	0	8	26	65	158	289	431	551	625	692	55.3	24.01
2004	0	1	3	5	21	38	80	189	352	476	591	657	696	58.8	27.61
2005	0	1	1	1	2	21	61	181	310	442	561	636	681	56.7	25.84
2006	0	0	0	1	4	18	62	172	324	453	571	641	699	56.3	26.33
2007	0	0	0	0	5	18	59	155	302	450	564	643	686	56.3	25.67
2008	1	1	1	6	17	35	79	178	337	468	572	641	692	57.9	27.95
2009	2	4	6	16	32	58	125	244	392	522	605	651	685	63.0	33.36
2010	1	2	7	18	49	99	202	349	489	592	646	669	689	69.8	40.36
2011	0	0	0	1	4	8	60	194	366	491	604	657	690	58.9	29.28
2012	2	3	6	8	23	38	103	198	335	472	580	653	701	58.7	29.5
2013	1	1	3	6	31	70	155	280	428	568	651	682	700	65.5	36.31
2014	0	0	4	15	38	71	186	345	483	600	655	694	702	68.4	39.43
2015	0	0	2	7	15	35	93	214	373	521	624	675	699	60.9	31.27
1986 - 1995	2	5	10	23	54	133	405	1068	2171	3690	4985	6000	6909	50.64	20.34
1996 - 2005	2	5	20	54	143	319	762	1797	3137	4650	5768	6488	6957	57.41	26.48
2006 - 2015	7	11	29	78	218	450	1124	2329	3829	5137	6072	6606	6943	61.58	31.95



Intorno al Mo.S.E.



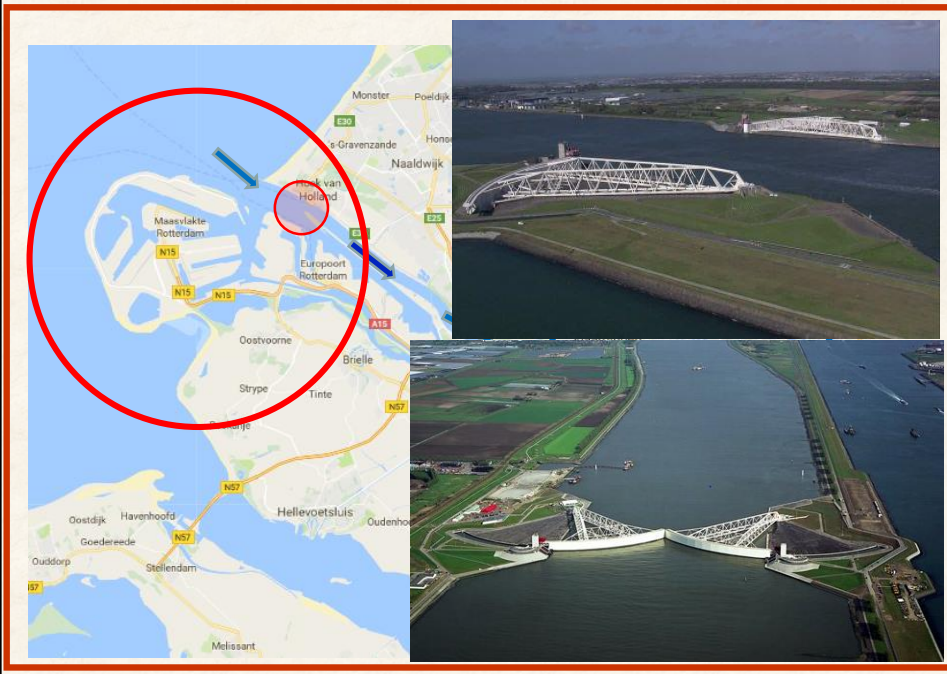
UN NUOVO PORTO OFF SHORE PER VENEZIA E PER IL SISTEMA IDROVIARIO PADANO

Quale portualità per Venezia ?

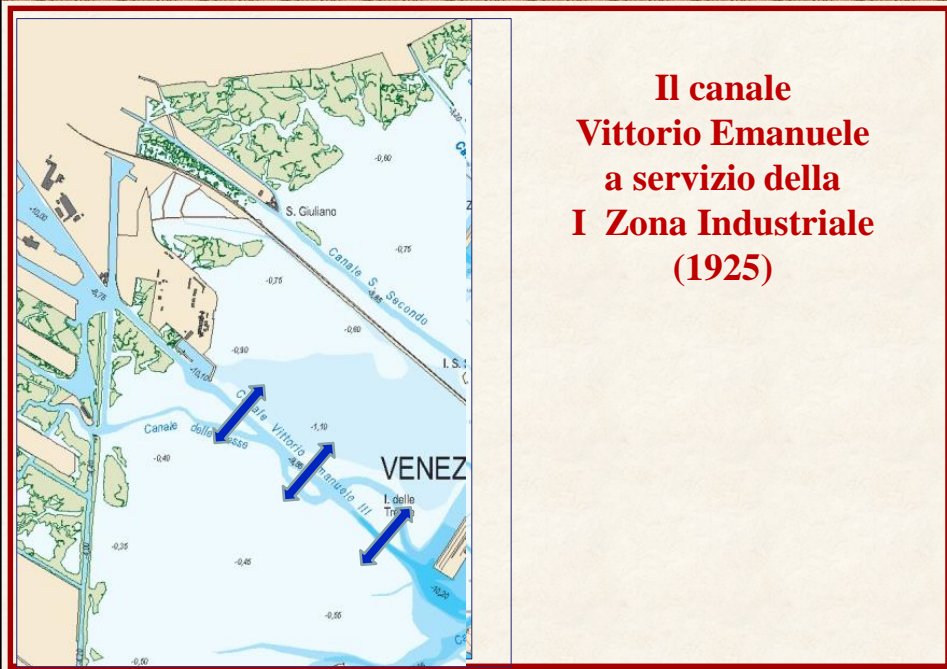


- a 8 miglia dalla costa
- fondali di 20 m
- possibilità di attracco per navi fino a 22.000 TEU
- trasferimento a terra con speciali navi autoaffondanti (Mama Vessel)

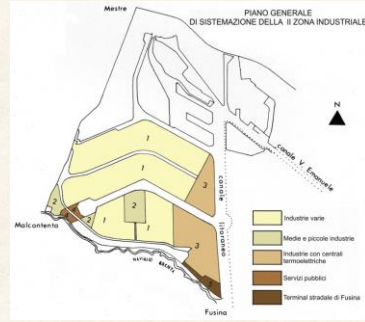
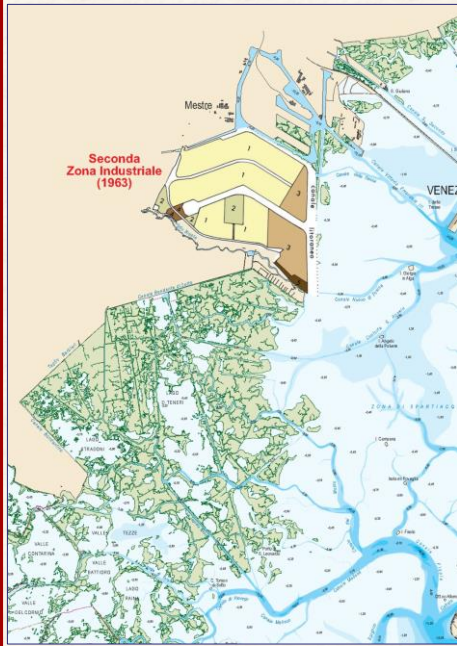
Quale portualità per Venezia ?



Laguna e grandi canali navigabili

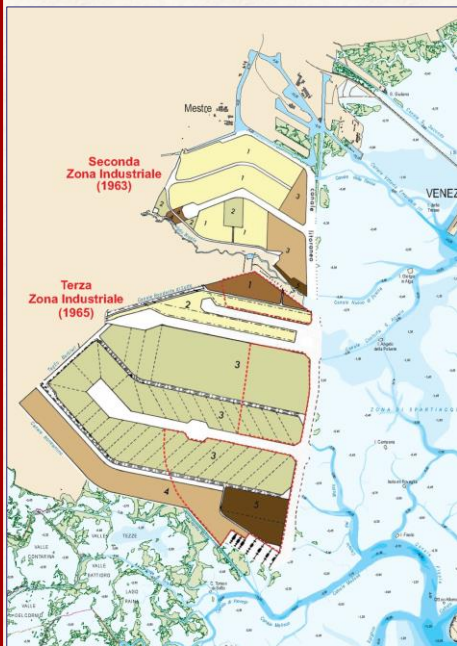


Laguna e grandi canali navigabil



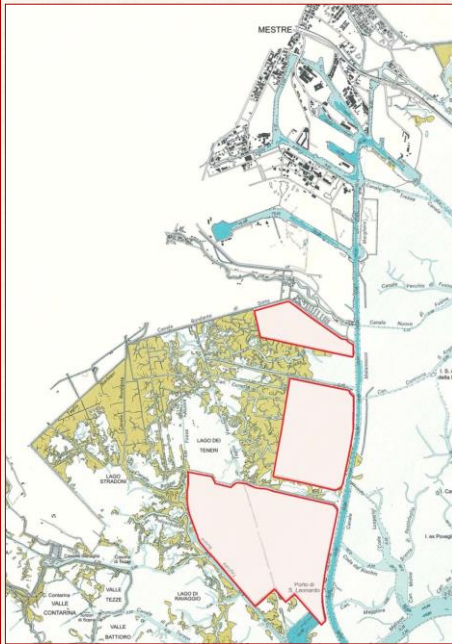
**Piano Generale
per la sistemazione della
II Zona Industriale di
(1963)**

Laguna e grandi canali navigabil



**Piano Regolatore
per la realizzazione della
III Zona Industriale (1965)**

Laguna e grandi canali navigabil



**Le casse di colmata della III
Zona Industriale
nella cartografia ufficiale
(1971)**

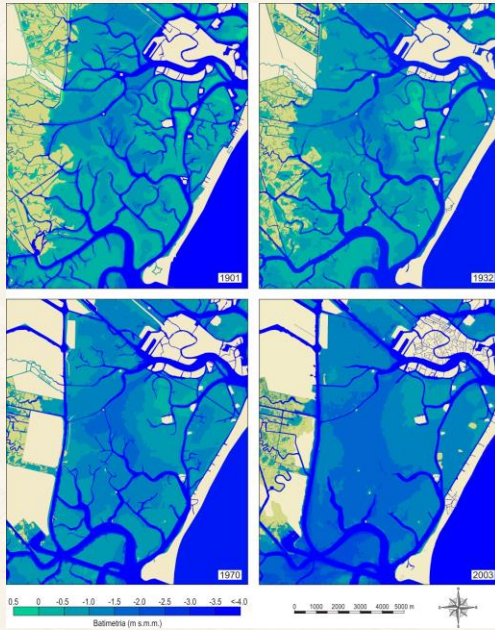
Un falso storico (?)

Laguna e grandi canali navigabil



**Lo stato effettivo
delle casse di
colmata secondo
alcune immagini
del volo Reven -
Benedetti (1975)**

Laguna e grandi canali navigabil

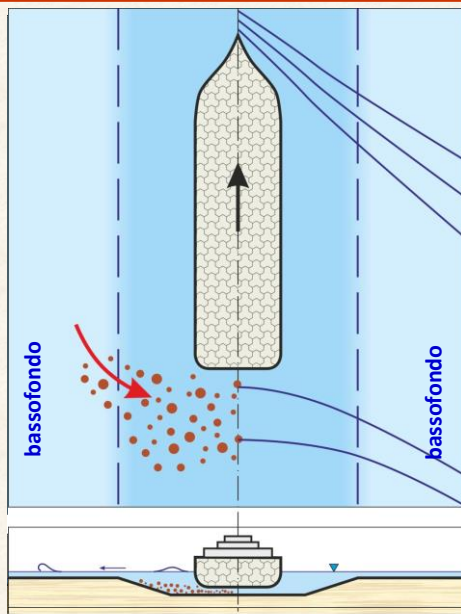


Effetti dei processi erosivi sulle quote dei fondali nella laguna centrale (1901 – 2003)

Quota media dei fondali

1901	- 0.49 m
1932	- 0.60 m
1970	- 1.02 m
2003	- 1.46 m

Laguna e grandi canali navigabil



Effetti locali indotti dalla navigazione in un canale semiconfinato

- **Erosione dei bassifondi posti in adiacenza al canale**
- **Interramento della via navigabile per deposito di una parte dei sedimenti erosi dai bassifondi**
- **Necessità di mantenere artificialmente i fondali del canale con escavazioni periodiche**

UN COMMENTO

- **Lo scavo di un qualsiasi nuovo canale navigabile interno alla laguna per permettere alle grandi navi da crociera di raggiungere la Stazione della Marittima, evitando il passaggio davanti a S. Marco, sarebbe incompatibile con la salvaguardia lagunare**
- **Una volta di più resta confermata la necessità di disaccoppiare i problemi della salvaguardia lagunare da quelli tesi a favorire altre finalità, ancorché interessanti per taluni aspetti economici**
- **Guardando anche in prospettiva, non vi è soluzione alternativa a quella di un approdo esterno per le grandi navi da crociera**

- **I grandi interventi realizzati dall'uomo all'interno della laguna di Venezia a partire dagli anni '50, per favorire lo sviluppo delle attività economiche della città, sono stati il prodromo del degrado morfologico e ambientale determinatosi negli anni successivi**
- **E' mancata nella progettazione degli interventi attuati in quegli Anni e fino ai nostri giorni una visione complessiva dei problemi, attenta alle fragilità ambientali della laguna**
- **E' venuta meno, in particolare, la centralità delle questioni della salvaguardia lagunare, invocata da tutti ma nei fatti sempre relegata in secondo piano e disattesa rispetto alle «voglie ingorde» dei «portatori di interessi particolari»**
- **E' necessario che gli organi deputati al controllo della laguna ritornino a possedere competenze tecnico-scientifiche adeguate rispetto ai problemi da affrontare, che si dimostrino capaci di autonomia di giudizio e gelosi custodi di tale autonomia**

Tramonto sulla laguna
(Fulvio Roiter)



**VI RINGRAZIO
PER LA VOSTRA
ATTENZIONE**