Luigi D'Alpaos

L'evoluzione morfologica della Laguna di Venezia attraverso la lettura di alcune mappe storiche e delle sue carte idrografiche

Comune di Venezia
Istituzione Centro Previsioni e Segnalazioni Maree
Legge speciale per Venezia

L'EVOLUZIONE MORFOLOGICA DELLA LAGUNA DI VENEZIA ATTRAVERSO LA LETTURA DI ALCUNE MAPPE STORICHE E DELLE SUE CARTE IDROGRAFICHE

A mia madre e mio padre
e a Romeo

A mia madre e mio padre
e a Romeo

Nel dare alle stampe questo modesto contributo conoscitivo sull'evoluzione morfologica della laguna di Venezia è doveroso da parte mia ringraziare innanzitutto il Comune di Venezia, non solo per il sostegno finanziario dato allo sviluppo del lavoro.
In modo particolare il mio ringraziamento va al Sindaco Prof. Massimo Cacciari, per la fiducia accordata ai ricercatori del Dipartimento IMAGE dell'Università di Padova, e al dott. Armando Danella, per la sua costante e stimolante presenza nello svolgimento delle attività.
Un ringraziamento affettuoso esprimo alla mia giovane collaboratrice Luana Stefanon per l'aiuto fornitomi sempre con grande passione e a Enrica Belluco per la competenza con cui ha curato la georeferenziazione delle mappe antiche della laguna.
Dal profondo del cuore devo poi ringraziare Gianluigi Bugno, tecnico presso il Dipartimento IMAGE, che con grande competenza e dedizione ha curato la stesura delle carte e le illustrazioni del testo.
Un sentito ringraziamento va infine a Fulvio Roiter per avermi dato la possibilità di utilizzare alcune delle sue stupende immagini sulla laguna di Venezia.

marzo 2010

Riflessi di una bricola in laguna.
(Foto di Fulvio Roiter).

Luigi D'Alpaos

L'EVOLUZIONE MORFOLOGICA DELLA LAGUNA DI VENEZIA ATTRAVERSO LA LETTURA DI ALCUNE MAPPE STORICHE E DELLE SUE CARTE IDROGRAFICHE

Comune di Venezia
Istituzione Centro Previsioni e Segnalazioni Maree
Legge speciale per Venezia

Presentazione

Sono molto onorato di presentare i risultati di questo studio promosso dal mio predecessore sindaco Massimo Cacciari e condotto con alta professionalità e grande conoscenza dell'ambiente idraulico lagunare dal prof. Luigi D'Alpaos, ordinario di Idraulica presso l'Università di Padova.
Conoscere per decidere. Questo è il motto (l'adagio) che, soprattutto nelle così complesse tematiche ambientali, ha governato per secoli la saggezza degli idraulici che hanno conservato fino ai nostri tempi una così splendida laguna di Venezia.
Ma nell'ultimo secolo, apprendo dallo studio, le caratteristiche della laguna risultano fortemente deteriorate soprattutto in due principali aspetti: la progressiva riduzione delle superfici occupate dalle barene e il generale approfondimento dei fondali, in modo particolare nella laguna centrale. Ancora una volta viene messo in contrapposizione l'interesse della conservazione ambientale con l'utilizzo moderno dell'ambiente laguna. Il conflitto portualità e conservazione della laguna è diventato da oltre un secolo un nodo cruciale sul quale agire con decisioni tempestive e appropriate.
L'aver appreso, da questo studio, che la laguna centrale ha subito un effetto erosivo significativo dovuto all'azione combinante della subsidenza ed eustatismo e soprattutto che l'uomo non ha saputo invertire la tendenza di questo processo che sembra portare nel corso dei prossimi 50 anni ad una forte accelerazione di questo fenomeno, mi rammarica e mi rattrista.
Questa approfondita conoscenza che l'autore ci ha offerto deve diventare uno stimolo ed un impegno da parte di tutte le forze che operano in città e in laguna, compresa la mia, per fornire il massimo contributo per arrestare e invertire il processo di erosione fortemente in atto.

Il sindaco di Venezia
Giorgio Orsoni

1. Introduzione

Da qualche tempo a questa parte la laguna di Venezia sta sperimentando in modo sempre più evidente gli aspetti negativi di intensi processi erosivi, particolarmente nella parte centrale del suo bacino all'interno del perimetro formato dai grandi canali che si dipartono dalle bocche di Lido e di Malamocco e dai canali realizzati dall'uomo nel corso del XX secolo per permettere alle navi moderne di maggiore pescaggio l'accesso ai porti interni.

Come conseguenza di tali fenomeni progressivamente, ma inesorabilmente, la laguna va perdendo le sue forme originali, caratterizzate da fondali poco profondi, innervati da una potente rete di canali che, penetrando dalle bocche verso l'interno con successive e sempre più minute ramificazioni, giunge fin quasi ai suoi margini, portandovi i benefici effetti del periodico alternarsi delle maree alle bocche di porto e contribuendo in modo decisivo al ricambio delle acque.

Un tempo la fascia della laguna più prossima alla conterminazione, la cosiddetta *laguna morta*, era ricca di *barene*, tipiche forme lagunari le cui quote erano sufficientemente elevate per essere sommerse dalle acque solamente durante le fasi di più spinta alta marea. Tra le *barene*, solcate da una miriade di piccoli canali, si interponevano *chiari d'acqua* poco profondi, creando un tessuto morfologico estremamente articolato, a sua volta funzionale ad accrescere, dal punto di vista idrodinamico, il ruolo dei fenomeni dispersivi e, quindi, a favorire un migliore ricambio delle acque nelle zone idraulicamente più lontane dalle bocche.

Quelle sinteticamente descritte sono condizioni che stanno scomparendo. La laguna, anche a causa dell'azione congiunta dell'innalzamento del livello medio del mare e della subsidenza del suolo, ma non solo, ha visto drasticamente ridursi soprattutto durante l'ultimo secolo le superfici occupate dalle *barene*. Parallelamente si sono incrementate le profondità delle *velme* e delle zone d'acqua che si affiancano ai canali. Diversamente da un passato nemmeno tanto lontano, oggi i bassifondi della *laguna viva* non si scoprono più nemmeno durante gli stati di bassa marea eccezionale.

Il fenomeno è più accentuato nella laguna centrale tra i grandi canali navigabili. Qui il processo erosivo si va diffondendo, favorito proprio dalla presenza dell'ultima via d'acqua scavata dall'uomo, con effetti che sono incontrovertibili all'altezza della grande curva di Porto S. Leonardo, a testimonianza del ruolo non secondario del nuovo canale sugli importanti impatti ambientali osservati, che stanno influenzando in senso negativo la morfologia della laguna.

La tendenza all'approfondimento generalizzato dei fondali delle zone d'acqua ha di fatto annullato l'antico ruolo idrodinamico dei canali lagunari nel controllo

Nella pagina a fianco la laguna di Venezia e il territorio contermine in una recente immagine satellitare, prima dell'inizio dei lavori alle bocche di porto.

della propagazione della marea, modificando radicalmente il regime delle correnti in quasi tutta la laguna.
Molte analisi concordano nel descrivere questa anomala evoluzione della morfologia lagunare. Più controversa, invece, è l'individuazione delle cause dei processi osservati.
Se per alcuni studiosi sarebbero state soprattutto le opere realizzate dall'uomo in laguna a partire dal 1800 e le attività collegate al loro uso ad alimentare l'intensità dei fenomeni di degrado, per altri il ruolo di tali interventi non sarebbe stato così decisivo. Secondo costoro le trasformazioni registrate sarebbero ancora prevalentemente riconducibili ai secolari fenomeni naturali di innalzamento del livello medio del mare e di subsidenza del suolo, in una laguna non più alimentata, come nel lontano passato, da consistenti apporti di sedimenti fluviali. Il tutto quindi sarebbe incominciato dopo l'allontanamento, tra il XVI e il XVII secolo, dei grandi fiumi che sfociavano in laguna, come il Brenta, o che con la laguna stessa interferivano in occasione delle grandi piene, come il Piave.
È alla luce di queste considerazioni che deve essere valutata l'iniziativa del Comune di Venezia di promuovere la divulgazione di alcune famose mappe storiche della laguna, riunendole in un unico volume assieme alle più moderne carte idrografiche, ricostruite sulla base dei rilievi topografici esistenti, nel tentativo di fornire a un pubblico più vasto informazioni che non sono a volte di facile accesso.
Le brevi note di commento che si accompagnano alla cartografia si prefiggono lo scopo di portare qualche ulteriore elemento conoscitivo, per agevolare la lettura e il confronto tra le diverse configurazioni della laguna cartografate, volgendo l'attenzione ai caratteri che più direttamente si collegano ai problemi dell'idraulica lagunare.
Attraverso le diverse rappresentazioni iconografiche della laguna proposte si vuole in particolare aiutare il lettore a cogliere, in un percorso nel tempo, gli aspetti che maggiormente differenziano una situazione dall'altra, assieme alle trasformazioni morfologiche intervenute negli anni che intercorrono fra i rilievi di riferimento considerati.
L'interpretazione morfologica dei fenomeni del passato e di quelli in atto all'interno della laguna, che si accompagna ai commenti della cartografia e che è basata principalmente sui risultati delle attività di ricerca condotte in questi anni presso il Dipartimento di Ingegneria Idraulica, Marittima, Ambientale e Geotecnica dell'Università di Padova, non vuole in alcun modo portare il lettore verso tesi precostituite. Tale interpretazione, pur partendo da un'analisi ispirata ai criteri che sono propri della ricerca scientifica, sebbene sia sostenuta da risultati sottoposti al vaglio dei revisori delle autorevoli riviste internazionali che li hanno pubblicati, è per taluni aspetti pur sempre soggettiva. Essa potrebbe quindi non essere del tutto condivisa.
Con questi limiti, che è opportuno evidenziare, l'intenzione che ci si prefigge è soprattutto quella di aprire un confronto su temi che saranno decisivi per la sorti future della laguna, fornendo a ciascuno la possibilità di un approfondimento delle conoscenze, per stimolare qualche riflessione nei riguardi del destino di un ambiente prezioso, la laguna appunto, che è unico nel suo genere. Si tratta di un ambiente che, nonostante tutto, conserva ancora molti aspetti interessanti, meritevoli di essere tutelati e salvaguardati mediante azioni più incisive di quelle finora attuate.
Ridurre il "problema Venezia" alla sola questione della difesa dalle "acque alte", come frequentemente accade, è troppo semplicistico e lascia in secondo piano questioni che sarebbe, invece, urgente affrontare con la massima determinazione.
I problemi morfodinamici attuali, del tutto opposti a quelli che la Repubblica di Venezia fu chiamata a risolvere quando era all'apice della sua potenza politica ed

economica, sono stati paradossalmente in parte innescati da quei lontani provvedimenti, aggravati peraltro in misura determinante da successivi importanti interventi attuati dall'uomo all'interno della laguna.
Ora, quindi, non più difesa dagli interrimenti, come era accaduto a partire dal XIV secolo e fino all'allontanamento dei fiumi, ma contrasto deciso a processi erosivi sempre più intensi, che stanno inesorabilmente distruggendo il tessuto morfologico della laguna, trasformandola in un vero e proprio braccio di mare.
Sarebbe questo un cambiamento di indirizzo auspicabile, poiché ridarebbe ai problemi di salvaguardia e di tutela della laguna quella centralità alla quale per lunghi secoli si ispirò l'azione degli antichi idraulici che furono al servizio della Repubblica, seguendo l'impostazione dettata da Cristoforo Sabbadino, il più celebre fra tutti.
Dopo le indecisioni iniziali e anche non pochi insuccessi, i *savi sopra le acque* e i *proti inzegneri* della Serenissima seppero in modo incisivo difendere la laguna dai problemi dell'interrimento e dell'impaludamento, che allora la minacciavano, occupandosene con passione e competenza, si può dire fino agli ultimi giorni della Repubblica, quando gli echi del rullio dei tamburi e lo sferragliare degli zoccoli dei cavalli delle armate napoleoniche già si udivano a Venezia.
Non vi è dubbio che debba ascriversi a merito di questi capaci e fedeli servitori dell'antico Stato Veneto, se è stato tramandato ai posteri un ambiente, quello della laguna, del quale l'uomo del nostro tempo, con i propri comportamenti, a volte non sembra comprendere fino in fondo bellezza e unicità.

Uno dei molti aspetti contraddittori della Venezia che si affaccia sul terzo Millennio.
Una moderna nave da crociera, percorrendo il canale della Giudecca, sta portandosi verso la bocca di Lido per uscire in mare. Sullo sfondo, a confronto per le dimensioni, la struttura del Molino Stucky.
Forse i turisti viaggiatori non sanno che l'architettura di Piazza S. Marco e dei suoi edifici può essere colta meglio nel suo splendore osservandola da altezza d'uomo più che dalle alte murate di una nave da crociera (Foto Paolo Peretti).

2. Le mappe e le carte scelte per l'analisi

Obiettivo della raccolta cartografica, che si compone di otto carte tre delle quali di interesse prevalentemente storico, è quello di evidenziare in quale misura gli effetti delle opere realizzate dall'uomo hanno contribuito all'evoluzione morfologica della laguna nel corso degli ultimi secoli, sovrapponendosi ai processi naturali da sempre in atto nell'area della laguna di Venezia.
Considerate le finalità dell'analisi, punto di partenza non può che essere una famosa mappa redatta da Cristoforo Sabbadino nel 1556, nel momento in cui, dopo molte incertezze e accese discussioni, era stato da poco ultimato lo spostamento delle foci del Brenta e del Bacchiglione nella laguna di Brondolo, a sua volta separata con un'opera artificiale dalla laguna di Chioggia rispetto alla quale non vi erano all'epoca soluzioni di continuità per gli specchi liquidi.
Ci si soffermerà quindi sulla carta di Angelo Emo (1763), famoso ammiraglio che fu al servizio della Repubblica, anche se nella ricerca delle cause che hanno contribuito a modificare la morfologia lagunare ci si appoggerà per qualche considerazione alle configurazioni della laguna descritte nelle mappe di Sebastiano Alberti e di Antonio Gerolemo Vestri, che risalgono alla fine del XVII secolo.
La prima delle due mappe rappresenta lo stato della laguna nel momento in cui

Canali, bassifondi e barene interpunte da chiari d'acqua si alternano nella morfologia della laguna di Venezia, generando una variabilità dei fondali particolarmente funzionale al ricambio idrico (Foto Enrica Belluco).

la Repubblica decise di intraprendere le operazioni per la sua *conterminazione* (1611), volta a individuarne i limiti dal punto di vista amministrativo e a definire senza incertezze le parti da assoggettare a tutela particolare. All'interno del perimetro della *conterminazione*, le cui operazioni si conclusero solo nel 1792 pochi anni prima della caduta della Repubblica, terre emerse, superfici d'acqua e di *barena* sono ben individuate, rendendo possibile il confronto con le configurazioni della laguna rappresentate dalla cartografia successiva.
La carta di Antonio Gerolemo Vestri (1692) consente analoghi confronti, dopo circa ottant'anni dall'inizio delle operazioni di *conterminazione*. Essa fornisce inoltre interessanti indicazioni sui fondali della laguna lungo alcuni percorsi, che sono individuabili e per i quali in un allegato specifico sono riportati dall'Autore i valori delle profondità rilevate.
Risalgono ai primi anni dell'Ottocento i rilievi topografici eseguiti dal capitano napoleonico Augusto Dénaix (1809-1811), con l'intento di fornire lo stato dei fondali dei canali lagunari, che erano di interesse per la navigazione. Di questi rilievi, i primi a essere eseguiti con i moderni criteri topografici, è fornita la ricomposizione in un'unica tavola, unendo opportunamente le tavolette del rilievo originale nella versione riprodotta a cura di Giovanni Magrini (1934). L'interesse della carta di Augusto Dénaix risiede nel fatto che essa fornisce una illustrazione accurata delle condizioni della laguna prima dei grandi interventi che saranno realizzati a opera dell'uomo nel XIX e nel XX per favorire la navigazione, con riflessi sull'ambiente lagunare non proprio positivi.
La successiva carta di Antonio de Bernardi (1843) è a sua volta di grande rilievo, ma con riferimento ad aspetti di carattere amministrativo. La carta, infatti, è rivolta in modo specifico a definire lo stato delle valli da pesca insediate all'interno della laguna e a verificare i loro rapporti con le restanti parti del bacino lagunare subito dopo l'entrata in vigore del nuovo Regolamento di Polizia Lagunare (1841), alle cui prescrizioni le opere e gli interventi realizzati all'interno della *conterminazione*, per il soddisfacimento delle diverse esigenze, si sarebbero dovuti uniformare.
La configurazione della laguna nei primissimi anni del Novecento è rappresentata nella carta idrografica tratta dall'unione delle tavolette predisposte (1901) dal Corpo Reale del Genio Civile di Venezia. Si tratta del primo rilievo che riporta in forma generale ed estesa, accanto alle profondità dei canali, quelle delle *velme* e degli specchi d'acqua posti in adiacenza ai canali stessi nonché le quote delle superfici occupate dalle *barene*. Rispetto al rilievo eseguito da Augusto Dénaix, limitato per le profondità ai soli canali, la carta aggiunge pertanto informazioni preziose, introducendo un sicuro punto di riferimento per valutare le modificazioni dei fondali della laguna, che interverranno nel corso di tutto il XX secolo.
Al rilievo del 1901, fa seguito la carta idrografica della laguna del 1932, composta sulla base di accurati, sistematici, rilievi topografici e batimetrici eseguiti a cura dell'Ufficio Idrografico del Magistrato alle Acque di Venezia.
I rilievi sono riferibili a operazioni condotte prevalentemente sul finire degli anni venti, ma conclusi nei primi anni del decennio successivo.
Nella carta è rappresentata la configurazione della laguna in un periodo in cui da pochi anni era stato aperto il nuovo canale navigabile Vittorio Emanuele, per il collegamento della I Zona Industriale di Porto Marghera con la Stazione della Marittima e quindi con il mare, mentre erano stati ripresi con grande determinazione i lavori per il completamento dei moli alla bocca di Chioggia, che sarebbero stati ultimati di lì a pochi anni (1934).
Nel 1970 fu eseguito un ulteriore rilievo topografico, che ricostruisce con lo stesso dettaglio del rilievo del 1932 lo stato dei fondali dei canali lagunari, delle zone d'acqua adiacenti e delle *velme*, riportando inoltre le quote delle superfici di *barena* e delle terre emerse all'interno della *conterminazione*.

Il rilievo cade negli anni immediatamente successivi al completamento dello scavo del tanto discusso canale navigabile Malamocco-Marghera, le cui conseguenze morfodinamiche sulla laguna sono state fin da subito al centro di polemiche mai sopite e anzi costantemente rinnovate. Polemiche che ancor oggi sono più che mai di attualità, per le voci che indicherebbero la volontà di procedere al potenziamento della via d'acqua, in particolare al suo approfondimento, per renderla agibile alle più moderne navi da trasporto, caratterizzate da dimensioni e da volumi di carena che però mal si conciliano con la realtà dei fondali lagunari e con la loro morfologia.
La raccolta è completata dalla carta idrografica della laguna ricostruita sulla base dei rilievi più recenti eseguiti (2003), resi disponibili dal Magistrato alle Acque di Venezia attraverso il Consorzio Venezia Nuova, suo concessionario unico per le opere in fase di realizzazione alle bocche di porto.
Si tratta di un rilievo che, per confronto con le altre carte idrografiche riunite nella raccolta, permette di evidenziare le più recenti modificazioni intervenute sulla morfologia lagunare, offrendo spunti per non poche riflessioni sulla superficialità, in generale, del comportamento dell'uomo moderno nei confronti dei problemi, gravi quanto evidenti, della salvaguardia e della tutela della laguna.
Per facilitare la consultazione, tutta la cartografia proposta, anche quella storica, è riprodotta nelle carte allegate alla stessa scala 1:75.000, più che adeguata per fornire una visione d'insieme della laguna, senza togliere la possibilità di qualche analisi di dettaglio. In ciascuna delle carte idrografiche, inoltre, lungo i canali e nelle zone d'acqua adiacenti sono riportate alcune quote, per permettere un qualche confronto quantitativo, sia pure di carattere indicativo.
Va da sé che quanti non trovassero adeguata per le proprie valutazioni la scala prescelta per la riproduzione delle carte, costoro hanno sempre la possibilità, relativamente alla cartografia più moderna, di consultare le tavolette dei rilievi originali, che sono disponibili presso il Servizio Informativo del Magistrato alle Acque.
Tutte le carte, oltre che in allegato, sono inserite con una scala di riduzione molto spinta nel testo di commento che le accompagna, in modo da permettere al lettore di cogliere con immediatezza gli aspetti più interessanti di ciascun documento.
Il semplice confronto tra le diverse configurazioni della laguna rappresentate non consente di comprendere in quale misura le trasformazioni evidenziate siano state influenzate da una parte dai processi naturali, dall'altra dagli interventi antropici. È del resto estremamente complesso individuare attraverso quale filo conduttore sia stato possibile passare dalla situazione documentata per il bacino lagunare nel momento dell'estromissione dei fiumi alla laguna dei nostri giorni, così profondamente diversa nelle sue forme caratteristiche.
Pur con qualche limite, i più recenti risultati della ricerca nel campo dell'idrodinamica e della morfodinamica lagunare possono aiutare a inquadrare le più importanti modificazioni risultanti dai rilievi topografici e a individuare le cause dei processi che le hanno determinate, attribuendo loro un peso relativo, quantomeno con riferimento alle più significative trasformazioni osservate.
Appoggiandosi a tali risultati, in particolare a quelli derivanti dalla modellazione matematica del comportamento idrodinamico della laguna nelle sue diverse configurazioni e dei processi morfologici che le caratterizzano, si tenterà di formulare una previsione sulla probabile futura evoluzione del bacino lagunare, nell'ipotesi che le condizioni al contorno e le forzanti esterne permangano nel loro stato attuale.
Si tratta di condizioni che non sono in grado di determinare, come invece sarebbe auspicabile, una decisa inversione di tendenza dei fenomeni in atto, soprattutto dei processi erosivi, i quali porteranno fatalmente, in tempi relativamente

brevi, alla perdita di quanto ancora rimane delle antiche forme lagunari.
È da evidenziare per inciso che per gli aspetti morfologici sarà del tutto marginale il ruolo futuro delle opere alle bocche in corso di realizzazione, le quali potranno difendere i centri storici lagunari dalle "acque alte", ma non saranno in grado né di ridurre apprezzabilmente rispetto alla condizione attuale la perdita netta di sedimenti negli scambi laguna-mare, né tantomeno di incidere sui processi che controllano la risospensione dei sedimenti, e quindi i processi erosivi, all'interno della laguna
Nel contesto dei nostri giorni, in cui l'attenzione dell'opinione pubblica è sempre e comunque catalizzata verso il problema della difesa dalle "acque alte", l'eventualità che l'azione di salvaguardia della laguna riassuma quella centralità che ebbe al tempo della Repubblica sembra quanto mai remota.
È perciò concreta la prospettiva che fra non molti anni con riferimento a Venezia si debba parlare non tanto di laguna, quanto piuttosto di "laguna perduta".

1556 2.1 Mappa della laguna di Venezia al tempo di Cristoforo Sabbadino

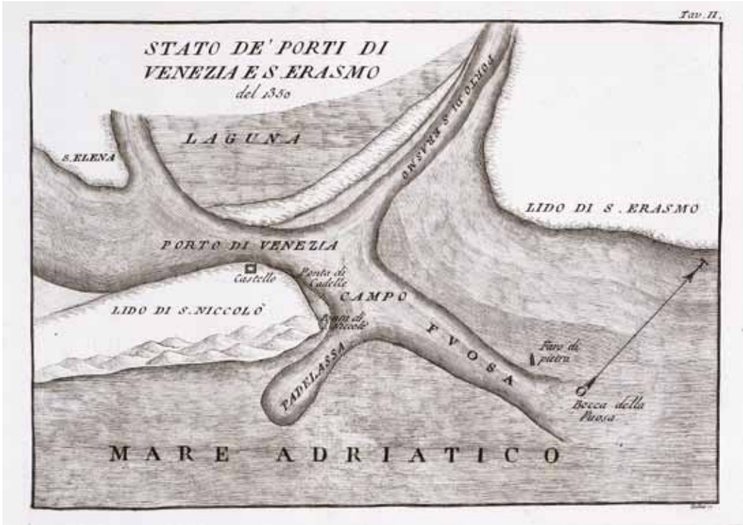
La mappa fornisce una rappresentazione complessiva dello stato del territorio veneto compreso tra la foce dell'Adige, al limite meridionale, e la foce del Piave, al limite settentrionale. Redatta in copia da Angelo Minorelli nel 1695 sulla base della carta originale predisposta da Cristoforo Sabbadino nel 1556, nella mappa sono individuabili i caratteri salienti della struttura morfologica della laguna Accanto agli specchi d'acqua della parte più prossima alle bocche, ben rappresentate e distinguibili sono anche le superfici di barena, disposte in prossimità della laguna viva, e le terre basse adiacenti. Queste ultime sono individuabili per il tratteggio e per il colore più scuro e intercludono numerose zone d'acqua, alcune di rilevante estensione. (ASVE, S.E.A., disegni, Laguna, n. 13)

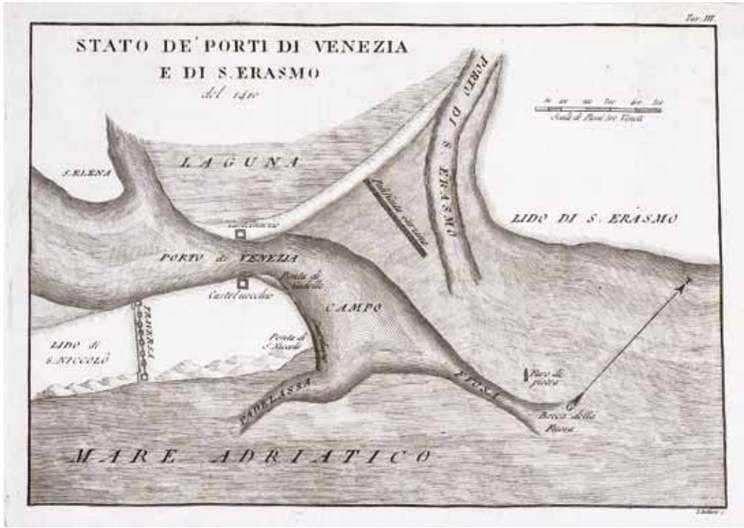
La mappa è una tra le molte realizzate da Cristoforo Sabbadino, il più famoso e autorevole degli antichi idraulici che furono al sevizio della Repubblica di Venezia. Essa delinea lo stato della laguna in un momento cruciale della sua evoluzione, quando, dopo molte indecisioni e non meno numerosi insuccessi, si decise che il Brenta dovesse essere estromesso dalla laguna e portato assieme al Bacchiglione direttamente al mare attraverso la foce della laguna di Brondolo. Quest'ultima fu separata dalla contigua laguna di Chioggia mediante un'opera artificiale (il famoso *parador* di Brondolo), formata con pali verticali infissi, collegati trasversalmente tra loro mediante pertiche orizzontali, posti a sostegno di un sistema di graticci di *grisiole*, in attesa di una più stabile divisione come conseguenza dei fenomeni di deposito dei sedimenti convogliati dai due fiumi, che si sarebbero determinati a ridosso della struttura.
Il problema dell'interrimento di vaste superfici della laguna di Venezia a opera del Brenta trovò soluzione solamente con l'adozione di questo drastico provvedimento, dopo essere stato invano contrastato nel corso del XIV secolo con gli interventi di intestadura, per allontanare a Bocca Lama nel bacino di Malamocco le acque del fiume recapitate a Fusina, e ancora nel secolo successivo con la

Particolare tratto da una mappa di Cristoforo Sabbadino del 1557 con evidenziato lo sbocco del Brenta e del Bacchiglione nella laguna di Brondolo, dopo l'allontanamento dalla comune foce in laguna di Conche. Chiaramente individuabile la posizione del parador, realizzato per separare la laguna di Brondolo da quella di Chioggia a difesa di quest'ultima. (BNMVE, mss.it.IV, 485 [=5350])

realizzazione di una serie di diversivi che si staccavano all'altezza di Oriago e di S. Bruson di Dolo ed erano portati a sfociare nel bacino di Malamocco, lontano dalla città.
L'estromissione del Brenta e del Bacchiglione ebbe esiti decisivi per le sorti della laguna e segnò l'inizio di una inversione di tendenza nella sua evoluzione morfologica.
Dominata fino a quel momento dai fenomeni di deposito dei sedimenti introdotti dalle correnti fluviali, la laguna incominciò a essere interessata da processi erosivi, inizialmente a prevalente sviluppo orizzontale e poi con forti componenti in senso verticale.
Pur con qualche inevitabile imprecisione dal punto di vista cartografico, soprat-

In alto, gli antichi "tre porti" della laguna superiore nel 1350. Il porto di S. Nicolò è decisamente orientato a levante, anche se è già segnalata la tendenza di un ramo della foce (la cosiddetta Padelassa) a disporsi a ridosso del lido, piegando verso sud.
Sotto, gli antichi "tre porti" nel 1400. È manifesta la tendenza di porto S. Nicolò a piegare decisamente verso sud, nel suo tratto di collegamento con il mare, sviluppando un canale di accesso alla laguna rinserrato tra la barra di foce e il litorale. La mappa evidenzia tra l'altro la posizione della famosa garzina, molo esterno radicato sul lido di S. Erasmo con il quale la Serenissima tentò invano di garantire l'officiosità del porto di Venezia, riuscendo solo a ritardarne la rovina.
(Bernardino Zendrini, 1811
Biblioteca Centrale della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Padova)





tutto con riferimento alla posizione di Venezia rispetto all'immediato retroterra, la mappa fornisce una soddisfacente rappresentazione della morfologia della laguna cinquecentesca.
Appare in tutta evidenza la potente struttura dei canali lagunari che si dipartono dalle bocche di porto e, penetrando verso l'interno, innervano l'intero bacino lagunare, giungendo con ramificazioni successive, anche minute, fino ai limiti delle terre basse che si affacciano sulla laguna.
Ben delineata è la morfologia generale dei lidi che delimitano sul lato a mare la laguna e si affiancano alle bocche, confinandole. Pur non rappresentate dalla mappa, opere di difesa sporgenti dalla linea di riva sono già presenti in alcuni tratti di litorale contro gli attacchi del mare e a protezione delle foci.
Rilevante, nella laguna superiore, quasi di fronte a Venezia,la presenza di più bocche. Innanzitutto gli antichi "tre porti" di S. Nicolò, il vero porto di Venezia che permette alle navi di entrare nel bacino di S. Marco direttamente dal mare, di S. Erasmo, per accedere agli specchi d'acqua compresi tra Murano e Burano,

e di Treporti, il cui canale penetra in direzione di Torcello, di Mazzorbo e della laguna superiore.
In posizione intermedia fra i "tre porti" e la foce del Piave, si individua la bocca di Lio Maggiore, attiva e in grado di mantenersi aperta nonostante l'intensità del trasporto solido sostenuto dalle correnti costiere generate dalla propagazione sotto riva del moto ondoso.
In quel tempo, l'apporto di sedimenti ai cordoni litoranei, sostenuto in modo intenso dal Piave non ancora deviato dal suo sbocco al mare di Jesolo, creava non pochi problemi alle foci lagunari che alimentavano la laguna superiore e una parte della laguna centrale, favorendo la formazione di fronte alle foci stesse di depositi di sabbia potenti e la presenza di fondali poco profondi.
La posizione fortemente arretrata del litorale dell'isola di S. Erasmo e la distanza tra i lidi del Cavallino e di S. Nicolò giustificano ampiamente le difficoltà incontrate dai Veneziani nei loro tentativi di mantenere l'officiosità delle bocche, in particolare della bocca di S. Nicolò la più importante fra tutte. Diversamente da quanto era avvenuto fino alla fine del XIV secolo, quando il canale del porto era decisamente orientato a levante ed era in grado di mantenere spontaneamente la sua officiosità, al tempo di Cristoforo Sabbadino esso era piegato decisamente a meridione, rinserrato tra il lido e la barra di foce esterna, che, alimentata dal trasporto litoraneo, andava crescendo pericolosamente.
I numerosi provvedimenti adottati per contrastare il deposito di sedimenti di fronte ai "tre porti", per evitare la loro occlusione, non sortirono gli esiti sperati. L'attivazione del flusso delle correnti di marea lungo il porto di S. Nicolò, intrapresa fra non pochi contrasti anche mediante l'ampliamento dell'estensione del bacino lagunare dominato dal porto stesso, in ossequio al celebre aforisma *gran*

La laguna centrale in una mappa di Cristoforo Sabbadino del 1546. Sono evidenziate le posizioni dell'argine di intestadura, con il retrostante canale per la deviazione a Bocca Lama delle portate del Brenta di Fusina e di altri corsi d'acqua minori, e del traversagno, difesa formata con pali di castagno e graticci di canna palustre, costruita nel tentativo di mantenere lontane da Venezia le torbide recapitate in laguna di fronte alla bocca di Malamocco. L'esito idraulico di queste opere fu discutibile, in quanto entrambe non furono in grado di garantire gli obiettivi per cui erano state concepite. Per sormonto o come conseguenza di brecce nelle strutture, le torbide continuavano a interessare gli specchi d'acqua limitrofi a Venezia, favorendo il loro interrimento.
(ASVE, S.E.A., disegni, Laguna, n. 9)

laguna fa gran porto, non fu performante. Prova ne sia che il porto di S. Erasmo, chiuso una prima volta nel 1351 per favorire l'approfondimento della foce di S. Nicolò, fu riaperto appena 9 anni dopo, non avendo l'intervento portato agli esiti sperati dai suoi promotori.

Né migliori risultati si ottennero a seguito della costruzione di moli di indirizzamento della corrente, come la famosa *garzina*, che era radicata al litorale di S. Erasmo. Realizzata con una doppia fila di pali riempita con pietrame e rinforzata all'esterno con una gettata in scogliera, la *garzina* doveva nelle intenzioni sovrapporre l'azione ripulitrice delle correnti di marea in uscita dalla bocca di S. Erasmo a quella delle stesse correnti che percorrevano il canale di S. Nicolò. Le tormentate vicende che accompagnarono la costruzione della *garzina*, prima allungata fino a circa 800 m, poi riaccorciata e distrutta (1519), quindi rinnovata e irrobustita (1533-35), testimoniano dei suoi esiti poco significativi sulla soluzione del problema della navigabilità della bocca di S. Nicolò.

Del resto a questa conclusione era giunto con una straordinaria intuizione lo stesso Cristoforo Sabbadino. Il celebre *proto inzegner* della Repubblica, forte di una non comune esperienza e della propria conoscenza della laguna, aveva compreso le cause dell'insuccesso dei tanti interventi realizzati per il mantenimento di fondali adeguati in ingresso al porto di S. Nicolò. Tant'é che in un suo scritto, il famoso idraulico annotava *che il governo della fuosa e canali fuori dal porto non procede dall'acqua della laguna principalmente, ma dalle stagioni, dai tempi, dalle fortune di fora, che regnano più ad un modo che ad un altro.*

Impossibilità quindi di mantenere fondali sufficienti di fronte agli antichi "tre porti", essendo il loro stato dominato non dalle correnti di marea, ma dalle mareggiate e dalle correnti costiere indotte dal moto ondoso a ridosso dei lidi.

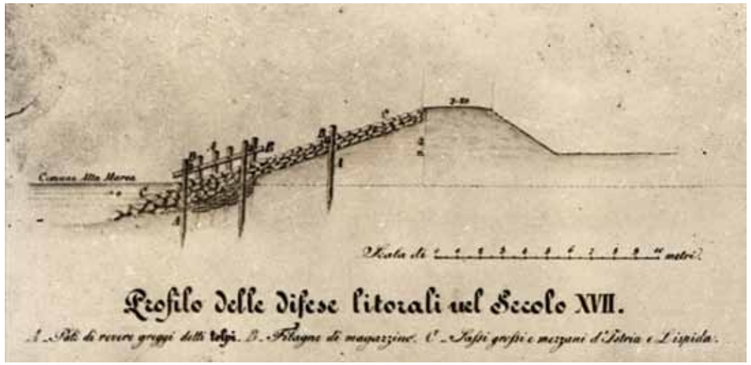
Di qui i risultati non proprio felici dei provvedimenti intrapresi, non essendo possibile realizzare con le tecniche costruttive e le tecnologie in allora disponibili strutture maggiormente protese verso il mare. Questa soluzione sarebbe stata necessaria per impedire di fronte alle foci lagunari la formazione di barre e di fondali ridotti, che ne pregiudicavano l'officiosità quando addirittura non ne determinavano l'occlusione, come fu nel caso dell'antica bocca di Albiola, vicino

Nella pagina a fianco, pianta della città di Venezia nella seconda metà del XVI secolo (1557). Tratta da un documento redatto da Cristoro Sabbadino, in essa sono evidenziate tra l'altro le strutture perimetrali previste a difesa del tessuto urbano dall'azione delle acque. (ASVE, S.E.A., disegni, Laguna, n. 14)

Pianta della città di Chioggia. La mappa, redatta da Cristoforo Sabbadino nel 1557, illustra la particolare struttura del tessuto urbano di questo importante centro lagunare. (ASVE, S.E.A., disegni, Laguna, n. 16)

Planimetria della Valle da pesca Milixon nel XVI secolo. La valle, che occupa specchi d'acqua della laguna viva proprio di fronte alla bocca di Malamocco, è perimetrata con graticci formati da mazzetti di canna palustre accostati, permeabili al flusso delle correnti di marea. La marea superandoli, si poteva espandere nell'area valliva sia pure incontrando apprezzabili resistenze al moto.
(ASVE, S.E.A., disegni, Laguna, n. 11)

a Malamocco, o di alcune bocche minori che si aprivano un tempo sui lidi della laguna superiore.
Ai limiti della laguna viva, la mappa rappresenta con colori più tenui le zone occupate dalle *barene*. Egualmente rappresentate le superfici, ben più estese, delle *terre basse* che fanno da corona alla laguna. Tali superfici sono identificabili per la loro rappresentazione nella mappa con colori leggermente più scuri e a tratteggio e per essere interpunte da numerosi specchi d'acqua permanenti, alcuni di apprezzabili dimensioni. Data la differenziazione loro attribuita nella rappresentazione rispetto al territorio circostante, non è escluso che nella realtà si trattasse di aree sommergibili dalle acque, sia pure solo in occasione delle più alte maree.
Sempre ai margini della laguna, all'altezza di Venezia è segnalato nella mappa un canale che si sviluppa in adiacenza all'argine di intestadura (*Cava Nova*), con la funzione di intercettare le portate dei corsi d'acqua minori che si immettevano in laguna di fronte alla città.
Il primo ramo del canale, esteso a settentrione, era destinato a catture le acque, tra gli altri, del Marzenego e del Dese, mentre il secondo ramo, diretto in senso opposto verso la laguna centrale, raccoglieva gli apporti del Muson e le portate residue recapitate a Fusina dal Brenta Vecchio, per indirizzarle come un tempo a Bocca Lama nel bacino di Malamocco di fronte all'isola di S. Marco, che sarebbe poi scomparsa.
La finalità era quella di evitare importanti introduzioni di acque fluviali negli specchi d'acqua limitrofi a Venezia sia per ragioni sanitarie sia per contrastare lo sviluppo del canneto e quindi l'impaludamento. Producendo suolo organico in grande quantità, il canneto aggravava oltretutto con i suoi effetti negativi i fenomeni di interrimento dovuti alla sedimentazione delle torbide introdotte dal Brenta.
Il problema dell'impaludamento fu particolarmente avvertito nel corso del XV secolo quando per la forte dolcificazione delle acque il canneto si era sviluppato



Una sezione schematica delle difese radenti utilizzate nel XVI, ma anche fino ai primi decenni del XVII secolo, per la difesa contro gli attacchi del moto ondoso dei lidi che separano la laguna dal mare.
I materiali utilizzati, legname e pietrame, garantiscono una limitata durata nel tempo delle opere.
Le parti formate con elementi in legno, ora sommerse dalle acque ora da queste lasciate, necessitavano di periodici interventi di manutenzione, volendo conservare l'efficacia delle difese.
(Dipartimento IMAGE dell'Università di Padova)

fino ai limiti di Venezia, come testimoniano alcuni toponimi, creando non poche preoccupazioni. Tant'è che il Senato della Repubblica decise di monitorarne con attenzione l'avanzamento rispetto a punti di riferimento prestabiliti, materializzati mediante l'infissione di appositi pali di traguardo.
Nessuna informazione, invece, è fornita dalla mappa sullo stato delle *valli da pesca*, un'altra importante realtà lagunare già allora esistente e, non diversamente da oggi, al centro di contrasti e di polemiche.
Basti ricordare che prima dell'anno mille il famoso monastero di S. Ilario possedeva ai margini della laguna specchi d'acqua indicati come *valles piscium* e che il doge Vitale I Michiel donava nel 1098 al monastero di S. Benedetto del Po Vecchio un'area lagunare, identificata come *Piscaria Cornium*, confinante con un'altra valle, detta *Maggiore*, di proprietà dogale. Di esse si parla, tra gli altri, in un documento del Magistrato dei Pregadi del 1425 e ancora, ai tempi di Cristoforo Sabbadino, in un documento del 1535, secondo il quale le valli presenti all'interno della laguna in quel momento storico sarebbero state addirittura 71.
Tra il XV e il XVII secolo, la dislocazione delle valli da pesca e i loro effetti idraulici, giudicati negativi per la salvaguardia della laguna, furono al centro di vivaci discussioni, sovrapponendosi alla questione della diversione dei fiumi, peraltro ben più decisiva per il destino della laguna.
Pur non disponendo né di indicazioni cartografiche attendibili sull'ubicazione delle valli nel secolo XVI, né di loro elenchi affidabili, numerosi riferimenti scritti portano a ritenere che, diversamente da oggi, molte delle valli da pesca fossero insediate nella *laguna viva*, ovvero in quella parte del bacino lagunare che più direttamente era funzionale a un attivo regime di scambi di portata mare-laguna.
Quando la Repubblica, dopo le incertezze iniziali, decise di assoggettare a una rigorosa politica di salvaguardia la propria laguna, proprio in conseguenza di tale scelta la presenza delle valli da pesca all'interno della *laguna viva* fu decisamente osteggiata. Ne derivarono non pochi provvedimenti contro le valli da parte del Senato, con decisioni che determinarono in alcuni casi la forzata riapertura alla libera espansione delle maree degli specchi d'acqua perimetrati, in altri, qualche parziale riammissione, ma solo in situazioni in cui la loro presenza non fosse giudicata pregiudizievole per il migliore regime idraulico della laguna.

1763 2.2 Mappa della laguna di Venezia al tempo di Angelo Emo

La mappa fornisce una rappresentazione accurata dello stato della laguna di Venezia all'inizio della seconda metà del '700. Redatta da uno degli ultimi famosi ammiragli che furono al servizio della Repubblica di Venezia, la mappa permette di individuare accanto alla potente rete di canali che, partendo dalle bocche, innerva il bacino lagunare, le particolari strutture morfologiche della laguna morta, che sono descritte con grande dettaglio. In questa parte della laguna le estese e frastagliate superfici di barena sono interpunte da numerosi specchi d'acqua e sono solcate da una minuta rete di canali multiconnessi, formando un ambiente con caratteristiche morfologiche uniche, che nel nostro tempo si vanno purtroppo perdendo.
(ASVE, S.E.A., disegni, Laguna, n. 167)

La mappa illustra lo stato della laguna a poco meno di un secolo dagli ultimi grandi interventi attuati dalla Repubblica di Venezia a difesa della propria laguna dagli interrimenti causati dai fiumi. Dopo le molte incertezze e gli insuccessi del XIV secolo con i provvedimenti di intestadura, per impedire alle acque del Brenta di espandersi in vicinanza di Venezia, e gli esiti non del tutto soddisfacenti del secolo successivo, durante il quale fu realizzata una serie di diversivi per convogliare direttamente nel bacino di Malamocco le torbide del fiume recapitate a Fusina, la Repubblica, sotto l'impulso decisivo di Cristoforo Sabbadino, aveva concretizzato l'idea preconizzata da Marco Cornaro di distogliere dalla laguna tutti i fiumi che vi si immettevano.
Ai limiti del bacino centro-meridionale sono ben individuati nella carta il nuovo corso del Brenta, portato nel XVI secolo a sfociare nella laguna di Brondolo assieme al Bacchiglione, e il tracciato di un nuovo canale artificiale, il Taglio Novissimo. L'alveo del Novissimo, scavato nel 1610, scorre ai limiti della laguna, dirigendosi a sua volta verso Brondolo. La laguna di Brondolo, separata

Il Lago della Piave, grande palude costiera nella quale fu inizialmente deviato il fiume mediante la realizzazione di un taglio diritto fra S. Donà e località Palazzetto nel tentativo, fallito, di spostarne lo sbocco al mare a Porto S. Margherita. Qui era stabilita la foce del Livenza, a sua volta spostato più a nord nella laguna di Caorle.
(Bernardino Zendrini, 1811
Biblioteca Centrale della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Padova)

Il progetto del Taglio del Sile concepito per distogliere il fiume dal suo sbocco in laguna. L'intervento, realizzato a difesa dall'impaludamento della laguna superiore e in particolare dei centri di Torcello e Mazzorbo si completava con il collegamento del Taglio all'alveo abbandonato del Piave a Caposile.
(Bernardino Zendrini, 1811
Biblioteca Centrale della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Padova)

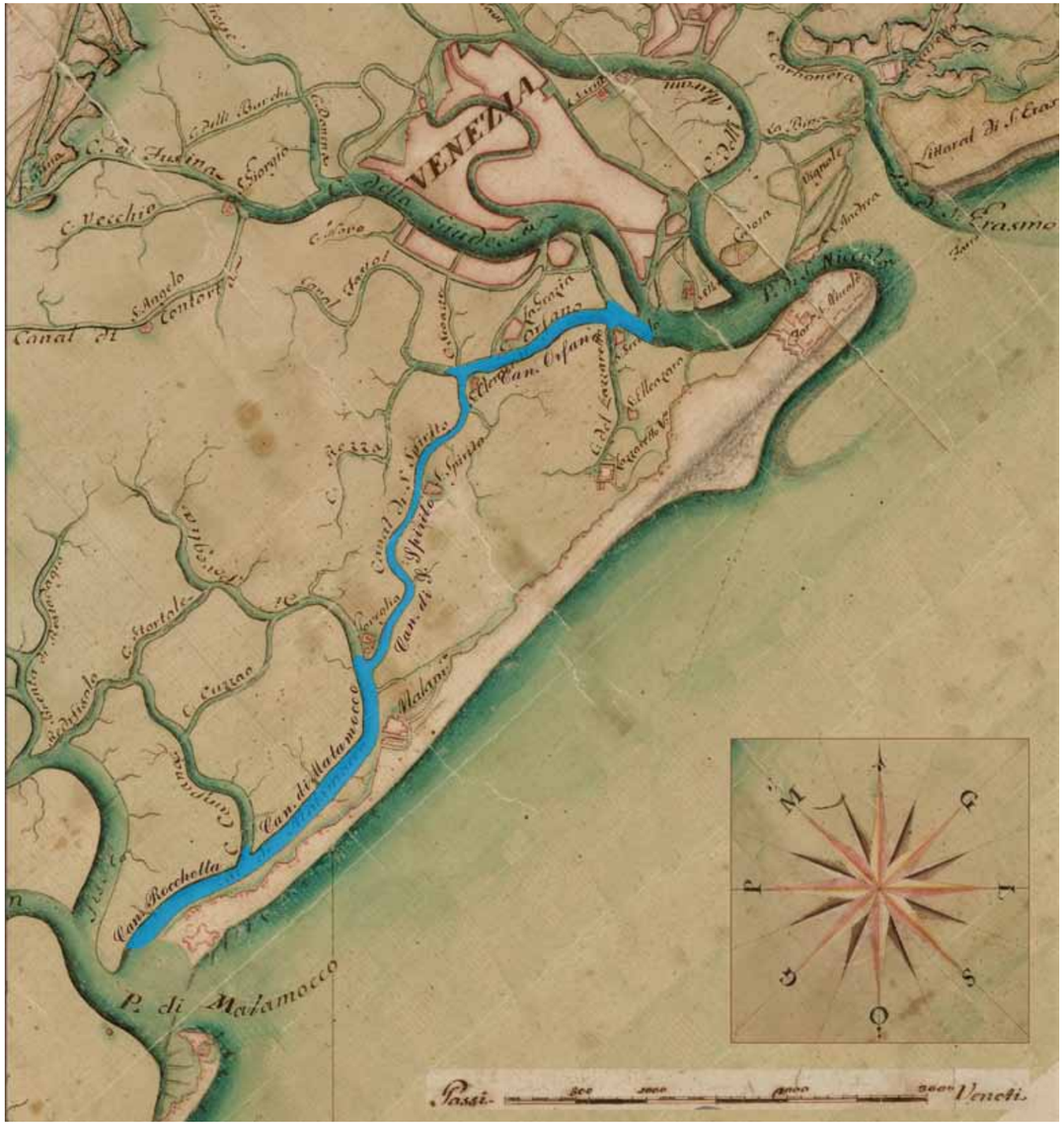
Estratto di una mappa della laguna di Venezia, redatta da Cristoforo Sabbadino nel 1557. Sono illustrati i grandi interventi ipotizzati dal famoso idraulico della Serenissima per distogliere i fiumi dalla laguna superiore e salvaguardarla dai processi di impaludamento. Un canale, che scorre a ridosso dell'argine di guardia, evidenziato in rosso, doveva raccogliere e deviare dalla laguna, oltre alle acque del Sile, quelle di altri fiumi, tra i quali il Muson, il Marzenego, lo Zero e il Dese, per portarle insieme al mare alla foce di Lio Maggiore, attraverso un ultimo tratto di percorso lagunare entro l'omonimo canale. Nell'attraversamento di Valle Dogà e di Valle Dragojesolo l'argine realizzato in destra avrebbe dovuto separare il canale dalla restante laguna, sacrificando all'impaludamento e all'interrimento specchi d'acqua appartenenti alle due valli, ma garantendo la difesa della restante parte del sistema lagunare. (BNMVE, mss.it.IV, 485 [=5350])

nel momento della diversione del Brenta dall'adiacente bacino di Chioggia con un'opera artificiale, appare ora quasi totalmente interrita dagli apporti solidi dei fiumi che vi erano stati immessi, a salvaguardia della laguna.

Sempre con riferimento al Novissimo, al quale all'altezza di Mira si congiunge il Taglio di Mirano costruito solo tre anni dopo per recapitarvi, tra le altre, le acque del Muson Vecchio, il canale sostituisce nelle funzioni idrauliche la *Cava Nova* rappresentata nella mappa di Cristoforo Sabbadino del 1556 secondo un tracciato alquanto più lontano da Venezia.

Ancora ai margini della laguna, ma questa volta in direzione nord-est, scorre il canale Osellino, destinato ad assolvere le funzioni riservate all'altro ramo (quello diretto verso la laguna superiore) della già citata *Cava Nova*.

Quasi completamente definiti dalle operazioni di *conterminazione* i limiti amministrativi della laguna da assoggettare ad apposita regolamentazione, nella porzio-



ne di territorio che resta compresa fra il Taglio Novissimo e il bordo della *laguna viva*, sono individuabili alcuni importanti canali che sono giunti fino a noi. Tra questi il Bondante di Sopra e il Bondante di Sotto, oltre a una serie di tagli artificiali (le cosiddette *tajade*) che incidono le aree barenicole e hanno il compito di agevolare il collegamento fra la terra ferma e gli specchi d'acqua lagunari più attivi e vicini alle bocche.

Al limite della laguna superiore è cartografato un nuovo alveo artificiale, il Taglio del Sile.

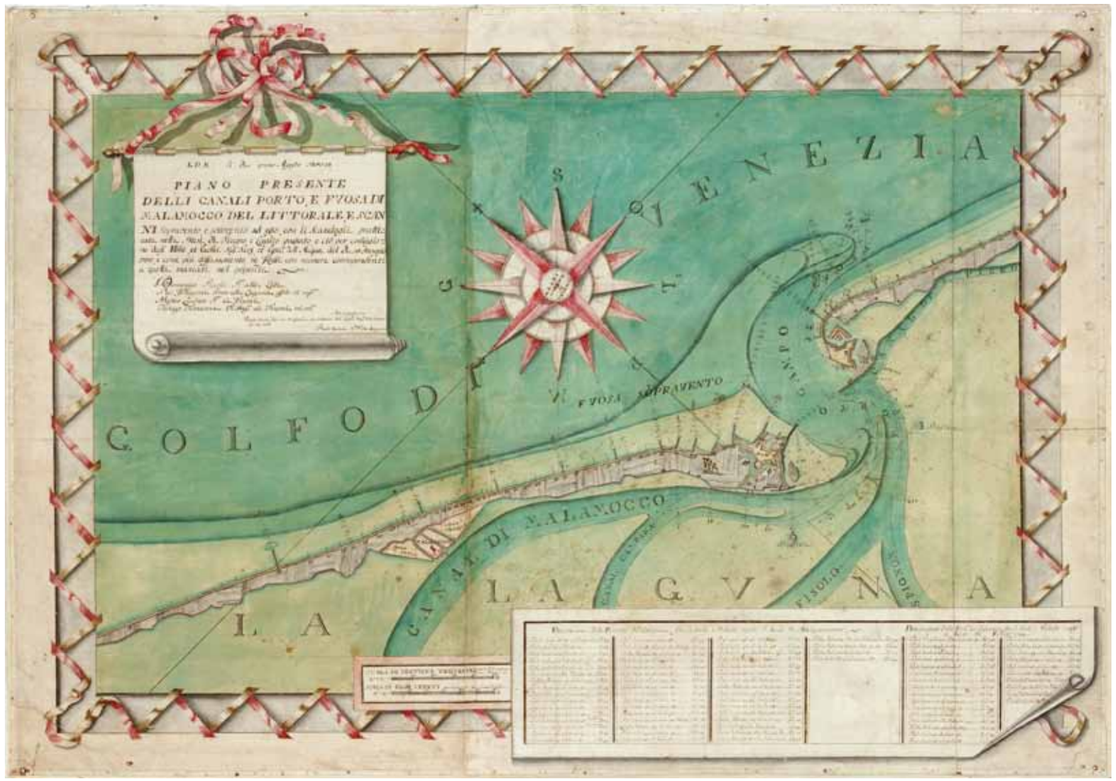
Deviato alquanto più a nord il Piave (1664-1682), dopo la rotta della Landrona (1682) che portò il fiume a stabilire definitivamente la propria foce a Cortellazzo, mediante il Taglio, appositamente scavato, furono distolte dalla laguna le abbondanti portate di risorgiva del Sile, recapitandole a Caposile e da qui, attraverso l'alveo abbandonato del Piave, alla foce di Jesolo, che da allora proprio per questo

Il tracciato del canale di S. Spirito percorso dalle navi che, entrando dalla bocca di Malamocco, sono dirette agli attracchi del porto di Venezia in bacino S. Marco. Dopo essere stato scavato, il canale è stato ripetutamente ricalibrato nelle sue sezioni in modo da adeguarlo ai fondali via via crescenti richiesti dalle navi mercantili e militari.
La sua importanza non è venuta meno dopo la riunione nella bocca di Lido degli antichi "tre porti" ed è andata riducendosi solo con l'apertura del canale Malamocco-Marghera.
(particolare ASVE, S.E.A., disegni, Laguna, n. 167)

Una mappa del litorale fra San Nicolò e Malamocco nel tratto più prossimo a quest'ultima bocca. La mappa di Nicolò Dal Cortivo, che risale al XVI secolo, ha un grande interesse di carattere idraulico. Essa evidenzia la tipologia e l'ubicazione delle opere costruite dalla Repubblica a protezione delle foci lagunari e a difesa dei lidi contro l'erosione costiera, testimoniando la cura costante riservata alla protezione delle strutture morfologiche che garantivano la separazione mare-laguna. (ASVE, S.E.A., disegni, Lidi, n. 1)

motivo si è chiamata di *Piave Vecchia*.
Le portate del Sile, oltre a favorire l'impaludamento degli specchi d'acqua nei quali erano recapitate, comportavano per alcune parti della laguna superiore seri problemi di ordine sanitario, per l'eccessiva dolcificazione delle acque. Tant'é che alcuni storici insediamenti, quali Torcello e Mazzorbo, dovettero essere, temporaneamente abbandonati.
Con l'allontanamento del Sile dalla laguna si realizzava, seppur non puntualmente rispetto alla proposta originale, il grande piano sviluppato con soluzioni concrete da Cristoforo Sabbadino per distogliere i maggiori fiumi dalla laguna.
Nello specifico del Sile, il celebre idraulico aveva addirittura suggerito una soluzione ben più radicale di quella realizzata, indicando la necessità che alle acque del fiume si unissero quelle del Bottenigo (ovvero del Musone e del Marzenego), del Dese e dello Zero, tutte deviate a settentrione mediante lo scavo di un apposito canale che partiva all'altezza di Mirano. Attraversando le valli Dogà e Dragojesolo, le acque così raccolte dovevano poi essere portate al mare per il *Canal de Lio Mazor* e la foce omonima.
Nel previsto attraversamento lagunare per il superamento di tali valli, secondo Cristoforo Sabbadino il canale avrebbe dovuto essere arginato verso laguna, sottraendo alla libera espansione della marea una piccola parte di bacino lagunare, che sarebbe stata sacrificata nell'interesse più generale di difendere dall'impaludamento e dagli interrimenti ampie parti della laguna superiore.
Variazioni di un qualche rilievo rispetto alla laguna cinquecentesca si osservano ai limiti della *laguna viva* di fronte alla bocca di Malamocco, dove in un primo tempo era stato deviato il Brenta di Fusina, in parte attraverso il canale endolagunare scavato a tergo dell'argine di intestadura, in parte mediante i molti diversivi realizzati nel corso del XV secolo partendo da Oriago e da S. Bruson di Dolo.
All'epoca di Angelo Emo l'antico delta, che si era formato in laguna per gli apporti solidi del fiume e dei suoi diversivi, è in fase di evidente demolizione, come del resto l'ultimo tratto di canale che convogliava a Bocca Lama le acque raccolte a Fusina.
Di fronte a Malamocco egualmente scomparsa, in quanto sommersa dalle acque, l'isola di S. Marco con i suoi antichi insediamenti.

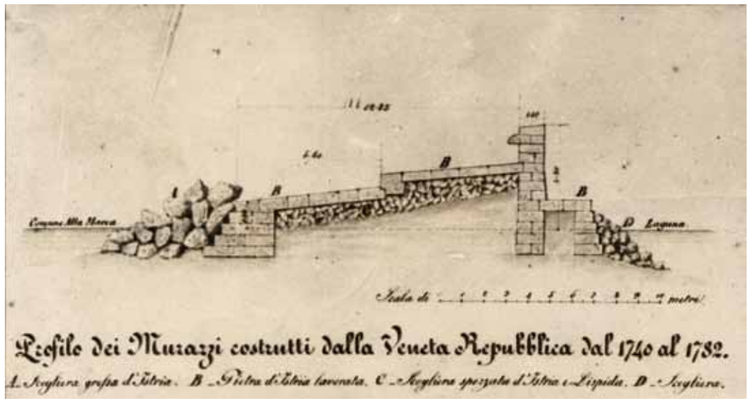
Apprezzabilmente modificati rispetto alla configurazione cinquecentesca risultano anche i lidi che separano la laguna dal mare.
Un fortissimo avanzamento in direzione sud-ovest verso i "tre porti" è innanzitutto segnalato per il litorale del Cavallino. Il canale di Lio Maggiore, che nella seconda metà del cinquecento si apriva ancora direttamente al mare con una propria foce indipendente, si dispone ora nell'ultimo tratto del suo percorso con andamento quasi parallelo al litorale, congiungendosi all'interno della laguna al canale di Treporti, che ne ha quindi catturato gli specchi liquidi.
Si tratta della dimostrazione pratica dei problemi creati dal trasporto litoraneo sulla morfologia delle foci della laguna, nello specifico dai sedimenti portati al mare dal Piave e mobilitati sotto riva dalle correnti costiere.
Nonostante lo spostamento dello sbocco del fiume a Cortellazzo, circa 20 km più a nord di foce di Piave Vecchia, sia operativo ormai da quasi un secolo, i



In una mappa del 1740 della foce di Malamocco sono rappresentate le opere di difesa realizzate sui litorali adiacenti nel tentativo di controllare l'evoluzione della barra di foce. Tra di esse il famoso murazzo del Capitello costruito sul lato di Pellestrina nel 1738 per valutare in via sperimentale l'efficacia di questa nuova tipologia di opere nella difesa dei lidi della laguna. (ASVE, S.E.A., disegni, Lidi, n. 42)

sedimenti del Piave continuano a condizionare pesantemente l'agibilità dei "tre porti" della laguna. Il tutto è favorito dalla particolare morfologia del litorale, come brillantemente intuito da Cristoforo Sabbadino.
I lidi che confinano i "tre porti" sono troppo distanti l'uno dall'altro, per consentire alle correnti di marea di contrastare efficacemente i processi di sedimentazione del materiale solido trasportato e il conseguente accrescimento della barra di foce di fronte alle bocche.
Sempre più ripiegato sottoriva da tali fenomeni, il porto canale di S. Nicolò è andato perdendo progressivamente la propria officiosità e da tempo ormai non è più percorso dalle navi di maggiore pescaggio.
Per entrare in laguna queste navi sono ora costrette a servirsi della bocca di Malamocco, il cui porto è colpito in misura più ridotta dagli effetti negativi del

trasporto litoraneo sia per la sua lontananza dalla foce del Piave sia per il suo orientamento, meno esposto all'azione del moto ondoso eccitato dai venti di Bora.
Una volta entrate in laguna attraverso la bocca di Malamocco, per portarsi in bacino S. Marco di fronte a Venezia, le navi devono percorrere una direttrice trasversale, che si sviluppa tra le isole di Poveglia, S. Spirito e S. Clemente ed è formata da alcuni canali naturali (*Rocchetta, Malamocco, Orfano*), collegati fra loro mediante il canale artificiale di S. Spirito, appositamente scavato per il superamento della zona di partiacque tra i bacini di Malamocco e di S. Nicolò.
Il provvedimento, deliberato dal Senato della Repubblica nel 1725, trovò concreta realizzazione negli anni immediatamente successivi, anche se si deve evidenziare che, attivata la navigazione lungo la nuova direttrice, a causa della facilità di insabbiamento del canale Rocchetta durante le mareggiate più intense, si dovette in pratica abbandonare quest'ultimo canale, preferendogli un percorso meno diretto che seguiva i canali Re di Fisolo e Campana, il quale dava però maggiori garanzie di navigabilità.
Al taglio di S. Spirito fu dapprima assegnata una profondità di quasi 4 m e una larghezza in cunetta di poco inferiore a 14 m, valori incrementati con un decreto successivo a 4,5 m e a 18 m circa rispettivamente.
Il canale navigabile di S. Spirito, pur superando la zona di partiacque tra il bacino di Malamocco e il bacino di S. Nicolò, non perturba sostanzialmente il preesistente regime delle correnti di marea. Esso è, quindi, perfettamente compatibile con la rete dei canali naturali, con il cui regime idrodinamico si integra senza alterare né l'assetto generale né i caratteri locali del campo di moto.
Un ulteriore aspetto di grande interesse, cartografato ai margini della *conterminazione,* riguarda la struttura morfologica delle superfici che appartengono alla *laguna morta*.
Di questa fascia lagunare è fornita dalla mappa una illustrazione di grande dettaglio della morfologia, rappresentata non più a grandi linee, e quindi in modo complessivo come nella mappa di Cristoforo Sabbadino o in altre mappe famose di epoca successiva, inglobando spesso gli specchi d'acqua nelle superfici di *barena* che li ricomprendono, senza distinguerli da queste ultime.
In tutta la *laguna morta*, secondo la carta di Angelo Emo, molti specchi d'acqua risultano interclusi tra le *barene*, occupando spazi a volte di significativa estensione, a volte di minore importanza, ed essendo collegati tra loro attraverso una minuta rete di canali.
Il tutto contribuisce alla formazione di una morfologia molto articolata e tipica, che purtroppo nel corso dei secoli successivi si andrà perdendo.
Al tempo di Angelo Emo, canali naturali e artificiali, aree di *barena,* bassifondi e *chiari* d'acqua costituiscono nel loro insieme un sistema con significative variazioni plano-altimetriche rispetto al livello medio del mare, determinando per l'ambiente lagunare una configurazione che, a parità di altre condizioni, incrementa i fenomeni dispersivi e favorisce i processi di ricambio delle acque nelle parti della laguna idraulicamente più lontane dalle bocche.
All'interno della rete idrografica, accuratamente descritta dalla carta, si riconoscono i canali scavati dall'uomo, particolarmente numerosi ai margini della laguna centrale di fronte alla bocca di Malamocco. Si tratta di canali con tracciato pressoché rettilineo, che si distingue rispetto a quello dei canali naturali, il cui assetto planimetrico è invece piuttosto irregolare e si caratterizza per la presenza in rapida successione di curve e controcurve, come è tipico degli assetti fluviali meandriformi.
Ritornando ancora ai lidi che separano la laguna dal mare, o meglio alla loro potenza strutturale, la mappa di Angelo Emo evidenzia locali assottigliamenti, pericolosamente manifesti nel tratto compreso tra la bocca di Malamocco e di



Una sezione schematica dei murazzi, opera di difesa radente costruita completamente in pietrame, diversamente dalle opere tradizionali in legname e pietrame. Nell'arco di tempo di qualche decennio i murazzi, dopo una sperimentazione sul campo, avrebbero sostituito le opere di difesa radente fino ad allora utilizzate a protezione dei lidi tra Malamocco e Chioggia.
(Dipartimento IMAGE dell'Università di Padova)

Chioggia, ma non le strutture, sia aggettanti verso il mare sia radenti alla linea di riva, costruite dai Veneziani a loro presidio.
L'antica tipologia di opere in legno e pietrame adottata da sempre dalla Repubblica per la difesa dei litorali contro gli attacchi del mare mostrava all'epoca tutti i suoi limiti, non ultimo per i pesanti oneri manutentivi. Anche per questo motivo qualche anno prima della stesura della mappa si decise di affidarsi in via sperimentale a un nuovo tipo di difesa con una prima opera realizzata al Capitello presso la foce di Malamocco (1738), replicata l'anno successivo a Pellestrina grazie all'esito giudicato positivo di quell'esperimento.
Erano tali opere l'embrione dei famosi *murazzi,* il cui completamento avverrà però solo pochi anni prima (1785) della caduta della Serenissima.
Cartografate con discreto dettaglio nella carta sono, infine, le valli da pesca, molte delle quali, diversamente da quanto avveniva nel XVI secolo, sono ora insediate nella *laguna morta*.
Generalmente separate dalla restante laguna con strutture di confinamento tradizionali costituite da graticci formati con mazzetti di canna palustre accostati tra loro e da qualche tratto di argine in terra di limitata estensione, lo stato delle valli da pesca all'epoca di Angelo Emo è un prezioso punto di riferimento per il censimento curato nel 1844 dall'ingegnere Antonio de Bernardi.

1810

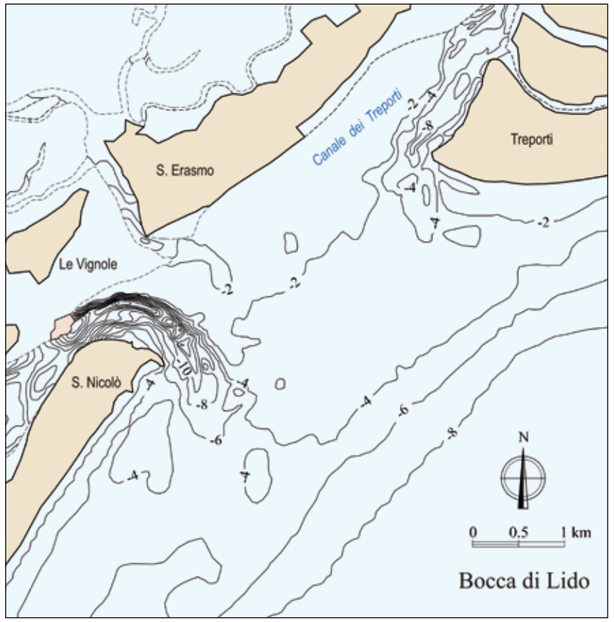
2.3 Carta idrografica della laguna di Venezia redatta da Augusto Dénaix

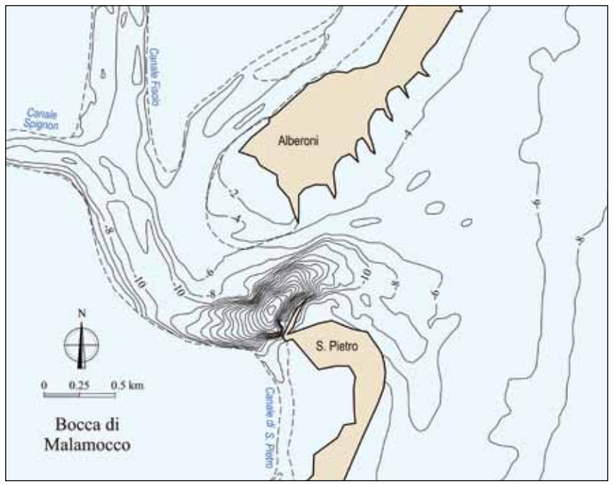
Si tratta della prima carta idrografica, redatta con criteri topografici moderni sulla base di rilievi eseguiti sul campo tra il 1809 e il 1811. La carta è stata ottenuta partendo dalle 35 tavolette del rilievo originale alla scala 1:15.000, riprodotte da Giovanni Magrini nel 1934. Le tavolette originali recanti le quote dei fondali dei canali lagunari sono integrate da una serie di piani particolari alla scala 1:5.000 per la descrizione dei porti, dei centri abitati maggiori e delle opere militari esistenti. Nessun dato è riportato, invece, con riferimento sia alla profondità dei bassifondi posti in adiacenza ai canali sia alle quote delle superfici di barena, anche se di queste forme lagunari è fornita una accurata rappresentazione planimetrica. Le quote riportate nella carta idrografica, sono espresse in metri e sono riferite al medio mare di allora.

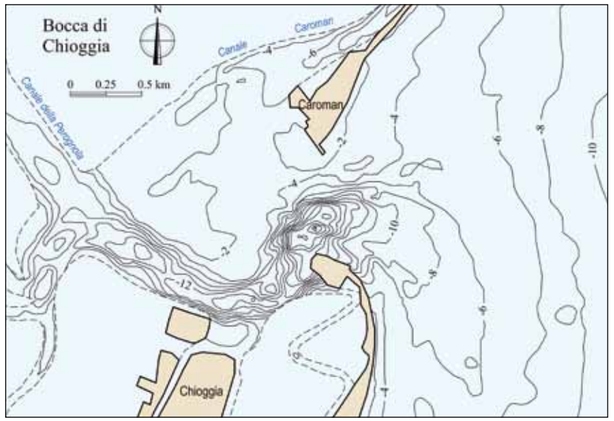
L'importanza della carta, ottenuta sulla base dei rilievi eseguiti dal capitano Augusto Dénaix, è legata al fatto che per la prima volta è possibile conoscere in modo generale lo stato dei fondali dei canali che, dipartendosi dalle bocche, incidono i bassifondi e le *barene* della laguna di Venezia.
Il dettaglio dei rilievi originali è molto accurato. Se ne possono trarre indicazioni ben più significative di quelle basate sui valori sporadici delle quote dei fondali citate da Bernardino Zendrini nella propria opera sulla laguna, che risalgono ad anni molto più lontani, essendo riferibili al 1440 e al 1540 per la direttrice che da Fusina raggiunge il porto di S. Nicolò passando attraverso il Centro Storico, e ai primi anni del '600 per alcuni canali della laguna di interesse per i collegamenti interni.
Non diversamente da quelli ricordati dallo Zendrini devono considerarsi i rilievi di profondità associabili alla carta redatta da Antonio Gerolemo Vestri nel 1692. Pur interessanti per fornire un'idea di come si sono andati evolvendo i fondali lagunari dopo l'allontanamento dei fiumi dalla laguna lungo alcuni allineamenti, anche questi dati sono però troppo limitati per fornire una significativa interpretazione in termini comparativi dello stato dei fondali della rete di canali che sul finire del XVII secolo innervava il bacino lagunare.
Ritornando al rilievo di Dènaix, essendo le sue finalità soprattutto militari, era infatti nelle intenzioni di Napoleone ridare al porto di Venezia l'importanza che aveva sempre avuto nel passato, grande cura è posta nella ricognizione dello stato dei fondali delle bocche di porto e del tratto di mare immediatamente antistante. I punti rilevati sono sufficientemente estesi e numerosi per essere interpretati a curve di egual livello e per fornire una visione sintetica, ma estremamente interessante, dell'assetto plano-altimetrico dei canali di porto.
Le profondità nelle tavolette originali sono espresse in piedi francesi (1 piede è pari a 0.325 m) e sono riferite al medio comune marino, mentre nella carta idrografica alla scala 1:75.000 qui ricostruita i valori riportati sono espressi in metri e sono riferiti al medio mare del tempo, stimato in prima approssimazione estrapolando al XIX secolo i valori della sommersione valutati per il XX secolo.
Guardando agli elementi più significativi rappresentati nella carta, si rileva innanzitutto come gli antichi "tre porti", non diversamente dai secoli precedenti, si affaccino su di un ampio tratto di mare con distanze apprezzabili tra le punte dei litorali che li delimitano a nord-est (Punta Sabbioni) e a sud-est (Lido di S. Nicolò).
Il canale di Treporti, che alimenta tutta la laguna superiore dopo la scomparsa della foce del canale di Lio Maggiore, si apre sul grande varco tra i lidi con un ultimo tratto orientato a meridione. Le profondità massime non sono superiori ai 4 m rispetto al medio mare. Si tratta, tuttavia, di fondali sufficienti rispetto al pescaggio dei battelli normalmente diretti verso questa parte della laguna.
Profondità sensibilmente più ridotte, di soli 2 m, sono indicate per il porto di S. Erasmo, che si apre a sua volta sul varco comune dei "tre porti" ed è nel suo ultimo tratto orientato a sud-est.
Per quanto riguarda il porto di S. Nicolò, indubbiamente il più importante dei "tre porti", le caratteristiche planimetriche del suo tracciato nella parte più prossima al mare ricalcano l'andamento già segnalato dalla carta di Angelo Emo. Il canale, ripiegato sotto riva dall'azione delle correnti costiere e dai depositi di sedimenti causati dalla loro interazione con le correnti di marea, presenta fondali via via decrescenti a misura che ci si porta dalla laguna al mare, dove la barra di foce riduce le profondità ad appena 4 m. Tenuto conto dell'escursione delle maree, si tratta chiaramente di profondità insufficienti per permettere alle navi con maggiore pescaggio di accedere al porto di Venezia in condizioni di sicurezza percorrendo l'antico porto, che proprio per questi motivi ormai da tempo è stato sostituito nelle sue funzioni dal porto di Malamocco.

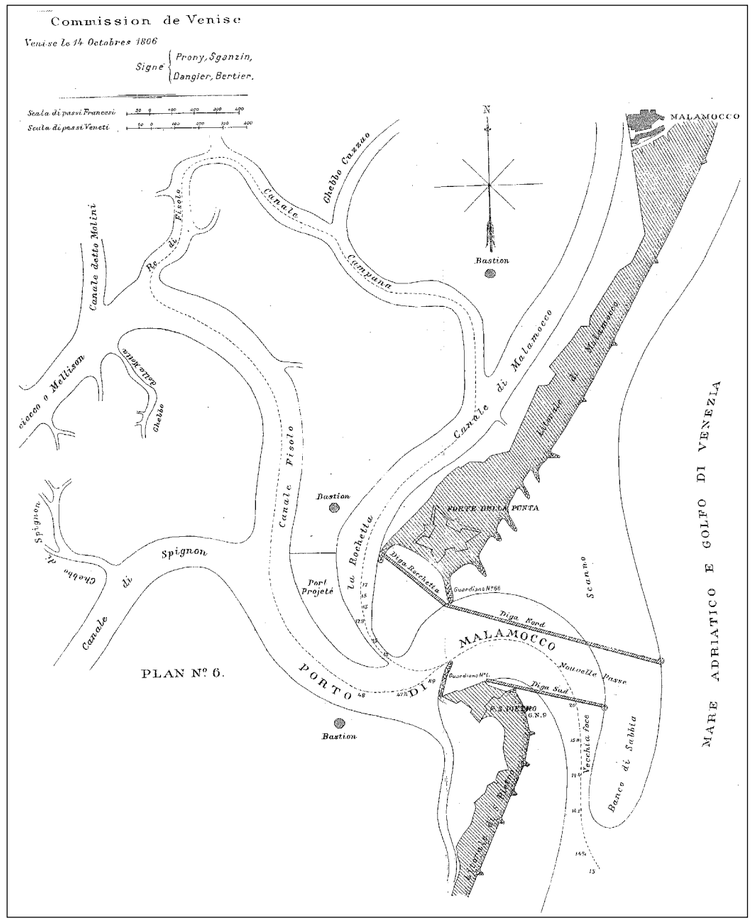
Le bocche della laguna di Venezia al tempo di Augusto Dénaix (1809-1811).
In alto gli antichi "tre porti" che saranno poi riuniti per formare insieme la nuova bocca di Lido.
In centro la bocca di Malamocco, attraverso la quale da molti anni ormai entrano in laguna le navi di maggiore pescaggio, che sarà la prima ad essere protetta con dighe foranee.
In basso la bocca di Chioggia, che sarà l'ultima a essere armata con moli.

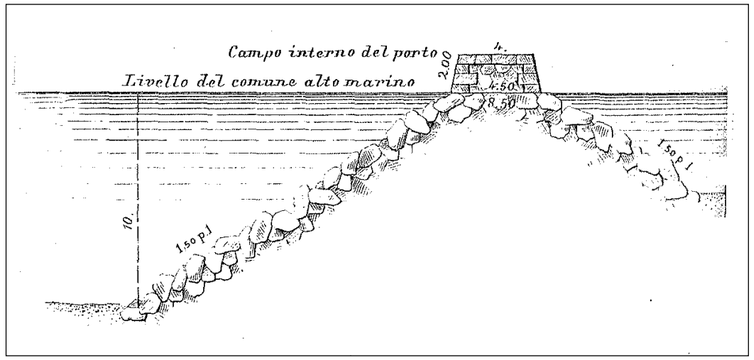
I fondali delle bocche sono interpretati a curve di eguale profondità rispetto al livello medio del mare e sono espresse in metri. Le curve sono state ottenute interpolando i dati puntuali del rilievo originale. Per tutte le bocche il rilievo evidenzia da una parte i fondali ridotti determinati dalla presenza della barra di foce, dall'altra l'assetto planimetrico comune dei canali di porto, rinserrati a ridosso del lido dall'interazione tra le correnti costiere e le correnti di marea.
Nel tratto a mare i canali di porto sono conseguentemente caratterizzati da un andamento in progressivo allargamento con fondali che si vanno via via riducendo.
La configurazione naturale delle foci della laguna era quindi molto diversa da quella che si determinerà a seguito della costruzione dei moli attuata per favorire la navigazione.











Il progetto per la costruzione dei moli alla bocca di Malamocco redatto dalla Commissione composta dagli ingegneri francesi Prony, Sganzin, Dangier e Bertier (1806), coadiuvati dal colonnello Salvini, profondo conoscitore della laguna di Venezia.
Si notano i moli proiettati verso il mare in modo da superare l'antistante barra di foce e portare il varco di ingresso al canale del porto su fondali sufficientemente profondi, per non essere soggetti ad apprezzabili fenomeni di mobilitazione dei sedimenti presenti sul fondo.

Sotto una sezione tipo che individua le caratteristiche geometriche delle opere previste dalla Commissione per proteggere la bocca.
La proposta della Commissione Prony, anche se non trovò concreta realizzazione, ispirò il progetto delle opere che furono poi attuate con modeste varianti per dare al porto di Malamocco l'attesa agibilità.
(da: Giornale del Genio Civile, 1881)

L'ampiezza complessiva del varco di fronte ai "tre porti" e l'estensione in profondità verso il mare della barra di foce portano a comprendere anche i motivi degli insuccessi incontrati dalla Repubblica nei suoi ripetuti tentativi di garantire l'officiosità di porto S. Nicolò.
L'obiettivo non si poteva evidentemente perseguire incrementando le superfici del bacino dominato dalla bocca di S. Erasmo, come temporaneamente si fece occludendo la bocca di S. Erasmo nel XIV secolo. Comunque le velocità delle

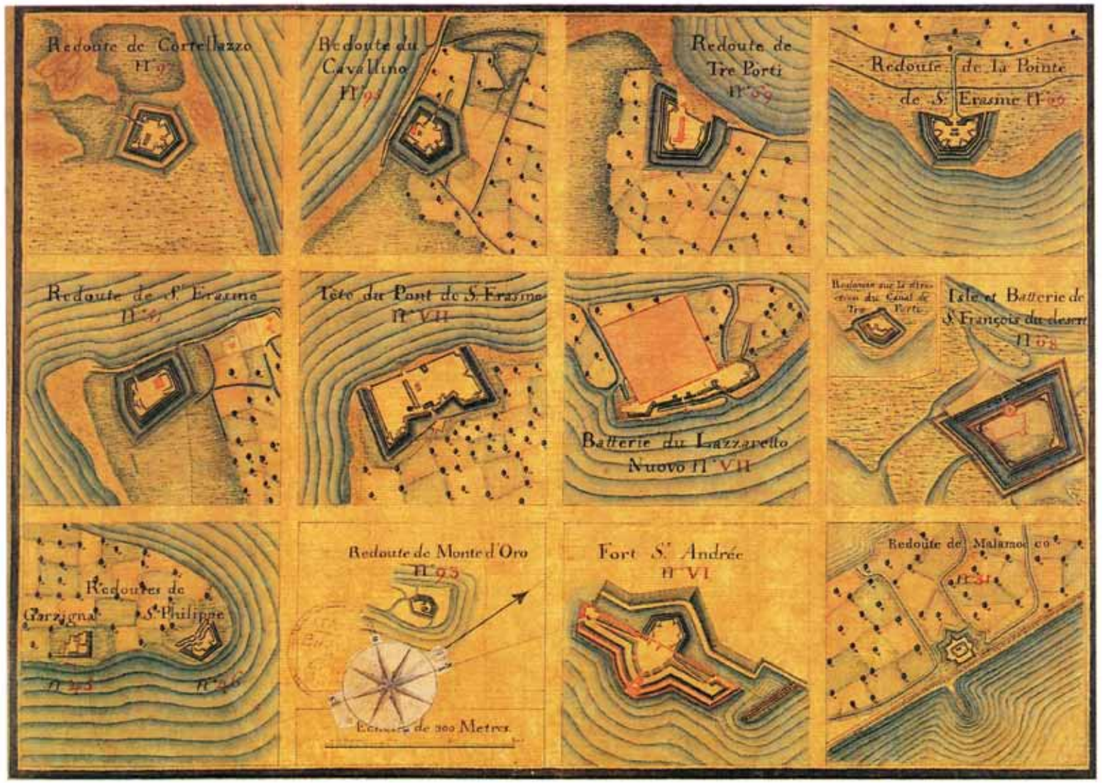
correnti di marea lungo il canale del porto si mantenevano su valori troppo bassi per mobilitare i sedimenti depositati al fondo. Tantomeno il risultato poteva ottenersi realizzando moli esterni, come la famosa *garzina*. Non essendo sufficientemente spinto verso il mare per superare la barra di foce, questo molo non era nelle condizioni di impedire il deposito del materiale trasportato dalle correnti costiere di fronte alle foci dei "tre porti".

È da segnalare che anche il porto di Malamocco piega nel suo ultimo tratto a meridione, disponendosi quasi a ridosso del litorale di Pellestrina. Il porto, sia pure in misura più contenuta del porto di Venezia soffre a sua volta di una qualche limitazione della propria agibilità. I fondali, sempre a causa della barra di foce, non superano infatti profondità di circa 6 m rispetto al medio mare. Pur superiori a quelli del porto di S. Nicolò, si tratta di fondali sufficienti per permettere l'accesso alle navi di maggiore pescaggio in condizioni di sicurezza, soprattutto durante le fasi di bassa marea più spinta. Prova ne sia che già nel corso del XVIII secolo queste navi erano impedite di entrare in laguna ed erano costrette a stazionare all'ancoraggio in mare per ricevere o cedere parte del loro carico con trasbordi da vascelli minori che le affiancavano.

Per superare questi limiti il governo napoleonico da una parte affidò a una apposita commissione, formata da ingegneri francesi e presieduta da Gaspard De Prony, il compito di studiare le opere più opportune per rendere agibili i porti lagunari alle navi più moderne, dall'altra deliberò di potenziare il Canale di S. Spirito, portandone i fondali a 7.5 m, in modo da renderlo percorribile alle navi armate con 74 cannoni. In quegli anni, tuttavia, non si superarono per i fondali del canale i 6.5 m.

Quanto, infine, alla bocca di Chioggia, il relativo porto, a sua volta forzato dalla

Le planimetrie delle fortificazioni poste a difesa dei porti della laguna, secondo i rilievi eseguiti in epoca napoleonica. (Bibliothèque du Corps du Génie, Vincenne, Parigi)



barra di foce a ridosso del litorale di Sottomarina, nel suo ultimo tratto piega a sud-est, riducendo progressivamente, a misura che si passa dalla laguna al mare, la propria profondità e allargandosi come nel caso delle altre foci lagunari.

Nonostante la presenza della barra esterna, i fondali del porto di Chioggia garantiscono profondità minime di circa 6 m, più che sufficienti rispetto al pescaggio dei battelli, per lo più dediti alla pesca, che navigano attraverso la bocca.

Se si guarda alla potenza dei lidi che separano la laguna dal mare, le condizioni più critiche si rilevano per il litorale compreso tra la bocca di Malamocco e quella di Chioggia. Pur non rappresentate dalla carta, nuove opere di difesa, i famosi murazzi, prima sperimentati (1738-1739) e poi estesi e completati (1785), proteggono circa 5 km di litorale, rinforzandolo in modo decisivo rispetto all'aggressione degli stati di mare più pericolosi

Se con riferimento alla loro officiosità i porti della laguna soffrono essenzialmente per la presenza della barra di foce, problema comune peraltro a tutte le bocche naturali che tendenzialmente evolvono verso sezioni di equilibrio molto ampie in larghezza ma con profondità piuttosto limitate, non altrettanto si può dire della rete di canali che, partendo dalle bocche stesse penetra verso l'interno, ramificandosi progressivamente e innervando tutta la laguna.

Pur in condizioni di scambi di portata con il mare apprezzabilmente meno vivaci di quelli attuali, la rete dei canali lagunari descritta dal rilievo è egualmente ben incisa e potente. Essa presenta dal punto di vista morfologico caratteristiche generali non molto diverse da quelle delle reti descritte nei rilievi eseguiti in epoca successiva. Conferma indiretta del fatto che nei primi anni del XIX secolo il sistema dei canali lagunari è percorso da portate in grado di conservarne le fondamentali caratteristiche plano-altimetriche.

Purtroppo le tavole del rilievo non riportano nessuna quota per i fondali dei bassifondi che fiancheggiano i canali lagunari.

È significativo comunque ricordare al riguardo quanto riferiscono le note di accompagnamento del rilievo. In esse si afferma in particolare che *sul finire del riflusso della marea, ampie velme ch'erano occulte sopravvanzando di poche dita il livello della bassa marea porgono all'occhio un terzo spettacolo d'immensi terreni di limo palustre dai quali con rincrescimento si vedono divise tutte le parti tributarie dell'industria, e barene, lidi, canali bassifondi e porti marittimi*.

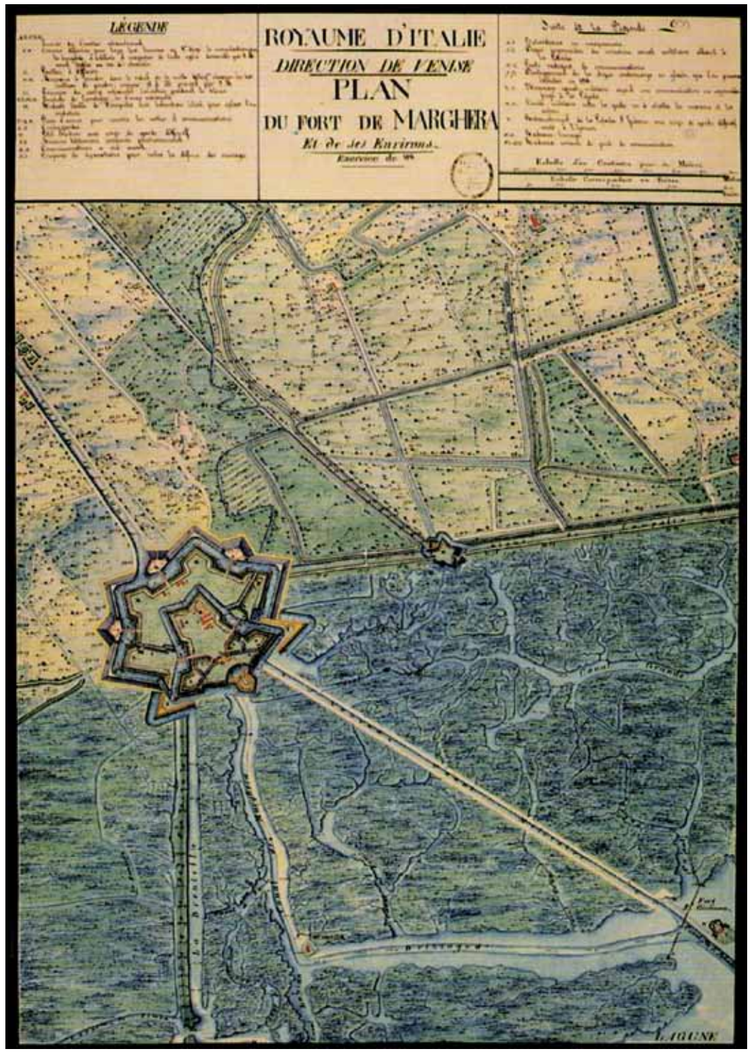
Testimonianza davvero inequivocabile. Nonostante fossero passati quasi tre secoli dall'estromissione del Brenta dalla laguna, i fondali dei bassifondi adiacenti ai canali sembrano aver conservato profondità modeste rispetto al livello medio del mare, valutabili mediamente in non più di una cinquantina di cm, forse non molto diverse per la *laguna viva* da quelle esistenti all'epoca dell'allontanamento del fiume. Si tratta in ogni caso di fondali poco profondi, scoperti per la loro quasi totalità durante le normali basse maree, come confermano anche i pochi dati reperibili in una carta della laguna dell'epoca conservata presso l'archivio del Genio Militare Francese di Vincennes.

Nelle tavolette di restituzione del rilievo egualmente non quotate sono le superfici di *barena*, che si estendono tra i limiti della *laguna viva* e la *conterminazione*, così come decretata dal Senato della Repubblica nel 1792.

Si tratta di superfici molte estese (~ 180 km^2), rappresentate con un buon dettaglio planimetrico, che ricomprendono specchi d'acqua in qualche caso di grandi dimensioni. Le *barene* sono incise da una minuta quanto diffusa rete di piccoli canali, attraverso i quali l'onda di marea può giungere fino ai limiti estremi del bacino lagunare, attivandovi quei meccanismi idrodinamici che, sia pure con tempi caratteristici più lunghi di quelli della *laguna viva*, permettono il ricambio delle acque nelle aree idraulicamente più lontane dalle bocche.

Tenuto conto del lungo tempo ormai trascorso dall'allontanamento dei fiumi, nell'ipotesi probabile che le superfici di *barena* abbiano avuto modo di seguire

Il Forte Marghera, prospiciente la laguna, con il suo collegamento con la batteria di S. Giuliano. Interessante la simbologia grafica utilizzata per rappresentare i fondali della laguna, che denota la presenza di bassifondi e barene solcate da un minuto e articolato reticolo di canali. Resta così indirettamente confermata, almeno per questa parte della laguna, l'osservazione del capitano Dénaix contenuta nelle note di commento ai suoi rilievi, laddove segnala estesi scoprimenti del fondale durante le fasi di bassa marea. (Bibliothèque du Corps du Génie, Vincenne, Parigi)



Una immagine aerea attuale dell'ottagono degli Alberoni posto a difesa dell'ingresso in laguna dalla bocca di Malamocco. (da: La laguna di Venezia, Cierre edizioni, 1995)

il lento fenomeno di variazione del livello medio del mare, adattandovisi, si può ritenere in prima approssimazione che la quota di queste tipiche forme lagunari potesse collocarsi all'epoca del rilievo 25-35 cm al di sopra del medio mare stesso. È quella indicata una quota definita sulla base delle più recenti indagini sulle correlazioni esistenti tra le quote delle superfici di *barena* e le specie di vegetazione alofila che le ricoprono.

Nessuna informazione, invece, è reperibile sullo stato delle valli da pesca, che pure esistevano in gran numero e tipologia all'interno della laguna. Del resto lo scarso interesse riservato alle valli da pesca è facilmente comprensibile, dato che la carta aveva come suo scopo principale quello di fornire una rappresentazione della laguna e delle sue principali caratteristiche utile ai fini militari.

Era, infatti, nelle intenzioni del governo napoleonico, promotore del rilievo, riportare Venezia e il suo porto agli antichi fasti economici e militari, quali erano stati quelli vissuti nei momenti più gloriosi della Repubblica.

In tal senso vanno inquadrati i provvedimenti già ricordati. Innanzitutto quelli relativi al potenziamento del canale di S. Spirito, in secondo luogo quelli legati a una accurata ricognizione generale dello stato della laguna con riferimento alla navigabilità dei suoi canali naturali, affidata appunto al capitano Dénaix, e alla individuazione delle opere necessarie alle bocche per permettere l'ingresso nel bacino lagunare delle più moderne navi da guerra, compito attribuito alla Commissione Prony.

Di non minore interesse storico, considerati sempre gli obiettivi del governo napoleonico, l'accertamento delle condizioni delle fortificazioni esistenti, realizzate nel corso degli anni a difesa della laguna e dei suoi centri maggiori, indagine condotta dal capitano dell'artiglieria Raviquoiz, al quale è dovuto un accurato censimento di tali opere, individuando, tra l'altro, per ciascuna di esse, oltre alle essenziali caratteristiche costruttive, il campo di tiro.

1843 2.4 Carta della laguna di Venezia di Antonio de Bernardi

La base cartografica della carta di Antonio de Bernardi è costituita dalla mappa predisposta da Angelo Emo (1763). Essa ha fondamentalmente un interesse di tipo amministrativo, essendo rivolta in modo specifico a definire lo stato delle valli da pesca esistenti all'interno della laguna nel momento di entrata in vigore del nuovo Regolamento di Polizia Lagunare. La lettura della carta non può essere disgiunta da quella delle sue note di accompagnamento, che di essa sono parte integrante. Nelle note sono in particolare reperibili notizie di interesse per le singole valli, alla luce delle norme e delle prescrizioni del Regolamento da poco approvato. Sono inoltre segnalate le opere riscontrate in violazione del Regolamento con i provvedimenti suggeriti per porre rimedio alle eventuali irregolarità riscontrate, fino, in non pochi casi, alla eliminazione delle opere stesse.

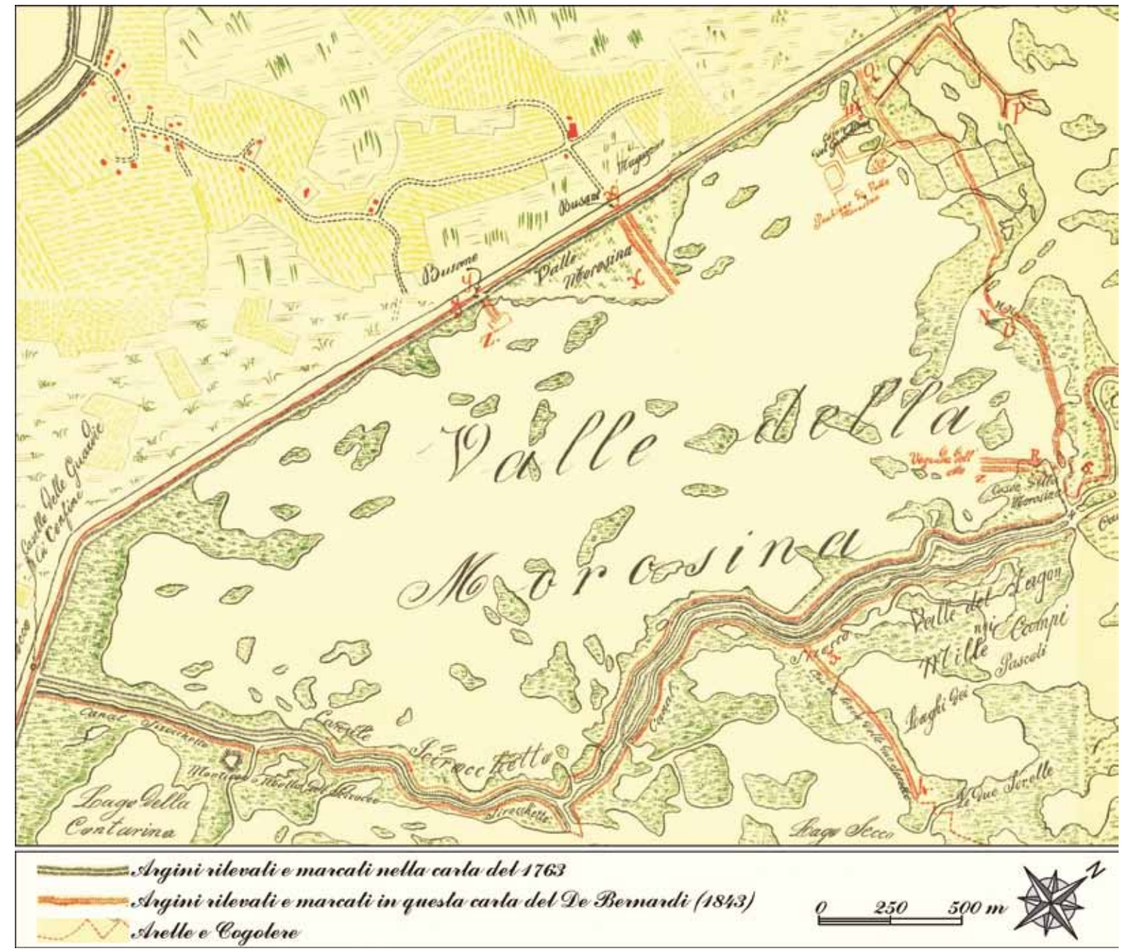
Nel 1841 l'Imperial Regio Governo Austriaco approvò il nuovo Regolamento di Polizia Lagunare nel quale sono riassunte tutti le leggi e le terminazioni emanate dalla Repubblica a difesa della laguna dai danni determinati da opere dell'uomo che, citando testualmente, *ne restringano la ampiezza e ne diminuiscano la profondità, o facciano ostacolo al libero movimento della marea.*

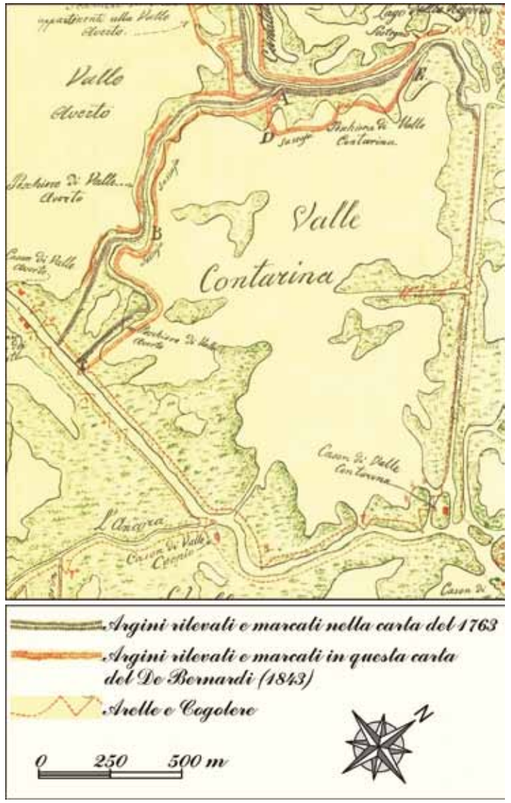
Il Regolamento prevedeva, tra l'altro, l'esecuzione di una ricognizione delle opere esistenti all'interno delle valli da pesca presenti in laguna, per individuare quelle che fossero in contrasto con le prescrizioni emanate e che fossero ritenute pregiudizievoli per la conservazione del miglior regime idraulico della laguna stessa, fissando al proprietario un termine per la loro eventuale distruzione o per la neutralizzazione dei loro effetti negativi.

È in questo contesto che si colloca la carta redatta da Antonio de Bernardi, ingegnere, al quale fu affidato il compito della ricognizione. Gli esiti dei sopralluoghi eseguiti furono sintetizzati in 15 tavolette (scala 1:14.286), delle quali la cartografia riprodotta in allegato é una unione alla scala 1:75.000 appositamente eseguita.

Una prima osservazione a commento della carta riguarda l'ubicazione delle valli da pesca all'interno della laguna all'epoca del rilievo.

La planimetria di Valle della Morosina, antica valle arginata della laguna che conserva queste caratteristiche di separazione anche secondo la ricognizione di Antonio de Bernardi (1843).
Sono individuabili gli argini di perimetrazione in terra e le cogolere, realizzate con graticci di canna palustre permeabili al flusso della marea.
Le osservazioni riportate con riferimento a eventuali violazioni del Regolamento di Polizia Lagunare riguardano interventi giudicati tollerabili al fine del miglior regime idraulico della laguna.





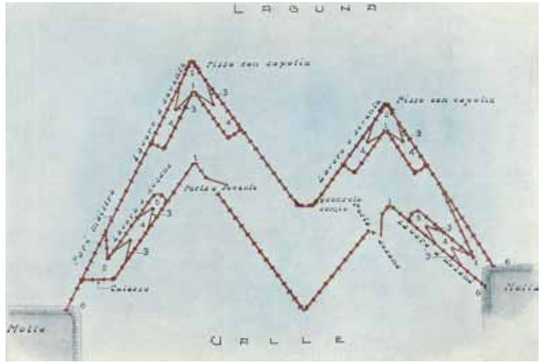
La planimetria di Valle Contarina sempre secondo la ricognizione di Antonio de Bernardi.
La valle è semiarginata e accoppia a parti del perimetro costituite da argini in terra ampi tratti sul lato a laguna formati con graticci di arelle. I graticci, permeabili al flusso di marea, offrono pur sempre alle correnti apprezzabili resistenze al moto nel loro superamento. Di qui le difficoltà di ricambio delle acque in alcune zone e l'ostracismo alle pratiche della vallicoltura da parte della Repubblica quando le valli da pesca erano prevalentemente insediate nella laguna viva secondo la ricostruzione condotta da De Bernardi. Per la valle sono rilevate modeste violazioni al Regolamento di Polizia Lagunare, con interventi da sanzionare con una multa per non essere stati preventivamente autorizzati.
(Dipartimento IMAGE dell'Università di Padova)

Esse si collocano tutte nella cosiddetta *laguna morta*, verso i margini della *conterminazione* del bacino lagunare, iniziata addirittura nei primi anni del XVII secolo (1611) ma ultimata solo poco prima della caduta della Repubblica (1792) con lo scopo specifico di definire fisicamente, attraverso una serie di *capistabili* (100 caposaldi) materializzati sul terreno, l'ambito territoriale da assoggettare a particolare regolamentazione e tutela.
Per le valli da pesca si tratta di una collocazione molto diversa da quella esistente tra il XV e il XVI secolo, quando per la maggior parte queste realtà produttive erano insediate all'interno della *laguna viva* e il Senato della Repubblica ebbe a pronunciarsi duramente contro di esse, a difesa del miglior regime idraulico del sistema lagunare. Ne derivarono non pochi provvedimenti contro le valli da pesca, con decisioni che in alcuni casi comportarono la forzata riapertura alla libera espansione della marea degli specchi d'acqua perimetrati.
Sulla base della minuziosa ricognizione condotta, Antonio de Bernardi classifica le valli esistenti secondo quattro diverse tipologie, corrispondenti rispettivamente alle *valli arginate*, alle *valli semiarginate*, alle *valli chiuse a grisiole* (graticci di canna palustre) e alle *valli da ostriche*.
Le prime, a volte indicate nei documenti anche come *valli chiuse a stagno*, sono per lo più situate ai limiti estremi della laguna o all'interno di aree delimitate da dossi sopraelevati, come è tipico in molti casi per la laguna superiore. Contornate da argini in terra, posti a quota superiore alle alte maree, le *valli chiuse* sono in comunicazione con la laguna attraverso varchi di larghezza limitata presidiati da strutture particolari, le cosiddette *cogolere*, formate con graticci di canna palustre appoggiati a pali verticali infissi sul fondo e collegati tra di loro con pertiche orizzontali per dare maggiore robustezza complessiva al sistema.
Le *valli semiarginate* presentano, invece, solo una parte del loro perimetro formata con argini in terra, essendo la restante parte del confinamento completata con tratti estesi di *paré di grisiole,* permeabili al flusso della marea, costituiti a loro volta con mazzetti di canna palustre disposti verticalmente, accostati e collegati tra loro. Infissi nel terreno su di un arginello di terra appositamente preparato (la cosiddetta *scassa*), i *paré* sono sostenuti e rinforzati mediante pali di castagno battuti entro il fondo e collegati trasversalmente da più ordini di pertiche orizzontali con funzione di rinforzo per gli elementi verticali. Questi ultimi in alcuni casi sono disposti su fila singola, in altri su fila doppia, per dare maggiore robustezza al confinamento, esposto, per la natura dei materiali utilizzati, a rapido deterioramento e quindi bisognevole di sistematica manutenzione.
Le *valli chiuse a grisiole*, sicuramente le più antiche e caratteristiche della laguna, come dice il loro stesso nome sono completamente delimitate con strutture di separazione formate con graticci di canna palustre.
È rilevante segnalare, con riferimento al Regolamento di Polizia Lagunare, che le perimetrazioni così realizzate dovevano essere completamente rimosse durante almeno una parte dell'anno e che l'autorizzazione al confinamento delle valli non era permanente, ma annualmente rinnovata dall'autorità amministrativa.
Le *valli da ostriche*, infine, sono veri e propri tratti di laguna aperta, delimitati da

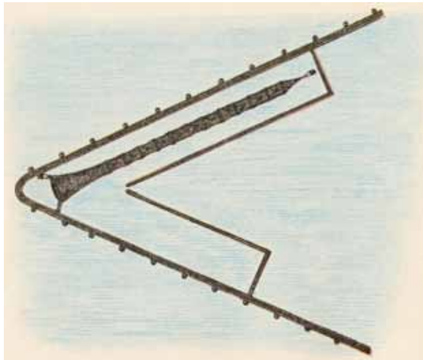
A fianco e sotto, immagini di un canneto e di raccoglitori di canna palustre (Foto di Fulvio Roiter).
Materia prima in un passato nemmeno molto lontano per la realizzazione dei perimetri delle valli da pesca, oltre che per la costruzione dei dispositivi funzionali alla cattura del pesce, la canna palustre è stata poi abbandonata per la difficoltà di reperire le quantità di materiale necessarie, ma soprattutto per il costo crescente della manodopera impiegata.

canali o ghebbi naturali e da qualche palo che ne individua il limite lungo le restanti parti del perimetro. Esse sono riconoscibili solamente per la presenza delle cosiddette *motte de cason* o delle *cavane*, destinate queste ultime a fungere, come del resto avviene ancora all'interno della laguna, da ricovero per le barche.
Complessivamente secondo la classificazione proposta da Antonio de Bernardi si riscontrano all'interno della laguna 42 valli, 17 delle quali nella laguna superiore, 12 nella laguna media e le restanti 13 nella laguna inferiore.
Indipendentemente dalla classificazione, fisicamente parlando, non vi è all'epoca della ricognizione deliberata dal Governo Austriaco separazione idraulica tra gli specchi d'acqua appartenenti alle valli e le restanti parti della laguna, potendosi la marea espandere al loro interno anche

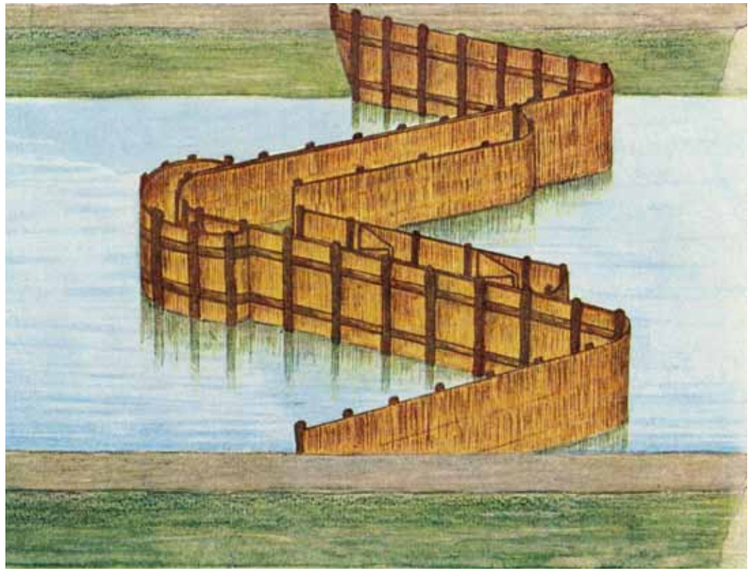
Sotto, struttura di perimetrazione formata con graticci di canna palustre disposti su due ordini. I graticci sono appoggiati al fondo entro la scassa e sono ancorati a un sistema di pali verticali infissi e collegati tra loro da pertiche orizzontali per incrementare la robustezza complessiva dell'opera.
(da: Valli veneziane, Cicero editore)



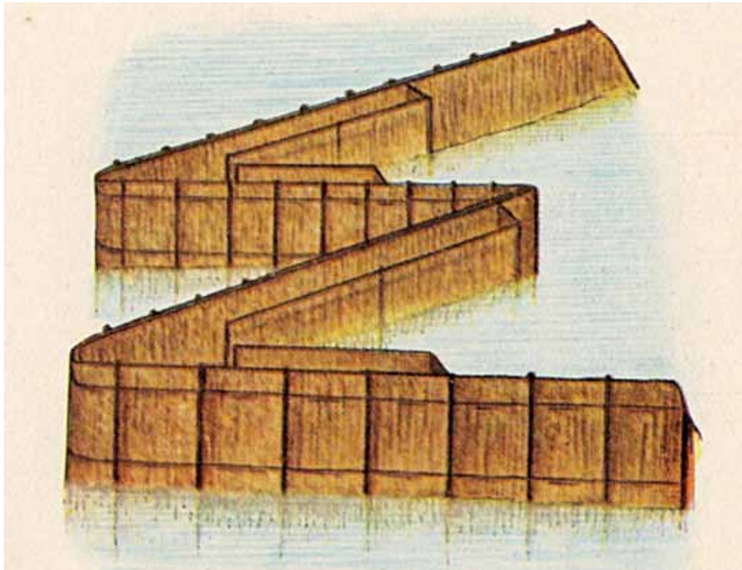
nel caso delle valli completamente arginate, sia pure attraverso i soli varchi controllati dalle *cogolere*.
Nel penetrare all'interno delle valli, tuttavia, l'onda di marea incontra resistenze al moto di un qualche rilievo, poiché con l'andare del tempo gli elementi di canna palustre tendono a intasarsi, riducendo la loro permeabilità al flusso. In queste condizioni nell'area delle valli le oscillazioni di livello della marea, già smorzate apprezzabilmente rispetto al mare dalla propagazione in una laguna morfologicamente molto diversa da quella attuale, sono ulteriormente attenuate, nel superamento delle strutture di perimetrazione, creando a volte qualche difficoltà per il ricambio delle acque. Era quanto avveniva in molte zone della *laguna morta*, come puntualmente annotato da de Bernardi nei suoi commenti.
In definitiva gli specchi d'acqua delle valli da pesca erano allora poco compartecipi agli scambi intermareali attraverso le bocche e la laguna si comportava dal punto di vista idraulico come se le valli da pesca fossero completamente intercluse.
Sulla base della ricognizione condotta, assumendo come termine di confronto lo stato di fatto cartografato da Angelo Emo (1763), secondo la ricognizione effettuata molte sono le opere realizzate ex novo. Per gli aspetti idraulici risultano conseguentemente non poche modificazioni del rapporto valli da pesca-laguna, alcune delle quali giudicate non compatibili con le prescrizioni del Regolamento da poco approvato. Di qui, nelle situazioni ritenute inconciliabili con il miglior regime idraulico del sistema lagunare, una serie di prescrizioni, fino alla completa rimozione delle opere non rispettose di tale necessità.
In realtà ben poche di queste prescrizioni trovarono negli anni successivi concreta applicazione, se lo stato delle valli agli inizi del XX secolo era poco diverso da quello documentato dalla ricognizione del 1844 e se di fatto



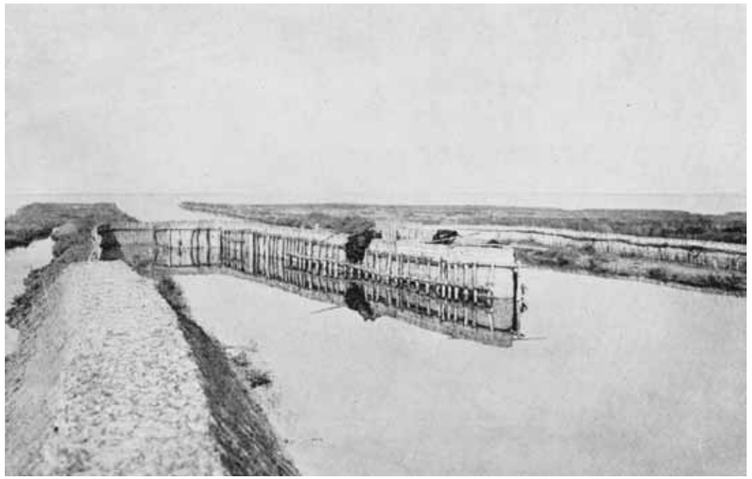
Sopra e a fianco, la struttura tipica di una cogolera realizzata con graticci di canna palustre posta a presidio del canale principale della valle. I vertici della struttura, disposti ora verso laguna ora verso la valle, consentono una maggiore robustezza del sistema rispetto alle spinte esercitate dal vento e dall'acqua.



A fianco, lavoriere formato con graticci di canna palustre inserito a presidio di una chiavica principale.
(Da: Bonifica e vallicoltura, Roma, 1937)



Sopra e a fianco, graticci di canna palustre con inserito un cogolo, dispositivo per la pesca utilizzato per la cattura delle anguille.



A fianco, lavoriere formato con graticci di canna palustre inserito a presidio di una chiavica secondaria.
Il vertice della struttura è rivolto verso il cosiddetto canale di vegnua che da una parte è aperto in direzione della laguna, e quindi del mare, mentre dall'altra si inoltra verso l'interno della valle.
(Da: Bonifica e vallicoltura, Roma, 1937)

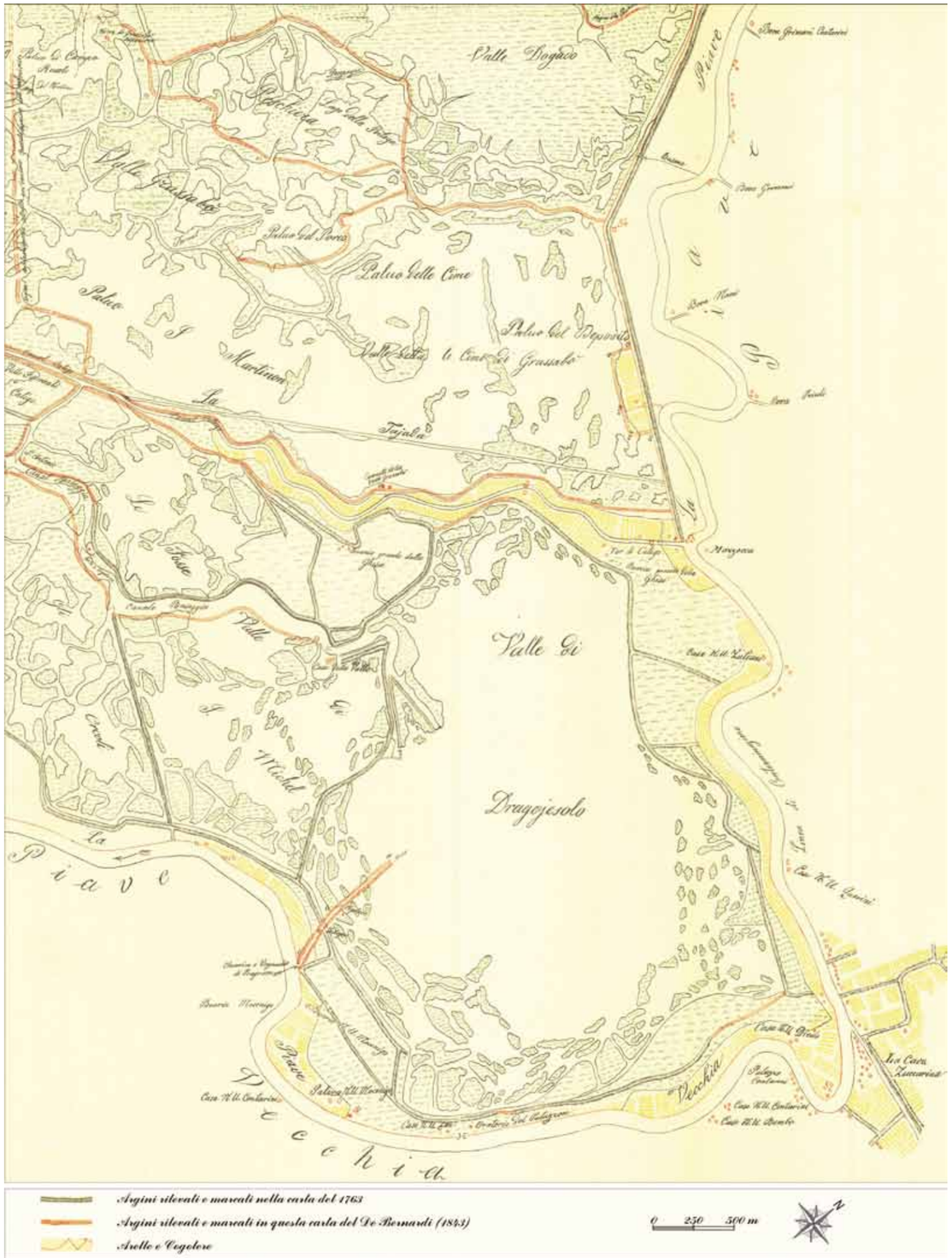
ci si è sempre più allontanati dalle condizioni allora rilevate, frequentemente senza prima raccogliere la preventiva approvazione delle opere realizzate da parte degli organi competenti.

Se il numero delle valli è andato progressivamente diminuendo, fino a ridursi alle attuali 22, in senso negativo gioca il fatto che esse siano state tutte trasformate in *valli chiuse,* perimetrate quindi con argini in terra, via via rinforzati e resi insormontabili anche da parte delle più alte maree. Parallelamente sui varchi di comunicazione con la laguna sono state costruite chiaviche con luci controllate da paratoie, in modo da permettere di gestire gli specchi d'acqua interni alle valli indipendentemente dai livelli di marea esterni, secondo dettami più consoni alla moderna vallicoltura.

Le cause di questi cambiamenti sono molteplici, a partire dalla difficoltà di reperire in loco in grande quantità il materiale tradizionalmente utilizzato per il confinamento, a causa della marinizzazione sempre più spinta dell'ambiente lagunare, per passare al costo crescente della manodopera utilizzata nella costruzione dei paré di graticci di canna palustre. Non vi è dubbio, tuttavia, che sia subentrata negli organi ai quali era demandato il controllo del regime idraulico della laguna una certa tolleranza rispetto ai provvedimenti adottati dai proprietari delle valli, compresi quelli che erano in contrasto con i regolamenti vigenti. Verosimilmente, le importanti trasformazioni morfologiche intervenute, dopo la decisione di armare con moli le bocche di porto e di costruire i grandi canali navigabili, e la maggior vivacità complessiva del regime delle correnti di marea hanno portato non pochi a ritenere che fosse superato l'antico ostracismo della Repubblica verso le valli da pesca.

Erano in definitiva costoro maggiormente predisposti a tollerare gli interventi adottati, anche se a volte completamente abusivi, più che a sanzionarli, ritenendo, forse giustamente, ormai superate le prescrizioni fissate in materia, nonostante esse non fossero state modificate rispetto al passato.

Non facendo nulla per introdurre variazioni alle antiche regole, il risultato non è stato esaltante, poiché inevitabilmente si sono subite le iniziative dei singoli, non sempre compatibili con le esigenze generali, più che tentare di inquadrarle in un contesto complessivo condiviso e ben regolamentato.



Valli Dragojesolo e Grassabò al tempo del rilievo eseguito da Antonio de Bernardi (1843). Da evidenziare il dettaglio con il quale sono cartografate le strutture di perimetrazione e di alimentazione delle valli.

1901

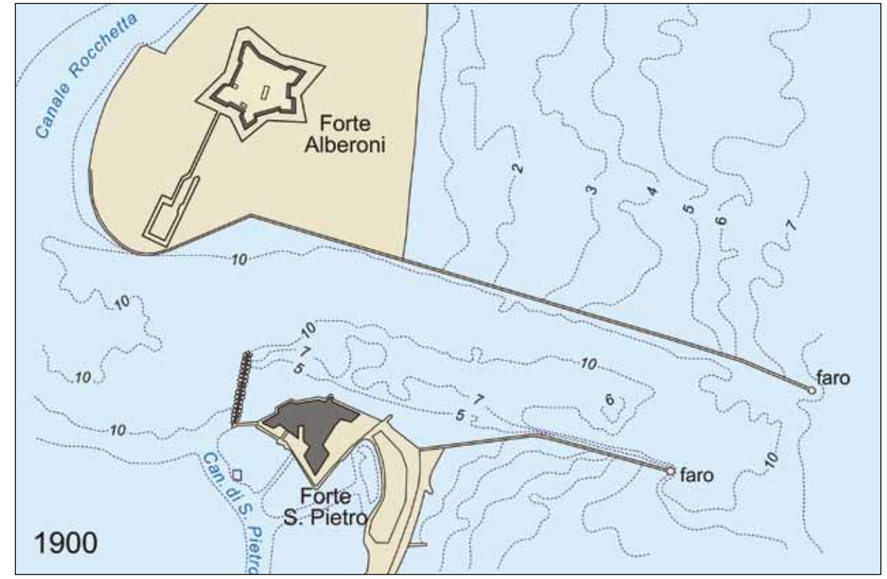
2.5 Carta idrografica della laguna di Venezia

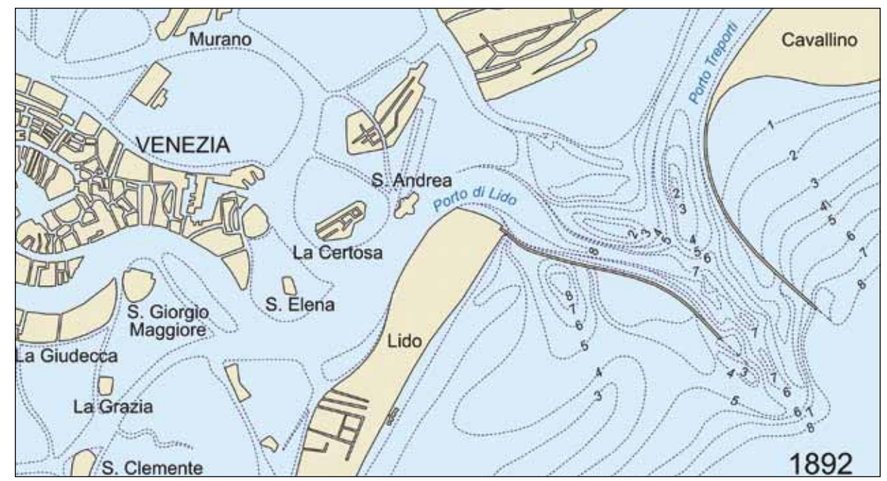
La carta è stata ricostruita partendo dai rilievi eseguiti negli anni 1897-1901 a cura del Genio Civile di Venezia. Le tavolette del rilievo originale alla scala 1:15.000 sono state preliminarmente georeferenziate e quindi unite tra loro in modo da fornire una visione d'insieme della laguna all'inizio del XX secolo. All'epoca alcune grandi opere erano state già realizzate, come il confinamento tra moli delle bocche di Malamocco e di Lido, mentre altri importanti interventi sarebbero stati eseguiti nel giro di pochi anni per favorire la navigazione all'interno della laguna e consentire alle navi moderne di attraccare ai suoi porti.

La carta idrografica del 1901 fornisce per la prima volta una rappresentazione complessiva e generale della batimetria della laguna, condensando i risultati dei rilievi restituiti in 18 tavolette in scala 1:15.000 nelle quali sono reperibili dati sufficientemente accurati sulle profondità dei canali della rete principale e sui tiranti d'acqua dei bassifondi adiacenti e sono inoltre riportate le quote delle superfici occupate dalle *barene* in un discreto numero di punti.
Per le diverse forme lagunari, le quote del rilievo sono riferite al medio comune marino. I valori riportati nella carta idrografica predisposta sono invece espressi rispetto al livello medio del mare di allora, assunto ovunque all'interno della laguna di 25 cm inferiore al medio comune marino.
Emergono dal confronto con la carta redatta da Augusto Dénaix all'inizio del XIX secolo alcune importanti differenze, che meritano un commento specifico per le loro conseguenze sulla successiva evoluzione della morfologia lagunare. Si tratta di variazioni riconducibili innanzitutto agli interventi realizzati dall'uomo alle bocche di porto, per adeguarle alle esigenze della moderna navigazione.
La bocca di Malamocco, la prima sulla quale si è intervenuti, è da circa trent'anni protetta da moli sui due lati, moli che si protendono nel mare antistante fino a raggiungere fondali di circa 10 m.
Le opere alla bocca furono studiate negli anni del governo napoleonico di Venezia da una commissione presieduta da Gaspard De Prony della quale fu chiamato a far parte anche il colonnello Salvini, profondo conoscitore della laguna, il cui contributo fu decisivo per individuare la soluzione più opportuna da adottare.
Dopo le indecisioni iniziali e ripetute interruzioni, nel momento del rilievo cartografico i moli erano stati completati da circa trent'anni (1872) con qualche modesta variante rispetto alla proposta della commissione Prony, permettendo di raggiungere rapidamente i risultati sperati per i fondali lungo il canale del porto. Costruiti i moli (prima il molo nord nel 1839 e poi quello sud meno proteso verso il mare) la corrente era riuscita, infatti, a incrementare progressivamente le profondità della bocca, rimuovendo naturalmente i depositi di sabbia della barra di foce e risolvendo quei problemi di officiosità contro i quali gli antichi idraulici al servizio della Repubblica avevano per alcuni secoli lottato invano, senza esiti di un qualche rilievo.
Importanti modificazioni si riscontrano anche sul litorale della laguna superiore, dove gli antichi "tre porti" sono ora scomparsi, essendo stati riuniti da quasi 10 anni nell'unica nuova bocca di Lido, seguendo il progetto degli ingegneri Antonio Contin e Tommaso Mati.
Procedendo dal mare, superato il primo tratto tra i moli, dalla nuova bocca si dipartono verso l'interno i tre canali di S. Nicolò, di S. Erasmo e di Treporti, che in origine davano vita a foci indipendenti.
I moli, data la complessa configurazione morfologica dei "tre porti", sono apprezzabilmente più lunghi di quelli realizzati a Malamocco e sono collocati nella parte prossima alle testate a una distanza reciproca di 900 m, definita sulla base di valutazioni derivanti dalle esperienze maturate nel corso dei lavori eseguiti alla bocca di Malamocco, affinate da un successivo calcolo teorico di Gustavo Bucchia.
Mentre nel tratto terminale che si affaccia al mare le due dighe si dispongono l'una parallela all'altra, esse divergono progressivamente tra loro, allontanandosi, dalla parte della laguna.
Secondo le profondità rilevate, a circa dieci anni di distanza dal completamento delle opere i fondali tra le dighe, pur non ancora del tutto stabilizzati, si sono sufficientemente approfonditi, portandosi a una decina di metri lungo buona parte del canale di S. Nicolò e a 6-7 m lungo il canale di Treporti. La barra di foce esterna, invece, non risulta ancora completamente rimossa dall'azione erosiva delle correnti di marea, penalizzando l'accesso in laguna a causa di fondali non

Il progetto per la costruzione del molo nord della bocca di Malamocco in una mappa del 1839. La presenza del molo, ultimato nel 1845 favorirà fin da subito l'approfondimento dei fondali a ridosso dell'opera con la formazione di un vero e proprio canale, prima ancora che fosse realizzato il molo opposto. (Dipartimento IMAGE dell'Università di Padova)

sufficienti per la navigazione.
Contrariamente a quanto era accaduto a Malamocco, dove questa struttura morfologica era stata naturalmente demolita dalle correnti, all'uscita tra le dighe di Lido le profondità si mantengono ben al di sotto delle aspettative e non riescono a superare gli 8 m, insufficienti rispetto al pescaggio delle navi di maggiore stazza dirette a Venezia. Queste navi continuano perciò a entrare in laguna attraverso la bocca di Malamocco.
Le cause delle minori profondità del varco di accesso tra le testate dei moli per la bocca di Lido non sono tanto dovute a un non corretto dimensionamento dell'intervento, quanto piuttosto, come si ebbe modo di scoprire una decina di anni dopo, quando si decise di rimuovere con operazioni di dragaggio ciò che restava della barra di foce, alla presenza di uno strato di argilla sovraconsolidata, particolarmente resistente all'azione tangenziale delle correnti.
Dal punto di vista della navigazione la nuova bocca di Lido permette alle navi di portarsi direttamente come un tempo di fronte a Venezia, senza utilizzare la



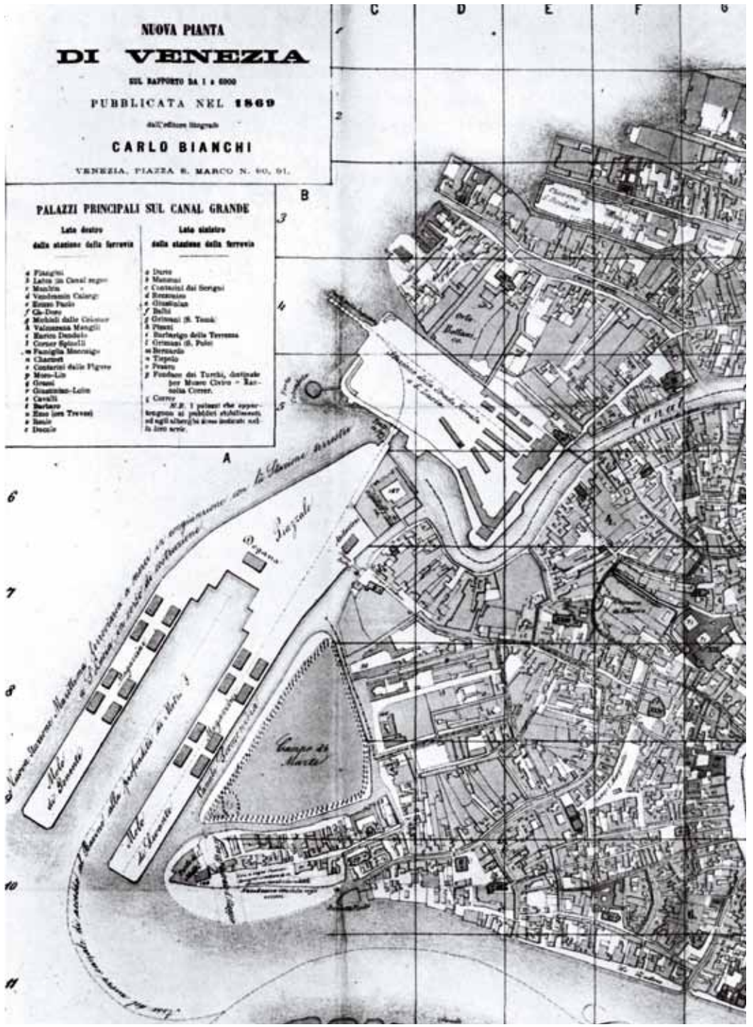


bocca di Malamocco e il canale di S. Spirito. Proseguendo oltre l'antico porto nel bacino di S. Marco, è possibile poi accedere alla Stazione Marittima, il nuovo porto commerciale della città. Il primo nucleo di questa importante struttura, da poco completato (1885), si affaccia con i suoi attracchi sul canale della Giudecca, al limite del Centro Storico. Destinata a importanti futuri sviluppi e a sostituire completamente gli attracchi nel bacino di S. Marco, la Stazione Marittima è inoltre servita dalla ferrovia. Venezia, infatti, da alcuni decenni non è più raggiungibile, come un tempo, solo per via acquea, essendo stato inaugurato nel 1846 il primo ponte ferroviario translagunare attrezzato con due binari. La nuova struttura, disposta parallelamente al canale di S. Secondo in un'area poco attiva rispetto alle correnti di marea, collega direttamente la città a quella terraferma che la Serenissima aveva a lungo dominato, togliendo Venezia dal suo secolare isolamento.
Danneggiato durante i moti del 1849, quando furono distrutte dai difensori di Venezia prima 5 e poi altre 17 delle sue arcate per contrastare l'esercito imperiale

In alto, la bocca di Malamocco e lo stato dei suoi fondali nel 1900. Le opere alla bocca, dopo alterne vicende, sono state completate da circa trent'anni(1872), ottenendo, come previsto, la rimozione naturale della barra di foce da parte delle correnti di marea e il raggiungimento dei fondali necessari alla navigazione nel canale tra le dighe percorso dalle navi.

Di seguito, la nuova bocca di Lido e lo stato dei suoi fondali nel momento di completamento dei lavori relativi alla diga sud, dopo la chiusura del varco lasciato momentaneamente aperto per consentire alle imbarcazioni l'uscita dalla laguna anche in fase di costruzione delle opere.
L'andamento delle isolinee evidenza i fondali ridotti presenti in corrispondenza del varco di accesso tra le testate dei moli, non essendo state le correnti di marea in grado di rimuovere completamente l'antica barra di foce, contrariamente a quanto era avvenuto a Malamocco.

Una planimetria della città di Venezia del 1869. Accanto alla stazione ferroviaria e al ponte che la collega a Marghera, è già inserita la Stazione Marittima, destinata a diventare il nuovo porto commerciale di Venezia e a sostituire gli antichi attracchi in bacino S. Marco, che furono per lunghi secoli il vero porto della Repubblica. Il primo nucleo della Stazione Marittima sarà realizzato poco più di una decina di anni dopo ma con dimensioni un po' più ridotte rispetto a quelle rappresentate nella pianta, alle quali si tenderà con gli ampliamenti avvenuti nel corso del '900. (da: Il ponte ferroviario in laguna, Multigraph editrice, 1987)



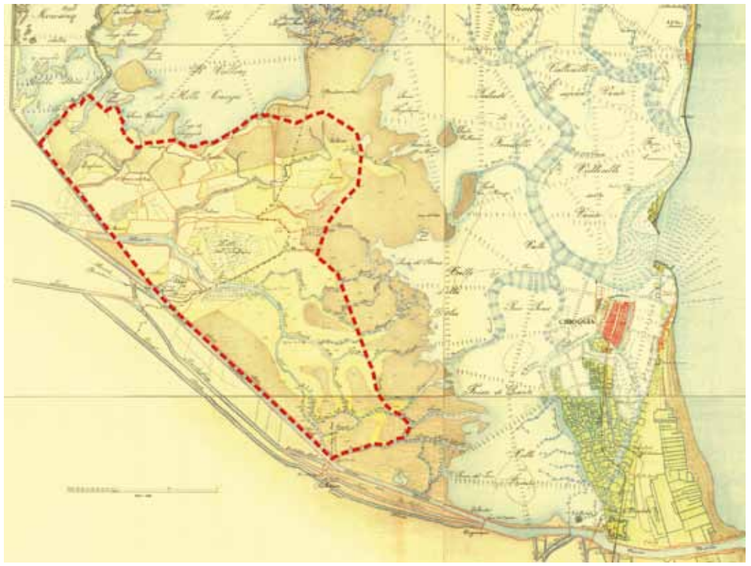
austriaco, il ponte ferroviario fu definitivamente riaperto nel giugno del 1850.
Sempre con riferimento alle necessità della navigazione moderna, profondità adeguate si riscontrano alla bocca di Malamocco, che continua, sia pure più lentamente degli anni precedenti, ad approfondirsi.
Fondali del tutto confrontabili con le condizioni ottocentesche si rilevano, invece, alla bocca di Chioggia, per la quale la costruzione dei moli, da alcuni auspicata dopo gli esiti favorevoli degli analoghi provvedimenti adottati a Malamocco e a Lido, si va concretizzando solo dal punto di vista progettuale.
Il nuovo stato dei fondali alle bocche favorisce gli scambi di portata mare-laguna attraverso il varco di Malamocco, che si va conseguentemente potenziando dal punto di vista idrodinamico a danno delle contigue bocche di Chioggia e di Lido, determinando aumenti del fondale anche nei grandi canali che da esso si dipartono.
Per la bocca di Lido riconfigurata, le minori portate scambiate dipendono in parte dall'accennata maggiore competitività idraulica di Malamocco, in parte dalle maggiori resistenze idrauliche al moto che essa offre rispetto al passato, non essendosi completamente raggiunte le nuove condizioni di equilibrio dei suoi

fondali per l'accennata non completa rimozione della barra di foce esterna.
Nel complesso la propagazione della marea all'interno della laguna resta dominata dalle forze dissipative, che prevalgono su quelle inerziali, registrandosi ovunque all'interno della laguna riduzioni sia dei colmi sia dell'ampiezza di marea rispetto al mare.
La rete dei canali lagunari interni, ben incisa tra i bassifondi e topologicamente molto articolata, conserva tutta la sua efficienza idraulica, controllando decisamente il fenomeno della propagazione della marea.
Le profondità delle zone d'acqua adiacenti ai canali assumono valori modesti. Per la parte di laguna che resta compresa tra le bocche di Malamocco e di Lido e i grandi canali che da esse si dipartono, le profondità sono mediamente di poco inferiori ai 50 cm con riferimento al medio mare. Si tratta di profondità che di fatto confermano l'osservazione di Augusto Dénaix circa l'estensione delle superfici che un tempo venivano a scoprirsi durante le normali fasi di bassa marea in condizioni di sizigie.
Per quanto riguarda le superfici occupate dalle *barene*, una prima osservazione che si può formulare riguarda la loro estensione. All'interno del perimetro della *conterminazione* definito nel 1792, tenuto conto delle aree del bacino di Chioggia interrite a seguito della temporanea reintroduzione in laguna del Brenta, le aree occupate dalle *barene* sono di poco variate rispetto alla laguna ottocentesca, essendo valutabili in circa 170 km^2.
Esse si distribuiscono su superfici morfologicamente molto articolate, comprendendo al loro interno specchi d'acqua più o meno estesi, ma generalmente di modesta profondità. Le aree di *barena* sono sempre solcate da una miriade di piccoli canali naturali interconnessi e da numerosi tagli artificiali, facilmente riconoscibili per il loro andamento planimetrico rettilineo. Si tratta di canali realizzati nel passato dall'uomo per le proprie necessità, in particolare per facilitare il collegamento tra i limiti della terraferma e i bordi della *laguna viva*.
Nel bacino di Chioggia sono egualmente ben individuabili le superfici interrite dal Brenta a seguito della sua temporanea reintroduzione in laguna nel periodo 1840–1896, in attuazione del Piano Fossombroni-Paleocapa. Queste superfici sono destinate a essere bonificate di lì a pochi anni e a essere completamente escluse dalla *conterminazione*, per sottrarle dal punto di vista amministrativo al Regolamento di Polizia Lagunare.
Distolto dalla laguna, il corso terminale del Brenta si sviluppa ora al limite della *conterminazione* prima di unirsi al Bacchiglione nel comune alveo che li porta, dopo la confluenza poco più a valle del Gorzone, all'antica foce di Brondolo. Continua, invece, a essere recapitato in laguna a Valli di Chioggia il Brenta Novissimo, dopo esservi stato deviato sempre nel 1840, quando venne abbandonato l'alveo, distinto da quello del Brenta-Bacchiglione, che i Veneziani gli avevano assegnato per convogliarne le acque direttamente al mare, sempre a Brondolo.
Se si esaminano le quote delle superfici di *barena*, i valori risultanti dal rilievo indicano quote variabili, ma mediamente comprese nell'intervallo 25-35 cm rispetto al livello medio del mare relativo, a conferma del fatto che queste forme lagunari, grazie anche all'apporto di suolo organico e alle trasformazioni di tipo biologico che le interessano, tendono ad adeguare la loro quota a tale livello, seguendone le variazioni, purché queste ultime non si manifestino troppo rapidamente nel tempo. Il che sembra verificarsi nel caso della laguna di Venezia.
Con buona approssimazione pertanto si può ritenere che nelle diverse epoche, dopo l'estromissione dei fiumi, le quote delle *barene* rispetto al medio mare non abbiano subito sostanziali modificazioni nel tempo, pur essendosi progressivamente ridotta l'estensione delle loro superfici a causa di processi di erosione a prevalente sviluppo orizzontale, inizialmente moderati e successivamente, dopo il completamento dei moli a tutte le bocche di porto, con manifestazioni sempre più intense.

Una immagine pittorica del nuovo ponte ferroviario che collega Venezia alla terraferma inaugurato nel 1846. (da: Il ponte ferroviario in laguna, Multigraf editrice, 1987)

Considerate le quote, le *barene* risultano sommergibili solo dai colmi delle alte maree di sizigie, ragione per cui esse non sono interessate dalle acque durante buona parte del giorno o nei periodi di quadratura. Questa particolare condizione permette la crescita sulle *barene* di una rigogliosa vegetazione alofila, la quale si differenzia nella specie passando da una *barena* all'altra in relazione anche a piccole variazioni di quota o, all'interno di una stessa *barena*, alla differente disposizione altimetrica delle sue parti rispetto al medio mare relativo.
Il rilievo fornisce, infine, interessanti indicazioni sullo stato delle valli da pesca presenti all'interno della laguna.
Con riferimento alla situazione cartografata da de Bernardi (1844), il numero delle valli si riduce a 34, non essendo più indicate tra le altre le *valli da ostriche*.
Relativamente alle valli censite, sono interessanti le note di accompagnamento alle tavolette del rilievo originale. In esse, per ciascuna valle, è specificato il tipo di struttura che ne costituisce il perimetro, il numero delle *cogolere* e delle chiaviche esistenti, i canali che la collegano alle restanti parti della laguna, nonché le prese d'acqua dolce utilizzate per il controllo della salinità all'interno.
Si tratta di notizie importanti, se si considera che nei decenni successivi interverranno nelle valli non poche trasformazioni, con riferimento sia ai loro rapporti idraulici con le restanti parti della laguna sia alle strutture funzionali alle attività specifiche della vallicoltura.
La carta del 1901, pur concepita per illustrare le condizioni idrografiche della laguna, offre quindi significative informazioni di carattere amministrativo per queste importanti e storiche realtà produttive.
Essa è un sicuro termine di paragone non solo per la carta di de Bernardi, poiché permette di evidenziare le modificazioni intervenute rispetto a quel censimento in un periodo di circa sessant'anni, ma anche per le carte idrografiche degli anni successivi, quando sarà oggettivamente più difficile seguire le procedure che porteranno tutte le valli alla condizione attuale di *valle regolata*.

Sopra, le arcate del ponte ferroviario distrutte nel 1849 dai difensori di Venezia per impedire la presa della città da parte dell'esercito imperiale austriaco. Il ponte fu riaperto l'anno successivo. (da: Il ponte ferroviario in laguna, Multigraf editrice, 1987)



A fianco, estratto delle tavolette del rilievo del 1901 con riportate le aree interrite dal Brenta nel bacino di Chioggia dopo la sua reimmissione in laguna nel periodo compreso tra il 1840 e il 1896, quando il fiume fu definitivamente riportato alla foce di Brondolo in attuazione del Progetto Lanciani. Nell'estratto è riportato il perimetro delle aree successivamente bonificate. Sul lato a laguna tale perimetro definisce localmente anche i limiti della nuova conterminazione lagunare del 1924, che sostituisce quella approvata dal Senato della Repubblica nel 1792.

1932 2.6 Carta idrografica della laguna di Venezia

La carta è stata ricostruita alla scala 1:75.000 partendo dai rilievi eseguiti a cura dell'Ufficio Idrografico del ricostituito (1907) Magistrato alle Acque. Le tavolette del rilievo originale, alla scala 1:5.000, sono state preliminarmente georeferenziate e quindi riunite in modo da fornire una visione d'insieme della laguna nella prima metà del XX secolo quando le grandi opere realizzate dall'uomo alle bocche di porto stavano per essere completate con la realizzazione dei moli alla bocca di Chioggia e all'interno della laguna era stato scavato il canale navigabile Vittorio Emanuele, per collegare il porto commerciale della Stazione Marittima con la Zona Industriale di Porto Marghera.

Nella seconda metà degli anni venti del secolo scorso sono incominciati all'interno della laguna rilievi sistematici di tutte le forme presenti, adottando una scala di restituzione di grande dettaglio (1:5000). Dall'unione delle 135 tavolette del rilievo originale, preliminarmente georeferenziate, si è ottenuta la carta idrografica in scala 1:75000 allegata, che sintetizza gli aspetti più salienti dello stato della laguna nel momento in cui stava per essere completata la costruzione dei moli anche alla bocca di Chioggia e altri importanti interventi erano stati da poco ultimati.

Le quote della carta sono riferite allo zero del mareografo di Punta della Salute e coincidono con il medio mare locale del 1897, anno centrale del periodo di osservazioni mareografiche utilizzate allo scopo.

Emergono, per confronto con la carta idrografica del 1901, alcune importanti differenze, in parte dovute ai naturali fenomeni di evoluzione del bacino lagunare da sempre in atto nell'area costiera di Venezia (variazione del livello medio del mare e subsidenza del suolo), in parte determinate dalle opere eseguite dall'uomo sia sulle bocche di porto sia all'interno della laguna.

Alla bocca di Lido, riconfigurata con la costruzione dei moli da ormai 40 anni (1892), dopo la completa rimozione mediante dragaggio della barra di foce (1912), i fondali sembrano aver raggiunto una nuova condizione di sostanziale equilibrio. Lungo l'asse del canale di navigazione, addossato alla diga sud, si riscontrano profondità di 11-12 m, più che adeguate per permettere alla navi di accedere al porto di Venezia, proseguendo lungo il canale di S. Nicolò e il canale della Giudecca. Dal canale di S. Nicolò, alquanto all'interno rispetto alla bocca, si stacca ora il canale di S. Erasmo, il minore degli antichi "tre porti" che un tempo si affacciavano in modo indipendente sul mare.

Profondità di 6-7 m, inferiori a quelle del canale di navigazione, si rilevano in vicinanza della diga nord, dove si stacca il canale di Treporti che penetra verso la laguna superiore. Si tratta in ogni caso di fondali più che adeguati alle necessità della navigazione dei battelli diretti verso questa parte della laguna.

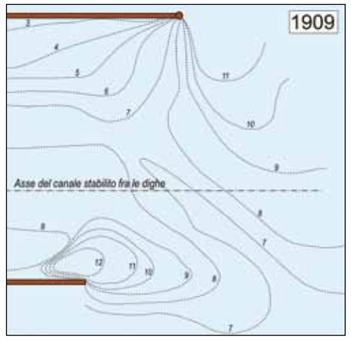
A ridosso della diga nord, il litorale del Cavallino è in prorompente avanzamento verso il mare, a testimonianza delle rilevanti quantità di sedimenti che le correnti costiere sono in grado di mobilitare e trasportare in direzione sud-est e dell'interferenza esercitata sul fenomeno dal molo sopraflutto della bocca.

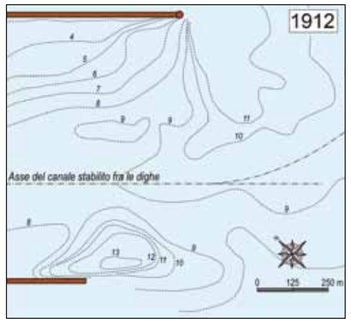
L'arresto del materiale da parte della diga nord non sembra riflettersi negativamente sul litorale sottoflutto, quantomeno nel tratto più prossimo alla bocca, che non appare soggetto a particolari processi erosivi e conserva caratteristiche non dissimili da quelle documentate dalla carta idrografica del 1901.

A Malamocco i fondali presentano qualche modesto incremento rispetto alla situazione descritta dalla carta idrografica del 1901 e dal rilievo particolare del 1915. Ne consegue un maggiore contributo di questa bocca agli scambi complessivi di portata mare-laguna.

Importanti modificazioni si riscontrano per la bocca di Chioggia, alla quale toccò in ultimo subire gli stessi provvedimenti sperimentati sulle altre due bocche.

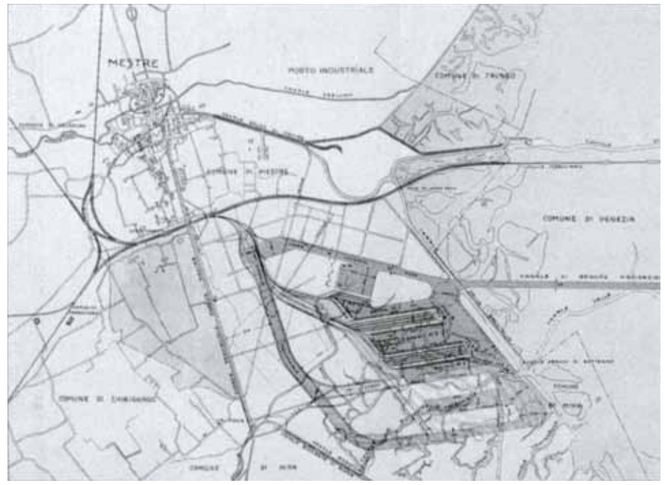
Dimensionata in origine dal suo progettista Francesco Carlo Rossi con una distanza tra i moli di 410 m, sulla base di concetti che si richiamavano ai rapporti esistenti tra le sezioni delle bocche di Malamocco e di Lido e le rispettive superfici liquide dominate all'interno





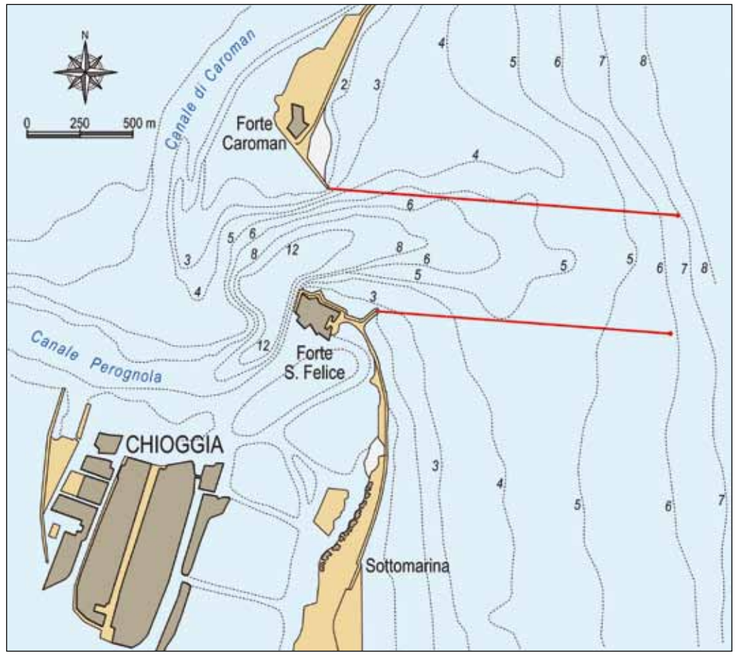
Sopra, i fondali tra le testate dei moli della bocca di Lido prima (1909) e dopo (1912) la rimozione della barra di foce mediante dragaggio, per sfondare lo strato di argilla sovraconsolidata che impediva il naturale approfondimento del varco di accesso ad opera delle sole correnti di marea.

Sotto, estratto del progetto redatto da Enrico Coen Cagli nel 1917 per il primo nucleo della Zona Industriale di Portomarghera.
(Museo Correr, Biblioteca op. PD gr 2002)



Alcune immagini, dei primissimi anni venti riguardanti i lavori per la realizzazione della nuova Zona Industriale. In successione, l'area dei Bottenighi prima dell'inizio degli inteventi; di seguito, draghe in azione per lo scavo dei canali a servizio della Zona Industriale; di seguito ancora, strutture provvisionali a servizio delle attività collegate allo scavo dei canali nell'area industriale. (Archivio fotografico Giacomelli)

della laguna, la geometria della bocca di Chioggia fu successivamente ridefinita da Erminio Cucchini, che fissò definitivamente in 550 m tale distanza. I lavori di costruzione dei moli, iniziati nel 1910 con le prime gettate di scogliera per realizzare la diga nord, furono a lungo sospesi a seguito dello scoppio della Grande Guerra. Fatalmente quanto era stato realizzato fino a quel momento, durante i lunghi anni che seguirono la sospensione dei lavori, fu seriamente danneggiato dalle mareggiate. A causa della formazione di numerosi varchi attraverso le strutture non completate, si produssero, tra l'altro, insabbiamenti consistenti entro il porto canale, che pure inizialmente, come era capitato per le bocche di Malamocco e di Lido, si era apprezzabilmente approfondito con l'avanzamento dei moli.



In alto, il progetto dei moli alla bocca di Chioggia nella configurazione ridefinita dall'ingegnere Erminio Cucchini relativamente alla distanza tra le dighe, portata dagli originali 410 m previsti dalla proposta Rossi, a 550 m.

Si dovette conseguentemente quasi ricominciare da capo quando i lavori furono ripresi (1930) per essere rapidamente completati (1934) nella configurazione documentata in pratica dalla carta.

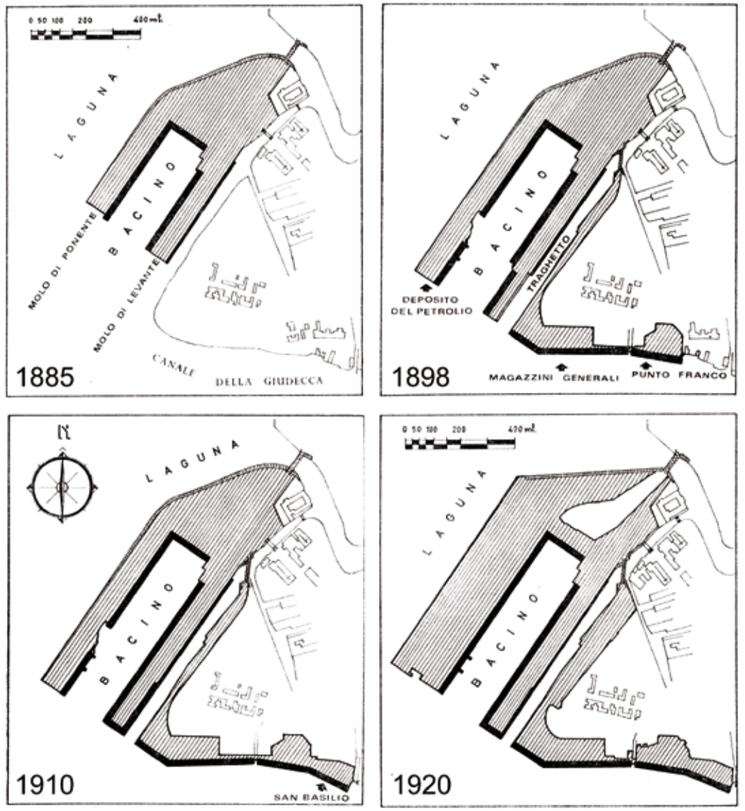
Lungo il nuovo porto canale le profondità naturalmente raggiunte tra le dighe sono di 7-8 m, erano più che sufficienti per le necessità della navigazione del tempo, consentendo di raggiungere anche in questo caso gli obiettivi che i progettisti delle opere si erano prefissi. Esiti quindi sicuramente positivi per la navigazione, meno esaltanti, invece, se si guarda al comportamento idraulico delle bocche armate, molto diverso rispetto a quello dei varchi naturali, e ai pesanti riflessi negativi sui problemi della salvaguardia dei fondali e delle strutture morfologiche della laguna.

La rete dei canali interni, ben articolata e potente nei suoi elementi principali fin quasi ai limiti interni della laguna, controlla la propagazione della marea e domina ancora l'idrodinamica di tutto il bacino lagunare.

Nel bacino di Lido alcuni nuovi importanti elementi entrano a far parte del sistema lagunare con funzioni e interferenze idrauliche di diverso tipo. Innanzitutto il canale navigabile Vittorio Emanuele, che collega la Stazione della Marittima, il porto commerciale di Venezia a sua volta ampliato e potenziato con nuovi attracchi, con le banchine e i canali realizzati a servizio della Zona Industriale di Porto Marghera, progettata sul finire della Grande Guerra e ora in forte e progressivo sviluppo, grazie all'impulso del conte Giuseppe Volpi, suo massimo artefice.

Sempre in questa parte della laguna una ulteriore novità è costituita dal ponte stradale, che si affianca al ponte ferroviario, ripetendone la struttura e potenziando il collegamento della città con la terraferma. Ponte ferroviario e ponte stradale hanno ovviamente rilevanza trasportistica, ma producono insieme interferenze idrauliche non tanto sul regime delle correnti di marea, quanto piuttosto a causa della loro capacità di schermare la laguna centrale, smorzando la propagazione in direzione Sud-Ovest del moto ondoso generato dai venti di Bora.

Il canale Vittorio Emanuele, scavato tra il 1920 e il 1925, amplia e approfondisce un canale creato inizialmente come canaletta di servizio per trasportare nelle colmate di Marghera i materiali di risulta provenienti dalla costruzione



A fianco, una serie di planimetrie della Stazione della Marittima relative allo stato del nuovo porto commerciale di Venezia fra il momento della realizzazione del suo primo nucleo (1885) e gli anni venti del secolo successivo, quando le iniziative per la realizzazione della I Zona Industriale di Porto Marghera erano in pieno sviluppo. La Stazione Marittima subirà ovviamente negli anni successivi ulteriori variazioni e potenziamenti.
(da: Mostra storica della laguna veneta, Stamperia di Venezia, 1970)

delle banchine della Marittima. Seguendo nelle vicinanze della città prima il tracciato del canale Donene, ma con andamento rettilineo, e poi il canale delle Tresse, la nuova via d'acqua consente alle grandi navi mercantili di entrare in laguna attraverso la bocca di Lido e di raggiungere gli attracchi della I Zona Industriale di Porto Marghera, realizzata occupando al di là del limite fissato nel XIV secolo dall'antico argine di intestadura ampie superfici di *barena* appositamente imbonite nell'area paludosa dei Bottenighi. Per il nuovo canale navigabile si rilevano fondali di 9-10 m, alquanto superiori a quelli dei canali lagunari adiacenti, con una larghezza in cunetta di 28 m e pendenza delle sponde di 1 su 2. Queste caratteristiche geometriche comportarono lo scavo di circa $5 \cdot 10^6$ m^3, riversati a loro volta nelle aree imbonite.
Pur non sostituendolo completamente, la nuova via d'acqua toglie via via importanza al vecchio canale di S. Spirito, che pure risulta essere stato allargato e approfondito.
Il nuovo canale, sicuramente fondamentale per la navigazione diretta a Porto Marghera, innesca, tuttavia, processi morfodinamici che sul medio e lungo periodo si rifletteranno con apprezzabili effetti sull'ambiente lagunare.
Dal punto di vista idrodinamico, data la sua profondità, il canale Vittorio Emanuele costituisce inevitabilmente una via preferenziale alla propagazione della marea lungo la direttrice bocca di Lido-S.Nicolò-Punta della Salute-Marghera. Penetrando dalla bocca di Lido, l'onda di marea può raggiungere i bordi della conterminazione lagunare più velocemente di quanto non avvenga nelle zone adiacenti, controllate dal punto di vista idrodinamico da canali naturali meno profondi e quindi meno attivi rispetto al fenomeno. Ne derivano modificazioni locali del regime delle correnti di marea, con conseguenze negative per le zone d'acqua e per i canali più prossimi alla via navigabile. Investiti da significative correnti trasversali rispetto al loro asse, questi canali incominciano a essere interessati da fenomeni di interrimento per sedimentazione dei materiali erosi dai bassifondi adiacenti, coinvolgenti lo stesso canale Vittorio Emanuele. Il tutto è aggravato dalle correnti indotte localmente dal dislocamento di importanti volumi d'acqua, determinato dal passaggio delle stesse navi con sezioni di carena importanti rispetto a quelle del canale.
Sempre con riferimento alla rete di canali interni, nel bacino di Chioggia compare un nuovo canale allacciante, che lo collega all'adiacente bacino di Malamocco, unendo attraverso la zona di partiacque il canale Perognola alle ultime propaggini del canale Valgrande, posto a sua volta in prosecuzione del canale Spignon.

A fianco, immagini fotografiche degli anni trenta dell'appena trascorso secolo relative alla costruzione del ponte stradale translagunare.
Nella prima foto alcune delle pile del ponte pile disposte in allineamento con le pile del ponte ferroviario esistente.
Nella foto successiva una vista del ponte stradale in via di realizzazione nel tratto più prossimo a Piazzale Roma. Mentre nella prima parte del suo tracciato il ponte stradale si dispone in stretta adiacenza al ponte ferroviario, nell'ultima parte, avendo come suo terminale Piazzale Roma, necessariamente se ne distacca.
I due ponti insieme, con l'aggiunta del ponte realizzato negli ultimi decenni del secolo scorso, dal punto di vista idraulico fungono da schermo alla propagazione in direzione Sud-Ovest del moto ondoso generato dai venti di Bora.
(Archivio fotografico Giacomelli)

Quanto alle profondità dei bassifondi adiacenti alla rete dei canali principali, il confronto con il rilievo del 1901 mette in evidenza modesti incrementi.
Per la parte di laguna che resta compresa tra le bocche di Malamocco e di Lido e i grandi canali che da queste si dipartono la profondità media dei bassifondi è di circa 60 cm, superiore a quella stimata per la laguna del 1901 di una decina di cm. Si tratta di valori che non possono essere ricondotti ai soli processi di eustatismo e subsidenza e segnalano la sovrapposizione su di essi di fenomeni erosivi sostenuti da cause diverse.
Una conferma indiretta dei processi di erosione in atto all'interno della laguna è fornita d'altra parte dall'estensione delle superfici occupate dalle barene. Secondo i rilievi sintetizzati nella carta idrografica, rispetto alla precedente configurazione (1901) tali superfici si sono ridotte di circa 60 km^2, prova inequivocabile della presenza di diffusi fenomeni erosivi in senso orizzontale. Questi fenomeni, demolendo i bordi delle fasce di barena, rimettono a disposizione del sistema lagunare, almeno parzialmente, quei sedimenti che un tempo, prima dell'estromissione dei fiumi, erano direttamente forniti dagli apporti fluviali. Per questo motivo sono al momento relativamente contenuti i processi erosivi in senso verticale, come è comprovato dalle limitate variazioni della profondità media nella laguna centrale.
Di non minore interesse la situazione rappresentata per le valli da pesca, in un periodo nel quale importanti trasformazioni sono in atto per queste storiche realtà produttive.
Complessivamente il numero delle valli censite si incrementa a 41. Di esse, 9 ritornano a essere classificate *come valli da ostriche*. Per molte valli, inoltre, cam-

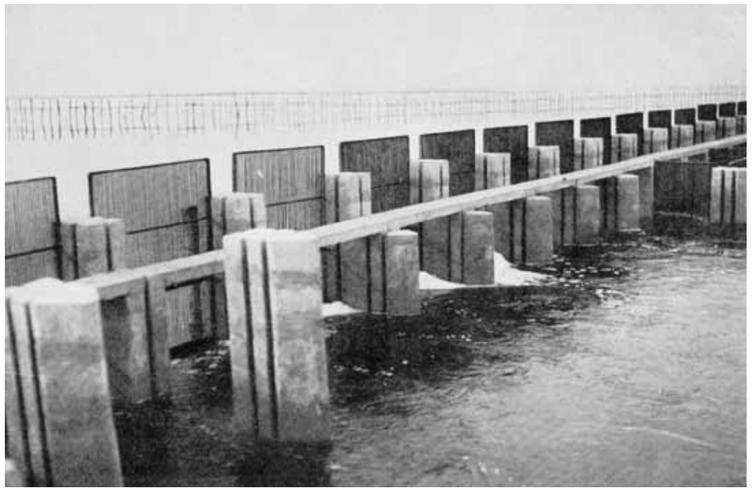
Alcune immagini fotografiche degli anni trenta del Novecento relative alle valli da pesca. (da: Bonifica e vallicoltura, Roma, 1937)

A fianco, una vista panoramica dell'articolata morfologia di Valle Dragojesolo. In primo piano un canale attrezzato per accogliere un parè di grisiole, sullo sfondo specchi d'acqua e barene si interpongono in un'alternanza particolarmente suggestiva dal punto di vista paesaggistico.

A fianco, una chiavica regolata di Valle Perera, valle arginata non ricompresa all'interno della conterminazione lagunare, ma adiacente a questa. La presenza di chiaviche regolate per il controllo del regime delle valli incomincia a diffondersi in modo generalizzato nei primi decenni del Novecento.

biano radicalmente le strutture di confinamento. Si estendono le parti di perimetro formate con argini in terra, mentre gli scambi d'acqua valle-laguna sono in alcuni casi garantiti dall'inserimento di tratti di perimetro permeabili al flusso della marea. Diversamente da un tempo però tali tratti non sono più formati con graticci di canna palustre, ma con griglie metalliche.
Appare conseguentemente all'orizzonte una nuova soluzione per conservare i rapporti di scambio valle-laguna, ancora considerati importanti per il funzionamento idraulico della laguna da parte degli organi di controllo.
Adottata in via sperimentale inizialmente in Valle Dogà nei primi anni venti, la soluzione è poi estesa ad altre situazioni, definendo in pratica una nuova tipologia di valle, quella di *valle asserragliata*, in comunicazione idraulica con la laguna attraverso ampie batterie di luci non regolate, ma presidiate con griglie metalliche. Di larghezza complessiva ben più ridotta delle parti di perimetro alle quali si sostituivano nelle funzioni idrauliche, queste batterie di luci, delle quali restano ancora in laguna alcuni esempi sia pure con luci completamente ostruite, avrebbero dovuto nelle intenzioni del ricostituito Magistato alle Acque garantire il ruolo dei tradizionali graticci di canna palustre, ormai difficili da costruire e ripristinare per mancanza dei materiali necessari, essendo oltretutto gravati da

A fianco, immagini fotografiche di Valle Dogà e delle sue strutture per controllo degli scambi d'acqua valle-laguna. Si tratta di strutture formate con una serie di luci ricavate tra pilastrini in calcestruzzo, ancorati a una soglia di fondo a sua volta in calcestruzzo, poste in sostituzione degli antichi parè di grisiole.
Il dispositivo, sperimentato nei primissimi decenni del Novecento in Valle Dogà, troverà negli anni successivi larga diffusione.
I gargami, ben evidenti sui pilastrini di sostegno delle griglie, offrono al vallicoltore la possibilità di parzializzare o intercludere a suo piacimento le luci e quindi il collegamento idraulico valle-laguna, prodromo di quanto avverrà con la comparsa delle chiaviche completamente regolate.



oneri manutentivi economicamente non più sostenibili. Presidiate con griglie metalliche sono anche le nuove strutture inserite nei *colauri* di pesca e altri dispositivi funzionali alla vallicoltura.

Una immagine fotografica degli anni venti del Novecento, che documenta i fenomeni erosivi a danno delle barene. Si tratta di fenomeni destinati ad aggravarsi pesantemente nei decenni successivi, quando l'intensità dei processi di demolizione di queste particolari forme lagunari assumeranno aspetti preoccupanti.

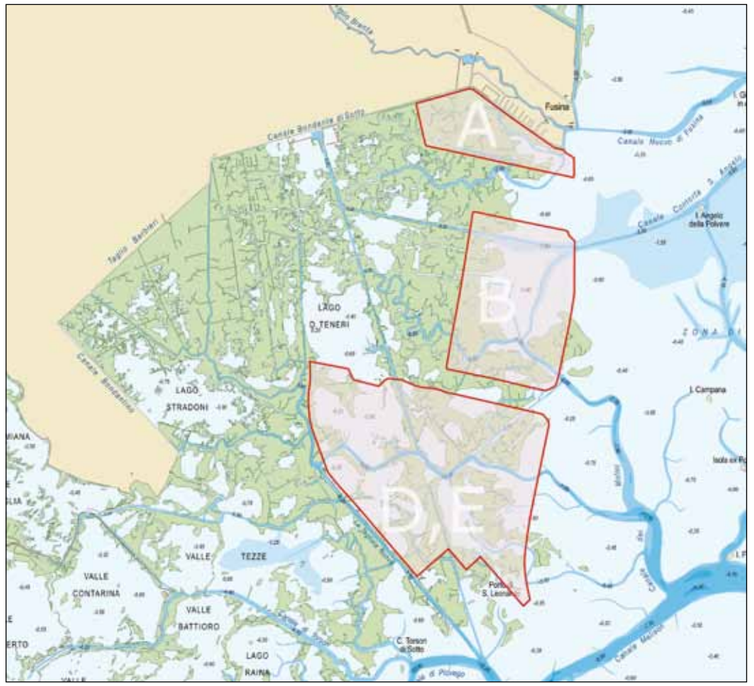
1970 2.7 Carta idrografica della laguna di Venezia

La carta è stata realizzata dall'Ufficio Idrografico del Magistrato alle Acque sulla base dei rilievi eseguiti negli anni immediatamente precedenti. Per le parti in acqua il rilievo originale, eseguito alla scala 1:5.000, ripete l'analogo rilievo del 1932 e fornisce con grande dettaglio le profondità del sistema di canali lagunari e dei bassifondi ad essi adiacenti. Per le quote delle terre emerse, ci si appoggia invece al volo aerofotogrammetrico del 1968, utilizzato per la stesura della prima Carta Tecnica Regionale. Si tratta di una configurazione della laguna alquanto modificata rispetto a quella precedente (1932). Accanto al nuovo canale navigabile Malamocco-Marghera compaiono tra l'altro le estese superfici imbonite per accogliere la III Zona Industriale di Porto Marghera e altre aree di minore estensione, come ad esempio quelle dell'aeroporto di Tessera, e l'isola del Tronchetto a loro volta sottratte alla laguna per soddisfare le necessità di sviluppo della città.
(Ufficio Idrografico del Magistrato alle Acque)

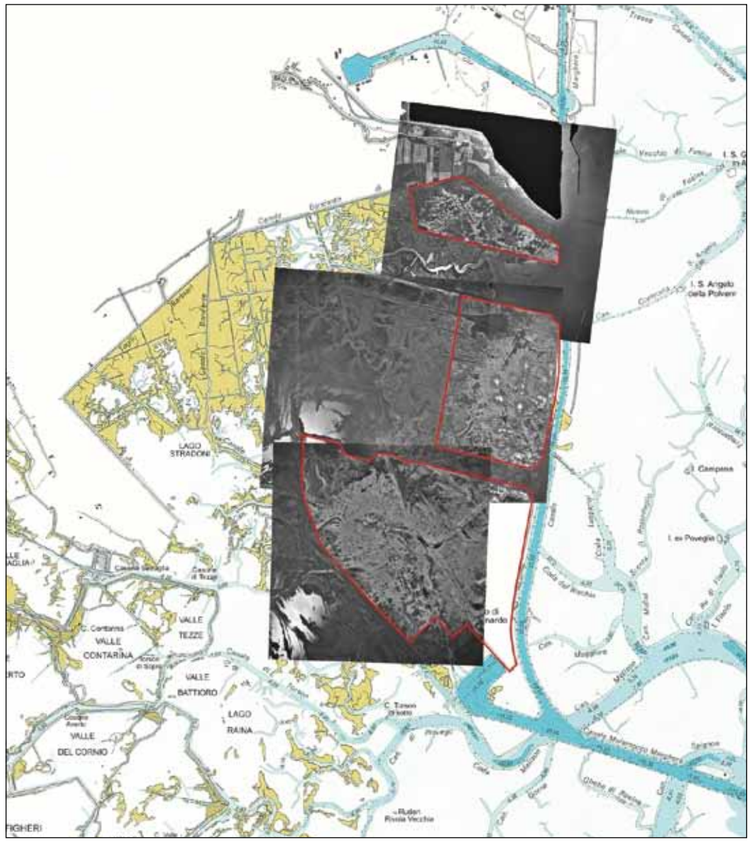
Immagini fotografiche della Cassa di Colmata A (la più vicina alle aree della II Zona Industriale di Porto Marghera) prima e dopo le operazioni di imbonimento attuate per la realizzazione della III Zona Industriale. (da: Passatopresente – Laguna tra fiumi e mare, Filippi editore, Venezia, 1982)

Dopo la grande alluvione del novembre 1966, che portò all'attenzione dell'opinione pubblica la vulnerabilità di Venezia e della sua laguna rispetto alla difesa dalle "acque alte", tra le molte iniziative promosse per comprendere le cause di quell'evento disastroso si decise di intraprendere un nuovo rilievo di grande dettaglio del bacino lagunare, adottando la stessa scala di restituzione (1:5.000) del precedente rilievo del 1932. Dall'unione delle 135 tavolette del rilievo originale è stata ottenuta dall'Ufficio Idrografico del Magistrato alle Acque la carta idrografica allegata, che sintetizza gli aspetti più salienti dello stato della laguna in anni cruciali, essendo immediatamente successiva al completamento del canale navigabile Malamocco-Marghera (1964-1968).
Le quote della carta, diversamente da quanto era avvenuto per il rilievo del 1932, sono riferite al medio mare Genova 1942, che è lo zero di riferimento della rete altimetrica dello Stato, ma anche della Carta Tecnica Regionale. Tale riferimento si dispone 20÷24 cm al di sopra del caposaldo del mareografo di Punta della Salute, che è lo zero più frequentemente utilizzato quando si parla dei problemi di Venezia, in modo particolare delle "acque alte". Le differenze tra gli zeri adottati nelle diverse epoche devono ovviamente considerarsi in un eventuale confronto fra le carte idrografiche, soprattutto se si vogliono trarre indicazioni sull'entità

La perimetrazione delle casse di colmata previste per la realizzazione della III Zona Industriale. La perimetrazione è riportata sulla carta idrografica del 1932, per evidenziare la struttura morfologica delle aree sulle quali sarebbero stati riversati i materiali dragati per la realizzazione delle casse di colmata.



Alcuni fotogrammi di una ripresa aerea del 1975 (volo Reven Benedetti - Regione Veneto) montati sulla carta idrografica del 1970, non ricoprendo la ripresa stessa tutta l'area interessata dalle casse di colmata. Appare in tutta evidenza come all'epoca solo una parte delle aree perimetrale sia stata effettivamente interessata dalle attività di colmatazione. Mentre nella cassa A, situata a ridosso della II Zona Industriale, le operazioni sembrano essere state concluse, nelle altre casse, pur completamente perimetrate, ampie superfici non risultano essere state ancora imbonite. Né lo saranno negli anni successivi, quando le attività dei promotori dello scavo del canale Malamocco-Marghera e della realizzazione delle casse di colmata subiranno un drastico arresto.



delle variazioni altimetriche eventualmente intervenute.

Guardando alla configurazione del litorale e alle variazioni intervenute rispetto al 1932, è immediato constare come a ridosso della diga nord di Lido il litorale di Punta Sabbioni sia apprezzabilmente avanzato verso la testata del molo rispetto alla posizione del rilievo precedente. Conseguentemente una frazione significativa dei sedimenti mobilitati lungo il litorale dal moto ondoso e dalle correnti costiere può ora più facilmente aggirare il molo nord, penetrare in laguna e alimentare il litorale posto sottoflutto, mitigando i fenomeni erosivi ai quali per molti decenni è stato sottoposto il tratto compreso tra le bocche di Malamocco e di Lido dopo la costruzione delle dighe per quest'ultima.

Più critica per questi aspetti è la condizione del tratto di litorale compreso tra le bocche di Malamocco e di Chioggia. Qui, come nel passato del resto, l'assottigliamento del lido è più evidente e all'altezza di Caroman solo una robusta difesa artificiale permette di mantenere la laguna separata dal mare.

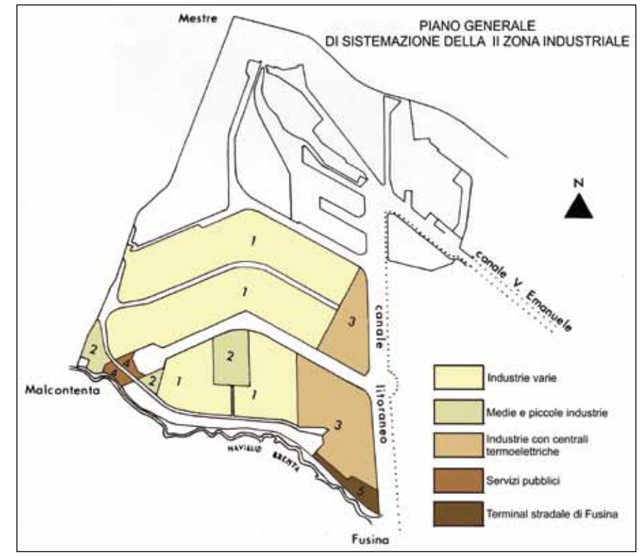
I fondali tra le bocche di porto presentano profondità adeguate rispetto alle necessità della navigazione e alle aspettative dei progettisti delle opere, anche se a Lido, diversamente da Malamocco, è necessario procedere periodicamente con qualche operazione di dragaggio per mantenere lungo tutto il canale navigabile i tiranti d'acqua richiesti dalle navi di maggiore pescaggio dirette alla Stazione Marittima e a Porto Marghera.

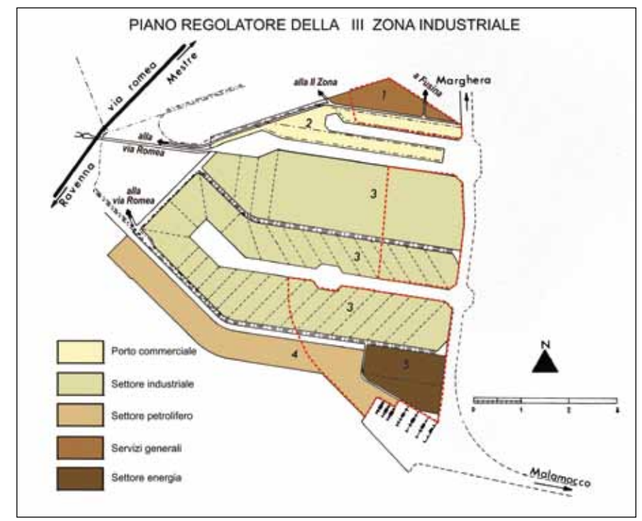
A Malamocco i fondali risentono già degli effetti dovuti all'apertura del nuovo canale navigabile che collega Malamocco a Marghera.

Le profondità, infatti, risultano apprezzabilmente superiori a quelle segnalate dal rilievo del 1932, testimonianza indiretta del fatto che la bocca, a parità di altre condizioni, è interessata da un più intenso scambio di portate con il mare. La parte di bacino lagunare dominata dalla bocca di Malamocco si va pertanto ampliando a scapito di quelle controllate rispettivamente dalle bocche di Lido e di Chioggia.

Importanti modificazioni sono evidenziate all'interno della laguna, innanzitutto per quanto riguarda la struttura della rete dei canali interni. L'inserimento del nuovo canale navigabile di Malamocco, che parte dalla bocca omonima e interseca alcuni dei grandi canali naturali, cortocircuitandoli dal punto di vista idraulico, non è da considerarsi tra le soluzioni più felici. Mentre nel primo tratto, seppure seguendo un tracciato perfettamente rettilineo, il canale navigabile assume una direzione simile a quella dei canali naturali che si dipartono dalle bocche, nel tratto successivo la nuova via d'acqua si dispone secondo una direzione del tutto anomala, tagliando quasi ortogonalmente i canali esistenti e creando dal punto di vista idrodinamico importanti modificazioni dell'originale assetto del campo di moto.

Il canale, realizzato per stralci successivi, nel tratto che va dalla bocca di porto





In alto, stralcio planimetrico del Piano Generale per la Sistemazione della II Zona Industriale di Porto Marghera (1965), posta in adiacenza alla I Zona e destinata a essere servita dal nuovo canale Malamocco-Marghera. Sotto, una vista aerea della II Zona Industriale. In primo piano, un deposito costiero e un cementificio, oltre il canale interno, impianti petrolchimici.

Di seguito, stralcio del Piano Regolatore della III Zona Industriale (1965). Nella planimetria è riportato il perimetro delle casse di colmata che si sarebbero dovute realizzare se non fossero intervenuti i problemi che portarono all'interruzione dell'iniziativa. Colpisce la particolare estensione delle aree lagunari che nelle intenzioni degli estensori del Piano si sarebbero dovute occupare. Gli imbonimenti sono portati in pratica fino al limite della conterminazione, ben oltre il perimetro delle casse di colmata, distruggendo i laghi esistenti. (da: Mostra storica della laguna veneta, Stamperia di Venezia, 1970)

fino alla curva di Porto S. Leonardo ha una larghezza in cunetta di 150 m, con una profondità di 14.5 m. Superata la grande curva, la larghezza del canale si riduce inizialmente a 100 m e poi, oltre Motte di Volpego e verso Marghera, a 60 m. Cambiano lungo questa parte del tracciato le profondità, fissate in 12.5 m per il tratto intermedio e in 10 m per il tratto terminale compreso tra i bacini di evoluzione del canale Industriale Sud e del canale Industriale Ovest.
A Porto Marghera da qualche anno la I Zona Industriale, creata negli anni venti e sviluppata particolarmente nel decennio successivo, è ora affiancata dalla II Zona Industriale, sottraendo ulteriori superfici di barena alla laguna.
Entrambe le Zone sono servite dalla nuova via d'acqua che le lambisce collegandosi al canale Vittorio Emanuele.
Relativamente ai fondali, è da ricordare che sul finire degli anni '60, una disposizione governativa limitava a 12 m le profondità massime raggiungibili in fase di manutenzione e di ripristino per la parte di canale posta in prosecuzione della curva di Porto S. Leonardo in direzione di Porto Marghera.
La realizzazione del canale Malamocco-Marghera è accompagnata dall'imbonimento di estese superfici di barena per la formazione, a partire da Porto S. Leonardo, di alcune casse di colmata, utilizzando il materiale proveniente dallo scavo del canale stesso.
Per questi aspetti la restituzione del rilievo non sembra essere del tutto fedele. Nella carta infatti non è tanto rappresentato lo stato di fatto esistente nel momento del rilevamento di questa parte della laguna, quanto piuttosto la condizione finale alla quale si sarebbe arrivati se, nel frattempo, non fossero intervenute le

Una vista aerea della II Zona Industriale. In primo piano, un deposito costiero e un cementificio, oltre il canale interno, impianti petrolchimici. (da: Mostra storica della laguna veneta, Stamperia di Venezia, 1970)

decisioni che hanno portato al congelamento dei lavori di imbonimento, anche a seguito delle molte polemiche seguite alla catastrofica marea del novembre 1966.
Nell'idea dei progettisti del canale e delle casse di colmata, le superfici, perimetrate e rese franche dalle acque, dovevano essere destinate ad accogliere gli insediamenti della cosiddetta III Zona Industriale di Porto Marghera.
All'epoca del rilievo una parte importante delle superfici destinate alla creazione della III Zona Industriale (~13 km^2) erano state effettivamente perimetrate con un argine in terra, la cui sommità risulta posta a quota variabile, ma apprezzabilmente superiore a quella del medio mare (1.5-2.0 m secondo la carta). Delle superfici marginate, solo quelle situate a ridosso del canale Malamocco-Marghera, risultano però essere state imbonite con il materiale proveniente dalla scavo del canale, come è documentato dall'esame delle foto aeree degli anni immediatamente successivi. Una conferma indiretta di questa situazione è del resto fornita dallo stesso rilievo, che riporta le quote rilevate lungo il perimetro delle casse di colmata, ma non al loro interno. Queste parti sono cartografate con modalità analoghe a quelle delle terre emerse e possono perciò essere fonte di fraintendimenti per quanti non disponessero di altre informazioni.
Delle molte strutture previste nell'area delle nuove casse di colmata, le uniche effettivamente realizzate sono quelle del terminale petrolifero di Porto S. Leonardo, posto di fronte alla bocca di Malamocco al termine del tratto rettilineo del canale navigabile.
A tergo delle nuove casse di colmata rimangono gli specchi d'acqua di alcuni importanti *laghi* (Lago dei Teneri, Lago Stradoni, Lago di Rivaggio) e le ampie

Una immagine fotografica degli attracchi di Porto S. Leonardo, l'unica fra le strutture previste dal Piano a trovare concreta attuazione (da: Mostra storica della laguna veneta, Stamperia di Venezia, 1970)

superfici di *barena* che li circondano, incise da ciò che resta dei numerosi tagli (le già citate *tajade*) aperti al tempo della Repubblica per favorire i collegamenti fra la terraferma e i limiti della *laguna viva*.
Sul lato opposto delle casse di colmata, a non grande distanza dal bordo del canale navigabile sono cartografate le prime difese longitudinali realizzate a protezione della via d'acqua, disposte con andamento sub-parallelo al suo tracciato. Segno evidente dei problemi ai quali fin da subito il canale navigabile è stato esposto, queste strutture lo dovrebbero difendere, secondo le intenzioni dei loro progettisti, dai processi di interrimento. Tali difese non hanno, tuttavia, avuto esiti performanti, forse per la mancata comprensione delle effettive cause alle quali gli interrimenti lamentati erano e sono da ricondurre. Prova ne sia che negli anni successivi alla sua costruzione, e ancor oggi, la parte di canale che si sviluppa con andamento parallelo al bordo delle casse di colmata e porta alle banchine di Porto Marghera deve essere dragata, per garantire il mantenimento delle profondità previste dal progetto.
Nei riguardi dell'entità dei fenomeni di interrimento ai quali è esposto il canale, è significativo ricordare che nei trent'anni successivi al suo scavo, secondo i dati del Magistrato alle Acque, il volume dragato per ripristinarne i fondali è stato di circa $3.5 \cdot 10^6$ m^3, con un tasso annuale all'incirca doppio rispetto a quello del canale Vittorio Emanuele.
Le molte polemiche sorte intorno al ruolo negativo del nuovo canale navigabile sull'aumentata frequenza delle "acque alte" a Venezia sono prive di fondamento, essendo di pochi cm i suoi effetti sull'incremento dei colmi nel Centro Storico,

Una immagine aerea della zona di Tessera su cui sorgerà l'aeroporto. Ben intuibile il modo di procedere dei lavori di imbonimento, che prevede la realizzazione di un argine perimetrale di delimitazione delle superfici sulle quali introdurre i materiali necessari alla colmatazione. (Foto Chiara Castelli)

per le maree non dominate dalla componente meteorologica, e praticamente nulli per queste ultime.
Devastante, invece, è la sua presenza sulla circolazione idrodinamica nella laguna centrale e sulle trasformazioni della morfologia lagunare registrate negli anni successivi alla sua costruzione.
Se si guarda alla struttura della rete dei canali, al di là dell'inserimento del canale Malamocco-Marghera, non si segnalano sostanziali variazioni dei suoi più importanti elementi costitutivi. Fa eccezione la realizzazione di un taglio che nel bacino di Chioggia si stacca in prossimità della bocca e allaccia direttamente il canale di Caroman al canale Perognola.
Ancora sufficientemente potente, la rete dei canali naturali continua ad avere un ruolo significativo nella propagazione della marea in quasi tutta la laguna, esclusa la parte centrale compresa tra le bocche di Lido e di Malamocco. Qui gli effetti idrodinamici del nuovo canale navigabile si fanno sentire in modo evidente. Perdono importanza nel fenomeno propagatorio i canali naturali rispetto ai canali artificiali (Malamocco-Marghera e Vittorio Emanuele) e i gradienti istantanei di livello sono apprezzabilmente modificati rispetto alla configurazione della laguna del 1932, con conseguenze negative sul regime delle correnti di marea.
Relativamente ai fondali delle zone d'acqua adiacenti ai canali, il rilievo segnala un loro generale approfondimento. Nella laguna centrale, esclusi i canali, la parte che rimane ricompresa tra le bocche e i grandi canali navigabili presenta profondità medie di circa 1 m, alquanto superiori a quelle risultanti dal rilievo del 1932 per la stessa parte di laguna (0.60 m).

Le attività di imbonimento sono terminate e la realizzazione della pista dell'aeroporto è in fase di completamento assieme ai suoi corridoi di servizio. Evidente in primo piano l'asse di avvicinamento alla pista in fase di atterraggio dei velivoli. (Foto Chiara Castelli)

Una recente immagine aerea dell'area di Tessera che accoglie la pista dell'aeroporto e le sue strutture di servizio. Ben visibile al limite inferiore della foto sulla destra un'ampia superficie di barene, già quasi completamente perimetrata e destinata a essere imbonita.

L'approfondimento non è in alcun modo riconducibile ai soli effetti di subsidenza del suolo e di innalzamento del livello medio del mare, valutabili al più in circa una quindicina di cm complessivi per il periodo di quarant'anni intercorso tra i due rilievi. Esso è indicativo, invece, di processi erosivi intensi e generalizzati, destinati ad aggravarsi negli anni successivi.

Una conferma indiretta del fenomeno è costituita dal progressivo incremento dell'estensione dei cosiddetti *fondi* lagunari posti a cavallo fra i partiacque dei grandi bacini dominati dalle tre bocche. Per questi aspetti particolarmente significativa è la situazione del *Fondo dei Settemorti,* che, pur mantenendo le proprie profondità massime, le estende su superfici apprezzabilmente superiori rispetto a quelle del rilievo del 1932. È la manifestazione palese di un chiaro processo diffusivo, il quale è a sua volta un indice inequivocabile della progressiva demolizione dei fondali lagunari per effetto dell'erosione.

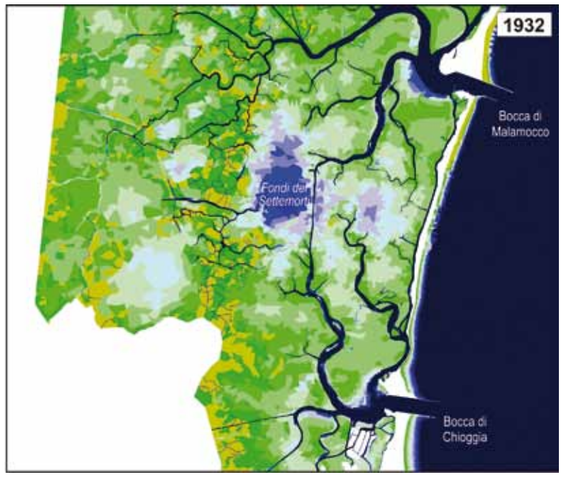
Quanto alle superfici di *barena*, la carta conferma l'intensità dei fenomeni erosivi che colpiscono l'intero bacino lagunare in senso orizzontale, i cui effetti si riflettono inesorabilmente a danno di queste forme che, fra tutte, sono forse le più caratteristiche della laguna di Venezia.

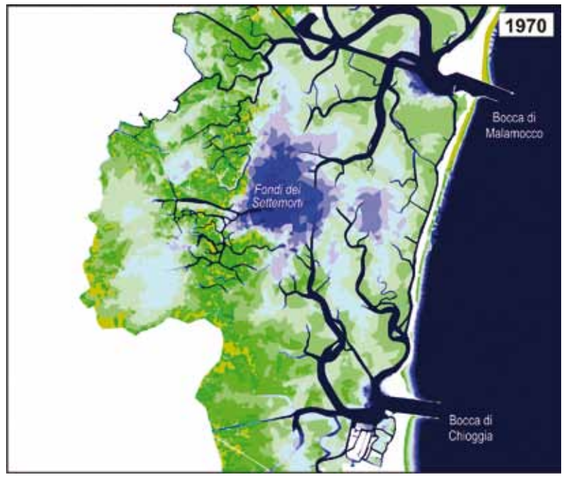
All'interno del perimetro della attuale *conterminazione* la superficie complessiva delle *barene*, escluse le valli da pesca, scende a poco meno di 46 km^2, con una riduzione rispetto al rilievo del 1932 di circa 25 km^2. Sempre all'interno dell'attuale *conterminazione*, ma comprendendo le *barene* delle valli da pesca, le superfici occupate da tali forme passano nello stesso periodo da 64 km^2 (1932) a circa 48 km^2 (1970).

Da segnalare, tra le variazioni documentate dalla carta, l'imbonimento di altre superfici, oltre a quelle già ricordate parlando della II Zona Industriale di Porto Marghera e dello scavo del canale Malamocco-Marghera. Si tratta delle superfici sottratte alla laguna negli anni sessanta per la realizzazione dell'Aeroporto Marco Polo, nell'area di Tessera ai margini della *conterminazione*, e dell'Isola artificiale del Tronchetto, per le necessità del traffico automobilistico da e per la città.

Nel bacino di Chioggia, infine, una nuova strada, la Strada Statale Romea taglia la laguna alterando il regime delle correnti negli specchi d'acqua che si collocano fra la strada stessa, realizzata per lo più in rilevato e i margini della conterminazione. Scelta idraulicamente infelice, la nuova Strada Statale avrà modo di rendere manifesti i suoi effetti negativi sull'area lagunare parzialmente marginata.

In basso, una batimetria a scala di colori del Fondo dei Settemorti secondo i rilievi del 1932 (a sinistra) e del 1970 (a destra). I processi erosivi in atto a danno dei fondali nel periodo considerato sono testimoniati dalla evidente diffusione trasversale delle massime profondità rilevabili per questa particolare forma lagunare, tipica delle zone di partiacque fra i tre grandi sottobacini dominati da ciascuna delle bocche di porto.





Sopra una suggestiva immagine delle barene in fiore, dei canali e dei chiari lagunari nella laguna superiore. (Foto: Paolo Peretti).

Importanti modificazioni interessano le valli da pesca, per le quali si constatano condizioni molto diverse rispetto a quelle approvate nel dicembre 1944 dal Comitato Tecnico del Magistrato alle Acque. Dopo anni di discussioni e confronti, il Magistrato alle Acque con un apposito documento aveva inteso dare un risposta definitiva alle numerose, striscianti, iniziative intraprese per modificare i rapporti idraulici valli-laguna, stabiliti prima dal Regolamento di Polizia Lagunare, al tempo del governo austriaco (1841), poi dalla Legge 191 del 1937, che lo sostituiva.

Sono in particolare completamente scomparse le *valli asserragliate* attrezzate secondo il rilievo del 1932 con batterie di luci presidiate da griglie metalliche, nella configurazione sperimentata in modo esteso negli anni trenta. Le valli rimaste in esercizio (24 all'interno del perimetro della nuova *conterminazione*) sono tutte completamente arginate con strutture perimetrali poste a quota superiore a quella delle più spinte alte maree. Non tutte le prescrizioni fissate dal voto di Magistratura del 1944, che è un punto di riferimento importante dal punto di vista idraulico-amministrativo per gli anni del secondo dopoguerra, hanno peraltro trovato applicazione.

Gli scambi d'acqua delle valli con la restante laguna sono regolati attraverso chiaviche con luci presidiate da paratoie regolabili. Normalmente tutte le valli risultano, pertanto, sottratte alla libera espansione della marea e i loro livelli possono essere modificati in funzione delle necessità dell'acquacoltura, che diventano preminenti rispetto all'ormai superato concetto di funzionalità idraulica dell'intero sistema lagunare.

All'interno delle valli da pesca l'ambiente presenta aspetti naturalistici di grande interesse, grazie alla possibilità di graduare la salinità delle acque e di creare specchi d'acqua dolce separati dalle zone a più elevato contenuto salino.

In un ambiente assolutamente controllato, la variabilità dei parametri fisico-chimici delle acque e della struttura morfologica dei fondali, che risente dei costanti interventi dell'uomo volti a soddisfare le necessità dell'esercizio delle valli, garantisce una corrispondente variabilità biologica, che non è meno interessante di

Sotto, una immagine aerea dell'isola artificiale del Tronchetto. Si notano sulla destra la Stazione della Marittima con i suoi attracchi, in alto i ponti translagunari stradale e ferroviario, che corrono paralleli prima di separarsi in vicinanza della città.

Sopra e a fianco, strutture per la regolazione dei livelli all'interno di una valle della laguna superiore. I materiali utilizzati e la tecnica costruttiva fanno cogliere in pieno la precarietà della separazione tra zona e zona all'interno di una stessa valle da pesca, dove la configurazione di alcune parti è soggetta a frequenti modifiche in funzione delle diverse esigenze di gestione.

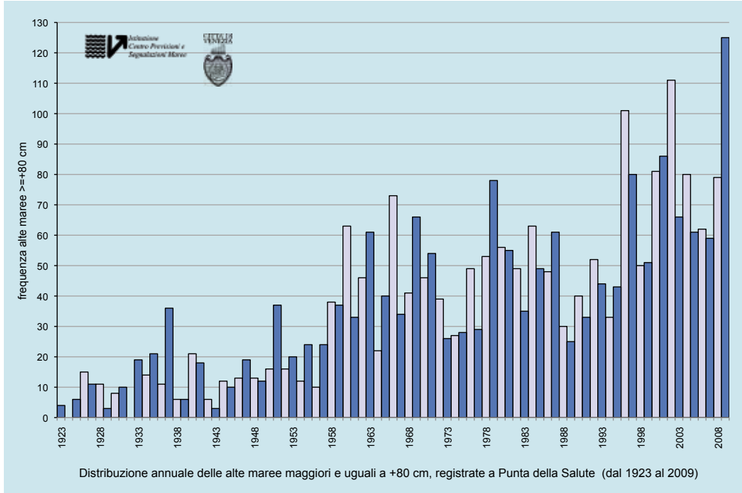
Nella pagina seguente suggestive immagini di Fulvio Roiter dell'ambiente vallivo nella laguna di Venezia.

In alto, specchi d'acqua e barene all'interno di Valle Figheri. Increspata dal vento e illuminata dal sole la superficie d'acqua genera giochi di luci e di ombre colti magistralmente dall'artista.
In basso, canali, barene, velme, bassifondi, ghebi e chiari d'acqua si intrecciano e si interpongono tra loro in Valle Dogà. Ne risulta una morfologia complessa e molto articolata, funzionale all'idrodinamica locale, che si può cogliere ancora in alcune parti non regolate della laguna. Diversamente dal passato, tuttavia, si tratta di aree in progressiva riduzione.

quella di specchi d'acqua costieri in cui liberamente acque dolci e acque salate si incontrano, stratificando o mescolandosi più o meno intensamente in relazione al loro diverso regime idrodinamico e alla differente configurazione dei fondali.

2003 2.8 Carta idrografica della laguna di Venezia

La carta è stata realizzata sulla base dei rilievi eseguiti negli anni intorno al 2000 a cura del Magistrato alle Acque di Venezia attraverso il Consorzio Venezia Nuova, suo Concessionario Unico per le opere di difesa dalle "acque alte" della città di Venezia.
Il rilievo sfrutta le tecniche più moderne di rilevamento disponibili sia per le parti in acqua sia per le parti a terra. Esso dovrebbe costituire quindi un affidabile termine di confronto
È documentato l'approfondimento generalizzato dell'intera laguna, particolarmente evidente nella parte centrale e in prossimità della grande curva di Porto San Leonardo del canale navigabile Malamocco-Marghera. Le casse di colmata della Terza Zona Industriale sono in fase di pronunciata demolizione.
(Dati batimetrici del Magistrato alle Acque, Consorzio Venezia Nuova)



"Acqua alta a Venezia".

A sinistra, numero annuale degli eventi di marea a Punta della Salute con livello al colmo superiore a 80 cm rispetto allo zero mareografico dell'omonima stazione. È evidente il progressivo aumento della frequenza del fenomeno nel corso degli ultimi anni (Istituzione Centro Previsioni e Segnalazioni Maree)

A fianco, acqua alta in Piazza S. Marco negli anni trenta del Novecento. (Archivio fotografico Giacomelli)

Il fenomeno delle "acque alte" ha quindi interessato da sempre la laguna, anche se con frequenze più ridotte di quelle attuali.

La carta è stata costruita utilizzando i più recenti rilievi batimetrici e topografici disponibili, in modo da permettere un immediato, agevole, confronto con le precedenti carte idrografiche della laguna.
Come nel caso del rilievo del 1970, le quote sono riferite al medio mare Genova 1942. In eventuale confronto delle profondità con quella carta si deve conseguentemente tener conto solo degli effetti dovuti ai fenomeni di subsidenza del suolo e di innalzamento del livello medio del mare intervenuti nel periodo di circa trent'anni che intercorre tra i due rilievi, valutabili orientativamente in 4÷5 cm.
Rispetto alla situazione del 1970 le variazioni morfologiche sulle quali richiamare l'attenzione sono numerose e importanti. Esse testimoniano un degrado generalizzato preoccupante, se si guarda ai problemi complessi della salvaguardia della morfologia lagunare.
Partendo dai lidi, che separano la laguna dal mare, continua a ridosso della diga nord di Lido l'avanzamento del litorale del Cavallino, che ha ormai praticamente raggiunto la testata del molo. Le sabbie, mobilitate sotto riva dal moto ondoso e trasportate al fondo e in sospensione dalle correnti, possono quindi superare le

Piazza S. Marco allagata dalla marea del 4 novembre 1966, quando a Punta della Salute si raggiunse il massimo livello mai registrato (1.94 m).

A destra, acqua alta e neve nel bacino di S. Marco il 19 dicembre 2009: episodio raro ma non irripetibile. (Foto Riccardo Mel).

strutture aggettanti e interferire nuovamente in modo significativo con il regime dei fondali della bocca, penetrando lungo il porto canale e interessando anche i canali che si dipartono dalla bocca stessa. Essendo prevalentemente mobilitate sabbie fini, il fenomeno interessa peraltro solo il primo tratto dei canali che si dipartono dalla bocca, dove le maggiori velocità consentono il trasporto al fondo e in sospensione dei sedimenti di maggiore diametro.
Condizioni diverse si rilevano per i litorali di Lido e di Pellestrina, maggiormente esposti ai fenomeni erosivi. Del resto già gli antichi Veneziani nel corso del XVIII secolo avevano provveduto a rinforzarli contro gli attacchi del mare, costruendo nel tratto più critico compreso tra le bocche di Malamocco e di Chioggia i famosi *murazzi*.
Pesantemente danneggiati dalla mareggiata del novembre 1966, quando fu concreto il pericolo che il mare potesse penetrare in laguna sormontando i lidi, i

A fianco, acqua alta al mercato di Rialto il 14 dicembre 2008, dove si può arrivare in barca. (Foto Paolo Peretti).

Sotto, primi approcci con l'acqua alta in Campiello Contarini di un giovanissimo veneziano in bicicletta. (Foto Michela Scibilia)

L'episodio con il passare degli anni dovrebbe diventare per questo giovane cittadino solo un lontano ricordo. Gli sbarramenti in costruzione alle bocche di porto, una volta ultimati con l'inserimento degli organi mobili, dovrebbero permettere di isolare la laguna dal mare in occasione degli eventi di marea con colmo superiore a 1.10 m a Punta della Salute. Allo stato attuale, la manovra sarà necessaria 4-5 volte all'anno, ma con ogni probabilità il numero delle chiusure si incrementerà notevolmente, se varranno le previsioni sull'innalzamento medio del mare relativo di alcuni autorevoli organismi internazionali (con 30 cm nel prossimo secolo almeno una settantina di chiusure).

murazzi, ripresi e consolidati negli anni successivi, si ergono ora su litorali difesi da opere soffolte. Associate a interventi artificiali di ripascimento, queste strutture sono concepite in modo da garantire con una certa probabilità la stabilità dei cordoni litoranei di fronte agli attacchi degli stati di mare più intensi. Al riguardo, le maggiori criticità si segnalano ancora per i litorale di Caroman dove la separazione mare-laguna resta affidata a una sottile difesa artificiale.
Per dare ulteriore stabilità alle strutture che separano la laguna dal mare, sul lato verso laguna estese diaframmature migliorano la capacità dei lidi di fronteggiare importanti dislivelli idrometrici, evitando i pericoli del sifonamento.
Il provvedimento, che in normali condizioni di scambio mare-laguna potrebbe apparire eccessivo, deve essere guardato in prospettiva, considerando le condizioni che si determineranno quando le opere alle bocche saranno ultimate e le barriere mobili saranno manovrate per difendere Venezia dalle "acque alte", stabilendo per parecchie ore maggiori dislivelli fra interno ed esterno rispetto alle attuali condizioni.
Esaminando i fondali tra i moli, se per la bocca di Lido sono sempre richiesti periodici interventi di dragaggio per garantire i valori minimi necessari alla navigazione, la bocca di Malamocco continua a essere interessata da fenomeni di approfondimento.
Innescati in una prima fase dalla costruzione dei moli e successivamente sostenuti dallo scavo del canale navigabile Malamocco-Marghera, tali approfondimenti sono un indice morfodinamico inequivocabile di contemporanee importanti modificazioni del regime sia degli scambi di portata mare-laguna sia delle correnti nel retrostante sistema lagunare.
Se si considera la parte centrale del canale tra le dighe, tralasciando le zone più prossime alle singolarità geometriche, nel corso del Novecento la profondità media (calcolata su di una stessa area di poco meno di 1 km^2), che era di 11,1 m secondo il rilievo batimetrico del 1915, passa agli 11.4 m documentati dalla cartografia del 1932, ai 14.7 m risultanti dalla batimetria del 1970, per giungere da ultimo ai 15.5 m della laguna attuale (2003).

"Acqua alta a Venezia l'1 dicembre 2008". (Foto Paolo Peretti)

In attesa della soluzione del problema quanti vivono a Venezia si adattano, ricercando le soluzioni più opportune. In alto, una vetrina a tenuta stagna che impedisce l'ingresso dell'acqua. A destra un rialzo interno dell'imposta delle finestre per porre rimedio all'inconveniente di un davanzale non sufficientemente alto rispetto ai possibili livelli di marea.

Parallelamente alle profondità medie si sono incrementate le portate scambiate. Basti ricordare che nello stesso periodo di tempo, durante le maree di sizigie, le massime portate entranti in laguna attraverso la bocca di Malamocco sono

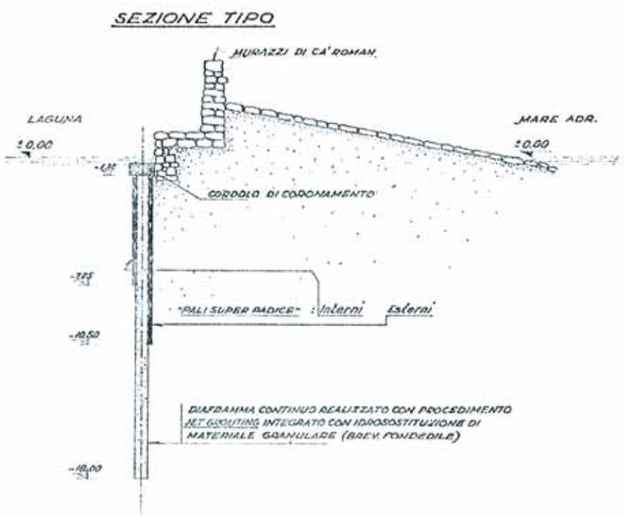
Sopra, attrezzati con gli stivali l'acqua alta non impedisce di muoversi per la città lungo fondamente e calli invase dalla marea.
L'ingresso di una abitazione ristrutturato in modo da poter convivere con l'invasione delle acque sospinte dalla marea senza essere seriamente danneggiato.

Anche i libri possono essere salvati dalle acque, grazie a opportuni accorgimenti preventivi resi possibili e tempestivi da un efficiente servizio di preannuncio dell'acqua alta. Così si può guardare con sopportazione al fenomeno, immortalando fotograficamente il livello raggiunto dalla marea rispetto al pavimento dello studio.

aumentate di quasi il 70%, a conferma di una attività idrodinamica del tutto anomala rispetto al passato.
Quanto alla bocca di Chioggia, il confronto della situazione attuale con i fondali dei rilievi batimetrici precedenti (1932 e 1970) mette a sua volta in evidenza, sia pure in misura molto più contenuta, una generale tendenza all'approfondimento. Su di una superficie di circa 1 km^2, le profondità medie nella parte centrale del canale tra i moli passa dai 7.1 m del 1932, agli 8.0 m del 1970, per arrivare agli 8.9 m del 2003.
Le condizioni sinteticamente descritte per le bocche non sono, tuttavia, più attuali e possono al più costituire un punto di riferimento per valutare una ulteriore evoluzione, che è già incominciata a seguito dei lavori per la difesa di Venezia dalle "acque alte". È certo che la costruzione delle opere fisse necessarie all'inserimento delle barriere mobili per isolare la laguna dal mare produrrà inevitabili, ulteriori, modificazioni generali e locali della morfologia delle bocche e dei lidi, nel caso di questi ultimi per la presenza dei nuovi moli esterni. Si tratta di conseguenze complesse da valutare e da monitorare con attenzione, per i loro

In alto il murazzo di Pellestrina danneggiato dalla forte mareggiata che si è accompagnata alla marea del 4 novembre 1966. (Dipartimento IMAGE dell'Università di Padova)

A fianco, la scogliera posta al piede del murazzo e i piccoli repellenti realizzati per garantire la difesa lato a mare della storica difesa realizzata nel XVIII secolo dalla Repubblica per difendere il lido di Pellestrina e Caroman



In basso, sezione tipo del murazzo restaurato con particolare del diaframma realizzato lato laguna per evitare possibili pericoli di sifonamento della difesa. Il provvedimento deve guardarsi in prospettiva, quando con le barriere mobili in esercizio alle bocche si incrementerà i dislivello mare-laguna.

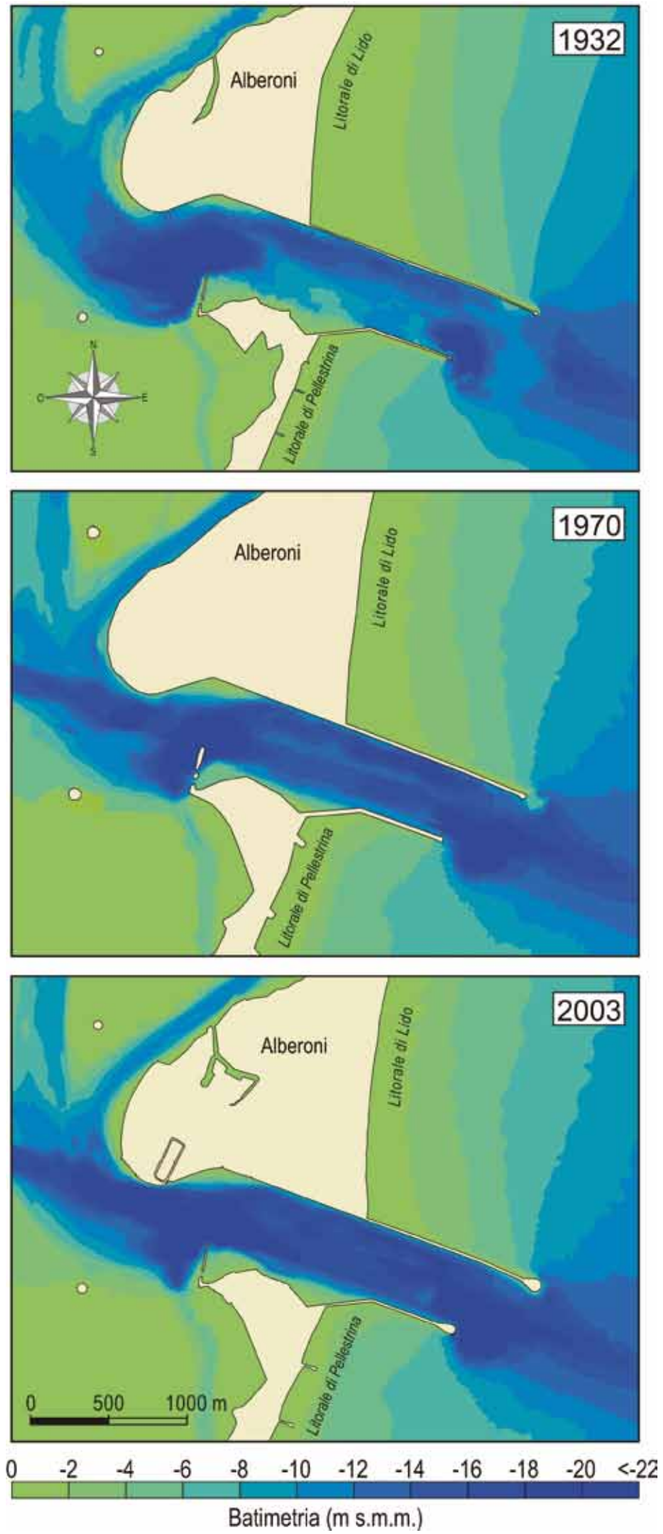
riflessi sull'intero sistema lagunare sul breve e sul lungo periodo.
Esclusa la presenza del nuovo canale navigabile, sostanzialmente inalterata rispetto alla situazione cartografata nel 1970 è la struttura dei canali interni principali. Scompaiono, tuttavia, molte delle appendici minori della rete naturale, soprattutto nella laguna centrale.
Importanti modificazioni si rilevano nei rapporti tra le profondità dei canali e delle zone d'acqua che li affiancano. Le variazioni sono particolarmente evidenti ancora nella parte della laguna che rimane compresa tra le bocche di Lido e di Malamocco e il grande anello dei canali periferici che la circondano, formato tra gli altri dai canali navigabili Malamocco-Marghera e Vittorio Emanuele.
Non considerando i canali, in questa parte della laguna la profondità media è ora di 1.45 m,

In alto, vista aerea complessiva del sistema delle difese a mare del litorale tra le bocche di Malamocco (sullo sfondo in alto) e Chioggia. Si nota la barriera soffolta sub-parallela alla linea di riva realizzata a protezione delle difese.

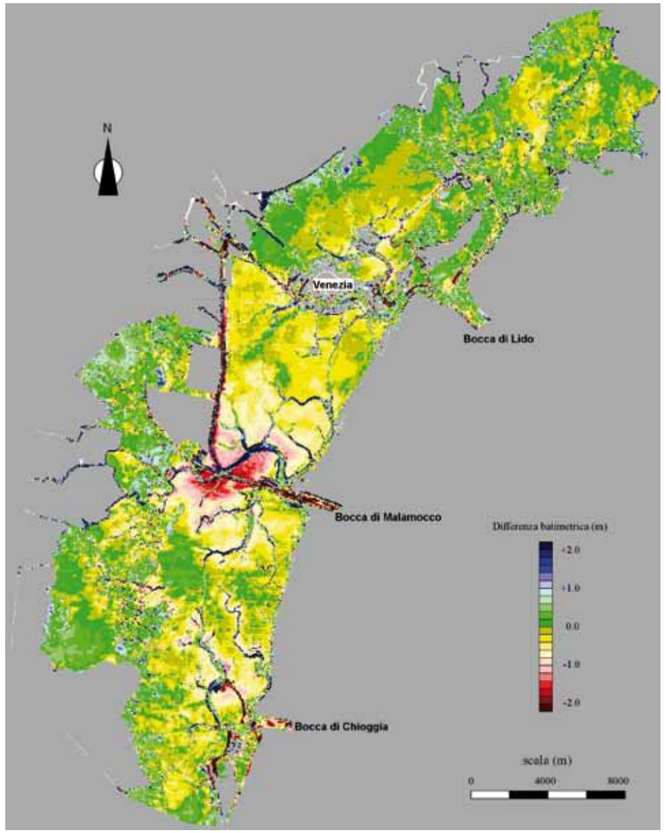
A fianco, in primo piano la barriera soffolta nel tratto compreso tra due repellenti successivi. (Documentazione del Magistrato alle Acque, Consorzio Venezia Nuova)

a fronte di valori di 1.0 m risultanti dal rilievo batimetrico del 1970. Si è ben lontani quindi non solo dalla condizione descritta da Augusto Dénaix nei primi anni dell'Ottocento, quando questa stessa zona era quasi completamente lasciata dalle acque durante le fasi più spinte di bassa marea, ma anche da quella cartografata per la laguna del primissimo Novecento, caratterizzata mediamente da profondità di poco inferiori ai 50 cm.
Nell'arco di appena un secolo si riscontrano nella laguna centrale incrementi di profondità media di quasi 1 m, ben superiori agli effetti congiunti della subsidenza e dell'eustatismo, che non possono pertanto essere invocati come unica causa del fenomeno.
L'indiscutibile processo erosivo osservato a danno della laguna è stato intensificato dall'opera dell'uomo attraverso i numerosi, importanti, interventi qui ricordati, ultimo fra tutti, ma non ultimo per impatto, il canale Malamocco-Marghera.
Il ruolo devastante del canale navigabile sulla morfologia della laguna appare in tutta evidenza dal confronto dei rilievi batimetrici del 1970 e del 2003 e si manifesta con molteplici effetti che interessano, oltre alle zone d'acqua a basso fondale e ai canali minori, anche il sistema dei grandi canali naturali che si staccano dalla bocca di Malamocco.
Il fenomeno colpisce innanzitutto i grandi canali Fisolo e Melison, un tempo

Evoluzione dei fondali della bocca di Malamocco risultante dall'interpretazione a curve di egual livello dei dati batimetrici tratti dai rilievi del 1932, 1970 e 2003.
Evidente l'apprezzabile approfondimento dei fondali della bocca, derivante dalle portate crescenti scambiate con il mare a seguito della maggiore competitività idraulica della bocca di Malamocco rispetto a quelle di Lido e di Chioggia.
Il parallelo incremento delle velocità della corrente di marea accresce la sua capacità erosiva e porta la bocca verso una nuova condizione di equilibrio morfodinamico, che non sembra tuttavia essere stata ancora raggiunta.



arterie portanti della penetrazione della marea verso i bordi della laguna e ora cortocircuitati dal canale navigabile e progressivamente ridotti a un ruolo idraulico molto più marginale.
Superato l'incrocio con il canale Spignon e procedendo verso Porto S. Leonardo sono palesi i fenomeni erosivi a danno dei bassifondi adiacenti, sostenuti da un vero e proprio processo di diffusione in direzione trasversale delle maggiori profondità del canale navigabile. L'estensione delle superfici coinvolte è ragguardevole e ne sono colpiti, oltre ai citati canali Fisolo e Melison, i canali Re di Fisolo, Molini, Lussariol e della Gorna, che da questi si staccano. Ne deriva una generale tendenza all'appiattimento dei fondali in tutta la laguna centrale, che si sovrappone al già ricordato approfondimento.
Le conseguenze idrodinamiche del fenomeno sono rilevanti.
Diversamente da un tempo la propagazione della marea all'interno della laguna non è più controllata dalle forze dissipative, che ne attenuavano progressivamente i colmi e i cavi a misura che ci si allontanava dalle bocche.
La propagazione risulta ora dominata dalle forze inerziali. Su quasi tutta la laguna, procedendo verso i limiti del perimetro delle valli da pesca, i colmi di marea tendono generalmente ad amplificarsi rispetto al mare. L'amplificazione è particolarmente evidente lungo la direttrice bocca di Lido-S. Nicolò-Punta della Salute-Porto Marghera. Al limite della conterminazione verso Porto Marghera per le normali maree di sizigie l'ampiezza, e di fatto i colmi, si incrementano mediamente del 3÷4% rispetto al mare.
Fa eccezione rispetto a questo comportamento la laguna superiore, dove le ampiezze e i colmi di marea, portandosi dal mare verso le valli Dogà, Grassabò e Dragojesolo, si attenuano ancora, sia pure in misura più ridotta del passato.
Rispetto al rilievo del 1970, sono rilevabili modificazioni morfologiche di un qualche rilievo nelle grandi casse di colmata che fiancheggiano il canale Malamocco-Marghera. Caduta l'idea di destinarle allo sviluppo della III Zona Industriale, le casse di colmata furono di fatto quasi subito abbandonate al loro destino, senza difendere l'argine perimetrale realizzato per consentire il completo imbonimento delle superfici inizialmente marginate. Interessate dapprima dalla riapertura di alcuni canali lungo gli stessi tracciati che in origine le incidevano, con l'obiettivo di migliorare la circolazione idrodinamica soprattutto nell'area del Lago dei Teneri, i processi naturali che si accompagnano all'alternarsi delle maree hanno progressivamente demolito la struttura di perimetrazione, riportando alla laguna buona parte delle superfici che l'uomo aveva tentato di sottrarle.
Il fenomeno interessa due delle tre casse di colmata a suo tempo realizzate, essendo la terza, quella più prossima alle aree della II Zona Industriale, più efficacemente protetta nei suoi margini verso laguna. L'avanzamento del fronte delle *barene* a danno delle casse di colmata è tutt'ora in fase di evoluzione con esiti ambientali apprezzabili.



Variazione a scala di colori dei fondali della laguna nel periodo compreso fra i rilievi del 1970 e 2003.
(Icram Rapporto Tecnico, 2003)

I colori fra il giallo e il rosso indicano erosione.
È ben evidenziato come il processo erosivo risultante dal confronto sia sostenuto in modo particolare dalla presenza del canale Malamocco-Marghera, che tende a far diffondere lateralmente le sue maggiori profondità.
I processi erosivi all'altezza della grande curva di Porto S. Leonardo sono sostenuti dalla sovrapposizione sugli effetti del moto ondoso dei fenomeni locali generati dalle correnti indotte dal passaggio delle navi dirette ai porti interni. Le sezioni di carena di tali navi sono confrontabili con quelle della via navigabile e sono capaci di dislocare grandi volumi d'acqua durante la navigazione, generando elevate velocità.
I materiali risospesi dai bassifondi adiacenti al canale da questi meccanismi tendono in parte a rifluire verso la via navigabile, determinandone il parziale interrimento. Di qui l'impossibilità di mantenere i fondali senza periodici interventi di dragaggio.

Un modesto incremento di superfici imbonite si riscontra nell'area di Tessera per l'ampliamento dell'aeroporto, in un'area marginale della laguna.
Volgendo ora l'attenzione alle variazioni delle superfici occupate dalle *barene*, che fra tutti è forse il segnale più avvertibile dei processi di erosione che colpiscono il bacino lagunare, si riscontrano, in termini assoluti, modeste riduzioni di estensione di queste forme rispetto al 1970. Valutate invece in termini percentuali, le variazioni osservate sembrano descrivere una situazione di apparente stazionarietà, forse riconducibile in parte ai fenomeni appena ricordati, che interessano alcune parti delle casse di colmata e che hanno portato nuove superfici a far parte del sistema delle *barene*, mitigando gli effetti dei processi di erosione e sommersione a danno delle forme residue.
Quanto alle barene artificiali delle quali da qualche tempo il Magistrato alle Acque sta promuovendo la costruzione, secondo i dati disponibili esse avrebbero già raggiunto un'estensione di circa 11 km^2. Si tratta di strutture alle quali è riconoscibile un interesse dal punto di vista ambientale, poiché aumentano l'estensione di quelle forme caratteristiche che all'interno della laguna sono ora occupate, ora lasciate dalle acque. Ne risulta conseguentemente arricchita la variabilità dei fondali e in definitiva anche la variabilità biologica dell'intero sistema lagunare.
Con riferimento a queste formazioni artificiali, tuttavia, qualche perplessità permane se si considera la loro funzionalità morfodinamica, che è un aspetto non meno importante, guardando con attenzione all'evoluzione della laguna.
In situazioni in cui le barene artificiali continuino a essere difese lungo il loro perimetro dopo il loro completamento, vengono meno per esse alcuni fondamentali fenomeni di scambio, e non solo di sedimenti, con gli specchi d'acqua circostanti, che caratterizzano invece le forme naturali.
È grazie a questi scambi, del resto, se per lunghi secoli dopo l'estromissione dei fiumi, i fondali della laguna si sono potuti in pratica conservare, trasferendo fino a noi le sue forme più caratteristiche.
L'erosione in senso orizzontale a danno delle *barene* e il conseguente apporto di sedimenti ai fondali delle zona d'acqua circostanti hanno evitato, almeno inizialmente che si innescassero apprezzabili fenomeni di erosione in senso verticale e quindi approfondimenti dei fondali stessi. Si tratta evidentemente di processi che non si potrebbero realizzare qualora le *barene* fossero protette da strutture di contenimento più o meno fisse, per garantire la stabilità delle loro sponde. Queste

Valli da pesca della laguna superiore con argini protetti contro l'azione delle correnti del moto ondoso da una mantellata di pietrame. Di seguito, chiavica di presa a laguna di una valle da pesca della laguna superiore recentemente assoggettata a interventi di ammodernamento delle strutture.

Fenomeni erosivi ai bordi di una barena della laguna superiore con scoprimento degli apparati radicali della vegetazione, prodromo di un successivo crollo del bordo.
Sotto ancora, fenomeni di crollo di zolle di un bordo di barena nella laguna superiore.
(Documentazione del Magistrato alle Acque, Consorzio Venezia Nuova)

ultime anzi, essendo in qualche misura riflettenti, amplificano tendenzialmente il moto ondoso incidente, che è senza dubbio la causa prima della risospensione dei sedimenti dal fondo e dei fenomeni erosivi osservati all'interno della laguna.
Da ultimo qualche considerazione meritano le valli da pesca. Entro il perimetro della *conterminazione* le valli rimaste sono sostanzialmente quelle cartografate nel 1970, pur essendosi, in senso generale, ulteriormente rafforzato il loro "stato di separazione" con la restante laguna.
Il riferimento non è ovviamente alla separazione idraulica, poiché, con l'avvento nel secondo dopoguerra del concetto di *valle completamente regolata* nei suoi scambi, già all'epoca del precedente rilievo cartografico gli ambienti vallivi erano totalmente sottratti alla libera espansione delle maree.
La riflessione riguarda le caratteristiche costruttive delle strutture di perimetrazione delle valli da pesca nelle parti formate con argini in terra. Questi argini nel passato, ancorché assoggettati nel tempo a interventi di rinforzo, erano opere relativamente precarie, esposte in modo particolare agli attacchi del moto ondoso e in molti casi sormontabili dalle più alte maree. Prova ne sia quanto accadde in occasione della straordinaria marea del novembre 1966, quando gli argini delle valli furono appunto in molti casi tracimati dalle acque e subirono danni di un qualche rilievo.
Ripristinati in quota dopo quell'evento, in modo da sottrarli al pericolo di sormonto anche in occasione delle maree eccezionali, gli argini di separazione valli-laguna sono stati recentemente ulteriormente rialzati, ma soprattutto in molti casi rinforzati dal punto di vista strutturale. Robuste mantellate di pietrame sul lato a laguna garantiscono loro la capacità di resistere alle sollecitazioni più pericolose da parte del moto ondoso, togliendo alla condizione di separazione fra valli e laguna quel carattere di precarietà che nel passato, nonostante la presenza di argini perimentrali, comunque esisteva.
Nella situazione morfologica attuale dei fondali della laguna, la restituzione delle valli da pesca alla libera espansione delle maree, da molti caldeggiata, è un provvedimento che non comporta benefici apprezzabili sulla riduzione delle "acque alte" a Venezia.
Di ben altro interesse sarebbero invece interventi in cui, guardando alla morfodinamica lagunare, la riapertura di alcune valli da pesca fosse associata a un contemporaneo incremento degli apporti di acqua dolce, con l'obiettivo di creare ai margini della laguna più estese zone di transizione fra le acque dolci provenienti dalla terra e quelle salate introdotte dal mare.
La progressiva marinizzazione dell'ambiente lagunare, iniziata con l'estromissione dei grandi fiumi e proseguita soprattutto nel Novecento con la riduzione delle portate dai corsi d'acqua minori, ha eliminato i gravi problemi di impaludamento a ridosso dei centri storici contro i quali gli antichi Veneziani lottarono a lungo, ma ha anche privato la laguna di importanti valenze ambientali, riducendo contemporaneamente l'apporto di suolo organico.
Alla luce degli inarrestabili processi erosivi che attualmente attanagliano l'intera laguna, il provvedimento è stato indubbiamente eccessivo. Maggiori introduzioni di acque dolci, maggiore conseguente produzione di suolo organico potrebbero garantire la difesa dei fondali meglio di quanto non sia finora avvenuto, quantomeno in quella che un tempo, con un termine diretto ed espressivo, era definita *laguna morta,* a testimonianza dei lenti processi morfodinamici che la coinvolgevano.

Sotto, fenomeni di crollo di un tratto di sponda del canale Silone nella laguna superiore. Il crollo interessa un tratto di canale che non è più protetto dal canneto, struttura di grande efficacia contro l'erosione per la sua capacità di attenuare il moto ondoso incidente salvaguardando le rive.

Bordi di barena sollecitati dal moto ondoso generato da un natante in navigazione a forte velocità lungo il canale Dossa-Dolce (sopra) e il canale di Burano (sotto). Le sollecitazioni derivanti dall'impatto del sistema d'onde incidenti sono in grado di determinare un rapido crollo del bordo.

In basso, strutture filtranti poste a protezione di bassifondi contro l'azione erosiva del moto ondoso (velme in area di Burano) analoga struttura formata con fascinate a media resistenza dopo 12 mesi dalla costruzione.

Strutture filtranti poste a protezione di bassifondi contro l'azione erosiva del moto ondoso (barena di Punta Vecia) l'opera è formata con una struttura di pali infissi e l'inserimento di fascinate avvolte da geogriglia.

Struttura di perimetrazione per la protezione e l'ampliamento di una barena con la posa in opera di burghe ad alta e media resistenza. Sotto, lo stato del bordo della barena a interventi ultimati. Resta evidente l'elemento di separazione fisica, formato con geogriglia in agave, tra la barena e il bassofondo adiacente. In basso struttura di perimetrazione per la costruzione di barene artificiali nella laguna settentrionale dopo quattro anni dall'ultimazione dell'intervento (canale S. Felice, sopra) e a distanza di circa tre anni dalla realizzazione della struttura di confinamento (canale Dese),

Nella pagina successiva, entrambe le soluzioni presentano indubbi aspetti positivi nei riguardi del loro inserimento ambientale. Considerazioni meno favorevoli circa l'efficacia di queste strutture artificiali devono invece formularsi se si guarda agli aspetti morfodinamici e, in modo particolare, alla possibilità che si realizzino scambi, non solo di sedimenti, tra la barena e il bassofondo come avviene per le forme naturali. Le strutture di confinamento, necessarie in fase costruttiva, dovrebbero avere caratteristiche provvisionali, in modo da far venir meno gli effetti dovuti alla loro presenza una volta consolidato il materiale utilizzato per la realizzazione della struttura morfologica. (da: Proposte per la progettazione di interventi di ingegneria naturalistica funzionali alla salvaguardia della morfologia della laguna di Venezia. A cura di P. Nascimbeni, Magistrato alle Acque, Consorzio Venezia Nuova).

Nella pagina a fianco, variazioni recenti della geometria delle bocche della laguna di Venezia.

Nella colonna di sinistra, le bocche di Lido, Malamocco e Chioggia nella configurazione esistente al momento dell'inizio dei lavori per la costruzione delle opere fisse destinate ad accogliere le barriere mobili per la difesa di Venezia e della sua laguna dalle "acque alte" (2003).

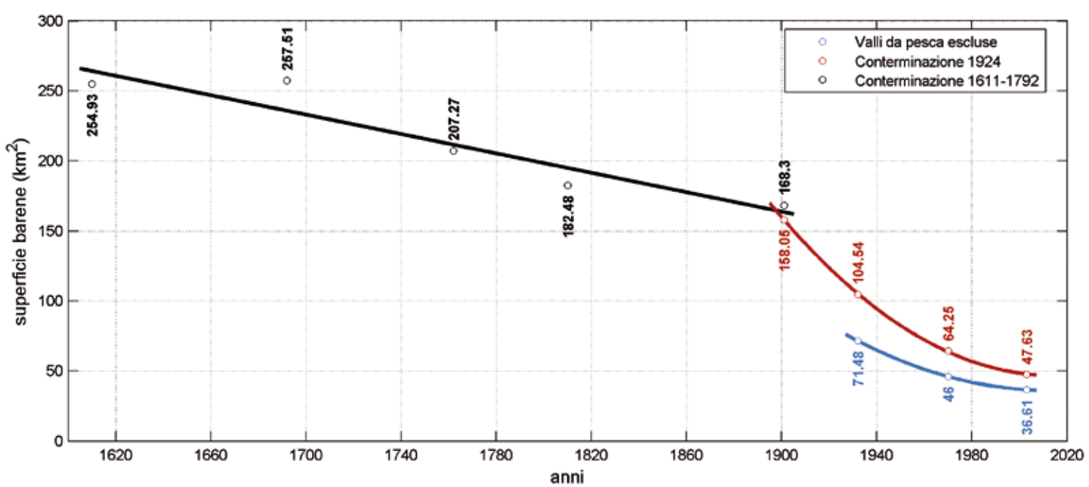
Nella colonna di destra, le bocche della laguna nello stato rilevato da un volo dell'agosto del 2009. (Documentazione del Magistrato alle Acque, Consorzio Venezia Nuova)

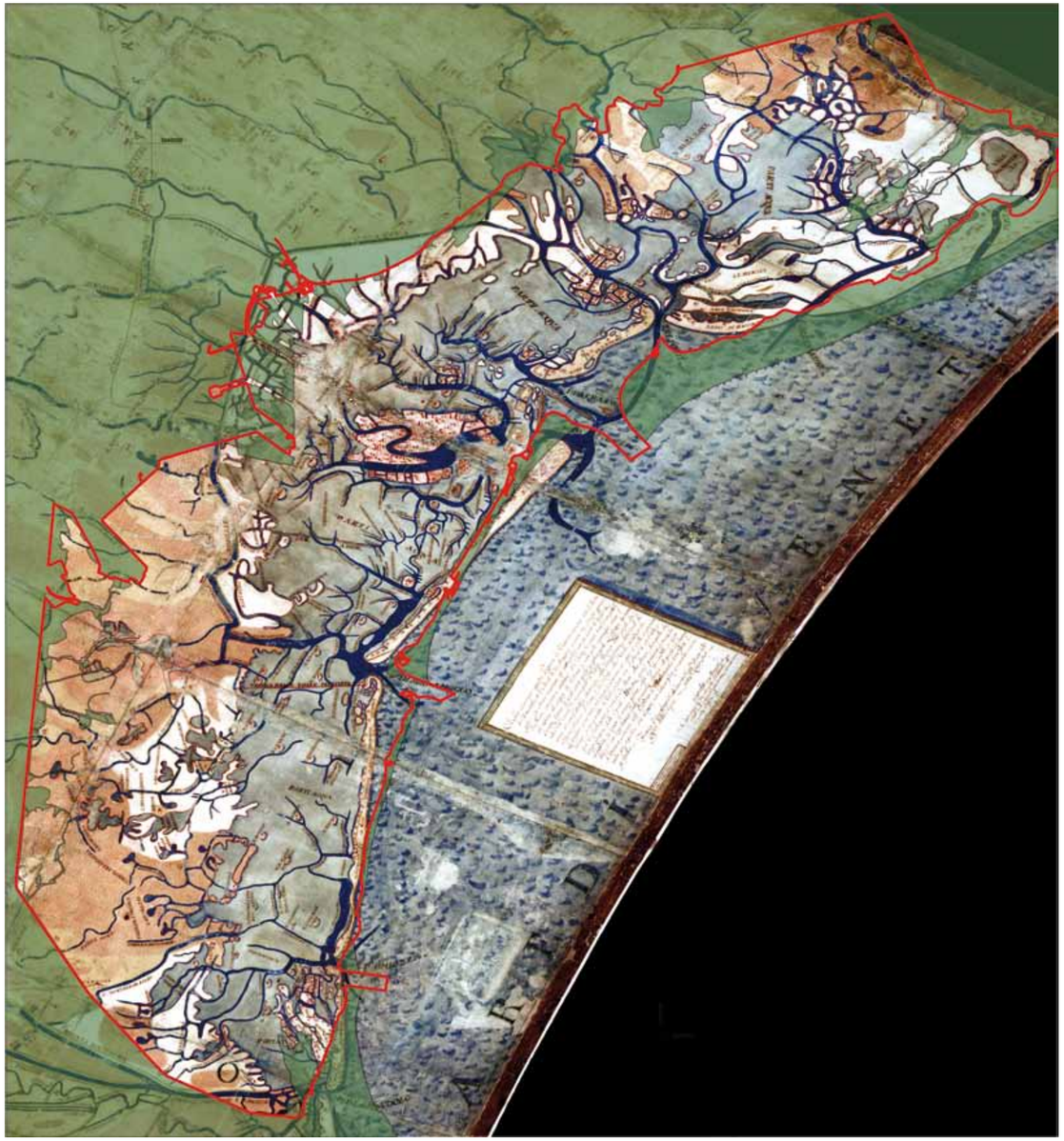
Le opere fisse sono in fase di avanzata realizzazione. Per le bocche di Malamocco e di Chioggia è completato il molo esterno, mentre per la bocca di Lido l'opera, pur prevista dal progetto definitivo, non è stata ancora costruita.
A Lido e a Chioggia, lato laguna, sono configurati i due porti rifugio realizzati per accogliere le piccole imbarcazioni durante i periodi di manovra delle barriere mobili.
A Malamocco hanno già preso corpo le strutture della conca di navigazione, che dovrebbero permettere alle navi di entrare o uscire dalla laguna durante i periodi di manovra degli sbarramenti mobili. Sempre a Malamocco tra il molo esterno e il lido è visibile un'area di cantiere che dovrebbe però essere restituita al mare a lavori ultimati.

3. Quale laguna nel futuro?

Variazioni nel tempo delle superfici occupate dalle barene sulla base della cartografia a partire dal 1611 (mappa di Sebastiano Alberti) ad oggi.
Per il periodo 1611-1901 le superfici di barena sono state calcolate, dopo georeferenziazione delle carte, entro il perimetro della conterminazione approvato dal Senato della Repubblica nel 1792.
Per il periodo 1901-2003 le stesse superfici sono state calcolate all'interno della conterminazione approvata nel 1924 per escludere l'area delle Valli di Brenta bonificata a seguito degli interrimenti prodottisi in laguna tra il 1840 e il 1896 a causa della reintroduzione del fiume omonimo.
Per le carte del periodo 1932-2003 il calcolo delle superfici è stato effettuato anche escludendo le aree occupate dalle valli da pesca.
Il grafico evidenzia l'intensificarsi dei fenomeni erosivi a danno delle barene a partire dal 1901, come evidente conseguenza delle opere realizzate dall'uomo, prima, per armare con moli le bocche di porto, successivamente, per la costruzione dei grandi canali navigabili.
Il tasso di erosione annuo di queste particolari forme lagunari risulta praticamente quadruplicato, passando dal 1611-1901 al 1901-2003.

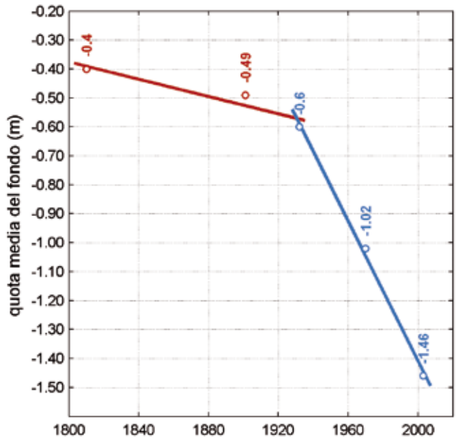
L'insieme delle carte raccolte per illustrare le modificazioni subite dalla laguna di Venezia dopo l'allontanamento dei fiumi, attuato per difenderla dagli interramenti, per garantire l'officiosità delle bocche a mare e per contrastare i fenomeni dovuti a una eccessiva dolcificazione delle acque, apre molti interrogativi sulla futura evoluzione morfologica del sistema lagunare.
Le mappe storiche, ma soprattutto le carte idrografiche tratte dai rilievi eseguiti nel corso dell'ultimo secolo, evidenziano due fatti incontrovertibili, riguardanti rispettivamente la progressiva riduzione delle superfici che all'interno della laguna sono occupate dalle *barene* e il generale approfondimento dei suoi fondali, che colpisce in modo particolare la laguna centrale.
Si tratta di fenomeni documentati dai dati disponibili, sui quali conviene soffermarsi prima di entrare nel merito delle cause e dei meccanismi che li hanno determinati, per tentare di individuare attraverso quali interventi mitigare eventualmente le conseguenze morfologiche dei processi in atto.
Per meglio valutare la riduzione subita nel tempo dalle superfici occupate dalle *barene*, accanto alle mappe e alle carte idrografiche già illustrate si sono esaminate le due mappe redatte da Sebastiano Alberti e da Antonio Gerolemo Vestri verso la fine del XVII secolo.





In alto, mappa della laguna di Cristoforo Sabbadino (1556) georeferenziata assieme al perimetro della conterminazione approvato nel 1792. Tenuto conto dei limiti geografici e cartografici della rappresentazione attribuita al celebre idraulico il risultato è più che accettabile.

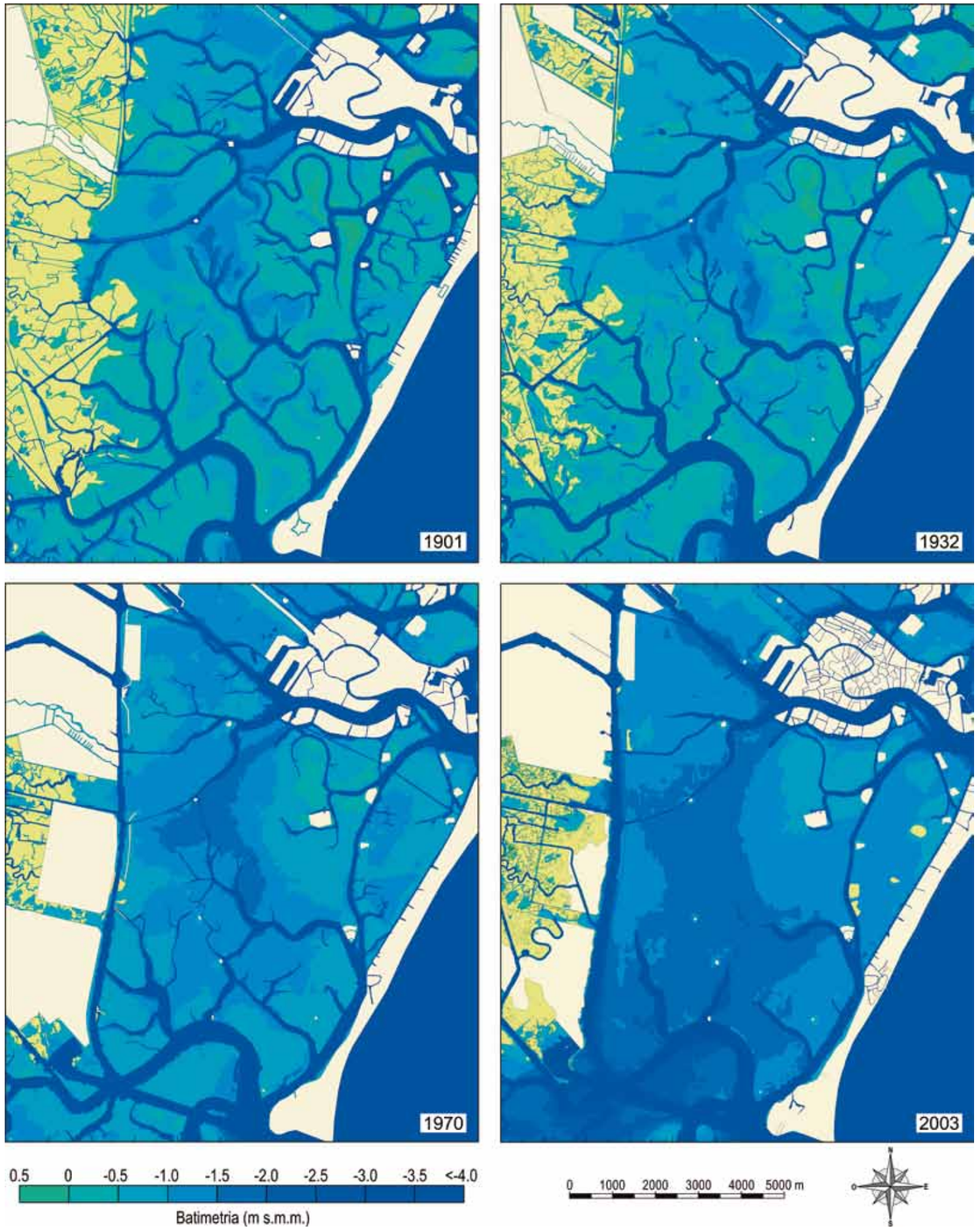
Mentre la prima di tali mappe illustra lo stato della laguna nel momento in cui ebbero inizio le operazioni di *conterminazione* (1611), la seconda ne rappresenta la condizione nel 1692, a circa 10 anni di distanza dal momento in cui il Piave ha definitivamente stabilito la sua foce a Cortellazzo. Entrambe le carte sono da considerare un riferimento storico interessante, pur essendo con ogni probabilità le superfici occupate dalle *barene* cartografate in eccesso rispetto alla realtà. Nella *laguna morta*, infatti, sono riportati in modo distinto solo gli specchi d'acqua di maggiore estensione, conglobando nella rappresentazione delle *barene* i numerosi specchi d'acqua minori, che verosimilmente si interponevano tra queste formi lagunari. Basti al riguardo osservare la rappresentazione dell'area di Valle della Morosina, antica e famosa valle da pesca data in paga a Mathosello Malatesta da



Variazioni nel tempo della profondità media nella laguna centrale per la parte compresa tra le bocche di Malamocco e di Lido e il perimetro dei grandi canali navigabili calcolate utilizzando i rilievi delle carte idrografiche. È evidenziato il forte incremento dei fenomeni di erosione in senso verticale a danno dei fondali, che si instaura nella laguna centrale a partire dal 1932

Cesena per i servigi militari prestati alla Repubblica (1472), che è cartografata nella mappa come un'area interamente occupata da *barene*.
Tutte le carte utilizzate sono state preliminarmente georeferenziate, facendo riferimento alla cartografia più moderna, deformate quindi con un criterio che minimizza dal punto di vista matematico gli scostamenti tra una serie di punti fissi scelti tra quelli meglio individuabili sia nelle carte più antiche sia in quelle più recenti.
Per le carte antecedenti ai primi anni del Novecento sono state perimetrate le superfici di *barena* comprese all'interno della *conterminazione* sancita dal Senato della Repubblica nel 1792. Per quelle successive, invece, si è considerata la *conterminazione* del 1924, che esclude nel bacino di Chioggia le aree di Valli di Brenta interrite e poi bonificate.
Per le carte idrografiche del 1932, del 1970 e del 2003, inoltre, la stessa valutazione è stata ripetuta escludendo dal perimetro di calcolo le superfici occupate dalle valli da pesca, soggette a processi erosivi modificati rispetto a quelli delle restanti parti della laguna, dopo la totale sottrazione della maggior parte di esse alla libera espansione delle maree.
Rappresentando le superfici occupate dalle *barene* al variare del tempo, si evidenziano i fenomeni di progressiva erosione più volte richiamati, caratterizzati peraltro da intensità diverse a seconda del periodo considerato.
Fino ai primissimi anni del Novecento, il tasso di perdita risulta relativamente moderato, essendo mediamente stimato sulla base dei dati calcolati e interpolati in circa 0,34 km^2/anno. Nel periodo considerato, si è passati da una superficie complessiva delle *barene* di circa 255 km^2, calcolata all'inizio del Seicento, a poco meno di 170 km^2, valutati per i primissimi anni del Novecento.
Relativamente alla condizione dei primi anni del Seicento, una suggestiva conferma del dato ottenuto è fornita da una stima delle stesse superfici basata sulla mappa di Cristoforo Sabbadino (1556), considerando come superfici di *barena* sia le aree effettivamente cartografate come tali sia quelle definite come appartenenti alle *terre basse*.
All'interno del perimetro della *conterminazione* del 1792 si ottiene per le barene così definite una superficie di circa 235 km^2, non apprezzabilmente lontana dal valore precedentemente indicato, anzi in sostanziale accordo con quello, tenuto conto dei limiti in senso geografico di cui soffre la mappa del grande idraulico, limiti particolarmente evidenti se si considera la collocazione di Venezia rispetto alla terraferma.
Un cambiamento significativo del tasso di erosione delle barene si registra nel corso del Novecento. In tale periodo la loro superficie, calcolata questa volta all'interno della *conterminazione* del 1924, si riduce di oltre 110 km^2, con una perdita addirittura di 94 km^2 nei primi settant'anni del secolo, durante i quali si passa dai 158 km^2 del 1901 ai 64 km^2 del 1970, valori corrispondenti a un tasso di erosione annua quasi quadruplicato rispetto a quello dei tre secoli precedenti.
Poiché si possono considerare mediamente costanti gli effetti della sommersione, da sempre in atto nel territorio veneziano, è del tutto evidente la comparsa nel corso dell'ultimo secolo di effetti dovuti a fattori diversi rispetto a quelli agenti nei secoli precedenti. Si tratta evidentemente degli effetti determinati dai nuovi grandi interventi attuati dall'uomo all'interno della laguna con la costruzione dei moli alle bocche di porto (1872-1935) e lo scavo dei canali navigabili Vittorio Emanuele (1925) e Malamocco-Marghera (1968).
Per inquadrare ulteriormente il problema può essere utile esaminare come si siano andate modificando le profondità all'interno della laguna nel corso dell'ultimo secolo, per il quale i rilievi batimetrici disponibili forniscono indicazioni

generali molto affidabili.
Assumendo per questa valutazione l'area compresa tra le bocche di Malamocco e di Lido, i canali che queste si dipartono e l'anello periferico formato dai canali navigabili, i rilievi documentano importanti aumenti delle profondità. Si tratta di incrementi che vanno ben oltre i valori imputabili alla subsidenza del suolo e all'innalzamento del livello medio del mare, i quali confermano come, quantomeno la parte centrale della laguna, sia da molti anni ormai interessata da intensi processi erosivi. Il fenomeno si accentua dopo gli anni trenta, quando la profondità media nella laguna centrale passa dai 60 cm del rilievo del 1932, ai 102 cm del 1970, per arrivare ai 146 cm del 2003, a fronte di una profondità media che era di appena 49 cm nel 1901.
Questi risultati, accoppiati a quelli sulla riduzione delle superfici occupate dalle *barene*, consente di fornire una prima interpretazione sul comportamento morfodinamico generale della laguna.
Fino al momento in cui i fiumi, in modo particolare il Brenta, sfociavano in laguna, i processi di sedimentazione dominavano la sua evoluzione morfologica. I conseguenti interrimenti riducevano i fondali degli specchi d'acqua, favorendo il loro progressivo innalzamento fino a farli emergere e a trasformarli in *barene*, le quali andavano via via occupando superfici sempre più estese all'interno della laguna.
Allontanati i fiumi e venuto meno il cospicuo apporto di sedimenti dall'esterno, i processi erosivi hanno incominciato a prevalere sui fenomeni di deposito e la tendenza evolutiva dell'intero sistema lagunare si è invertita.
In una lunga fase iniziale, protrattasi in pratica fino alla fine dell'Ottocento, l'erosione si è manifestata con processi relativamente lenti a prevalente sviluppo orizzontale. Durante questo periodo, la quantità di sedimenti liberata dalla demolizione progressiva di una parte delle *barene*, che occupavano grandi superfici, è stata in grado di compensare dinamicamente i fenomeni di erosione in senso verticale, fornendo al sistema i volumi di materiale necessari per permettere ai fondali delle zone d'acqua di conservare sostanzialmente le loro profondità primitive.
In una fase successiva, in pratica a partire dai primi decenni del Novecento, pur continuando i processi di demolizione delle *barene* con crescente intensità, e quindi i fenomeni erosivi a forte sviluppo orizzontale, i volumi di sedimenti liberati non sono stati più sufficienti per garantire la stabilità dinamica dei fondali. Sollecitati dalle forzanti esterne, i fondali delle zone d'acqua hanno incominciato a erodersi, incrementando progressivamente le loro profondità, come risulta chiaramente per la parte centrale della laguna.
Questa dinamica evolutiva è confermata dall'analisi puntuale dei rilievi batimetrici disponibili, valutando la frequenza con cui una assegnata quota dei fondali si riscontra all'interno della laguna.
Per ciascun rilievo l'elaborazione dei dati relativi alla laguna centro-meridionale, i cui risultati sono sintetizzati nella figura a piè pagina, evidenzia per la curva che descrive il legame quota-frequenza un andamento tipico, caratterizzato dalla presenza di due punti di massimo relativo. Ciascuno di essi, come si può dimostrare anche teoricamente, è indicativo di quote che riflettono condizioni di stabilità del relativo fondale.
Con queste premesse, passando dal rilievo del 1901 ai rilievi successivi, si osserva come su ciascuna curva il primo punto di massimo, riferibile alla quota delle *barene*, conservi sostanzialmente il valore della quota, ma riduca progressivamente la frequenza del relativo picco, coerentemente con il fatto che nel periodo di tempo considerato le superfici occupate dalle barene sono andate progressivamente riducendosi.
Per contro, il secondo picco rappresentativo delle quote delle zone d'acqua sta-



bili, passando dal rilevo del 1901 a quelli successivi (1932, 1970 e 2003), tende a spostarsi, prima in misura contenuta, poi più decisamente verso profondità crescenti, a conferma degli importanti processi erosivi in direzione verticale registrati nel corso del Novecento in questa parte della laguna, soprattutto a partire dagli anni trenta.

Non diversamente dai processi di erosione a prevalente sviluppo orizzontale, anche quelli a forte sviluppo verticale si sono perciò andati intensificando dopo gli ultimi grandi interventi attuati dall'uomo all'interno della laguna.

Se si guarda alle cause e ai meccanismi che alimentano i fenomeni descritti, le molte analisi condotte in questi anni con l'ausilio dei più avanzati modelli matematici della laguna concordano nel segnalare il ruolo diretto modesto assunto dalle correnti di marea, capaci di mobilitare e risospendere i sedimenti solo lungo i canali principali che si dipartono dalle bocche e limitatamente ai tratti più prossimi a queste.

Determinante per contro per la laguna nel suo insieme è l'azione del moto ondoso, sia esso generato dal vento o dai natanti in navigazione, capace di risospendere quasi ovunque in modo generalizzato i sedimenti più fini presenti sul fondo. Una volta risospesi, i sedimenti che non hanno modo di ridepositarsi sono trascinati dalle correnti di marea verso i canali e da questi ultimi progressivamente verso le bocche, essendo nei fenomeni di trasporto dominante la fase di riflusso su quella di flusso.

In questo contesto, il comportamento idraulico asimmetrico delle bocche armate assume un ruolo decisivo negli scambi laguna-mare. Nella fase di riflusso, infatti, la corrente in uscita genera un vero e proprio getto tra le dighe, che si proietta compatto in profondità nel mare antistante e trascina con sé i sedimenti trasportati in sospensione, depositandoli lontano dalla testate dei moli. Nella successiva fase di flusso, la corrente è richiamata verso la bocca da tutte le direzioni e solo una minima parte dei sedimenti espulsi in mare durante la fase di riflusso è reintrodotta in laguna, determinando come conseguenza un bilancio negativo negli scambi laguna-mare. Di qui la sistematica perdita netta di sedimenti fini, che da molti anni ormai interessa la laguna ed è alimentata dalla progressiva erosione dei suoi fondali.

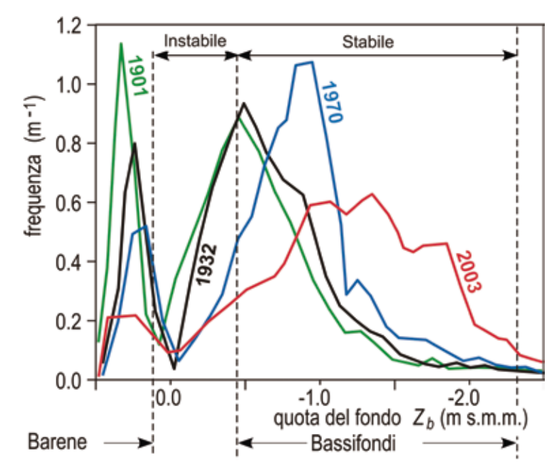
Tutto questo avveniva in misura molto più contenuta antecedentemente alla costruzione dei moli alle bocche di porto, quando il comportamento delle bocche stesse in fase di flusso e di riflusso era sostanzialmente simmetrico e i sedimenti fini, trascinati in mare dalle correnti in uscita, erano nella loro quasi totalità reintrodotti in laguna durante la successiva fase di marea entrante. Si determinavano in tal modo negli scambi laguna-mare condizioni molto più equilibrate di quelle attuali, più favorevoli al mantenimento dei fondali interni, come di fatto è documentato dalla cartografia disponibile.

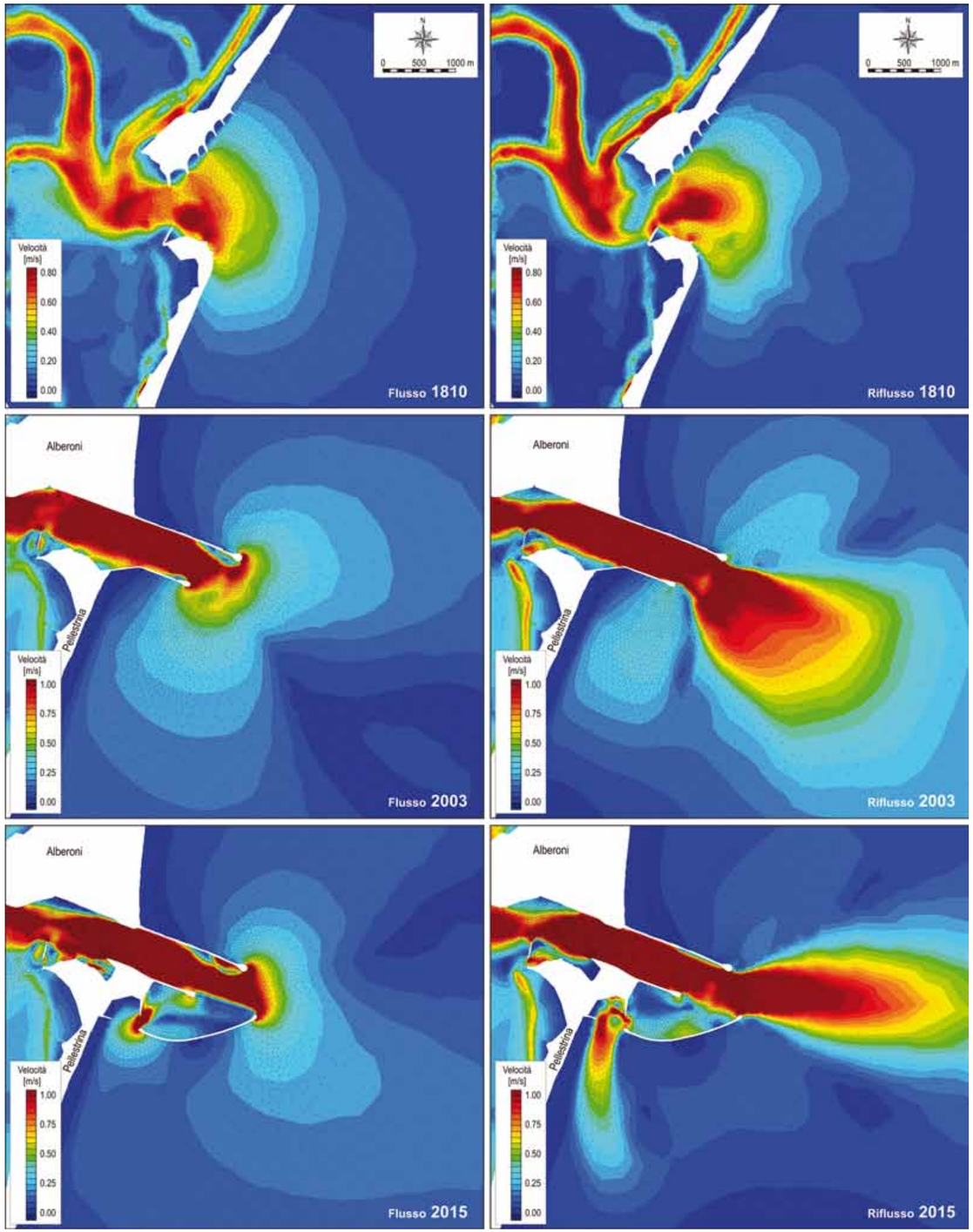
Nelle condizioni descritte, l'inserimento del canale Malamocco-Marghera, favorendo a sua volta i processi di risospensione dei sedimenti nelle zone d'acqua adiacenti, e quindi la demolizione dei loro fondali, è da considerare elemento non positivo. Tantomeno, guardando alla laguna, è approvabile l'idea di approfondire i fondali del canale, per consentire l'ingresso di navi di sempre maggiore stazza. Un tale provvedimento sarebbe inevitabilmente causa, in sede locale, di più intense correnti trasversali al canale generate dalla navigazione stessa, favorendo l'erosione.

Se si condivide l'analisi, in particolare se è il moto ondoso la causa prima dei processi concatenati attraverso i

Nella pagina precedente, rappresentazione a curve di eguale livello e a scala di colori dei fondali dei fondali nella laguna centrale.
L'elaborazione dei dati batimetrici conferma i fenomeni di forte erosione a sviluppo verticale che, a partire dal 1932, si sovrappone ai fenomeni di erosione a prevalente sviluppo orizzontale, innescati in laguna a seguito dell'allontanamento dei fiumi attuato per difenderla dagli interrimenti.
Attualmente (rilievo 2003) la laguna centrale presenta fondali ricoperti da tiranti d'acqua che mediamente si avvicinano a 1,5 m e che hanno tra l'altro comportato la scomparse di molti dei canali minori, che un tempo incidevano questa parte del bacino lagunare.

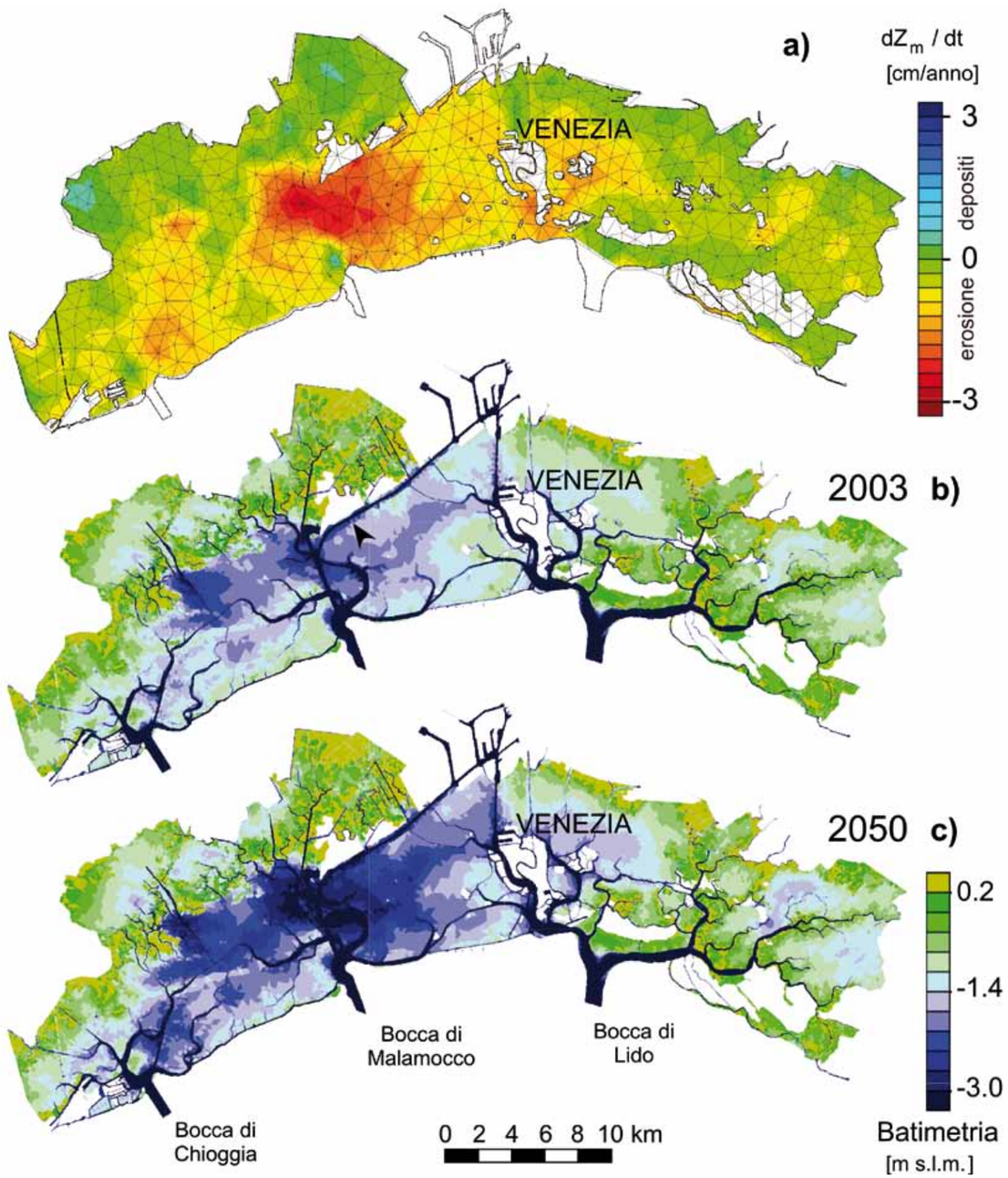
In basso, curve di distribuzione delle frequenze delle superfici con quota assegnata all'interno della laguna centro-meridionale. Le curve relative ai diversi rilievi disponibili evidenziano due punti di massimo relativo. Si tratta di punti di stabilità per i relativi fondali.
Il primo punto di massimo relativo evidenziato è riferibile alle superfici di barena, la cui frequenza è andata progressivamente diminuendo a partire dal 1901 a oggi, lasciando sostanzialmente inalterata la quota di queste forme.
Il secondo punto di massimo relativo è riferibile alla quota dei fondali stabili per le zone d'acqua. Tale quota si è sostanzialmente mantenuta fino al 1932, evolvendo poi verso fondali sempre maggiori. Come conseguenza le profondità delle zone d'acqua stabili sono passate da valori di circa 0,50 m (1932) a valori di circa 1,5 m (2003).
Il risultato conferma l'imponente processo erosivo in senso verticale subito dalla laguna a partire dal 1932, con una intensificazione dopo il 1970.





Nella pagina a fianco, bocca di Malamocco - Campi di velocità a scala di colori in fase di massimo flusso (a sinistra) e di massimo riflusso (a destra).
In alto la situazione esistente in epoca antecedente alla costruzione dei moli alla bocca.
La distribuzione delle velocità attraverso la bocca è sostanzialmente simile nelle due fasi di marea. Si tratta di una condizione che comporta negli scambi di sedimenti laguna-mare perdite minime dei sedimenti eventualmente convogliati in sospensione dalla corrente.
In centro la situazione preesistente alle nuove opere alla bocca. La presenza dei moli introduce una sostanziale differenza di comportamento della bocca. Mentre in fase di flusso l'acqua è richiamata da tutte le direzioni verso la bocca, in fase di riflusso la corrente forma un vero e proprio getto che si proietta in profondità nel mare antistante. L'asimmetrico comportamento della bocca fornisce una perdita netta di sedimenti fini negli scambi laguna-mare.
In basso, il comportamento della bocca una volta ultimate le nuove opere alle bocche. Il confronto con la situazione preesistente evidenzia importanti variazioni della struttura del campo di moto sia in fase di flusso sia in fase di riflusso. Da valutare con attenzione gli effetti morfodinamici degli interventi sia in sede locale sia, più in generale, sulla retrostante laguna poi i modificati rapporti dei volumi d'acqua scambiati con il mare attraverso ciascuna delle bocche.

quali si manifesta l'erosione dei fondali della laguna, è del tutto evidente che la presenza in un prossimo futuro delle barriere mobili alle bocche di porto non potrà assumere un qualche ruolo significativo nel contenimento dei fenomeni descritti, come invece si tenta di far credere in qualche ambiente.
Solo intervenendo sulle forzanti esterne che innescano i fenomeni di risospensione si potrà pensare di mitigare i processi che stanno inesorabilmente trasformando la laguna in un vero e proprio braccio di mare.
In tal senso concorrono interventi finalizzati all'introduzione di sedimenti dall'esterno e di maggiori portate di acqua dolce, accanto a provvedimenti diretti a contenere l'intensità del moto ondoso, riducendo il fetch, nel caso delle onde generate dal vento, e limitando severamente le velocità di navigazione dei battelli all'interno della laguna.
Va da sé che sarebbe indispensabile, inoltre, un più rigoroso controllo delle attività della pesca e l'eliminazione delle tecniche in uso, che portano al sistematico rimaneggiamento dello strato di sedimenti più superficiale e alla distruzione del film bentonitico che lo ricopre con la funzione di incrementare la capacità del fondo di resistere alle azioni tangenziali esercitate dalle correnti.
Se tutto questo non avvenisse, quali sarebbero le previsioni per la laguna del futuro?
Tenuto conto degli effetti dell'erosione e dell'innalzamento relativo del livello medio del mare registrati in questi anni, focalizzando l'attenzione sulle zone d'acqua ed escludendo quindi dall'analisi i canali lagunari e le superfici occupate dalle *barene*, è stato recentemente stimato l'attuale gradiente di variazione delle quote del fondo.
Mediato su elementi triangolari di circa 900 m di lato che ricoprono l'intera laguna, tale gradiente varierebbe entro un campo di valori compreso fra 3 cm/anno, in termini di erosione, e 1 cm/anno, in termini di deposito, essendo praticamente nullo per le zone, come il Fondo dei Settemorti, sollecitate in pratica dal solo moto ondoso generato dal vento, dove le profondità (2.0-2.5 m) sono prossime a quelle calcolate per la condizione di stabilità dei fondali, quando lo sforzo tangenziale al fondo si porta al di sotto della soglia critica di mobilitazione dei sedimenti.
Da queste analisi, un moderato tasso di deposito locale risulterebbe, invece, per alcune superfici, non molto estese, della laguna centrale e meridionale, protette rispetto all'azione del moto ondoso dalle fasce di barena che si dispongono parallelamente al perimetro della *conterminazione*, separando la *laguna viva* dalla *laguna morta*.
In generale mentre la laguna superiore evidenzia mediamente un tasso di erosione molto contenuto, vicino a Venezia e in quasi tutta la laguna centro-meridionale i processi erosivi si manifestano con forti intensità, particolarmente nelle zone d'acqua poste in adiacenza a Porto S. Leonardo, intersecate dal canale Malamocco-Marghera. Queste parti sono pesantemente influenzate nell'evoluzione dei loro fondali, oltre che dal moto ondoso, dalle correnti indotte dal traffico navale.
Partendo dalla situazione della laguna attuale, nell'ipotesi di estrapolare per alcune decine d'anni a venire, i valori del tasso di erosione e di deposito oggi in atto, si otterrebbe per la laguna al 2050 la configurazione dei fondali rappresentata a scala di colori nella figura sopra riportata.
Essa evidenzia un fatto inequivocabile. Quella del futuro sarà una laguna morfologicamente molto meno articolata di quella attuale, praticamente appiattita nelle sue forme, con profondità che tenderanno generalmente verso i valori di 2.0-2.5 m, concordemente previsti da alcuni dei modelli di evoluzione a lungo termine messi a punto ultimamente.
Fondali ancora maggiori si stabiliranno ovviamente dove si risentiranno gli effetti del moto ondoso e delle correnti generate dai battelli in navigazione nonché



quelli delle attività della pesca dei molluschi, qualora non si intervenisse a regolamentarla.
Se non si prenderà coscienza di questi fatti, purtroppo, più che di laguna è molto probabile che nel futuro si dovrà parlare di *laguna al tramonto*, profondamente trasformata rispetto ai suoi caratteri originali, soprattutto dall'opera poco preveggente dell'uomo moderno, troppo incline a soddisfare esigenze particolari anche a costo di sacrificare un ambiente che non ha eguali.

Nella pagina a fianco, attuale tasso di erosione dei fondali delle zone d'acqua della laguna, esclusi canali e barene, dedotto sulla base dei rilievi batimetrici disponibili e rappresentato a scala di colori.

In centro, rappresentazione a scala di colori dei fondali della laguna di Venezia secondo i rilievi del 2003.

In basso, proiezione al 2050 dell'evoluzione dei fondali delle zone d'acqua nell'ipotesi di estrapolare per alcuni decenni i valori del tasso d'erosione calcolato per la laguna attuale.

Pescatori di vongole al tramonto nella laguna di Venezia.
(Foto di Fulvio Roiter).

Bibliografia essenziale

Associazione degli Industriali della Provincia di Venezia: *Porto Marghera*, Stamperia di Venezia, 1967.
Battistin, D., Canestrelli, P.: *La serie storica delle maree a Venezia*, Grafiche Veneziane, 2006.
Carniello, L., Defina, A., e D'Alpaos, L.: *Morphological evolution of the Venice lagoon: evidence from the past and trend for the future*, JGR, Earth Surface, 114, F04002, da: 10.1029/2007 WR 006177, 2008.
Cierre Edizioni: *La laguna di Venezia*, 1995.
D'Alpaos, L., Martini, P.: *The influence of the inlet configuration on sediment loss in the Venice lagoon, sta in: Flooding and environmenthal challenge for Venice and its lagoon*, Cambridge University Press, 2005.
D'Alpaos, L.: *Fatti e misfatti di Idraulica lagunare*, Istituto Veneto di LL.SS.AA., 2010.
Facchinelli, L.: *Il ponte ferroviario*, Editrice Multigraf, 1987.
Fletcher, C., Da Mosto, J.: *La scienza per Venezia*, Alberto Allemandi e C., 2004.
Guerra, F. e Scarso, M.: *Atlante di Venezia 1911-1982*, Circe-Iuav, Marsilio, 1999.
Matticchio Bruno *Indagine sulla movimentazione dei sedimenti e sull'evoluzione morfologica dei fondali della laguna di Venezia attraverso il confronto tra le batimetrie del 1970 del 1990 e del 2000,* Icram Rapporto Tecnico, 2003.
Nasci, C., Rallo, G., Rosa Salva, P., Rossi, A.: *Passatopresente, Laguna tra fiumi e maree*, Filippi Editore, Venezia, 1982.
Nascimbeni, P.: *Proposte per la progettazione di interventi di ingegneria naturalistica finalizzate alla salvaguardia della laguna di Venezia*, Grafiche Leone s.a.s., 2007.
Obici, G.: *Venezia fino a quando?*, Marsilio Editori, 1967.
Provincia di Venezia: *Valli Veneziane*, Circeo Editore, 2009.
Roiter, F.: *Laguna,* Magnus Edizioni, 1978.
Stamperia di Venezia: *Mostra storica della laguna veneta*, 1970.
Vidal, R.: *Album privato dell'alluvione 4.11.1966*, Grafiche Veneziane, 2006.
Zendrini, B.: *Memorie storiche dello stato antico e moderno della laguna di Venezia*, Stamperia del Seminario, Padova, 1811.

Indice

Finito di stampare nel mese di maggio 2010
presso Europrint srl
Quinto di Treviso TV