



Sede del Consorzio

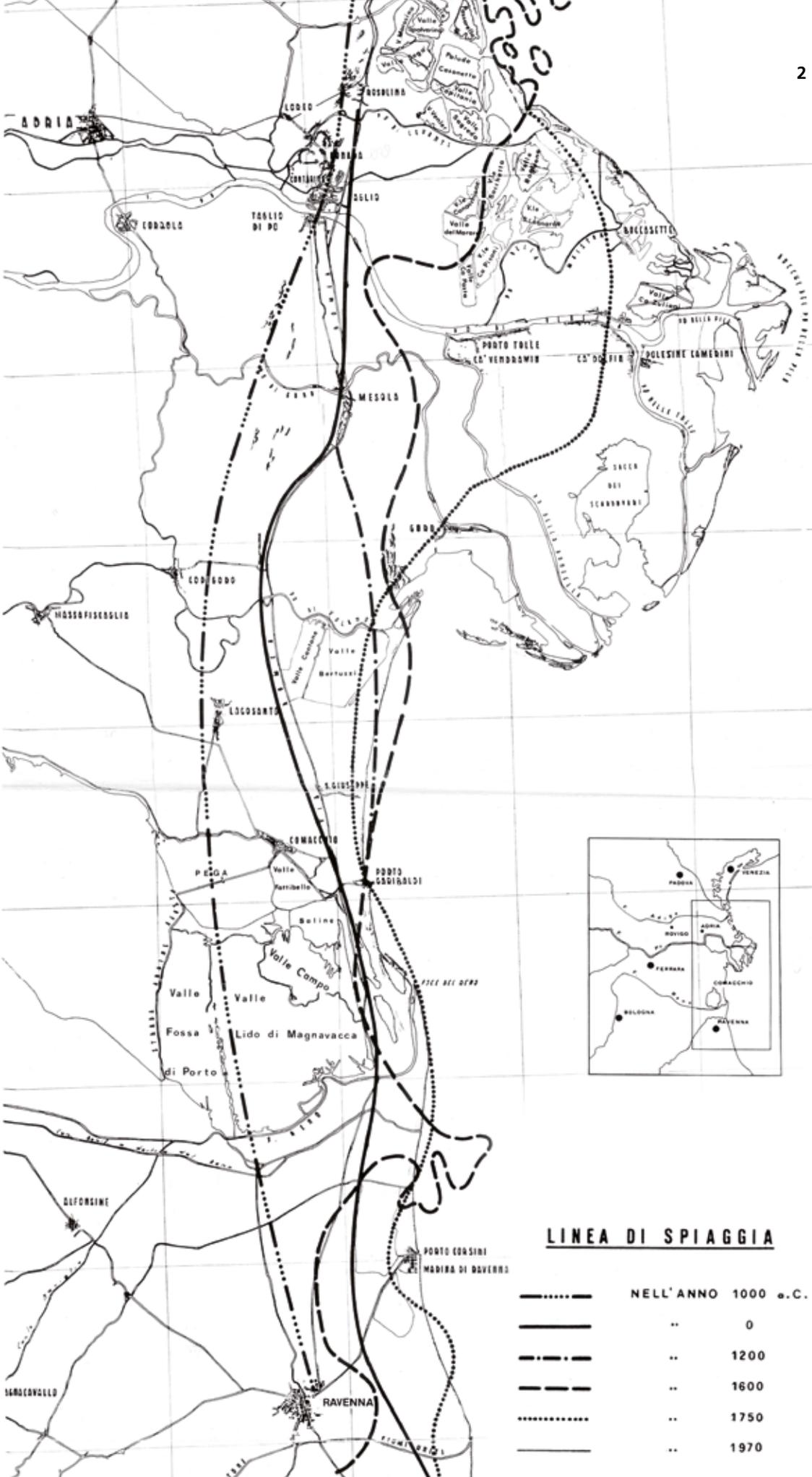
EVOLUZIONE FISICA DEL DELTA DEL PO

Introduzione

Il comprensorio del Consorzio di Bonifica Delta Po Adige (fig. 1), delimitato ad est dal mare Adriatico, a sud-ovest dalla provincia di Ferrara, a ovest da una parte della provincia di Rovigo, a nord-ovest dalla provincia di Venezia, è compreso entro i limiti amministrativi della Regione Veneto (province di Rovigo e Venezia).

L'evoluzione fisica del delta del Po dal 1950 ad oggi appare notevolmente complessa e implica diversi richiami ad eventi, naturali o voluti dall'uomo, che nel corso dei secoli ne hanno segnato il cammino con modificazioni irreversibili, come la rotta di Ficarolo¹ (XII secolo) e il Taglio di Porto Viro², grandiosa opera di ingegneria idraulica attuata dalla Serenissima nel 1600-04 soprattutto allo scopo di scongiurare ogni pericolo di interrimento delle bocche di porto della laguna.

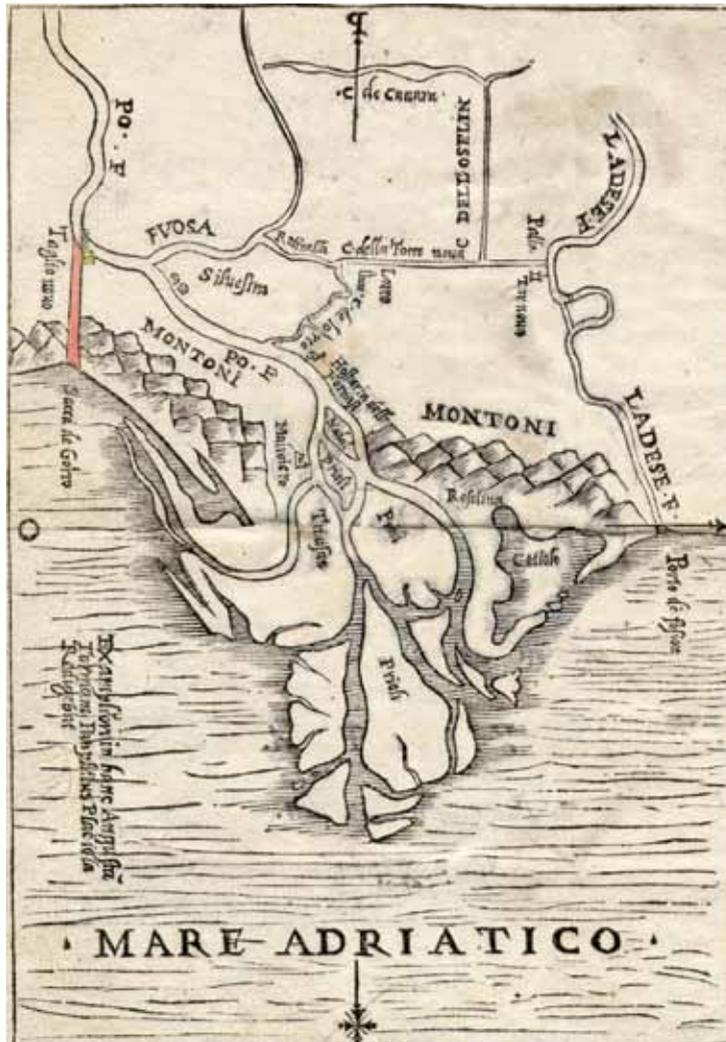
Tra gli avvenimenti che dal 1950 hanno condizionato pesantemente l'evoluzione di quest'area ricordiamo il gravissimo fenomeno della subsidenza (periodo 1940-60) provocato dall'estrazione di metano ed acqua dal sottosuolo e l'inondazione causata dalla rotta del Po nel 1951, che risparmiò soltanto il delta idrografico, compreso tra il Po di Goro e il Po di Venezia - Po di Maistra, a sua volta duramente colpito dalle alluvioni nel 1957 e 1960 e dalle mareggiate nel 1966. A questi si sono aggiunti altri fenomeni apparentemente meno rilevanti ma egualmente dannosi per il territorio deltizio: la forte diminuzione del trasporto solido del Po a causa delle dighe di ritenuta nei bacini montani e degli scavi in alveo e la riduzione delle portate di magra, in relazione anche all'aumento dei prelievi d'acqua dal fiume.



1.1 Linee di riva e fondali: evoluzione morfologica dal 1900 ad oggi

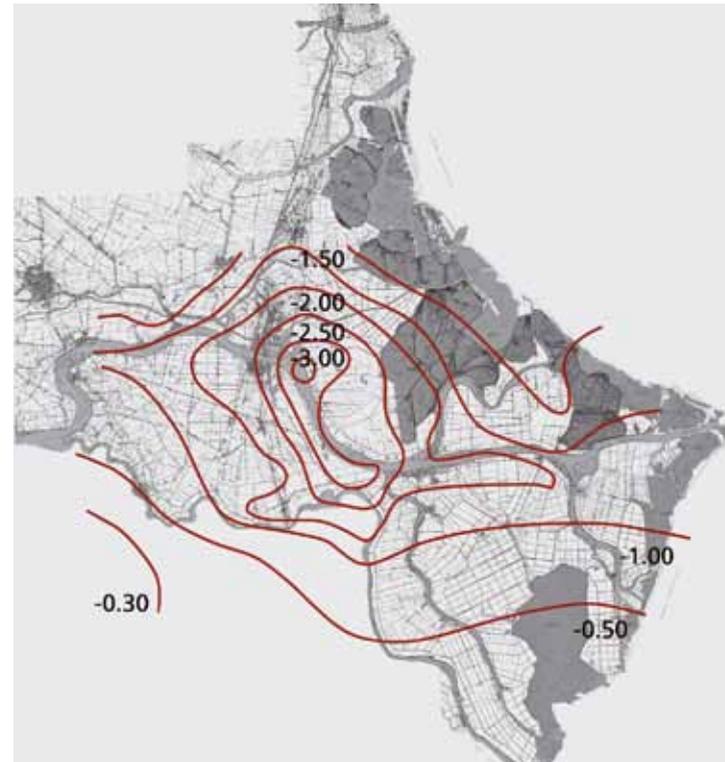
La fig. 2 riporta un'indicazione sommaria delle variazioni del litorale adriatico da Porto Fossone³ a Cervia nelle diverse epoche storiche.⁴ Si può notare come tra il 1200 e il 1600 si ebbe un protendimento della linea di costa nella parte alta a est di Adria a seguito della rotta del Po a Ficarolo (Vicus Airoli) che provocò lo spostamento verso nord del corso principale del fiume (v. linea 1600). Con il Taglio di Porto Viro (fig. 3 e tavole 1 e 2 in nota) ebbe inizio la formazione dell'attuale delta del Po (v. linea 1750 della fig. 2). Per gli ultimi due secoli, Dal Cin e Simeoni propongono una suddivisione cronologica in tre periodi: 1800-1934, 1934-1968, 1968-1982 e una suddivisione geografica in due lobi: settentrionale (da Porto Caleri alla Busa Dritta) e meridionale (dalla Busa Dritta alla Sacca di Goro).⁵

Nel primo periodo (1800-1934) la linea di riva subì mediamente un generale protendimento legato agli apporti fluviali. Su questo andamento generale si innestarono comportamenti legati principalmente agli apporti dei vari rami del Po e al movimento dei sedimenti lungo il litorale. Nel secondo periodo (1934-1968) si innescò per il litorale e i fondali una tendenza evolutiva generalmente negativa, legata al fenomeno della subsidenza e a una diminuzione del trasporto solido dopo il 1964. Il mare sommerse ampie zone costiere, con la distruzione parziale e lo spostamento verso costa dei banchi sabbiosi. La subsidenza (fig. 4) raggiunse i massimi livelli nel periodo 1947-1960. Soltanto nel 1960-63, con la chiusura sistematica dei pozzi, la velocità di abbassamento del suolo è ritornata ai valori normali. Fino al 1954 nel lobo settentrionale si registrarono avanzamenti e arretramenti della linea di riva (e corrispondenti innalzamenti e abbassamenti dei fondali per diversi tratti) in relazione alle variazioni degli apporti: in diminuzione per la Busa di Tramontana (Po di Pila), in aumento per la Busa Dritta. Nel lobo meridionale si alternarono avanzamenti e arretramenti legati all'andamento degli apporti fluviali. Dal 1954 al 1968 in tutto il delta, salvo che per un piccolo tratto



3. Il Taglio di Porto Viro, attivato il 16 settembre 1604

vicino alla Busa Dritta, si ebbero arretramenti della linea di riva e abbassamenti dei fondali legati alla subsidenza. Nel terzo periodo (1968-1982) l'arretramento e l'abbassamento continuarono a prevalere in tutto il delta dal 1968 al 1973 per poi attenuarsi notevolmente, dando anche luogo a fenomeni di innalzamento, dal 1973 al 1981. La linea di riva nel lobo meridionale non mostrò variazioni di rilevante entità, mentre le varie sacche e lagune subirono modifiche dovute principalmente alla subsidenza. L'evoluzione negativa prevalente delle linee di riva e dei fondali nel periodo 1968-



4. Isolinee di subsidenza dal 1947 al 1970

1982 è in parte dipesa dalla diminuzione della portata solida del Po. Uno studio effettuato sull'evoluzione delle isole barriera e dei cordoni litoranei negli anni 1968, 1983 e 1989 ha indicato un notevole aumento della superficie delle isole barriera (una sorta di paraurti naturali a protezione della costa dal moto ondoso) nel periodo 1983-89, salvo che per il tratto Foce Po di Gnocca - Foce Po di Goro - Scanno di Goro⁶. Qui si è avuta una diminuzione, forse legata ad una velocità di subsidenza che sembra si sia mantenuta più elevata che nelle altre zone del delta.

1.2 Subsidenza

Il fenomeno della subsidenza manifestatosi nel periodo 1940-60, dovuto all'estrazione di metano e acqua dal sottosuolo (fig. 5), ha determinato nel delta nuovi problemi ed imposto la progettazione e l'attuazione a tutto campo di una serie di opere di difesa e di gestione del territorio, da quelle fluviali a quelle marine, dalla bonifica all'irrigazione fino alla rete stradale. La subsidenza o abbassamento del suolo dipende da tre tipi di cause.

Un primo tipo deriva da fenomeni geologici, quali il costipamento e il consolidamento dei materiali che caratterizzano il quaternario, la cui base nel delta del Po in prossimità del mare raggiunge i 3-4000 metri. Sembra che questi fenomeni contribuiscano alla subsidenza con velocità di abbassamento inferiori a 1 cm all'anno. Possiamo comprendere in questo tipo di cause il fenomeno dell'eustatismo o innalzamento del livello medio del mare.

Un secondo tipo è legato al prosciugamento e alla modifica degli strati superficiali di terreno. La bonifica, con l'avvento dei mezzi meccanici di sollevamento delle acque ha interessato aree lagunari, vallive o paludose sommerse dall'acqua il cui piano campagna, con la messa

all'asciutto, si è abbassato per varie cause quali il passaggio da terreno immerso a terreno parzialmente saturo (azione di sovraccarico) e la presenza di molto materiale organico che a contatto con l'aria si altera rapidamente con forte riduzione di volume. In alcune aree di bonifica con presenza notevole di materiale organico vegetale si sono avuti abbassamenti di decine di centimetri e talora anche superiori al metro.

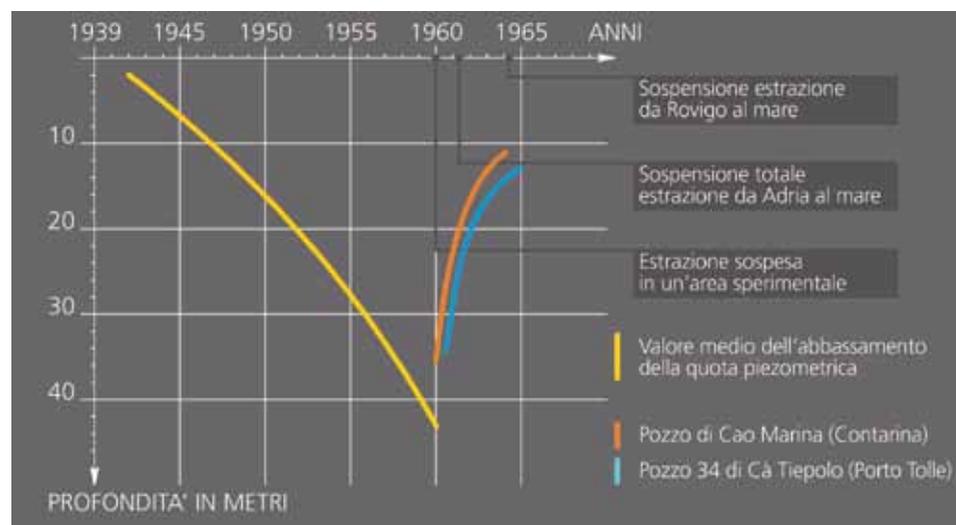
Un terzo tipo è dovuto alla sottrazione di acqua dal sottosuolo: la conseguente diminuzione della pressione idrica provoca, specialmente negli strati argillosi, la deformazione del terreno. Nel delta del Po questa subsidenza si manifestò con velocità di abbassamento dell'ordine di 20-30 cm all'anno sopra aree molto estese, specialmente nel decennio 1950-60. Il gas metano misto ad acqua, con un rapporto tra volume di gas e volume di acqua variabile tra 1 e 0.7, veniva estratto alla fine degli anni Cinquanta da circa 400 pozzi (fig. 6) spinti a profondità variabile tra 100 e 650 m e profondità media di 350 m, con abbattimenti della pressione dell'acqua anche superiori ai 50 m e con volumi annui estratti di centinaia di milioni di metri cubi. Nel 1960 iniziò, prima in via sperimentale e poi in modo sistematico, la chiusura dei pozzi. Nel 1963 le estrazioni vennero definitivamente sospese dal Ministero dell'Industria. L'efficacia del provvedimento si manifestò con

6. Ubicazione pozzi di maggiore attività

5. Pozzo di metano



7. Andamento delle quote piezometriche nei pozzi prima e dopo la sospensione delle estrazioni

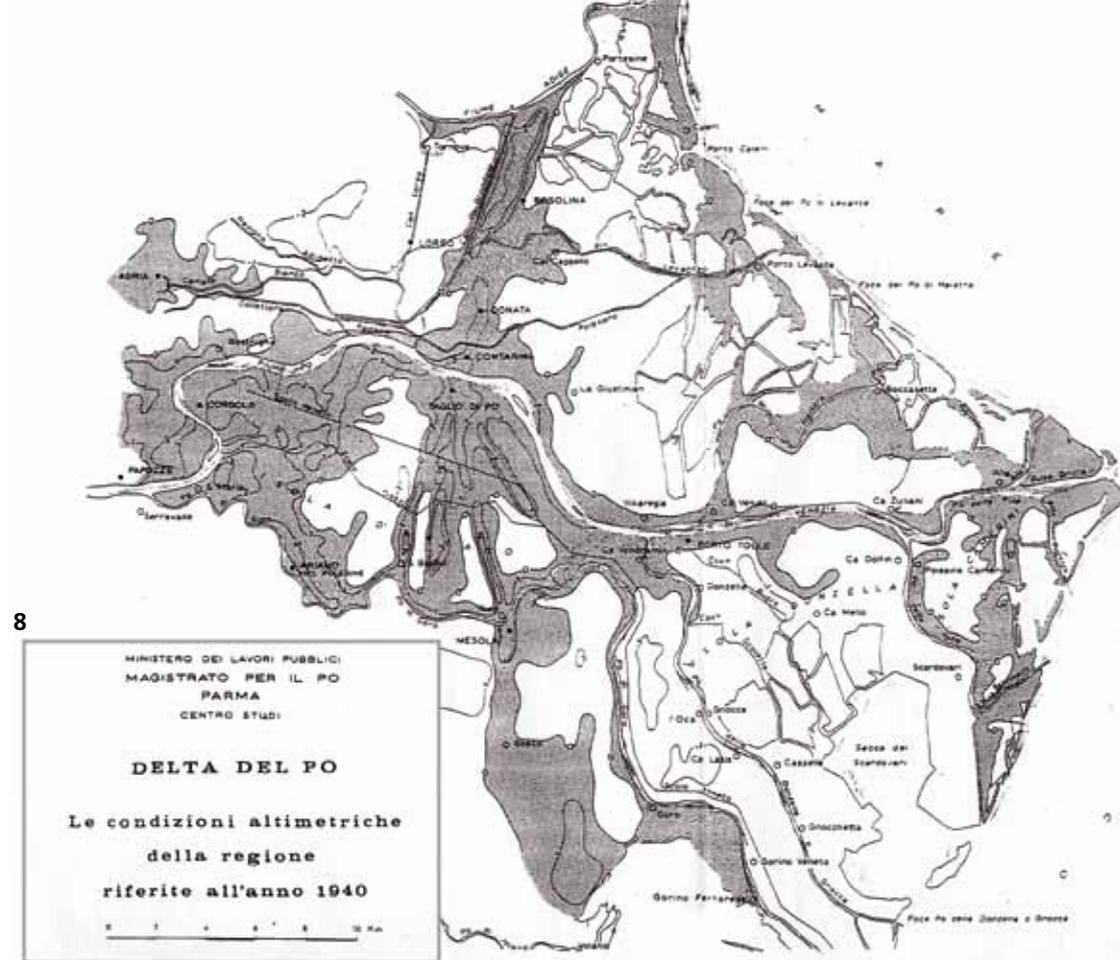


un progressivo e generale rallentamento degli abbassamenti e con la risalita delle quote piezometriche, che nel giro di cinque anni recuperarono i valori iniziali (fig. 7).

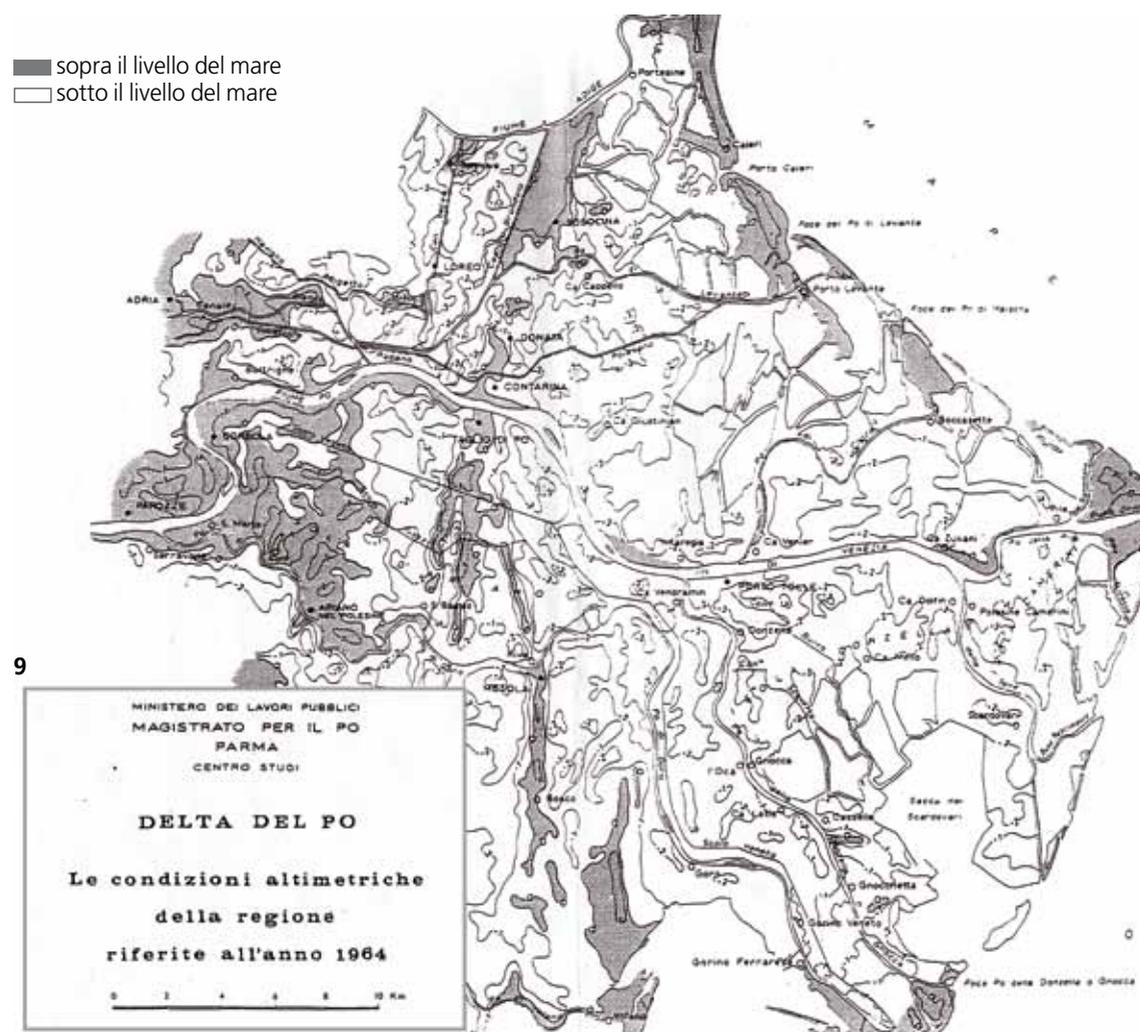
Per quanto riguarda la distribuzione degli abbassamenti nel delta appaiono eloquenti le tavole del Centro Studi del Magistrato per il Po (fig. 8 e 9) che riportano le linee di livello delle aree al di sopra e al di sotto del livello medio del mare nel 1940 e nel 1964. Si può osservare che si hanno aree molto estese a quota -2 m s.m.m e anche aree di estensione non trascurabile a -3, specialmente nella zona tra Contarina (oggi Porto Viro) e Porto Tolle.

Appare anche interessante vedere quali siano stati gli abbassamenti nel periodo 1947-1970 lungo l'asse del Po di Venezia da Adria al mare, come pure gli abbassamenti nel periodo 1958-1970 lungo linee da nord a sud (vedi tavola 3a-b in nota). Queste variazioni altimetriche sono state rilevate con campagne di livellazione d'alta precisione fatte eseguire dall'Ente Delta Padano e utilizzando livellazioni I.G.M. degli anni 1897 e 1924. Si è osservato che nel 1970 lungo l'asse del Po di Venezia l'abbassamento è stato dell'ordine di 2.10 m con punte minime e massime pari a 1.71 m e 2.80 m. Lungo la fascia costiera, dalla foce dell'Adige alla Sacca di Goro, l'abbassamento è stato dell'ordine di 1 m con un valore minimo verso l'Adige di 0.4 m e massimo alla foce del Po di Venezia di 1.6 m. La subsidenza da sottrazione d'acqua dal sottosuolo, con l'inversione delle pendenze e il notevole aumento delle prevalenze di esercizio e dei tempi di funzionamento degli impianti idrovori, ha provocato gravi turbamenti alle opere di bonifica e di irrigazione oltre che notevoli problemi alle valli da pesca. Gli argini fluviali vennero sottoposti a condizioni di filtrazione molto più onerose per periodi sempre più lunghi: si dovette quindi provvedere con lavori di rialzo e ringrosso.

Lungo l'area costiera si verificò la scomparsa di scanni sabbiosi e l'aumento dei processi di erosione. Divenne indispensabile operare rialzi e ringrossi agli argini a mare ed attuare altri provvedimenti per contrastare la maggiore azione del moto ondoso conseguente all'aumento dei fondali.



■ sopra il livello del mare
□ sotto il livello del mare



1.3 Evoluzione della rete idrografica del basso Po: rotte e inondazioni

La storia dell'evoluzione della rete idrografica del basso Po e del territorio corrispondente è assai complessa e talora poco chiara. Essa è stata influenzata da fenomeni climatici, geologici, idrogeologici, di subsidenza e da interventi eseguiti sul territorio dagli Etruschi, dai Romani e da varie istituzioni e Stati che si sono succeduti dal Medioevo ai tempi nostri. I tentativi fatti dagli studiosi di individuare e rappresentare le diverse situazioni idrografiche e territoriali del basso Po hanno condotto a risultati talora abbastanza diversi tra loro, specialmente per il periodo antecedente il Mille.

Marco Bondesan, in una memoria risalente al 1990, ha tracciato una lineare ricostruzione dell'evoluzione del Po. Possiamo agevolmente osservare la situazione alla fine dell'età del Bronzo (fig. 10a), in età Etrusca (fig. 10b) e in età Romana (fig. 10c, 11a). In quest'ultima si nota la decisa prevalenza dei rami del Po che, nei secoli IX e X d. C., sfociavano al mare nel litorale ferrarese e ravennate (fig. 10d). Due formidabili eventi d'acque hanno contribuito alla formazione dell'attuale delta del Po: la rotta di Ficarolo avvenuta, secondo la storiografia tradizionale, verso la metà del secolo XII e il Taglio di Porto Viro, attuato nel periodo 1600-04. Mentre, prima della rotta di Ficarolo, l'acqua del Po defluiva in mare prevalentemente attraverso i rami del Po di Volano e del Po di Primaro dopo, e in conseguenza della rotta, si attivò un ramo chiamato Po di Ficarolo, Po di Venezia o Po Grande. Questo, all'altezza di Papozze, si biforcò: un ramo di minore portata - Po di Ariano - si diresse verso sud-est, l'altro, con un volume d'acqua cinque volte maggiore, detto in seguito Po delle Fornaci, puntò verso nord-est. Nei secoli successivi il Po di Venezia divenne la via d'acqua principale per la navigazione interna da Venezia verso i mercati di Lombardia, mentre il Po di Ferrara, con i rami di Volano e Primaro, cominciò lentamente a perdere importanza idraulica per l'interrimento degli alvei.

Il vigoroso ramo delle Fornaci diede luogo alla formazione di

un delta nella costa ad est di Adria (fig. 10e), che si andava ampliando con gli abbondanti materiali depositati sui bassi fondali marini. In seguito cominciarono a delinearsi problemi di interrimento nelle aree adiacenti specialmente a nord. La repubblica di Venezia, allo scopo di eliminare alla radice ogni pericolo per la funzionalità delle bocche di porto, vitali per l'economia, progettò e realizzò il Taglio di Porto Viro (fig. 10f, 11b). L'intervento, consistente nello scavo di un canale che, dopo un percorso di 7 km, scaricava la maggior parte delle acque del Po delle Fornaci nella Sacca di Goro, segnò la fine del delta cinquecentesco e l'inizio del delta attuale. Il nuovo ramo, interrato in breve volgere di tempo la Sacca di Goro, proseguì lo scavo dell'alveo con la sola forza delle acque e raggiunse l'Adriatico, passando dai 7 km del 1604 ai circa 15 del 1699 (tavola 4 in nota). Negli anni tra il 1700 e il 1750, mentre l'avanzamento complessivo del delta si attenuava, il ramo del Po di Venezia, nato dal Taglio di Porto Viro, avanzò in mare per altri 4,5 km circa.

Alla fine del Settecento si osserva un generale protendimento specialmente in corrispondenza delle bocche del Po di Goro, della Donzella e di Tolle, con la formazione di una parte del territorio di Porto Tolle (fig. 11c) e l'inizio della formazione della Sacca di Scardovari. Le trasformazioni del territorio dal 1603 al 1893 sono indicate nelle tavole 5 e 6 in nota e nella fig. 11d. Nella successiva tavola (tavola 9 in nota) si vede chiaramente la conformazione del delta padano all'inizio del Novecento: risalta la notevole lunghezza dei rami del Po di Goro, del Po di Tolle e del Po di Maistra rispetto al Po della Pila che, subito dopo, comincerà a progredire rapidamente. L'apporto del Po della Pila al protendimento del Delta in mare risulta chiaramente confrontando le carte dell'Istituto Geografico Militare del 1902 e del 1950 (fig. 12 e 13).

Le rotte del Po e dell'Adige, causate sia da eventi naturali che da interventi umani, aumentarono di frequenza dal 1400 al 1700 ed influenzarono notevolmente la formazione del territorio polesano e il sistema idraulico del basso Polesine.⁷ Tra le principali inondazioni ricordiamo: la rotta dell'Adige o della Cucca (ottobre 589), evento locale di un vero e

10a-f. Evoluzione del delta del Po dall'età del Bronzo alla fine del XVI secolo

11a-d. Nelle pagine seguenti, evoluzione del delta del Po dal 1300 al 1983



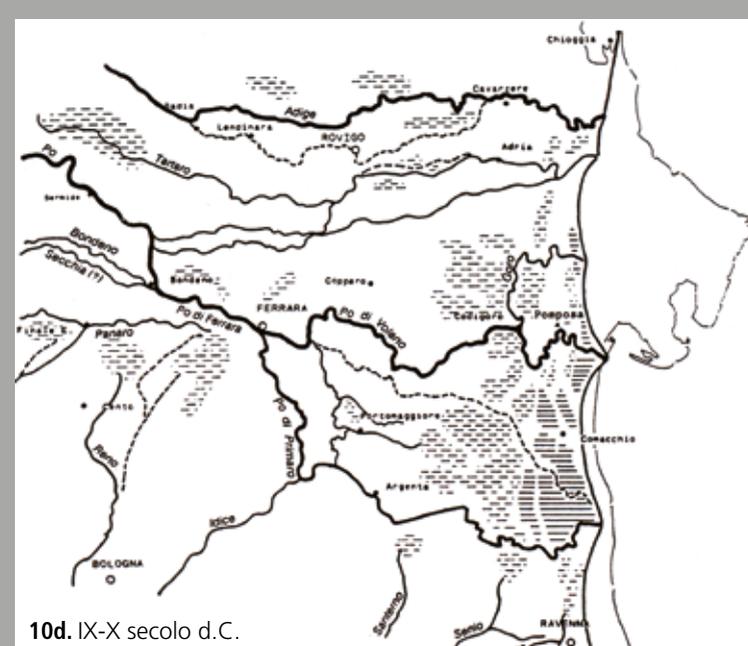
10a. Età del Bronzo, X secolo a.C.



10b. Età Etrusca



10c. Età Romana, III secolo d.C.



10d. IX-X secolo d.C.

— Linea di costa attuale

— Linea di costa del periodo considerato

— Fiume attivo

--- Fiume di recente estinzione

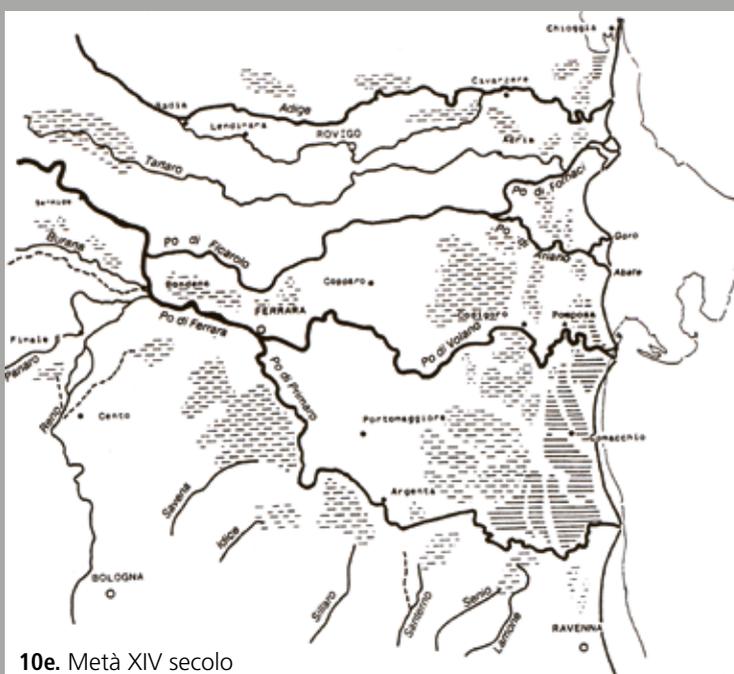
→ Fiume incanalato

— Canale importante

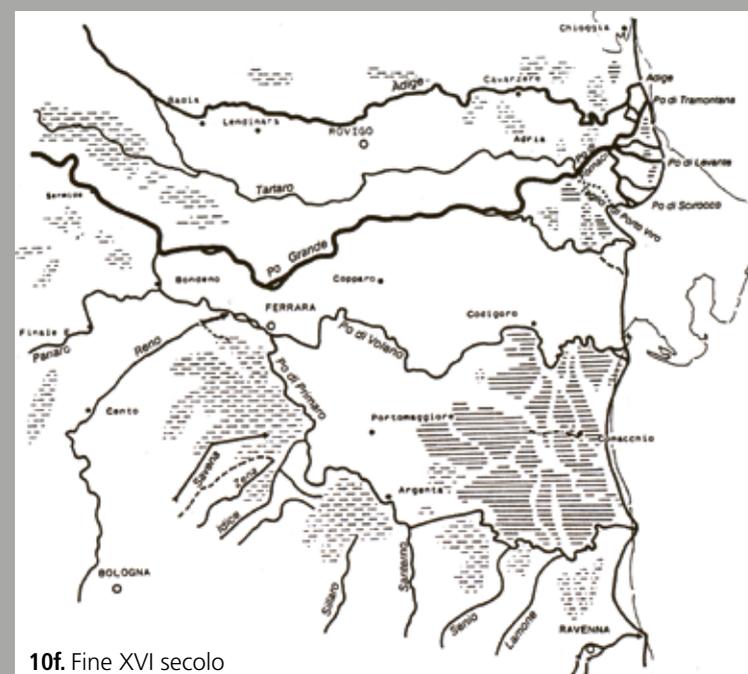
••••• Opera successiva

▨▨▨▨▨ Grandi specchi d'acqua dolce

▨▨▨▨▨ Grandi specchi d'acqua salmastra attuale



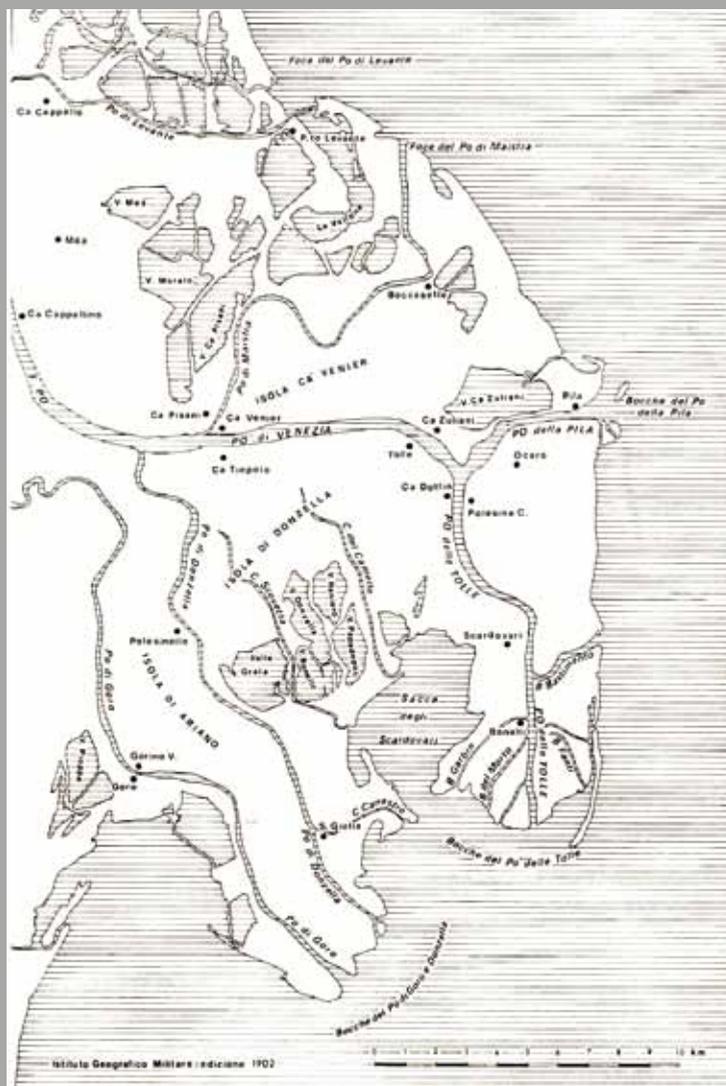
10e. Metà XIV secolo



10f. Fine XVI secolo

12. Planimetria del Delta del Po, tratta dalle carte dell'Istituto Geografico Militare Italiano (edizione 1902).

13. Planimetria del Delta del Po, tratta dalle carte dell'Istituto Geografico Militare Italiano (edizione 1952).



12



13

14. Alluvione del 14 novembre 1951 ad Occhiobello



15. Alluvione del Po di Goro a Ca' Vendramin, novembre 1960



16. Mareggiata novembre 1960 a Ca' Mello



proprio disastro idrografico generale che sconvolse l'Italia, ma particolarmente il basso Veneto e la bassa pianura ferrarese; la già menzionata rotta di Ficarolo che spostò verso nord il corso inferiore del Po; l'evento del settembre 1385 (un diluvio analogo a quello del 589) che si estese a tutto il basso Po; quello del 1579 con l'allagamento di vaste zone del mantovano, modenese e ferrarese; le rotte del settembre 1640 e del novembre 1647.

Nel novembre 1705, in seguito a ininterrotte piogge torrenziali cadute su Piemonte e Lombardia, ripetute rotte flagellarono estesi territori padani. L'acqua fuoriuscita dagli argini trasformò la pianura in un'enorme superficie lacustre. Città come Pavia, Piacenza, Cremona, Mantova e Ferrara divennero isole raggiungibili solo con le barche.

Le rotte del grande fiume rappresentarono un dramma tristemente memorabile *“per l'enorme estensione dei territori inondati e per i gravissimi danni arrecati alle popolazioni padane, sia in termini di perdita di vite umane che di distruzione di beni materiali”*⁸.

Una di queste rotte, avvenuta tra Santa Maria in Punta e Corbola (rotta del Prete o di don Sante), sommerse l'intera isola di Ariano e rimase aperta per 15 anni. Il XIX secolo è stato caratterizzato da molte piene e frequenti rotte collegate anche alla riduzione della capacità dell'invaso del Po per l'aumento notevole delle arginature erette a difesa dei centri abitati e delle aree coltivate. Tra queste citiamo la piena del novembre 1801, con tracimazioni e rotture dal Pavese al mare, e quella dell'autunno 1839, con diverse rotte avvenute in tutto il corso del Po.

Delle molte altre verificatesi nel 1872 ricordiamo quella di Guarda Ferrarese (28 maggio), che allagò per 700 Km² i territori posti tra Ferrara, il Po di Venezia, il Po di Volano e il mare e la successiva, altrettanto disastrosa, nel Mantovano (23 ottobre). La superficie sommersa si estendeva per circa 600 Km² nelle province di Mantova, Modena e Ferrara.

Le piene e le rotte verificatesi nel Novecento sono maggiormente documentate che nel passato. L'evento dominante del secolo accadde la sera del 14 novembre 1951 nel comune di Occhiobello (fig. 14). Il Po travolse

e squarciò la sponda sinistra dell'argine maestro a Vallice di Paviolo. In rapida successione demolì altri due tratti d'argine in località Bosco e Malcantone. Per quelle brecce un'immensa fiumana dilagò nelle campagne. Il Polesine venne sommerso quasi completamente fino al mare, fatta eccezione per il delta idrografico del Po.

La subsidenza, cui abbiamo accennato, ha interessato quasi tutto il delta e determinato abbassamenti che hanno raggiunto valori massimi di quasi tre metri e valori medi di due metri. Anche questo fatto, meno traumatico, lento a manifestarsi ma altamente insidioso, ha influenzato in modo determinante la rete idrografica del basso Po e la storia delle rotte e inondazioni. Le aree ai lati delle arginature dei rami del Po si sono abbassate fino a quota 1-2 m sotto il livello del mare rendendo necessari rinforzi e rialzi degli argini e interventi conseguenti all'aggravamento dei pericoli di sifonamento. Collegate, molto probabilmente, a questa situazione si ebbero, con piene non rilevanti, due rotte nell'argine sinistro del Po di Goro nel giugno del 1957 e nel novembre del 1960 (fig. 15). A causa della subsidenza si aggravò notevolmente anche il problema della difesa a mare sia per la riduzione del franco della sommità degli argini esistenti sia per l'aumento della profondità dei fondali antistanti le arginature, con conseguente esposizione a una più marcata azione del moto ondoso.

Per rotte dovute a forti mareggiate si ebbero allagamenti nel 1957 e nel 1958 in provincia di Rovigo (Isola della Donzella) e in provincia di Ferrara (Bonifica di Mesola).

Nel novembre del 1966 (fig. 16) acque alte e mareggiate eccezionali causarono un'ampia falla nell'argine della Sacca di Scardovari. Oltre due terzi del territorio dell'Isola della Donzella furono sommersi dalle acque del mare.

1.4 Argini fluviali

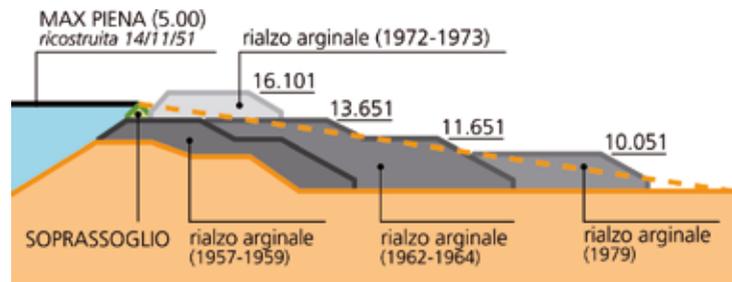
E' indispensabile rivolgere l'attenzione al tema degli argini fluviali (fig. 17) e degli argini e delle difese a mare, poiché si tratta di opere che permettono l'esistenza stessa del territorio del Delta. L'opera più significativa di difesa fluviale è l'arginatura in terra. Per quanto riguarda il Po, arginature importanti vennero erette nei secoli X e XI a difesa di aree abitate. Nei secoli successivi si estese la costruzione degli argini, distinti in un secondo tempo tra pubblici e privati. Vennero istituite apposite magistrature alle acque ed approvati statuti contenenti norme tecniche per la costruzione e la manutenzione e con l'imposizione di vincoli nelle fasce di rispetto. Soltanto all'inizio del XIX secolo si è pervenuti all'attuale assetto degli argini che contengono il fiume con continuità dalla confluenza del Tanaro al mare. Ovviamente man mano che si estendeva il sistema arginale aumentavano i livelli di piena e, di conseguenza, anche le quote delle sommità e le dimensioni dei rilevati arginali.

Il sistema arginale del Po e dei suoi affluenti si estende per circa 2300 Km, mentre lo sviluppo complessivo degli argini del Po nel delta, dall'incile del Po di Goro al mare, misura circa 230 Km. Interventi e sistemazioni negli argini fluviali sono stati numerosi specialmente dopo la piena del 1951. L'abbassamento del piano campagna a quote inferiori al livello medio del mare ha avuto ripercussioni notevoli sull'entità degli interventi, come indica chiaramente la fig. 18a che rappresenta rialzi e ringrossi eseguiti nell'argine maestro a Taglio di Po dopo la piena del 1951 e fino al 1979. Nel 1873 il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, dopo la disastrosa rotta del 1872, stabilì in una circolare le dimensioni e i franchi di piena delle arginature maestre, indicando larghezza in sommità di 7 m per gli argini con golene antistanti, di 8-9 m per gli argini in froldo (privi di golena, più esposti all'azione corrosiva dell'acqua e più facilmente soggetti a rotte), di 10 m in corrispondenza dei centri abitati e franchi di piena variabili tra 0.6 e 1 m. Il franco di piena indicato fu di 0.8 m dallo sbocco del Ticino

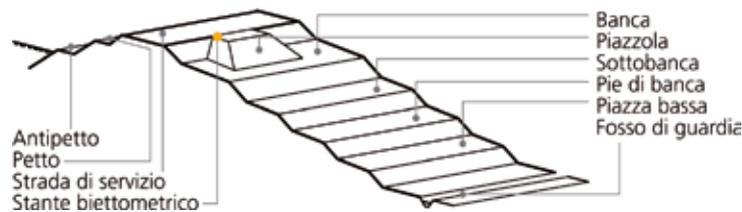
17. Argine sinistro del Po di Goro, in corrispondenza dell'idrovora Goro



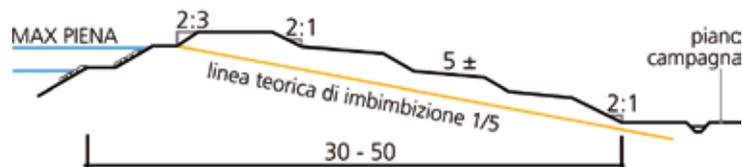
18a



18b



18c



allo sbocco dell'Oglio, di 1 m dallo sbocco dell'Oglio a Santa Maria in Punta (incile del Po di Goro), di 0.8 m per il rimanente tratto del Po Grande e del Po di Goro sino a Mesola e 0.6 m nei tratti inferiori del delta.

Per i rinfianchi e le difese frontali, la pendenza della scarpata a campagna fu stabilita in rapporto tra 2 di base e 1 di altezza, quella verso fiume in 3 a 2 e in 2 a 1 sotto il livello di piena ordinaria. Per gli argini in frodo di altezza maggiore di 6 m furono previsti rinforzi con banche e sottobanche di larghezza variabile da 6 a 10 m e pendenza delle scarpate di 2 a 1. Vennero altresì precisati i criteri per la realizzazione delle difese con scogliere, buzzoni, fascinate e gabbioni.

Altre disposizioni furono emanate nel 1919 e nel 1929 dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e nel 1952 dal Circolo Superiore d'Ispezione per il Po di Parma (il Magistrato per il Po venne istituito nel 1956). Le varie circolari contenevano anche norme per la costruzione delle coronelle di soprassoglio (rialzi della sommità arginale eretti in situazione d'emergenza con la posa in opera di sacchetti



19. Classico "bicchiere" con sacchetti di sabbia per il contenimento di un fontanazzo

di sabbia), la ripresa delle rotte, la protezione nei confronti di sifonamenti da fontanazzi (fig. 19). Si venne così a definire la conformazione attuale del rilevato arginale, rinforzato a fiume da petto e antipetto (ciascuno dell'altezza di 3 metri, pendenza delle scarpate 3:2 e larghezza da 6 a 8) e per quelli di maggiore altezza dal piè di banca e dalla piazza bassa (fig. 18b). Adottando i criteri riportati nelle circolari del 1929 e 1952, quelli indicati dal Magistrato per il Po e tenendo conto del progetto SIMPO (1982), il profilo a campagna venne disposto in modo da ricoprire per almeno un metro la linea teorica di imbibizione. Generalmente si considera il profilo, a partire dal livello di massima piena, con pendenza di 5:1 o 6:1. La pendenza della linea di imbibizione teorica (fig. 18c) può essere modificata in funzione dell'utilizzo di materiali idonei per la ricalibratura e il rinforzo e di provvedimenti atti a ridurre il pericolo di sifonamento (diaframmi, drenaggi a campagna).

La sicurezza, come indicato nella Legge sui Lavori Pubblici del 1867, nel T.U. sulle Opere Idrauliche del 1904 e ribadito

nella citata circolare del 1952, è legata anche ai possibili negativi effetti sulla stabilità del corpo arginale dovuti alla costruzione, a campagna e in golena, di scavi, pozzi, fabbricati e piantagioni in adiacenza ai rilevati arginali. Tali opere, salvo deroghe particolari, devono essere realizzate ad una distanza non minore di 10 m per scavi, edifici e manufatti, di 4 m per le piantagioni e da 50 a 150 m per i vari tipi di pozzi.

Nella circolare del 1952 è stato anche prescritto di non conservare strade di grande traffico sulle sommità arginali, se non in casi eccezionali, garantendo comunque la possibilità di realizzare un soprizzo in caso di piena. Questa prescrizione non trova alcuna applicazione in lunghi tratti arginali. Per quanto riguarda il franco di piena di riferimento per rialzi e ringrossi, fino al 1980 circa ci si è attenuti al valore di 1 metro rispetto ai livelli corrispondenti alla massima piena storica (evento del novembre 1951). Successivamente ci si è riferiti, in relazione allo studio e progettazione eseguiti dalla società SIMPO nel 1982, al profilo liquido del Po in corrispondenza della piena del 1951 e a quello corrispondente alla massima portata di piena con tempi di ritorno superiori ai 50 anni. Attualmente si fa riferimento ad un tempo di ritorno non inferiore a 100 anni.

Indubbiamente, dopo i rialzi e i ringrossi, gli interventi più frequenti sono quelli di protezione delle arginature dai pericoli di sifonamento a campagna, interventi prioritari quando durante le piene si siano già manifestati fenomeni di

sifonamento con fontanazzi e sortuosità. La realizzazione di diaframmi continui ed impermeabili, atti a impedire o a limitare il flusso attraverso il terreno di fondazione, è un intervento tipico di difesa dal sifonamento. Per contrastare il sifonamento è talora anche possibile realizzare, all'interno del piede della banca a campagna, un qualche sistema di drenaggio attraverso e al di sotto del corpo arginale. Vi sono infine provvedimenti di sistemazione e protezione verso fiume quando gli argini e le sponde rivolte al fiume siano stati interessati da fenomeni di erosione e scalzamento o da frane in periodi successivi a piene o durante le magre.

Ai tradizionali sistemi di protezione con pali in legno, buzzoni, burghe, gabbioni, pietrame, elementi o lastre di calcestruzzo (fig. 20), manti bituminosi (fig. 21) se ne sono affiancati altri più recenti con l'uso di geotessili e geomembrane. Le arginature del delta, formate da terreni di granulometria fine (sabbia, limi e argille) raggiungono anche altezze superiori ai 10 metri. Negli ultimi anni la necessità di sovraltarle ha comportato, per reperire le grandi quantità di materiali necessari, l'uso di terreni non propriamente idonei, anche per la presenza di materiale organico.

Inoltre, si deve tenere presente che spesso le arginature poggiano su terreno formato da strati sabbiosi superficiali, talora alternati a strati torbosi e, al di sotto, da strati argillosi di bassa consistenza, di modo che spesso si hanno problemi di sifonamento e problemi connessi ai notevoli cedimenti del piano di fondazione.

20. Rivestimento arginale con lastre di calcestruzzo



21. Rivestimento arginale con manto bituminoso



1.5 Argini e difese a mare

Fino al 1950 le difese a mare nel delta del Po riguardavano prevalentemente la protezione di aree bonificate con chiusura al confine con lagune, sacche e territorio insediativo (fig. 22a). Gli argini di contenimento e difesa erano piccoli, rivestiti in pietrame e malta di cemento pozzolanico (fig. 22b, tavole 8 e 9 in nota). Nel periodo 1950-1968 il problema della difesa dal mare, a seguito della subsidenza che aveva ridotto o annullato il franco delle opere di difesa ed aumentato i fondali dinanzi alle arginature esponendole maggiormente all'azione del moto ondoso, si era decisamente aggravato. Dal 1950 al 1965 furono eseguiti notevoli lavori di sistemazione delle arginature esistenti con ringrossi e rialzi fino a quote di +1.50 e +3.50 sul medio mare, rinforzi e rivestimenti a mare, erezione di scogliere

frangiflutto e costruzione di nuove arginature. Si venne a formare una linea arginale con una lunghezza di circa 90 Km. E' interessante osservare la fig. 23a, che riporta gli interventi eseguiti nell'argine a mare dell'Isola della Donzella nel periodo 1950-1964. Nel novembre del 1966 il Delta, come buona parte del litorale Alto Adriatico, venne investito da violente mareggiate concomitanti ad acque alte eccezionali. Le opere di difesa, rafforzate, resistettero in genere bene, grazie anche agli interventi con saccate e pietrame eseguiti durante la mareggiata (fig. 24).

Solo nell'argine perimetrale della Sacca di Scardovari, in corrispondenza della Vallesina Papadopoli, si verificò una rotta che travolse i rilevati a lato della chiavica di valle e sommerse con acque di mare due terzi del territorio dell'Isola della Donzella. La situazione dell'argine preesistente alla mareggiata è indicata nella fig. 23b. Per buona parte delle

22a. Argine di chiusura verso la Sacca di Scardovari



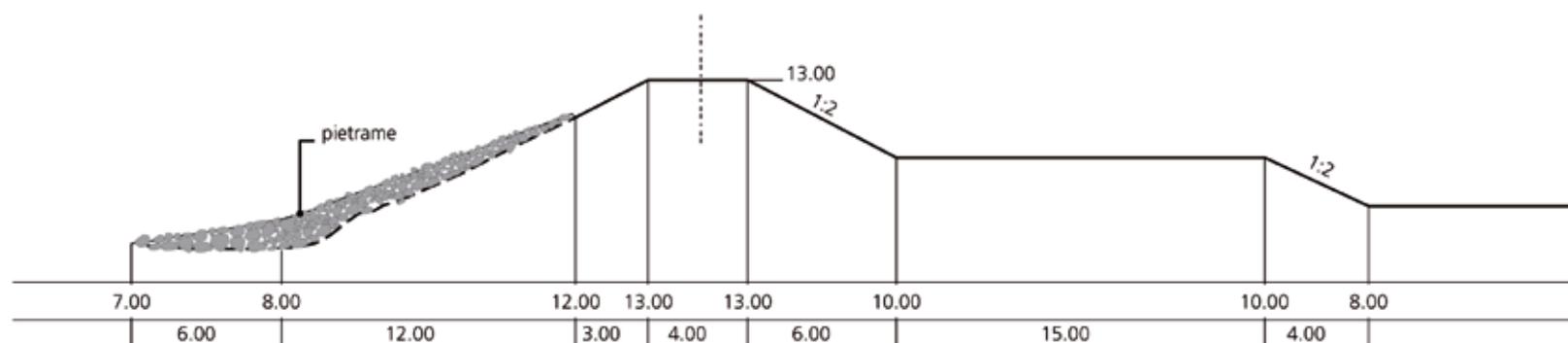
22b. Argine di difesa a mare con rivestimento in pietrame



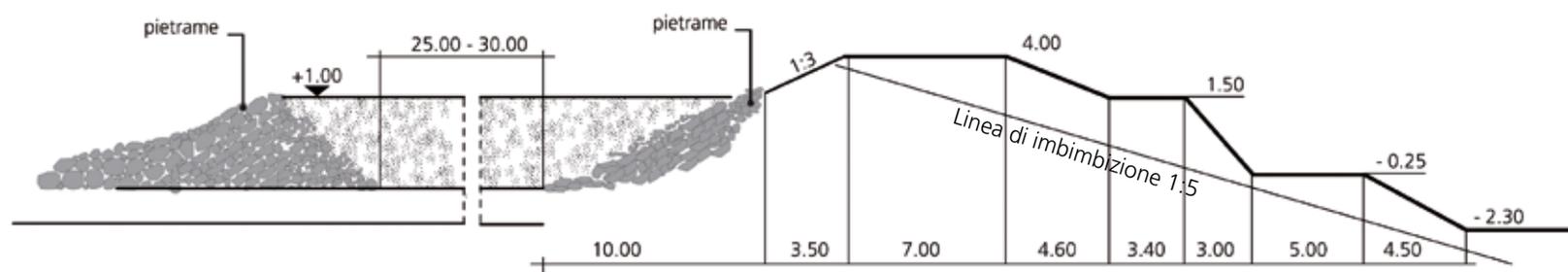
23a. Schemi successivi interventi argini a mare, Isola della Donzella (1950-1964)



23b. Situazione argine preesistente alla mareggiata



23c. Sezione arginale tipo dopo il 1966



24. Preparazione di sacchi in pietrame durante la mareggiata del 1966



25. Tubi Longard in località Barricata di Porto Tolle



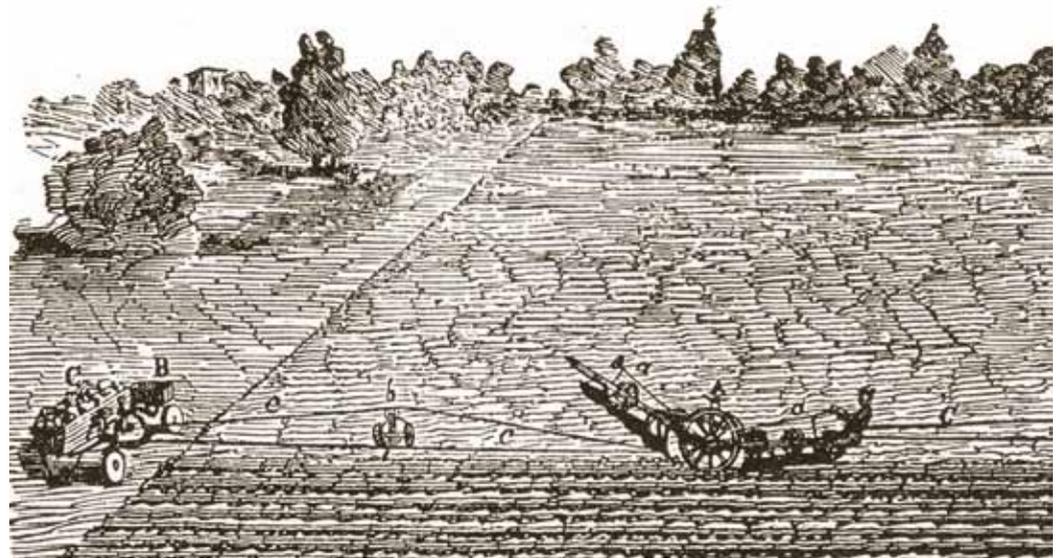
arginature a mare dopo il 1966 si è fatto riferimento ad una sezione arginale tipo, come quella riportata in fig. 23c. Verso mare la scarpata ha la pendenza di 1 su 3 ed è rivestita con pietrame, talora intasato con mastice bituminoso. Nella zona più esposta si trova un frangiflutto in pietrame con sommità a + 1.00 m s.m.m. e disposto a 25-30 m dal piede dell'argine. Verso campagna l'argine è munito di banche e sottobanche analogamente agli argini fluviali. Nella difesa della costa sono stati anche utilizzati i tubi "Longard" in polipropilene (fig. 25).

1.6 Opere idrauliche interne: attivazione e sviluppo delle opere di bonifica ed irrigazione. Consorzio di Bonifica Delta Po Adige

Il Taglio di Porto Viro (1600-04), come si è detto, evento idraulico e storico fondamentale, segna l'inizio della formazione dell'attuale delta del Po.

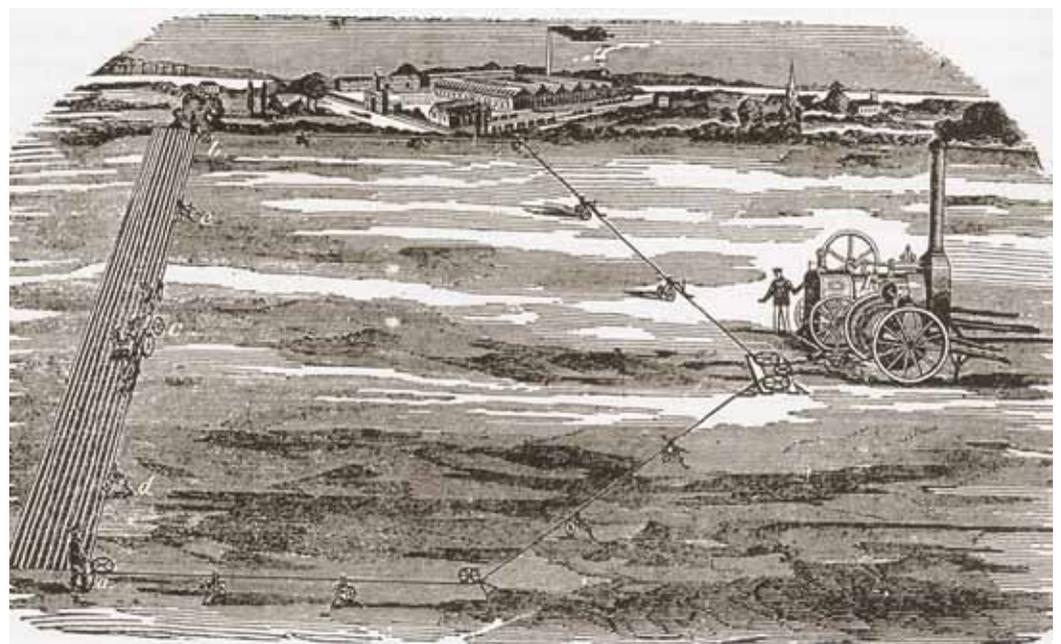
I primi consorzi di bonifica si costituirono nel corso del XVI secolo, con compiti di difesa, sistemazione idraulica e messa a coltura dei terreni. Nel XVII e XVIII secolo ne sorsero molti altri. Tutti dovettero affrontare grossi problemi in relazione alle frequenti rotte, naturali e artificiali: ciò nonostante le opere di bonificazione e la coltivazione agricola si estesero con continuità. Nell'Ottocento l'attività di bonifica continuava ad espandersi. Un ulteriore decisivo sviluppo si registra nella seconda metà del secolo, anche per la diffusione nelle campagne di macchine a vapore (fig. 26a-b), utilizzate in seguito anche per l'azionamento di pompe idrovore. Nei primi decenni del XX secolo le azioni di bonifica dei terreni aumentarono sensibilmente. Nei primi anni '30 il territorio dell'attuale Consorzio Delta Po Adige era costellato da numerosi consorzi (fig. 1 del capitolo 2). Successivamente si ebbero trasformazioni territoriali, anche rilevanti.

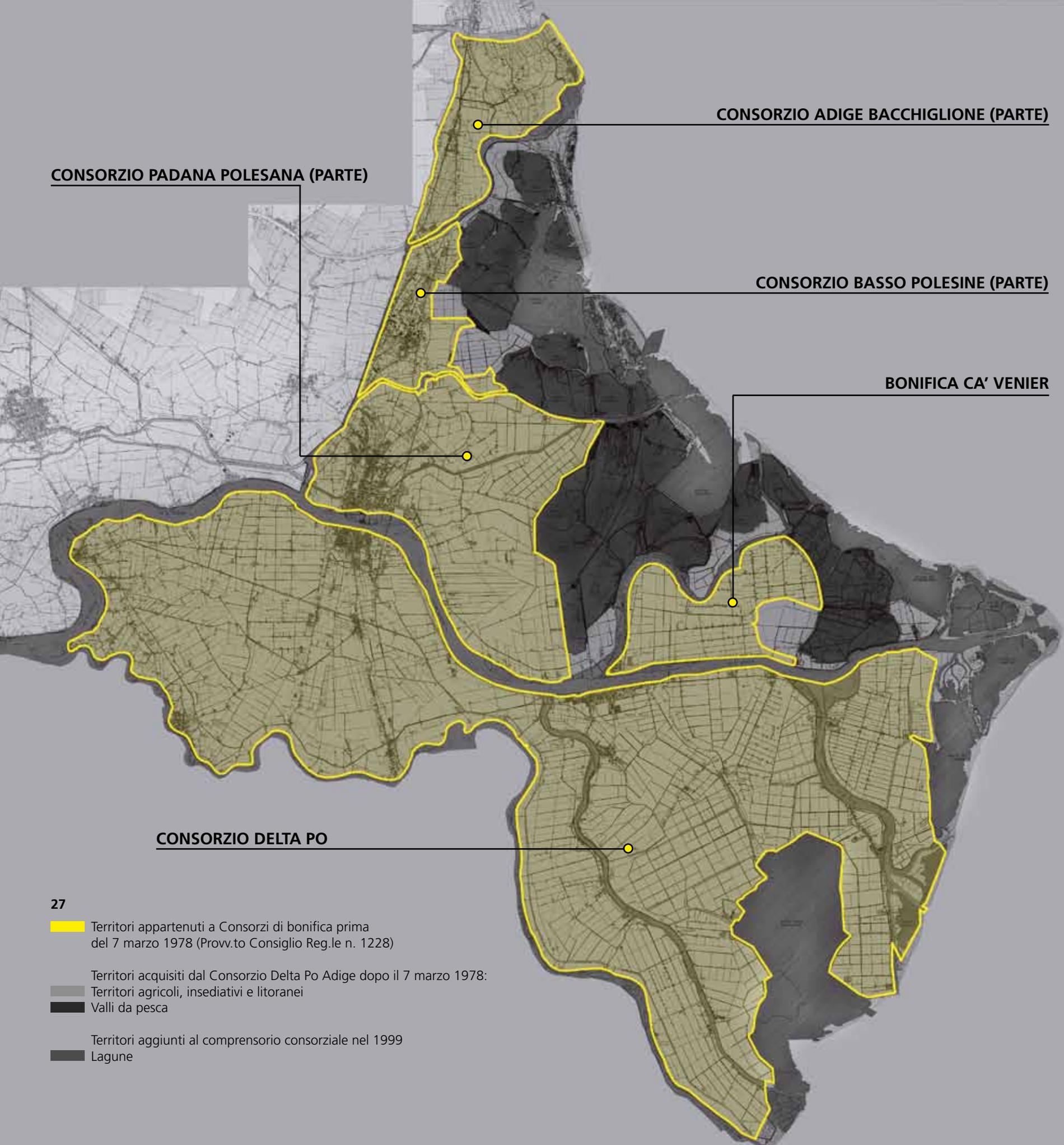
Il comprensorio del Consorzio di Bonifica Delta Po Adige fu istituito ufficialmente nel 1978 a seguito della riforma regionale dei consorzi di bonifica (Provvedimento



26a

26b





CONSORZIO ADIGE BACCHIGLIONE (PARTE)

CONSORZIO PADANA POLESANA (PARTE)

CONSORZIO BASSO POLESINE (PARTE)

BONIFICA CA' VENIER

CONSORZIO DELTA PO

27

Territori appartenuti a Consorzi di bonifica prima del 7 marzo 1978 (Prov.to Consiglio Reg.le n. 1228)

Territori acquisiti dal Consorzio Delta Po Adige dopo il 7 marzo 1978:
Territori agricoli, insediativi e litoranei
Valli da pesca

Territori aggiunti al comprensorio consorziale nel 1999
Lagune



28. Estremità orientale dell'Isola di Scanarello: a sinistra la valle omonima, a destra il Po di Maistra, la Val Chiusa e la parte nord della laguna di Barbamarco

del Consiglio Regionale n. 1228 del 7 marzo 1978, in applicazione della L.R. 13 gennaio 1976, n. 3). Esso risultò dall'accorpamento dei seguenti consorzi di bonifica, in tutto o in parte (fig. 27):

- Consorzio Delta Po: tutto (Isole di Ariano, Donzella, Camerini);
- Bonifica Ca' Venier: tutta (gestione ESAV);
- Consorzio Padana-Polesana: parte (territorio di Donada e Contarina, oggi Comune di Porto Viro);
- Consorzio Basso Polesine: parte (territorio di Rosolina);
- Consorzio Adige Bacchiglione: parte (territorio di Sant'Anna di Chioggia);

e da nuovi territori non rientranti, nel recente passato, in comprensori di bonifica:

- Valli da pesca, tutte;
- Territori di Pila, Ca' Zuliani (Porto Tolle), Ca' Pisani, Scanarello (Contarina), Fossone, Rosolina Mare e isola di Albarella (Rosolina).

Il comprensorio consorziale attualmente ha una superficie complessiva di 62.780 ettari. Interessa le province di Rovigo (60.318 ha) e di Venezia (2.462 ha) e otto comuni: Ariano

nel Polesine, Corbola, Taglio di Po, Porto Tolle, Porto Viro (ex Donada e Contarina), Rosolina, Loreo (parte), Chioggia (parte). Di tale superficie, 46.033 ha sono terreni bonificati (agricoli e urbanizzati) e litoranei (spiagge e incolti), 8.602 ha sono valli da pesca, 8.145 ha lagune e ambiti lagunari.

Il territorio, caratterizzato da una situazione idraulica particolarissima e da un delicato equilibrio terra-acqua (fig. 28), governato da opere di bonifica e di irrigazione, protetto da strutture di difesa dai fiumi e dal mare, è un mosaico di isole divise dal Po e dai suoi rami deltizi, dal Canal Bianco - Po di Levante, dall'Adige, delimitato a ponente dal Po di Brondolo - Canale di Valle, dal mare Adriatico a levante, dal Brenta a settentrione e dal Po di Goro a mezzogiorno. Una forte presenza di valli da pesca e di lagune (fig. 29) costituisce parte integrante della realtà fisico-idraulica del comprensorio.

In direzione nord-sud, all'incirca sul tracciato della strada statale Romea, esisteva un ampio cordone dunoso di natura sabbiosa, un tempo protezione del retroterra dall'azione del mare, in seguito demolito e spianato in più punti, sul quale si è sviluppata negli ultimi decenni un'orticoltura

29. Valle San Leonardo e, in alto a destra, laguna Vallona



30. Irrigazione campi di radicchio, nei pressi di Taglio di Po



31. Raccolta di radicchio a Rosolina

specializzata (fig. 30 e 31) di grande valenza economica e sociale. A occidente della fascia dunosa troviamo le terre vecchie, bonificate nei secoli addietro dalle colmate delle alluvioni fluviali, caratterizzate da terreni a prevalente natura argillosa con frequenti zone di torba, derivanti dalla vegetazione palustre sepolta da secoli sotto strati di argilla o di sabbia. La parte orientale del comprensorio, formatasi in epoca posteriore al Taglio di Porto Viro, presenta terreni con caratteristiche sia argillose che di medio impasto, derivanti dalle deposizioni alluvionali degli ultimi tre secoli. I terreni situati in prossimità delle foci dei fiumi Adige e Brenta (Comuni di Rosolina e Chioggia), coincidono anch'essi, così come quelli sopra ricordati latitanti la strada Romea, con le antiche formazioni dunose e sono pertanto di natura sabbiosa. Data la notevole diversità di tessitura da zona a

zona, i terreni hanno permeabilità alquanto differenziata. La falda freatica varia frequentemente, correlata alle escursioni dei livelli idrici dei fiumi che attraversano il comprensorio. In situazioni ottimali è su valori di profondità dell'ordine di 1,00:1,20 m sotto il piano campagna nei terreni rivieraschi, di 1,30:1,50 m nelle zone più interne, di 0,80:0,60 m nelle zone più depresse (peraltro di limitata estensione) con qualche difficoltà di smaltimento delle acque in occasione di eventi meteorici critici. Il clima del comprensorio consorziale è continentale nella parte occidentale, con piovosità media annua di 700:750 mm, più temperato nella parte orientale, con piovosità media annua di 600:650 mm. Sotto l'aspetto altimetrico, il comprensorio soggiace quasi interamente al medio mare di due - tre metri con punte, in alcune zone, di 4 metri.



32. Reti di canali consorziali



33. Localizzazione idrovore consorziali

Se dovesse venir meno l'attuale regime idraulico artificiale, cioè il complesso di opere di difesa dal mare e dai fiumi e di bonifica con canali e idrovore costruite dall'uomo e da esso costantemente mantenute in funzione, il territorio deltizio diventerebbe un braccio di mare.

La bonifica idraulica nel comprensorio, tutta a scolo meccanico, si snoda attraverso una rete di canali consorziali (fig. 32) della lunghezza complessiva di circa 600 Km e a mezzo di 36 impianti idrovori (fig. 33), fra principali e secondari, con una potenza installata di circa 11.300 KW per un consumo medio annuo di 5.500.000 kWh.

La portata massima complessiva scaricata dalle idrovore è di 190 m³/s che, su una superficie bonificata di 45.656 ha (53.699 - 8.043), comporta un coefficiente udometrico medio di 3.39 l/s per ettaro che può apparire, a prima vista,

elevato, ma che è giustificato dalla particolare idrografia, altimetria e conformazione fisica del territorio.

Gli interventi degli ultimi anni sono stati rivolti a rimettere in efficienza il sistema di bonifica, sconvolto dalla subsidenza verificatasi tra il 1950-60. Si è trattato non soltanto di opere di ripristino o di adeguamento, ma, in molti casi, di nuove soluzioni idrauliche nell'ambito di interi bacini.

L'attività attuale continua ad essere rivolta al riadeguamento dei vari sistemi idraulici, nonché all'ammodernamento, automazione e telecontrollo degli impianti, al rifacimento di manufatti. L'irrigazione nel comprensorio avviene sia in forma "totalitaria" mediante trasporto e fornitura di acqua con impianti tubati o con canalette ramificate fino alla singola azienda agricola come a Rosolina, Sant'Anna di Chioggia, Taglio di Po, Piano di Rivà, dove l'area utilizzata



34. In gran parte del comprensorio consorziale il servizio irriguo avviene attraverso i canali di bonifica

intensivamente misura oltre 4.500 ettari, (fig. 30) sia con forme di adduzione più estensive, a mezzo di canali in terra o rivestiti, che forniscono l'acqua irrigua a livelli di distribuzione più generalizzata, sia infine, per la maggior parte del territorio, attraverso l'irrigazione di soccorso che utilizza l'innalzamento dei livelli idrici dei canali di scolo (fig. 34). Complessivamente, il Consorzio dispone di concessioni a derivare per circa 330 moduli di cui 264 dal Po e 66 dall'Adige e di una serie di impianti di derivazione

e di sollevamento per una potenza complessiva di circa 1.550 Kw con una rete di canali della lunghezza di circa 250 Km. Di questi, in parte (Rosolina, Mea e Signoria) sono costituiti da condotte tubate a media-bassa pressione per garantire facilmente l'irrigazione ad aspersione e, in parte, sono costituiti da canalette rivestite in calcestruzzo o semplicemente in terra per un'irrigazione essenzialmente ad infiltrazione laterale.

Capitolo 1: note

1. Tale evento, alle soglie del 1200, con la creazione del Po di Venezia a sud, segna la nascita “geografica” del Polesine, già definito, a nord, dall’Adige.
2. Il Taglio di Porto Viro segna invece la nascita (1604) del Delta attuale.
3. Località oggi individuabile nel territorio del Comune di Rosolina.
4. M. Vicentini., G. Borghi, *Le spiagge padane*, C.N.R. Comitato per la geografia e per l’ingegneria, Roma, 1938.
5. Dal Cin, Simeoni, *Po-AcquaAgricolturaAmbiente*, vol. 2: L’alveo e il delta, 1989.
6. Ruol, Arcelli, *Evoluzione recente dei litorali del delta del Po*, Padova, 1997.
7. Molti autori hanno affrontato il tema delle rotte del Po. Da ricordare particolarmente: A. Bottoni, *Appunti storici sulle rotte del Basso Po dai tempi romani a tutto il 1839*, Ferrara 1873; *Relazione del Ministro dei Lavori Pubblici alla Camera dei Deputati*, Roma 16/6/1873; M. Bondesan, *L’area deltizia padana, i caratteri geografici e geomorfologici*, nel volume “Parco del delta del Po”, Amministrazione Provinciale di Ferrara, 1990; C. Datei, *Le rotte del Po* nel volume “Il fiume e la sua terra” Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti e Accademia dei Concordi di Rovigo, Venezia, 1994.
8. D. Salmelli, *L’alluvione e il freddo: il 1705 e il 1709*, in “Le meteore e il frumento”, Bologna, 1986. Sull’alluvione del 1705 vedi anche: A. Tumiatti, *Comunità e parrocchia di Ariano dal taglio di Porto Viro alla rotta di Corbola (1600-1705)*, Arti Grafiche Diemme, Taglio di Po, 2008.
9. Per un recente ed esauriente contributo sul tema si rinvia a: A. Tumiatti, *Il Taglio di Porto Viro: aspetti politico - diplomatici e territoriali di un intervento idraulico nel delta del Po (1598-1648)*, Arti Grafiche Diemme, Taglio di Po, 2005. L’opera è stata presentata in occasione della celebrazione del quattrocentesimo anniversario del taglio del Po organizzata dalla Regione Veneto presso il Museo della Bonifica Ca’ Vendramin il 28 maggio 2005.

TAVOLA 3a.
Abbassamenti
lungo linee da
nord a sud

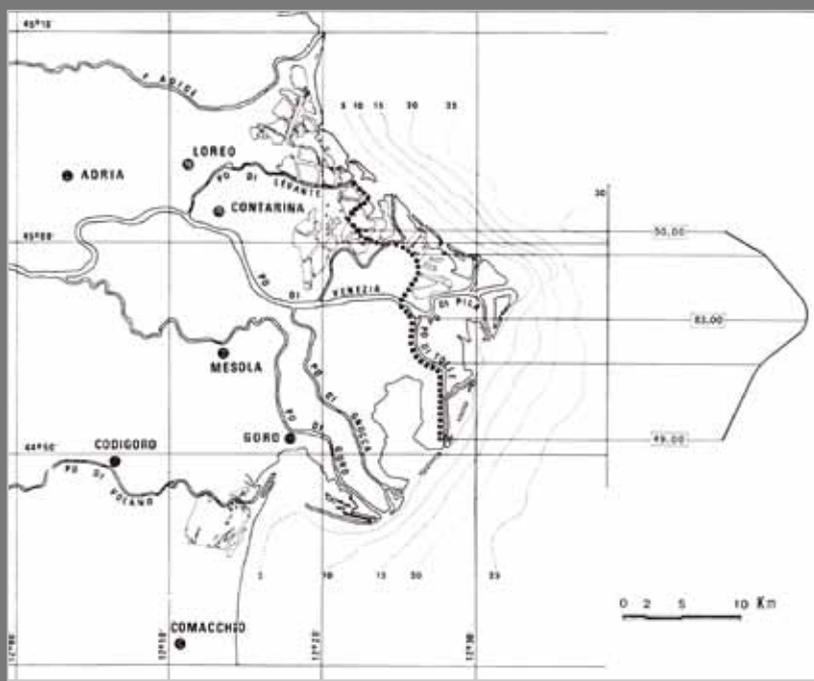
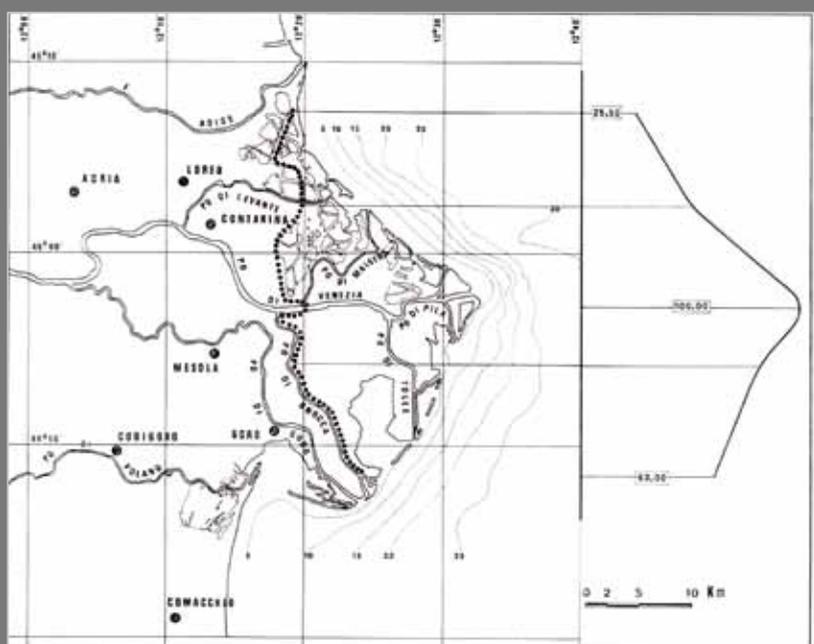


TAVOLA 3b. Abbassamenti lungo l'asse del Po di Venezia

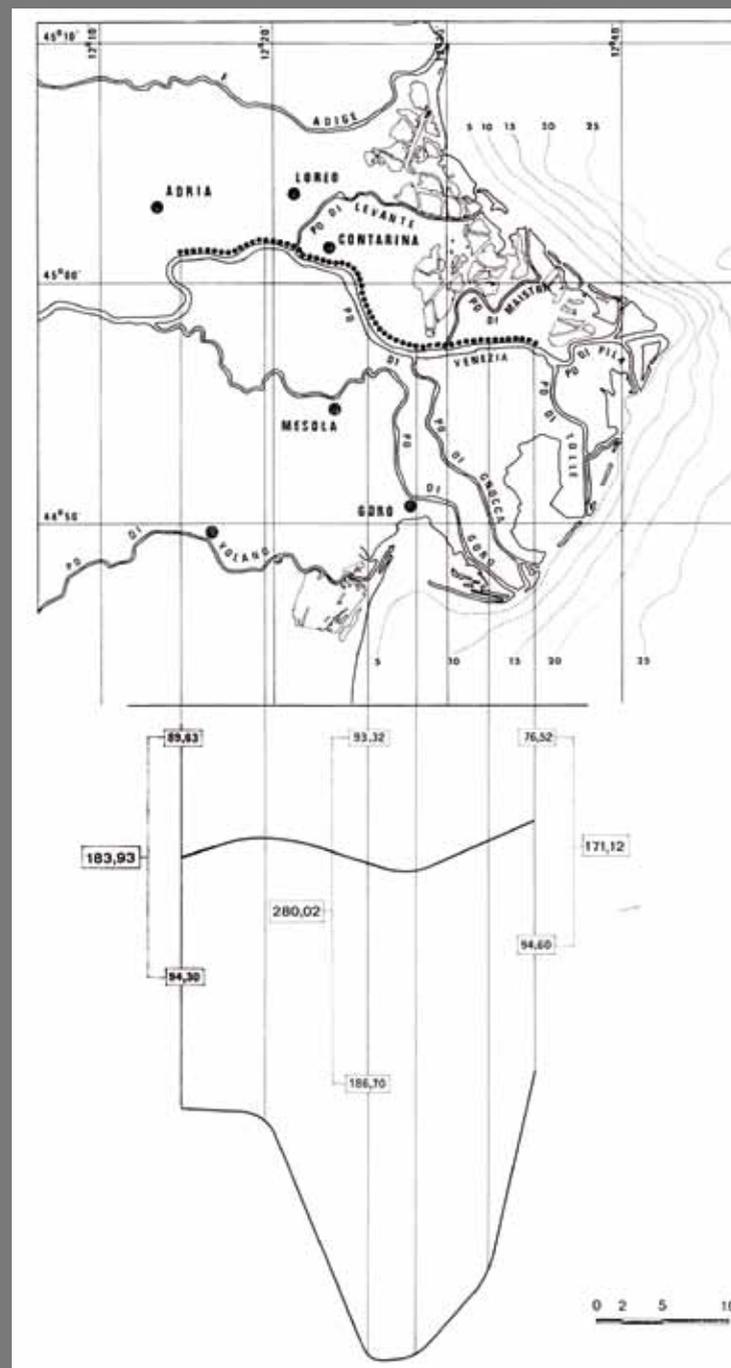


TAVOLA 5. Modifiche e avanzamenti del Delta dal 1603 al 1851

Topografia dimostrante la protrazione del terreno avvenuta dal 1603 al 1851 fra il Canale dei Cuoi e il Fo di Boro e la variazione di direzione del fiume conseguente al taglio di Soto Vico, decretato dal Veneto Senato il 17 dicembre 1598 ed aperto nel maggio 1604

sulla scorta delle Cronache della Stato di Ferrara Il Senato 1603, del Ing^o Gio: Dalla Moolla detto l'Arguta, e il Senato 1753 del Scritt. Ambrogio Garuffelli, e della Carta Topografica della Provincia di Rovigo 1853 di Lorenzo Profini

disegnata dall'Ingegnere Civile Ciroclamo Antonis Dott. De Mattia nel 1865.

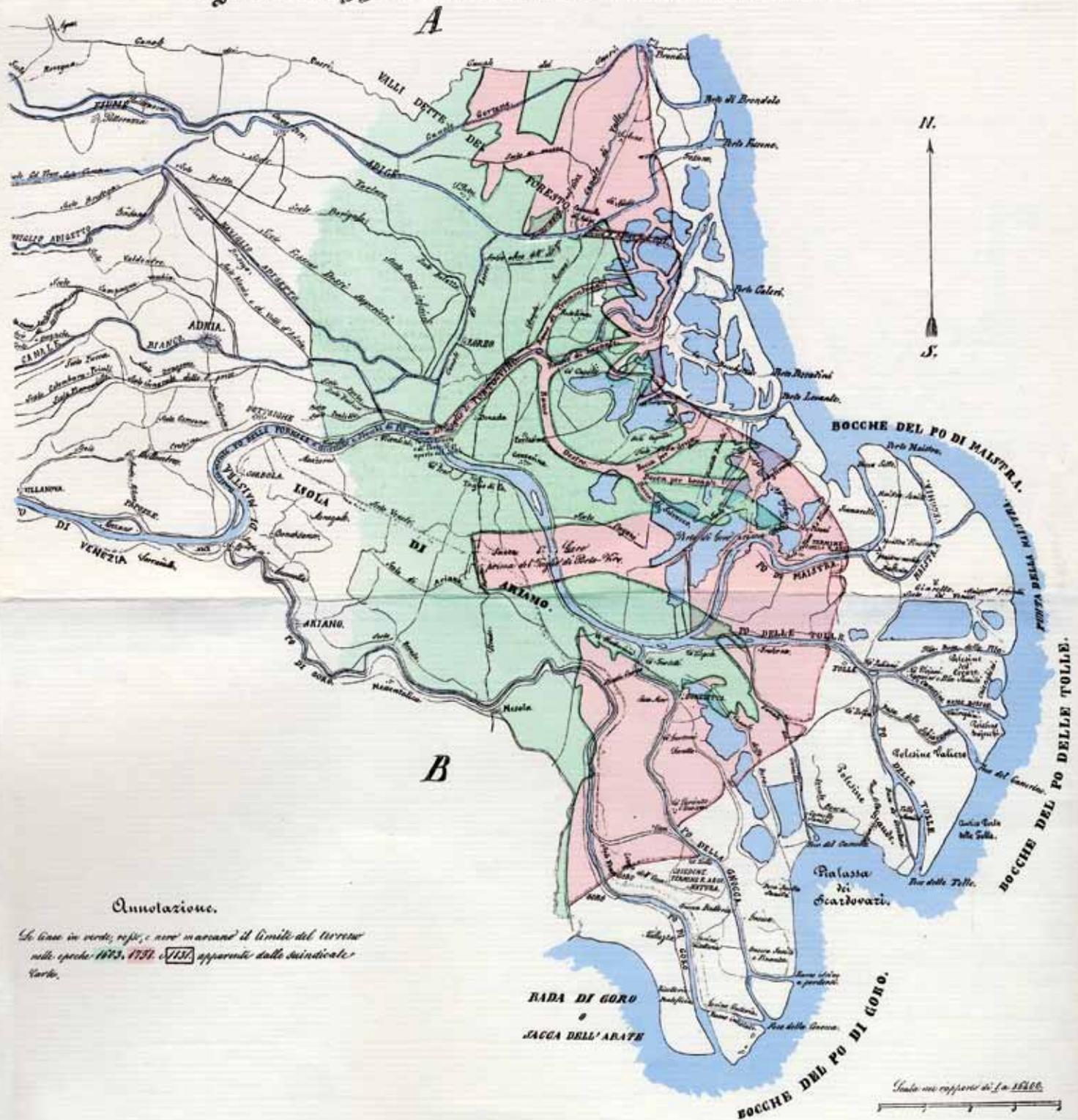


TAVOLA 8. Ripresa delle rotte e rialzo della sommità arginale con "saccate" e "burghe" di pietrame



TAVOLA 9. Ripresa rotta con "saccate" e "burghe" di pietrame

