



EMERGENZE AMBIENTALI NEL DELTA DEL PO

4.1 Subsidenza

Sulle cause e sugli effetti del fenomeno della subsidenza dovuto alle estrazioni dal sottosuolo di metano e acqua nel territorio del Polesine, e del Delta in particolare, si è già parlato in precedenza (cap. 1.3). Qui di seguito vengono analizzati i principali inconvenienti provocati dalla subsidenza sulle opere idrauliche di difesa e di bonifica.

4.1.1 Subsidenza e opere arginali

Fra i maggiori inconvenienti determinati dagli abbassamenti del suolo va segnalata la diminuzione del franco di sicurezza delle arginature dei corsi d'acqua che attraversano il territorio interessato dai cedimenti stessi e la conseguente necessità di opere di rialzo e ringrosso delle arginature (fig. 1).

Laddove gli abbassamenti sono stati rilevanti, e in presenza di particolari caratteristiche dei terreni, è stato necessario costruire diaframature per fronteggiare il pericolo di sifonamenti e filtrazioni.

In alcuni casi le fasce di terreno a ridosso delle arginature che sono state rinforzate hanno mutato sensibilmente le loro caratteristiche, subendo un degrado qualitativo, anche perché le infiltrazioni di umidità non sono state del tutto eliminate dalle opere di rinforzo arginale. Ad esempio nell'Isola della Donzella, dove i rialzi delle arginature raggiunsero la misura di tre metri ed oltre, è stato necessario, mediante un provvedimento urbanistico, dichiarare inabitabili tutte le costruzioni

ubicata in prossimità delle arginature del fiume Po ed ancora dichiarare inedificabili larghe strisce di terreno lungo il fiume. I manufatti idraulici inseriti nelle arginature dei fiumi (chiaviche, ponti, conche, muri di sostegno, banchine), poi, sono stati in gran parte ricalcolati e spesso ridimensionati, sulla base della nuova situazione con riguardo soprattutto alle spinte dell'acqua e delle terre. La presenza di manufatti nei corpi arginali ha fatto nascere, inoltre, il pericolo di filtrazioni d'acqua radenti le superfici murarie che hanno provocato nel tempo dissesti arginali e molto spesso il collasso degli argini stessi. Le alluvioni del Delta (del periodo '50-'66) hanno avuto origine in questo modo.

4.1.2 Subsidenza e opere di bonifica idraulica

In un territorio, nei casi di subsidenza di una certa entità, i danni più rilevanti vengono subiti dalle strutture per la bonifica idraulica ed irrigua (fig. 2).

I cedimenti del suolo in vaste aree del Delta hanno determinato una diminuzione del franco di coltivazione dei

territori colpiti così che si sono avute manifestazioni negative sulle colture. Un esempio eclatante è la moria dei peschi per asfissia radicale verificatasi nel Ravennate a metà degli anni Sessanta, dove l'aumento della percentuale di moria corrispose all'aumento dei cedimenti del suolo.

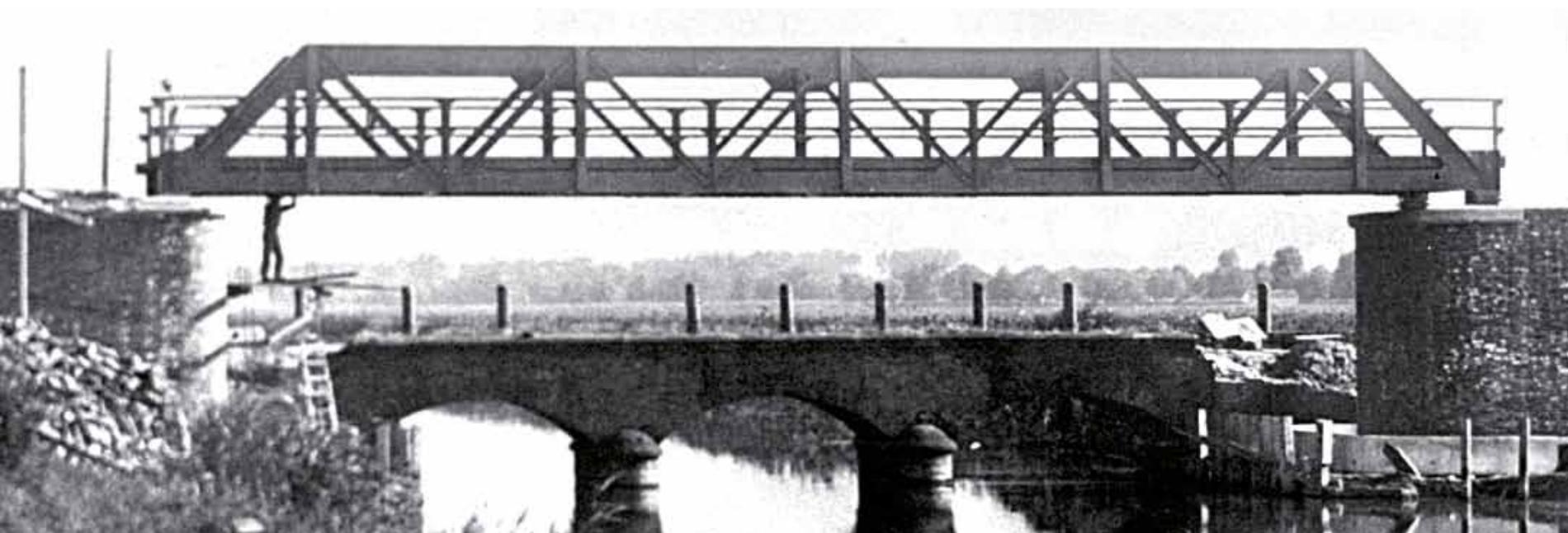
Tutte le canalizzazioni a pelo libero del comprensorio deltizio sono state ricalibrate e ridimensionate in funzione della nuova situazione altimetrica e dell'aumento delle infiltrazioni derivanti dai corsi d'acqua naturali. La redditività dei suoli è stata, di fatto, pesantemente penalizzata per il notevole aumento degli oneri permanenti che si devono sopportare per la manutenzione ordinaria e straordinaria delle opere di bonifica e per l'esercizio di impianti idrovori.

4.1.3 Subsidenza e difesa dei litorali

Quando la subsidenza investe zone litoranee, in breve tempo pone problemi drammatici, primo fra tutti quello della difesa del territorio dalle alluvioni dal mare.

Infatti, nei casi in cui non si può tollerare un arretramento della

2. Nuovo ponte Liè sul canale Veneto ricostruito a quota superiore rispetto al precedente di circa 2 m



linea di battigia (fig. 3a-b), come succede quasi sempre nei litorali dove sono stati realizzati investimenti di tipo turistico - balneare, si manifesta subito la necessità di ricostruire la spiaggia emersa ripristinandone anche la linea originaria. Ciò è possibile solo per qualche tempo, poiché questo dipende sia dal volume di materiale sabbioso disponibile nei cordoni dunosi, sia dalla velocità degli abbassamenti.

Ricostruendo la spiaggia (fig. 4a), si fornisce in concreto il materiale per la ricostruzione del profilo di equilibrio del litorale sommerso, il solo che può garantire l'assorbimento graduale dell'energia delle onde. Successivamente, continuando la subsidenza del litorale sommerso ed emerso, si giunge ad una situazione di crisi: ad un certo momento il materiale proveniente dalla demolizione dei cordoni litoranei non risulta più sufficiente per la ricostruzione di quello sommerso secondo il profilo di equilibrio. Le onde allora vengono ad infrangersi ogni volta più vicino alla riva, sprigionandovi tutta la loro carica di energia, demolendo sempre più rapidamente il litorale sommerso ed emerso.

Inizia così in modo inevitabile l'arretramento della linea di battigia. Continuando ancora la subsidenza, le quote delle zone litoranee scendono al di sotto della quota di sicurezza: inizia così la fase più disastrosa per la zona interessata, con inondazioni sempre più frequenti dei terreni circostanti.

A questo stadio, com'è accaduto per il Delta del Po, e come sta succedendo per le zone del Ravennate, si ricorre alla costruzione di arginature di difesa con la sommità a quota di sicurezza e con adeguate protezioni verso il mare per resistere all'azione demolitrice delle onde. Le spiagge però, alla fine di questa fase, restano solo un malinconico ricordo. E' da osservare peraltro che la manutenzione di queste dighe a mare, nel tempo, risulta onerosissima: si richiedono infatti massicci interventi di riparazioni e ripristini ad ogni mareggiata.

Nel Basso Polesine, dove si è verificato, soprattutto nel periodo 1950-1970, il caso di subsidenza più clamoroso in Italia, lo sprofondamento del suolo ha interessato anche tutto il litorale antistante il Delta del Po. Furono costruiti

3a. Spiaggia di Rosolina Mare, ortofoto anni '50

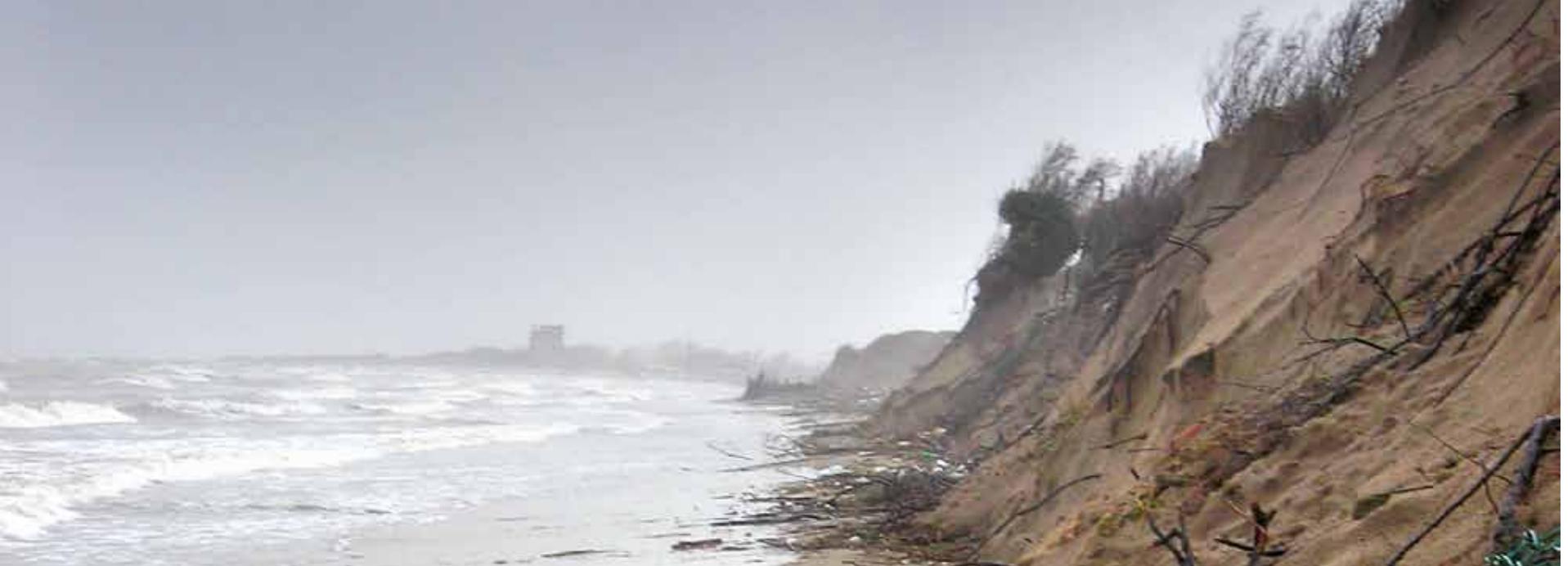


3b. Spiaggia di Rosolina Mare, ortofoto anni 2000. È evidente l'arretramento della battigia



4. Rosolina Mare, pennelli di contrasto dell'erosione; in alto foce dell'Adige





5. Erosione del litorale di Isola Verde nel bacino di S. Anna di Chioggia. L'azione del moto ondoso, demolita la battigia, ha intaccato la duna litoranea

due ordini di arginature per evitare che il mare sommergesse le zone litoranee. Bisogna subito osservare però che, fortunatamente, i litorali davanti alle nuove arginature del Delta, per effetto degli apporti solidi del Po, hanno subito un costante ripascimento, quando la subsidenza andava estinguendosi. La ricostruzione, sia pure parziale, del litorale antistante il Delta costituisce quindi la più valida e duratura difesa dei suoi territori dalle alluvioni marine.

4.1.4 Subsidenza e paesaggio

Alla subsidenza segue sempre il degrado del paesaggio, con profonde e permanenti trasformazioni. Le zone costiere vengono stravolte dalla presenza delle arginature a mare e dalla scomparsa delle spiagge (fig. 5). Se poi, come sempre accade, vengono costruite le dighe parallele o trasversali, le modifiche esterne risultano ancor più marcate.

Il territorio del Delta del Po, per effetto dell'abbassamento anormale del suolo, oggi si presenta dominato da elementi artificiali ed ha perso parte del suo aspetto naturale. Il paesaggio caratterizzato dall'acqua del fiume, dall'acqua del mare, dalle acque lagunari che si succedono senza soluzione di continuità tra barene folte di canneti e specchi d'acqua palustre si è trasformato, anche se mantiene ancora elementi di pregio ambientale. Oggi il territorio deltizio è un insieme di polders contornati da possenti arginature per la difesa dal mare e dal fiume che emergono prepotentemente dalla piatta pianura e rappresentano l'aspetto dominante del paesaggio di una zona di subsidenza (fig.6).

4.1.5 Previsioni di estrazioni di gas nell'Alto Adriatico

Alla fine degli anni '90 e nei primi anni del nostro secolo gli studi e le preoccupazioni delle istituzioni e dei tecnici si sono rivolte particolarmente al pericolo derivante da estrazioni di gas nell'Alto Adriatico (fig. 7a-b). La decisione di attivare estrazioni dai giacimenti dell'Alto Adriatico può determinare l'avvio di una sequenza di fenomeni gravissimi per le zone litoranee ed in particolare per le difese a mare della laguna di Venezia e del delta del Po. Il meccanismo sembra essere quello di formazione di depressioni nel litorale sommerso, che catturano gli apporti solidi indispensabili per la stabilità delle spiagge e delle difese a mare, le quali entrano presto in crisi.

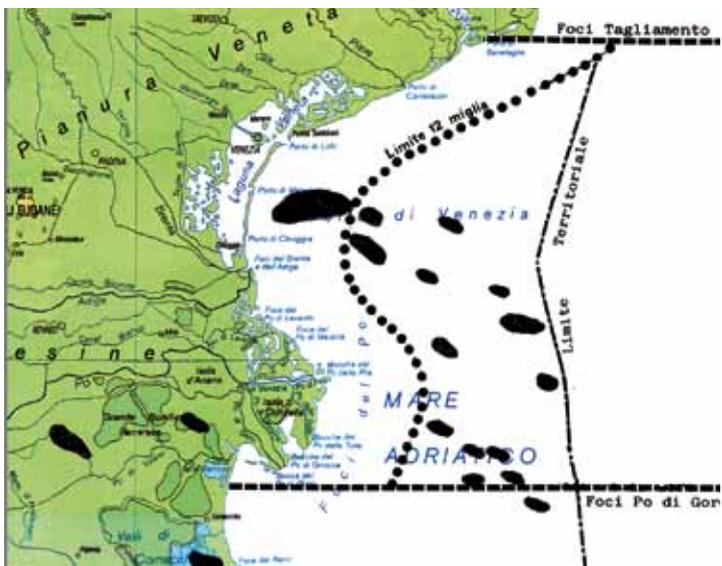
I sistemi di monitoraggio allestiti per rispondere tempestivamente ai primi segnali di subsidenza sono di fatto inadeguati per fronteggiare il fenomeno, perché questo è sempre differito nel tempo rispetto alle cause che lo hanno originato, anche di molti anni: per cui la risposta è sempre tardiva e sempre inutile perché il fenomeno è irreversibile.

E' altresì pericoloso attivare le estrazioni cominciando dai giacimenti più lontani, come preventiva sperimentazione degli sfruttamenti successivi, non solo perché gli effetti sono molto differiti nel tempo, ma anche perché il buon senso suggerisce di controllare quanto è già accaduto nel Ravennate, in situazioni simili, soprattutto in zone geologicamente simili. Potrebbe essere molto probabile la depressione del fondale marino antistante la piattaforma litoranea.

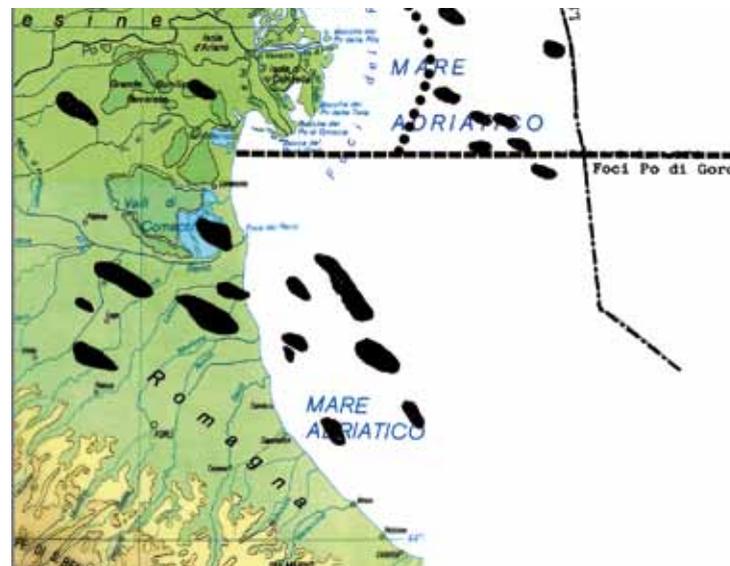


6. Isola di Polesine Camerini sullo sfondo l'arginatura del Po di Pila

7a. Progetto "ALTO ADRIATICO" dell'ENI, giacimenti di gas metano a nord della foce del Po di Goro



7b. Progetto "ALTO ADRIATICO" dell'ENI, giacimenti di gas metano a sud della foce del Po di Goro



8a. Anni '50-'60.
Il cuneo salino si spinge a non più di 2-3 km dal mare



8b. Anni '70-'80. Il cuneo salino si spinge oltre l'incile del Po di Tolle

8c. Anni 2000. Il cuneo salino arriva oltre la SS. Romea sia nel Po (a 25 km dalla foce) che nell'Adige (a 12 km dalla foce)



4.2 Intrusione salina

L'espressione cuneo salino¹ indica la risalita dell'acqua di mare sul fondo dell'alveo lungo i tratti terminali dei fiumi. Il fenomeno rientra nell'ampia problematica rappresentata dall'espandersi della salinità nei territori costieri, che comprende anche il depositarsi di sali nelle falde acquifere sotterranee ed interessa, per limitarci al Veneto e all'Emilia Romagna, con diversa intensità, i rami del delta del Po, i tratti terminali del Po di Levante, del Po di Volano, dell'Adige, del Brenta, del Piave e del Tagliamento.

Negli ultimi decenni il cuneo salino ha assunto una dinamica sempre più preoccupante per la progressiva intrusione verso l'interno dei corsi d'acqua. Nel delta del Po (fig. 8 a-c), in particolare, negli anni 1950-60 il fenomeno si avvertiva a non più di 2-3 km dalla foce. Negli anni 1970-80 si ebbe piena consapevolezza della sua gravità, essendosi spinto a circa 10 km verso l'interno. Più di recente, la presenza del cuneo salino è stata rilevata a 20 km (ed oltre, in alcuni momenti) dal mare. Progressione negativa analoga è stata riscontrata per l'Adige, nel quale il cuneo salino risaliva per 5-7 km dalla foce negli anni '70 e per oltre 10-12 km negli anni 2000.

4.2.1 Cause del cuneo salino nel Delta del Po

Nel Delta questo fenomeno ha avuto una rapida progressione negli ultimi anni fino a diventare una vera e propria emergenza ambientale. Ma quali cause hanno contribuito a produrlo? Possiamo raggrupparle in generali e locali.

Le cause di carattere generale, legate all'utilizzo delle risorse idriche e a processi e combinazioni di fenomeni naturali e antropici che interessano l'intero bacino idrografico padano, riguardano essenzialmente:

- l'accentuazione delle portate di magra del Po, dovute al notevole aumento di derivazioni d'acqua a monte del Delta e al minore rilascio idrico dai laghi e dagli invasi idroelettrici;
- l'abbassamento del letto di magra del fiume, per effetto del prelievo di materiali inerti come sabbia e pietrisco.

Il cambiamento del mercato dell'energia a partire dal 2003 probabilmente condiziona, per motivi tecnico-economici,



9. Nuova Busa Storiona del Po di Tolle

il periodo di produzione dell'energia idroelettrica. Ne consegue che i bacini montani non sempre rilasciano sufficienti volumi d'acqua nei periodi di magra del Po, contribuendo alla crisi idrica del fiume. Tra le cause locali, derivate da fenomeni naturali ed antropici che interessano il territorio deltizio, caratterizzato da un elevato grado di vulnerabilità ambientale, si evidenziano:

- la subsidenza, dovuta in misura determinante all'estrazione di gas metano dal sottosuolo negli anni 1950-70, che ha comportato abbassamenti del territorio dell'ordine di 2 m di media;
- l'aumento del livello delle acque marine (eustatismo);
- le opere di adeguamento delle foci del Po (fig. 9), come l'ansa di Volta Vaccari (fig. 10a-b), del Po di Pila e la nuova foce Po - Busa Storiona - Po di Tolle, che hanno migliorato il deflusso delle piene ma anche facilitato l'entrata dell'acqua di mare nelle fasi di alta marea.

10a. Ansa del Po di Pila in località Volta Vaccari negli anni '80, in basso l'incile del Po di Tolle



10b. Eliminazione dell'ansa di Volta Vaccari, anni '90



4.2.2 Effetti prodotti dal cuneo salino

Il cuneo salino produce nell'area del Delta i seguenti effetti:

- interruzione delle derivazioni irrigue, con gravi inconvenienti per l'attività agricola. Quando la salinità dell'acqua derivata supera l'1,5-2‰ è dannoso irrigare: soltanto la risaia può superare di poco (3‰) tali valori;
- interruzione degli approvvigionamenti dagli acquedotti nella zona più orientale del Polesine, non essendo le centrali di potabilizzazione in grado di desalinizzare l'acqua;
- salinizzazione delle falde idriche nel sottosuolo: si tratta di un fenomeno in progressivo aumento che può essere controllato solo con l'utilizzo di grandi masse d'acqua;
- inaridimento delle zone litoranee e microdesertificazioni

Le filtrazioni d'acqua attraverso i corpi arginali di difesa dal mare e anche quelle dai fiumi modificano l'ecosistema circostante. Si sono registrati fenomeni, per ora localizzati, di isterilimento con cambiamenti nell'habitat di molte zone. La vegetazione alofila (fig. 11) va espandendosi in ambienti tipici non salmastri che finiscono per perdere la loro tipicità ed assumere aspetti propri di zone desertiche, analoghe alle aree sabbiose costiere.

Gli aspetti più appariscenti di tali mutamenti possono essere emblematicamente rappresentati dallo stato di crisi, non ancora del tutto superato, che ha interessato il Boscone della

Mesola, il Bosco Nordio (Chioggia) e la Pineta di Rosolina Mare (fig.12). Del resto, tale fenomeno di inaridimento era già stato registrato nell'area della Pineta di Cassella (Porto Tolle) e del cosiddetto Bosco Eliceo (Comacchio), dove le variazioni indotte nella qualità e nei livelli idrometrici della falda hanno praticamente causato la scomparsa di molte essenze forestali. L'effetto complessivo si concretizza in una situazione che presenta i caratteri di vera e propria emergenza ambientale che, se non sarà affrontata tempestivamente con interventi adeguati, potrà mettere in pericolo la sopravvivenza dell'intero ecosistema deltizio.

A questo riguardo, parlano con molta chiarezza i dati sistematicamente accertati nel quinquennio 2003-2006. In Appendice (tabella 1 capitolo 4) sono evidenziati, per il periodo preso in esame, i giorni in cui le portate del Po, misurate a Pontelagoscuro², risultano inferiori a 330 m³/s. Nel 2003 il periodo di portata inferiore a 330 m³/s, durato soltanto 16 giorni in luglio e 9 in agosto, fu sufficiente per mettere in crisi il sistema irriguo locale.

Nel 2005 il periodo critico iniziò il 15 giugno, continuò in luglio e terminò il 12 agosto con brevi interruzioni, per un totale di 35 giorni. Nel 2006, già dal 9 giugno la magra del Po ha causato l'intrusione dell'acqua salata fino ad oltre 20 km dal mare e per 60 giorni complessivi.

11. Vegetazione alofila



12. Pineta di Rosolina mare, zona meridionale



Nello stesso anno la quota idrometrica, nella sezione di Pontelagoscuro, ha raggiunto 7,41 m, corrispondente ad una portata di 189 m³/s.

La portata minima storica precedente, misurata nell'aprile del 1949, era stata di 275 m³/s, con una quota idrometrica ricostruita di 6,90 m sotto lo zero idrometrico.

Una portata a Pontelagoscuro variabile fra i 250 e i 330 m³/s determina nell'area deltizia una situazione caratterizzata dai seguenti parametri:

- ingressione del cuneo salino fino all'incile del Po di Gnocca, distante 20 km dal mare;
- impossibilità di irrigare i terreni in tutto il territorio di Porto Tolle e a sud di Ca' Vendramin, nell'Isola di Ariano.

Per portate comprese fra i 189 e i 250 m³/s, la situazione è la seguente:

- ingressione del cuneo salino oltre l'incile del Po di Gnocca fino ad una distanza dalla foce di 25-30 km;
- impossibilità di irrigare in tutta l'Isola di Ariano fino alla strada statale Romea e nel territorio di Porto Viro a sud del Collettore Padano - Polesano.

Dai dati forniti dall'ARPA dell'Emilia Romagna si potrebbe

dedurre che le portate della seconda metà del mese di luglio 2006 presentino tempi di ritorno maggiori di 200 anni e quelle del rimanente periodo di crisi con tempi di ritorno compresi fra i 50 ed i 100 anni. Un tale approccio al problema descriverebbe l'eccezionalità della situazione mentre la ripetitività del fenomeno (quattro volte negli ultimi 5 anni³) definisce la gravità dell'evento ma non la straordinarietà in quanto esso sembra essere caratterizzato dalla tendenza alla stabilizzazione.

4.2.3 Rimedi e azioni da attuare

Di fronte a tale gravissimo fenomeno per il territorio del Delta occorre mettere in atto una serie di azioni, generali e locali, nei momenti di emergenza per garantire a Pontelagoscuro una portata non inferiore a 330 m³/s.

Le azioni di emergenza di carattere generale, da attuare a scala di bacino idrografico del Po, possono essere così sintetizzate:

- costruzione di invasi montani (fig. 13);
- aumento dei rilasci d'acqua dagli invasi idroelettrici;
- aumento dei rilasci d'acqua dai laghi;

13. Diga di ritenuta di un bacino montano



- riduzione dei prelievi a valle dei laghi e degli invasi;
- verifica dei rilasci per garantire nel Po il deflusso minimo vitale
- controllo degli attingimenti precari.

I rimedi strutturali locali, cioè da attuare nel Delta, sono sostanzialmente i seguenti:

- realizzazione di barriere antisale;
- realizzazione di bacini di accumulo in aree golenali fluviali;
- realizzazione di bacini di accumulo in aree umide residuali in prossimità delle zone di utilizzo non destinate all'agricoltura;
- spostamento delle derivazioni più a monte, più al sicuro dal cuneo salino;
- utilizzo del Po di Goro (fig. 14) quale vettore e bacino di acqua dolce.

Oltre ai sopra ipotizzati interventi organici, da realizzare a breve-medio termine, pena il degrado progressivo dell'agricoltura e dell'ambiente deltizio, si possono attivare una serie di altre azioni, alcune delle quali da attuare in tempi brevissimi, tra cui:

- ricalibratura delle reti irrigue per consentire l'utilizzo di maggiori portate d'acqua allo scopo di contrastare la salinizzazione della falda;

- collegamento delle opere irrigue con la rete di bonifica per assicurare nei momenti di emergenza una minima disponibilità di acqua dolce

ed altre ancora in tempi successivi, come:

- il recupero delle acque di scarico delle idrovore con la formazione di vasche di accumulo e loro collegamento con la rete irrigua e promiscua (bonifica + irrigazione);
- l'utilizzo delle acque reflue, d'idonea qualità, provenienti dagli impianti di depurazione;
- il rinforzo delle difese costiere per contrastare, rallentandone il flusso, le filtrazioni da mare.

Fra i rimedi sopra indicati, esaminiamo in dettaglio quelli relativi alle barriere antisale e ai bacini di accumulo

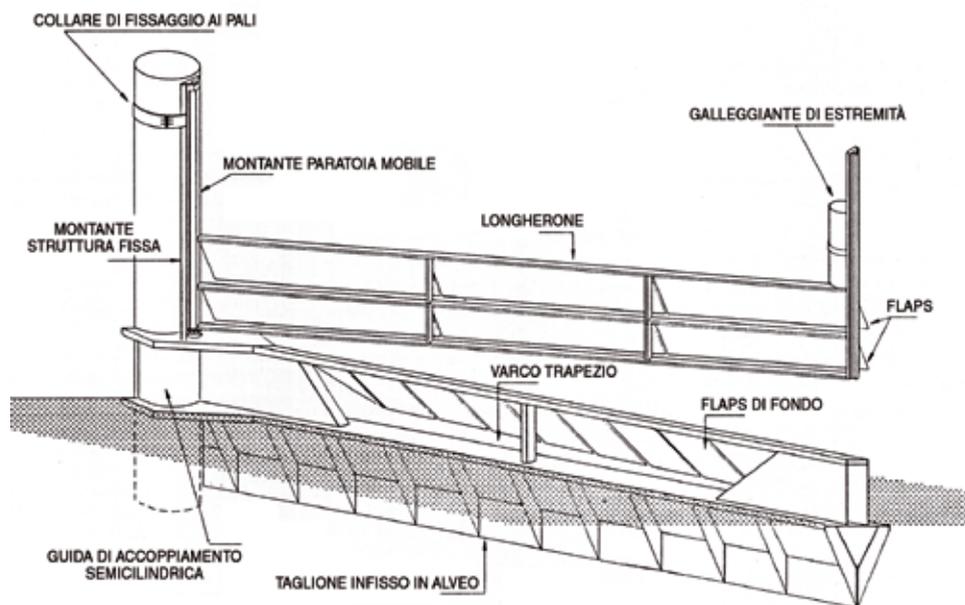
A. Barriere antisale

Le prime barriere antisale, furono realizzate sul Po di Gnocca nel Delta del Po e sul canale Taglio in comune di Caorle (VE) con finanziamenti del Ministero dell'Agricoltura come progetti pilota per sperimentarne il funzionamento, l'efficacia e le conseguenze. Secondo le indicazioni fornite da un'apposita Commissione tecnico-scientifica e dagli

14. Il Po di Goro in prossimità di Gorino: la freccia indica la posizione della barriera antisale di progetto



15. Barriera antisale: disegno dei componenti di un modulo



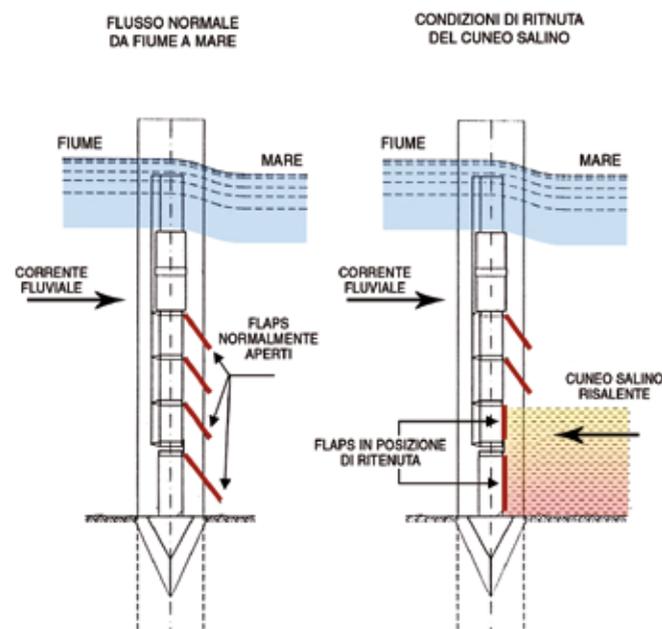
organi statali e regionali competenti, sui fiumi oggetto d'intervento si doveva garantire:

- il regolare deflusso delle acque e l'equilibrio del fondo del fiume;
- la navigazione;
- il flusso migratorio delle specie ittiche;
- la totale mobilità della struttura, che avrebbe potuto occupare solo parzialmente la sezione d'alveo.

Per i motivi di cui sopra fu esclusa l'idea di una struttura a soglia fissa.

La soluzione, proposta dalla Commissione, prevedeva quindi una struttura costituita da paratoie mobili modulari in modo tale da adattarsi alla configurazione morfologica dell'alveo. Ciascun modulo è formato da una struttura fissa ed una mobile (fig. 15). La struttura fissa è composta da una solida base (taglione) in acciaio inossidabile infisso nel fondo ed ancorato ai pali per evitare fenomeni di infiltrazioni d'acqua alla base degli argini (sifonamento). Sopra il taglione è ubicato una trave fissa di sostegno (longherone), sempre agganciata ai pali, dotata di una serie di alette (*flaps*)

16. Barriera antisale: schema di funzionamento



incernierate in favore di corrente. Attraverso tali flaps, l'incremento locale della velocità garantisce il passaggio di sedimenti e ne impedisce l'accumulo. La struttura mobile è incernierata ad un palo e vincolata all'altro palo con due perni sacrificali opportunamente dimensionati in modo tale da "sganciare" la porta ad una ben determinata "spinta" sia verso monte che verso valle. La parte mobile è costituita da una griglia composta da una serie di travi orizzontali, ad interasse di circa 85 cm, che sostengono i flaps e sono collegate tra di loro da montanti intermedi che rendono la porta sufficientemente rigida. Tutte le travi della griglia sono a profilo scatolare, realizzate con una struttura stagna, in modo da ridurre il peso apparente della porta immersa e ridurre quindi anche le sollecitazioni sulla struttura di sostegno. Per lo stesso motivo, sui montanti di estremità, sono stati previsti dei galleggianti. Sulla porta centrale è previsto un "franco" di oltre 2 m per la normale navigazione fluviale mentre sui rimanenti moduli il franco è di circa un metro. I flaps unidirezionali sono costituiti da pannelli in acciaio inossidabile, incernierati superiormente alle travi

orizzontali della griglia. In tale modo viene consentito il normale deflusso dell'acqua dolce da monte verso valle mentre viene impedito il passaggio dell'acqua nella direzione opposta in quanto i flaps si chiudono man mano che il cuneo salino aumenta di spessore (fig. 16).

La realizzazione della barriera antisale sul Po di Gnocca iniziò nel luglio del 1985. I lavori furono completati entro il 1987. La sua funzionalità fu verificata con misure in loco e con l'utilizzo di salinometri fissi installati a monte ed a valle dello sbarramento.

Sulla base dell'esperienza positiva di questa struttura furono successivamente finanziati e realizzati altri due sbarramenti antisale alla foce del Po di Tolle ed alla foce dell'Adige.

La fase di gestione degli sbarramenti "mobili" antisale ha dimostrato che:

- il contenimento del cuneo salino è efficace per portate fluviali non inferiori a quelle prese a riferimento in fase di progetto (450 m³/s a Pontelagoscuro per il Po e 90 m³/s a Boara Pisani per l'Adige). Tuttavia l'esperienza ha dimostrato che l'efficacia delle barriere sul Po è garantita anche per portata non inferiore a 330 m³/s nella sezione di Pontelagoscuro;
- i costi di manutenzione sono tutt'altro che trascurabili e non possono gravare esclusivamente sul gestore, in quanto la funzione dello sbarramento non è solo irrigua, ma a servizio anche di altri usi (acquedotti) e porta un beneficio ambientale generale;
- la navigazione non controllata (soprattutto sull'Adige) può causare danni notevoli alle strutture delle barriere "mobili".

L'aspetto che incide in maniera negativa sulla funzionalità degli sbarramenti antisale è rappresentato dalle magre fluviali eccezionali come quelle del 2003, 2005, 2006 e 2007, con valori in Po al di sotto di 330 m³/s e in Adige dell'ordine di 30-40 m³/s. Di fronte a tali eventi di portata ed in concomitanza di stagioni particolarmente siccitose, l'efficacia delle barriere si riduce di molto (in fase di alta marea) in quanto le portate di magra eccezionali non sono in grado di contrastare il flusso entrante dell'acqua di mare.

B. Bacini di accumulo in aree golenali fluviali

Bacinizzazione dell'ex ansa di Volta Vaccari. Alla fine degli anni '80 il Magistrato per il Po ha provveduto a raddrizzare l'ansa (fig. 17) di Volta Vaccari in comune di Porto Tolle. In quel tratto il fiume formava una doppia ansa che è stata eliminata al fine di aumentare la portata del Po di Pila. Con il raddrizzamento dell'ansa, il Po ha abbandonato il vecchio tracciato che, racchiuso tra due argini, bene si presta ad essere utilizzato come bacino di acqua dolce.

Tale bacino della superficie di circa 50 ha, già chiuso su tre lati (due lati dall'argine e la sezione ad ovest da una scogliera), presenta un volume utile di circa 1.000.000 di metri cubi d'acqua dolce, tenendo conto solamente del valore derivabile per gravità da quota 0.00 a quota -2,00 m sul medio mare. Essendo la superficie da irrigare di 2.476 ha, la disponibilità d'acqua è assicurata per circa 15 giorni, con una dotazione da 0,35 l/s per ettaro e per un servizio a domanda 24 ore su 24. Razionalizzando il servizio continuativo sulle 10-12 ore giornaliere la disponibilità garantisce la possibilità di utilizzo dell'acqua dolce per circa un mese.

La bacinizzazione si materializza con la costruzione di un argine di chiusura presso la sezione di confluenza (fig. 18) a valle tra il vecchio ed il nuovo corso del Po di Pila.

La captazione d'acqua dolce avviene dal Po di Pila mediante una soglia sfiorante, contenuta nel nuovo argine, formata da paratoie azionate a comando volontario.

L'abbassamento delle paratoie ed il conseguente ingresso di acqua è subordinato al contenuto salino riscontrato nel Po. Al suo controllo si provvederà con salinometri posizionati sul ramo di Pila immediatamente a valle dell'ansa ad una profondità di -1,5 m rispetto al livello medio del mare.

17. Chiusura dell'ansa di Volta Vaccari

18. Nella pagina a fianco, progetto di chiusura, con manufatto regolatore, dell'ansa di Volta Vaccari





C. Bacini di accumulo in aree umide residuali

Oasi di Ca' Mello (fig. 19). Si tratta di un relitto vallivo - lagunare, un tempo (fino al 1970) direttamente collegato con la Sacca di Scardovari per l'attività a servizio delle valli da pesca.

Dopo la bonifica di queste ultime, tale relitto divenne, prima, bacino di espansione e di arrivo delle acque del comprensorio Ca' Tiepolo all'idrovora di 2° salto Chiavica Marina e, successivamente, dopo il riassetto idraulico dell'Isola della Donzella, ambiente umido di acqua dolce ivi immessa dalla rete di bonifica consortile.

Si prevede l'impinguamento di tale bacino (della superficie di circa 40 ha e una profondità media di 2 m) nei periodi di magre eccezionali in Po per poter disporre di un adeguato volume d'acqua a servizio del territorio delle ex valli (oltre 2.000 ha di superficie) che, in relazione all'utilizzo, può essere progressivamente ricostituito con immissione di acqua dal canale emissario Ca' Mello (fig. 20), a sua volta alimentato dal canale di bonifica Ca' Mello - Ca' Dolfin.

D. Spostamento delle derivazioni più a monte

Per portate del Po comprese fra i 250 e i 330 m³/s, il cuneo salino penetra fino all'altezza dell'abitato di Ca' Tiepolo, nell'Isola della Donzella, investendo lo strato di colonna d'acqua che interessa le derivazioni irrigue. In prossimità dell'incile del Po di Gnocca, in tali condizioni, è ancora possibile derivare acqua con gradiente salino accettabile (soprattutto nei periodi di bassa marea), per cui è opportuno, per garantire l'irrigazione di soccorso dei terreni dell'Isola della Donzella, potenziare le derivazioni dal Po, adeguare le canalette irrigue e realizzare idonei collegamenti con la rete di bonifica allo scopo di mantenerla alimentata, per i periodi di crisi idrica fluviale, con acqua dolce.

Per il territorio meridionale dell'Isola di Ariano, con le portate sopra indicate, non è più possibile derivare acqua lungo il Po di Gnocca (né tanto meno dal Po di Goro, dove la risalita dell'acqua salata è più agevole),

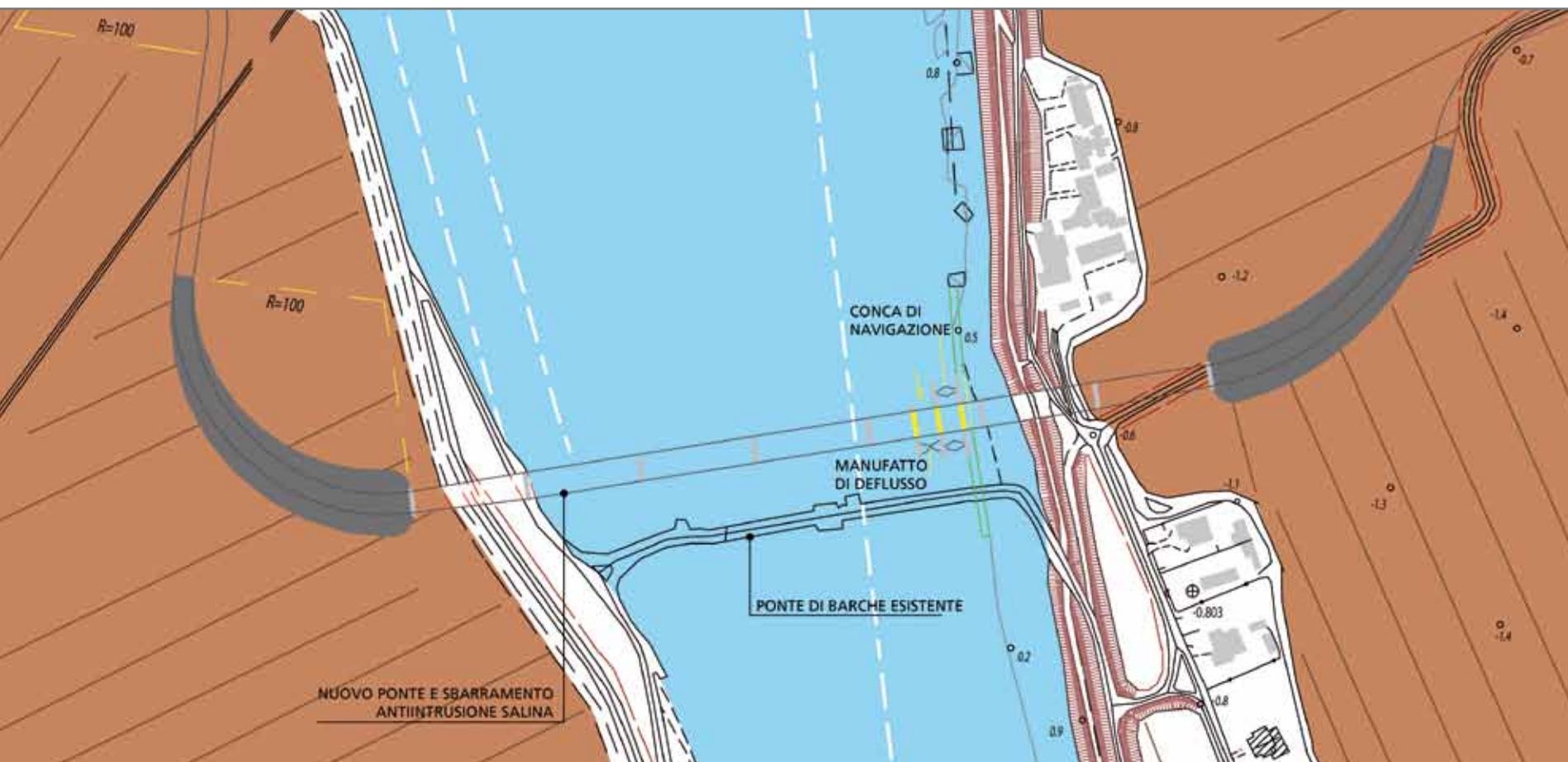
20. Canale emissario Ca' Mello per alimentazione irrigua Oasi di Ca' Mello; a destra e sinistra terreni bonificati della ex valle della Donzella, in alto Sacca di Scardovari



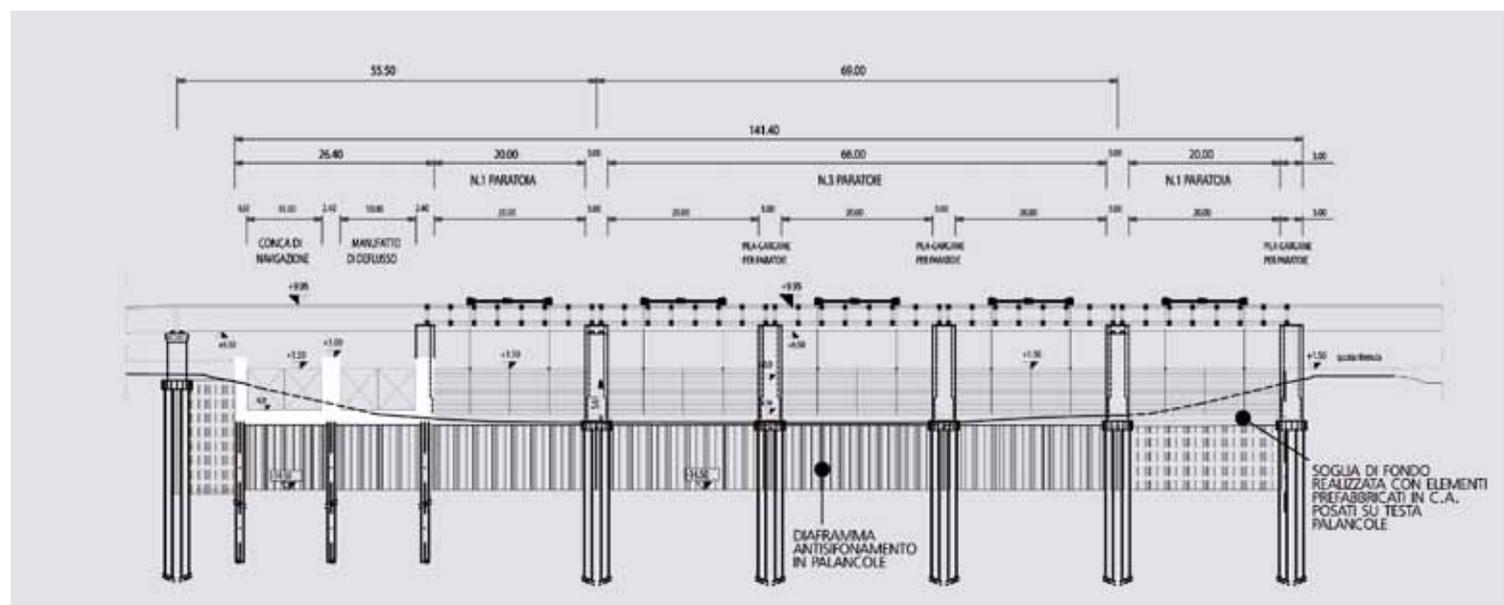
19. Oasi di Ca' Mello "tagliata" trasversalmente dal canale di bonifica Principale Valli; in alto sacca di Scardovari, a destra e sinistra campi coltivati delle ex valli della Donzella



22. Barriera antisale con conca di navigazione, planimetria



23. Barriera antisale con conca di navigazione e sezione del manufatto



per cui si rende necessario collegare il canale Veneto, alimentato dalle immissioni irrigue che provengono da prese fluviali poste ad ovest della strada statale Romea, con la rete di adduzione e distribuzione irrigua (canalette di Oca - Ca'Lattis) e con quella di bonifica per assicurare l'irrigazione di soccorso.

Per l'Isola di Ca' Venier occorre prevedere un idoneo collegamento, mediante condotte in pressione, con la rete idraulica del territorio di Porto Viro, i cui terreni agricoli possono essere irrigati, anche nei momenti di crisi idrica, con acqua proveniente dal Collettore Padano Polesano, previa realizzazione di alcune opere di collegamento idraulico.

E. Utilizzo del po di goro come bacino di acqua dolce

Con portate del Po sotto i 200 m³/s a Pontelagoscuro, nel mese di luglio del 2006 il cuneo salino (a profondità di 2 m dal pelo liquido fluviale) è risalito oltre la strada statale Romea (25 km dalla foce) mettendo in crisi per due giorni l'impianto di Taglio di Po che è la principale derivazione irrigua dell'Isola di Ariano.

Il permanere di una tale situazione per periodi più prolungati richiede la necessità di prelevare l'acqua dal Po ancora più a monte.

Un'ipotesi possibile può essere quella dell'utilizzo del Po di Goro⁴ come vettore e bacino di acqua dolce, una volta costruita, in prossimità della foce (fig. 21), una barriera fissa affiancata da una conca di navigazione (fig. 22 e 23). Dal Po di Goro potrebbe essere quindi derivata acqua dolce per alimentare, con interventi non particolarmente onerosi, la parte dell'Isola di Ariano le cui derivazioni irrigue siano interessate dal cuneo salino.

I collegamenti fra Po di Goro e Isola della Donzella richiedono interventi più complessi ed economicamente più cospicui, ma potrebbero garantire la fornitura di acqua dolce all'intero comprensorio anche nei periodi di maggiore sofferenza idrica del Po che, purtroppo, si presentano con sempre maggior frequenza.

21. Ubicazione barriera antisale sul Po di Goro



25. Bacini idrografici dei fiumi Po e Adige





4.2.4 Cuneo salino: questione degli interi bacini idrografici del Po e dell'Adige

Le opere proposte sono necessarie per garantire la prosecuzione dell'attività agricola economicamente conveniente ed assicurare la possibilità di mantenere la coltura della risaia (fig. 24), di grande importanza ambientale. Ma serviranno soprattutto ad evitare il degrado ambientale del territorio deltizio a seguito dell'inaridimento dell'area soggetta al fenomeno del cuneo salino, alla scomparsa di colture agrarie tipiche come la risaia e di essenze arbustive ed arboree, nonché di parte della fauna, che rappresentano la ricchezza biologica e la biodiversità del territorio.

Il problema da risolvere non riguarda solo il Delta, ma tutto il bacino idrografico del Po e tutto quello dell'Adige (fig. 25), in quanto il fenomeno del cuneo salino è direttamente collegato con la crisi idrica fluviale le cui cause, esaminate in premessa, sono la conseguenza di fenomeni naturali ma soprattutto antropici legati all'uso della risorsa idrica negli interi bacini fluviali.

24. Campi coltivati a risaia





26. Laguna di Barabamarco, si distinguono i seguenti elementi morfologici: bocca a mare (sud), scanno di separazione dal mare, canale lagunare e barena

4.3 Vivificazione delle lagune

4.3.1 Stato di fatto e tendenze evolutive

Una laguna (fig. 26) è definita oltre che dalla sua collocazione geografica, anche dalla natura degli scambi con il mare e da una serie di elementi morfologici e ambientali ben precisi. Tali elementi sono costituiti da un sistema di canali principali che, a partire dalle bocche, penetrano nelle aree più interne del bacino attraverso una rete di canali minori e da successivi piccoli canali periferici (ghebi); un fitto tessuto di barene⁵ e di velme⁶, un'alternanza di zone relativamente profonde e di zone a profondità modesta; una fascia di transizione terraferma - laguna di acque salmastre, coperta da estesi canneti. Tutti questi elementi, dotati di un'alta valenza paesaggistica, rappresentano un habitat prezioso per numerose specie vegetali e animali ma, soprattutto, sono chiari esempi della complessità dell'ambiente lagunare e costituiscono la condizione essenziale per la sua sopravvivenza. Poiché una laguna vive della propria complessità, i rapporti tra le diverse parti dell'insieme debbono essere regolati ed equilibrati. Soltanto queste condizioni assicurano la vitalità e la ricchezza biologica di un ambiente altamente produttivo e caratterizzato da una forte biodiversità.

Le attività produttive tipiche delle lagune del Delta

del Po rappresentano, dopo l'agricoltura, una delle principali e tradizionali opportunità di occupazione per gli abitanti e un incentivo a risiedere nei luoghi di nascita. Il permanere nel tempo di forme caratteristiche di produzione, oggi praticate con sistemi rinnovati, contribuisce a rafforzare il vincolo con la propria terra e assume anche il significato di un'ideale continuità con il passato. Attualmente, la pesca e l'allevamento di molluschi in laguna (fig. 27) o l'allevamento di pesce nelle valli (fig. 28 e 29) offrono occupazione diretta a oltre duemila persone alle quali se ne aggiungono altrettante, impiegate prevalentemente nella commercializzazione del prodotto. Il 90% degli operatori del settore della pesca sono associati nel Consorzio Cooperative pescatori del Polesine, sorto dall'esigenza di organizzare le singole cooperative operanti nel territorio. Esso rappresenta la maggiore azienda, in termini di occupati, della provincia di Rovigo.

Nelle valli del delta del Po vengono allevati pesci tipici delle acque salmastre, dalle specie più comuni (cefalo, anguilla) a quelle più pregiate (orata, branzino). La quasi totalità del pescato viene venduto sul mercato di Chioggia.

La molluschicoltura (fig. 30a-b), che ha tratto importanti benefici dai lavori di vivificazione effettuati nelle lagune, viene praticata soltanto nelle aree lagunari dove la qualità dell'acqua è migliore. I molluschi infatti richiedono, per

uno sviluppo ottimale, un adeguato ricambio idrico che consenta, tra l'altro, la diluizione e l'allontanamento dei residui del catabolismo, termine indicante il complesso dei fenomeni attraverso i quali gli organismi disintegrano i materiali cellulari in sostanze più semplici (anidride carbonica, acido urico, ammoniaca) da espellere sotto forma di scorie.

L'allevamento dei molluschi, sviluppatosi soprattutto a partire dal 1988 con l'ausilio di moderne tecniche di coltivazione, riguarda la vongola verace nostrana (*Tapes decussatus*), la vongola verace asiatica (*Tapes philippinarum*), introdotta artificialmente negli ultimi decenni e ora particolarmente numerosa, i mitili (*Mytilus edulis*). I molluschi riforniscono per un 50% i mercati locali (Chioggia, Pila, Scardovari) e per un altro 50% i mercati nazionali ed esteri. La semplificazione fisica e biologica rappresenta uno dei rischi più temibili per la sopravvivenza dell'ecosistema lagunare. Si tratta di un pericolo comune a molte lagune dell'Alto Adriatico, divenuto particolarmente grave nel delta del Po in conseguenza della subsidenza causata, tra gli anni '50 e '60, dalle copiose estrazioni di acqua e gas metano da giacimenti del sottosuolo situati a media profondità (tra 200 e 600 m). La subsidenza indotta dall'attività umana si è aggiunta a quella di origine naturale che provoca un abbassamento di circa 10-20 cm al secolo. La subsidenza ha manifestato i propri effetti negativi su scala via via sempre più vasta modificando sia le modalità di gestione della bonifica idraulica dei terreni asciutti, come abbiamo visto in precedenza, sia la morfologia e il regime idrodinamico delle lagune deltizie, determinando l'abbassamento e l'approfondimento dei fondali, la scomparsa degli elementi morfologici caratteristici, l'assottigliamento degli scanni litoranei che smorzano naturalmente l'energia delle onde. Come conseguenza ultima si è avuta una drastica riduzione delle specie animali e vegetali, principali indicatori dello stato di salute dell'ecosistema.

Senza gli interventi dell'uomo, le lagune del Delta sarebbero destinate a perdere le caratteristiche morfologiche di zone umide per assumere un aspetto uniforme e monotono,



27. Allevamento di mitili in laguna di Caleri



28. Fasi di pesca dei cefali in valle: cattura



29. Fasi di pesca dei cefali in valle: preparazione per la distribuzione

30a. Raccolta delle vongole in laguna di Barbamarco



30b. Confezioni di vongole nel porto di Pila in laguna di Barbamarco



simile a quelle di un lago salato o di un'ampia baia.

Un altro grave problema, sorto nella seconda metà degli anni '80, è stato il graduale e generale peggioramento della qualità delle acque e dei sedimenti i cui effetti dannosi si erano amplificati localmente per i dissesti conseguenti al fenomeno della subsidenza.

Inoltre, la qualità delle acque lagunari risentiva soprattutto degli apporti inquinanti versati dal Po nell'Adriatico.

Una delle manifestazioni più note dello stato di degrado ambientale delle lagune è il fenomeno dell'eutrofizzazione che provoca, in un processo a catena, la proliferazione di macroalghe, l'emissione di idrogeno solforato prodotto dalla loro putrefazione e, infine, il verificarsi di situazioni di deficit di ossigeno nelle acque (anossia) che in molti casi riducono ampie aree lagunari in veri propri deserti biologici. I fenomeni di eutrofizzazione hanno come effetto la moria di pesci, molluschi, crostacei; il peggioramento della qualità della vita della popolazione residente a causa

dei danni provocati all'organismo dall'idrogeno solforato; la riduzione dell'uso turistico e del valore ricreativo delle spiagge; la mortificazione di attività economiche come la pesca, l'itticoltura e la molluschicoltura.

All'aumento degli inquinanti nel Po segue la drastica diminuzione dei materiali solidi (fango, sabbia, ghiaia) trasportati dal fiume verso la foce. Il fenomeno, accentuatosi soprattutto negli ultimi cinquant'anni per gli interventi antropici lungo le rive e nell'alveo dei fiumi e dei torrenti tributari, ha finito per modificare l'evoluzione della linea di costa.

Così come la subsidenza, anche il minor apporto di sedimenti, che un tempo le correnti costiere trasportavano e depositavano lungo la riva bilanciando quelli persi per l'incessante azione del moto ondoso, ha determinato il progressivo indebolimento dei cordoni litoranei (fig. 31a-b) ed ha esposto i bacini lagunari e gli abitati alla violenza delle mareggiate.



31a. Scanno della Sacca di Scardovari: è evidente l'azione demolitrice del moto ondoso; verso mare si nota la linea dell'intervento di ricostruzione nello scanno

31b. Limite sud della sacca di Scardovari: tratti di scanni in continua evoluzione



4.3.2 Processo di risanamento: studi e ricerche

L'allarme sullo stato di degrado delle lagune del Delta è stato lanciato all'inizio degli anni '80 da più parti: sia da esponenti del mondo scientifico, sia da rappresentanti delle istituzioni locali, sia da chi, svolgendo un lavoro che dipendeva direttamente o indirettamente dall'ambiente lagunare, assisteva impotente al decadere della propria attività insieme al progressivo degrado dell'ecosistema.

Tra i primi a denunciare la riduzione delle risorse produttive naturali delle lagune furono le cooperative di pescatori. Ma grossissimi problemi si ponevano anche ai vallicoltori. Le valli da pesca (fig. 32a-b) sono un ambiente delicato, ecologicamente protetto, regolato dall'uomo mediante una gestione attenta e continua. Esse richiedono, d'estate come d'inverno, periodici scambi idrici tra acque interne e acque esterne sia dolci che salmastre. Il ricambio può essere parziale o totale e deve avvenire con nuova acqua di buona qualità. Ciò permette, durante la stagione estiva, di mitigare

l'innalzamento della temperatura dell'acqua nelle valli e di limitarne l'aumento del grado di salinità provocato dalla maggiore evaporazione.

Tuttavia, sempre più spesso accadeva che le valli fossero impossibilitate ad effettuare alcun ricambio d'acqua o costrette a servirsi di acque con elevate quantità di inquinanti e soggette a ricorrenti crisi di anossia, mettendo a rischio la possibilità di svolgere le normali attività di piscicoltura.

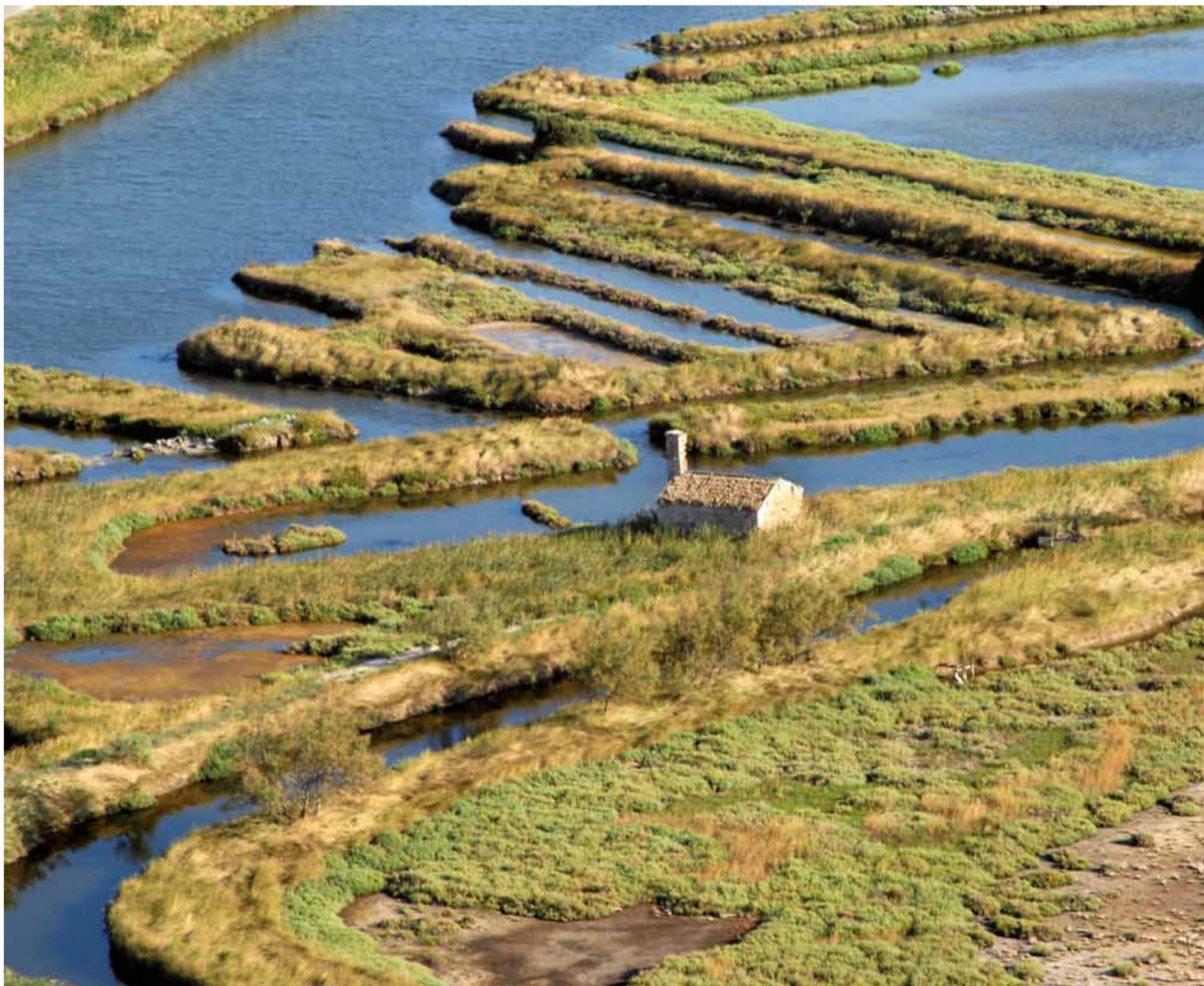
Contemporaneamente, anche gli operatori dei centri turistici del litorale, a fronte di una diminuzione dei villeggianti, scoraggiati soprattutto dalle conseguenze del fenomeno dell'eutrofizzazione durante la stagione estiva, sollecitavano urgenti e adeguati interventi.

Nel 1985, il Consorzio di Bonifica Delta Po Adige, che ha il compito tradizionale della regolamentazione delle acque, ma anche quello più generale della gestione e della tutela attiva del territorio, rispondendo a quella che appariva un'autentica emergenza ambientale, ha avviato

32a. A sinistra valle Morosina, a destra valle Spolverina, in alto valle Canelle nel bacino vallivo lagunare di Caleri - Rosolina



32b. Valle Sagreda nel territorio comunale di Rosolina



un ampio programma di studi e ricerche per fornire un quadro complessivo della situazione, individuare le cause prime del processo di degrado, scoprire gli elementi che concorrevano ad aggravarne gli effetti e indicare le possibili soluzioni del problema. Studi e rilievi sono stati condotti sulle aree lagunari di Barbamarco, di Caleri e di Vallona assunte come un sistema fisico unitario, idraulico e produttivo, costituito sia dalle valli da pesca e dai cordoni litoranei (rientranti nel perimetro comprensoriale a partire dal 1999) che dai bacini lagunari propriamente detti. Anche in passato erano stati eseguiti numerosi studi sulla morfologia, la geologia, gli aspetti chimici, biologici e idrodinamici del delta del Po. Per quanto riguarda l'idrodinamica era stata effettuata un'approfondita ricerca da parte dall'ENEL che, in base ai dati raccolti tra il 1973 e il 1982 allo scopo di verificare eventuali effetti della nuova Centrale termoelettrica di Porto Tolle sull'ambiente circostante, aveva aggiornato a quella data le conoscenze sul Delta e confrontato i risultati dei nuovi rilievi e di quelli svolti in precedenza.

Il lavoro eseguito dall'ENEL è divenuto un importante punto di riferimento, scientifico e conoscitivo, utile alla comprensione dei fenomeni naturali dell'area. Alcune analisi erano state estese anche alle aree lagunari e avevano interessato prevalentemente la Sacca del Canarin.

Tuttavia, ciò che ancora mancava era un esame puntuale e sistematico degli specifici processi idrodinamici che si svolgono all'interno delle lagune situate alle foci dei rami fluviali. L'attività di studio intrapresa dal Consorzio di Bonifica Delta Po Adige era dunque rivolta a una realtà che per lo specifico oggetto di indagine poteva considerarsi sostanzialmente inedita. Gli aspetti e i fenomeni presi in considerazione nell'ambito di specifici studi sono stati: il regime idrodinamico delle lagune e delle valli; le condizioni ambientali per la vallicoltura, la pesca e l'acquacoltura; la situazione biologica delle lagune; la situazione dei territori litoranei. Le ricerche erano articolate secondo un programma di attività che si è concluso con una prima indicazione di massima degli interventi da realizzare.

L'integrazione fra tutti i temi oggetto d'esame, gli stretti

legami tra i molteplici aspetti del sistema laguna analizzati e la convergenza nelle soluzioni prospettate qualificano l'insieme dei diversi studi condotti dal Consorzio di Bonifica Delta Po Adige come un'unica, ampia, completa e organica ricerca sullo stato di fatto e come presupposto scientifico per le successive iniziative progettuali e realizzative. Sono stati eseguiti rilievi batimetrici dei fondali e campagne di misura dei livelli, delle portate e della velocità della marea attraverso le bocche lagunari; rilievi mareografici per determinare l'andamento nel tempo dei livelli di marea e per valutare quali modificazioni di ampiezza e quali ritardi di fase le maree subiscano propagandosi dal mare verso la terraferma; analisi della qualità delle acque e dei sedimenti del fondale; rilievi aerofotogrammetrici e topografici; rilevazione delle condizioni delle opere idrauliche, degli impianti e delle arginature perimetrali delle valli da pesca; esami sullo stato dei cordoni litoranei la cui integrità assicura la prima difesa dei bacini lagunari.

Gli studi sull'idrodinamica delle lagune si sono serviti, nel caso delle lagune di Caleri (tavola 1 in nota) e di Barbamarco, anche di due modelli matematici (fig. 33a) propagatori di tipo unidimensionale e bidimensionale predisposti e sviluppati dal professor Luigi D'Alpaos, docente ordinario di idrodinamica nell'Università di Padova. La "taratura", cioè la messa a punto dei modelli, è stata eseguita in base al complesso di elementi e dati raccolti mediante misure dirette sul campo effettuate dalla Società di rilievi mareografici Idrostat di Padova (fig. 33b-c). Essi hanno consentito di individuare, con un alto grado di precisione, i valori da attribuire ai parametri idraulici più significativi. Sia il modello di calcolo di tipo unidimensionale, sia quello di tipo bidimensionale richiedono, necessariamente, l'introduzione di approssimazioni. Per questo motivo si è scelto di utilizzare parallelamente i due modelli così da integrare i risultati dell'uno e dell'altro raggiungendo una precisione di calcolo maggiore. L'impiego dei modelli ha consentito di eseguire numerose serie di prove anche per simulare lo scenario complessivo dopo la realizzazione degli interventi previsti.

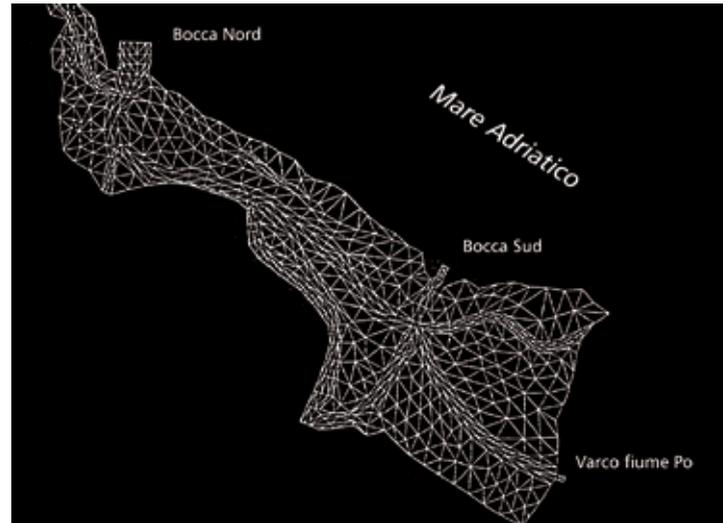
Per quanto riguarda l'idrodinamica delle lagune, i modelli hanno permesso di constatare che il problema non è tanto

nei volumi di marea scambiati tra mare e bacino, volumi che sono per quasi tutte le lagune largamente sufficienti, quanto piuttosto nella mancanza di un'efficace circolazione dell'acqua. Le sole aree beneficate dai ricambi idrici risultavano, infatti, quelle più prossime alle bocche, mentre la scomparsa della rete dei canali, privando il flusso e il riflusso della corrente di vie preferenziali, impediva all'acqua di raggiungere le zone interne e, a maggior ragione, quelle marginali. La loro mancata vivificazione favoriva l'accumulo di inquinanti e di nutrienti e, come conseguenza ultima, soprattutto nei mesi più caldi, il verificarsi di fenomeni di eutrofizzazione.

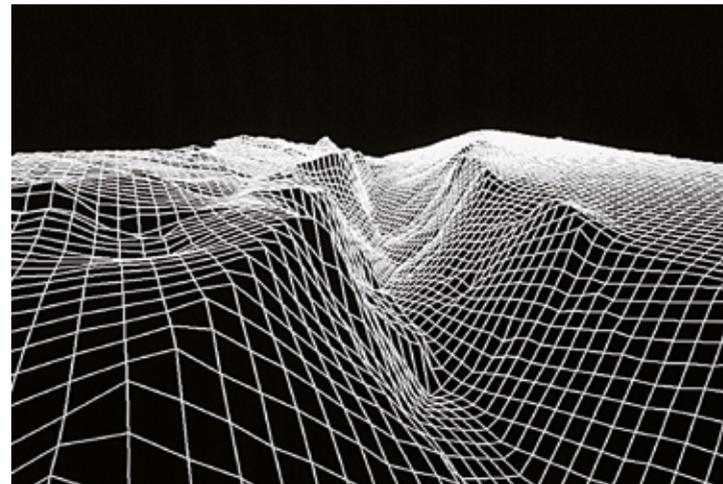
Nel legame a doppio filo che stabilisce rapporti di causa ed effetto tra i diversi elementi e tra i vari fenomeni dell'ecosistema lagunare, l'altra faccia dell'inquinamento dell'acqua è rappresentata dall'inquinamento dei sedimenti del fondale.

Le analisi sui fondali (fig. 34 a-b) delle lagune sono state condotte, su mandato del Consorzio di Bonifica Delta Po Adige, alla società "Aquafact international services ltd" (Irlanda), con la supervisione del professor Giuseppe Colombo, ordinario del Dipartimento di Biologia evolutiva dell'Università di Ferrara. Esse hanno rilevato la scarsa ossigenazione dello strato superficiale del terreno; la presenza di inquinanti (prevalentemente sostanze organiche) nei sedimenti; la scomparsa delle praterie di alghe e di piante acquatiche che costituiscono, tra l'altro, un habitat favorevole per la riproduzione e lo sviluppo di pesci; la diminuzione degli organismi bentonici, uno dei primi anelli della catena alimentare, che hanno l'importantissimo compito di favorire, rimescolando i sedimenti, i processi biogeochimici che trasformano proprio le sostanze organiche accumulate in sostanze minerali.

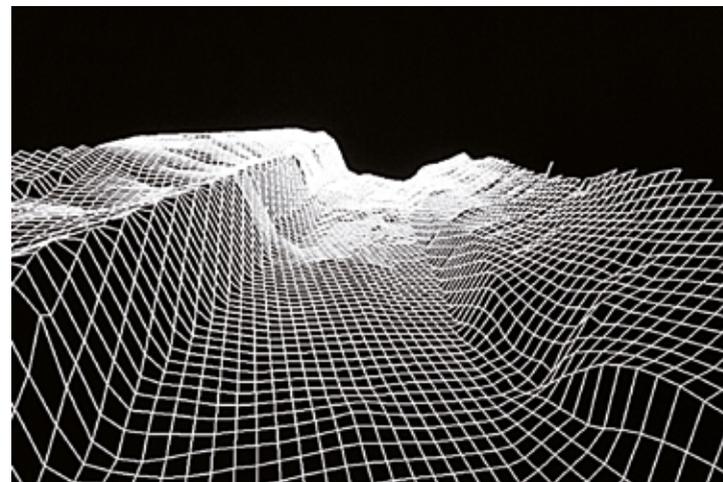
Un comune denominatore legava questi risultati agli studi eseguiti dal Consorzio di Bonifica Delta Po Adige. Concordavano, infatti, nell'indicare l'idrodinamica quale fattore su cui agire per ottenere da un lato il risanamento ambientale delle lagune e, dall'altro, il recupero delle loro risorse produttive e lo sviluppo delle attività economiche ad esse legate. Ma concordavano anche nello strumento da utilizzare: la realizzazione di opere che intervenissero sulla



33a. Rappresentazione grafica del modello matematico



33b. Rappresentazione grafica di rilievi batimetrici



33c. Rappresentazione grafica di rilievi batimetrici

morfologia lagunare ripristinando le caratteristiche che essa possedeva prima del verificarsi del fenomeno della subsidenza. Questo semplificava il campo delle soluzioni possibili verso due principali categorie di lavori. La prima consisteva nello scavo di nuovi canali lagunari (fig. 35a-b); la seconda nella formazione di barene artificiali (fig. 36a-b). Contemporaneamente, poiché sarebbe inutile ricreare un ambiente umido in tutti i suoi aspetti se questo poi non fosse protetto dalla forza del mare, è stata rilevata la necessità di eseguire, nei tratti individuati come più fragili, il rinforzo dei cordoni litoranei (fig. 37a-c) essenzialmente mediante la ricostruzione del fronte di dune costiere erose negli ultimi decenni. Gli studi e le prove eseguiti utilizzando il modello matematico bidimensionale hanno avuto un

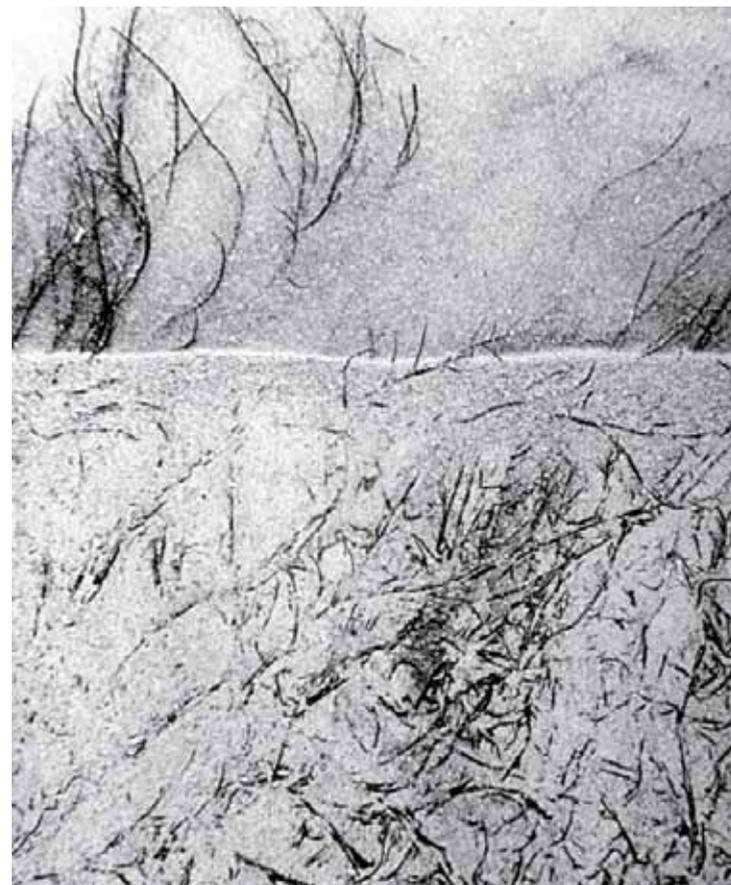
ruolo essenziale per l'individuazione, la definizione e il dimensionamento ottimale degli interventi necessari e per verificare, in via preliminare, gli effetti ipotizzati sulla vivificazione delle lagune.

Il modello bidimensionale è risultato uno strumento di calcolo assolutamente indispensabile durante la fase di studio e, soprattutto, nella successiva fase di progettazione quando si è dovuto stabilire, rispetto alla propagazione della marea, la più adeguata sezione dei canali, il più opportuno sviluppo del loro tracciato, la migliore collocazione delle nuove barene o l'effetto degli interventi complementari quali l'immissione nelle lagune di acque derivate dall'Adige e dal Po o l'eventuale modifica delle bocche.

34a. Analisi dei sedimenti lagunari con il sistema Remote Sensing



34b. Analisi dei fondali lagunari con il sistema Remote Sensing



35a. Laguna di Caleri, dragaggio dei canali



36a. Laguna di Caleri, prima fase di ricostruzione di barene



35b. Laguna di Caleri, scarico materiale dragato in barena



36b Laguna di Caleri, fase finale di ricostruzione di barene



37a. Laguna di Barbamarco, scarico materiale dragato su scanno





37b. Piantumazione specie alofile per stabilizzazione scanno; i graticci di canna facilitano l'attecchimento



37c Piantumazione specie alofile per stabilizzazione scanno; i graticci di canna facilitano l'attecchimento

4.3.3 Processo di risanamento: progetti e opere

Nel 1988 la Regione del Veneto incaricò il Consorzio di Bonifica Delta Po Adige di elaborare, in base alle analisi e agli studi compiuti, i progetti per la vivificazione delle lagune di Caleri e di Barbamarco ed il progetto per la regolazione e la sistemazione di due canali a servizio delle aree vallive retrostanti la laguna di Vallona. I progetti potevano usufruire dei finanziamenti messi a disposizione dalla Comunità europea nell'ambito dei Programmi Integrati Mediterranei (PIM) istituiti nel 1985. I PIM, che nella parte relativa all'Alto Adriatico riguardavano le regioni Friuli Venezia Giulia, Veneto ed Emilia, prevedevano aiuti economici per opere finalizzate allo sviluppo delle possibilità offerte dall'ambiente lagunare, relativamente all'acquacoltura nelle sue attività tradizionali, mediante il miglioramento della qualità delle acque e la difesa fisica dei bacini lagunari.

Nel 1990 la Regione Veneto affidava un nuovo incarico allo stesso Consorzio per predisporre due ulteriori progetti relativi alla laguna di Vallona e alla Sacca di Scardovari. Successivamente, il Consorzio metteva a punto anche i progetti di risanamento delle lagune Basson e Canarin.

39. Manufatto per l'accesso all'isola di Albarella e per la regolazione della marea in corrispondenza della bocca Pozzatini



A. Laguna di Caleri

Situata tra l'Adige e il Po di Levante, occupa una superficie di circa 1000 ettari cui se ne aggiungono oltre 3000 di aree vallive. È in comunicazione con il mare Adriatico mediante la bocca di porto Caleri, larga circa 200 m, attraverso la quale avviene l'80% dei ricambi idrici. A sud comunica con la laguna di Vallona mediante la bocca Pozzatini, ampliata con uno specifico intervento a circa 60 m, attraverso la quale avviene il 20% dei ricambi idrici.

Le principali attività economiche sono la piscicoltura nelle valli e l'allevamento di vongole nella laguna vera e propria.

La progettazione e l'esecuzione degli interventi nella laguna di Caleri (fig. 38) hanno rivestito nei primi anni '90 un carattere di assoluta priorità ed urgenza. La presenza del maggior numero di valli da pesca (dieci), le pessime condizioni ambientali e anche le conseguenze negative che ormai interessavano importanti centri turistico balneari (Albarella, Rosolina Mare) hanno giustificato questa scelta.

Alla fine degli anni '80 la laguna soggiaceva a un disastroso stato di eutrofizzazione che, oltre ai danni biologici, ha provocato la moria di un'enorme quantità di vongole e danni complessivi valutabili in alcuni miliardi di lire.

Il progetto realizzato consisteva essenzialmente:

- nel dragaggio di canali sublagunari e nella costruzione di barene (tavola 1a-c in nota);
- nell'ampliamento della bocca Pozzatini e nella costruzione di un manufatto per la regolazione della marea alla bocca stessa (fig. 39).

I lavori, iniziati nell'autunno del 1991, si sono conclusi entro l'estate del 1995. Sono state ricostruite cinque barene per circa 180 ha reimpiegando i sedimenti ricavati dallo scavo dei canali. I sedimenti sono stati fatti refluire all'interno di una conterminazione che delimita il perimetro di ciascuna nuova barena.

Per accelerare l'inserimento naturale delle barene nell'ambiente circostante sono stati eseguiti interventi volti a ricrearne la vegetazione tipica, costituita da piante in grado di sopravvivere in un habitat umido ma povero di acqua dolce, indispensabile per le attività biologiche e fisiologiche dei

38. Bacino vallivo lagunare Caleri. Sono indicati gli interventi previsti nel progetto PIM

-  Valli
-  Canali
-  Barene
-  Lagune





40. Aree sperimentali per il trapianto di specie vegetali marine

vegetali. Tra le specie vegetali piantumate i migliori risultati sono stati ottenuti con la *Spartina maritima*, la *Puccinellia palustris* e l'*Aster Tripolium* che si sono sviluppate assieme a piante di *Salicornia* e di *Suaeda maritima* sorte, invece, spontaneamente. È stato, inoltre, realizzato un trapianto di fanerogame marine che era inserito tra gli interventi sperimentali progettati. Ciò si è dimostrato importante soprattutto perché, a lavori appena ultimati, le radici delle piante, penetrando in profondità, hanno reso più compatto il terreno e più resistente la barena. I lavori sono iniziati in piccole aree sperimentali (fig. 40) dove è stata studiata la possibilità di attecchimento e la velocità di crescita delle piante.

Terminati i "lavori PIM" occorre:

- completare il dragaggio dei canali sublagunari;
- consolidare e stabilizzare la bocca di Porto Caleri;
- trasformare una delle cinque campate fisse del Ponte Pozzadini in campata mobile.

La realizzazione del collegamento con il fiume Adige, da realizzarsi in fase successiva rispetto ai lavori di vivificazione, non ha solo valenza ambientale (miglioramento della biodiversità per le zone di transizione fra acqua dolce e salata) ma rappresenta anche un fondamentale passaggio per la navigabilità litoranea ed interlagunare.

B. Laguna di Vallona

Situata tra l'isola di Albarella e il Po di Maistra, ha una superficie di 1150 ettari (fig. 41). Lungo il perimetro sono situate nove valli da pesca con un'estensione totale di circa 3700 ha. È in comunicazione sia con la laguna di Caleri, attraverso la piccola laguna "Marinetta" e la bocca Pozzadini, sia, soprattutto, con il mare mediante la bocca del Po di Levante, all'estremità nord della laguna, ampia 150 m, e la cosiddetta "Bocchetta" a sud, ampia soltanto 40 m. Attraverso le bocche transitano, in media, rispettivamente, 450 e 55 m³ di marea al secondo. Tra di esse si estende, secondo la direttrice nord-ovest / sud-est, un unico sottile cordone litoraneo, a rinforzo del quale erano già stati eseguiti, tra il 1981 e il 1983, significativi interventi da parte del Centro Operativo Veneto per la Navigazione Interna.

La laguna di Vallona (fig. 43), la cui principale risorsa produttiva è rappresentata dalla coltura delle vongole, risente maggiormente gli effetti delle portate fluviali. In essa, infatti, sfocia direttamente il Po di Levante (fig. 42), che un canale collega con la bocca di porto omonima, mentre in mare, a poche centinaia di metri dalla "Bocchetta", si trova la foce del Po di Maistra. Entrambi, ma soprattutto il primo, esercitano una notevole influenza sia per quanto riguarda il regime idraulico lagunare che, in relazione all'apporto di sedimenti, alla qualità dell'acqua e dei sedimenti stessi. A questo proposito, comunque, va rilevato che il Po di Levante è, in pratica, un grande collettore di bonifica in cui non vi sono scarichi industriali o fognari rilevanti.

Anche i lavori proposti nel progetto per la vivificazione della laguna di Vallona (tavola 2a-d in nota) sono consistiti in interventi per la ricostruzione della rete di canali (12 km) e la formazione di quattro barene per una superficie totale di 55 ha circa. Uno dei canali taglia la penisola Santa Margherita, che rappresentava un ostacolo alla propagazione della marea e ai ricambi idrici nella parte meridionale della laguna. Il materiale utilizzato per la realizzazione delle barene è stato versato all'interno di una conterminazione in pali (fig. 44) di legno infissi a circa 40 cm di distanza l'uno dall'altro, collegati esternamente con filagne di legno e internamente con



42. Foce del Po di Levante fra la laguna Marinetta, a destra, e la laguna Vallona, a sinistra

tavole alle quali viene fissato un geotessuto con funzione di filtro. Nella parte meridionale del litorale è stato ampliato il cordone litoraneo (Scanno Cavallari) a ridosso della scogliera che rappresenta, in quel punto, l'unico diaframma tra l'Adriatico e la laguna. Proprio qui si sono verificate le più gravi rotte durante le mareggiate nell'inverno del 1987.

I lavori sono stati eseguiti in base alle metodologie già impiegate per rinforzare il litorale della laguna di Barbamarco (vedi pagina 177). Per la "Bocchetta" (fig. 45) è stato realizzato un sistema a porte vinciane per la regolazione della marea analogo a quello progettato per la laguna di Caleri e con le medesime finalità: attivare una circolazione secondaria della marea durante la fase di riflusso.

Allo stesso scopo, è stato dotato di porte vinciane anche il nuovo manufatto sul canale (fig. 46) che attraversa la penisola di Santa Margherita.

I lavori, avviati nel febbraio 1995, si sono conclusi nel 1998, realizzando sostanzialmente le proposte progettuali. Dopo la realizzazione dei "Lavori PIM" il riassetto idraulico ambientale della laguna di Vallona va completato con i seguenti interventi:

- opere di adeguamento del manufatto Bocchetta e dei canali di collegamento con il mare e il Po di Maistra;
- razionalizzazione del sistema vallivo lagunare per l'apporto di acqua dolce e per lo scarico di acqua valliva.

41. Bacino vallivo lagunare Vallona.
Sono indicati gli interventi previsti dal progetto PIM



43. Laguna di Vallona, dall'alto verso il basso: scanno Cavallari, penisola Santa Margherita, barene, a sinistra valle Bagliona





44. Conterminazioni di barena in pali di legno; in alto chiusura con sacchi di sabbia



45. Manufatto a porte vinciane Bocchetta; è stato costruito per impedire l'eventuale entrata di acqua dolce dal Po di Maistra in laguna di vallona



46. Manufatto S. Margherita, dotato di porte vinciane per attivare una circolazione secondaria in laguna Vallona

-  Valli
-  Canali
-  Barene
-  Lagune

47. Bacino vallivo lagunare Barbamarco. Sono indicati gli interventi previsti e realizzati dal progetto PIM



48a Bocca nord laguna di Barbamarco



48b. Manufatto di collegamento laguna - Busa di Tramontana



C. Laguna di Barbamarco

Situata tra il Po di Maistra e il Po Busa di Tramontana, occupa una superficie di circa 800 ha (fig. 47). È circondata da quattro valli da pesca vaste, complessivamente, 1800 ha. Comunica con il mare Adriatico attraverso due bocche: la prima, denominata bocca nord (fig. 48a), è ampia 70 m; la seconda, bocca sud, è ampia 80 m. Quest'ultima, aperta da qualche anno, è stata adeguata di recente: ne sono state consolidate le sponde, rinforzandole con pietrame e sono stati allungati verso mare i due moli situati ai lati del canale di bocca. La laguna viene sfruttata soprattutto per l'allevamento della vongola asiatica. Dopo la realizzazione dei lavori di vivificazione comincia ad avere qualche interesse anche la pesca.

Le principali soluzioni progettate (tavola 3a-b in nota) sono simili, per i criteri che le ispirano e le metodologie esecutive utilizzate, a quelle descritte in precedenza. I lavori svolti hanno compreso in primo luogo la ricostruzione del sistema di canali esistente in passato e l'uso del materiale dragato per la formazione di nuove barene. Sono stati scavati 16 km di canali e ricostruite quattro barene per circa 45 ha. Il materiale ricavato dalle operazioni di dragaggio di canali è stato reimpiegato anche per rinforzare il cordone litoraneo ridotto, in molti punti, a una sottilissima striscia di terra. Sulle dune del litorale sono state piantate o seminate le specie proprie delle zone costiere sabbiose. Per rendere più vivace la circolazione della corrente in laguna è stata ripristinata la funzionalità del varco di collegamento

con il Po Busa di Tramontana (fig. 48b), a sud, dotandolo di un dispositivo di apertura e di chiusura, mediante porte vinciane "forzate" che consentono di graduare l'afflusso dell'acqua e di mantenere nel bacino lagunare la giusta proporzione tra acqua dolce e acqua salmastra.

I lavori, avviati nel 1991, si sono conclusi nei tempi previsti. Nel progetto generale sono compresi anche lavori per la riapertura del varco di collegamento con il Po di Maistra a nord e lavori per la ricalibratura delle bocche lagunari per le quali è stata esaminata anche la possibilità di installare manufatti di regolazione della marea che potrebbero innescare una circolazione forzata della corrente tra una bocca e l'altra. Tali opere sono previste solo nel caso che i lavori di vivificazione realizzati si rivelino insufficienti e in presenza di adeguati finanziamenti.

I lavori realizzati con i PIM per il riassetto idraulico ambientale della laguna sono stati comunque di notevole entità.

Nel prossimo futuro si rendono peraltro necessari i seguenti ulteriori interventi:

- consolidamento e stabilizzazione della bocca sud attraverso l'estensione verso mare dei pennelli esistenti, procedendo con stralci successivi e controllando la "risposta" dei litorali alla realizzazione delle opere;
- consolidamento e stabilizzazione della bocca nord;
- completamento del dragaggio canali;
- realizzazione manufatto regolatore in prossimità del Po di Maistra.

49. Sacca del Canarin. Sono indicati gli interventi del progetto generale



D. Sacca del Canarin

L'iniziativa di ricreare le condizioni per lo sviluppo dell'acquacoltura nella Sacca del Canarin (fig. 49) riveste grande importanza per la valorizzazione economica del delta del Po. L'area era infatti, nel recente passato, particolarmente vocata alla produzione di vongole veraci e in generale all'attività di acquacoltura e di pesca, condizionata purtroppo negli ultimi anni dalle condizioni di scadente salubrità delle acque interne. La laguna del Canarin è stato l'ambiente maggiormente studiato, a partire dagli anni '70, in relazione alla costruzione della Centrale termoelettrica di Polesine Camerini.

La laguna, costituita da un corpo idrico limitato a nord dal Po di Scirocco e a sud dalla Busa di Bastimento, negli anni '70 presentava due aperture a mare poste nelle vicinanze delle foci dei due corsi d'acqua e una canalizzazione interna ben definita. Progressivamente la bocca sud ha iniziato ad interrarsi anche in relazione dell'interramento della Busa di Bastimento. Con la chiusura di tale zona di scambio (avvenuta all'inizio degli anni '80) tutta la parte sud della laguna ha iniziato a modificarsi. Si è progressivamente ridotta la circolazione idrica e, non essendovi gli adeguati sfoghi, il bacino sud ha iniziato a comportarsi quale "cassa di espansione" per la marea entrante dalla bocca nord.

I fondali, una volta sabbiosi, si sono progressivamente coperti di uno strato di argilla fine e limo, innalzandosi e spopolandosi delle principali forme di vita bentonica. Nei periodi estivi ed invernali si sono ripetuti i tipici fenomeni di squilibrio biologico e ambientale con anossie prolungate e devastanti.

Il progetto generale, proposto dal Consorzio, prevede l'adeguamento idraulico e la stabilizzazione della bocca nord, realizzati tra il 2005 e il 2007 con i fondi del programma CIPE, e la riapertura idraulica della bocca sud in prossimità della foce della Busa di Bastimento. Va vista positivamente la possibile riattivazione del canale di adduzione che pone in comunicazione la Centrale elettrica di Polesine Camerini con la laguna del Canarin. Tale riattivazione, posta in concomitanza con i flussi di marea, consentirà di aumentare

50. A sinistra parte nord della Sacca del Canarin, a destra il canale di scarico della Centrale ENEL, visibile sullo sfondo



ulteriormente la portata dovuta alla marea stessa. Va quindi valutata l'opportunità di trovare un accordo con l'ENEL per il prelievo dalla Sacca del Canarin (per una portata massima di $80 \text{ m}^3/\text{s}$) dell'acqua di raffreddamento dei gruppi termici dell'impianto, attualmente prelevata dal Po.

A questo riguardo, se si riuscirà a superare i vincoli imposti dall'attuale normativa, non va sottovalutata l'idea che una parte delle acque di raffreddamento della Centrale, a temperatura più elevata, possa essere introdotto in specchi limitati della laguna per favorire, durante i mesi invernali, l'acquacoltura (fig. 50).

Le opere di vivificazione interna prevedono il dragaggio di una rete di canali principali e secondari, iniziato nei primi mesi del 2009 con fondi regionali di gestione lagune. Il materiale scavato (fango nello strato superficiale, sabbia in quello più profondo) viene utilizzato per la formazione di barene e velme e, nel caso della sabbia, per la formazione del letto di allevamento delle vongole.

Per la realizzazione delle barene, la tipologia di intervento è del tutto analoga a quella già sperimentata con successo nelle lagune nord, con alcune migliorie determinate da quelle esperienze.

51a. Laguna del Basson. Sono indicati gli interventi del progetto generale



E. Laguna del Basson

La laguna del Basson (fig. 51a-b e 52) è un'area di forte produttività potenziale per merito della sua collocazione a ridosso della foce del Po di Pila. Tale collocazione la rende peraltro fragile, sia sul lato nord che lungo il Po di Scirocco a causa delle continue modificazioni indotte dai rami fluviali. L'intervento sarà quindi articolato e flessibile e consisterà nella riapertura e ridimensionamento della imboccatura sud che mette in comunicazione la laguna con il mare. All'interno della laguna verranno scavati i canali di flusso principale che, convogliando le acque di marea, potrebbero garantire un'adeguata vivificazione idrica. Tali canali serviranno altresì a ricostruire, attraverso il materiale terroso dragato, un habitat originariamente presente e tipico degli ambienti lagunari (barene). Nella restante area lagunare, a parte qualche specifico intervento di risanamento del fondale, potranno essere individuate le zone di allevamento della vongola verace. Le opere idrauliche previste per vivificare la laguna del Basson hanno il duplice obiettivo di aumentare i volumi di scambio fra mare e laguna e di ripristinare un'efficace circolazione dell'acqua di mare all'interno della laguna stessa. Si tratta quindi di realizzare un sistema idrodinamico con percorsi obbligati che facilitino la propagazione e il ritiro della marea. Nel corso del 2008 è stato realizzato un importante intervento sulla bocca lagunare.

52. Scanno Boa che contermina verso mare la laguna del Basson

51b. Laguna del Basson; al centro Po di Scirocco, in alto a sinistra foce Po di Pila



53a. Laguna del Burcio. Sono indicati gli interventi del progetto generale

— Canali
 — Lagune



F. Laguna del Burcio

Le aree lagunari adiacenti alla foce del Po di Pila (fig. 53b) (Basson e Burcio, quest'ultima visibile in fig. 53a), un tempo pescose, ora sono totalmente improduttive a causa della chiusura degli scanni litoranei a seguito dell'entrata di acqua dolce e conseguente trasporto solido del fiume Po negli ultimi anni.

La vivificazione del Burcio, in sinistra Po di Pila (fig. 54), si potrà ottenere con semplici opere di modificazione dell'idrodinamica locale con la finalità di amplificare la propagazione della marea.

L'azione più efficace consiste da un lato nel realizzare canali e piccole barene per rendere maggiormente dinamici i flussi di corrente e i ricambi idrici e dall'altro nel riaprire e ridimensionare l'imboccatura che mette in comunicazione la laguna con il mare. I canali di flusso principale, scavati all'interno della laguna, convoglieranno le acque di marea garantiranno un adeguato ricambio idrico lagunare.

Con il materiale dragato dai canali sarà ricostruito, analogamente a quanto previsto per la laguna del Basson, l'habitat originariamente presente, tipico degli ambienti lagunari (barene).

54. Laguna del Burcio; in basso a destra Busa Dritta del Po di Pila



53b. Foce Po di Pila con il faro di Punta Maistra, in alto la laguna del Basson, in basso il Burcio



55. Sacca di Scardovari. Sono indicati gli interventi di progetto generale

-  Canali
-  Barene
-  Lagune



G. Sacca di Scardovari

Situata tra il Po di Gnocca e il Po di Tolle, occupa una superficie pari a 3300 ettari (fig. 55). Nel suo bacino non vi sono aree vallive.

Comunicava fino al 1997 con il mare Adriatico attraverso una sola bocca larga 1700 metri (fig. 56), posta perpendicolarmente alla direttrice sud-est.

Con i lavori PIM realizzati fra il 1995 e il 1997 è stata aperta una seconda bocca in prossimità della foce del Po di Tolle. La parte di bacino che si trova immediatamente a ridosso delle bocche possiede fondali non uniformi dal punto di vista batimetrico per la presenza di canali, in parte naturali e in parte artificiali, che penetrano all'interno della laguna per circa 2 km fiancheggiati da ampie zone caratterizzate da fondali poco profondi. Nella parte più interna della sacca vi sono, invece, fondali più uniformi e leggermente più profondi. Le principali attività che vi si svolgono sono costituite dalla vongolicoltura, dalla mitilicoltura (fig. 57a-c) e, in misura minore, dalla pesca, a causa del peggioramento della qualità delle acque, all'inizio degli anni '90, in particolare per la mancanza di un'ossigenazione adeguata e di un ricambio idrico sufficiente, hanno subito notevoli danni. Di qui la necessità di intervenire con opere mirate, per il risanamento della laguna.

La soluzione adottata nel progetto generale (tavole 4a-c in nota), basata sui risultati ottenuti dall'applicazione di un modello matematico bidimensionale, consiste essenzialmente nella riapertura di una seconda bocca a mare, originariamente situata sullo scanno litoraneo, vicino alla foce del ramo del Po di Tolle; nello scavo di una rete di circa 23 km di canali lagunari di varie dimensioni (larghezza variabile tra 50 e 150 m e profondità di -3,50 m) e secondo un percorso scelto in maniera da armonizzare le esigenze idrodinamiche con quelle legate all'ubicazione degli allevamenti di mitili esistenti; nella costruzione, con il materiale di risulta degli scavi, di cinque barene; nel rinforzo con pietrame del tratto di arginatura interna alla sacca, immediatamente a est della bocca, per uno sviluppo complessivo di circa 1900 m; nella costruzione di un manufatto di regolazione delle



56. Bocca sud; al centro scanno palo, in basso scanno sud-est verso il Po di Gnocca

maree, da tenere chiuso nella fase di flusso e aperto in quella di riflusso, così da migliorare la circolazione interna.

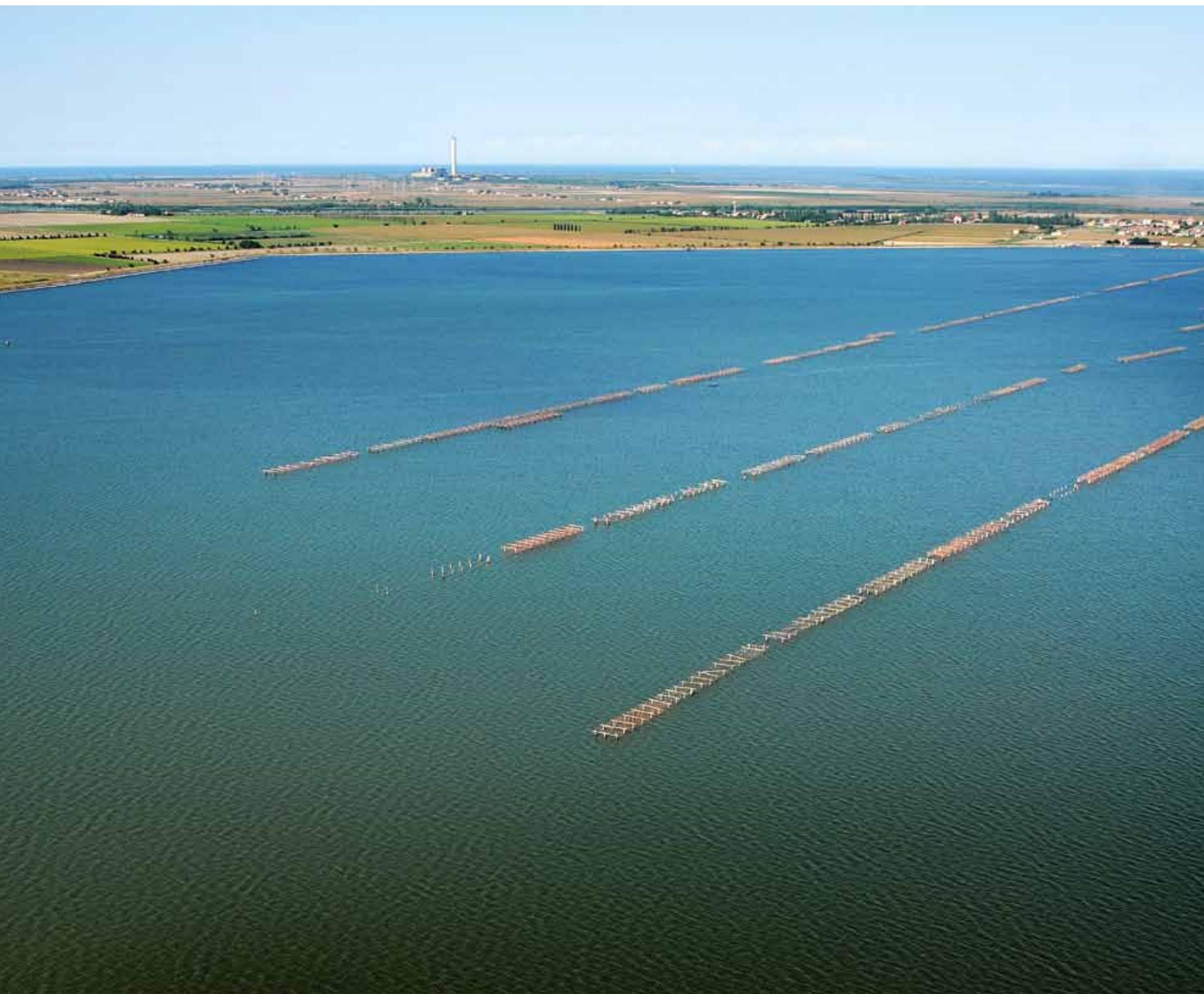
In relazione ai finanziamenti resi disponibili nel 1996 (12 miliardi e 475 milioni di lire) nell'ambito del citato programma PIM fu redatto un progetto di primo stralcio nel quale furono prescelti, tra gli interventi sopra descritti, quelli che conferivano immediata efficacia al ricambio delle acque lagunari. Si è previsto perciò di realizzare anzitutto l'apertura della nuova bocca a mare e una parte dei lavori di dragaggio di canali e di ricostruzione delle barene.

Le opere finanziate per la Sacca di Scardovari rappresentano un primo, particolare intervento che ha avuto un diretto beneficio sulla parte meridionale della laguna (Bottonera).

Il riassetto complessivo deve tener conto delle seguenti ulteriori necessità:

- completamento dell'escavo dei canali interni alla Sacca;
- costruzione di barene e velme per il deposito dei materiali di dragaggio e per la ricostruzione della morfologia lagunare;
- costruzione di un manufatto regolatore situato a ridosso dell'argine della Sacca per indurre in maniera "forzata" un moto circolatorio delle acque di mare;
- rinforzo e consolidamento dello scanno a mare.

57a. Allevamenti di mitili nella Sacca di Scardovari





57b.
Raccolta mattutina
di vongole



57c.
“Reste” per allevamento
di mitli, in basso “cavane”
di pescatori



58. Barena ricostruita in laguna di Caleri

4.3.4 Gestione delle lagune

Terminati i lavori PIM, è risultato evidente il risanamento delle lagune con un sensibile miglioramento ambientale ed un notevole beneficio alle attività di miticoltura e pesca (tavola 5a-b). Per non vanificare i risultati ottenuti con i lavori strutturali sopradescritti, la Regione Veneto con legge n. 7 del 22/02/99, artt. 25-29, ha affidato al Consorzio di Bonifica Delta Po Adige la gestione delle lagune deltizie assicurando un impegno finanziario annuo tale da garantire una concreta ed efficace opera di manutenzione.



59. Raccolta vongole con "rasca"

L'attività vera e propria è iniziata nell'autunno 2001 con un primo intervento di importo pari ad un milione di Euro. I finanziamenti degli anni successivi sono stati più cospicui fino ad attestarsi negli ultimi anni (2007-2009) ad un importo compreso fra 4 e 5 milioni di euro/anno. Dopo i primi anni in cui si è reso necessario affrontare alcune situazioni particolarmente precarie nelle varie lagune, derivanti dal lungo periodo di inattività manutentoria, attualmente i benefici conseguenti ai lavori sono confortanti sia dal punto di vista ambientale (fig. 58) che produttivo (fig.59).

Capitolo 4: note

1. L'unità di misura della salinità è il p.s.u. (practical salinity unit) definito in termini di rapporto K fra la conducibilità elettrica di un campione di acqua marina, a temperatura di 15°C e pressione di 1 atm, e la conducibilità di una soluzione di concentrazione nota di KC1 (0.0324356 G/KG), alle stesse condizioni di temperatura e pressione. Se questo vale $K=1$ il valore della salinità dell'acqua è definito uguale a 35 psu. L'algoritmo che permette di ottenere il valore della salinità (in p.s.u.) in funzione di K è il seguente [UNE81]: $S=0.0080-0.1692 K^{1/2}+25.3853 K+14.0941 K^{3/2}-7.0261 K^2 + 2.7081 K^{5/2}$. La salinità dell'acqua marina viene misurata con particolari strumenti equipaggiati con sonde di conducibilità. Misurata la temperatura e la conducibilità (in uSiemens/cm) del campione d'acqua, questi strumenti permettono di determinare la salinità.

2. La portata di 330 m³/s del Po a Pontelagoscuro è stata considerata dall'Autorità di bacino del Po come limite per garantire a valle il Deflusso Minimo Vitale (DMV).

3. Anche nel 2007, limitatamente ad una decina di giorni, la portata è scesa sotto i 330m³.

4. Il consorzio sta predisponendo, in collaborazione con il consorzio Pianura di Ferrara, un progetto preliminare per la realizzazione di una barriera atta ad impedire la risalita del cuneo salino, la cui ubicazione è prevista in prossimità dell'attuale ponte di barche a Gorino. Il manufatto sarà completato con una strada soprastante e una conca di navigazione.

5. Barena: area lagunare emersa a quota superiore al medio mare.

6. Velma: area lagunare normalmente sommersa anche in fase di bassa marea.

Vale salsa (Gino Piva)

*Come un sentiero in mezo a un mare morto,
'na strada bianca. Questa xe la vale.
Acqua, silenzio, un svolo de cocale,
de sora a tuto un cielo ciaro-smorto.*

*Intorno intorno fin che l'ocio ariva
a non gh'è gnanca un gnente che se veda
e 'na voce no g'hè perchè se creda
d'èssare al mondo come roba viva.*

*Ma mi pur sento de 'sta vale morta
tuti i sospiri e nel scoltar m'incanto
e me par che a farla sia sta gran pianto
d'anima in pena che no' se conforta*

*E l'anima cruzià me par la mia
e mia la vale de la me tristezza
vegnuda, quando un sogno de beleza
a pena nato, el se copàva via.*

*Come la strada bianca de le fole
vardo la strada in mezo a la vale
e penso, fin che sento un sbater d'ale
se almanco in fondo non ghe sia del sole*

Capitolo 4: tavole

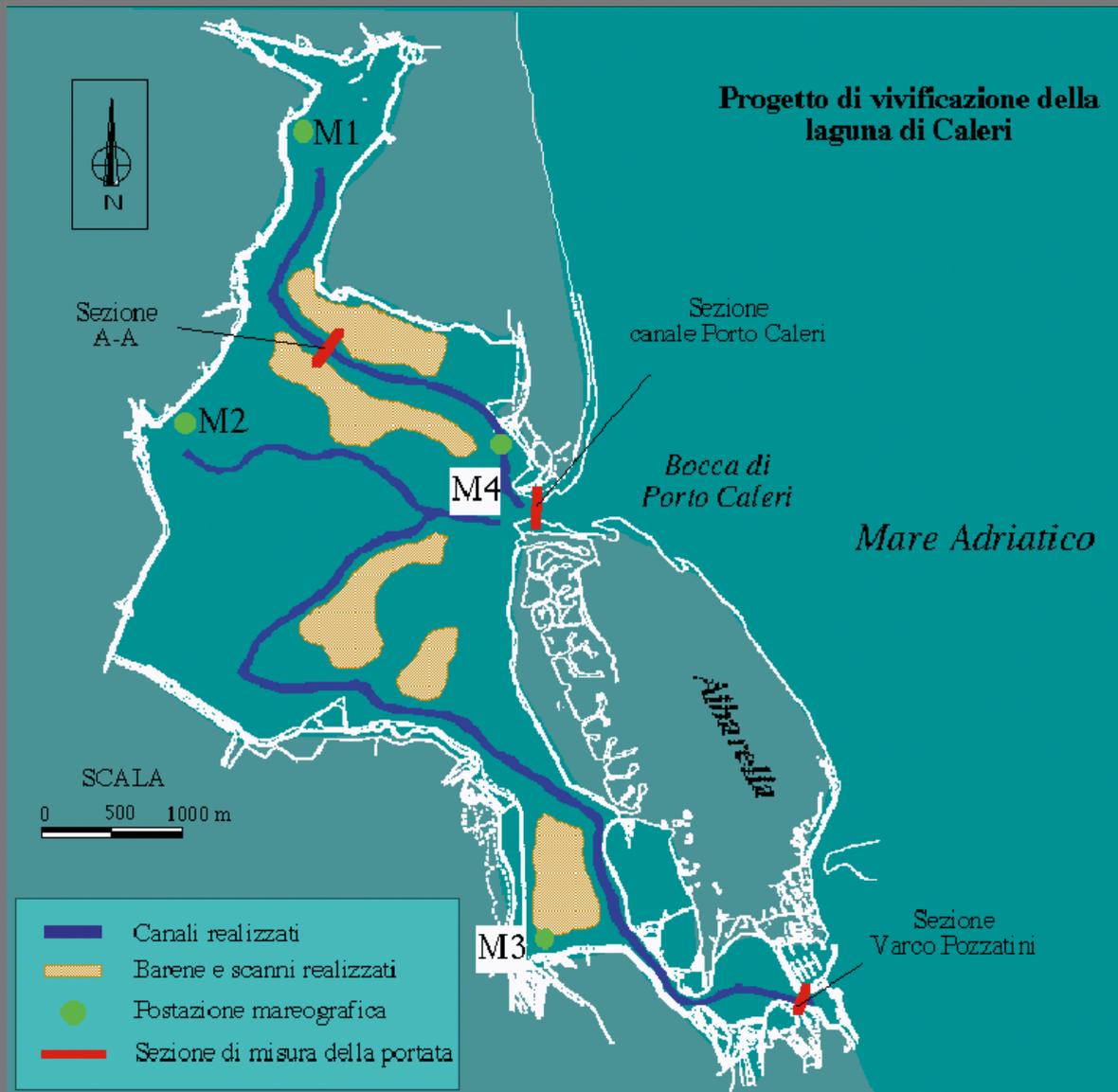


TAVOLA 1a. Soluzione progettuale realizzata.
Prima dei lavori, canali e barene erano pressochè assenti.

TAVOLA 1b. Flussi di velocità residua in laguna prima dei lavori

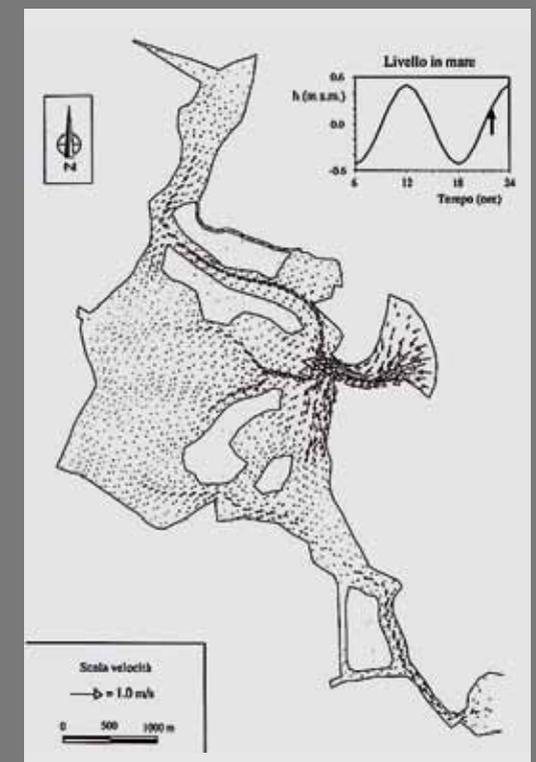
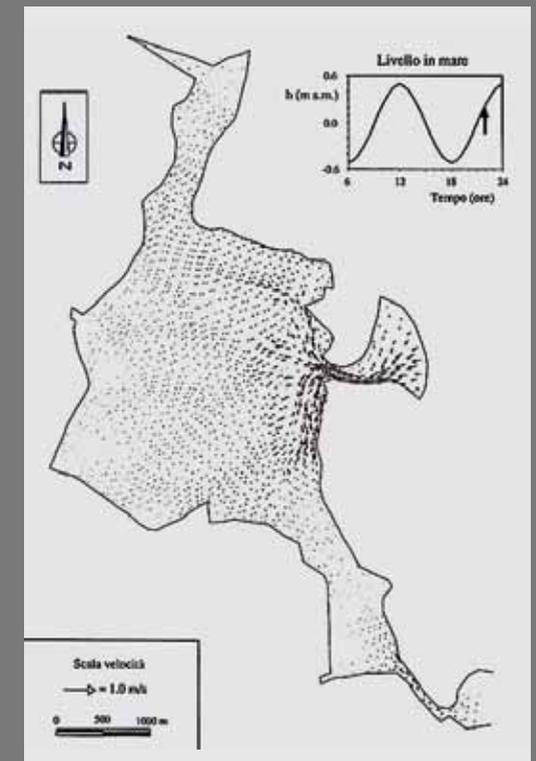


TAVOLA 1c. Flussi di velocità residua conseguenti alla realizzazione di canali, barene e del manufatto Pozzadini

TAVOLA 2a. Situazione ante lavori con scarsa presenza di canali e assenza di barene



TAVOLA 2b. Soluzione progettuale, in gran parte realizzata: rete di canali, barene, rinforzo degli scanni

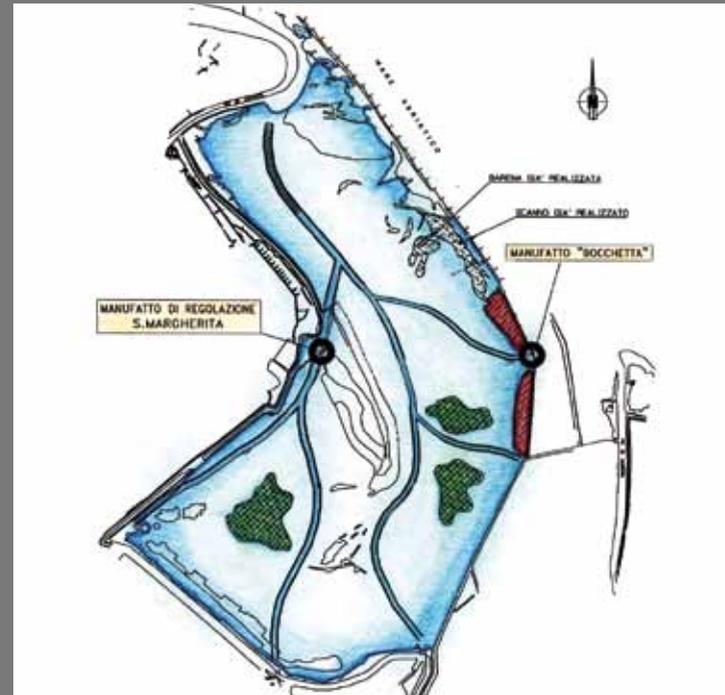


TAVOLA 2c. Soluzione prevista dal modello bidimensionale

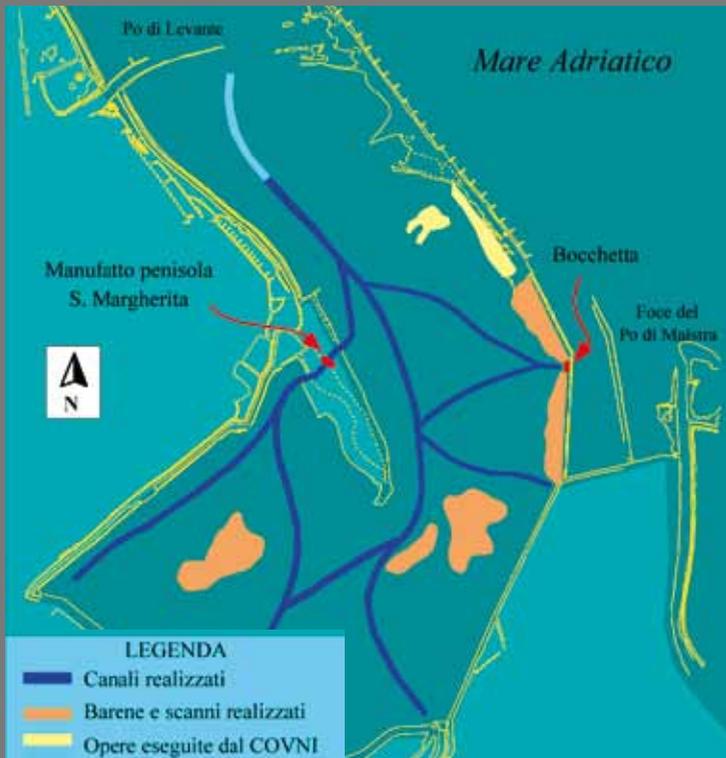


TAVOLA 2d. Velocità residue drante un ciclo di marea, prima e dopo gli interventi

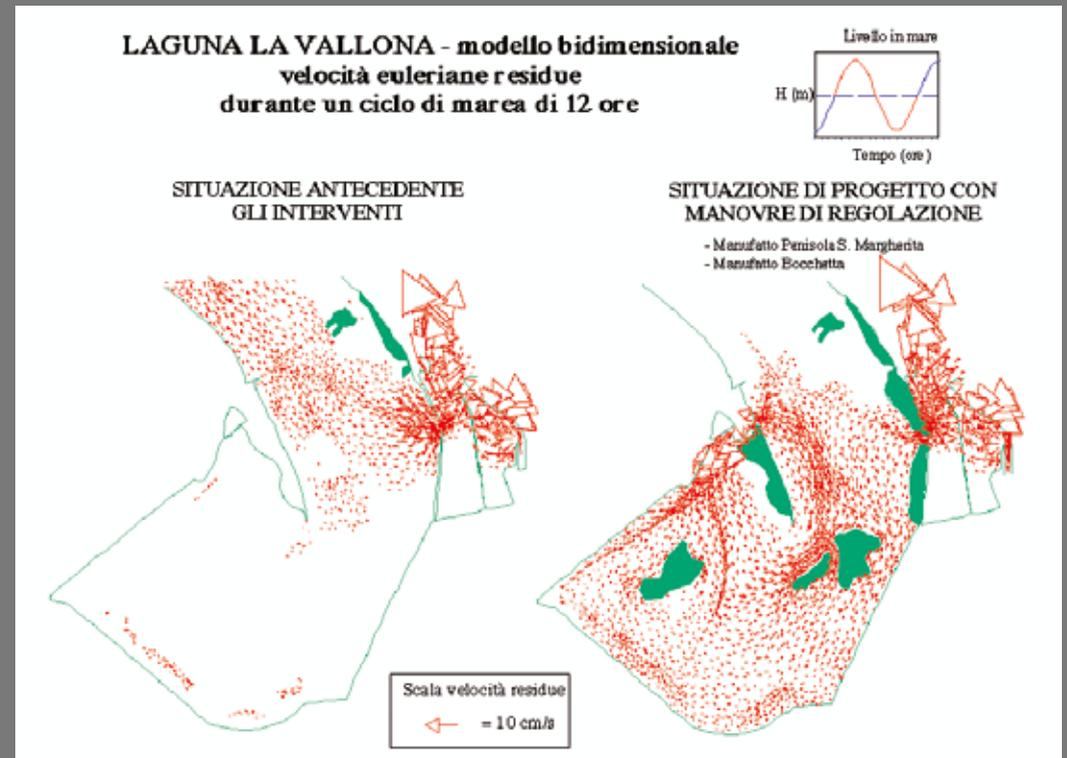


TAVOLA 3a. Laguna di Barbamarco e retrostante bacino vallivo. Situazione ante lavori, con modesta presenza di canali e assenza di barene

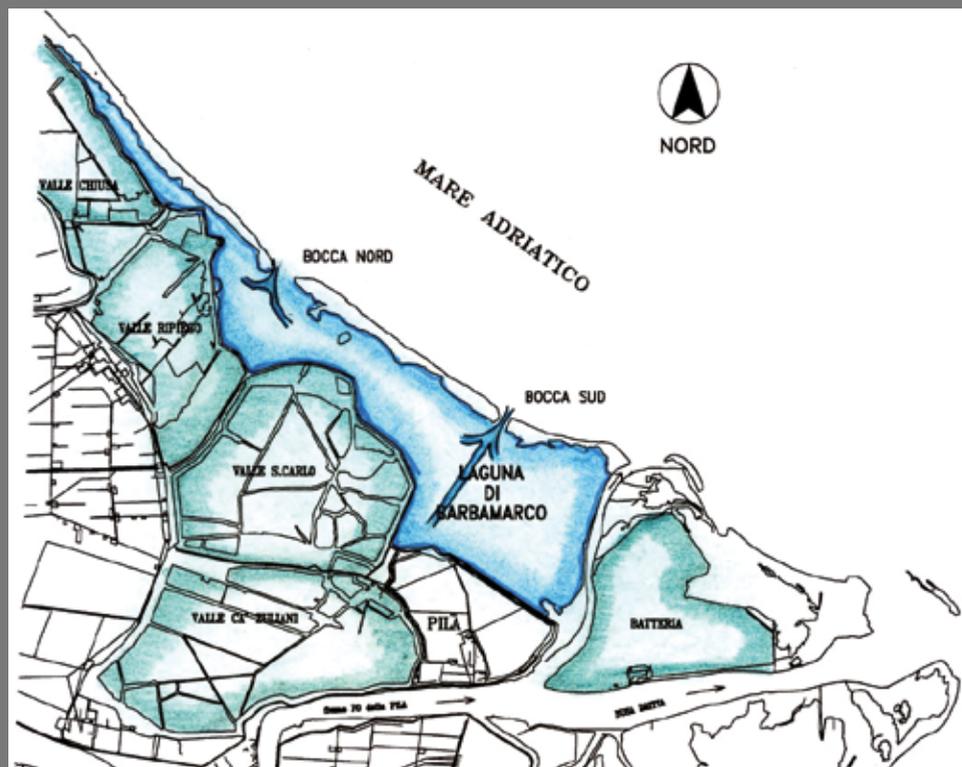
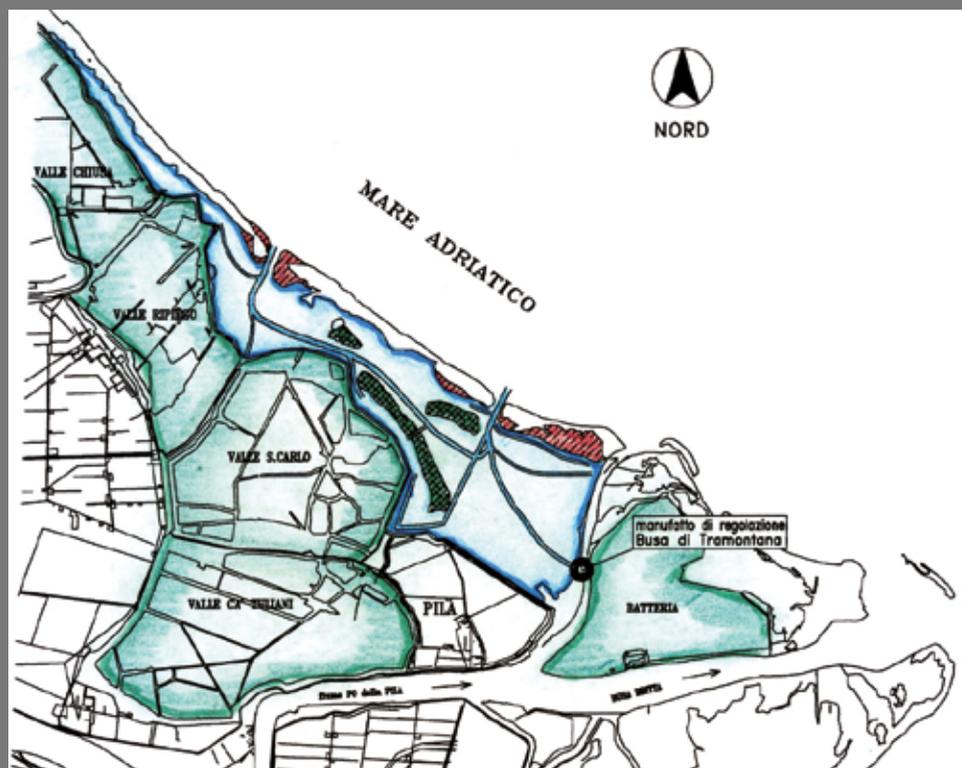


TAVOLA 3b. Soluzione progettuale realizzata: rete di canali, barene e finforzo delgi scanni



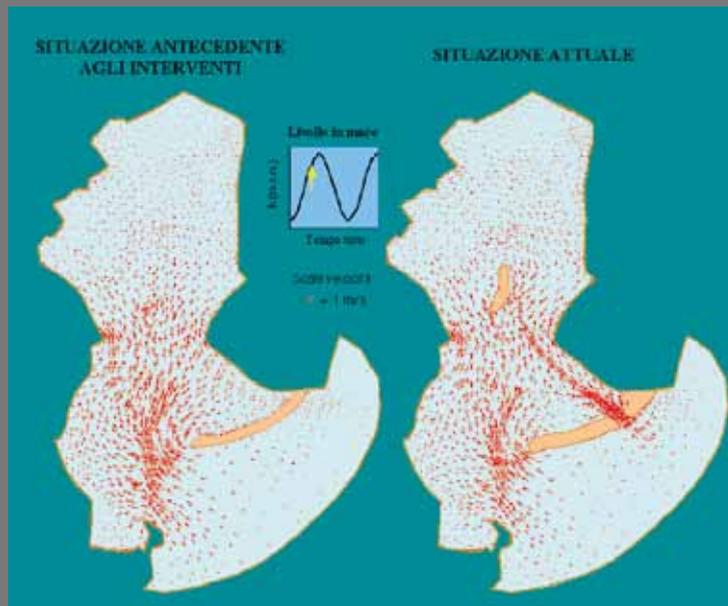


TAVOLA 4b. Velocità residua in fase di flusso di marea prima degli interventi e dopo la realizzazione della bocca nord

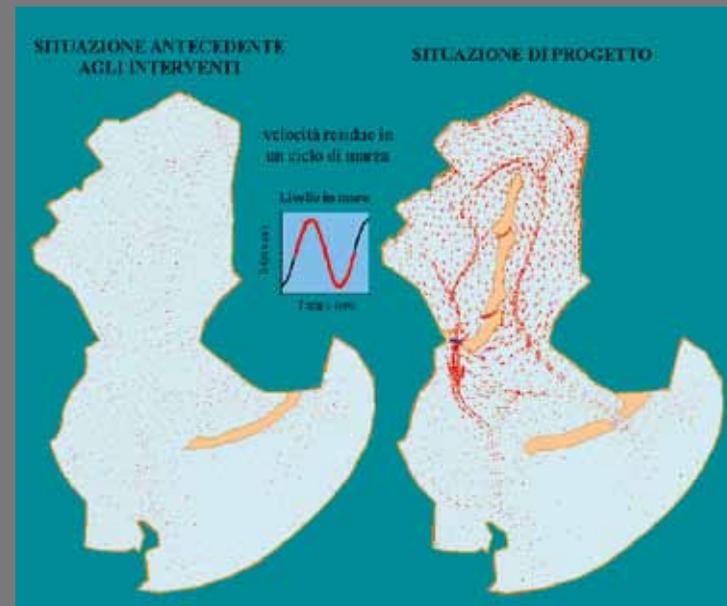


TAVOLA 4a. Velocità residua in un ciclo di marea prima degli interventi e dopo la realizzazione della bocca nord e di un manufatto regolatore

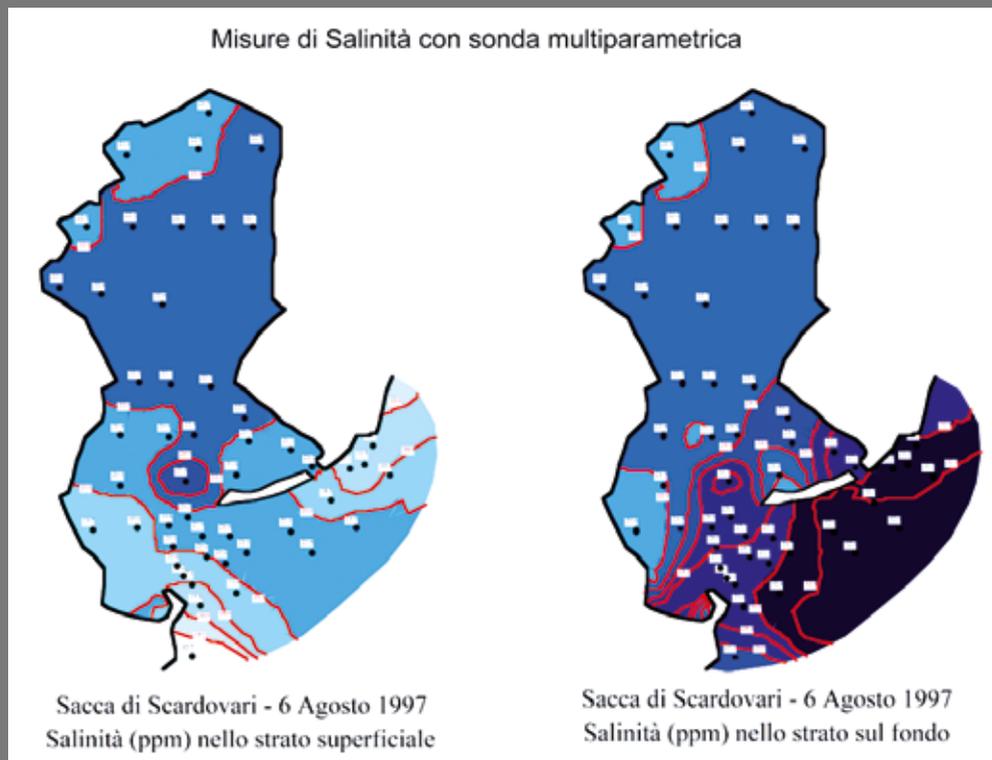


TAVOLA 4c. Misure di salinità nello strato superficiale e sul fondo

TAVOLA 5a. Sacca di Scardovari vista dalle buse di foce del Po di Gnocca; gli allevamenti si trovano in prossimità della bocca



TAVOLA 5b. Allevamenti di cozze in Sacca di Scardovari

