

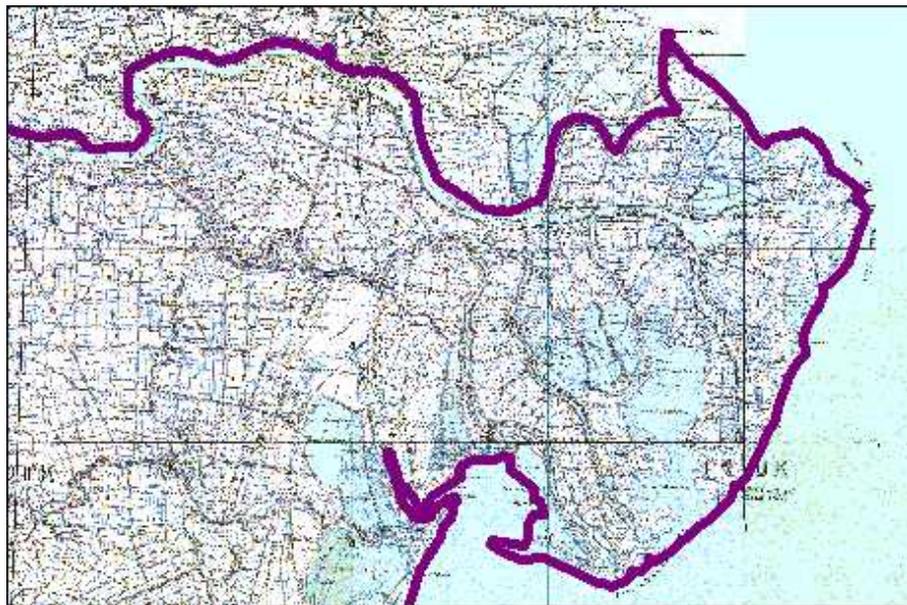


AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO  
PARMA

# **Progetto di Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Delta (PAI Delta)**

Legge 18 maggio 1989, n. 183, art. 17, comma 6-ter

## **1. Relazione generale**



**Adottato dal Comitato istituzionale  
con deliberazione n° 26 del 18 dicembre 2001**

---

# Indice

Capitolo 1	Quadro di riferimento	3
1	Inquadramento legislativo	3
2	Il PAI Delta e i Piani Stralcio	5
Capitolo 2	Impostazione metodologica e obiettivi del PAI Delta	10
Capitolo 3	Elaborati del Piano	12
Capitolo 4	Ambito territoriale ed amministrativo del Piano	13
3	Ambito territoriale di riferimento del Piano	13
4	Comuni interessati dal Piano	14
Capitolo 5	Quadro della pianificazione territoriale e delle tutele presenti	16
5	Quadro generale	16
6	Pianificazione territoriale	18
7	Piani dei Parchi regionali e zone di rilevanza comunitaria	20
8	Pianificazione urbanistica	24
9	Raccordi tra pianificazione territoriale, urbanistica, tutele e pianificazione di bacino	25
Capitolo 6	Assetto geomorfologico e idraulico del sistema del Delta	26
10	Genesi ed evoluzione geomorfologica e idrogeologica del Delta	26
11	Idrografia	29
12	Geologia	30
13	Idrogeologia	32
14	Subsidenza	33
15	Caratteristiche dell'idrologia di piena	36
16	Assetto morfologico e idraulico	49
Capitolo 7	Caratteri generali del sistema naturale	57
17	Sistemi ecologici e aree a prevalente connotazione naturalistica	57

---

Capitolo 8	Caratteri generali del sistema antropico	64
18	Caratteri insediativi e della infrastrutturazione del territorio	64
19	La popolazione	65
20	Le attività economiche	67
21	Navigazione interna	70
Capitolo 9	Problematiche e criticità	71
22	Sicurezza dei sistemi arginali maestri lungo i rami deltizi	71
23	Criticità connesse alle condizioni di rischio residuale	73
Capitolo 10	Linee generali di assetto idraulico e quadro degli interventi	77
24	Linee e criteri generali di intervento	77
25	Quadro degli interventi strutturali	79
26	Delimitazione delle fasce fluviali	91
27	Regolamentazione degli usi del suolo nei territori interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali	92
28	Programmi di rinaturazione	94
29	Il programma finanziario	95
30	Monitoraggio morfologico e idrologico dei corsi d'acqua – Programma di indagine per la caratterizzazione geotecnica dei rilevati arginali	95
Appendice		99
31	Profili idrici di piena per l'evento ottobre 2000, Simpo e scenari di progetto	100

## Capitolo 1 **Quadro di riferimento**

### **1 Inquadramento legislativo**

Il Progetto di PAI Delta è redatto ai sensi della legge 18 maggio 1989, n. 183, che ha riformato il quadro organizzativo, istituzionale e funzionale della pubblica amministrazione in materia di difesa del suolo, perseguendo le finalità generali di *“assicurare la difesa del suolo, il risanamento delle acque, la fruizione e la gestione del patrimonio idrico per gli usi di razionale sviluppo economico e sociale, la tutela degli aspetti ambientali ad essi connessi”* (art. 1).

Principale strumento attuativo della legge è il *Piano di bacino*, mediante il quale sono definite le azioni e le norme per la conservazione, la difesa, la valorizzazione del suolo e la corretta utilizzazione delle acque, in rapporto alle caratteristiche fisiche e ambientali del territorio interessato (art. 17, primo comma). I contenuti e gli obiettivi del *Piano di bacino* sono definiti all'articolo 3, primo comma, e all'articolo 17, terzo comma, che, con la molteplicità delle materie considerate, rendono conto della complessità e della portata innovativa del Piano stesso.

In ragione del complesso e vasto progetto di pianificazione introdotto, il testo originario dell'art. 17 è stato integrato, tramite l'art. 12 della legge 4 dicembre 1993, n. 493, con la possibilità di *redazione del Piano di bacino per sottobacini o settori funzionali, mediante Piani stralcio*.

Di tale norma si è fatto uso esteso nel bacino del Po. Il Progetto di *PAI Delta* costituisce, infatti, il terzo e conclusivo *Piano stralcio ordinario del Piano di bacino per il settore relativo all'assetto idrogeologico*, dopo il *Piano Stralcio delle Fasce Fluviali* (D.P.C.M. 24 luglio 1998) e il *Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico* (D.P.C.M. 24 maggio 2001).

Accanto ai contenuti della legge, costituiscono riferimento generale per la redazione del PAI Delta gli atti di indirizzo definiti a supporto metodologico dell'attuazione della legge 183/89, tra cui si ricordano i seguenti:

- D.P.C.M. 23 marzo 1990 *“Atto di indirizzo e coordinamento ai fini della elaborazione e della adozione degli schemi previsionali e programmatici di cui all'art. 31 della legge 183/89”*;
- DPR 7 gennaio 1992 *“Atto di indirizzo e coordinamento per determinare i criteri di integrazione e di coordinamento tra le attività conoscitive dello Stato, delle Autorità di bacino e delle Regioni per la redazione dei piani di bacino di cui alla legge 183/89”*;
- DPR 18 luglio 1995 *“Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento concernente i criteri per la redazione dei Piani di bacino”*.

Le disposizioni previste dalla legge 183/89 sono state modificate e integrate dal D. L. 11 giugno 1998, n. 180, coordinato con la legge di conversione 3 agosto 1998, n. 267, successivamente modificato dal D. L. 13 maggio 1999, n. 132, coordinato con la legge di conversione 13 luglio 1999, n. 226 e dal D. L. 12 ottobre 2000, n. 279, coordinato con la legge di conversione 11 dicembre 2000, n. 365.

Sulla base di tali disposizioni i piani stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico devono contenere *"in particolare l'individuazione delle aree a rischio idrogeologico e la perimetrazione delle aree da sottoporre a misure di salvaguardia, nonché le misure medesime"*. I criteri di individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico e di definizione delle misure di salvaguardia sono contenuti nell'*Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, del decreto-legge 11 giugno 1998, n. 180*" approvato con D.P.C.M. 29 settembre 1998.

Inoltre i piani stralcio per l'assetto idrogeologico devono essere redatti entro *"il termine perentorio del 30 aprile 2001"* (art. 1-bis, comma 1 della legge 365/2000) ed è fissato in sei mesi dalla data di adozione del Progetto di piano il termine entro cui adottare, sulla base degli atti e dei pareri disponibili, il Piano stesso (art. 1-bis, comma 2 della medesima legge). Ai fini dell'adozione, la stessa legge 365/2000, all'art. 1-bis, commi 3 e 4, prevede la convocazione da parte delle regioni di una *"conferenza programmatica, articolata per sezioni provinciali, o per altro ambito territoriale deliberato dalle regioni stesse, alle quali partecipano le province e i comuni interessati, unitamente alla regione e ad un rappresentante dell'Autorità di bacino; la conferenza esprime un parere sul progetto di piano con particolare riferimento alla integrazione a scala provinciale e comunale dei contenuti del piano, prevedendo le necessarie prescrizioni idrogeologiche ed urbanistiche. Il parere tiene luogo di quello di cui all'art. 18, comma 9, della legge 18 maggio 1989, n. 183. Il comitato istituzionale, di cui all'art. 12, comma 2, lettera a), della legge 18 maggio 1989, n. 183, sulla base dell'unitarietà della pianificazione di bacino, tiene conto delle determinazioni della conferenza, in sede di adozione del piano"*.

Per quanto concerne la programmazione finanziaria, la legge 183/89, all'art. 31, ha introdotto lo Schema previsionale e programmatico – SPP- in riferimento agli *"interventi più urgenti per la salvaguardia del suolo, del territorio e degli abitanti e la razionale utilizzazione delle acque, dando priorità in base ai criteri integrati dell'incolumità delle popolazioni e del danno incombente nonché dell'organica sistemazione"*.

Per il bacino del Po la programmazione finanziaria ha avuto avvio tramite lo SPP adottato nel 1990 e successivamente aggiornato. L'ultimo quadriennio, relativo al periodo 1998-2001, ha avuto copertura sino all'annualità 2000.

## 2 II PAI Delta e i Piani Stralcio

### Quadro generale

L'Autorità di bacino ha avviato le attività di pianificazione definendone le prime linee metodologiche nello *Schema Previsionale e Programmatico*, adottato dal Comitato Istituzionale nel 1990. Successivamente ha formulato il Documento di impostazione strategica del Piano e il Programma di lavoro, adottati dallo stesso Comitato nel corso del 1991.

Sulla base di questi primi atti ed indirizzi è stato realizzato lo *Schema di Progetto di Piano*, divulgato alla fine del 1994.

Nello stesso anno sono state avviate le attività di studio propedeutiche al Piano, coordinate nell'ambito del *Progetto Po*<sup>1</sup>, un programma complessivo che ha indirizzato gli approfondimenti necessari secondo i seguenti filoni tematici: difesa idrogeologica e della rete idrografica, tutela della qualità delle acque, bilancio delle risorse idriche, uso del suolo e agricoltura, monitoraggio e controllo, sistema informativo, strumenti amministrativi, economici e finanziari.

E' seguita quindi la redazione del Piano che, come noto, è proceduta attraverso stralci funzionali, sia in attuazione ordinaria della legge 183/89, sia in attuazione di leggi straordinarie intervenute in seguito ai principali eventi alluvionali dell'ultimo decennio.

Ad oggi, lo stato di avanzamento della pianificazione di bacino per l'assetto idrogeologico, seguendo un ordine cronologico che contempla sia la pianificazione ordinaria sia quella straordinaria, si compone dei seguenti atti:

- **1995** (deliberazione del Comitato Istituzionale n. 9 in data 10 maggio), approvazione del "*Piano stralcio per la realizzazione degli interventi necessari al ripristino dell'assetto idraulico, alla eliminazione delle situazioni di dissesto idrogeologico e alla prevenzione dei rischi idrogeologici nonché per il ripristino delle aree di esondazione*" (PS 45). Si tratta di uno strumento straordinario approvato, in deroga alle procedure previste dalla legge 183/89, ai sensi dell'art. 4, comma 5, del D. lgs. 24 novembre 1994 n. 646, convertito, con modificazioni, in legge 21 gennaio 1995, n. 22. Il Piano contiene la programmazione degli interventi più urgenti per i territori colpiti dall'alluvione del 1994 nonché i criteri guida e le norme per la redazione dei progetti relativi agli interventi strutturali;
- **1998** (DPCM 24 luglio), approvazione del "*Piano Stralcio delle Fasce Fluviali*" (PSFF), relativo alla delimitazione delle fasce fluviali e alla disciplina d'uso dei relativi territori per la rete idrografica principale del sottobacino del Po sotteso alla confluenza del Tanaro (territorio delle regioni Piemonte e Valle d'Aosta) e, per la restante parte del bacino, per

<sup>1</sup> approvato dal Comitato Istituzionale come base di lavoro il 6/08/92 e avviato il 25/10/94

l'asta del Po e per gli affluenti emiliani e lombardi, limitatamente ai tratti arginati. Si tratta di un piano ordinario approvato ai sensi dell'art. 17, comma 6-ter, della legge 18 maggio 1989, n. 183;

- **1999** (deliberazione di Comitato Istituzionale n. 14 in data 26 ottobre), approvazione del "*Piano straordinario per le aree a rischio idrogeologico molto elevato*" (PS 267). Il Piano, relativo all'intero territorio del bacino idrografico, contiene la perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico molto elevato per l'incolumità delle persone e la sicurezza delle infrastrutture e del patrimonio ambientale e culturale a cui sono associate misure di salvaguardia; comprende inoltre le aree a rischio idrogeologico per le quali è stato dichiarato lo stato di emergenza, ai sensi dell'art. 5 della legge 24 febbraio 1992, n. 225, nonché il programma degli interventi urgenti. Il PS 267 è stato approvato, in deroga alla legge n. 183/89, ai sensi del comma 1-bis dell'art. 1 del D.lgs. 11 giugno 1998, n. 180, convertito con modificazioni dalla legge 3 agosto 1998, n. 267, come modificata dal D.lgs 13 maggio 1999, n. 132, coordinato con la legge di conversione 13 luglio 1999, n. 226;
- **2001** (D.P.C.M. 24 maggio), approvazione del "*Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico*" (PAI) relativo all'intero bacino idrografico, con esclusione del territorio del Delta. Il Piano contiene la delimitazione delle fasce fluviali degli affluenti emiliani e lombardi non interessati dal precedente PSFF; riguarda inoltre la porzione montana del bacino, per la quale è stato elaborato l'Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici – Inventario dei centri abitati collinari/montani esposti a pericolo comprensivo della delimitazione delle aree in dissesto. Contiene inoltre, a livello di singolo sottobacino, le linee generali di assetto idraulico e idrogeologico nonché il quadro degli interventi e il programma finanziario;

Il territorio del Delta è interessato parzialmente e per contenuti diversi dai Piani sopra citati, come meglio dettagliato nel seguito.

## Correlazioni con il PS 45

Il "*Piano Stralcio per la realizzazione degli interventi necessari al ripristino dell'assetto idraulico, alla eliminazione delle situazioni di dissesto idrogeologico e alla prevenzione dei rischi idrogeologico nonché per il ripristino delle aree di esondazione*" ha definito e programmato gli interventi urgenti di ricostruzione e ripristino a favore delle zone colpite dagli eventi alluvionali del novembre 1994, sulla base delle proposte degli Enti locali, delle Regioni e del Magistrato per il Po e secondo gli indirizzi e gli obiettivi del piano di bacino.

In ragione della natura di piano straordinario, atto alla definizione urgente dei criteri e delle modalità di ripristino di un adeguato assetto idraulico nelle zone alluvionate, e al contempo di atto coerente con le linee strategiche della pianificazione generale ed ordinaria di bacino, il PS 45 ha contenuti sia strumentali alla gestione degli interventi di ripristino post-evento sia definiti in riferimento ai criteri generali di assetto del bacino, assunti negli atti di programmazione delle attività di pianificazione del bacino del Po.

A livello di sistema idrografico, gli interventi strutturali del Piano riguardano principalmente il bacino idrografico del fiume Tanaro e l'asta del fiume Po.

Per l'asta del fiume Po, le linee di intervento sono differenziate in funzione delle caratteristiche morfologiche e idrauliche dei singoli tratti e in relazione alla consistenza dei sistemi difensivi esistenti. Il corso del Po è ripartito in 12 tratti omogenei, per ciascuno dei quali vengono definiti gli obiettivi di assetto e, in funzione di essi, sia gli interventi complessivi da attuare che le opere di prima e più urgente realizzazione.

Nel Delta (tratto n. 12) la piena del novembre 1994 ha superato, in alcuni punti, il massimo storico, evidenziando le principali criticità del sistema difensivo, consistenti nell'insufficienza di sagoma e di quota di sommità di numerosi tratti arginati, nella presenza di fenomeni di filtrazione nel rilevato arginale e nelle fondazioni, pericolosi per la stabilità strutturale degli stessi e i fenomeni di erosione dei froldi.

In considerazione delle criticità riscontrate, il PS 45 definisce, per il Delta, linee di intervento incentrate sui seguenti punti:

- adeguamento del sistema arginale esistente in termini di franco, sagoma e resistenza meccanica rispetto ai fenomeni di filtrazione;
- mantenimento della attuale morfologia dell'alveo inciso attraverso la corretta funzionalità delle opere di difesa spondale;
- miglioramento delle condizioni di deflusso nei punti critici attraverso sistemazioni idrauliche di correzione del tracciato.

Le linee di intervento prioritarie hanno previsto il miglioramento delle condizioni di deflusso nel sistema deltizio tramite la regolazione all'incile del Po di Goro, al fine di modificarne la portata, interventi di correzione dell'alveo di piena in punti singolari (ansa di Corbola e Bottrighe, Cà Zuliani, Cà Cappellino) e la messa in quota e il consolidamento del sistema arginale. L'intervento dell'ansa di Corbola risulta attualmente in corso, mentre quelli di Cà Cappellino e Cà Zuliani sono stati completati.

Il territorio del Delta è interessato dalla programmazione finanziaria straordinaria per gli interventi strutturali più urgenti nel bacino contenuta nel PS 45 e definita in relazione alle disponibilità fissate dalla legge 21 gennaio 1995, n. 22 e dalla legge 16 febbraio 1995, n. 35, emanate a seguito della piena del novembre 1994.

## Correlazioni con il PSFF

Le correlazioni del PAI Delta con il PSFF concernono gli aspetti metodologici e le assunzioni di fondo che costituiscono le linee strategiche e operative del piano di bacino, in rapporto alla sistemazione, alla tutela e al ripristino del sistema idrografico principale del bacino stesso.

Pertanto le finalità, l'impostazione metodologica e le determinazioni del PAI Delta interessanti il reticolo idrografico sono strettamente correlati con quelli del PSFF.

Nello specifico il PAI Delta estende la delimitazione delle fasce fluviali al sistema idrografico costituito dai rami deltizi a partire dall'incile del Po di Goro, completando quanto avviato con il PSFF relativamente alla delimitazione delle fasce fluviali A e B dell'asta del Po.

## Correlazioni con il PAI

L'approvazione del PAI ha costituito il momento di riunificazione e completamento della definizione delle linee strategiche e di intervento per l'assetto idrogeologico del bacino del Po. In questo senso, i suoi contenuti costituiscono riferimento di base per il PAI Delta, in particolare rispetto agli obiettivi generali, riconducibili ai seguenti punti:

- garantire un livello di sicurezza adeguato sul territorio;
- conseguire un recupero della funzionalità dei sistemi naturali, il ripristino, la riqualificazione e la tutela delle caratteristiche ambientali del territorio, il recupero delle aree fluviali, anche per utilizzi ricreativi;
- conseguire il recupero degli ambiti fluviali e del sistema idrico quale elementi centrali dell'assetto territoriale del bacino idrografico;
- raggiungere condizioni di uso del suolo compatibili con le caratteristiche dei sistemi idrografici e dei versanti, funzionali a conseguire effetti di stabilizzazione e consolidamento dei terreni e di riduzione dei deflussi di piena.

Nello specifico, essendo l'ambito territoriale di riferimento del PAI l'intero bacino idrografico del fiume Po con esclusione del Delta esso non contiene, per questa area, determinazioni normative e relative al quadro degli interventi strutturali.

Per quanto riguarda l'individuazione e la delimitazione della fascia C del Po, realizzata, come noto, nell'ambito del PAI, si ricorda che essa non è specificata in termini di rappresentazione cartografica per l'area del Delta. Tale specificazione è oggetto del presente PAI Delta.

## Correlazioni con il PS 267

Come già accennato, il PS 267 si riferisce a tutto il territorio del bacino idrografico del fiume Po.

In particolare, il quadro delle condizioni di pericolosità e rischio sul bacino idrografico comprende le criticità strutturali del sistema arginale del Po nel tratto dalla confluenza del Tanaro al mare. Per il Delta sono individuate numerose situazioni critiche (circa 60), localizzate lungo il Po di Venezia e i rami minori, connesse sia al rischio di sormonto della quota arginale sia alla stabilità dei rilevati. L'esame di tali criticità sarà ripreso nei successivi capitoli.

---

Per quanto concerne invece le determinazioni del PS 267 connesse alla individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico molto elevato e le relative misure di salvaguardia esse non investono i territori di cui al presente Piano come pure non riguarda l'area del Delta il programma degli interventi urgenti collegato alle perimetrazioni.

## Capitolo 2 **Impostazione metodologica e obiettivi del PAI Delta**

L'impostazione metodologica del PAI Delta trae origine dai risultati raggiunti nella definizione delle linee strategiche e operative per l'assetto idrogeologico del bacino del Po. Da questa prospettiva il PAI Delta rappresenta quindi il completamento territoriale dei Piani stralcio già vigenti (PSFF e PAI).

Come nei precedenti stralci, nel PAI Delta si è optato per la definizione di processi orientati a privilegiare azioni attive e preventive di protezione idraulica tramite opere di difesa strutturale e di regolamentazione degli usi del suolo. Si è inoltre operato nella direzione di definire contenuti e approfondimenti per gli strumenti di prevenzione ed emergenza di scala regionale, provinciale e comunale.

Rispetto al quadro degli obiettivi assunti nel bacino del Po sono state inoltre individuate per il Delta azioni specifiche, in considerazione della particolare, e per alcuni aspetti eccezionale, realtà territoriale, caratterizzata dalla compresenza di habitat naturali di particolare pregio, da un assetto idraulico totalmente artificiale, che determina per il territorio un livello di rischio idraulico residuale con connotazioni specifiche, da una struttura sociale ed economica moderatamente dinamica.

Per il sistema idrografico e il territorio del Delta gli obiettivi assunti sono pertanto riconducibili ai seguenti punti:

- *garantire un livello di sicurezza adeguato sul territorio*, sia in riferimento ai fenomeni di deflusso delle piene che interessano gli alvei delimitati dagli argini maestri sia in riferimento al rischio residuale presente nell'ambito territoriale di riferimento del piano;
- *conseguire il recupero degli ambiti fluviali e del sistema idrografico* quali elementi centrali e strategici per gli habitat naturali, la struttura sociale ed economica del Delta;
- *perseguire la massima funzionalità ed efficienza del sistema difensivo fluviale* (argini maestri, opere di difesa in alveo e opere di regolazione) e di difesa a mare, quale elemento prioritario ai fini della protezione di centri abitati, infrastrutture, luoghi e ambienti di riconosciuta importanza e della riduzione del rischio idraulico presente;
- *realizzare approfondimenti conoscitivi e di valutazione del rischio residuale* costituenti criteri e indirizzi di riferimento per la redazione degli strumenti di protezione civile e di emergenza a scala regionale, provinciale e comunale.
- *raggiungere condizioni di uso del suolo compatibili* sia con le finalità di tutela degli ambienti e degli equilibri naturali delle aste fluviali e del territorio sia con quelle di diminuzione della vulnerabilità del territorio;

- individuare e perseguire linee di intervento interagenti con le azioni di scala regionale, nazionale e internazionale indirizzate ad *un processo di restauro ecologico e di rinaturazione* del Delta;

Gli obiettivi richiamati sono perseguiti mediante azioni specifiche:

- la definizione delle esigenze di manutenzione, completamento ed integrazione dei sistemi di difesa esistenti, in funzione del grado di sicurezza compatibile e del loro livello di efficienza ed efficacia;
- la regolamentazione degli usi e delle trasformazioni del suolo, anche con riferimento agli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica vigenti, in relazione ai fenomeni di deflusso delle piene che interessano gli alvei delimitati dagli argini maestri e alle condizioni di vulnerabilità delle zone limitrofe a questi;
- criteri e indirizzi alla pianificazione territoriale, urbanistica e di protezione civile, con l'obiettivo di conseguire trasformazioni e usi del suolo compatibili con le esigenze di salvaguardia delle persone e dei beni, nonché di integrare le misure di sicurezza mediante la pianificazione di protezione civile;
- l'individuazione di interventi finalizzati al recupero naturalistico ed ambientale degli ambienti fluviali, nonché alla tutela e al recupero dei valori monumentali, paesaggistici e ambientali presenti e la riqualificazione delle aree degradate;
- l'individuazione di incentivi atti al perseguimento delle finalità e delle disposizioni del presente Piano;
- l'individuazione di interventi su infrastrutture e manufatti che interferiscano negativamente con gli obiettivi del presente Piano, con finalità di adeguamento e anche di rilocalizzazione;
- la moderazione delle piene, la difesa e la regolazione dei corsi d'acqua, con specifica attenzione alla valorizzazione della naturalità delle regioni fluviali;
- il monitoraggio dei caratteri di naturalità e dello stato degli squilibri idraulici;
- l'individuazione di progetti di gestione agro-ambientale e forestale.

---

## Capitolo 3 **Elaborati del Piano**

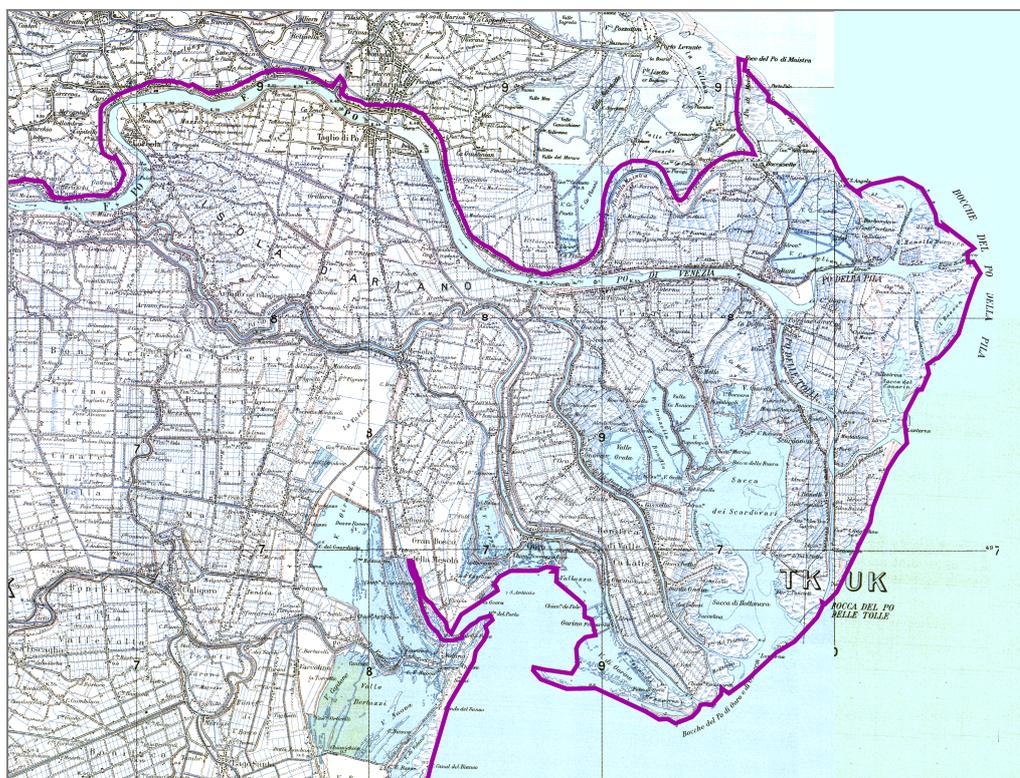
Il PAI Delta è costituito dai seguenti documenti:

1. Relazione generale e relativi allegati
  - Allegato 1 - Cartografia di inquadramento territoriale ed amministrativo
  - Allegato 2 – Quadro della pianificazione territoriale e delle tutele presenti
  - Allegato 3 – Opere idrauliche sul reticolo idrografico e a mare
  - Allegato 4 - Dinamica e modificazioni delle sezioni d'alveo del Po di Venezia
  - Allegato 5 – Analisi del rischio residuale
2. Quadro degli interventi strutturali di difesa
3. Programma finanziario
4. Delimitazione delle fasce fluviali – cartografia alla scala 1:10.000 e 1:100.000
5. Norme di attuazione

## Capitolo 4 **Ambito territoriale ed amministrativo del Piano**

### **3 Ambito territoriale di riferimento del Piano**

La delimitazione idrografica del territorio di riferimento assunto per il PAI Delta è definita, partendo dall'incile del Po di Goro, a nord dall'argine sinistro del Po di Venezia e successivamente da quello del Po di Maistra sino al mare; a sud dall'argine destro del Po di Goro sino al mare. Il limite verso nord coincide con quello del bacino idrografico del Po, come approvato dal DPR 1 giugno 1998, pubblicato sulla G.U. n. 173 del 19 ottobre 1998, con annessa cartografia, alla scala 1:250.000.



## 4 Comuni interessati dal Piano

L'ambito territoriale di riferimento del Piano interessa i seguenti comuni:

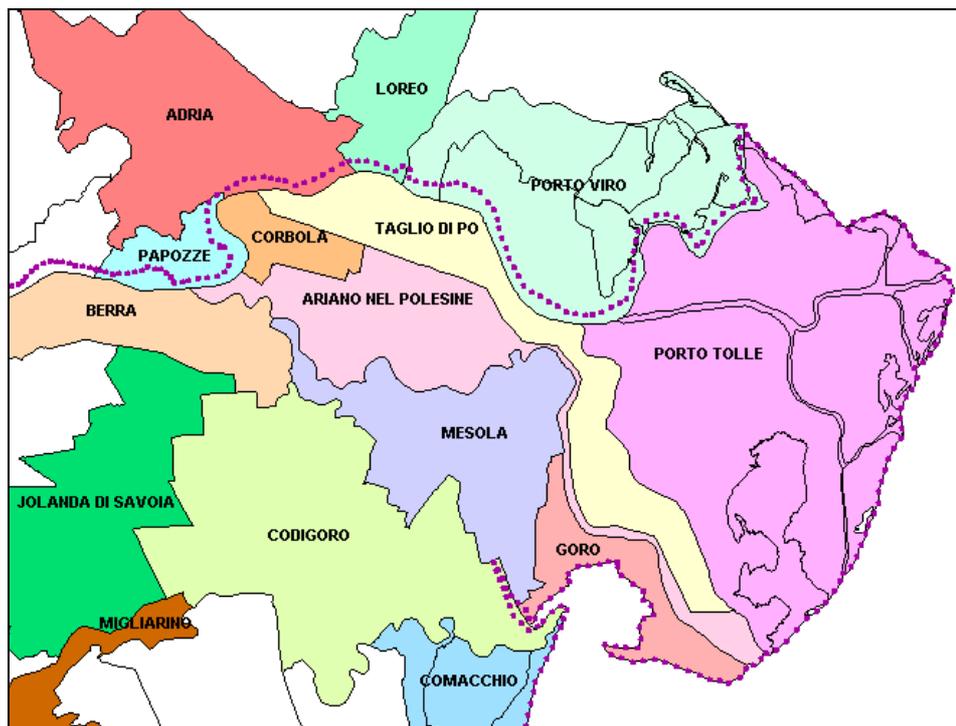
- Adria, Loreo, Papozze, Porto Viro (sino al censimento Istat del 1991 comuni di Donada e Contarina), in Provincia di Rovigo, parzialmente interni al bacino idrografico del fiume Po, per la parte di territorio lungo l'argine sinistro del Po di Venezia e successivamente del Po di Maistra;
- Ariano nel Polesine, Corbola, Porto Tolle, Taglio di Po, in provincia di Rovigo, totalmente interni al bacino idrografico del fiume Po;
- Berra, Codigoro, Comacchio, Goro, Jolanda di Savoia, Mesola, Migliarino, in provincia di Ferrara, totalmente interni al bacino idrografico del fiume Po.

### Comuni interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali nel PSFF, nel PAI e nel presente Piano.

Il PAI Delta contiene l'estensione della delimitazione delle fasce A, B e C al sistema idrografico del Delta, costituito dal corso del Po di Venezia, dall'incile del Po di Goro, e della Pila, dal ramo di Maistra in sinistra e dai rami di Goro, Gnocca, Tolle in destra.

La delimitazione ha investito territori di comuni già interessati dai precedenti PSFF e PAI; in particolare:

- i territori dei Comuni di Papozze e Berra, in cui ricade, all'altezza dell'incile del Po di Goro, la chiusura delle fasce A e B del Po delimitate nell'ambito del PSFF sono interessati dall'estensione delle stesse nel presente Piano;
- i territori dei Comuni di Berra, Codigoro, Comacchio, Goro, Jolanda di Savoia, Mesola, Migliarino, interessati dalla Fascia C del Po delimitata nell'ambito del PAI, sono soggetti alle delimitazioni delle fasce del presente Progetto di Piano.



Nei casi sopra descritti, le delimitazioni delle fasce fluviali, contenute nel presente Progetto di Piano, modificano, per le parti difformi, quelle del PSFF approvato con D.P.C.M. 24 luglio 1998 e quelle PAI, approvato con D.P.C.M. 24 maggio 2001. Di conseguenza le connesse disposizioni di cui alle Norme di attuazione, integrano e/o prevalgono, in caso di incompatibilità, su quelle del PSFF e del PAI richiamati.

## Capitolo 5 **Quadro della pianificazione territoriale e delle tutele presenti**

### **5 Quadro generale**

L'ambito di riferimento del presente Piano interessa il territorio della Regione Veneto, precisamente la porzione sud-orientale della Provincia di Rovigo, delimitata a sud dal ramo del Po di Goro, e a nord dal tratto di confine del bacino idrografico del Po che, dalla derivazione del ramo di Goro, segue il corso principale del fiume e poi il ramo di Maistra sino al mare.

Il territorio della Regione Emilia-Romagna è invece interessato per la porzione nord-orientale della Provincia di Ferrara, delimitata dal ramo del Po di Goro a nord e dal tracciato del Po di Volano a sud.

E' opportuno ricordare che l'estensione complessiva del sistema del Delta trascende gli attuali limiti del bacino idrografico del Po, raggiungendo a nord la sponda destra dell'Adige e a sud sconfinando, oltre la foce del fiume Reno, nel territorio della Provincia di Ravenna, comprendendo una vasta porzione di zone umide di grande interesse naturalistico e che costituiscono testimonianza del "Delta storico".

Il quadro delle disposizioni regionali e provinciali, in materia di pianificazione territoriale e di tutela naturalistica e paesistica per il territorio veneto, si articola nel Piano Territoriale Regionale di Coordinamento - PTRC - (1992), nel Piano di Area del Delta (1994), nel Progetto preliminare del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale della Provincia di Rovigo - PTCP - (adottato nel 1996) e nella recente istituzione del Parco regionale del Delta (1997).

Con i provvedimenti 24.11.1987 n. 6948 e 31.01.1989, n. 506, la Regione Veneto ha inoltre imposto ad ogni Consorzio di Bonifica di dotarsi di uno strumento di pianificazione che consideri, oltre alle componenti idrauliche, anche quelle territoriali ed ambientali. Successivamente, con la legge 08.01.1991, n. 1, la Regione ha conferito autorità e operatività al Piano Generale di Bonifica e di Tutela del Territorio Rurale. In particolare, il comprensorio del Consorzio di Bonifica Delta Po Adige (uno dei 20 istituiti dalla Giunta Regionale con provvedimento 07.03.1978, n. 1228) interessa l'ambito del presente Piano, estendendosi nella zona sud-orientale della Regione Veneto, che confina a sud con la Provincia di Ferrara, a nord e nord-ovest con la Provincia di Venezia e a ovest con la Provincia di Rovigo.

Natura, efficacia e collocazione gerarchica dei piani citati sono definite e regolate dalla legge urbanistica regionale 27 giugno 1985, n. 61 e da successive integrazioni e modifiche, tra le quali sono da ricordare la legge 11 marzo 1986, n. 9, che ha attribuito valenza paesistica al PTRC, al PTP e ai Piani di Area, e la legge regionale 30 aprile 1990 n. 40, che ha definito il

processo della programmazione regionale attraverso il Piano Regionale di Sviluppo, il Piano Territoriale di Coordinamento Regionale e i Piani settoriali e particolari.

Da ricordare inoltre l'iniziativa di programmazione negoziata promossa dal Consorzio per lo sviluppo economico e sociale del Polesine della provincia di Rovigo che ha trovato attuazione nel Patto territoriale Progetto Impresa Rovigo-Europa approvato con decreti n. 978 e n. 996 del 29/01/1999.

La Regione Emilia - Romagna ha definito, all'inizio degli anni '90, mediante il Piano Territoriale Regionale - PTR - (1990) e il Piano Territoriale Paesistico Regionale - PTPR - (1993) le linee di assetto e tutela generali del territorio. Con il Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Ferrara - PTCP - (1997) e il Piano Territoriale del Parco del Delta (adottato nel 1998) sono stati specificati l'assetto e il sistema regolativo degli interventi e della tutela del Delta.

In questa Regione, i rapporti di efficacia tra PTPR e gli altri strumenti di pianificazione generale e di settore sono stati recentemente riordinati con la legge 24 marzo 2000, n. 20<sup>1</sup>. In particolare il PTCP, attuando le prescrizioni del PTPR, costituisce, in materia di pianificazione paesaggistica, l'unico riferimento per gli strumenti comunali di pianificazione e per l'attività amministrativa attuativa (art. 24). Inoltre il PTCP individua, in coerenza con le previsioni dei piani di bacino, gli ambiti territoriali caratterizzati da fenomeni di dissesto idrogeologico, di instabilità geologica potenziale, e di pericolosità idraulica. Infine il Piano del Parco del Delta attua e specifica, per le zone di parco, le determinazioni di tutela e fruizione naturalistica della pianificazione territoriale di coordinamento provinciale.

Per il territorio in esame, quindi, il quadro di riferimento della pianificazione vigente è costituito principalmente, per la parte veneta, dal Piano di Area del Delta e, per la parte emiliano-romagnola, dal PTC della Provincia di Ferrara e dal Parco del Delta. Ciò in quanto l'approvazione del Piano di Area (1994) ha rappresentato l'attuazione e la specificazione delle disposizioni del PTRC e il superamento delle misure di salvaguardia temporanea poste da quest'ultimo sul territorio del Delta. Per la parte emiliano – romagnola, il PTCP e il Piano del Parco, in particolare quello della Stazione Volano – Mesola – Goro, hanno definito le misure di protezione dell'ambiente naturale e le linee della pianificazione urbanistica locale, in attuazione del PTR e del PTPR.

Nel seguito sono riportati i principali contenuti descrittivi e regolativi degli strumenti di pianificazione territoriale e di tutela naturalistica e paesaggistica elaborati dalle due Amministrazioni regionali e provinciali interessate. Le conclusioni evidenziano i principali nodi di correlazione tra detti strumenti e il presente Progetto di Piano. L'allegato "*Quadro della pianificazione territoriale e delle tutele presenti*" contiene schede di maggiore dettaglio relative ai singoli provvedimenti.

<sup>1</sup> Oggetto della legge della VI legislatura è la "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio", attraverso, tra l'altro, la riorganizzazione e il raccordo funzionale tra gli strumenti di pianificazione e la semplificazione dei procedimenti amministrativi.

## 6 Pianificazione territoriale

### Il PTRC della Regione Veneto

Il *Piano Territoriale Regionale di Coordinamento*, che ha valenza paesistica ai sensi della legislazione regionale vigente, è stato approvato con DCR il 28 maggio 1992, n. 382. Nel PTRC l'interpretazione della struttura territoriale della regione e le conseguenti linee di intervento per essa definite, discendono dagli enunciati e dai contenuti della programmazione economica regionale espressi nel Piano Regionale di Sviluppo, approvato con L.R. 31 gennaio 1989, n. 6.

Il PTRC risponde pertanto prioritariamente alle strategie di sviluppo economico e sociale, e, al contempo, assume obiettivi di tutela delle risorse naturali, ambientali e storico-artistiche della regione.

Seguendo questa impostazione generale, anche per il territorio del Delta, le indicazioni del PTRC privilegiano un approccio di consolidamento e potenziamento economico, in un quadro generale di individuazione e tutela dei beni naturali e ambientali.

Per quanto concerne lo scenario dello sviluppo economico regionale, il Polesine è collocato tra i "*sistemi urbani locali*", cioè quei sistemi che, rispetto alle aree centrali, hanno costruito un'autonoma organizzazione produttiva, fondata principalmente su specifici fattori territoriali, ambientali, culturali ed umani. Il rafforzamento del sistema del Polesine è centrato, nel PTRC, sui principali *centri urbani*, sul *sistema produttivo*, *turistico* e sul *sistema relazionale*.

La definizione organica dell'assetto territoriale e delle misure di tutela naturalistica e del paesaggio per il territorio del Delta è demandata, dal PTRC, all'istituzione del parco naturale del Delta e, in particolare, alla redazione del Piano di Area.

Relativamente *agli aspetti di difesa del suolo*, il PTRC introduce direttive che concernono criteri di individuazione e delimitazione delle aree soggette a dissesto idraulico e idrogeologico, che le Province e i Comuni dovranno adottare nei propri strumenti di pianificazione.

### Il Piano di Area del Delta

Pur indirizzato a finalità di tutela dei valori paesistici e ambientali, il Piano, che ha valenza paesistica ai sensi della legislazione regionale, mantiene l'impostazione e promuove le strategie di sviluppo socio-economico definite nel PTRC.

L'ambito territoriale di riferimento del Piano è costituito dal sistema del Delta, dal corso dell'Adige al ramo del Po di Goro, limite amministrativo regionale.

Il metodo generale del Piano è quello del recepimento e inquadramento di ipotesi di sviluppo socio-economico già in essere e di nuova definizione entro un'ottica complessiva di tutela ambientale e del paesaggio.

I settori economici di maggiore attenzione sono l'agricoltura, la pesca e le relative strutture portuali, la molluschicoltura nelle lagune, la vallicoltura, il turismo balneare e verde. L'ambiente naturale è individuato e regolato secondo singoli sistemi e sottosistemi: l'ambito lagunare e litoraneo, i rami deltizi, le aree boscate, gli ambiti di restauro ambientale. Dell'ambiente antropico sono individuati e regolati il sistema dei beni storico-culturali, il corridoio afferente la strada Romea, il sistema insediativo e produttivo.

Le disposizioni del Piano, articolate in direttive, prescrizioni e vincoli, comportano l'adeguamento della strumentazione urbanistica e territoriale di scala provinciale e comunale.

## Il Piano Generale di Bonifica e di Tutela del Territorio Rurale del Consorzio Delta Po Adige

Il Piano Generale di Bonifica e di Tutela del Territorio Rurale (P.G.B.T.T.R.) ha la finalità prioritaria della razionale pianificazione e tutela delle zone rurali, in rapporto ai processi di urbanizzazione e ai fattori di compromissione ambientale del territorio. Sono specifico oggetto di analisi e di intervento del Piano di Bonifica: l'assetto idraulico di bonifica, irriguo, ambientale ed agricolo del territorio, la valutazione delle cause di degrado, l'individuazione delle azioni di miglioramento, l'analisi degli impatti delle azioni sul territorio, l'individuazione delle attività prioritarie.

Il Piano predisposto dal Consorzio di Bonifica Delta Po Adige ha sviluppato le tematiche proposte dalle "Direttive per la predisposizione del Piano Generale di Bonifica e Tutela del Territorio Rurale" emanate dalla Regione Veneto, giustificando, quando necessario, la scelta di metodologie di indagine alternative a quelle indicate dalle direttive.

Il Piano ha efficacia *dispositiva* per quanto si riferisce alle azioni per l'individuazione e la progettazione di opere pubbliche di bonifica ed irrigazione e delle altre opere necessarie per la tutela e la valorizzazione del territorio rurale; ha valore di *indirizzo* per quanto riguarda i vincoli per la difesa dell'ambiente naturale e l'individuazione dei suoli agricoli da salvaguardare.

## Il PTP di Rovigo

Del *Piano Territoriale Provinciale* è stato adottato, ad oggi, il Progetto Preliminare (1996) che non ha, pertanto, efficacia operativa. Elaborazioni del PTP concernono l'esame e le valutazioni delle dinamiche evolutive locali e le previsioni progettuali per il territorio provinciale secondo il seguente ordine: il *sistema ambientale*, i *beni storico-culturali*, il *sistema insediativo* e il *sistema relazionale*.

Guardando al territorio oggetto del presente Piano, è possibile affermare che, in linea generale, esso recepisce quanto delineato nel PTCR e nel Piano d'Area.

## Il PTR e il PTPR della Regione Emilia-Romagna

Come detto, i due strumenti di pianificazione territoriale e paesistica regionali generali, *Piano Territoriale Regionale* e *Piano Territoriale Paesistico Regionale*, sono stati entrambi specificati ed attuati nel territorio del Delta, mediante la pianificazione territoriale provinciale ferrarese, PTCP, e del parco naturale regionale.

Ai fini della presente trattazione, conviene ricordare che le disposizioni relative agli ambienti dei corsi d'acqua superficiali e alle zone di tutela della costa e dell'arenile, contenuti nel del PTPR, hanno costituito riferimento metodologico e regolativo nella redazione del PTCP della provincia di Ferrara e del Piano del Parco del Delta.

## Il PTCP di Ferrara

Il *Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale* si pone come elemento di un processo di pianificazione che coinvolge i diversi livelli di amministrazione del territorio, assumendo, seppure in un quadro di valutazioni critiche, gli obiettivi di sviluppo e tutela definiti dalla Regione. Per i sistemi funzionali del territorio, economico, insediativo e ambientale sono fissati obiettivi, azioni ed interventi diretti. Il sistema regolativo del PTCP concerne esclusivamente la tutela paesaggistica ed ha in particolare per oggetto, sulla base dei contenuti del PTP: le unità di paesaggio, i sistemi forestale e boschivo, delle aree agricole e della costa, i corsi d'acqua e i corpi idrici sotterranei, gli insediamenti urbani storici e le zone di interesse testimoniale e archeologico.

In particolare le disposizioni inerenti gli invasi e gli alvei dei corsi d'acqua sono rapportate a quelle definite per la regolamentazione della Fascia A del PSFF, con alcune specificazioni e integrazioni.

# 7 **Piani dei Parchi regionali e zone di rilevanza comunitaria**

## Il Parco Regionale del Delta veneto

Il Parco regionale del Delta veneto è giunto alla istituzione definitiva recentemente, con Legge regionale n. 36 del 8 settembre 1997. L'atto istitutivo non ha modificato, nella sostanza, il quadro delle misure di protezione già vigenti per il territorio in esame. La perimetrazione delle aree a

parco, infatti, definita alla scala 1:50.000 comprende, in linea di massima, i rami deltizi e le aree golenali presenti, escludendo nel complesso il territorio del Delta. Tali ambiti fluviali, si ricorda, risultano già regolati da normative di scala nazionale, tra cui, la legge 8 agosto 1985, n. 431 e il Regio Decreto 25 luglio 1904, n. 523 e, come già esposto nei precedenti paragrafi, da strumenti di pianificazione di scala regionale, il Piano d'Area in particolare. In secondo luogo l'istituzione del Parco non definisce specifiche misure di salvaguardia, ma assume il sistema di vincoli e le direttive del vigente Piano di Area, che inoltre continuerà ad avere applicazione in tutte le aree previste da detto Piano non incluse nella perimetrazione del Parco. Infine ai sensi della legge istitutiva del Parco stesso (art. 4, comma 2) il Piano del parco, non potrà porre ulteriori vincoli di tutela paesaggistico-ambientale rispetto a quanto già previsto dal Piano d'Area.

## Il Piano del Parco Regionale del Delta emiliano-romagnolo

Il Parco Regionale del Delta della Regione Emilia - Romagna è stato istituito al fine di garantire e promuovere in forma unitaria e coordinata la conservazione, la riqualificazione e la valorizzazione dell'ambiente naturale e storico, del territorio e del paesaggio del Delta ed in particolare delle zone umide di importanza internazionale per scopi culturali, scientifici, didattici, economici e sociali.

Il territorio del parco è costituito da ambiti distinti che si sviluppano lungo il litorale e nell'entroterra, articolandosi in sei stazioni: Volano-Mesola-Goro, Centro storico di Comacchio, Valli di Comacchio, Pineta di San Vitale e Piassasse di Ravenna, Pineta di Classe e Salina di Cervia, Campotto di Argenta.

La stazione di interesse ai fini del presente Piano è quella di Volano- Mesola – Goro, che comprende il territorio delimitato a nord dal tratto del ramo del Po di Goro da Mesola sino alla Bocca del Po di Goro, a ovest dal tracciato della Romea e a est dalla costa sino al Lido delle Nazioni. L'area comprende emergenze ambientali, quali il Bosco della Mesola e la Valle Bertuzzi, storico – architettoniche, come l'Abbazia di Pomposa, le Riserve Naturali dello Stato “Bosco della Mesola”, la “Bassa dei Frassini e Balanzetta”, le “Pinete di Volano” e gli “Scanni e barene di Gorino”.

Il Piano Territoriale della stazione ha, come detto, valore di specificazione e attuazione del Piano Territoriale Paesistico Regionale e del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale, è inoltre cogente sul complesso delle pianificazioni generali comunali e su quelle di settore.

Gli ambiti fluviali corrispondono nel piano alle zone di tutela generale delle golene sommergibili e delle isole fluviali del Po di Goro e del Po di Volano. Per esse è possibile evidenziare una significativa rispondenza con alcuni principi e contenuti normativi del Piano di bacino, relativamente alla realizzazione delle fasce fluviali.

La Sacca di Goro è una delle aree di pre-parco. Per essa obiettivi specifici sono il mantenimento dell'ambiente e la prosecuzione delle attività

economiche esistenti, in un'ottica generale di completamento dell'azione di tutela operata dal Parco sul territorio del Delta.

## Parco Interregionale del Delta

L'istituzione del Parco interregionale del Delta è, come noto, una disposizione prevista dalla legge quadro nazionale sulle aree protette 6 dicembre 1991, n. 394 (art. 35, comma 4).

Il percorso delineato ai fini dell'istituzione è una specifica intesa tra la Regione Emilia - Romagna, la Regione Veneto e il Ministero dell'Ambiente .

In adempimento alle disposizioni della legge è stato sottoscritto, nel dicembre del 1996, il Protocollo di Intesa tra le parti interessate. Permangono alcuni nodi nella definizione e nel perseguimento di obiettivi e strategie comuni e condivisi per la tutela e il ripristino naturalistico, ecologico e paesistico del Delta, a partire dall'approccio metodologico che informa i due parchi, che ha portato ad una perimetrazione del parco stesso limitata ai rami deltizi nel caso veneto, estesa a includere l'intero sistema fiume- suolo - mare nel caso emiliano - romagnolo.

## Tutela delle zone umide del Delta

Le vocazioni ambientali, ecologiche, sociali ed economiche del Delta sono determinate in misura rilevante dalla presenza di zone umide, ambiti strategici per la conservazione delle biodiversità, degli habitat e degli equilibri idrogeologici.

A livello internazionale le zone umide sono considerate tra gli ambienti naturali più importanti per la vita del pianeta e sono oggetto, a partire dagli anni '70, di strategie di conservazione e di gestione. Fra di esse si ricordano le più recenti e determinanti:

- la *Convenzione di Ramsar* sulle Zone Umide (1971), uno dei più importanti trattati internazionali per la conservazione della fauna selvatica delle zone umide. Con la Convenzione di Ramsar ha avuto avvio la collaborazione tra governi per la conservazione della fauna selvatica nelle zone umide. L'obiettivo iniziale si è progressivamente ampliato sino a riguardare l'insieme degli aspetti della conservazione e dell'uso razionale delle zone umide, riconoscendole come ecosistemi di estrema importanza per la conservazione della biodiversità e per il benessere delle comunità umane. La Convenzione è entrata in vigore nel 1975 e, al febbraio 2000, conta 118 Paesi aderenti. Più di 1.000 zone sono state designate per essere incluse nella Lista delle zone umide di importanza internazionale, per una superficie di 73 milioni di ettari. All'interno del nostro ordinamento, la Convenzione di Ramsar ha avuto esecuzione con il DPR 13 marzo 1976, n. 448. Si ricorda che il trattato di Ramsar comporta, per i paesi aderenti, specifici impegni: *designare almeno una zona umida da inserire nella Lista di Ramsar* e promuoverne la relativa conservazione ed uso razionale; *includere previsioni relative alla conservazione delle zone umide nelle politiche locali di pianificazione territoriale; creare riserve naturali nelle zone*

- umide*, siano o meno queste ultime inserite nella Lista di Ramsar e promuovere l'addestramento nel campo della ricerca e nella gestione delle zone umide; la *cooperazione internazionale* ai fini dell'applicazione della Convenzione, con particolare riguardo alle zone umide transfrontaliere, ai sistemi acquatici comuni e alle specie animali comuni;
- la *Direttiva comunitaria sulla Conservazione degli Uccelli Selvatici* (79/409/EEC), che ha individuato le zone umide internazionali quali ambienti strategici per la salvaguardia delle aree di svernamento e riproduzione degli uccelli;
  - la *Convenzione di Berna* (1979) per la Conservazione della Fauna Europea e degli Habitat Naturali, che ha avuto come scopo principale "la conservazione della flora, della fauna e di habitat naturali, specialmente di specie ed habitat la cui conservazione richiede la cooperazione di diversi stati", firmata, oltre che da tutti gli Stati Membri, anche da altri Paesi Europei e del Nord Africa;
  - la *Direttiva europea Habitat* (92/43/EEC), sulla conservazione degli habitat, della flora e della fauna selvatica. Si tratta di un'estensione della direttiva sugli Uccelli Selvatici ed obbliga gli Stati Membri a preservare alcuni habitat di rilevante valenza ecologica che contengono specie rare od in via di estinzione. Sono indicati i criteri e le modalità di individuazione dei Siti di Importanza Comunitaria (SIC) e delle Zone di Protezione Speciale (ZPS). Un SIC è un sito che, nella regione biogeografica cui appartiene, contribuisce in modo significativo a mantenere o ripristinare un tipo di habitat naturale o una specie (elencati negli allegati alla direttiva stessa) in uno stato di conservazione soddisfacente, in coerenza con le indicazioni di NATURA 2000, mantenendo la diversità biologica nella regione biogeografica in questione. Una ZPS è un sito di importanza comunitaria, designato dagli Stati membri mediante un atto regolamentare, amministrativo e/o contrattuale, in cui sono applicate le misure di conservazione necessarie al mantenimento o al ripristino, in uno stato soddisfacente, degli habitat naturali e/o delle popolazioni delle specie per cui il sito è designato;
  - *NATURA 2000*, un network ecologico che individua i siti SAC o/e SPA (Special Areas of Conservation/Special Priority Areas) e mira ad un ripristino e ad una conservazione integrata degli habitat in condizioni favorevoli.

La *Lista di Ramsar*, comprende numerosi ambiti dell'area complessiva del Delta tra cui: *Valle di Gorino* e zone limitrofe, *Valle Bertuzzi* e zone limitrofe, *Valli Residue di Comacchio e il Po, Po di Volano e Sacca di Bellocchio*.

Per il territorio nazionale, i SIC e le ZPS sono individuati ed elencati nel D.M. 3 aprile 2000. Con riferimento all'area del Delta, nell'allegato "Quadro della pianificazione territoriale e delle tutele presenti", sono perimetrati gli ambiti dei seguenti SIC: Valle Bertuzzi, Valle Porticino-Canneviè; Bosco di Volano; Bosco della Mesola, Bosco Panfilia, Bosco S. Giustina; Rami fluviali; Sacca degli Scardovari e foce Po; Scanni fra il Po di Maistra e il Po di Gnocca; Sacche e Bonelli fra il Po di Maistra e il Po della Pila; Lagune e valli fra il po di Maistra e il Po della Pila; Fossili di Ariano Polesine; Rotta di San Martino; Dune di Massenzatica; Garzaia dello Zuccherificio di Codigoro. Sono inoltre perimetrare le seguenti ZPS: Valle Bertuzzi, Valle Porticino-Cannaviè; Bosco di Volano; Sacca di Goro, Po di Goro, Valle Dindona, Foce del Po di Volano;

Bosco della Mesola, Bosco Panfilia, Bosco di S. Giustina; Rami fluviali e scanni; Dune di Massenzatica; Garzaia dello zuccherificio di Codigoro.

## 8 Pianificazione urbanistica

I comuni veneti, Ariano Polesine, Corbola, Porto Tolle e Taglio di Po, il cui territorio ricade interamente nel bacino del Po e nell'ambito territoriale del presente Piano, sono dotati di Piani Regolatori Generali di formazione relativamente recente, approvati nell'ultimo decennio.

Essi hanno pertanto recepito, nel complesso, le disposizioni del Piano d'Area (1994), che, come detto, definisce localmente le linee di assetto territoriale del PTGR e le tutele paesistiche.

Le previsioni di nuova espansione urbana di questi comuni, tutti tendenzialmente con saldo demografico negativo, sono relazionate a nuovi dimensionamenti quantitativi e al soddisfacimento di esigenze di miglioramento qualitativo degli standard abitativi, nonché alla promozione dei settori turistico e produttivo.

La regolamentazione delle zone rivierasche fluviali discende da quella definita nella legge urbanistica regionale, inerente le zone di tutela (art. 27 L.R. 61/85) e da quella del già richiamato Piano d'Area, che stabiliscono una fascia di 300 m dal piede esterno degli argini maestri soggetta a parziali limitazioni alle trasformazioni urbane. Tali norme trovano attuazione anche nei comuni di Papozze, Adria, Loreo, Porto Viro, parzialmente interni al bacino idrografico del Po e interessati dal presente Piano per la delimitazione delle fasce fluviali.

Specifiche disposizioni interessano inoltre gli abitati rivieraschi di Donzella, Scardovari e Tiepolo nel comune di Porto Tolle. Per essi infatti, a seguito della piena del 1966, con D.M 19 ottobre 1967, ai sensi della legge 9 luglio 1908, n. 445, sono state poste disposizioni di trasferimento. Il Piano di Trasferimento è stato recentemente modificato dalla L.R. 10 aprile 1998, in riferimento all'individuazione della popolazione e dei beni ubicati all'interno delle fasce territoriali aventi rispettivamente profondità, misurata dall'unghia dell'argine, fino a 20 m e da 20 a 50 m. Per detta popolazione, la L.R. dispone la possibilità di assegnazione di aree, non superiori a 500 m<sup>2</sup> per il trasferimento di edifici destinati alla sola residenza e aree di dimensione non superiore a 1.000 m<sup>2</sup> per trasferire edifici destinati a residenza e altri usi. Le aree cedute, nell'ambito del programma di trasferimento, sono sottoposte a vincolo di cui all'art. 74 della legge 9 luglio 1908, n. 445. I proventi derivanti al Comune per l'alienazione delle aree, sono impiegati per interventi di urbanizzazione primaria, da realizzarsi nell'ambito del Piano di trasferimento.

Il PRG del Comune di Porto Tolle articola ulteriormente la normativa, in rapporto al centro edificato e alle zone edificabili: impone una servitù di passaggio di 4 m dal piede arginale, con divieto assoluto di costruzione e di recinzione; inedificabilità di nuovi volumi e preventivo nullaosta idraulico per interventi sull'esistente fino a 50 m dal piede dell'argine; divieto di volumi interrati e di scavi non connessi all'abitazione fino a 100 m dall'argine.

I comuni rivieraschi emiliani, il cui territorio si sviluppa lungo il ramo del Po di Goro, sono dotati di P.R.G. approvati in periodi diversi: Il più vecchio è quello

di Mesola (più di 10 anni), segue il PRG di Berra (circa 10 anni) e infine Goro con un Piano di più recente formazione (1997). Si tratta di strumentazione che, almeno in parte, deve ancora provvedere a recepire le disposizioni della pianificazione regionale e provinciale in materia di paesaggio.

## **9 Raccordi tra pianificazione territoriale, urbanistica, tutele e pianificazione di bacino**

Gli strumenti di pianificazione territoriale, urbanistica e di tutela paesistica e naturalistica *definiscono per il territorio del Delta gli assetti insediativo, economico, naturalistico e del paesaggio*. Sono in particolare definite le tutele paesistiche e naturalistiche, nonché ricercate le compatibilità tra queste e l'esigenza di incentivare specifici settori economici, quali la pesca, la vallicoltura e il turismo.

Per quanto concerne invece la tutela idraulica, in linea generale questi strumenti operano al livello dei quadri conoscitivi, riconoscendo il complessivo stato di rischio idraulico presente, conseguenza diretta dello stato di depressione del suolo rispetto al livello del mare e del quadro di artificializzazione generale del sistema fluviale. In termini di linee di intervento, l'approccio metodologico della pianificazione territoriale e paesistica esaminata è di affidare agli strumenti e agli interventi delle Amministrazioni competenti per la sicurezza idraulica il controllo e la soluzione delle criticità presenti, prescindendo dai livelli di vulnerabilità che si determinano sul territorio in funzione delle diverse scelte legate allo sviluppo insediativo, di infrastrutturazione e di attività produttive.

La particolare caratterizzazione del territorio rispetto all'assetto idraulico del sistema deltizio, l'elevato grado di artificializzazione del sistema di protezione dalla piene e di difesa a mare, i limiti comunque esistenti connessi all'efficienza del sistema di protezione non sono generalmente presi in considerazione nell'ambito delle variabili territoriali rispetto alla quali impostare le scelte di tipo urbanistico e territoriale, al fine di ricercare soluzioni preventive che non comportino uno sviluppo socio-economico accompagnato da un aumento dei livelli di rischio idraulico e che interiorizzino nelle scelte territoriali i limiti connessi al grado di protezione idraulica effettivamente conseguibile in funzione dei vincoli tecnici e/o economici.

## Capitolo 6 **Assetto geomorfologico e idraulico del sistema del Delta**

### **10** **Genesi ed evoluzione geomorfologica e idrogeologica del Delta**

Dal punto di vista geografico il Delta si estende a nord fino al fiume Adige e a sud fino al Reno, in un territorio completamente al di sotto del livello del mare, fatta eccezione per gli argini, le coste e le dune fossili interne.

La parte interessata dai rami attivi del Po (da nord a sud si incontrano il Po di Maistra, il Po Grande o di Venezia, di Tolle, di Gnocca, di Goro), definita come "Delta attivo", si protende nell'Adriatico per molti chilometri.

Il Po di Goro costituisce il ramo più a sud; tutta la vasta area compresa tra tale ramo e la sponda del fiume Reno, nota come "Delta fossile", presenta ancora vaste zone umide (le Valli di Comacchio, la Valle Bertuzzi e altre valli minori), testimonianza degli antichi rami non più attivi, tra cui il Po di Volano, che mantiene oggi la funzione dorsale principale a cui è collegato il reticolo idrografico di bonifica che drena l'intera area compresa tra gli argini di Po e quelli del Reno.

Durante il periodo etrusco (VI-IV sec. a.C.) e quello romano (III a.C. - V d.C.), il fiume Po passava per Bondeno e Ferrara; in prossimità di Codrea si divideva in due rami principali: l'Olana ed il Padoa. L'Olana presentava diversi rami di foce, il principale dei quali passava per Copparo e Coccanile e sfociava ad est di Massenzatica; un secondo ramo, che in seguito assunse maggior importanza (il Po di Volano), passava per Codigoro e sfociava presso Vaccolino. Nel VII secolo d.C. il Padoa (ramo principale dell'epoca) cominciò la sua lenta estinzione. Una rotta presso Ferrara portò alla nascita di due nuovi rami, il Po di Volano (che nel tratto iniziale coincideva con l'Olana, ma che poi piegava ad est per Codigoro), e il Po di Primaro (per Argenta). In questo periodo si sviluppa il Gaurus, un ramo del Volano attivo per tutto il medioevo. Il Gaurus nasceva dal Volano a Codigoro (Caput Gauri), si dirigeva verso nord passando per Mezzogoro (Medium Gauri) e Massenzatica. Successivamente i processi d'interramento portarono all'occlusione del Gaurus, fino alla sua definitiva scomparsa nel XV secolo. Il percorso del Gaurus è ancor oggi evidenziato dalla strada che da Codigoro porta a Massenzatica e che ne costituiva uno degli argini.

Nel IX secolo la foce del Gaurus raggiungeva e superava la posizione ora occupata da Mesola e a sud si consolidava il grande cordone litoraneo, detto poi Isola pomposiana, che da Massenzatica si raccordava al Delta del Volano.

Su quest'area, sopraelevata ed al sicuro dalle alluvioni, fu costruita la via Romea e, dopo il VII secolo, si stabilì la comunità di monaci benedettini che diede origine all'insediamento di Pomposa. Verso il X secolo la subsidenza del suolo, non più compensata dall'apporto sedimentario alluvionale del Padoa, determinò il progressivo ingresso delle acque marine, che portò alla nascita e all'espansione delle grandi valli salmastre di Comacchio.

Le attuali condizioni di assetto dei rami del Delta derivano da due fatti storici fondamentali: la rotta di Ficarolo del 1152 e il taglio di Porto Viro del 1604.

Nel XII secolo, in occasione di piene particolarmente elevate, si manifestarono una serie di rotte presso Ficarolo (Rovigo), le quali portarono il fiume Po a percorrere l'alveo attuale (probabilmente il letto di un colatore preesistente), inizialmente denominato per l'appunto Po di Ficarolo. Tale nuovo corso determinò nei secoli una sempre minor efficienza dei rami di Volano e di Primaro, che cinque secoli prima, a loro volta, avevano determinato la decadenza del ramo di Padoa.

Con la rotta di Ficarolo, l'assetto idraulico del fiume, assestatosi e consolidatosi fino al basso Medioevo, si viene dunque a spostare verso Nord, riattivando il protendersi del territorio verso il mare. A seguito del nuovo assetto venne anche estromesso il Reno, in precedenza anch'esso affluente del Po, mentre il ramo di Primaro divenne un ramo secondario del Po di Volano.

Nel Trecento la linea di costa passava poco ad est di Mesola, e il nuovo Po di Ficarolo aveva lo sbocco a mare vicino a Donada (Rovigo); tra il XIII e il XIV secolo, una diramazione del Po, il Po di Ariano, si articolò in due rami di foce, quello propriamente detto di Goro, verso nord, e quello dell'Abate verso sud, tra i quali era compresa l'isola di Mesola. L'avanzamento della foce del ramo di Goro determinò la formazione di due lagune: a nord la Sacca di Goro, a sud la Sacca dell'Abate (attuale Sacca di Goro).

I grandi mutamenti socio-economici del Cinquecento furono alla base di numerose iniziative di bonifica del territorio. Per prosciugare la grande area paludosa tra Copparo, Codigoro e Mesola (Polesine di Ferrara) gli Estensi avviarono il progetto noto come Grande Bonifica Estense (1566-1572). Il deflusso delle acque di bonifica verso il mare era regolato da due chiaviche principali: la Chiavica dell'Abate (attuale Torre Abate), che permetteva il deflusso nella Sacca dell'Abate, e la Chiavica di Volano, nel Po di Volano. Nel giro di pochi anni questa grande opera idraulica si dimostrò inefficace in ragione di diversi fattori: le difficoltà a insediare i terreni prosciugati, un peggioramento climatico (con conseguenti alluvioni), la subsidenza e gli effetti del taglio di Porto Viro (che interrò la Chiavica dell'Abate e scaltarono quella di Volano) determinarono infatti il ritorno degli acquitrini.

Alla fine del Cinquecento il ramo principale del Po (Po di Fornaci) si dirigeva verso nord ed il costante apporto di detriti cominciava ad allarmare la Repubblica di Venezia, preoccupata della possibilità che la laguna si occludesse rendendo difficoltoso il passaggio delle imbarcazioni. In questo stesso periodo il potere degli Estensi, duchi di Ferrara, stava volgendo al tramonto e nel 1598 il Ducato ritornò nelle mani della Santa Sede. I veneziani approfittarono di questo momentaneo vuoto politico per effettuare un intervento idraulico progettato da anni (il taglio di Porto Viro), che avrebbe indirizzato le acque del Po verso sud.

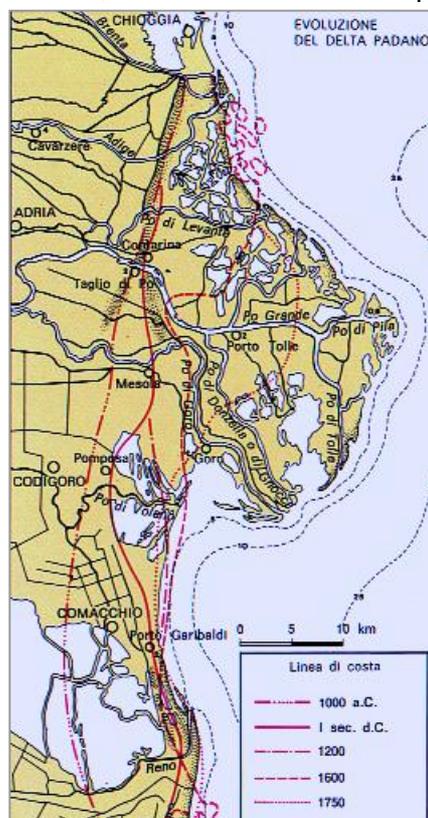
I lavori, all'avanguardia per l'epoca, consistettero nello scavo di un canale di sei chilometri tra Porto Viro e la Sacca di Goro (che al tempo era a nord di Mesola); iniziarono nel 1600 e si protrassero per quattro anni. Quest'opera segnò lo sviluppo del Delta moderno e causò molti problemi sulle coste ferraresi: la Sacca di Goro e Porto dell'Abate (presso l'attuale Torre Abate) furono in breve tempo interrati dai sedimenti e fu inondato quello di Volano (presso l'attuale abitato di Volano). Il conseguente malfunzionamento delle chiaviche qui situate decretò la fine della Grande Bonifica Estense; inoltre, per l'apporto di sedimenti del Po di Donzella, il Po di Goro cominciò a piegare verso sud ingrandendo la Sacca dell'Abate. Il porto di Goro seguì l'avanzamento della foce del Po di Goro e nel Novecento la Sacca dell'Abate prese l'attuale nome di Sacca di Goro.

Il taglio di Porto Viro e le successive grandi opere di bonifica realizzate a partire dal secolo scorso (in particolare negli anni dal 1900 al 1970) sono i principali fattori della formazione dell'attuale morfologia deltizia.

Poco prima del taglio di Porto Viro, l'attuale territorio dei comuni di Taglio di Po e di Porto Tolle era occupato dal mare e dalla Sacca di Goro, formatasi in seguito all'avanzamento del Po delle Fornaci a nord, con i suoi 3 rami (ramo di Tramontana, di Levante e di Scirocco), e del Po di Goro a sud.

La formazione del territorio di Porto Tolle inizia con il XVIII secolo e si sviluppa in maniera più accentuata durante tutto il 1800. La forte attività del Po di Goro e del Po di Gnocca, favorita dalla chiusura artificiale di alcuni rami del Po di Maistra, viene così a formare il primo embrione della Sacca di Scardovari, che

trova comunque come principale artefice il Po di Tolle, che è anche causa della formazione della parte sud orientale di Polesine Camerini. Stime effettuate da Giandotti su un intervallo di tempo di 240 anni indicano un incremento di lunghezza dei rami del Po di oltre 83 m/anno: 20 Km il Po di Goro, 24 Km il Po di Maistra e 23 Km il Po di Tolle.



Con gli inizi del XX secolo il fenomeno deposizionale subisce prima un rallentamento e quindi un'inversione, prevalentemente dovuta alla subsidenza innescata dal considerevole emungimento di acque metanifere. Nel periodo compreso tra il 1950 e il 1960 si assiste infatti ad un arretramento della linea di costa, alla conseguente immersione di aree precedentemente formate e allo spostamento verso costa dei banchi sabbiosi.

Con la cessazione delle attività estrattive dal sottosuolo, la subsidenza si stabilizza verso valori simili agli anni precedenti al

1940, ma la diminuzione delle portate solide dei rami del Po determina ancora oggi problemi di apporto, particolarmente evidenti sin dalla seconda metà degli anni '60.

La formazione del Delta, impostato in una depressione tettonica delimitata dai rilievi sepolti di Adria e da quelli del sottosuolo del ravennate, è il risultato dei fenomeni di sedimentazione del materiale trasportato dal Po; le sequenze stratigrafiche plio-quadernarie che la costituiscono assumono potenze notevoli, pur essendo stati depositi a quote prossime a quelle del mare, in conseguenza di un processo naturale di subsidenza, determinato dal progressivo costipamento ed abbassamento dei sedimenti ed al fatto che la velocità di sedimentazione risultava evidentemente superiore a quella di subsidenza. Gli spessori dei sedimenti quadernari raggiungono valori di circa 2.000-2.200 m; i sottostanti livelli pliocenici hanno potenza inferiore a 1.000 m. I terreni in argomento sono tuttora interessati da fenomeni di costipamento dovuti al peso proprio del materiale; i coefficienti di compattazione sono ovviamente più elevati per i termini più recenti delle locali serie stratigrafiche.

In una simile situazione di compressibilità dei depositi risulta evidente come la risposta a variazioni delle locali condizioni naturali indotte dall'azione dell'uomo si traduca in manifestazioni di disequilibrio e di dissesto, che costituiscono appunto l'exasperazione e l'accelerazione di processi evolutivi, tra cui appunto la subsidenza. L'area è particolarmente fragile anche rispetto alle sollecitazioni esterne quali ad esempio le mareggiate e le variazioni del livello medio marino (eustatismo positivo) dovuto ai cambiamenti climatici.

I terreni che si sono depositati nel Delta negli ultimi 3000 anni presentano granulometrie alquanto variabili: i terreni più argillosi, entro cui sono frequenti le intercalazioni torbose, occupano le antiche paludi; terreni sabbiosi marciano invece gli antichi alvei dei bracci del Po, le tracce di tracimazione ed i cordoni litorali del Delta successivi. Le sequenze litostatigrafiche e le variazioni laterali di granulometria indicano la continua variazione della configurazione del Delta e dell'andamento dei singoli bracci, che doveva avere peraltro anche periodi abbastanza lunghi di costanza delle condizioni di deposizione, come evidenziato da depositi di notevole spessore con omogeneità delle caratteristiche litologiche.

Da un punto di vista morfologico, nell'area del Delta si rilevano particolarità significative rappresentate da forme tipiche dei territori litoranei e lagunari, quali, procedendo dalla linea di costa verso l'entroterra, cordoni litoranei sabbiosi parzialmente sepolti, tracce di bracci fluviali estinti, cordoni litoranei sabbiosi complessi e di dimensioni anche notevoli. La linea di costa presenta una tendenza evolutiva variabile a seconda dei tratti, alcuni dei quali risultano in erosione, altri in avanzamento.

## 11 Idrografia

Il fiume Po presenta un estuario a delta alquanto esteso e articolato, soggetto continuamente a variazioni, sia nella forma sia nella dimensione. Negli ultimi secoli è stato stimato un allungamento medio di 65 m/anno; la completa regimazione del corso d'acqua, operata con i successivi lavori di sistemazione e bonifica, ha modificato in modo significativo il regime di deflusso rispetto alle condizioni tipiche dei secoli passati, molto più prossime ad un assetto naturale, rendendo non più significativa l'estrapolazione al futuro degli andamenti medi riscontrati su base storica.

Le ramificazioni costituenti il Delta hanno inizio all'altezza di Papozze (Rovigo), al km 625 della progressiva lungo l'asse del Po, dove il corso principale devia verso nord per riprendere successivamente la direzione ovest - est.

Dal ramo principale si dipartono in destra il Po di Goro, diretto verso sud - est, e il Po della Gnocca, al km 656, con un percorso parallelo al Po di Goro; in sinistra il Po di Maistra al km 659.

Al km 668 il Po di Venezia si biforca in due rami, il Po della Pila, il più importante, che prosegue in direzione est e il Po delle Tolle, in destra, verso sud.

I rami del Po della Gnocca, del Po di Venezia e del Po delle Tolle delimitano l'isola della Donzella rispettivamente a ovest, nord ed est.

Le ulteriori diramazioni del Po della Pila prendono il nome di buse (la busa Dritta è considerata la foce principale del fiume).

Le ampie insenature formate dal protendersi nel mare di questi rami prendono il nome di sacche o lagune, direttamente collegate con il mare con una o più bocche; quando queste vengono isolate dal mare diventano valli, con acqua più o meno salmastra, essenzialmente sfruttate per la piscicoltura.

## 12 Geologia

Con la definizione di Delta Padano viene indicato il territorio in margine all'Adriatico, delimitato a nord dal fiume Adige, a sud dal Reno (antico Po di Primaro) e verso l'interno dal meridiano passante per Adria.

Morfologicamente la regione costituisce la diretta continuazione della valle Padana, vasta geosinclinale formatasi a partire dal Terziario e probabilmente tuttora in fase di lento sprofondamento, riempita dai detriti alluvionali del Po e dei suoi affluenti. Il Delta si trova quasi interamente in corrispondenza del bacino di subsidenza Polesano-Ferrarese, che costituisce la parte terminale e di più recente formazione della fossa tettonica padana. In questa zona, limitata a sud dalla faglia che tronca l'anticlinale di Porto Corsini e a nord da una "zona in alto" nota col nome di Horst Polesano, la base del Quaternario si spinge fino ad oltre 3000 m di profondità (margini orientali delle Valli di Comacchio). Nei territori del Delta, lo spessore della formazione quaternaria aumenta sensibilmente da ovest verso est, passando da circa 500 m nei pressi di Rovigo a più di 2.000 m alla foce del Po.

I materiali costituenti i depositi quaternari del Delta derivano dalla disgregazione dei diversi tipi di rocce costituenti le Alpi e gli Appennini; essi possono dividersi nei seguenti gruppi fondamentali:

- argille pure, generalmente plastiche, in qualche caso compattate, se ricche di sostanze calcaree,
- argille miste a sabbia fine,
- argille nerastre per presenza di sostanze torbose,

- letti di torba derivanti da trasformazione di vegetali trasportati dai fiumi o costituenti la flora di zone temporaneamente emerse e poi ricoperte da depositi alluvionali,
- sabbie fini e, più raramente, grossolane.

La formazione pliocenica che costituisce la base della serie quaternaria è formata da argille grigie, con intercalazioni sabbiose nella parte inferiore, ed è caratterizzata da microfaune di mare aperto e profondo. All'inizio del Quaternario si è avuta una fase regressiva, con formazione di un conglomerato (Crostone) che separa il Pliocene dal Calabriano (Quaternario Inferiore). La sovrastante formazione dell'Emiliano comprende nella parte inferiore argille grigie, in quella superiore sabbie e sabbie argillose; nel Siciliano si incontrano successivamente argille ed argille sabbiose e sabbie con intercalazioni argillose. All'inizio del Milazzano si è avuta una seconda fase di trasgressione: di questa si hanno tracce evidenti in quasi tutto il Polesine; dove mancano i segni di una vera trasgressione è presente un orizzonte ciottoloso nel Polesine occidentale e depositi di sabbie grossolane in quello orientale. I sovrastanti depositi del Milazzano Inferiore, sono costituiti da sabbie con intercalazioni argillose, di facies litoranea. Il Milazzano Superiore comprende dapprima argille ed argille sabbiose e successivamente sabbie, sabbie argillose e argille sabbiose con qualche intercalazione torbosa; l'ambiente di formazione è marino o marino-salmastro, talora torboso-palustre.

Al di sopra del Milazzano, nelle formazioni del tardo Quaternario, nella parte bassa prevale l'ambiente deltizio-continentale o marino salmastro, in quella superiore l'ambiente continentale; la successione stratigrafica assume però caratteri variabili da una zona all'altra; così, mentre nella parte occidentale del bacino Polesano-Ferrarese, ai depositi di ambiente marino-litorale si sovrappongono quelli continentali, argillo-torbosi, torbosi e talora ghiaiosi, con spessori superiori a 100 m, nella parte orientale i depositi marino-litoranei si trovano a qualche metro di profondità.

Selli (1949) ha distinto nella serie quaternaria 5 orizzonti gassiferi principali, indicati con numerazione progressiva a partire dall'alto; ad essi vanno affiancati orizzonti superficiali di limitata estensione ed importanza ed un orizzonte talora gassifero alla base del Quaternario.

Le attività di estrazione di gas dal primo e dal secondo orizzonte ebbero praticamente termine verso il 1950; gli altri tre orizzonti furono invece sfruttati fino alla chiusura obbligatoria dei pozzi. Il terzo orizzonte, limitato da due banchi argillosi, è caratterizzato da "rocce magazzino" di ottima permeabilità. Il quarto orizzonte nel Polesine occidentale è improduttivo per la presenza di sabbie molto argillose, in quello orientale è produttivo poiché le "rocce magazzino" sono formate da sabbie e di buona permeabilità. Il quinto orizzonte è compreso fra la potente serie argillosa del Calabriano-Emiliano ed un banco argilloso del Siciliano medio di spessore variabile tra 8 e 20 m. Anche questo orizzonte è improduttivo nel Polesine occidentale dove le "rocce magazzino" sono costituite da sabbie molto fini ad elevato contenuto d'argilla o addirittura da argille sabbiose; nel Polesine orientale, dove la permeabilità è alta, il suo sfruttamento ebbe inizio nel 1949-1950.

Nei vari orizzonti il gas è generalmente disciolto in acqua da salmastra a marina; le percentuali di cloruro di sodio aumentano con la profondità. Con questa aumenta pure il gas disciolto nell'acqua. Alla sommità delle formazioni gassifere, specialmente in una fascia più vicina al mare, si sono individuate

anche modeste sacche di gas secco, la cui entità dipende dall'andamento strutturale e dalle variazioni laterali di facies, ma che si sono esaurite molto rapidamente.

## 13 Idrogeologia

Il sistema acquifero può essere suddiviso in due parti principali: la falda regionale e la falda superficiale freatica.

La falda regionale è in pressione sotto una copertura argillo-limoso. La direzione principale del flusso va da ovest verso est con una pendenza molto limitata (circa 0.02%) causa di un lento deflusso orizzontale.

La falda freatica a ridosso dell'asta principale del Po, si incontra a poca profondità dal piano campagna (da 2,50 m a 0,50 m), salvo locali modificazioni. Presenta bassissimi gradienti idraulici e direzione principale del deflusso da ovest verso est (mare Adriatico).

## Ingressione di acqua di mare nella falda freatica

La fascia litoranea del territorio in esame è sede di un acquifero freatico particolare, in contatto ed in equilibrio idraulico con il mare.

Qualsiasi prelievo idrico a distanze ridotte dal mare, o comunque dai corpi idrici salati o salmastri, determina pertanto un richiamo di acque salate che possono causare un peggioramento delle caratteristiche qualitative originarie dell'acquifero, il cui recupero per via naturale può divenire veramente problematico nei casi più gravi.

L'acquifero freatico in prossimità della costa è costituito da sedimenti prevalentemente sabbiosi, con spessori medi di 10-20 m che normalmente poggiano su strati argillosi di origine alluvionale che costituiscono orizzonti di separazione rispetto agli acquiferi sottostanti, più antichi e con caratteristiche qualitative diverse.

La falda freatica costiera, considerate le scadenti caratteristiche qualitative a causa dell'elevata concentrazioni di sali, non ha mai avuto importanza come risorsa potabile; la qualità è ulteriormente peggiorata dai notevoli scambi idrici laterali con il sistema dei fiumi e dei canali.

Le acque salate e salmastre che caratterizzano la costa sono un residuo di acque marine rimaste intrappolate nei sedimenti trasportati dai corsi d'acqua e depositatisi lungo la costa la cui salinità è andata gradualmente diminuendo sino ai valori attuali per il successivo contributo delle acque di pioggia. Peraltro nella zona di contatto tra la falda freatica ed il mare avvengono due fenomeni di rilevante importanza: il flusso superficiale di acque dolci che proviene da monte scia in mare dove tende a rimanere in superficie per la

minore densità; nell'acquifero, a causa della differente salinità, si ha la tendenza alla diffusione delle acque di mare in direzione opposta, cioè dal mare verso monte, diffusione che avviene essenzialmente nella parte più bassa dell'acquifero. In assenza di ricarica o con ricarica insufficiente dell'acquifero l'ingresso salino aumenta e tende ad aumentare la salinità dell'acquifero verso monte.

La conseguenza di questi meccanismi è la presenza in tutti gli acquiferi costieri dell'area del Delta di una zona di diffusione più o meno estesa di acque variamente salmastra.

In tali zone di diffusione un eccesso di estrazione di acqua dall'acquifero costiero può alterare significativamente il serbatoio, distruggendone la potenzialità anche in modo difficilmente recuperabile.

Le cause di tale possibile alterazione possono quindi sinteticamente così indicarsi:

- estrazione diretta dell'acqua per usi vari in eccedenza rispetto all'entità della ricarica naturale del sistema;
- drenaggio forzato dei sistemi di bonifica che, tramite i canali superficiali, a volte favoriscono il richiamo dell'acqua del mare verso monte;
- modifica dei livelli piezometrici della falda dovuta all'innalzamento del livello del mare.

La variazione del chimismo delle acque sotterranee (soprattutto del grado di salinità) ed in particolare di quelle freatiche di cui si è riferito, può determinare fenomeni elettrochimici con riduzione di volume dei minerali argillosi, contribuendo, in tal modo, ma in misura pressoché trascurabile, sui processi di subsidenza.

## 14 Subsidenza

I primi segnali significativi riscontrati dei fenomeni di subsidenza risalgono agli anni '30 e riguardarono soprattutto la parte orientale della provincia di Ferrara: le cause vennero individuate nella massiccia estrazione di acque metanifere dai primi strati del sottosuolo e nella bonifica di vaste aree vallive.

Negli anni '50 abbassamenti non naturali del suolo iniziarono a manifestarsi nel territorio di Ravenna per forti emungimenti di acqua di falda ed, a partire dagli anni '60, in altri vasti territori sempre in conseguenza dello sfruttamento intenso delle acque sotterranee per esigenze potabili e per lo sviluppo, nel settore agricolo, di un modello colturale fortemente idroesigente.

Gli effetti della subsidenza si manifestano con l'alterazione delle condizioni di deflusso fluviale, alterazioni più o meno marcate delle pendenze dei canali di scolo e di bonifica, perdita di efficienza degli impianti idrovori, danneggiamento di manufatti per assestamenti differenziali e, in termini più complessivi, con l'assottigliarsi del litorale sommerso, dissipatore energetico naturale delle mareggiate che diventano più frequenti e distruttive.

Dal punto di vista dell'entità del fenomeno va ricordato che mentre la subsidenza naturale mostra valori estremamente modesti, dell'ordine di pochi

mm/anno, quella indotta dalle varie azioni antropiche ha raggiunto anche punte massime di 15 cm/anno, con locali abbassamenti del suolo anche di circa 2 m nell'arco di 10 anni.

## Subsidenza naturale

Tra i processi di carattere naturale, va ricordato il costipamento dei sedimenti plio-quadernari, che interessa probabilmente solo la parte più recente dei depositi e che avviene con velocità variabili da zona a zona in rapporto ai diversi spessori dei depositi stessi, alle loro caratteristiche litologiche, alla neotettonica.

Nonostante la difficoltà di distinguere questo fenomeno dagli altri di diversa natura che, con la loro variabile incidenza nel tempo e nei luoghi, concorrono a costituire il complesso quadro della subsidenza generale, misure effettuate nella prima metà del secolo consentono di ritenere con sufficiente approssimazione che la subsidenza naturale nell'area del Delta raggiunga valori massimi dell'ordine dei 5 mm/anno e che mediamente si attesti su valori inferiori (Salvioni, 1957).

Un secondo fenomeno di carattere naturale, che somma i propri effetti a quelli della subsidenza tettonica, è l'eustatismo positivo che si manifesta nell'attuale fase geologica, ossia l'innalzamento del livello medio marino dovuto allo scioglimento delle calotte polari e dei ghiacci continentali. Per l'area marittima antistante il Delta, il valore dell'eustatismo, è stato valutato pari a 1.3 mm/anno (Mosetti, 1969).

## Subsidenza causata da attività antropiche

Le fenomenologie appartenenti alla seconda classe, riferite cioè alla cosiddetta subsidenza artificiale, hanno come cause principali la sottrazione d'acqua dagli strati superficiali inizialmente saturi, l'abbattimento di pressioni in falde libere o confinate dovuto ad estrazione d'acqua o acqua con gas disciolto negli strati profondi e l'alterazione della chimica delle acque sotterranee.

Gli abbassamenti permanenti della superficie freatica sono stati provocati dalla bonifica dei territori palustri e da interventi connessi con l'agricoltura. Con l'avvento del sollevamento meccanico delle acque, la bonifica idraulica ha interessato aree di giacitura inferiore al livello medio del mare, generalmente sommerse dalle acque, con situazioni di completa saturazione. L'emungimento di acqua aumenta la compressibilità dei terreni e quindi il loro costipamento in relazione alle caratteristiche del terreno stesso.

Oltre al fenomeno di consolidamento e di assestamento, il prosciugamento del terreno innesca, nelle aree deltizie di recente formazione, un altro importante processo di subsidenza. Nei bacini sedimentari delle zone temperate, come il Delta, è frequente ritrovare nei sedimenti di superficie la presenza di materiali

organici che, nella loro alternanza, testimoniano le mutazioni di stato del territorio passato da laguna viva a laguna morta ed infine a palude. La presenza di tali materassi vegetali in fase più o meno avanzata di mineralizzazione è assai variabile sia nel luogo che nello spessore, che può passare da pochi centimetri a molti metri.

Allorché questo materiale viene disidratato, giunge a contatto con l'aria e si ossida riducendo il proprio volume a valori estremamente bassi. Se il materasso costituito da miscela torbosa è superficiale ed ha lo spessore di qualche metro, si innesca un processo a catena che riducendo il franco di bonifica, obbliga via via ad abbassare la falda e ad esporre così sempre a nuove stratificazioni vegetali all'azione ossidante dell'aria.

Questo meccanismo ha fatto registrare, in talune aree di bonifica, un abbassamento territoriale che ha superato i due metri.

Tra il 1940 ed il 1950 il Delta, assieme ad una vasta area circostante, venne interessato dall'estrazione di gas metano (acqua sovrassatura). I giacimenti venivano sfruttati mediante pozzi trivellati di diametro compreso tra 80 e 200 mm dotati di filtri in corrispondenza di uno dei cinque orizzonti porosi presenti nel quaternario. In un primo momento vennero interessate sacche superficiali di gas secco, poi orizzonti sempre più profondi in cui il gas si trovava disciolto in acqua in rapporto variabile tra 1 e 0.7 e la cui pressione di strato consentiva la risalita spontanea al di sopra del piano campagna.

Tra il 1946 e il 1949, per fronteggiare la riduzione delle pressioni di strato, venne fatto ricorso al sistema del gas-lift, ossia all'iniezione di aria nei pozzi allo scopo di alleggerire la colonna d'acqua e favorire così l'uscita della miscela al piano campagna.

Tutto il territorio, a partire dal 1947 ÷ 1950, incominciò a manifestare fenomeni di anormale subsidenza variamente diffusi e di non uniforme intensità. Nel 1960 si iniziò, dapprima in via sperimentale poi in modo sistematico, la chiusura dei pozzi che ebbe, come immediata risposta, la riduzione della velocità di abbassamento del suolo unita al ripristino dei livelli piezometrici nei pozzi. Nell'arco di 5 anni vennero pressoché riprese le quote piezometriche iniziali.

Appare così chiara la stretta interdipendenza tra l'abbattimento della pressione di strato in falde artesiane ed il costipamento degli strati sedimentari profondi e poco consolidati.

## Conseguenze della subsidenza sull'equilibrio territoriale

L'abbassamento non uniforme del territorio produsse innanzitutto, il complesso dissesto delle opere di bonifica e di irrigazione che videro invertire le pendenze ed aumentate, in misura insostenibile, le prevalenze di esercizio degli impianti di sollevamento.

Le arginature fluviali subiscono una radicale modificazione nelle condizioni di filtrazione e si trovarono sottoposti a sempre maggiori carichi d'acqua per periodi via via più lunghi.

Passando ad effetti meno visibili ma determinanti sull'equilibrio territoriale occorre considerare l'abbassamento del letto del fiume e della fascia costiera. Conseguenza diretta di tale fatto è stata la variazione delle condizioni di sedimentazione del materiale trasportato in sospensione.

Per quanto concerne l'abbassamento della fascia costiera si è visto che si è manifestato nell'ordine medio di 1.50 m, con punte sino a 3 m. Gli effetti di tale abbassamento sono stati: la perdita di circa 100 milioni di m<sup>3</sup> nel volume della spiaggia sottomarina; la scomparsa degli scanni sabbiosi che costituivano una difesa naturale e determinavano il frangimento dei treni d'onda davanti alle arginature marine; l'aumento dell'energia dell'onda e quindi dell'energia totale del moto ondoso; l'innescò di processi di erosione litoranea e quindi di ulteriore deterioramento del piede sottomarino e dell'area costiera del Delta (F.Barbujani).

I processi di erosione marina combinati con la subsidenza e la crisi sedimentaria hanno provocato altri effetti, quali: il quasi completo arresto dell'accrescimento del Delta; l'aggravarsi dell'ingressione delle acque marine, favorendo il riallagamento di alcune aree prossime alla costa.

Si è stati costretti per la difesa del territorio al rinforzo delle arginature, unitamente al ripristino degli scanni sabbiosi emergenti, per aumentare l'azione protettiva ed addolcire l'impatto ambientale. Le arginature a mare hanno attualmente la sommità posta a quota 4,0 m sul livello del medio mare. Alla prima linea avanzata di difesa, protetta da specchi lagunari antistanti o da scanni, è stata sovrapposta una seconda linea di difesa arretrata, posta al conterminare tra le valli da pesca e le aree bonificate. La quota di sommità della seconda linea è di 3 m al di sopra del livello medio marino.

## 15 Caratteristiche dell'idrologia di piena

### Aspetti generali

Le valutazioni idrologiche sul Delta sono finalizzate alla definizione dei valori delle portate al colmo e dei relativi livelli idrometrici, in relazione alla esigenza di verificare il grado di sicurezza offerto dagli argini, in termini di quota di ritenuta e di definire di conseguenza le esigenze di interventi di adeguamento.

Nelle condizioni attuali il sistema arginale del Delta del Po, limitatamente all'asta principale, è riferito a un profilo di piena teorico (denominato "piena massima di riferimento") costruito nell'ambito dello "Studio e progettazione di massima delle sistemazioni idrauliche dell'asta principale del Po, dalle sorgenti alla foce, finalizzate alla difesa e alla conservazione del suolo e alla

utilizzazione delle risorse idriche”, 1982, redatto dal Magistrato per il Po, per mezzo della società SIMPO.

Il profilo, nel seguito chiamato “piena SIMPO ‘82”, rappresenta il riferimento sino ad oggi utilizzato dal Magistrato per il Po per la definizione della quota di ritenuta del sistema arginale; il valore precedentemente utilizzato era la massima piena storica (evento del novembre 1951), il cui profilo dei colmi idrometrici era stato ricostruito nel tratto tra Boretto e il Delta, rispetto al valore registrato, per tenere conto delle rotte manifestatesi, di cui la principale è quella di Occhiobello. La piena SIMPO ‘82 è invece costituita da un profilo ricavato dall’applicazione di un modello numerico di simulazione idraulica (in moto non stazionario), in cui per i diversi tronchi è applicata un’onda di piena con portata al colmo mediamente superiore del 10% rispetto alla massima storica del ‘51 (Tabella 6.1)

Tabella 6.1

Portate e livelli idrometrici al colmo nelle stazioni idrometriche lungo l’asta del Po riferite alla piena del nov. 1951 e al profilo di riferimento SIMPO ‘82

Stazione	Bacino (km <sup>2</sup> )	Progressiva (km)	Piena 1951		Piena SIMPO ‘82		
			(m <sup>3</sup> /s)	registrato (m s.m.)	ricostruito (m s.m.)	(m <sup>3</sup> /s)	(m s.m.)
Becca	36.770	265	11.250	62,95	-	12.000	63,51
Piacenza	42.030	323	12.800	52,41	-	13.000	52,06
Cremona	50.726	367	13.450	40,28	-	13.500	40,61
Casalmaggiore	53.460	415	--	31,13	31,19	13.000	31,44
Boretto	55.183	429	12.100	28,44	28,54	13.000	29,12
Borgoforte (Roncorrente)	62.450	460	11.800	24,94	25,08	13.000	25,74
Revere	67.900	500	11.260	19,76	20,68	12.500	20,79
Pontelagoscuro	70.091	549	10.300(*)	12,79	14,21	12.500	14,24

(\*) valore ricostruito 11.580 m<sup>3</sup>/s

Rispetto a tali valutazioni, relative al complesso dell’informazione idrologica disponibile alla data di elaborazione dello studio SIMPO, a supporto del presente Progetto di Piano sono state effettuati degli aggiornamenti delle valutazioni idrologiche e delle simulazioni idrauliche che prendono in conto, per le prime, le serie storiche dei dati di misura oggi disponibili e per le seconde delle attuali condizioni di assetto morfologico, geometrico e idraulico del sistema deltizio.

## Portate di piena al colmo

Le serie storiche di portata sono disponibili nelle stazioni di misura di Tabella 6.2, con diversa estensione e rappresentatività.

Tabella 6.2 Stazioni idrometriche di misura delle portate lungo l'asta del Po nel tratto foce Tanaro - Delta

Stazione	Bacino (km <sup>2</sup> )	Progressiva (km)	Periodo di osservazione
Becca	36.770	265	1948 - 1971 (1994)
Piacenza	42.030	323	1924 - 1995
Cremona	50.726	367	1972 - 1995
Casalmaggiore	53.460	415	1924 - 1942
Boretto	55.183	429	1942 - 1995
Borgoforte (Roncorrente)	62.450	460	1924 - 1995
Revere	67.900	500	1924 - 1935 (1954-55)
Pontelagoscuro	70.091	549	1918 - 1995

Ai fini delle valutazioni sulle portate di piena al colmo, l'analisi statistica delle serie di portate massime al colmo ha utilizzato anche i dati più recenti, non pubblicati, resi disponibili dal Servizio Idrografico e Mareografico per il periodo 1986-1995.

La regressione statistica è stata effettuata su tutte le stazioni utilizzando per uniformità la legge di Gumbel che, da un confronto su tutte le serie analizzate, è risultata essere quella che fornisce il migliore riscontro con i test statistici di adattamento.

Tabella 6.3 Portate massime al colmo per tempi di ritorno assegnati

TR (anni)	Portata massima al colmo (m <sup>3</sup> /s)					
	Becca	Piacenza	Cremona	Boretto	Borgoforte	Pontelagoscuro
20	9.290	8.970	10.090	9.380	9.600	9.470
50	10.950	10.450	11.750	10.910	11.120	10.960
100	12.190	11.550	13.000	12.060	12.260	12.070
200	13.420	12.650	14.240	13.210	13.400	13.190
500	15.050	14.100	15.870	14.720	14.890	14.650

Il calcolo statistico risente ovviamente della disuniformità della lunghezza delle serie storiche e del fatto che in non tutte le serie sono misurati gli stessi eventi di piena.

I valori di portata prodotti dalle elaborazioni statistiche per tempo di ritorno 200 anni sono stati confrontati con quelli registrati nel corso degli eventi di piena più significativi, tra cui quelli recenti del 1994 e del 2000 lungo l'asta del Po (Tabella 6.4)

Tabella 6.4 Portate al colmo nelle stazioni idrometriche lungo l'asta del Po per tempo di ritorno (TR) di 200 anni confrontate con i valori storici e con le piene teoriche di calcolo dei profili idrometrici

Stazione	Portata massima al colmo (m <sup>3</sup> /s)										
	Piene storiche				Piene teoriche		Tempo di ritorno (anni)				
	2000	1994	1968	1951	SIMPO '82	"94+51"	20	50	100	200	500
BECCA		11.500	9.060	11.250	12.000	13.600	9.290	10.950	12.190	13.420	15.050
SPESSA	11.200										
PIACENZA		11.055	9.500	12.800	13.000	13.000	8.970	10.450	11.550	12.650	14.100
CREMONA	11.800	11.300	10.600		13.500	14.300	10.090	11.750	13.000	14.240	15.870
CASALMAGGIORE					13.000	13.200					
BORETTO	11.900	10.400	8.700	12.100	13.000	13.700	9.380	10.910	12.060	13.210	14.720
BORGOFORTE	11.800	11.000	7.940	11.800	13.000	13.100	9.600	11.120	12.260	13.400	14.890
PONTELAGOSCURO	9.750	8.750	7.900	10.300*	12.500	13.000	9.470	10.960	12.070	13.190	14.650

\* Il valore del colmo a Pontelagoscuro, ricostruito per tenere conto della rotta di Occhiobello, è di 11.580 m<sup>3</sup>/s

## Assunzione della piena di progetto

Ai fini dell'assunzione della piena di progetto per la verifica delle condizioni di deflusso lungo i rami del Delta viene assunto l'idrogramma della piena di progetto adottato dal PAI per il Po nella sezione di Pontelagoscuro, denominato per semplicità "94+51". Esso è stato costruito sulla base dell'osservazione del comportamento idrologico del bacino padano nel corso di due delle piene più gravose degli ultimi 50 anni. Come è noto la piena del 1994 è stata più gravosa di quella del 1951 sul bacino piemontese, ma non ha ricevuto contributi sostanziali dagli affluenti appenninici e dagli emissari dei grandi laghi prealpini nel corso della sua traslazione verso valle, come avvenuto nel 1951. Lo scenario "94+51" rappresenta l'eventualità che il comportamento complessivo del bacino padano possa essere ugualmente gravoso sia per la porzione piemontese che per la parte emiliana e lombarda. La verifica che alle sezioni strumentate il valore del colmo di piena risulti confrontabile con quello definito per tempo di ritorno di 200 anni caratterizza l'evento di riferimento anche sotto il profilo della ricorrenza statistica.

La piena di progetto, costituita da un'onda la cui traslazione è considerata in condizioni di moto non stazionario, è stata pertanto assunta con le seguenti caratteristiche:

- alla confluenza del Tanaro è assegnata la forma d'onda ricostruita per l'evento del 1994 (il massimo storico per quel tratto), assumendo come valore di picco quello ottenuto dalle valutazioni idrologiche relative all'evento con 200 anni di tempo di ritorno;

- proseguendo verso valle sono stati assegnati ai maggiori affluenti valori della portata di piena simili a quelli che hanno caratterizzato l'evento di piena del 1951, utilizzando cautelativamente idrogrammi a deflusso costante per tutta la durata della piena, in modo da riprodurre alle diverse sezioni di verifica i valori di portata al colmo per 200 anni di tempo di ritorno calcolati con l'analisi di regressione statistica.

La Tabella 6.5 rappresenta le portate assunte per gli affluenti principali.

Tabella 6.5

Portate degli affluenti principali del Po alla confluenza, stimate per la piena del '94 e per la piena di progetto "94+51", costruite a partire dalle osservazioni effettuate nel corso della piena del 1951

Corso d'acqua	Progr. di confluenza (km)	Piena '94 (m3/s)	Piena di progetto "94+51" (m3/s)
Scivia	233.000	200	200
Ticino	264.000	600	1.000
Lambro	300.000	300	500
Trebbia	322.000	200	1.250
Nure	324.000	200	250
Chiavenna	349.000	100	250
Adda	356.000	800	1.150
Taro	399.000	250	250
Parma	419.000	300	350
Enza	426.000	300	350
Oglio	452.000	-	550
Secchia	484.000	-	500
Panaro	531.000	-	500

Fonte: M. Rossetti, "La piena del Po del novembre 1951", Annali idrologici 1951, parte seconda, Sezione F

I valori di portata al colmo ottenuti, tramite l'applicazione del modello numerico di simulazione, alle sezioni strumentate lungo l'asta per la piena di progetto "94+51" sono riportati in Tabella 6.6.

Tabella 6.6

Portate calcolate alle sezioni strumentate del Po per la piena di progetto "94+51"

Sezione	Progressiva (km)	Piena di progetto "94+51" (m <sup>3</sup> /s)	Portata per TR 200 anni (m <sup>3</sup> /s)
Becca	264.855	13.600	13.420
Piacenza	323.270	13.000	12.650
Cremona	367.000	14.300	14.240
Casalmaggiore	415.100	13.200	13.070
Boretto	429.000	13.700	-
Borgoforte	460.335	13.100	13.400
Pontelagoscuro	548.805	13.000	13.190

## Profilo idrico per la piena di progetto

### Simulazione di taratura sull'evento ottobre 2000

Il modello geometrico utilizzato per i calcoli idraulici si estende dalla sezione strumentata di Pontelagoscuro (ponte stradale) al mare Adriatico ed è costituito da sezioni topografiche trasversali rilevate dal Magistrato per il Po in anni recenti:

- asta del Po da Pontelagoscuro all'incile del Po di Goro – rilievo 1999,
- asta del Po di Venezia dall'incile del Po di Goro al mare - rilievo 1999,
- asta del Po di Goro - rilievo 1999,
- asta del Po di Gnocca - rilievo 1990,
- asta del Po di Maistra - rilievo 1992,
- asta del Po di Tolle - rilievo 1987-89.

I calcoli idraulici sono stati effettuati in moto vario secondo una schematizzazione monodimensionale tramite l'impiego del codice di calcolo MIKE11.

La taratura del modello idraulico è stata eseguita sulla base del recente evento alluvionale dell'ottobre 2000, a partire da Pontelagoscuro. La portata defluita, di valore massimo al colmo pari a 9.750 m<sup>3</sup>/s, è stata determinata sulla base della scala di deflusso resa disponibile dal Servizio Idrografico e Mareografico Italiano di Parma.

L'idrogramma di deflusso così determinato (Figura 6.1) è stato propagato lungo il sistema del Delta fino all'Adriatico tenendo conto, come condizioni al contorno di valle, delle condizioni di marea del periodo.

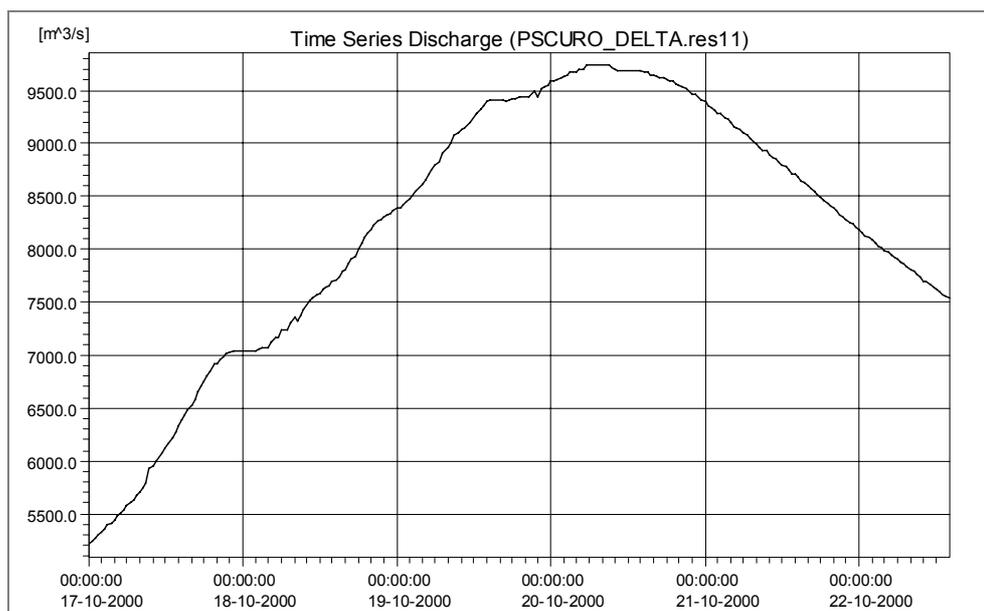


Figura 6.1 Idrogramma di deflusso a Pontelagoscuro dell'evento Ottobre 2000

Il profilo idraulico lungo le aste del delta è stato tarato sulla base dei valori di livello provenienti dalle letture a vista, eseguite dai tecnici del Magistrato per il Po, in corrispondenza degli idrometri di Garofolo, Polesella, Guarda Veneta, Crespino, Villanova Marchesana, Papozze, Cavanella Po, Ca' Cappellino, Ca' Venier, Ca' Zuliani e Pila sull'asta principale, Ariano sull'asta del Po di Goro. I risultati della taratura del modello hanno consentito di riprodurre i valori idrometrici di colmo con differenze dell'ordine di alcuni centimetri rispetto a quelli misurati.

## Profilo di progetto per l'evento "94+51"

Il profilo di progetto è stato definito su tutti i rami del Delta a partire da Papozze (incile del Po di Goro) fino allo sbocco nel mare Adriatico; l'idrogramma di portata a Pontelagoscuro è caratterizzato da un valore al colmo di poco inferiore a 13.000 m³/s, il livello del mare è stato assunto pari a 1,90 m s.m. in corrispondenza della foce di ciascuno dei rami.

Le condizioni di marea assunte nel calcolo corrispondono ad un evento a tempo di ritorno di 200 anni, considerato contemporaneo a quello di piena a titolo cautelativo; esse sono state determinate sulla base di un'analisi probabilistica dei massimi livelli di marea osservati ai mareografi di Porto Caleri, posto poco a nord della foce del Po di Levante, e di Venezia (Punta della Salute). I valori di marea massimi per assegnati tempi di ritorno sono riportati nella Tabella 6.7.

Tabella 6.7 Valori massimi di marea per assegnati tempi di ritorno

Tempo di ritorno (anni)	Livello massimo (m s.m.)
20	1.58
50	1.70
100	1.80
200	1.90
500	2.05

Nella definizione del profilo idraulico di progetto si sono prese in conto 5 diverse condizioni di assetto idraulico dei rami deltizi in relazione alle modalità di smaltimento dei deflussi di piena.

Lo scenario 1 rappresenta le condizioni attuali di sistemazione e ipotizza pertanto che si mantengano inalterate le dimensioni geometriche degli alvei, i tracciati delle arginature e le condizioni geometriche che determinano la ripartizione delle portate sui diversi rami.

Lo scenario 2 prende in conto l'ipotesi di attuare una regolazione di portata sul Po di Goro a mezzo di un manufatto limitatore. L'ipotesi di regolazione è principalmente finalizzata ad una riduzione delle portate che defluiscono lungo tale ramo e, di conseguenza, a una riduzione dei livelli massimi sulle arginature utili a ridurre le sollecitazioni strutturali derivanti dai fenomeni di filtrazione che si innescano nei rilevati e nelle fondazioni. Nell'ambito di tale scenario, sono state prese in considerazione due diverse ipotesi circa il valore massimo di portata convogliabile lungo il Po di Goro (scenari 2.1 e 2.1).

I restanti scenari 3 e 4 prendono in considerazione un'ipotesi di intervento che punti a massimizzare la capacità di deflusso del Po di Maistra, nei limiti consentiti dal mantenimento dell'attuale tracciato delle linee arginali; nello scenario 3 l'ipotesi di intervento è considerata rispetto alle condizioni attuali; nello scenario 4, rispetto a quelle derivanti dall'intervento di limitazione sul Po di Goro. In sintesi le condizioni che caratterizzano i diversi scenari di simulazione delle modalità di deflusso della piena di progetto "94 +51" sono le seguenti.

**Scenario 1:** condizioni attuali di sistemazione; inalterate le dimensioni geometriche degli alvei, i tracciati delle arginature e le ripartizioni delle portate sui diversi rami.

**Scenario 2.1:** condizioni modificate dalla realizzazione sull'incile del Po di Goro di un manufatto limitatore della portata entrante nel ramo (portata massima defluita 800 m<sup>3</sup>/s).

**Scenario 2.2:** condizioni modificate dalla realizzazione sull'incile del Po di Goro di un manufatto limitatore della portata entrante nel ramo (portata massima defluita 1.350 m<sup>3</sup>/s).

**Scenario 3:** condizioni modificate dalla massimizzazione della capacità di deflusso del Po di Maistra.

**Scenario 4:** condizioni modificate dalla realizzazione sull'incile del Po di Goro di un manufatto limitatore della portata entrante nel ramo (portata massima defluita 1.350 m<sup>3</sup>/s) e dalla massimizzazione della capacità di deflusso del Po di Maistra.

I risultati delle simulazioni condotte con riferimento allo scenario 1 pongono in evidenza una ripartizione delle portate sui rami del Delta considerevolmente diversa rispetto ai valori consueti finora assunti (anche nel profilo SIMPO) che derivano dagli studi e dalle misurazioni effettuate negli anni 1960 da L. Canali ("Indagine sulla ripartizione della portata del Po tra i vari rami del delta e sulla loro attività di deflusso" – Giornale del Genio Civile, n. 12, dicembre 1959), eseguiti per portate comprese tra 500 e 5500 m<sup>3</sup>/s.

Per la piena di progetto "94+51" la ripartizione delle portate nei diversi rami è rappresentata in Tabella 6.8.

Tabella 6.8

Ripartizione delle portate per la piena di progetto "94+51" e confronto con i valori derivati da L. Canali "Indagine sulla ripartizione della portata del Po tra i vari rami del delta e sulla loro attività di deflusso"

Ramo del Po	Portata (m <sup>3</sup> /s)	Rapporto di ripartizione 94+51 (%)	Rapporto di ripartizione per portate da L. Canali (%)*
Venezia (a monte incile Goro)	12.860		
Goro	2.580	20.0	10.0
Venezia (a monte incile Gnocca)	10.260		
Gnocca	2.350	23.0	14.1
Venezia (a monte incile Maistra)	7.910		
Maistra	1.220	15.0	3.6
Venezia (a monte incile Tolle)	6.690		
Tolle	1.670	25.0	17.7
Venezia (a valle incile Tolle)	5.020		

La differenza di ripartizione dei deflussi, piuttosto rilevante, non è facilmente motivabile, pur tenendo conto delle variazioni morfologiche dell'alveo, naturali ed artificiali, che sono intervenute negli ultimi 40 anni e del fatto che i valori derivanti dalle pubblicazioni citate fanno riferimento a misurazione effettuate per campi di portata sensibilmente inferiori (il rapporto di ripartizione cresce con la portata defluente).

Per altro va tenuto conto che non sono disponibili misurazioni recenti sulle portate defluenti per valori sufficientemente elevati da costituire un utile riferimento e che pertanto il modello, pur tarato sulle condizioni di deflusso dell'ultima piena, ha operato sulla base di valori di portata teorici.

Appare quindi indispensabile che vengano effettuate campagne di misure idrometriche e di portata con gli approfondimenti adeguati a consentire una più precisa messa a punto dei profili della piena di progetto nelle varie condizioni, che sono fortemente influenzati, come si evince dai risultati esposti, dai valori della portata entrante nel Delta e dalla ripartizione della stessa nei diversi rami.

Di tale aspetto va tenuto conto anche nella valutazione dei risultati delle simulazioni relative agli scenari 2, 3, e 4, che dipendono dai rapporti di portata utilizzati.

Nel seguito si commentano brevemente i profili di piena risultanti dalle simulazione idrauliche eseguite per i quattro scenari ipotizzati, in rapporto soprattutto ai franchi riscontrati rispetto alle sommità arginali.

**Scenario 1.** Rispetto al profilo di progetto il sistema arginale esistente non evidenzia particolari criticità in termini di quota di ritenuta:

- il Po di Venezia si presenta generalmente adeguato (franco > 0,8 m); solo localmente il franco è compreso tra 0,3 e 0,8 m (a valle dell'incile del Po di Goro nelle località di Bottrighe in sinistra, a monte ed a valle di Taglio di Po in destra, a valle di Contarina e in corrispondenza dell'incile del Po di Gnocca);
- il Po di Gnocca presenta nel tratto mediano alcuni tronchi a franco compreso tra 0,3 e 0,8 m;
- il Po di Tolle risulta adeguato per tutto il tracciato;
- il Po di Goro risulta inadeguato sia in destra che in sinistra (franco < 0,3 m) nel tratto mediano, dall'abitato di Mesola a quello di Goro; nel tratto superiore si evidenziano tratti di estensione limitata a franco compreso tra 0,3 e 0,8 m;
- il Po di Maistra è caratterizzato da un franco medio di 0,5 m nel tratto superiore, mentre risulta inadeguato nel tratto mediano e terminale (dalla località Valle Cà Pisani alla foce).

Va inoltre sottolineato che lungo l'asta principale del Po di Venezia, il profilo di progetto è significativamente inferiore in quota assoluta rispetto a quello SIMPO. La motivazione principale è da ricondurre, oltre che a una diversa e meno dettagliata conformazione geometrica dell'alveo in funzione dei rilievi topografici allora disponibili, alla diversa ripartizione di portata nei rami assunta, che comporta il deflusso nel ramo principale di una portata superiore per circa il 10% a quella risultante dalla simulazione ora condotta.

**Scenario 2.1.** L'ipotesi di limitare a 800 m<sup>3</sup>/s la portata in entrata nel Po di Goro modifica in modo rilevante la distribuzione dei deflussi ed il profilo idrico rispetto allo scenario 1. L'inserimento dell'opera di regolazione induce un aumento generalizzato dei livelli in tutti gli altri rami del Delta; in particolare

- sul Po di Venezia, in corrispondenza dell'incile del Po di Goro si ha un rigurgito di circa 0,85 m, ancora sensibile a Pontelagoscuro (0,21 m); a valle dell'incile del Po di Goro si ha un aumento medio di livello di circa 0,70 m fino alla località Cà Cappellino e di 0,40 m da questa fino a Cà Zuliani;
- sul Po di Gnocca si ha un aumento medio di livello di circa 0,45 m nella prima metà del suo corso e di 0,30 m nel tratto terminale;
- sul Po di Maistra si ha un aumento medio di livello di circa 0,40 m lungo l'intero corso;
- sul Po di Tolle l'aumento medio di livello è inferiore rispetto agli altri rami e risulta di circa 0,15 m.

Sul Po di Goro si ha, per effetto della limitazione di portata una drastica riduzione dei livelli; dall'incile all'abitato di Mesola risulta pari a 3,50 m, da Mesola a Goro di 2,30 m e di circa 1 m fino alla confluenza in mare.

Il sistema arginale risulta inadeguato in quota e in sagoma in modo nettamente superiore rispetto allo scenario 1 su tutti i rami (i tratti arginali inadeguati sono più estesi per circa il 21,6 %); il Po di Goro invece diventa adeguato idraulicamente e strutturalmente.

**Scenario 2.2.** L'ipotesi di limitare a 1.350 m<sup>3</sup>/s la portata in entrata nel Po di Goro rispetto all'evento "94+51" ha effetti meno rilevanti sugli altri rami ma è tuttavia tale da modificare ancora in maniera significativa la distribuzione dei deflussi ed il profilo idrico rispetto allo scenario 1; in particolare:

- sul Po di Venezia, in corrispondenza dell'incile del Po di Goro si ha un rigurgito di circa 0,60 m (0,14 m a Pontelagoscuro); a valle dell'incile si ha un aumento medio di livello di circa 0,5 m fino alla località Cà Cappellino e da valle di questa fino a Cà Zuliani di 0,3 m;
- sul Po di Gnocca si ha un aumento medio di livello di circa 0,3 m nella prima metà del corso e di 0,2 m nel tratto terminale;
- sul Po di Maistra si ha un aumento medio di livello di circa 0,3 m lungo l'intero corso;
- sul Po di Tolle l'aumento medio di livello è inferiore rispetto agli altri rami e risulta di circa 0,1 m.

Sul Po di Goro si ha invece una sensibile riduzione dei livelli che dall'incile all'abitato di Mesola risulta pari a 2,3 m, da Mesola a Goro di 1,5 m e di circa 0,6 m fino alla confluenza in mare.

In questo scenario di piena il sistema arginale risulta ancora inadeguato in quota e in sagoma in modo rilevante rispetto allo scenario 1 su tutti i rami (i tratti arginali inadeguati sono più estesi per circa il 16,6 %); il Po di Goro invece diventa adeguato idraulicamente e strutturalmente.

**Scenario 3.** L'ipotesi di massimizzare la capacità di deflusso del Po di Maistra, compatibilmente con l'andamento delle linee arginali attuali, tramite ricalibratura dell'alveo di piena produce i seguenti effetti rispetto allo scenario 1:

- riduzione da 0,3 a 0,4 m nel tratto terminale e da 0,2 a 0,3 m dall'incile al tratto mediano del Po di Maistra dei livelli idrometrici al colmo; il tratto terminale risulta comunque ancora inadeguato e nel tratto superiore permangono punti di arginatura ancora a franco inferiore a 0,8 m;
- nel Po di Gnocca, già caratterizzato rispetto allo scenario 1 da una modesta inadeguatezza del sistema arginale in quota, si ha una riduzione dei livelli idrometrici media di 0,2 m nel tratto superiore e di 0,1 m in quello mediano; ne risulta che solo nel primo tratto il sistema arginale acquista un franco superiore a 0,8 m;
- sul Po di Venezia si ha una riduzione media di 0,15 m in corrispondenza dell'incile del Po di Maistra e limitata a qualche centimetro nella restante parte.

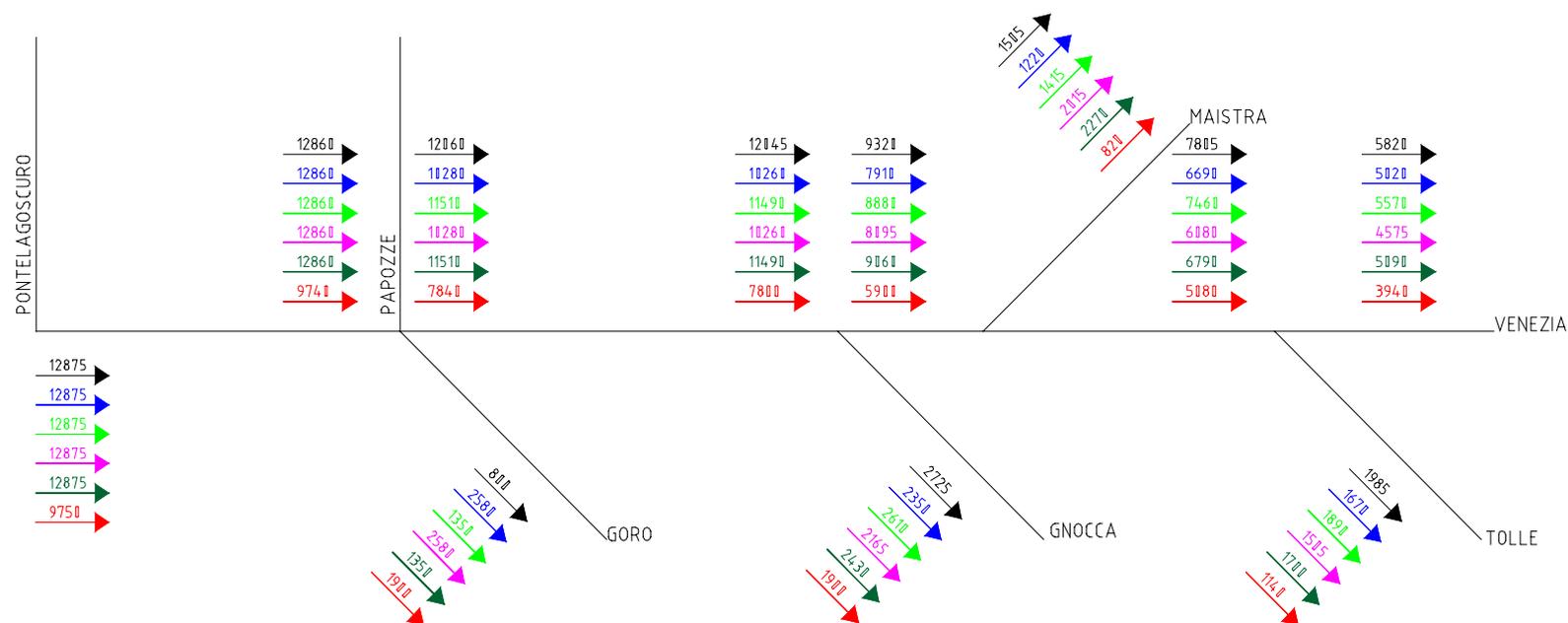
Complessivamente i benefici risultano modesti rispetto allo scenario 1.

**Scenario 4.** Rappresenta la sovrapposizione degli effetti conseguenti alle ipotesi degli scenari 3 e 2.2. Le variazioni rispetto allo scenario 2.2 sono molto modeste e non evidenziano modifiche significative rispetto alle condizioni sopra illustrate.

Lo schema di ripartizione delle portate sui rami del Delta per l'evento 2000, e gli scenari sono riportati nella figura.

---

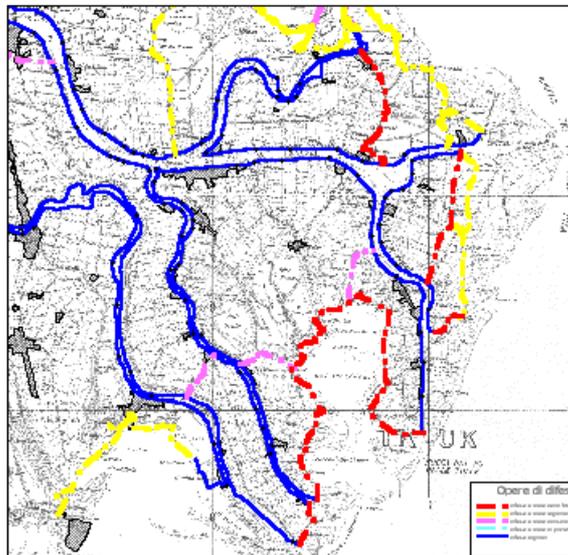
L'andamento dei livelli per i diversi scenari di piena di progetto è riportato nella Tabella in appendice.



- Scenario 1 - Situazione attuale |Tr 200 anni "94+51"| [ $m^3/s$ ]
- Scenario 2.1 - Situazione di progetto sul Po di Goro con manufatto limitatore per  $800 m^3/s$  |Tr 200 anni "94+51"|
- Scenario 2.2 - Situazione di progetto sul Po di Goro con manufatto limitatore per  $1350 m^3/s$  |Tr 200 anni "94+51"|
- Scenario 3 - Situazione di progetto di aumento della capacità di deflusso su Maistra |Tr 200 anni "94+51"|
- Scenario 4 - Situazione di progetto sul Po di Goro con manufatto limitatore per  $1350 m^3/s$  e aumento della capacità di deflusso sul Po di Maistra |Tr 200 anni "94+51"|
- Evento 2000 [ $m^3/s$ ]

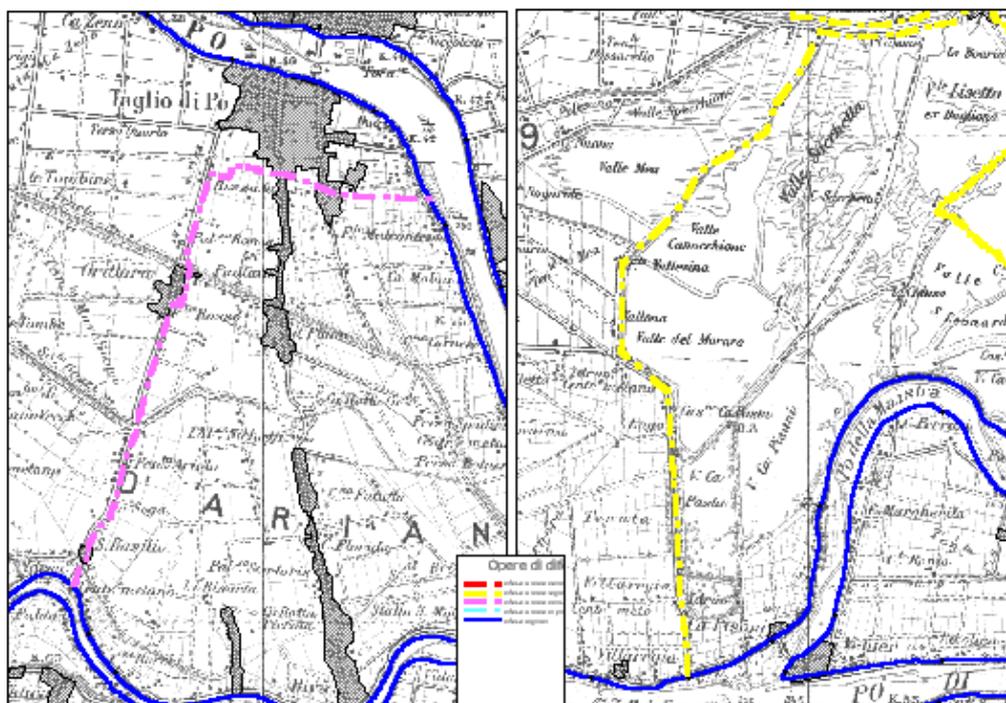
## 16 Assetto morfologico e idraulico

### Quadro delle opere idrauliche sul reticolo idrografico e a mare



L'insieme dei rami deltizi attivi del Po è delimitato da un sistema difensivo arginale a carattere continuo su entrambe le sponde. Tutte le opere sono classificate di seconda categoria ai sensi del R.D. 25 luglio 1904, n. 523; ad eccezione degli argini terminali in sinistra del Po di Maistra, che sono sotto la gestione della regione Veneto, tutte le restanti opere sono di competenza del Magistrato per il Po. In prossimità della foce, gli argini si raccordano senza soluzione di continuità con le opere di difesa a mare. In alcuni tratti costieri, queste ultime risultano in arretramento rispetto a più avanzate linee difensive

regionali, consorziali o private (queste ultime sono presenti in aree esterne al limite di applicazione del Piano). Lo schema che ne deriva suddivide il territorio intercluso tra i rami fluviali in più settori chiusi, all'interno dei quali possono essere contenute, almeno fino a certi limiti, le acque di eventuali esondazioni e mareggiate, a seguito di rotte arginali. Significativi sono in tal senso gli argini consorziali tra il Po di Venezia e il Po di Goro (lungo la direttrice Taglio di Po - S. Basilio), tra il Po di Goro e il Po di Gnocca (tra Goro e Borgo Polesinino), tra il Po di Gnocca e il Po di Tolle (raccordati con gli argini di prima difesa a mare dello Stato all'intorno della Sacca di Scardovari). Benché risulti esterno all'ambito territoriale in esame, si cita infine l'argine continuo regionale tra il Po di Venezia e il Po di Levante (da Villaregia a Valle Sacchetta).



Lo sviluppo longitudinale degli argini fluviali assomma a complessi 265,5 km, di cui circa 24 km dotati di diaframmatura e circa 53 km protetti con difese spondali; le quote variano tra un massimo di 10,40 m s.m. sul Po di Venezia e un minimo di 2,90 m s.m. sul Po di Maistra.

La descrizione completa del sistema difensivo complessivo è affidata a 128 sezioni di argini fluviali e 27 di argini di difesa a mare, i cui dati caratteristici sono riportati in allegato in forma di schede.

Tabella 6.9 Argini fluviali: dati caratteristici di sintesi

Ramo del Po	Sviluppo arginale (km)	quota minima (m.s.l.m.)	quota massima (m.s.l.m.)
Venezia	88.52	3.70	10.40
Goro	88.66	3.90	9.90
Tolle	21.86	3.50	4.50
Gnocca	39.11	3.80	8.70
Maistra	27.33	2.90	5.00
Totale	265.48	-	-

Tabella 6.10 Argini fluviali: sezioni rappresentative per Ente gestore

corso d'acqua	Numero di sezioni rappresentative	
	Magistrato Po	Regione Veneto
Po di Venezia	54	
Po di Goro	29	
Po di Tolle	13	
Po di Gnocca	20	
Po di Maistra	10	2
<b>Totale complessivo</b>	<b>126</b>	<b>2</b>

Tabella 6.11 Opere di difesa a mare: sezioni rappresentative per Ente gestore

Ente gestore	Numero di sezioni rappresentative	Sviluppo arginale (km)
CONSORZIO DI BONIFICA DELTA PO - ADIGE	6	18.32
PRIVATO	-	26.96
REGIONE VENETO	9	71.11
REGIONE EMILIA-ROMAGNA	1	12.14
STATO	11	39.25
<b>Totale complessivo</b>	<b>27</b>	<b>167.78</b>

La ricostruzione del quadro conoscitivo delle opere idrauliche di difesa è avvenuta tramite un aggiornamento delle informazioni disponibili per mezzo di incontri presso gli Enti gestori delle opere medesime, in particolare l'ufficio operativo di Rovigo del Magistrato per il Po, il Genio Civile di Rovigo e il SPDS di Ferrara.

La tipologia delle opere censite riguarda sia le opere di difesa fluviale sia quelle di difesa a mare, entrambe costituite da argini in terra, a volte di tipo misto terra-pietrame, caratterizzate dalle dimensioni geometriche di sezioni caratteristiche, valide per tratti omogenei.

Le informazioni fornite dagli Enti contattati sono state sistematizzate in un database alfanumerico. I dati relativi alla quota della sommità arginale sono stati ulteriormente verificati sulla base dei rilievi topografici più recenti disponibili lungo i rami del Delta.

## Analisi della dinamica e delle modificazioni della sezione d'alveo

L'analisi dell'evoluzione morfologica discende dal confronto tra le sezioni trasversali dell'alveo (sezioni Brioschi), rilevate nel corso di campagne topografiche eseguite in tempi successivi, limitatamente all'asta principale del Po; nel tratto tra l'incile del Po di Goro e la confluenza nel mare Adriatico, sono disponibili i rilievi effettuati negli anni 1954, 1967-1969, 1979, 1991 e 1999.

Per i rami secondari non sono disponibili rilievi topografici di sezioni trasversali, effettuati in epoche diverse, georeferenziati in modo utile ad essere confrontabili per gli scopi indicati.

L'estensione dei rilievi non è uguale per tutti gli anni, anche se alcune sezioni particolari, quelle "storiche" sono state rilevate con continuità nel corso del periodo di osservazione.

L'ultimo rilievo, effettuato nel 1999, è molto più fitto di quelli precedenti e permette una buona rappresentazione della variazione volumetrica dell'alveo inciso; purtroppo la mancanza di rilievi di densità spaziale paragonabile per i periodi storici precedenti non permette un confronto adeguato.

Le elaborazioni sui valori delle quote di fondo alveo e dell'area dell'alveo inciso consentono di ottenere una quantificazione dell'effettiva evoluzione registrata lungo l'asta nel periodo 1954-1999.

La quota di minimo fondo alveo, da sola, non è in grado di rappresentare compiutamente il trend di variazione geometrica dell'alveo del fiume, in quanto essa può dipendere dall'evoluzione locale della forma della sezione, che può risentire in modo più o meno marcato della posizione della sezione nello sviluppo meandriforme del fiume. Tuttavia, applicate opportune cautele nell'interpretazione dei dati significativi, il profilo del fondale del Po ricostruito sulla base dei punti più depressi di ogni sezione di rilievo ha mostrato tendenze geomorfologiche interessanti e rappresentative dell'evoluzione della geometria del corso d'acqua nell'ultimo cinquantennio.

La quota di fondo medio, valutata rispetto a livelli idrici corrispondenti al deflusso "a bordi pieni" della sezione incisa dell'alveo (cioè senza considerare la sezione di piena complessiva, costituita anche dalle golene fino al limite degli argini), costituisce un secondo indicatore, meno influenzato dalle singolarità locali legate al tracciato dell'alveo e agli effetti delle opere di sponda, che è correlato in forma più stabile alla tendenza erosiva o deposizionale del corso d'acqua.

Analizzando poi la variazione temporale della geometria delle sezioni trasversali, è stata quindi considerata la tipologia della sezione e la variazione della forma nel corso del tempo. Sotto questo aspetto sono più significative quelle sezioni che hanno una forma approssimativamente rettangolare e che si collocano, normalmente, in corrispondenza del flesso (dosso) tra due curve successive. Le variazioni della quota di fondo di tali sezioni è effettivamente indice della tendenza di lungo periodo all'abbassamento o all'innalzamento del fondo alveo.

In rapporto alle modificazioni del fondo alveo nel tempo, valutato sulla base dei **profili di fondo minimo**, emergono le seguenti considerazioni, limitate per quanto detto in precedenza al ramo principale, dall'incile del Po di Goro alla foce:

- per gran parte della lunghezza del ramo, dall'incile del Po di Goro a C. Misurata, pari a 39,9 km sui 43,5 km complessivi, nel periodo complessivo di osservazione (1954-1999) il fondo minimo ha avuto un generale abbassamento compreso tra un minimo di 0,61 m e un massimo di 2,99 m (la media pesata sulla lunghezza lungo la progressiva dell'asse del fiume è di 1,70 m); fa eccezione la sezione Brioschi 79, immediatamente a valle di Taglio di Po, in cui il fondo minimo attuale risulta a quota 3,27 m più elevata rispetto a quella del 1954, ma ciò è ascrivibile alla particolare situazione morfologica locale che rende la sezione non rappresentativa della tendenza complessiva del corso d'acqua;
- sul tratto terminale sono disponibili unicamente i rilievi relativi al 1999 e al 1967/69 che evidenziano un innalzamento delle quote di fondo; il tratto è per altro fortemente influenzato dalle condizioni di mare, vista la prossimità alla foce e appare poco significativo per rappresentare i trend evolutivo dell'asta fluviale;
- con riferimento sempre alla situazione di assetto relativa al rilievo del 1954, il massimo abbassamento di fondo minimo si ha rispetto alle quote relative al rilievo del 1991; i valori variano infatti tra un minimo di 0,27 m e un massimo di 3,38 m (la media pesata sulla lunghezza lungo la progressiva dell'asse del fiume è di 1,85 m); permane anche in questo caso l'anomalia della sezione 79, dipendente dalla particolare collocazione della sezione stessa;
- il rilievo del 1979 rappresenta una situazione di fondo minimo intermedia tra quella del 1954 e quella del 1991, con valori di abbassamento che variano tra un minimo di pochi centimetri e un massimo di 2,56 m (la media pesata sulla lunghezza lungo la progressiva dell'asse del fiume è di 1,68 m).

L'evoluzione morfologica dell'alveo desumibile dalla variazione delle quote di fondo minimo è pertanto sintetizzabile nei seguenti punti:

- a partire dal 1954 si ha un progressivo abbassamento del fondo minimo, diffuso e abbastanza omogeneo sull'intero tratto, che pare avere raggiunto i valori massimi nel 1991;
- nell'ultimo decennio, tra il 1991 e il 1999, il fenomeno si è arrestato e dimostra anche, sulle quote di fondo minimo, una modesta inversione di tendenza con recupero dell'ordine delle decine di centimetri; questo fenomeno va per altro considerato anche alla luce delle piene che hanno caratterizzato il periodo, tra cui quella del 1994 particolarmente significativa, che possono essere responsabili di un certo maggiore apporto di materiale da monte.

In rapporto alle modificazioni della sezione dell'alveo nel tempo, valutato sulla base dei **profili di fondo medio**, emergono le seguenti considerazioni, limitate per quanto detto in precedenza al ramo principale, dall'incile del Po di Goro alla foce:

- dall'incile del Po di Goro a C. Misurata (39,9 km sui 43,5 km complessivi) nel periodo complessivo di osservazione (1954-1999) il fondo medio ha avuto un generale abbassamento compreso tra un minimo di 0,08 m e un massimo di 1,11 m (la media pesata sulla lunghezza lungo la progressiva dell'asse del fiume è di 0,77 m); l'abbassamento maggiore si è avuto nel tratto compreso tra l'incile e la sezione Brioschi n. 79 (Cà Avogadro) con valori compresi tra 0,50 m e 1,11 m e un valore medio di 0,88 m; a valle di tale sezione, fino a C. Misurata, l'abbassamento è stato significativamente più ridotto, con valori medi dell'ordine di 0,45 m;
- sul tratto terminale sono disponibili unicamente i rilievi relativi al 1999 e al 1967/69, che evidenziano per altro un innalzamento delle quote a conferma della tendenza al deposito in corrispondenza dello sbocco a mare;
- con riferimento sempre alla situazione di assetto relativa al rilievo del 1954, il massimo abbassamento di fondo medio si ha rispetto alle quote relative al rilievo del 1991; i valori variano infatti tra un minimo di 0,67 m e un massimo di 3,99 m (la media pesata sulla lunghezza lungo la progressiva dell'asse del fiume è di 2,28 m); anche in questo caso l'abbassamento più rilevante si è manifestato nel tratto di monte del ramo, ma è esteso fino alla sezione Brioschi n. 81, in corrispondenza di Porto Tolle;
- il rilievo del 1979 rappresenta una situazione intermedia tra quella del 1954 e quella del 1991, con valori di abbassamento che variano tra un minimo di 1,44 m e un massimo di 2,46 m (la media pesata sulla lunghezza lungo la progressiva dell'asse del fiume è di 1,70 m); è interessante in proposito osservare che le quote medie di fondo del 1999 hanno superato in misura consistente quelle del 1979 a testimonianza di un recupero significativo e quindi di una inversione della tendenza all'erosione dell'alveo che si è manifestata in modo intenso fino agli inizi degli anni '90.

L'evoluzione morfologica dell'alveo desumibile dalla variazione delle quote di fondo medio è pertanto sintetizzabile nei seguenti punti:

- a partire dal 1954 si ha un progressivo abbassamento del fondo a cui corrisponde un fenomeno generale di erosione e di ampliamento della sezione dell'alveo inciso, diffuso e abbastanza omogeneo sull'intero tratto, che ha raggiunto i valori massimi nel 1991;
- nell'ultimo decennio, tra il 1991 e il 1999, il fenomeno dimostra una decisa inversione di tendenza, con un recupero sostanziale delle quote che porta l'assetto a una condizione ancora inferiore a quella di partenza, relativa al rilievo del 1954, paragonabile a quella del periodo '67/'69.

A conferma delle valutazioni circa l'evoluzione della tendenza erosiva – deposizionale lungo l'alveo derivanti dalle considerazioni sopra esposte circa l'andamento nel tempo delle quote di fondo medio, possono essere presi in considerazione i dati relativi alle variazioni dell'area della sezione incisa; il confronto dei dati disponibili mette in evidenza le seguenti caratteristiche:

- dall'incile del Po di Goro a C. Misurata nel periodo complessivo di osservazione (1954-1999) la sezione dell'alveo inciso ha subito un generale ampliamento per fenomeni di erosione, pari un valore medio di circa 400 m<sup>2</sup>, che corrisponde a un incremento del 28% rispetto alla situazione originaria del 1954 (l'ampliamento lungo il ramo varia da un massimo del 49% a un mino del 2%);
- sul tratto terminale sono disponibili unicamente i rilievi relativi al 1999 e al 1967/69, che evidenziano per altro una riduzione media dell'area della sezione dell'ordine del 18% a conferma della tendenza al deposito del tratto, influenzato dalle condizioni di mare;
- con riferimento sempre alla situazione di assetto relativa al rilievo del 1954, il massimo ampliamento della sezione si ha rispetto al rilievo del 1991; l'ampliamento medio è stato del 72%, corrispondente a circa 1.070 m<sup>2</sup>, (ampliamento massimo pari al 132%, minimo pari al 32%)
- il rilievo del 1979 rappresenta una situazione intermedia tra quella del 1954 e quella del 1991, con valori di ampliamento di sezione che variano tra un minimo del 26% e un massimo del 110% (la media è pari al 58%); anche in questo caso si osserva come la situazione del 1979 denunci dimensioni medie della sezione dell'alveo superiori a quelle attuali, desumibili dal rilievo del 1999.

In rapporto alle valutazioni effettuate, si possono trarre le seguenti considerazioni di sintesi in ordine alla dinamica evolutiva dell'alveo del ramo principale del Delta, dall'incile del Po di Goro alla foce:

- a partire dal rilievo del 1954 si innesca un sensibile fenomeno di erosione generalizzata dell'alveo, a cui corrispondono sensibili abbassamenti delle quote del fondo minime e di quelle del fondo medio, rappresentative dell'ampliamento della sezione dell'alveo inciso;
- la situazione iniziale è di pochi anni successiva alla piena storica del 1951 che ha presumibilmente contribuito a un notevole apporto di materiale lungo i rami del Delta, favorito dalla tendenza al deposito che rappresenta la condizione naturale;
- il fenomeno di erosione è presumibilmente iniziato negli anni successivi al 1954 (inizio degli anni '60) ed è stato determinato da una drastica riduzione degli apporti solidi da monte che hanno modificato l'equilibrio dinamico delle fasi di deposizione, erosione e trasporto che contraddistinguono il regime idrologico del sistema deltizio;
- il fenomeno di erosione è proseguito con un trend irregolare fino al 1991 dando luogo ad abbassamenti di fondo rilevanti (in media 1,85 m rispetto alle quote di fondo minime e 2,28 m rispetto alle quote di fondo medie) e ad un ampliamento delle sezioni dell'alveo inciso consistente, pari ad oltre il 70%;
- pur tenendo conto della scarsità dei rilievi topografici disponibili, non risultano evidenti in tutto il periodo dal 1954 al 1991 effetti di arresto o di inversione di tendenza anche temporanea ascrivibili agli effetti delle piene che si sono manifestate, tra cui sono sicuramente significative quelle del 1968 e della fine degli anni '70;

- 
- il fenomeno mostra una netta inversione di tendenza, soprattutto considerando l'andamento delle quote di fondo medio e delle aree della sezione dell'alveo inciso, con il rilievo del 1999; in proposito va tenuto conto che nel periodo dopo il 1991 si è manifestata nel 1994 una piena di entità molto significativa per tutta l'asta del Po e per il Delta (oltre a piene più ridotte che hanno coinvolto solamente parte del bacino idrografico e che quindi non hanno sollecitato in modo particolare i tratti terminali dell'asta di Po) che può aver contribuito in modo determinante alla dinamica del trasporto solido sul Delta;
  - la mancanza di rilievi successivi alla piena recente dell'ottobre 2000, particolarmente gravosa per il Delta, non permette purtroppo di estendere le analisi ai tempi più recenti, in modo da poter trarre conferme circa i trend evolutivi in atto.

## Capitolo 7 **Caratteri generali del sistema naturale**

### **17 Sistemi ecologici e aree a prevalente connotazione naturalistica**

Il Delta è un territorio in continua evoluzione; la sua morfologia, il rapporto tra terre emerse e parte erose dal mare, la conformazione dei bracci dipendono tanto dal fenomeno di subsidenza della piattaforma rocciosa su cui si fonda il letto di sedimenti, quanto dall'equilibrio che si instaura tra i detriti trasportati dal fiume e i materiali erosi dalle correnti marine. In questo senso il Delta non è che l'espressione delle condizioni di tutto il sistema idraulico, che si compone di corsi d'acqua (i rami del Po) e da canali di bonifica. Il rallentamento del corso del fiume, la costruzione di argini o di casse di espansione, l'escavazione di materiale inerte dal letto, la sottrazione di acque per irrigazione sono tutti fattori che influenzano l'apporto di materiale sedimentario e quindi tutta la struttura e il suo mantenimento. Questa dinamicità morfologica si riflette sull'ambiente naturale e caratterizza le specie, vegetali e animali, che popolano la zona. Molto importante, in questo senso, sono state anche le azioni antropiche che, nel corso dei secoli, hanno contribuito in modo determinante a modificare l'ambiente: l'escavazione di canali, il prosciugamento e la bonifica di vasti territori, l'introduzione di nuove specie, soprattutto animali, ecc.

Le aree coltivate, in particolare, costituiscono la maggior parte della superficie dell'entroterra: pur avendo un interesse marginale, tuttavia si integrano nel sistema delle aree naturali in quanto, soprattutto al termine del ciclo delle colture, diventano habitat di sosta e di alimentazione per gli uccelli migratori.

Attualmente nel Delta gli ambienti umidi, con diverse caratteristiche, si alternano ai boschi igrofilii e alle foreste costiere, alle isole e agli scanni: tutti questi elementi, nel loro insieme, costituiscono la più vasta zona umida d'Europa, caratterizzata da un'elevata biodiversità. Numerosissime sono le specie floristiche e molto ampia è la varietà di associazioni vegetali tra specie assai diverse fra loro; fra queste, ad esempio: le scarne e rade praterie di salicornia sulle barene fangose e semi sommerse di acque salate, i boschi igrofili di farnie, frassini e ontani dell'interno, i ciuffi di *Ammophila* che colonizzano le sabbie mobili di dune costiere e i canneti.

## Zone Umide

Elementi fondamentali del paesaggio naturale del Delta sono le zone umide, componenti dinamiche e sede di interazioni che determinano equilibri che, in assenza di esse, sono destinati a divenire instabili o addirittura a modificarsi in modo irreversibile.

Le zone deltizie sono importanti non solo per essere corridoi biologici e aree di espansione naturali (utili alla ricarica delle falde), ma soprattutto per la capacità di sostenere un'elevata diversità biologica sia in quanto ecotoni (zone di transizione tra diversi ambienti) sia a ragione della elevata produttività che raggiunge valori di produzione primaria netta di circa 1,2 Kg di C/m<sup>2</sup> anno. Le comunità di un ecotono contengono molti organismi delle biocenosi adiacenti, oltre ad organismi caratteristici. L'interesse ecologico di questi ambienti è legato al fatto che spesso sia il numero delle specie sia la densità delle popolazioni sono maggiori nell'ecotono stesso piuttosto che nelle comunità che lo circondano. Perciò gli ecotoni deltizi sono estremamente importanti per il mantenimento della diversità biologica specifica e genetica. Inoltre le zone umide sono siti di nidificazioni e di sosta per diverse specie di uccelli migratori, importanti sia a livello locale sia internazionale.

Da un punto di vista sociale ed economico le zone umide sono importanti per la difesa contro esondazioni, per la ricarica delle falde, per il riciclo dei nutrienti, come serbatoio di acque facilmente disponibili anche a scopo irriguo.

Per il ruolo che le zone umide hanno sulla biodiversità, per la notevole variabilità di habitat, ed, in parte, per la notevole importanza che hanno per le migrazioni, esse hanno ricevuto un notevole interesse da parte della comunità scientifica e da parte dell'opinione pubblica che, negli ultimi decenni, si è mobilitata per aumentare e migliorare le strategie di conservazione e di gestione di queste aree. Esse sono considerate dal World Conservation Strategy tra gli ambienti naturali più importanti per la vita sul pianeta.

## Spiagge e scanni

Le spiagge sono costituite da una distesa sabbiosa, immediatamente a contatto con la battigia, caratterizzata da una zona priva di vegetazione (afitoica). Alle loro spalle, per azione del vento sulla sabbia e sui detriti più fini, viene a costituirsi un sistema di dune in lento mutamento o già fossilizzate. Sul versante esposto al mare della duna, la vegetazione è scarsa e rada ed è costituita da ceppi di crucifere. Il versante non esposto, o retroduna, è caratterizzato dalla presenza di graminacee e ombrellifere, che con l'intreccio dei loro apparati radicali compattano e consolidano la duna stessa, o di muschi. Verso l'interno, la retroduna si trasforma gradualmente in un pianoro caratterizzato da graminacee e da alcuni sprazzi di macchia mediterranea.

Gli scanni sono lingue e cordoni emersi di natura sabbiosa e limosa, frutto dell'azione di deposito fluviale, unita al rimaneggiamento del mare. Sono, assieme alle spiagge, tra gli elementi più instabili, data la dinamicità di molti dei loro ecosistemi. Nella struttura dello scanno si può individuare una fascia

esterna, direttamente a contatto con il mare, di spiaggia vera e propria, seguita da un cordone dunoso, che può essere alto solo pochi centimetri negli scanni più giovani oppure raggiungere le dimensioni di dune vere e proprie. Segue una fascia retrodunale più o meno colonizzata dalla vegetazione alofila, con la presenza spesso di bocche salmastre. Sulle dune arretrate dello scannone ci sono filari di tamerici, specie utilizzate per contrastare l'erosione dei litorali.

## Sacche e lagune vive

Sacca, o laguna viva, è un braccio poco profondo d'acqua salmastra compreso tra la terraferma e il mare aperto e da quest'ultimo separato da scanni. Lo scambio d'acqua e di specie ittiche tra il mare e la laguna viva è continuo e dipende dai moti di marea: la sua efficienza è legata all'efficienza delle aperture e dei canali di collegamento. Una recente progressiva riduzione degli scambi e la concomitante accentuazione del fenomeno di subsidenza, uniti ad un peggioramento della qualità delle acque e dei sedimenti hanno innescato fenomeni di eutrofizzazione che hanno danneggiato gli allevamenti di acquacultura presenti. La specie vegetale dominante è la cannuccia di palude, o canneto a fragmite, che forma masse compatte e dense, dette bonelli, in cui limo e i sedimenti vengono imprigionati dall'intreccio degli apparati radicali. È possibile trovare il canneto sia in acque debolmente salmastre, sia in acque dolci e anche in condizioni terrestri. In generale, con l'aumentare della salinità, il canneto tende a diventare monospecifico, cioè dominato completamente dalla fragmite. Quando la salinità diventa eccessiva la fragmite lascia posto a specie decisamente alofile, come il limonio e il gramignone marittimo. Nelle aree salmastre più profonde, dove è maggiore il disturbo delle onde e delle correnti, si trova una vegetazione sommersa, povera di specie, ma con enormi quantità di biomassa, dove vive un elevato numero di animali planctonici e bentonici.

Sacche e lagune rappresentano la più importante fonte di reddito nel Delta, legata alla molluschicoltura, alla piscicoltura e alla pesca. Nelle sacche e lagune del Delta si trovano: la vongola verace nostrana, la vongola verace filippina (introdotta negli anni ottanta per esigenze di mercato), la cozza, l'ostrica, la scafarca (originaria dell'Indopacifico introdotta accidentalmente negli anni sessanta), il caruso (anch'esso originario dell'Indopacifico), la seppia. Oltre ai molluschi sono presenti: moltissime specie di vermi policheti, tra cui la tremolina e la merciella; crostacei, tra cui il granchio e i gamberi; pesci, tra cui i cefali, il latterino o acquadella, l'anguilla, la spigola o il branzino, l'orata, la sogliola e la passera; rettili acquatici, tra cui la tartaruga di mare. Diffusi, ma non importanti dal punto di vista economico, le bavose, i gò, i ghiozzi o paganelli.

## Lagune morte e valli interne salmastre

Sono indicate come lagune morte gli specchi d'acqua non più direttamente comunicanti con il mare aperto, poco profonde (circa 1 m), arginate artificialmente con dossi e barene costituite dall'accumulo di sedimenti causati da movimenti di terra artificiali. Il mantenimento dei livelli è assicurato dall'azione delle idrovore e dalla chiuse che regolano l'apporto di acque dolci o salmastre dai vari canali artificiali e dai rami secondari del Po. La salinità varia molto durante l'anno e dipende dall'evapotraspirazione e dalle immissioni di acque dall'esterno. Una delle attività tipiche esercitate in queste aree è l'itticoltura, di qui il nome di valli da pesca, con ricambio artificiale dell'acqua per garantire la sopravvivenza degli allevamenti. La vegetazione delle rive in queste aree è estremamente varia e dipende in larga misura dall'intervento dell'uomo, che ha adattato l'ambiente. All'abbassamento della salinità delle acque, consegue una variazione delle specie vegetali presenti.

Le valli ospitano nel periodo invernale un gran numero di uccelli migratori e acquatici, fra cui, in particolare le folaghe, i fischioni e i mestoloni

## Boschi

La tipologia dei boschi del Delta è molto varia: a ridosso del sistema di dune che contorna le spiagge, c'è la macchia mediterranea, dove sono dominanti, tra gli alberi ad alto fusto, il leccio, tra i cespugli e gli alberi di taglia minore, il ginepro, il corniolo e i carpini. A volte si trovano pioppi bianchi o tremoli e farnie, specie che segnano la transizione tra la macchia mediterranea e il bosco di pianura fluviale. Diffuso è anche il bosco igrofilo o allagato, dove oltre al salice e al pioppo bianco, si trovano l'olmo, il frassino ossifilo, l'ontano e il pioppo nero; lo strato arbustivo è costituito da frangola, spincervino, prunolo, biancospino, perastro, pallon di maggio, sanguinello e sambuco e da specie rampicanti come vitalba, viticella e luppolo; nello strato erbaceo, dominato dai carici, ci sono specie rare come campanelle maggiori e felci palustri. Il bosco igrofilo o allagato, che è un ambiente raro, si trova lungo le rive, in superfici ridotte a causa delle pratiche di gestione dei corsi d'acqua; in particolare si segnala la sua presenza lungo i rami del Po di Goro, di Maistra e di Gnocca. I boschi igrofili costituiscono l'ultimo rifugio per molte specie planiziali, scomparse nel resto della pianura padana, fra queste: la rana di lataste e il barbastello, un pipistrello tipico delle zone di pianura. Ricca è la comunità di uccelli silvani, fra cui il picchio rosso minore e il rampichino. Inoltre nelle garzaie di Codigoro e nella valle Dindona è presente l'airone guardabuoi.

Il Bosco della Mesola è simile ad un bosco termofilo mediterraneo, le cui specie principali sono le sclerofille sempreverdi, come il leccio, la fillirea, il ginepro, l'asparago e il pungitopo. Molto varia è la fauna che lo abita: i mammiferi si trovano la nutria, il cervo, il daino, la volpe, il tasso, la puzzola, la faina, mentre la lontra è stata segnalata per l'ultima volta una quindicina di anni fa.

## La Fauna

Nell'area deltizia la fauna è ricca e diversificata sia per la presenza di diversi ambienti che sostengono un elevato numero di habitat sia in relazione alla presenza di diversi ecotono, ambienti di transizione.

Le acque dei rami fluviali, dei canali e delle valli di acqua dolce, caratterizzate da decorso lento ed elevate temperature, ricche di vegetazione palustre e materiali alluvionali ed organici in sospensione, sono popolate dalla tipica ittiofauna dulcacquicola di pianura. Le specie più numerose sono rappresentate dai ciprinidi (carpa, tinca, carassio, barbi), in molte zone soppiantate da pesci introdotti dall'uomo, quali il pesce gatto, il siluro, il persico sole e la gambusia, meno diffusa. Tra i predatori è presente il luccio, che svolge una indispensabile funzione equilibratrice di controllo dei soggetti più deboli o in sovrannumero.

Gli ampi specchi vallivi salmastri sono caratterizzati dalla presenza di una ricca ittiofauna, che alimenta un vasto mercato non solo locale.

Il pesce viene ancora oggi catturato col sistema dei "lavorieri", un tempo in cannuccia palustre, legno e reti attualmente in cemento ed acciaio. Il principio del lavoriero è quello di sfruttare il naturale istinto del pesce, una volta sessualmente maturo, ad abbandonare le valli e portarsi in mare per la riproduzione, nel periodo autunnale.

Si tratta soprattutto di anguille e cefali, ma anche orate e branzini, passere e sogliole, intrappolati da queste strutture poste all'imbocco dei canali che collegano le valli con il mare aperto.

Un tempo, durante la primavera, secondo cicli legati alle fasi lunari, avvenivano spettacolari "montate" di ceche (larve di anguilla), allorché questi pesci dal mare si portavano per istinto nelle acque interne, dolci e salmastre, per dimorarvi ed accrescersi fino al raggiungimento dello stadio adulto.

Oggi tali fenomeni sono praticamente scomparsi e la moderna vallicoltura prevede la semina artificiale delle ceche di anguilla e dei giovani avannotti delle altre specie ittiche che popolano le lagune e i bacini salmastri.

La componente faunistica più rilevante e conosciuta è certamente rappresentata dalla fauna ornitica, rappresentata soprattutto da ardeidi (aironi, garzette ecc.) ma più in generale da uccelli acquatici. Sono soprattutto le zone umide, sia dolci che salmastre, nelle quali abbondano le possibilità alimentari, di rifugio e di nidificazione, ad ospitare in ogni periodo dell'anno ingenti popolazioni di uccelli.

Il Delta del Po, infatti, si inserisce sulle rotte migratorie di diverse specie ornitiche, che dal nord dell'Europa attraversano la nostra penisola per portarsi nei quartieri africani o sud-mediterranei di svernamento.

Per effetto della Convenzione di Ramsar, le maggiori zone umide costiere emiliano-romagnole, comprese nelle province di Ferrara e Ravenna, sono state dichiarate "di importanza internazionale per gli uccelli acquatici".

Tra esse, le valli di Gorino che ospitano una massiccia popolazione svernante di morette, una colonia di aironi rossi nidificanti e la rara beccaccia di mare,

nidificante sullo Scanno di Goro insieme al fraticello; le Valli Bertuzzi, Nuova e Cantone in cui trovano rifugio molti anatidi e in cui nidificano il raro gabbiano corallino e la garzetta; le Valli di Comacchio, importante sito di svernamento per anatidi e rallidi e nidificazione per specie rare quali la volpoca, il cavaliere d'Italia, l'avocetta, il gabbiano roseo, il gabbiano corallino, il beccapesci, la sterna zampenere e la sterna di Ruppel; le Saline di Comacchio e di Cervia, di notevole interesse per la quantità e la varietà degli "uccelli limicoli" (caradriformi) e degli anseriformi; la pialassa della baiona e l'ortazzo che tra le specie nidificanti annoverano il cavaliere d'Italia, l'avocetta, il fratino.

Di notevole importanza naturalistica la presenza di "garzaie", ovvero di colonie nidificanti di aironi, insediate da diversi anni in questa area deltizia: tra le più note e studiate le garzaie di Valle Campotto, di Punte Alberete, di Valle Bertuzzi, di Valle Mandriole, dell'ex-zuccherificio di Codigoro, nelle quali viene segnalata, nel complesso, la presenza di tarabusi, tarabusini, nitticore, sgarze ciuffetto, garzette, aironi cenerini, aironi rossi ed aironi guardabuoi.

Gli estesissimi canneti dell'area deltizia sono un habitat ideale per moltissime specie di piccoli uccelli, quali martin pescatori, usignoli di fiume, forapaglie, cannaiole, cannareccioni, basettini, migliarini di palude.

Tra i mammiferi, oltre ai ricci, donnole, faine, tassi, volpi, va segnalata la presenza esclusiva del cervo nel Gran Bosco della Mesola, la cui popolazione, stimata in poco meno di un centinaio di esemplari, deriva presumibilmente da quelle che vivevano nelle selve planiziali padane prima dell'insediamento umano

## La Flora

La varietà di ambienti dà origine a diversi tipi di vegetazione, ciascuno dei quali strettamente legato alle caratteristiche del suolo, alle condizioni chimico-fisiche, al clima locale, all'influenza antropica.

Partendo dal mare e addentrandosi nell'entroterra, le prime piante che si osservano sono quelle delle spiagge e delle dune sabbiose (piante psammofile o delle sabbie). In questo ambiente le condizioni di ventosità, presenza di sali, scarsità di acqua sono estremamente ostili alla vita delle piante. Le poche che riescono ad adattarsi sono le specie "pioniere", come il ravastrello marittimo, il convolvolo di mare, e le specie "edificatrici", come lo sparto pungente, cui spetta il principale ruolo di formazione e consolidamento delle dune litorali. La zona delle valli salmastre è caratterizzata da un'elevata concentrazione di sali (soprattutto cloruro di sodio) nel substrato, che rende impossibile la vita alla maggior parte delle piante: solamente poche specie (piante alofile) popolano le barene e i dossi vallivi, sopportando anche variazioni del livello idrico. Queste assumono adattamenti particolari quali l'accumulo di acqua nei tessuti come le salicornie, oppure la secrezione dei sali in eccesso come il limonio. Gli unici arbusti che allignano sugli argini più elevati sono i tamerici.

L'unico esempio di formazione boschiva litoranea di rilievo è rappresentato dal Gran Bosco della Mesola, originatosi nel tardo Medio Evo su cordoni dunosi alle foci del Po di Volano e del Po di Goro. In epoca rinascimentale il bosco

era di proprietà degli Estensi, che vi si trasferivano nella tarda estate e in autunno per le storiche battute di caccia al cervo. Attualmente esso è di proprietà demaniale ed istituito in Riserva Naturale. Costituisce un lembo residuo delle antiche selve termofile litoranee alto-adriatiche: vi domina il leccio, associato alla fillirea nelle zone più aride; nelle bassure più umide il leccio si dirada e sono abbondanti la farnia, il poppo bianco, il frassino ossifillo.

Un biotopo vallivo di grande interesse naturalistico è costituito dalle Valli di Argenta e Marmorta, che fungono da "casse di espansione" durante le piene dei fiumi Reno, Idice e Sillaro e dei canali che qui confluiscono.

Queste valli di acqua dolce, grazie alle finalità idrauliche che svolgono e alla protezione di cui godono, ospitano specie rare ormai scomparse altrove, come la ninfea, il nannufero, la coda di cavallo acquatica, l'erba vescica. Gli estesissimi canneti, cui si associano la tifa, il giunco fiorito, il giglio giallo, fanno da cornice ad ormai rare estensioni di ninfee e genziane d'acqua, in cui compaiono altre piante acquatiche sommerse.

Ai margini di queste valli si estende un nucleo boscato igrofilo, il Bosco del Traversante, periodicamente allagato, che rappresenta un relitto e una testimonianza dei boschi acquitrinosi tipici della bassa pianura, diffusi prima delle grandi bonifiche del XIX e XX secolo. Esso è caratterizzato dalla presenza del salice bianco, del poppo bianco, del frassino, dell'olmo e della farnia. Simile a questo biotopo è la foresta allagata di Punte Alberete, presso la foce del fiume Lamone, a nord di Ravenna.

Tra le formazioni boschive di origine artificiale vanno annoverate le Pinete di Ravenna e le Pinete di Mesola.

Le prime presentano aspetti vegetazionali in parte simili al Gran Bosco della Mesola, con una macchia a leccio sviluppata sulle dune più rilevate e con specie arboree mesofile diffuse nelle spianate e nelle bassure umide. La pineta si caratterizza naturalmente per l'abbondanza del pino domestico, introdotto sin da epoche medioevali. Di più recente impianto risultano le pinete di Mesola, messe a dimora tra il 1936 e il 1938 tramite semina di pinoli.

In queste aree l'introduzione del pino domestico e marittimo è avvenuta in un contesto vegetazionale di duna aperta caratterizzata da piante annuali.

## Capitolo 8 **Caratteri generali del sistema antropico**

### **18** **Caratteri insediativi e della infrastrutturazione del territorio**

La matrice insediativa del territorio del Delta discende dai grandi mutamenti sociali ed economici cinquecenteschi che videro l'azione, e di frequente la contrapposizione, dei governi locali, concentrati nella conquista di nuovi territori per il potenziamento delle attività agricole e l'estensione delle città.

E' in questa fase storica, infatti, che gli Estensi in territorio ferrarese e i Veneziani più a nord avviarono i primi grandi interventi di bonifica e di sistemazione idraulica, che proseguirono anche nei secoli successivi, contribuendo alla definizione della morfologia e dei sistemi insediativi deltizi.

In ragione della formazione relativamente recente (inizi del XVIII secolo) della porzione di territorio derivante dall'avanzamento del Po verso il mare, oggi corrispondente al territorio comunale di Porto Tolle, gli insediamenti di più antica formazione e originariamente sorti a ridosso del mare, sono localizzati nella porzione deltizia occidentale ben delimitata dal tracciato nord - sud della Strada Romea. Il principale di questi, Adria, importante porto romano, dista oggi circa 20 km dal mare e 3 km dal fiume. La struttura urbana è stata in parte modificata con la ricostruzione successiva all'alluvione del 1951. Ariano nel Polesine, Ariano Ferrarese e Mesola sono i centri storici minori cresciuti lungo il ramo del Po di Goro. Mesola fu al centro di importanti progetti di fortificazione nel periodo di Alfonso II degli Estensi (XVI secolo), in un quadro più generale di potenziamento delle reti fluviali controllate dal ducato e in particolare del ramo di Goro, che all'epoca sfociava in mare proprio all'altezza di Mesola.

Ma anche i centri di più recente formazione, riconfermando la matrice storica insediativa del Delta, si sono sviluppati lungo i rami deltizi: Goro e Gorino in territorio ferrarese, Cà Venier, Donzella Scardovari in territorio rodigino. Il sistema abitativo - insediativo risulta pertanto caratterizzato, nel complesso, da una notevole articolazione in centri di piccola e piccolissima dimensione ordinati secondo distanze relativamente regolari; la densità abitativa risulta in generale superiore nelle fasce lungo i fiumi rispetto ai territori interni.

Il sistema viario costituisce un ulteriore elemento infrastrutturale, questa volta di natura antropica, che interagisce con la forma e i caratteri dello sviluppo insediativo del Delta. E' articolato secondo alcuni tracciati di differente rilevanza: quello nord - sud della S.S. n. 309 Romea, che attraversa i comuni di Rosolina, Donada, Contarina, Taglio di Po, Ariano, presentando le caratteristiche tipiche della conurbazione continua; quello della S.S. n. 495,

Cavarzere – Adria - Codigoro, che collega Adria, Corbola e Ariano nel Polesine; infine una rete minore che si sviluppa trasversalmente seguendo irregolarmente il corso principale del fiume e dei rami deltizi. La Romea costituisce ancora oggi il tracciato infrastrutturale “di frontiera”, oltre il quale la rete dei collegamenti viari si sfolta notevolmente. Principale progetto in corso di realizzazione è costituito dal tracciato della “Romea Commerciale”, con funzioni di riequilibrio e riorganizzazione delle attività terziarie locali.

Per quanto riguarda la rete ferroviaria, è prevista la costruzione della cosiddetta “Romea ferroviaria”, il cui tracciato non è attualmente ancora definito. Il tracciato meno compromesso dovrebbe essere quello che raggiunge Chioggia attraverso Adria, via Corbola e Bottrighe, mentre risulterebbe più problematico il raggiungimento di Chioggia parallelamente alla S.S. Romea su tracciato Ariano nel Polesine - Taglio di Po – Contarina - Rosolina. La realizzazione della nuova linea, che sfrutterà l'area di sedime di una linea ferroviaria dismessa, renderà necessaria la costruzione di nuovi ponti sul Po nei Comuni di Ariano nel Polesine e Ariano Ferrarese.

Gli attuali attraversamenti sui rami deltizi non sono numerosi: quello di Corbola, di recente costruzione, è indicato negli strumenti di pianificazione come il ponte sul Po per la Romea Commerciale, così come quello di Ariano sul Po di Goro; l'attraversamento della Romea storica collega invece Porto Viro e Taglio di Po.

## 19 La popolazione

I dati censuari dei comuni del Delta, relativi agli ultimi cinquant'anni, mostrano un territorio caratterizzato da saldi demografici negativi, particolarmente evidenti tra il 1951 e il 1971, attenuatisi ma non invertiti nel periodo successivo, come evidenziato nella tabella e nei grafici, che fanno riferimento, per un quadro più esaustivo, sia ai comuni interamente interni al bacino idrografico del Po sia a quelli parzialmente interni.

Nel periodo '71 - '91 vi sono state due diverse tendenze: nei comuni di Goro, Porto Viro, Loreo, Porto Tolle e Taglio di Po, si è verificata una lieve ripresa; nei comuni di Berra, Mesola, Adria, Ariano, Corbola, Papozze la popolazione ha continuato a diminuire, pur in modo meno drastico.

Tabella 8.1 Popolazione residente nei Comuni di riferimento nel periodo 1951-2000

Comune	1951	1971	1991	2000
Berra		7410	6611	5937
Goro	-	4073	4410	4149
Mesola	-	8066	7963	7575
Adria	35016	21354	21225	20619
Ariano nel Polesine	12969	6299	5239	4902
Contarina	12311	7628	8224	Porto Viro
Donada	9380	5477	5887	14388

Comune	1951	1971	1991	2000
Corbola	5327	2908	2630	2670
Loreo	6693	3729	3785	3778
Papozze	5172	2427	1873	1764
Porto Tolle	20692	10277	11070	10709
Taglio di Po	13086	7789	8538	8328
<b>Totale</b>	<b>120646</b>	<b>87437</b>	<b>87455</b>	<b>84819</b>

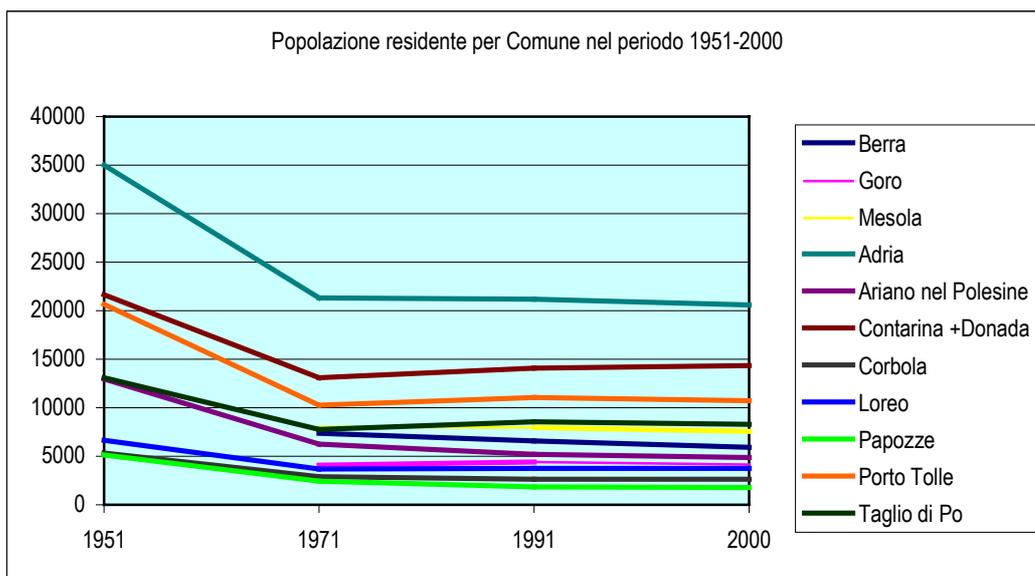


Figura 8.1 Popolazione residente per comune

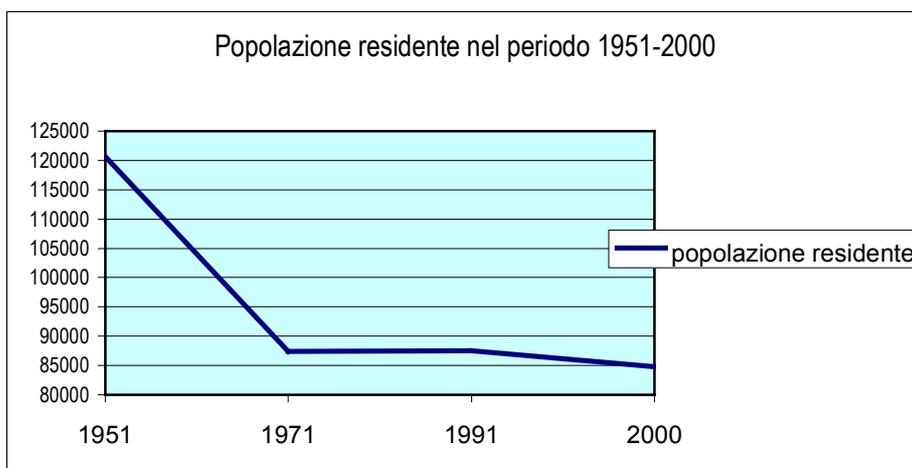


Figura 8.2 Popolazione complessiva

## 20 Le attività economiche

La realtà economica del Delta, esaminata sinteticamente mediante gli attivi nei tre principali settori economici (primario, secondario e terziario) nel periodo 1951-1991, presenta un tessuto incentrato storicamente sul settore primario, progressivamente de-potenziatosi, a favore dei settori secondario e terziario. A tale trend generale fanno eccezione i comuni di Goro e Porto Tolle, che mantengono in crescita il settore primario, evidenziando l'importanza locale della piscicoltura specializzata. Il grafico esprime l'andamento nei Comuni di riferimento.

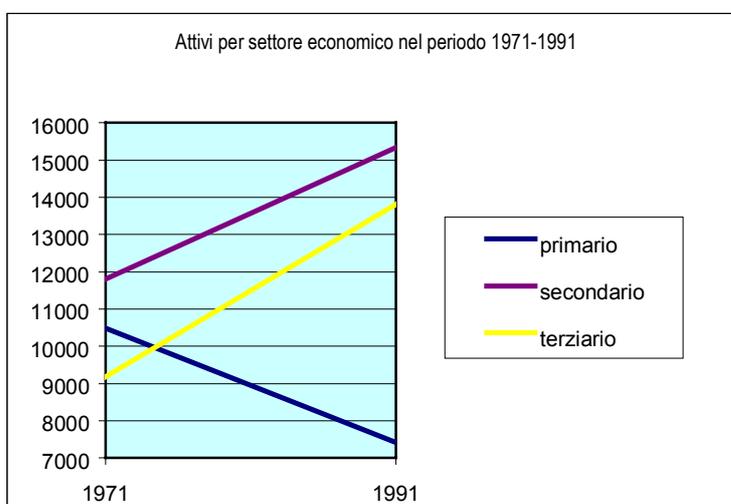


Figura 8.3 Dinamica economica

Guardando al settore *primario* la situazione è sinteticamente rappresentata nella tabella seguente:

Tabella 8.2 Attivi per Comune nel settore primario

Comune	1971	1991
Berra	1344	537
Goro	797	1046
Mesola	1286	929
Adria	1453	709
Ariano nel Polesine	874	422
Contarina *	470	282
Corbola	214	129
Donada *	406	235
Loreo	453	282
Papozze	256	99
Porto Tolle	2013	2105

Comune	1971	1991
Taglio di Po	926	640
<b>Totale</b>	<b>10492</b>	<b>7415</b>

\* I comuni di Contarina e Donada sono divenuti, successivamente al censimento Istat 1991, unico comune di Porto Viro

Il settore primario è comunque rilevante per la zona, organizzato con caratteri di efficienza e di sfruttamento specializzato di un territorio adatto per la coltura di grano, mais, soia, barbabietole, ortaggi, pomodori. Tra gli altri prodotti caratteristici vi sono inoltre angurie, meloni, riso (grazie alla disponibilità di acqua nella zona).

La pesca, e in particolare la vallicoltura, nelle forme di acquacoltura integrata e intensiva, è un'attività trainante l'economia locale, anche se non costituisce offerta risolutiva alla domanda occupazionale dell'area. Goro è uno dei più importanti porti pescherecci dell'Alto Adriatico. La maggior quantità di superficie valliva è situata nei comuni di Porto Viro e Porto Tolle.

Le zone lagunari sono interessate dalla mitilicoltura (in particolare nella Sacca degli Scardovari) e dall'attività di pesca, anche se quest'ultima non assume proporzioni di grande rilevanza.

La distribuzione degli attivi nel *secondario* ha mantenuto nel ventennio '71- '91 un generale trend positivo, come evidenziato, a livello comunale, nella successiva tabella 8.3.

Tabella 8.3 Attivi per Comune nel settore secondario

Comune	1971	1991
Berra	972	1137
Goro	347	394
Mesola	984	1271
Adria	3062	3258
Ariano nel Polesine	851	987
Contarina	1221	1825
Corbola	442	526
Donada	856	1349
Loreo	475	730
Papozze	272	329
Porto Tolle	1193	1932
Taglio di Po	1124	1602
<b>Totale</b>	<b>11799</b>	<b>15340</b>

Le imprese sono localizzate, in maggior misura, lungo le due infrastrutture viarie principali, la S.S. 309 Romea e la S.S. 495. A parte queste due fasce principali, le unità produttive risultano principalmente dislocate in adiacenza a

centri abitati (soprattutto nella zona orientale del Delta, a est della Romea) e si tratta per lo più di artigianato locale o di servizio.

Un cenno a parte merita l'insediamento della centrale termoelettrica di Polesine Camerini, in Comune di Porto Tolle. L'area interessata assume un'importanza notevole non solo per la presenza di impianti produttivi di notevole peso economico, ma anche per le attività indotte e per le attrezzature di servizio.

I dati relativi al *terziario* sono stati riassunti nella tabella 8.4.

Tabella 8.4 Attivi per Comune nel settore terziario

Comune	1971	1991
Berra	536	905
Goro	361	487
Mesola	725	1147
Adria	3082	4382
Ariano nel Polesine	559	737
Contarina	882	1351
Corbola	266	373
Donada	564	956
Loreo	425	582
Papozze	247	229
Porto Tolle	749	1272
Taglio di Po	785	1391
<b>Totale</b>	<b>9181</b>	<b>13812</b>

Il dato più evidente è costituito senza dubbio dal ruolo di Adria come centro di servizi amministrativi e commerciali per l'intera area. La situazione del terziario conferma anche l'importanza rivestita dalla Strada Romea: Contarina, Donada e Taglio di Po, localizzati lungo la direttrice, presentano, infatti, un aumento degli attivi in tale settore, mentre nei comuni al di fuori di tale direttrice si svolgono funzioni terziarie prevalentemente locali.

In sintesi gli ambiti che contribuiscono con più forza allo sviluppo sociale ed economico dell'area risultano essere:

- l'area di Polesine Camerini, in Comune di Porto Tolle, con l'insediamento della centrale termoelettrica e le relative attività indotte; l'area interessata dalla centrale termoelettrica assume una notevole importanza per la presenza di impianti produttivi di rilevante peso economico;
- l'area della Sacca degli Scardovari, delle lagune e delle valli da pesca, con la molluschicoltura, l'itticoltura e la trasformazione agro-industriale;
- le aree agricole, con particolare riferimento alle colture orticole specializzate;
- in generale le aree a valenza naturalistica, che assumono rilevanza per le attività legate al turismo e alla fruizione scientifica e ricreativa.

## 21 Navigazione interna

Il più serio motivo di debolezza del sistema idroviario padano-veneto è senza dubbio la mancanza di un'efficiente connessione tra la rete idroviaria interna e il mare; infatti, il Po non può far conto su un collegamento diretto al mare in quanto davanti alla sua foce si formano banchi di sabbia che impediscono la navigazione. I collegamenti al mare pertanto sono stati affidati a due canali:

- l'Idrovia Ferrarese, in destra, collegata al Po tramite la conca di Pontelagoscuro, che permette al traffico fluviale di raggiungere il mare a Porto Garibaldi;
- il Po di Levante, con la diramazione del canale Po-Brondolo, in sinistra, collegato al Po tramite la conca di Volta Grimana (poco a monte di Contarina) che permette il collegamento con il mare Porto Levante o, seguendo il Po – Brondolo, di raggiungere la laguna veneta e, attraverso la Litoranea Veneta, il golfo di Trieste, presso il porto di Monfalcone.

Entrambi i collegamenti hanno limiti funzionali che rendono difficile la navigazione e ne ostacolano lo sviluppo.

Le due linee idroviarie citate costituiscono parte del sistema idroviario padano – veneto approvato dal D.M. 759/1992, a seguito della legge 29/11/90 n. 380 "Interventi per la realizzazione del sistema idroviario padano–veneto".

## Capitolo 9 **Problematiche e criticità**

# 22 **Sicurezza dei sistemi arginali maestri lungo i rami deltizi**

Gli elementi che determinano le condizioni di squilibrio lungo l'asta del Po rispetto ai fenomeni di piena, trattandosi di un sistema fluviale a carattere prettamente artificiale, sono costituiti dalle condizioni di non sufficiente adeguatezza dei dispositivi difensivi presenti rispetto alle condizioni di sicurezza che si intende conseguire.

In relazione alle condizioni di deflusso della piena di progetto, le situazioni di squilibrio che si manifestano fanno riferimento ai seguenti fenomeni:

- a) inadeguatezza in quota delle arginature rispetto al profilo di piena di progetto con tempo di ritorno 200 anni, con conseguente rischio di rotta per tracimazione;
- b) inadeguatezza strutturale dei rilevati arginali rispetto ai fenomeni di filtrazione nel corpo arginale e nelle fondazioni, con conseguente rischio di rotta per sifonamento;
- c) possibilità di cedimento del rilevato arginale per effetto di fenomeni di dinamica fluviale connessi a modificazione della morfologia dell'alveo da parte della corrente in piena (erosione della sponda al piede del rilevato arginale, erosione diretta del rilevato arginale, sollecitazione diretta della corrente sul rilevato).

Per il primo fenomeno le valutazioni sono direttamente fattibili sulla base del confronto tra le quote arginali nella situazione attuale e le quote del profilo della piena di progetto adottata (Scenario 1).

Per gli altri due fenomeni, le valutazioni derivano da informazioni derivanti da dati quantitativi e da osservazioni empiriche, connessi sia alle caratteristiche strutturali delle arginature maestre sia agli elementi di natura idraulica e morfologica che contraddistinguono l'alveo del corso d'acqua sia alle rilevazioni dei fenomeni che si sono manifestati nel corso delle piene.

In maggiore dettaglio e con riferimento ai diversi rami del Delta il quadro delle criticità, connesse alle condizioni di sicurezza del sistema arginale, è costituito dagli elementi di seguito esposti.

Sul **Po di Venezia**, nel tratto tra Papozze (incile Po di Goro) e la confluenza in mare. si hanno condizioni critiche:

- per carenza di franco idraulico:

- in sinistra, in corrispondenza dell'abitato di Bottrighe e a valle dell'abitato di Contarina,
- in destra a valle dell'incile del Po di Goro in località Sabbioni, immediatamente a monte e a valle dell'abitato di Taglio di Po e a monte dell'incile del Po di Gnocca;
- per inadeguatezza in sagoma degli argini:
  - in sinistra, in corrispondenza della doppia ansa di Corbola, da valle di Contarina all'incile del Po di Maistra e da valle dell'incile del Po di Maistra fino alla località Cà Zuliani;
  - in corrispondenza delle opere a mare sulla Busa Dritta e sulla Busa di Tramontana;
- per fenomeni di sifonamento delle fondazioni:
  - in destra in corrispondenza degli abitati di Corbola e Taglio di Po,
  - in sinistra in località Mazzorno Sinistro ed in corrispondenza di Cavanella Po;
- per fenomeni di erosione di sponda in alveo e sul rilevato arginale:
  - in destra nelle località Mazzorno e Taglio di Po,
  - in sinistra a valle di Contarina.

Sul **Po di Goro** si hanno condizioni critiche:

- per carenza di franco idraulico:
  - in sinistra a valle dell'incile,
  - in sinistra a monte ed in corrispondenza dell'abitato di Ariano nel Polesine,
  - in sinistra da località Riva (di fronte all'abitato di Mesola) fino all'abitato di Goro,
  - in destra da località Massenzatica (a monte dell'abitato di Mesola) fino all'abitato di Goro;
- per fenomeni di filtrazione nel rilevato arginale e/o di sifonamento delle fondazioni:
  - a carattere quasi continuo in sinistra,
  - in destra a carattere puntuale in corrispondenza dell'abitato di Crepalda,
  - in destra in corrispondenza ed a valle di Ariano Ferrarese,
  - in destra in località Massenzatica ed in corrispondenza di Mesola,
  - in destra in località Asinara,
  - in destra in prossimità dell'abitato di Goro,
- per fenomeni di erosione di sponda in alveo e sul rilevato arginale:

- in destra a valle di Ariano Ferrarese,
- in destra a valle della località Asinara,
- in destra in corrispondenza dell'abitato di Goro.

Sul **Po di Gnocca** si hanno condizioni critiche:

- per carenza di franco idraulico:
  - in sinistra, dall'abitato di Donzella fino a valle della località Casella a carattere continuo,
  - in destra a valle dell'incile a carattere puntuale,
  - in destra dall'abitato di Donzella fino a valle di località Casella, a tratti;
- per inadeguatezza in sagoma degli argini:
  - in sinistra dall'incile fino all'abitato di Donzella,
  - in sinistra nel tratto terminale da Santa Giulia alla foce in mare.

Sul **Po di Maistra** si hanno condizioni critiche:

- per carenza di franco idraulico in destra e sinistra a carattere continuo lungo tutto lo sviluppo sino alla foce,
- per inadeguatezza in sagoma:
  - a carattere continuo in destra e sinistra dall'incile a località valle Cà Pisani,
  - in destra in corrispondenza della foce;
- per fenomeni di erosione di sponda in sinistra, in corrispondenza della curva della località valle Cà Pisani.

Sul **Po di Tolle** si hanno condizioni critiche principalmente per inadeguatezza della sagoma in destra in corrispondenza di località Valle Giarette.

Criticità strutturali per inadeguatezza in sagoma delle opere a mare sono presenti a carattere sporadico.

## 23 Criticità connesse alle condizioni di rischio residuale

Le valutazioni di criticità connesse alla sicurezza idraulica sopra rappresentate fanno riferimento alla capacità offerta dal sistema difensivo nelle attuali condizioni di assetto strutturale di sostenere con i sufficienti margini di affidabilità le sollecitazioni derivanti dal deflusso della piena di progetto.

Il valore della piena di progetto è stato fissato, come detto in precedenza e in coerenza con quanto fissato per il tratto arginato dell'asta del Po a monte, con riferimento ad un evento con tempo di ritorno pari a 200 anni in concomitanza con una situazione di marea di identica gravosità. Tale livello di gravosità è

stato prefissato convenzionalmente in quanto ritenuto corrispondente alla riduzione del rischio associato a livelli socialmente ed economicamente compatibili.

In relazione alle criticità riscontrate rispetto a tale assunzione, il presente Piano individua, ai punti successivi, gli interventi di natura strutturale e non strutturale, attivi e passivi, necessari al conseguimento, in forma omogenea per tutte le aree del territorio del Delta, dei livelli di rischio compatibile.

Va tenuto presente in proposito che, anche quando siano stati realizzati tutti gli interventi previsti, permangono rischi residuali, che anche se possono essere considerati trascurabili come probabilità di accadimento assoluta, possono diventare significativi in presenza di elementi particolarmente critici. Tale considerazione è di particolare interesse per un'area, come quella del Delta, che è soggiacente in quota nella sua totalità ai livelli idrici di piena e in cui pertanto la sicurezza idraulica è completamente affidata alle funzioni di ritenuta degli argini.

E' stata pertanto condotta un'analisi della pericolosità e del rischio residuale, nel territorio che, dall'incile del Po di Goro, si estende tra il Po di Maistra e il Po di Volano.

La metodologia di riferimento è stata quella che definisce il concetto di rischio, inteso come rischio totale, basato sulla combinazione di più fattori di natura idraulica e/o idrogeologica e socio-economica. L'espressione semplificata è il risultato del prodotto di due fattori:

$$R_t = P \times D$$

dove P rappresenta la pericolosità, intesa come la probabilità che si realizzino le condizioni di accadimento dell'evento calamitoso, e D rappresenta il danno potenziale, che esprime in modo sintetico il valore degli elementi a rischio ed il loro potenziale grado di perdita. La stessa definizione di rischio, legata a una quantificazione in termini probabilistici della pericolosità e all'incertezza contenuta nella quantificazione del danno atteso, porta ad escludere concettualmente la condizione di rischio nullo e che, di conseguenza, la completa eliminazione del rischio possa essere l'obiettivo della pianificazione di bacino.

Come parametro rappresentativo della pericolosità idraulica, viene generalmente assunta la portata di massima piena con assegnato periodo di ritorno, la cui probabilità annua di superamento individua la pericolosità P.

Il periodo di ritorno T, associato ad una certa distribuzione di probabilità, è per definizione l'inverso della probabilità annua di accadimento di un evento maggiore o uguale di un evento di soglia, cioè del superamento del valore della portata di riferimento, e rappresenta in media l'intervallo temporale atteso tra due eventi di piena massima annuale con portate superiori al valore di riferimento stesso. Il periodo di ritorno T fornisce quindi una stima della pericolosità idraulica assoluta e fornisce la probabilità che un dato evento possa essere superato in un dato anno.

A tale riguardo è opportuno evidenziare che, pur adottando le più opportune procedure di simulazione basate su modelli probabilistici, la valutazione della portata risulta necessariamente affetta da incertezza e i valori equiprobabili che essa può assumere vanno ricercati all'interno dell'intervallo di confidenza. Anche nell'ipotesi che l'incertezza statistica delle valutazioni sia ridotta al

minimo e che siano state realizzate tutte le opere necessarie per la messa in sicurezza nei confronti della portata di assegnato tempo di ritorno, esiste comunque la probabilità che si abbiano portate a questa superiori, in grado di provocare quindi fenomeni di esondazione.

Per definizione, infatti, la portata caratterizzata da un dato periodo di ritorno  $T$  ha una probabilità di essere superata almeno 1 volta in un orizzonte temporale di  $n$  anni pari a  $1 - (1 - 1/T)^n$ . Ad esempio la portata con tempo di ritorno di 200 anni ha una probabilità pari allo 0,5% di essere superata almeno una volta nel corso di un anno, probabilità che aumenta al 4,8% nel corso di 10 anni e al 39% in 100 anni.

Ai fini dell'analisi di rischio residuale sono state pertanto assunte le seguenti definizioni:

- *pericolosità idraulica residuale di inondazione*, la probabilità che si verifichino eventi di entità superiore alla piena di progetto assunta per il dimensionamento del sistema deltizio (tempo di ritorno pari a 200 anni), sia in ordine alla dimensione dell'evento sia per caratteristiche non prese in considerazione nell'analisi dello stesso;
- *rischio residuale di inondazione*, il prodotto della pericolosità residuale per il danno sociale ed economico potenziale, rappresentato dal valore degli elementi a rischio e della loro vulnerabilità.

L'analisi del rischio residuale è stata condotta secondo la seguente metodologia.

- Ripartizione del territorio in celle, definite in funzione della diversità di comportamento idraulico, in occasione di fenomeni di inondazione per rotta arginale, in relazione alla delimitazione operata dai rilevati artificiali – argini di Po, strade e argini interni di sezionamento – presenti nelle isole del Delta. Il territorio risulta così suddiviso in tante celle, di cui i suddetti rilevati rappresentano le soglie di sfioro per tracimazione attraverso le quali l'acqua viene scambiata tra i rami del Po e le porzioni di territorio ad essi limitrofe, nonché tra queste e le celle ad esse contigue.
- Caratterizzazione degli elementi geometrici di ciascuna cella significativi per la valutazione della dinamica di inondazione, costituiti da:
  - quota media dell'argine di Po (solo per le celle confinanti),
  - quota minima di sfioro e codice della cella verso la quale è diretto il flusso idrico
  - quota di sfioro immediatamente superiore alla minima e codice della cella verso la quale è diretto il flusso idrico,
  - quota minima e media del piano campagna della cella.
  - superficie della cella.
- Caratterizzazione del comportamento idraulico delle celle secondo un criterio di analisi differenziato per le celle limitrofe agli argini di Po rispetto a quello utilizzato per tutte le restanti celle interne alle isole. Allo scopo sono stati calcolati dei parametri indicatori del grado di soggiacenza media di ciascuna cella rispetto ai massimi livelli idrici che

si possono instaurare in caso di rotta, che è correlato alla vulnerabilità del territorio rispetto al rischio di inondazione.

- Analisi delle condizioni di pericolosità e di rischio residuali del territorio in relazione a ipotetici fenomeni di rotta arginale che possano interessare un tratto qualsiasi del sistema arginale di ritenuta.

L'analisi di pericolosità e di rischio residuali è stata effettuata rispetto a uno scenario che ipotizza il sistema difensivo arginale, comprensivo delle opere di difesa a mare, in condizioni di assetto corrispondenti alla completa realizzazione di tutti gli interventi previsti nel piano per ricondurre il rischio reale alla soglia di rischio compatibile assunta. Il complesso delle opere di difesa è stato pertanto considerato tutto nelle stesse condizioni di affidabilità e con identici parametri di sicurezza. Non esistono pertanto tratti arginali più deboli di altri, su cui in condizioni di una piena gravosa una ipotetica rotta si possa manifestare in via preferenziale. Ciò ha indotto a considerare, per ciascuna cella in cui è stato ripartito il territorio la condizione di rotta più favorevole ai fini degli effetti conseguenti all'inondazione, sostanzialmente riconducibili ai massimi livelli idrici che si possono instaurare nella stessa.

I risultati della analisi condotte sono riconducibili alle seguenti considerazioni di sintesi:

- nelle condizioni ipotizzate la pericolosità residuale di inondazione è sostanzialmente omogenea per tutte le celle in cui è stato suddiviso il territorio, indipendentemente dalla posizione delle stesse in rapporto al tracciato delle arginature maestre; la funzione degli argini interni di difesa, molto utile nel parzializzare l'estensione di un allagamento a seguito di una singola rotta, rispetto all'intera area sottostante, non è più significativa nel momento in cui si consideri per ciascuna porzione di territorio una rotta nella posizione più sfavorevole;
- il rischio residuale di inondazione è pertanto strettamente correlato alla vulnerabilità del territorio e al valore dei beni esposti, il cui prodotto determina la dimensione del danno atteso; la massima concentrazione dei beni esposti si colloca, come evidenziato dalla analisi condotte, prevalentemente nelle fasce di territorio direttamente adiacenti agli argini maestri presenti sui diversi rami fluviali;
- il rischio residuale di inondazione è pertanto sostanzialmente proporzionale alla distanza della cella dall'argine maestro più vicino, con valore massimo per le celle direttamente adiacenti all'argine, che sono esposte agli effetti diretti di inondazione conseguenti a una rotta.

Nell'allegato "Analisi del rischio residuale" sono riportati i dati quantitativi e le elaborazioni intermedie condotte.

I risultati dello studio hanno contribuito ad orientare le opzioni del Piano in relazione alla delimitazione delle fasce fluviali e alla definizione delle misure di intervento strutturali e non strutturali, dettagliate nel capitolo successivo.

Il quadro conoscitivo e valutativo del rischio residuale nel territorio considerato costituisce inoltre indirizzo per la elaborazione dei Programmi regionali di previsione e prevenzione, dei Piani d'emergenza provinciale e dei Piani comunali di protezione civile.

## Capitolo 10 **Linee generali di assetto idraulico e quadro degli interventi**

### **24 Linee e criteri generali di intervento**

Le linee di intervento discendono dalle strategie di fondo del Piano per il conseguimento sul territorio degli obiettivi di sicurezza posti, in funzione delle criticità individuate sul sistema difensivo esistente e del livello di rischio compatibile da conseguire.

I fenomeni che il Piano tende prioritariamente a controllare, mediante specifiche misure di intervento si riferiscono a:

- il deflusso delle piene che interessano gli alvei delimitati dagli argini maestri in condizioni di sicurezza;
- il rischio residuale nelle aree esterne agli argini maestri;
- la disciplina degli usi del suolo interagenti con i due precedenti punti.

L'insieme delle misure individuate, sono classificabili secondo la tradizionale distinzione in strutturali intensive, strutturali estensive e non strutturali.

Le *misure strutturali intensive* interessano le opere di difesa sui singoli rami fluviali, le opere di difesa interne, ricadenti nelle aree intercluse tra i vari rami e le opere a mare.

Per la definizione degli interventi sui singoli rami fluviali, si è operato con riferimento alla piena con tempo di ritorno di 200 anni, sulla base delle analisi di criticità delle attuali condizioni di assetto e prendendo inoltre in considerazione i diversi scenari di funzionamento che sono stati oggetto di simulazione idraulica, i cui risultati sono illustrati nel precedente capitolo 6, corrispondenti a diverse ipotesi di regolazione delle portate dei rami, formulate anche in periodi precedenti dal Magistrato per il Po.

Sulla base dei risultati delle simulazioni condotte e delle valutazioni comparative sui costi relativi agli interventi strutturali collegati ai diversi scenari di funzionamento ipotizzato, le linee di intervento strutturale proposte dal Piano fanno riferimento alle ipotesi di sistemazione relative allo scenario 1, cioè all'adeguamento del sistema difensivo senza ipotesi di regolazione del deflusso lungo il ramo del Po di Goro e senza incrementi alla capacità di portata del Po di Maistra.

Tali ipotesi di intervento potranno eventualmente essere riconsiderate, in termini di eventuale miglioramento delle condizioni di assetto, sulla base dei risultati conseguiti a seguito delle campagne di monitoraggio morfologico sulla geometria dei rami del Delta, di monitoraggio idraulico sulle scale di deflusso nelle stazioni idrometriche e sulla ripartizione delle portate in piena tra i vari rami e sulle caratteristiche geotecniche del sistema arginale che sono previste nell'ambito del presente Piano.

In ragione delle criticità individuate, gli interventi strutturali concernono le seguenti tipologie di intervento:

- a) adeguamento in quota e/o sagoma delle arginature maestre;
- b) ripristino della tenuta idraulica dei rilevati arginali mediante interventi di diaframmatura e di rivestimento del petto arginale;
- c) ripristino della stabilità delle sponde mediante interventi di ricarica e/o ricostruzione delle difese spondali esistenti;
- d) adeguamento delle opere di difesa a mare;
- e) manutenzione delle opere idrauliche e del reticolo idrografico.

Le *misure non strutturali* tendono a incidere sulla vulnerabilità del territorio, sui sistemi di prevenzione, di emergenza, sui sistemi di monitoraggio e controllo, nonché sulla manutenzione diffusa del territorio e delle opere. Esse si riferiscono prioritariamente alle seguenti tipologie di azioni e interventi:

- a) adeguamento, coordinamento e integrazione dei servizi di previsione e delle funzioni di protezione civile;
- b) regolamentazione delle trasformazioni del suolo negli alvei, all'interno degli argini maestri, delimitati come fascia fluviale A-B, ai fini di consentire, in condizioni di sicurezza, il deflusso e l'invaso della piena di riferimento;
- c) la regolamentazione delle trasformazioni del suolo nei territori lungo i sistemi arginali maestri, delimitati come Fascia C1, con l'obiettivo di individuare e attuare l'insieme delle azioni necessarie alla riduzione delle condizioni di vulnerabilità per le popolazioni e i beni esposti, a garantire l'efficienza, la funzionalità e la conservazione delle opere idrauliche esistenti, nonché le operazioni di sorveglianza, controllo e ricognizione lungo le stesse e le relative pertinenze;
- d) fornire criteri e indirizzi alla pianificazione territoriale, urbanistica e di protezione civile, nei territori delle isole interne del Delta, delimitati come Fascia C2, al fine di integrare le misure di sicurezza a tutela delle popolazioni e dei beni esposti, anche attraverso la pianificazione di protezione civile.

Le *misure strutturali di tipo estensivo* contribuiscono a ridurre la gravosità degli eventi di piena e a migliorare le caratteristiche idrauliche e ambientali dei suoli; fanno riferimento alle seguenti tipologie di intervento:

- a) rinaturazione e recupero naturalistico degli ambienti fluviali e delle relative pertinenze;
- b) miglioramenti dell'uso agricolo del suolo, in termini di migliore compatibilità con le caratteristiche idrauliche e idrogeologiche del territorio.

## 25 Quadro degli interventi strutturali

Le analisi condotte circa le condizioni di efficienza e funzionalità del sistema difensivo in termini di opere di contenimento dei livelli sui rami del Po e a mare hanno posto in evidenza che l'attuale assetto delle opere non è troppo lontano rispetto a quello richiesto dagli obiettivi di sicurezza posti dal Piano, che presuppongono il contenimento di un evento teorico costituito dalla contemporanea manifestazione di una piena di fiume e di una mareggiata, entrambe con gravosità corrispondente al tempo di ritorno di 200 anni.

Gli interventi strutturali puntano all'adeguamento del sistema difensivo rispetto all'evento di piena di progetto con riferimento alle attuali modalità di funzionamento idraulico dei rami deltizi (scenario 1) e al conseguimento di un assetto morfologico sufficientemente stabile e compatibile con le opere di difesa stesse. Gli interventi prendono pertanto in considerazione

- le opere di difesa sui singoli rami del delta del Po;
- le opere di difesa interne, ricadenti nelle aree intercluse tra i vari rami;
- le opere a mare.

Come detto in precedenza, le ipotesi di intervento che presuppongono una modifica delle modalità di ripartizione delle portate nei diversi rami non appaiono, alla luce delle verifiche effettuate, apportare vantaggi significativi dal punto di vista funzionale e risultano comportare costi economici maggiori.

Vista la complessità del sistema e i limiti posti alle analisi idrauliche effettuate dalle carenze di misure di campo relative soprattutto alle scale di deflusso nelle stazioni idrometriche e ai valori delle portate convogliate in piena dai rami deltizi, si ritiene utile mantenere la possibilità di riconsiderare, con riferimento a un orizzonte temporale di medio termine, tali ipotesi di intervento in termini di miglioramento delle condizioni di assetto, sulla scorta degli approfondimenti di valutazione che potranno essere condotti a seguito della disponibilità delle informazioni conoscitive citate.

Tenendo conto di tale fatto si indicano nel seguito anche le necessità di intervento conseguenti agli scenari di funzionamento analizzati oltre allo scenario 1, assunto come scenario "di progetto" per la sistemazione dell'asta principale e dei rami del delta del Po.

Gli ambiti fluviali oggetto di intervento hanno estensione diversa in funzione degli scenari di sistemazione analizzati, mentre per le opere a mare e le opere di difesa interne si analizza un unico scenario di sistemazione; i tratti interessati da interventi strutturali per i vari scenari di piena sono nel seguito descritti.

Restano naturalmente invariati per tutti gli scenari gli interventi di adeguamento delle opere a mare e quelli di rinforzo delle arginature interne, che sono pertanto indicati unicamente per lo scenario 1.

- *Scenario 1 – Condizioni attuali di sistemazione; inalterate le dimensioni geometriche degli alvei, i tracciati delle arginature e le ripartizioni delle portate nei rami:* il fabbisogno di intervento viene esaminato per i rami del delta del Po nel tratto da Papozze (incile Po di Goro) alla foce in mare.

- *Scenario 2 – Condizioni modificate dalla realizzazione sull'incile del Po di Goro di un manufatto limitatore della portata entrante nel ramo (Scenario 2.1: portata massima defluita 800 m<sup>3</sup>/s; Scenario 2.2: portata massima defluita 1.350 m<sup>3</sup>/s):* il fabbisogno di intervento viene esaminato per i rami del delta del Po, nel tratto da Pontelagoscuro alla foce in mare, in quanto il manufatto di regolazione provoca un innalzamento dei livelli verso monte tale da richiedere un'ulteriore necessità di intervento strutturale da Pontelagoscuro all'incile del Po di Goro rispetto a quella prevista dal PAI.
- *Scenario 3 – Condizioni modificate dalla massimizzazione della capacità di deflusso del Po di Maistra:* il fabbisogno di intervento viene esaminato per i rami del delta del Po nel tratto da Papozze (incile Po di Goro) alla foce in mare, in quanto il livello idrico in corrispondenza dell'incile del Po di Goro è equivalente a quello dello scenario 1.
- *Scenario 4 - Condizioni modificate dalla realizzazione sull'incile del Po di Goro di un manufatto limitatore della portata entrante nel ramo (portata massima defluita 1.350 m<sup>3</sup>/s) e dalla massimizzazione della capacità di deflusso del Po di Maistra:* il fabbisogno di intervento viene definito nello stesso tratto di quello dello scenario 2; dall'incile del Po di Goro a Pontelagoscuro il fabbisogno di interventi strutturali è equivalente a quello dello scenario 2 poiché non risultano differenze apprezzabili in termini di livello idrico.

## Interventi strutturali scenario 1

### **Po di Venezia – tratto da Papozze (incile Po di Goro) alla foce in Adriatico**

- a) Adeguamento in quota e/o sagoma delle arginature maestre:
  - in sinistra in corrispondenza della località Panarella,
  - in sinistra in corrispondenza dell'abitato di Bottrighe,
  - in sinistra da valle dell'abitato di Contarina all'incile del Po di Maistra,
  - in sinistra da valle dell'incile del Po di Maistra fino a monte della località Cà Zuliani,
  - in destra a valle dell'incile del Po di Goro in località Sabbioni,
  - in destra immediatamente a monte e a valle dell'abitato di Taglio di Po
  - in destra a monte dell'incile del Po di Gnocca.
- b) Ripristino della tenuta idraulica dei rilevati arginali mediante interventi di diaframmatura e di rivestimento del petto arginale:
  - in destra in corrispondenza degli abitati di Corbola e Taglio di Po,

- in sinistra in località Mazzorno Sinistro ed in corrispondenza di Cavanella Po.
- c) Ripristino della stabilità delle sponde mediante interventi di ricarica e/o ricostruzione delle difese spondali esistenti:
  - in destra nelle località Mazzorno e Taglio di Po,
  - in sinistra a valle di Contarina.

### **Po di Goro**

- a) Adeguamento in quota e/o sagoma delle arginature maestre:
  - in sinistra a valle dell'incile (località Anconella),
  - in sinistra a monte ed in corrispondenza dell'abitato di Ariano nel Polesine,
  - in sinistra dalla località Riva, sita di fronte all'abitato di Mesola, fino all'abitato di Goro,
  - in destra dalla località Massenzatica, sita a monte dell'abitato di Mesola, fino all'abitato di Goro.
- b) Ripristino della tenuta idraulica dei rilevati arginali mediante interventi di diaframmatatura e di rivestimento del petto arginale:
  - in sinistra a tratti lungo tutto lo sviluppo arginale,
  - in destra a carattere puntuale in corrispondenza dell'abitato di Crepalda,
  - in destra in località Valline,
  - in destra in corrispondenza ed a valle di Ariano Ferrarese,
  - in destra in località Massenzatica,
  - in destra in corrispondenza di Mesola,
  - in destra in località Asinara.
- c) Ripristino della stabilità delle sponde mediante interventi di ricarica e/o ricostruzione delle difese spondali esistenti:
  - in destra a valle dell'abitato di Ariano Ferrarese e della località Asinara,
  - in destra in corrispondenza dell'abitato di Goro.

### **Po di Gnocca**

- a) Adeguamento in quota e/o sagoma delle arginature maestre:
  - in sinistra da in prossimità dell'incile fino all'abitato di Donzella,
  - in sinistra dall'abitato di Donzella fino a valle della località Casella a tratti;

- in sinistra nel tratto terminale da Santa Giulia alla foce in mare.
  - in destra a valle dell'incile in località Presa Pisana a tratti,
  - in destra dall'abitato di Donzella fino a valle della località Cà Latis a tratti.
- b) Ripristino della tenuta idraulica dei rilevati arginali mediante interventi di diaframmatura e di rivestimento del petto arginale:
- in destra in corrispondenza dell'incile.

### **Po di Maistra**

- a) Adeguamento in quota e/o sagoma delle arginature maestre in destra e sinistra a carattere continuo lungo tutto il suo sviluppo sino alla foce in mare.
- b) Ripristino della stabilità delle sponde mediante interventi di ricarica e/o ricostruzione delle difese spondali esistenti in sinistra in corrispondenza della curva in località valle Cà Pisani.

### **Po di Tolle**

- a) Adeguamento in quota e/o sagoma delle arginature maestre in destra nella località Giarette.

### **Interventi strutturali su argini interni**

Revisione del sistema delle opere di arginatura del reticolo minore di bonifica tramite interventi di adeguamento e consolidamento nelle località:

- San Basilio, Taglio di Po e Cà Lattis,
- Cerlin e Giarettone, nell'isola della Donzella in comune di Porto Tolle.

### **Interventi strutturali sulle opere a mare**

I principali interventi strutturali a mare previsti sulla linea di frontiera:

- a) Adeguamento in quota e/o sagoma e rinforzo delle opere di contenimento di livello.
- b) Adeguamento, consolidamento e/o nuova realizzazione delle opere di controllo morfologico, a protezione da fenomeni erosivi per il mantenimento della linea di costa, a carattere sporadico lungo tutto l'ambito del delta.

## Interventi strutturali scenario 2.1

### **Asta Po - tratto Pontelagoscuro - Papozze**

- a) Adeguamento in quota e/o sagoma delle arginature maestre:
- in sinistra dall'abitato di Polesella all'abitato di Guarda Veneta a carattere continuo,
  - in sinistra a monte dell'abitato di Crespino e a carattere quasi continuo dall'abitato di Villanova Marchesana a Papozze;
  - in destra dalla località Francolino a Sabbioni,
  - in destra in corrispondenza di Garofolo a carattere locale,
  - in destra in corrispondenza degli abitati di Ro, di Guarda Ferrarese a carattere locale;
  - in destra a carattere continuo tra le località Cascina Pastora e Serravalle.
- b) Ripristino della tenuta idraulica dei rilevati arginali mediante interventi di diaframmatatura e di rivestimento del petto arginale secondo un'estensione complessivamente superiore del 7 % rispetto allo scenario 1:
- in destra nelle località Pontelagoscuro, Crespino, Cologna,
  - in destra in corrispondenza dell'abitato di Berra ed a valle,
  - in destra in località Serravalle;
  - in sinistra immediatamente a valle dell'abitato di Polesella ed in corrispondenza dell'abitato di Papozze.
- c) Ripristino della stabilità delle sponde mediante interventi di ricarica e/o ricostruzione delle difese spondali esistenti:
- in destra immediatamente a valle di Pontelagoscuro,
  - in destra nelle località Francolino, Sabbioni, Zocca,
  - in destra a valle di Ro,
  - in destra in località Cologna e a valle di Berra.

### **Po di Venezia – tratto da Papozze alla foce in Adriatico**

- a) Adeguamento in quota e/o sagoma delle arginature maestre:
- in sinistra a carattere continuo dalla località Golena, sita immediatamente a valle dell'incile del Po di Goro, all'abitato di Bottrighe;
  - in sinistra a carattere continuo dalla località Conca di Volta Grimana, sita a monte dell'abitato di Contarina, all'incile del Po di Maistra;

- in destra a carattere continuo dall'incile del Po di Goro alla località Golena sita a valle dell'abitato di Corbola;
- in destra a carattere continuo dalla località Mazzorno all'incile del Po di Gnocca;
- in destra a carattere locale di fronte all'abitato di Porto Tolle.

La necessità di adeguamento in quota e sagoma risulta superiore del 58% rispetto a quella dello scenario 1.

- b) Ripristino della tenuta idraulica dei rilevati arginali mediante interventi di diaframmatura e di rivestimento del petto arginale secondo un'estensione complessivamente superiore del 5% rispetto allo scenario 1:
- in destra in corrispondenza degli abitati di Corbola e Taglio di Po;
  - in sinistra in località Mazzorno Sinistro ed in corrispondenza di Cavanella Po.
- c) Ripristino della stabilità delle sponde mediante interventi di ricarica e/o ricostruzione delle difese spondali esistenti:
- in destra nelle località Mazzorno e Taglio di Po,
  - in sinistra a valle di Contarina.

### **Po di Goro**

Realizzazione del manufatto limitatore di portata.

### **Po di Gnocca**

- a) Adeguamento in quota e/o sagoma delle arginature maestre:
- in sinistra a carattere continuo dall'incile fino a monte della località Gnocchetta;
  - in sinistra nel tratto terminale da Santa Giulia alla foce in mare.
  - in destra a carattere continuo dall'incile fino a monte della località San Rocco, sita in prossimità della foce.
- b) Ripristino della tenuta idraulica dei rilevati arginali mediante interventi di diaframmatura e di rivestimento del petto arginale:
- in destra in corrispondenza dell'incile.

### **Po di Maistra**

- a) Adeguamento in quota e/o sagoma delle arginature maestre in destra e sinistra a carattere continuo lungo tutto il suo sviluppo sino alla foce in mare.

- b) Ripristino della stabilità delle sponde mediante interventi di ricarica e/o ricostruzione delle difese spondali esistenti in sinistra in corrispondenza della curva in località valle Cà Pisani.

### **Po di Tolle**

- a) Adeguamento in quota e/o sagoma delle arginature maestre in destra nella località Giarette.

## **Interventi strutturali scenario 2.2**

### **Asta Po - tratto Pontelagoscuro - Papozze**

- a) Adeguamento in quota e/o sagoma delle arginature maestre:
- in sinistra da valle dell'abitato di Polesella a valle dell'abitato di Guarda Veneta a carattere continuo,
  - in sinistra nel tratto a monte di Crespino,
  - in sinistra immediatamente a valle dell'abitato di Villanova Marchesana;
  - in sinistra di fronte all'abitato di Papozze;
  - in destra dalla località Francolino a Sabbioni,
  - in destra in corrispondenza di Garofolo e degli abitati di Ro e di Guarda Ferrarese,
  - in destra a carattere continuo dalla località Cascina Pastora a Berra
  - in destra nel tratto a monte ed in corrispondenza dell'abitato di Serravalle.

La necessità di adeguamento in quota e sagoma risulta inferiore del 13 % rispetto a quella dello scenario 2.1.

- b) Ripristino della tenuta idraulica dei rilevati arginali mediante interventi di diaframmatura e di rivestimento del petto arginale secondo un'estensione complessivamente superiore del 7 % rispetto allo scenario 1:
- in destra nelle località Pontelagoscuro, Crespino, Cologna,
  - in destra in corrispondenza dell'abitato di Berra ed a valle,
  - in destra in località Serravalle,
  - in sinistra immediatamente a valle dell'abitato di Polesella ed in corrispondenza dell'abitato di Papozze.
- c) Ripristino della stabilità delle sponde mediante interventi di ricarica e/o ricostruzione delle difese spondali esistenti:

- in destra immediatamente a valle di Pontelagoscuro,
- in destra nelle località Francolino, Sabbioni, Zocca,
- in destra a valle di Ro,
- in destra in località Cologna e a valle di Berra.

### **Po di Venezia – tratto da Papozze alla foce in Adriatico**

a) Adeguamento in quota e/o sagoma delle arginature maestre:

- in sinistra a carattere continuo da monte della località Panarella all'abitato di Bottrighe,
- in sinistra a carattere continuo dalla località Conca di Volta Grimana, sita a monte dell'abitato di Contarina, alla località Casino Vaccara,
- in sinistra in corrispondenza della località Villa Regia,
- in destra a carattere continuo dall'incile del Po di Goro alla località Golena sita a valle dell'abitato di Corbola;
- in destra a carattere continuo dalla località Pecoraia, sita a valle di Mazzorno, all'incile del Po di Gnocca,
- in destra a carattere locale di fronte all'abitato di Porto Tolle.

La necessità di adeguamento in quota e sagoma risulta superiore del 50% rispetto a quella dello scenario 1 e inferiore del 7% rispetto allo scenario 2.1.

b) Ripristino della tenuta idraulica dei rilevati arginali mediante interventi di diaframmatura e di rivestimento del petto arginale secondo un'estensione complessivamente superiore del 5 % rispetto allo scenario 1

- in destra in corrispondenza degli abitati di Corbola e Taglio di Po,
- in sinistra in località Mazzorno Sinistro ed in corrispondenza di Cavanella Po.

c) Ripristino della stabilità delle sponde mediante interventi di ricarica e/o ricostruzione delle difese spondali esistenti:

- in destra nelle località Mazzorno e Taglio di Po,
- in sinistra a valle di Contarina.

### **Po di Goro**

Realizzazione di un manufatto limitatore di portata.

### **Po di Gnocca**

a) Adeguamento in quota e/o sagoma delle arginature maestre:

- in sinistra a carattere continuo dall'incile fino a monte della località Gnocchetta, sita in prossimità della foce;

- in sinistra nel tratto terminale da Santa Giulia alla foce in mare.
  - in destra a carattere continuo dall'incile fino a monte della località San Rocco, sita in prossimità della foce.
- b) Ripristino della tenuta idraulica dei rilevati arginali mediante interventi di diaframmatatura e di rivestimento del petto arginale:
- in destra in corrispondenza dell'incile.

### **Po di Maistra**

- a) Adeguamento in quota e/o sagoma delle arginature maestre in destra e sinistra a carattere continuo lungo tutto il suo sviluppo sino alla foce in mare.
- b) Ripristino della stabilità delle sponde mediante interventi di ricarica e/o ricostruzione delle difese spondali esistenti in sinistra in corrispondenza della curva in località valle Cà Pisani.

### **Po di Tolle**

- a) Adeguamento in quota e/o sagoma delle arginature maestre in destra nella località Giarette.

## **Interventi strutturali scenario 3**

### **Po di Venezia – tratto da Papozze (incile Po di Goro) alla foce in Adriatico**

- a) Adeguamento in quota e/o sagoma delle arginature maestre:
- in sinistra in corrispondenza della località Panarella,
  - in sinistra in corrispondenza dell'abitato di Bottrighe,
  - in sinistra da valle dell'abitato di Contarina all'incile del Po di Maistra,
  - in sinistra da valle dell'incile del Po di Maistra fino a monte della località Cà Zuliani,
  - in destra a valle dell'incile del Po di Goro in località Sabbioni,
  - in destra immediatamente a monte e a valle dell'abitato di Taglio di Po.

Le necessità di intervento in quota e sagoma sono pressoché le stesse dello scenario 1, in quanto i benefici della riduzione di livello sono molto limitati.

- b) Ripristino della tenuta idraulica dei rilevati arginali mediante interventi di diaframmatatura e di rivestimento del petto arginale:

- in destra in corrispondenza degli abitati di Corbola e Taglio di Po,
  - in sinistra in località Mazzorno Sinistro ed in corrispondenza di Cavanella Po.
- c) Ripristino della stabilità delle sponde mediante interventi di ricarica e/o ricostruzione delle difese spondali esistenti:
- in destra nelle località Mazzorno e Taglio di Po,
  - in sinistra a valle di Contarina.

### **Po di Goro**

- a) Adeguamento in quota e/o sagoma delle arginature maestre:
- in sinistra a valle dell'incile (località Anconella),
  - in sinistra a monte ed in corrispondenza dell'abitato di Ariano nel Polesine,
  - in sinistra dalla località Riva, sita di fronte all'abitato di Mesola, fino all'abitato di Goro,
  - in destra dalla località Massenzatica, sita a monte dell'abitato di Mesola, fino all'abitato di Goro.

Le necessità di intervento in quota e sagoma sono pressoché le stesse dello scenario 1.

- b) Ripristino della tenuta idraulica dei rilevati arginali mediante interventi di diaframmatatura e di rivestimento del petto arginale:
- in sinistra a tratti lungo tutto lo sviluppo arginale,
  - in destra a carattere puntuale in corrispondenza dell'abitato di Crepalda,
  - in destra in località Valline,
  - in destra in corrispondenza ed a valle di Ariano Ferrarese,
  - in destra in località Massenzatica,
  - in destra in corrispondenza di Mesola,
  - in destra in località Asinara.
- c) Ripristino della stabilità delle sponde mediante interventi di ricarica e/o ricostruzione delle difese spondali esistenti:
- in destra a valle dell'abitato di Ariano Ferrarese e della località Asinara,
  - in destra in corrispondenza dell'abitato di Goro.

### **Po di Gnocca**

- a) Adeguamento in quota e/o sagoma delle arginature maestre:

- in sinistra da in prossimità dell'incile fino all'abitato di Donzella,
- in sinistra dall'abitato di Donzella fino a valle della località Casella a tratti in misura molto minore rispetto allo scenario 1;
- in sinistra nel tratto terminale da Santa Giulia alla foce in mare.
- in destra per due brevi tronchi nel tratto mediano del corso d'acqua.

Le necessità di intervento in quota e sagoma si riducono in maniera sensibile rispetto allo scenario 1, che risulta di per sé già abbastanza adeguato.

- b) Ripristino della tenuta idraulica dei rilevati arginali mediante interventi di diaframmatura e di rivestimento del petto arginale:
- in destra in corrispondenza dell'incile.

### **Po di Maistra**

- a) Adeguamento in quota e/o sagoma delle arginature maestre in destra e sinistra
- a carattere discontinuo dall'incile alla località Valle Cà Pisani
  - a carattere continuo da Cà Pisani alla foce in mare.
- b) Potenziamento della capacità di deflusso tramite ricalibratura dell'alveo di piena.

La sistemazione in oggetto implica una riduzione sensibile delle necessità di adeguamento in quota degli argini rispetto allo scenario 1, ma con costi più elevati per la ricalibratura da realizzare.

- c) Ripristino della stabilità delle sponde mediante interventi di ricarica e/o ricostruzione delle difese spondali esistenti a carattere sporadico lungo tutta l'asta fluviale.

### **Po di Tolle**

- a) Adeguamento in quota e/o sagoma delle arginature maestre in destra nella località Giarette.

## **Interventi strutturali scenario 4**

### **Asta Po - tratto Pontelagoscuro - Papozze**

Gli interventi sono quelli previsti dallo scenario 2.2.

## **Po di Venezia – tratto da Papozze alla foce in Adriatico**

Gli interventi sono quelli previsti dallo scenario 2.2 a meno dell'adeguamento in quota e sagoma di un breve tratto arginale in destra in corrispondenza di Porto Tolle.

## **Po di Goro**

Realizzazione di un manufatto limitatore di portata.

## **Po di Gnocca**

a) Adeguamento in quota e/o sagoma delle arginature maestre:

- in sinistra a carattere quasi continuo dall'incile fino a monte della località Gnocchetta, sita in prossimità della foce;
- in sinistra nel tratto terminale da Santa Giulia alla foce in mare.
- in destra a carattere quasi continuo dall'incile fino a monte della località San Rocco, sita in prossimità della foce.

La necessità di intervento in termini di adeguamento in quota e sagoma delle arginature risulta di poco inferiore rispetto allo scenario 2.2.

b) Ripristino della tenuta idraulica dei rilevati arginali mediante interventi di diaframatura e di rivestimento del petto arginale:

- in destra in corrispondenza dell'incile.

## **Po di Maistra**

a) Adeguamento in quota e/o sagoma delle arginature maestre

- in destra e sinistra a carattere quasi continuo dall'incile alla località Valle Cà Pisani
- in destra e sinistra a carattere continuo dalla località Valle Cà Pisani sino alla foce in mare.

b) Potenziamento della capacità di deflusso tramite ricalibratura dell'alveo di piena.

c) Ripristino della stabilità delle sponde mediante interventi di ricarica e/o ricostruzione delle difese spondali esistenti in sinistra in corrispondenza della curva in località valle Cà Pisani.

La sistemazione in oggetto implica una riduzione sensibile degli adeguamenti in termini di quota degli argini rispetto allo scenario 2.2, ma con costi più elevati per la ricalibratura da realizzare.

## Po di Tolle

- a) Adeguamento in quota e/o sagoma delle arginature maestre in destra nella località Giarette.

# 26 Delimitazione delle fasce fluviali

La delimitazione delle fasce fluviali è funzionale all'individuazione degli alvei e dei territori interessati dai fenomeni di inondazione, in rapporto all'esigenza di prevedere misure di intervento atte sia ad assicurare il deflusso delle piene di riferimento in condizioni di sicurezza sia di controllare e diminuire il rischio residuo presente.

Con riferimento a tale duplice obiettivo il Piano contiene due tipologie di fasce fluviali:

- *la fascia di deflusso della piena*, costituita dall'alveo interessato dal deflusso e dall'invaso della piena di riferimento, è delimitata secondo il metodo di cui al D.P.C.M. 24 luglio 1998. Tale fascia, in ragione delle caratteristiche del sistema delle arginature maestre e dell'alveo da esse delimitato, assume la particolare caratteristica di estendersi, su tutti i rami deltizi, sino al rilevato arginale. Nel Piano la fascia viene pertanto definita convenzionalmente *Fascia A-B*. Essa costituisce l'estensione della delimitazione delle fasce fluviali A e B dell'asta del Po, di cui al Piano Stralcio delle Fasce Fluviali, approvato con D.P.C.M. 24 luglio 1998;
- *le aree inondabili per tracimazione o rottura degli argini maestri, delimitate in funzione di condizioni di rischio residuale decrescente*. Tali aree sono articolate come segue.
  - *Fascia di rispetto idraulico (Fascia C1)*, costituita dalla porzione di territorio che si estende dal limite esterno della fascia di deflusso (Fascia A-B) sino alla distanza di m 150 da questo, ovvero, per le difese arginali a mare, dal piede delle stesse, sino alla stessa distanza lato campagna. Nella Fascia C1 il Piano persegue l'obiettivo di individuare e attuare l'insieme delle azioni necessarie alla riduzione delle condizioni di vulnerabilità per le popolazioni e i beni esposti, a garantire l'efficienza, la funzionalità e la conservazione delle opere idrauliche esistenti, nonché le operazioni di sorveglianza, controllo e ricognizione lungo le stesse e le relative pertinenze.
  - *Fascia di inondazione per tracimazione o rottura degli argini maestri (Fascia C2)*, costituita dalla porzione di territorio inondabile per cedimento o tracimazione delle opere di ritenuta, in rapporto alle quote del terreno, alle condizioni morfologiche, alle caratteristiche geotecniche e di affidabilità del sistema arginale. La fascia si estende, dal limite esterno della precedente (Fascia C1) sino al limite esterno della Fascia C1 interessante altro ramo, per le isole interne, ovvero, per l'area in sponda destra del ramo del Po di Goro, sino al rilevato arginale del Po di Volano. Nella Fascia C2 il Piano persegue l'obiettivo di fornire criteri e indirizzi alla pianificazione territoriale, urbanistica e di protezione civile, nonché di integrare le misure di sicurezza a tutela delle popolazioni e dei beni esposti, anche attraverso la pianificazione di protezione civile.

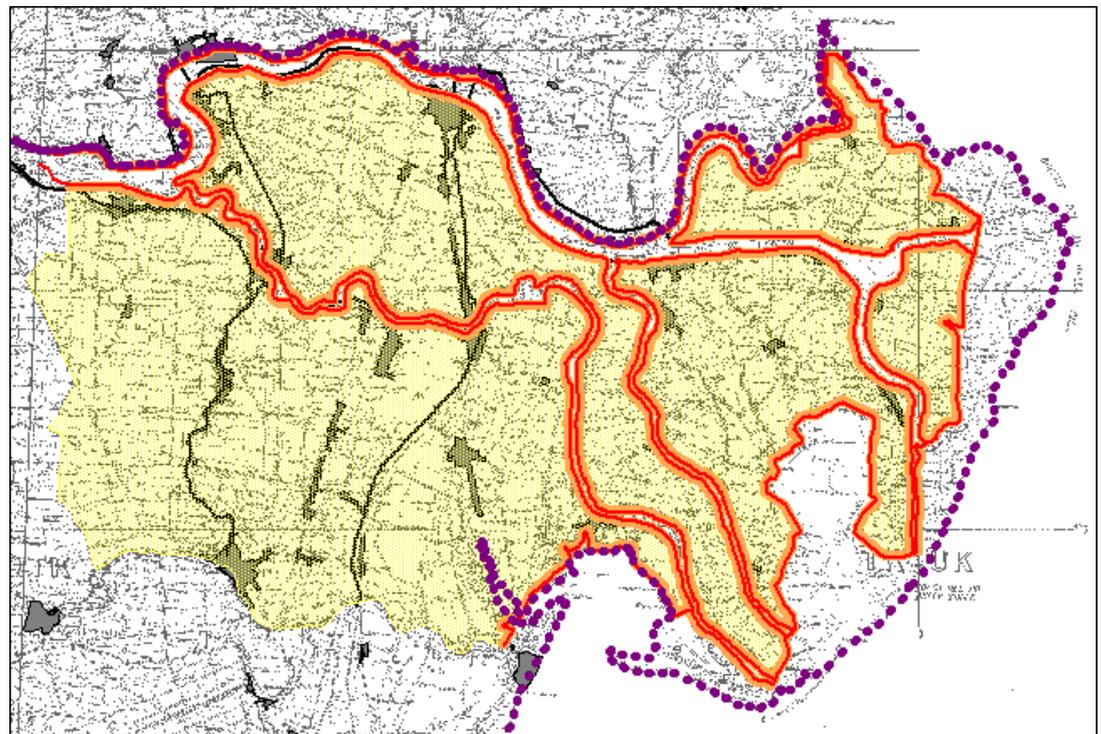
La delimitazione delle fasce A-B, C1 e C2 interessa il sistema idrografico deltizio riportato in tabella ed è realizzata nell'elaborato n. 4 del Piano "Delimitazione delle fasce fluviali" in cartografia alla scala 1:10.000 (fasce A-B e C1) e 1:100.000 (Fascia C2).

Tabella 10.1 Sistema idrografico interessato dalla delimitazione delle fasce fluviali

*Fiume Po: dall'incile del Po di Goro sino alla sezione finale delle difese arginali fluviali a mare*

diramazioni in sinistra	diramazioni in destra
Po di Maistra dalla diramazione dal Po di Venezia sino alla sezione finale delle difese fluviali arginali	Po di Goro dalla diramazione dal Po sino alla sezione finale delle difese fluviali arginali a mare
	Po della Donzella dalla diramazione dal Po di Venezia sino alla sezione finale delle difese fluviali arginali a mare
	Po delle Tolle dalla diramazione dal Po della Pila sino alla sezione finale delle difese fluviali arginali a mare

Figura 10.1 Delimitazione delle fasce fluviali



- Fascia A-B
- Fascia C1
- Fascia C2

## 27 **Regolamentazione degli usi del suolo nei territori interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali**

Mediante la regolamentazione degli usi del suolo si introducono le misure necessarie al perseguimento delle seguenti finalità:

- non aumentare ed eventualmente migliorare ovunque possibile lo stato di vulnerabilità del territorio;
- incentivare le azioni e gli interventi funzionali al controllo e alla diminuzione del rischio idraulico;
- favorire il ripristino e il recupero naturalistico e funzionale delle aree fluviali, golenali e inondabili in genere;
- inibire le attività e gli interventi incompatibili con le esigenze di deflusso e invaso della piena di riferimento negli alvei e nei territori di pertinenza idraulica;
- coordinare le funzioni di prevenzione, previsione ed emergenza con quelle di pianificazione dell'assetto idraulico;
- raccordare le scelte insediative e di pianificazione urbanistica con quelle di prevenzione e controllo del rischio idraulico.

Le *norme di attuazione* del Piano individuano sia l'insieme delle direttive, degli indirizzi e dei prescrizioni di regolamentazione degli usi del suolo per le finalità sopra citate, sia le modalità di attuazione degli interventi strutturali di difesa.

In maggiore dettaglio le norme di attuazione intervengono nell'ambito territoriale di riferimento del Piano mediante la regolamentazione:

- *dei territori delimitati dalla Fascia A-B*, per la quale sono richiamate le norme del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali e del Piano per l'Assetto Idrogeologico;
- *dei territori delimitati dalla Fascia C1*, per le quali sono definiti indirizzi, direttive e prescrizioni per il conseguimento della compatibilità dell'assetto urbanistico, attraverso gli strumenti di pianificazione comunale, provinciale e regionale, nonché richiamati i raccordi con i programmi e piani di emergenza;
- *dei territori della Fascia C2*, per i quali sono definiti criteri e indirizzi alla pianificazione territoriale, urbanistica e di protezione civile, al fine di integrare e coordinare le misure di sicurezza a tutela delle popolazioni e dei beni esposti;
- *della progettazione delle opere di difesa idraulica*, per le quali sono definiti i valori della piena di progetto, nonché le tipologie di intervento interessate dalla programmazione triennale;

- *della manutenzione, completamento e integrazione dei sistemi di difesa* esistenti, costituiti dagli argini maestri, dagli argini interni e dalle difese a mare, nonché le modalità di realizzazione di in catasto delle opere di difesa ai fini della programmazione degli interventi di manutenzione;
- *degli interventi di riqualificazione ambientale e di rinaturazione*, per i quali sono definite priorità e indirizzi;
- *degli interventi nell'agricoltura e nella gestione forestale*, per i quali sono richiamate finalità e priorità;
- *delle opere pubbliche e di interesse pubblico all'interno della fascia A-B*, per le quali è richiamata la direttiva dell'Autorità di bacino n. 2/99, 11 maggio 1999, che definisce i criteri di compatibilità;
- *delle infrastrutture di attraversamento dei rami deltizi*, per i quali è richiamata la stessa direttiva dell'Autorità di bacino n. 2/99, 11 maggio 1999;
- *delle attività estrattive*, per le quali è prevista una verifica di compatibilità idraulica-ambientale dei piani di settore regionali e provinciali.

## 28 Programmi di rinaturazione

Nella fase di definizione delle opzioni di intervento oltre agli aspetti tecnici, economici e sociali sono stati debitamente considerati gli aspetti ambientali.

Le problematiche connesse alla salvaguardia dei beni naturalistici e paesaggistici, che nel territorio del Delta risultano tutelati da disposizioni regionali e comunitarie, come evidenziato nell'allegato "Quadro della pianificazione e delle tutele presenti", sono state affrontate mediante lo sviluppo di modalità di intervento strutturale compatibili con i valori naturalistici e culturali del paesaggio e mediante l'assunzione di criteri di riequilibrio ambientale che privilegiano la conservazione e il recupero del territorio.

Nella definizione delle linee di assetto idraulico e idrogeologico si è perseguito, ove possibile, cioè ove la documentazione conoscitiva lo consentiva, l'obiettivo di promuovere interventi di rinaturazione che favoriscono la riattivazione e l'avvio di processi evolutivi naturali e il ripristino di ambienti umidi naturali sulla rete idrografica, il ripristino e l'ampliamento delle aree a vegetazione spontanea.

Il concetto di rinaturazione è stato quindi applicato a situazioni quali:

- il recupero di ex cave, al fine di ottenere zone umide, aree lacustri, ecc.;
- il recupero dei rami deltizi e delle golene fluviali presenti allo scopo di ripristinarne l'ormai raro assetto naturale;
- la valorizzazione delle aree naturali (zone umide in particolare).

Le tecniche di intervento riconducibili a quelle dell'ingegneria naturalistica trovano una specifica sezione descrittiva nel Quaderno delle Opere Tipo, costituente elaborato del Piano per l'Assetto Idrogeologico.

## 29 Il programma finanziario

L'attuazione del Piano avviene per Programmi triennali (artt. 21 e seguenti, legge 183/89), per i quali vengono definiti i criteri e le modalità di redazione, in funzione delle priorità.

I programmi di intervento vengono adottati in conformità a criteri che scaturiscono da un protocollo di valutazione oggettiva basato sulla articolazione in classi di priorità. In base a tale collocazione gerarchica viene definita una distribuzione temporale dei fabbisogni di intervento. Non rientrano nella indicazione di priorità tutti gli interventi che fanno capo alle funzioni di gestione del sistema e che pertanto rientrano in operazioni sistematiche (manutenzione; conduzione operativa dei sistemi di monitoraggio e di prevenzione).

Il Programma finanziario, allegato alla presente relazione, tiene conto che gli interventi previsti dal PAI Delta si collocano in una linea di continuità di azione nel settore di cui, per la parte relativa alla copertura economica, gli elementi fondamentali sono costituiti dagli Schemi Previsionali e Programmatici, che coprono complessivamente il periodo 1990 – 1999, e dal PS 45 (legge 21 gennaio 1995, n. 22 e legge 16 febbraio 1995, n. 33).

## 30 Monitoraggio morfologico e idrologico dei corsi d'acqua – Programma di indagine per la caratterizzazione geotecnica dei rilevati arginali

In relazione alle significative carenze conoscitive riscontrate, il Piano prevede l'attuazione, tramite la promozione e lo sviluppo delle opportune forme di coordinamento con i soggetti istituzionali che operano nei settori interessati, un monitoraggio sistematico delle caratteristiche idrologiche, morfologiche e dello stato delle opere idrauliche sui rami del Delta.

E' inoltre prevista l'attuazione di un programma generalizzato di caratterizzazione geotecnica dei rilevati arginali, realizzato tramite:

- la messa a punto di una metodica di prove geotecniche adatte alle specifiche caratteristiche degli argini e alle valutazioni di interesse circa il grado di affidabilità e funzionalità degli stessi;
- l'attuazione delle campagne di indagine relative e l'interpretazione dei risultati.

*Monitoraggio idrologico.* Il monitoraggio è finalizzato alle necessità connesse all'attuazione del Piano e all'aggiornamento delle valutazioni circa le condizioni di deflusso in piena; deve produrre gli elementi conoscitivi necessari alle seguenti funzioni:

- controllo dell'evoluzione della morfologia fluviale dei diversi rami;
- aggiornamento delle valutazioni sulle portate di piena di progetto assunte per la delimitazione delle fasce fluviali e per la definizione e la verifica dell'assetto di progetto delle opere idrauliche;
- controllo degli effetti delle opere idrauliche di difesa previste nei Piani stralcio e del livello di efficacia complessivo del sistema difensivo presente.

Le valutazioni condotte sull'assetto dell'asta del Po mettono in evidenza la necessità di un monitoraggio approfondito delle caratteristiche geometriche e idrauliche dell'alveo. Tale strumento è indispensabile a documentare adeguatamente le trasformazioni in corso, a prevedere i trend evolutivi e alla progettazione degli interventi di regimazione idraulica.

In linea generale, i criteri di impostazione delle azioni di monitoraggio sono definiti nei punti che seguono.

- Rilevazioni topografiche: a partire dal livello conoscitivo oggi disponibile, il monitoraggio degli alvei dei rami deve essere impostato in modo tale da fornire una buona rappresentazione della geometria, attraverso sezioni trasversali con passo sufficientemente ravvicinato (ordine di grandezza 500 m) e con frequenza temporale di rilievo tale da documentare adeguatamente le modificazioni che si manifestano. In ragioni di tali criteri si possono ipotizzare cadenze temporali differenziate per il rilievo dell'alveo inciso (oggetto di continue variazioni dipendenti dalla dinamica del trasporto solido) rispetto a quello di piena, più stabile. Appare comunque importante l'esecuzione di un rilievo batimetrico a seguito di ogni piena significativa. Le tecnologie di rilievo moderne, basate sulla georeferenziazione GPS accoppiata a rilievi batimetrici, forniscono l'opportunità di avere punti quotati a passo molto ridotto, e quindi molto rappresentativi, con tempi e costi di esecuzione sicuramente inferiori a quelli dei rilievi tradizionali. Le modalità di gestione dei dati nei sistemi GIS e le tecniche di interpolazione spaziale dei punti permettono inoltre di effettuare valutazioni sull'intera geometria tridimensionale dell'alveo e di poter quindi seguire non solo con dati quantitativi medi ma anche con considerazioni sull'evoluzione qualitativa del fondo, le variazioni morfologiche in atto, potendo discernere cause naturali e cause antropiche.
- Misure idrologiche - idrauliche: le carenze di misure di portata lungo l'asta del Po costituiscono uno dei fattori che inducono maggiore incertezza nelle elaborazioni relative alle simulazioni idrauliche delle diverse condizioni di deflusso. Si tratta quindi per la parte idrologica di incrementare il numero di idrometri lungo l'asta principale e lungo i rami secondari, in modo da avere una descrizione più accurata dell'andamento del profilo idrico, in situazioni sia di magra che di piena. Per la parte idraulica occorre disporre di scale di portata sperimentali in numero maggiore delle attuali, dotate di buona significatività per i

diversi stati idrologici, soprattutto di piena. E' inoltre necessario, in special modo per le condizioni di piena, conoscere la ripartizione delle portate lungo i diversi rami del Delta, attraverso campagne di misura opportunamente eseguite.

- Misure di trasporto solido. Il bilancio del trasporto solido lungo i rami del Delta è una delle grandezze meno conosciute, mentre riveste importanza determinante sia per l'alveo di magra che per le condizioni di stabilità morfologica e di sicurezza idraulica. Il monitoraggio geometrico, attraverso l'osservazione delle caratteristiche batimetriche dell'alveo, può sicuramente aiutare a comprendere le modalità di spostamento dei sedimenti al fondo e dare quindi indicazioni indirette sull'entità dei volumi movimentabili per diverse situazioni di portata. Appare comunque necessario realizzare stazioni per la misura del trasporto solido in un numero di sezioni rappresentative per geometria e condizioni di regime idrologico - idraulico.

*Campagne di indagine per la caratterizzazione geotecnica dei rilevati arginali.*  
Il programma di indagini geotecniche riguarda i seguenti aspetti:

- caratterizzazione geotecnica del sistema argine - terreni di fondazione;
- definizione dei modelli di analisi in relazione alla piena di progetto;
- valutazione dell'efficacia degli interventi eseguiti, sulla base di misure disponibili;
- caratterizzazione del grado di affidabilità della struttura arginale rispetto alle esigenze di funzionalità in condizioni di livelli idrometrici di piena e di diversa persistenza temporale degli stessi.

In particolare, per quanto concerne lo sviluppo del primo punto, l'attività comprende la caratterizzazione geotecnica dei materiali costituenti gli argini, sulla scorta dei risultati delle indagini già eseguite.

Considerata la marcata variabilità che delle sezioni degli argini, sia in termini di materiali impiegati sia in termini di metodologie esecutive, non si ritiene particolarmente significativo approfondire tale aspetto con indagini specifiche.

Si ritiene invece molto più rilevante rivolgere l'attenzione alla caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione, curando in particolare "il profilo stratigrafico" in termini di peculiarità macrostrutturali.

I contrasti di conducibilità idraulica tra il primo orizzonte di limi sabbioso - argillosi e il secondo orizzonte di sabbie fini spiegano i fenomeni di sifonamento che si verificano contestualmente all'innalzamento del livello del Po e sono, tra i possibili scenari di collasso, quelli che destano maggiori preoccupazioni.

A tale scopo occorre prevedere specifiche campagne di indagine secondo metodiche che consentano di estrapolare i risultati di prove, comunque puntuali, a tratti significativi delle arginature in modo da giungere a un quadro completo dell'assetto del sistema arginale. La pianificazione di tale indagine è subordinata all'analisi della documentazione esistente.

Relativamente allo sviluppo del secondo e del terzo punto (modelli di analisi e efficacia degli interventi), l'attività prevede la strumentazione di sezioni

significative mediante celle piezometriche e piezometri Casagrande, installati sia nel corpo dell'argine sia negli orizzonti dei terreni di fondazione.

# Appendice

## 31 Profili idrici di piena per l'evento ottobre 2000, Simpo e scenari di progetto

Sezione fascia	Sezione denominazione	RAMO	Progr. (m)	Livello idrico taratura evento 2000 (m s.m.)	Scenario 1 Livello idrico Tr 200 anni (94+51) (m s.m.)	Livello idrico SIMPO (m s.m.)	Scenario 2 Livello 94+51 con manufatto su Goro 800 m <sup>2</sup> /s (m s.m.)	Scenario 3 Livello 94+51 con manufatto su Goro 1350 m <sup>2</sup> /s (m s.m.)	Scenario 4 Livello idrico Tr 200 anni (94+51) e ricalibratura su Maistra (m s.m.)	Scenario 5 Livello 94+51 con manufatto su Goro 1350 m <sup>2</sup> /s e ricalibratura su Maistra (m s.m.)
28	S74A	Venezia	593305	7.06	8.41	8.84	9.26	9.00	8.37	8.94
27	S74B	Venezia	595288	6.94	8.28		9.12	8.86	8.23	8.80
26	S75	Venezia	596766	6.80	8.14	8.58	8.97	8.72	8.09	8.66
25	S75A	Venezia	599666	6.54	7.88		8.71	8.46	7.83	8.39
24	S76	Venezia	601693	6.42	7.74	8.19	8.56	8.31	7.68	8.24
23	S76A	Venezia	602812	6.36	7.69		8.51	8.26	7.63	8.19
22	S76B	Venezia	604921	6.15	7.45	7.81	8.25	8.01	7.38	7.92
21	S77	Venezia	609251	5.70	6.95	7.30	7.69	7.46	6.86	7.37
20	S77A	Venezia	612131	5.46	6.68	7.01	7.39	7.17	6.58	7.07
19	S77B	Venezia	613001	5.34	6.54		7.24	7.03	6.44	6.92
18	S78	Venezia	615206	5.21	6.40	6.56	7.10	6.89	6.30	6.77
17	S78A	Venezia	617321	5.12	6.33		7.02	6.81	6.22	6.69
16	S79	Venezia	618676	5.03	6.23	6.34	6.92	6.71	6.11	6.58
15	S79A	Venezia	621674	4.76	5.91	5.99	6.56	6.37	5.78	6.22
14	S79B	Venezia	625975	4.19	5.29	5.69	5.87	5.69	5.12	5.51
13	S80	Venezia	628818	3.68	4.73	5.21	5.26	5.10	4.51	4.86
12	S80A	Venezia	630594	3.67	4.71		5.23	5.07	4.48	4.83
11	S81	Venezia	634585	3.30	4.30	4.56	4.76	4.62	4.03	4.34
10	S81A	Venezia	637312	3.15	4.14	4.37	4.58	4.44	3.89	4.18
9	S82	Venezia	639997	2.90	3.85	3.93	4.24	4.12	3.62	3.88
8	S83	Venezia	642898	2.49	3.40	3.65	3.72	3.62	3.22	3.43
7	S84	Venezia	644421	2.07	3.00	3.59	3.27	3.19	2.86	3.02
6	S85	Venezia	645748	1.91	2.87		3.12	3.05	2.74	2.89
5	S86	Venezia	648260	1.58	2.55		2.74	2.68	2.45	2.57
4	S87	Venezia	649748	1.38	2.37		2.51	2.47	2.29	2.38
3	S88	Venezia	653221	1.00	2.17		2.26	2.23	2.12	2.17
2	S89	Venezia	655817	0.30	1.90		1.93	1.92	1.90	1.90
1	S90	Venezia	657267	0.28	1.90		1.90	1.90	1.90	1.90
44	Sez F	Goro	2247	7.22	8.58				8.54	
43	Sez G	Goro	2405	7.25	8.61		4.43	6.04	8.57	6.04

Sezione fascia	Sezione denominazione	RAMO	Progr. (m)	Livello idrico taratura evento 2000 (m s.m.)	Scenario 1 Livello idrico Tr 200 anni (94+51) (m s.m.)	Livello idrico SIMPO (m s.m.)	Scenario 2 Livello 94+51 con manufatto su Goro 800 m³/s (m s.m.)	Scenario 3 Livello 94+51 con manufatto su Goro 1350 m³/s (m s.m.)	Scenario 4 Livello idrico Tr 200 anni (94+51) e ricalibratura su Maistra (m s.m.)	Scenario 5 Livello 94+51 con manufatto su Goro 1350 m³/s e ricalibratura su Maistra (m s.m.)
42	Sez H	Goro	2748	7.16	8.52		4.36	5.96	8.48	5.96
41	Sez 1/2	Goro	3060	7.15	8.52		4.34	5.95	8.48	5.95
40	Sez 1/3	Goro	4032	7.00	8.35		4.25	5.82	8.31	5.82
39	Sez 2	Goro	4707	6.90	8.25		4.16	5.73	8.21	5.73
38	Sez 3	Goro	6285	6.57	7.91		3.95	5.42	7.87	5.42
37	Sez 4	Goro	7015	6.55	7.91		3.91	5.39	7.88	5.39
36	Sez 5	Goro	8240	6.37	7.71		3.80	5.24	7.68	5.24
35	Sez 6	Goro	9030	6.05	7.34		3.63	4.99	7.30	4.99
34	Sez 7	Goro	10082	5.91	7.20		3.54	4.87	7.16	4.87
33	Sez 8	Goro	11320	5.62	6.86		3.39	4.64	6.83	4.64
32	Sez 9	Goro	12269	5.54	6.77		3.35	4.58	6.74	4.58
31	Sez 10	Goro	13094	5.54	6.81		3.31	4.55	6.77	4.55
30	Sez 11	Goro	14183	5.32	6.56		3.20	4.38	6.53	4.38
29	Sez 12	Goro	15186	5.32	6.59		3.17	4.36	6.55	4.36
28	Sez 13	Goro	16532	5.12	6.34		3.09	4.22	6.31	4.22
27	Sez 14	Goro	17667	4.90	6.08		2.99	4.06	6.05	4.06
26	Sez 15	Goro	18944	4.89	6.10		2.97	4.04	6.07	4.04
25	Sez 16	Goro	19792	4.76	5.96		2.91	3.95	5.93	3.95
24	Sez 17	Goro	21377	4.47	5.61		2.79	3.74	5.58	3.74
23	Sez 18	Goro	22510	4.20	5.32		2.66	3.54	5.30	3.54
22	Sez 19	Goro	23460	4.17	5.30		2.66	3.52	5.27	3.52
21	Sez 20	Goro	24592	4.07	5.19		2.62	3.45	5.17	3.45
20	Sez 21	Goro	25386	4.02	5.15		2.58	3.41	5.12	3.41
19	Sez 22	Goro	26282	3.86	4.96		2.53	3.30	4.94	3.30
18	Sez 23	Goro	27375	3.77	4.88		2.49	3.24	4.85	3.24
17	Sez 24	Goro	29035	3.61	4.70		2.44	3.13	4.67	3.13
16	Sez 25	Goro	30733	3.36	4.40		2.36	2.98	4.38	2.98
15	Sez 26	Goro	32090	3.26	4.30		2.33	2.92	4.27	2.92
14	Sez 30	Goro	33797	3.12	4.13		2.30	2.84	4.11	2.84
13	Sez 35	Goro	35079	2.96	3.96		2.25	2.74	3.94	2.74
12	Sez 40	Goro	36857	2.59	3.55		2.16	2.54	3.53	2.54
11	Sez 41	Goro	37620	2.44	3.39		2.13	2.47	3.37	2.47
10	Sez 42	Goro	38360	2.33	3.32		2.10	2.42	3.30	2.42
9	Sez 43	Goro	39086	2.14	3.14		2.07	2.34	3.12	2.34
8	Sez 44	Goro	39529	2.17	3.18		2.08	2.36	3.16	2.36
7	Sez 45	Goro	40371	2.09	3.11		2.06	2.33	3.10	2.33
6	Sez 46	Goro	41745	1.78	2.80		2.02	2.19	2.79	2.19
5	Sez 47	Goro	42980	1.31	2.31		1.97	2.02	2.30	2.02
4	Sez 48	Goro	44112	1.23	2.33		1.96	2.03	2.33	2.03

Sezione fascia	Sezione denominazione	RAMO	Progr. (m)	Livello idrico taratura evento 2000 (m s.m.)	Scenario 1 Livello idrico Tr 200 anni (94+51) (m s.m.)	Livello idrico SIMPO (m s.m.)	Scenario 2 Livello 94+51 con manufatto su Goro 800 m³/s (m s.m.)	Scenario 3 Livello 94+51 con manufatto su Goro 1350 m³/s (m s.m.)	Scenario 4 Livello idrico Tr 200 anni (94+51) e ricalibratura su Maistra (m s.m.)	Scenario 5 Livello 94+51 con manufatto su Goro 1350 m³/s e ricalibratura su Maistra (m s.m.)
3	Sez 49	Goro	45249	0.94	2.14		1.94	1.97	2.13	1.97
2	Sez 50	Goro	45727	0.88	2.13		1.93	1.97	2.13	1.97
1	Sez 51	Goro	48040	0.28	1.90		1.90	1.90	1.90	1.90
36	PG5	Gnocca	1589	3.45	4.51		5.01	4.86	4.29	4.63
35	PG6	Gnocca	2220	3.35	4.42		4.91	4.76	4.21	4.53
34	PG7	Gnocca	2689	3.33	4.42		4.91	4.76	4.20	4.53
33	PG8	Gnocca	3077	3.28	4.38		4.87	4.72	4.16	4.49
32	PG9	Gnocca	3582	3.24	4.34		4.83	4.68	4.13	4.45
31	PG10	Gnocca	3713	3.22	4.33		4.82	4.67	4.11	4.44
30	PG11	Gnocca	3891	3.20	4.31		4.80	4.65	4.10	4.42
29	PG12	Gnocca	4362	3.16	4.29		4.79	4.64	4.08	4.40
28	PG13	Gnocca	5086	3.02	4.15		4.63	4.48	3.95	4.26
27	PG14	Gnocca	5311	2.97	4.11		4.58	4.43	3.91	4.22
26	PG15	Gnocca	6045	2.86	4.00		4.46	4.32	3.81	4.11
25	PG16	Gnocca	6523	2.85	4.02		4.48	4.34	3.82	4.12
24	PG17	Gnocca	7267	2.71	3.87		4.31	4.18	3.69	3.97
23	PG18	Gnocca	7651	2.67	3.83		4.26	4.13	3.65	3.93
22	PG19	Gnocca	7952	2.59	3.76		4.18	4.05	3.58	3.85
21	PG20	Gnocca	8200	2.59	3.77		4.19	4.06	3.59	3.86
20	PG21	Gnocca	8965	2.48	3.66		4.06	3.94	3.48	3.75
19	PG22	Gnocca	9279	2.46	3.66		4.07	3.94	3.48	3.75
18	PG23	Gnocca	10046	2.29	3.48		3.85	3.73	3.32	3.56
17	PG24	Gnocca	10614	2.26	3.47		3.84	3.72	3.31	3.55
16	PG25	Gnocca	11377	2.16	3.39		3.75	3.64	3.23	3.47
15	PG26	Gnocca	11535	2.14	3.37		3.74	3.62	3.22	3.46
14	PG27	Gnocca	12314	2.02	3.28		3.62	3.52	3.13	3.35
13	PG28	Gnocca	12880	1.88	3.16		3.48	3.38	3.02	3.23
12	PG29	Gnocca	13162	1.89	3.17		3.50	3.40	3.04	3.25
11	PG30	Gnocca	13515	1.86	3.17		3.50	3.40	3.03	3.24
10	PG31	Gnocca	14084	1.74	3.08		3.39	3.29	2.95	3.15
9	PG32	Gnocca	14881	1.61	2.98		3.27	3.18	2.85	3.04
8	PG33	Gnocca	15518	1.49	2.90		3.19	3.10	2.79	2.97
7	PG34	Gnocca	15958	1.34	2.76		3.01	2.93	2.66	2.82
6	PG35	Gnocca	16654	1.22	2.69		2.92	2.85	2.59	2.74
5	PG36	Gnocca	17264	1.11	2.59		2.81	2.74	2.51	2.64
4	PG37	Gnocca	18395	0.75	2.26		2.38	2.34	2.21	2.28
3	PG38	Gnocca	19024	0.56	2.11		2.19	2.16	2.08	2.13
2	PG39	Gnocca	19839	0.47	2.09		2.14	2.12	2.06	2.09
1	PG40	Gnocca	20701	0.28	1.90		1.90	1.90	1.90	1.90

Sezione fascia	Sezione denominazione	RAMO	Progr. (m)	Livello idrico taratura evento 2000 (m s.m.)	Scenario 1 Livello idrico Tr 200 anni (94+51) (m s.m.)	Livello idrico SIMPO (m s.m.)	Scenario 2 Livello 94+51 con manufatto su Goro 800 m³/s (m s.m.)	Scenario 3 Livello 94+51 con manufatto su Goro 1350 m³/s (m s.m.)	Scenario 4 Livello idrico Tr 200 anni (94+51) e ricalibratura su Maistra (m s.m.)	Scenario 5 Livello 94+51 con manufatto su Goro 1350 m³/s e ricalibratura su Maistra (m s.m.)
22	PM1	Maistra	0	3.42	4.44		4.92	4.77	4.16	4.48
21	PM2	Maistra	532	3.41	4.42		4.90	4.76	4.14	4.45
20	PM3	Maistra	1195	3.37	4.39		4.86	4.72	4.10	4.42
19	PM4	Maistra	2263	3.33	4.35		4.83	4.68	4.10	4.41
18	PM5	Maistra	2476	3.33	4.35		4.82	4.68	4.09	4.40
17	PM6	Maistra	2885	3.32	4.34		4.82	4.67	4.06	4.37
16	PM7	Maistra	3740	3.29	4.31		4.78	4.64	4.02	4.32
15	PM8	Maistra	4277	3.26	4.29		4.75	4.61	3.98	4.28
14	PM9	Maistra	4828	3.23	4.26		4.73	4.59	3.92	4.23
13	PM10	Maistra	5997	3.20	4.23		4.69	4.55	3.84	4.14
12	PM11	Maistra	7252	3.19	4.23		4.69	4.55	3.84	4.14
11	PM12	Maistra	8390	3.13	4.15		4.59	4.46	3.71	3.99
10	PM13	Maistra	8505	3.05	4.04		4.46	4.33	3.60	3.87
9	PM14	Maistra	8673	3.03	4.04		4.48	4.35	3.65	3.93
8	PM15	Maistra	9510	2.90	3.90		4.33	4.20	3.47	3.72
7	PM16	Maistra	10629	2.88	3.90		4.33	4.20	3.49	3.76
6	PM17	Maistra	11871	2.73	3.74		4.14	4.02	3.28	3.52
5	PM18	Maistra	12865	2.59	3.62		4.01	3.89	3.24	3.47
4	PM19	Maistra	13238	2.57	3.62		4.02	3.90	3.26	3.51
3	PM20	Maistra	13564	2.38	3.39		3.73	3.63	2.97	3.18
2	PM21	Maistra	14696	2.11	3.18		3.50	3.41	2.78	2.95
1	PM22	Maistra	16905	0.28	1.90		1.90	1.90	1.90	1.90
13		Tolle	1110	2.03	2.96		3.22	3.14	2.82	2.98
12		Tolle	1908	1.87	2.80		3.03	2.96	2.68	2.82
11		Tolle	2608	1.47	2.53		2.72	2.66	2.43	2.55
10		Tolle	3208	1.32	2.46		2.64	2.58	2.37	2.48
9		Tolle	3858	1.11	2.37		2.52	2.47	2.29	2.38
8		Tolle	4458	0.93	2.30		2.44	2.40	2.23	2.31
7		Tolle	5704	0.54	2.12		2.21	2.18	2.08	2.13
6		Tolle	6173	0.48	2.09		2.16	2.13	2.05	2.09
5		Tolle	6573	0.43	2.05		2.11	2.09	2.03	2.06
4		Tolle	7181	0.35	1.99		2.03	2.02	1.98	2.00
3		Tolle	7597	0.31	1.94		1.95	1.95	1.93	1.94
2		Tolle	8041	0.28	1.90		1.90	1.90	1.90	1.90
1		Tolle	8441	0.28	1.90		1.90	1.90	1.90	1.90