



Nuovo piano urbanistico di Ferrara
Relazioni geologiche per il PSC

Prof. MARCO BONDESAN

Via Paolo V, 16

FERRARA

Ordine del Geologi Reg. Emilia-Romagna

n. 5 E.S.

Relazioni geologiche per il PSC

Cap. 1) CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITA' DEL TERRITORIO FERRARESE

Ferrara, Ottobre 2002

1. 1 - DATI STORICI

Per il territorio comunale di Ferrara e per il Ferrarese in generale sono storicamente documentate numerose scosse sismiche. Molte di queste sono attribuibili a eventi esterni al territorio, come nel caso della maggior scossa del terremoto del Friuli, il 6 maggio 1976: la presenza di sedimenti clastici incoerenti e saturi d'acqua può essere infatti motivo di amplificazione di scosse sismiche anche provenienti da luoghi non vicini; si è trattato comunque di fenomeni che nel Ferrarese non hanno provocato danni.

Le scosse più forti sono invece riconducibili a eventi locali, imputabili a movimenti delle pieghe dell'Appennino sepolto, probabilmente amplificate dalla natura dei materiali sovrastanti. Nel seguito verranno appunto elencate e considerate le più importanti tra queste ultime.

Vanno fatte alcune premesse.

Nell'analisi dei terremoti storici si può far riferimento solo a documenti scritti che segnalano i danni registrati nei vari luoghi in cui il sisma ha fatto sentire i suoi effetti. Fino a un secolo fa, infatti, non esisteva una rete di sismografi che permettesse di misurare l'ampiezza delle scosse sismiche e di ricostruirne la zona *epicentrale* (ossia l'area superficiale più fortemente interessata dal movimento) e l'*ipocentro*, (vero punto di partenza delle onde sismiche, in profondità); conseguentemente:

- la valutazione dell'intensità del fenomeno è opinabile
- è in genere possibile segnalare come epicentro del sisma solo il centro abitato da cui provengono le notizie dei maggiori danni
- data la varietà dei sistemi di riferimento orari esistenti prima della nascita dello Stato Nazionale, è spesso assai difficoltoso ricostruire il momento reale della scossa.

Così, per valutare l'intensità dei terremoti storici, risulta impossibile utilizzare la scala Richter, basata sulla *magnitudo*, e si usa far riferimento alla scala Mercalli-Càncani-Sieberg, basata sugli effetti del sisma in superficie (tabella 1). Per le ragioni precedentemente esposte non è corretto tradurre in magnitudo Richter le grandezze Mercalli segnalate per questi eventi.

Tabella 1 - Scala Mercalli-Càncani-Sieberg

- 1° grado Sisma percepibile solo dagli strumenti, non dall'uomo;
- 2° “ percepibile da persone particolarmente sensibili, ai piani alti delle case;
- 3° “ percepibile da più persone, con oscillazione di oggetti appesi e vibrazioni;
- 4° “ provoca oscillazioni e vibrazioni, tintinnio di vetri, scricchiolio di pareti;
- 5° “ sveglia chi dorme, provoca scricchiolii, tintinnii, spavento e caduta di calcinacci;
- 6° “ fa fuggire le persone all'aperto, produce rumori e boati, fa cadere oggetti pesanti, provoca qualche lesione agli edifici;
- 7° “ provoca caduta di intonaci, camini e tegole, rottura di vetri, danni di scarsa entità ai muri, suono di campane, onde sugli specchi d'acqua;
- 8° “ provoca danni anche a muri buoni (ma non di cemento armato), caduta di torri, alberi, apertura di crepe nel suolo; può essere avvertito anche da chi viaggia in auto;

- 9° “ distrugge edifici non particolarmente resistenti, rompe tubazioni sotterranee, provoca ampi crepacci nel terreno, con espulsione di sabbia e fango;
- 10° “ distrugge buona parte degli edifici, danneggia dighe e argini, può deviare fiumi e rotaie, provoca grandi frane, sposta orizzontalmente i terreni che si sono fessurati;
- 11° “ rovina completamente gli edifici, rompe tutte le tubazioni, interrompe le comunicazioni e può provocare un gran numero di vittime;
- 12° “ distrugge ogni opera dell'uomo, lancia in aria oggetti, sposta grandi masse rocciose o vasti tratti di terreno, provoca grandi frane e può causare migliaia di vittime.

Nella tabella 2 sono riportati, a partire dal XIII secolo, i principali sismi locali catalogati da recenti studi (Ferrari et al. 1980, Postpischl, 1985; Boschi et al., 1995; Boschi et al. 1997; Camassi, Stucchi, 1996). Gli eventi sono stati attribuiti al giorno in cui si è prodotta la scossa più violenta, le coordinate geografiche della zona epicentrale sono date in gradi sessadecimali, le intensità massime sono espresse in gradi della suddetta Scala Mercalli-Càncani-Sieberg. Con riferimento a tale scala, sono stati elencati i 25 sismi superiori al grado 3.

Tabella 2 - Elenco dei principali terremoti che hanno colpito il Ferrarese dal XIII secolo ad oggi

Evento N°	Anno	mese	giorno	zona epicentrale		zona epicentr. località	Intensità	Bibliogr.
				lat.	long.			
1	1234	marzo	20	44,833	11,617	Ferrara	7	Camassi-Stucchi, 1997
2	1285	dicembre	13	44,833	11,650	Ferrara	6,5	Camassi-Stucchi, 1997
3	1346	febbraio	22	44,817	11,617	poco a S di Ferrara	7,5	Camassi-Stucchi, 1997
4	1410	giugno	9	44,833	11,617	Ferrara	6,5	Camassi-Stucchi, 1997
5	1425	agosto	10	44,833	11,667	poco a E di Ferrara	6	Camassi-Stucchi, 1997
6	1483	marzo	3	44,817	11,650	poco a SE di Ferrara	5,5	Camassi-Stucchi, 1997
7	1487	gennaio	11	45,03	11,30	a NW di Ferrara	5	Boschi et al., 1995
8	1508	ottobre	18	44,833	11,667	poco a E di Ferrara	6	Camassi-Stucchi, 1997
9	1561	novembre	24	44,833	11,600	Ferrara	6,5	Camassi-Stucchi, 1997
10	1570	novembre	18	44,817	11,650	Ferrara	8	Camassi-Stucchi, 1997
11	1594	ottobre	3	44,83	11,62	Ferrara	5	Boschi et al., 1997
12	1624	marzo	18	44,667	11,917	a NE di Argenta	8,5	Camassi-Stucchi, 1997
13	1695	febbraio	28	44,833	11,617	Ferrara	5,5	Camassi-Stucchi, 1997
14	1743	maggio	29	44,823	11,650	Ferrara	6,5	Camassi-Stucchi, 1997
15	1787	luglio	16	44,83	11,62	Ferrara	6,5	Boschi et al., 1997
16	1787	luglio	26	44,843	11,633	Ferrara	6,5	Camassi-Stucchi, 1997
17	1895	marzo	23	44,700	12,183	Comacchio	6	Camassi-Stucchi, 1997
18	1895	maggio	25	45,000	12,000	Serravalle-Papozze	6	Camassi-Stucchi, 1997
19	1895	luglio	3	44,700	12,183	Comacchio	6	Camassi-Stucchi, 1997
20	1898	gennaio	16	44,617	11,833	Argenta	7	Camassi-Stucchi, 1997
21	1908	giugno	28	44,800	11,300	fra Cento e Finale Emilia	6	Camassi-Stucchi, 1997
22	1909	gennaio	13	44,617	11,667	presso Traghetto	6,5	Camassi-Stucchi, 1997
23	1922	maggio	24	44,733	11,383	Cento	3,5	Camassi-Stucchi, 1997
24	1956	febbraio	20	44,567	11,950	a Sud di Filo di Argenta	5,5	Camassi-Stucchi, 1997
25	1967	dicembre	30	44,667	11,833	fra Argenta e Portomaggiore	6	Camassi-Stucchi, 1997

Gli eventi più gravi sono stati il terremoto di Ferrara del 1570 (grado 8) e quello di Argenta del 1624 (grado 8,5).

Il primo ha danneggiato anche Portomaggiore e altri paesi per un raggio di circa 10 di chilometri dall'epicentro, ed è stato avvertito anche a Ravenna, Bologna, Reggio Emilia e Venezia (Boschi & al., 1995). Moderne indagini (Camassi, Stucchi, 1996; Ferrari et al., 1998) gli assegnano un ipocentro a 7 Km di profondità, nei livelli più profondi della Dorsale Ferrarese.

Confrontando la posizione degli ipocentri con le strutture dell'Appennino sepolto (Pieri, Groppi, 1980, C.N.R., 1992), si può in effetti vedere che la maggior parte dei sismi (n. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15 e 16) sono attribuibili a movimenti che interessano il fianco sud della Dorsale Ferrarese, ossia della struttura più settentrionale del complesso delle Pieghe Ferraresi (fig. 1).

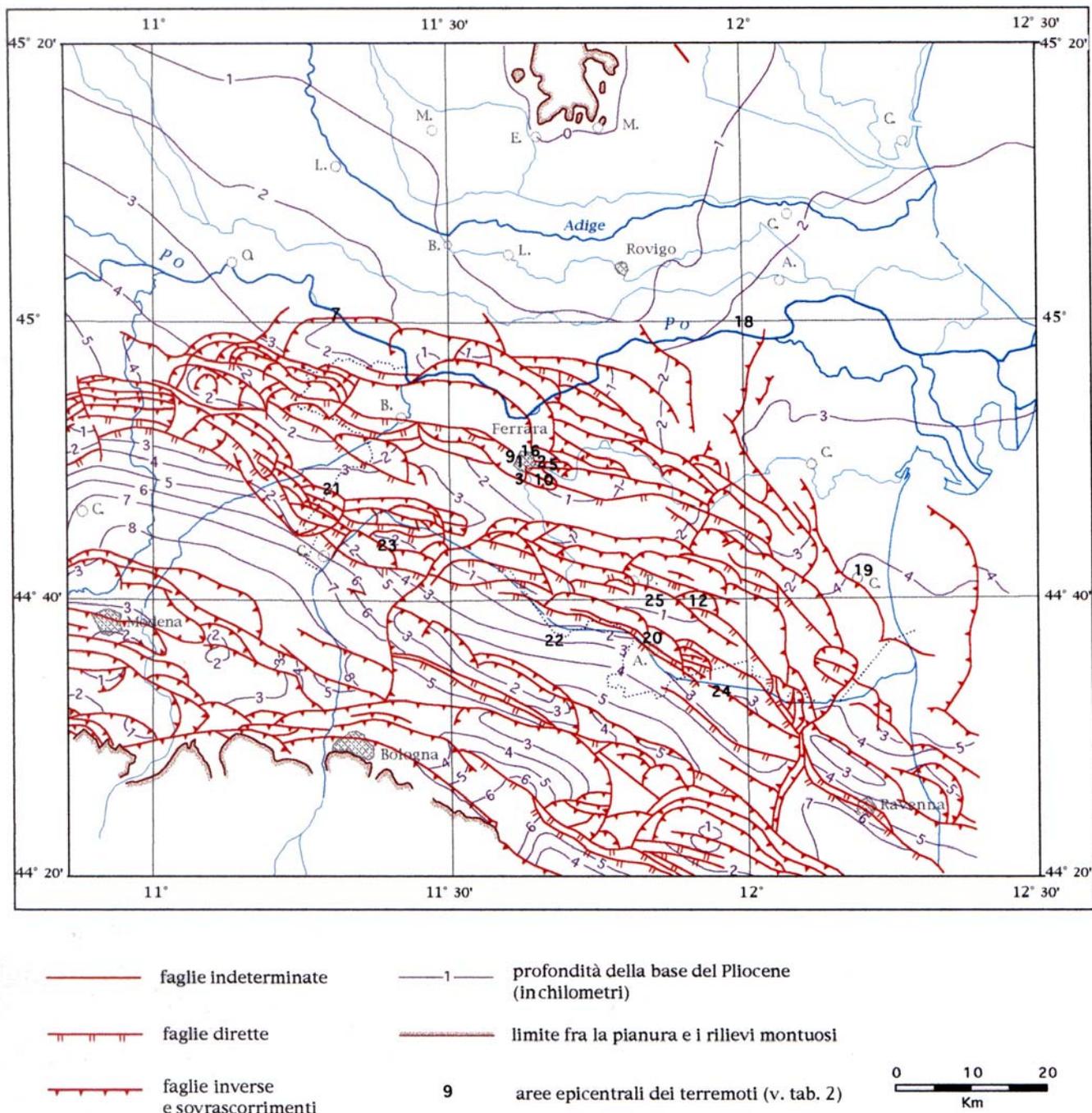


Fig. 1 - Carta strutturale della Pianura Padana orientale, con le pieghe dell'Appennino sepolto (CNR, 1992) e zone epicentrali dei terremoti che hanno colpito il territorio ferrarese.

Il sisma n. 7 sembra invece aver interessato l'avanfossa situata a nord della dorsale. Si deve d'altronde tener presente che la maggior parte delle pieghe dell'Appennino sepolto sono connesse a faglie inverse e costituiscono degli accavallamenti più o meno spinti, vergenti a nord: il suddetto evento potrebbe quindi essere messo in relazione ad un movimento del fronte nord della Dorsale Ferrarese.

I sismi n. 17 e 19 sono probabilmente da mettere in relazione con le strutture più orientali delle Pieghe Ferraresi o con le adiacenti Pieghe Adriatiche.

I sismi n. 12 (grande terremoto di Argenta), 20, 22, 24 e 25 sono invece attribuibili a movimenti del complesso più meridionale di strutture delle Pieghe Ferraresi, il cui fronte disegna un arco tra Poggio Renatico, Voghiera e S. Alberto.

I sismi n. 21 e 23 (centesimi) appaiono invece connessi a movimenti del fianco meridionale del grande arco sepolto Reggio Emilia-S. Felice sul Panaro-Poggio Renatico.

Allo stato attuale delle conoscenze non appare proponibile alcuna interpretazione specifica per l'evento n. 18 (Serravalle-Papozze).

Complessivamente sembra che i movimenti abbiano manifestato, negli 8 secoli considerati, una tendenza a migrare dalle strutture più settentrionali a quelle più meridionali, benchè le strutture interessate siano, dal punto di vista geologico, prevalentemente espressione di spinte dirette da sud a nord. Si tratta comunque di problemi che non è possibile mettere in relazione diretta, anche perchè l'analisi si basa sulla localizzazione delle zone epicentrali e su dati imprecisi, per un settore troppo limitato e non possono essere considerate le scosse a livello strumentale.

Tracce di terremoti passati sono d'altronde segnalate anche nella storia dei monumenti ferraresi. In realtà va detto che è necessaria una certa cautela nel trattare queste notizie: a parte i danni sicuramente attribuibili ai terremoti più violenti, il fatto che a Ferrara vari edifici presentino crepe notevoli e che molti campanili e torri siano pendenti è dovuto soprattutto alla scarsa omogeneità orizzontale e verticale dei terreni su cui tali edifici insistono: si tratta cioè di fenomeni attinenti più alla pericolosità geotecnica che a quella sismica. E' comunque plausibile che un terremoto, anche di entità non elevata, abbia provocato una brusca accelerazione in un assetamento già in atto, o scatenato deformazioni riconducibili a tensioni già esistenti nella struttura. Bisogna d'altronde tener presente che forti scosse sismiche sono anche in grado di indurre la repentina perdita di consistenza di corpi sedimentari incoerenti contenenti molta acqua (fenomeni di "liquefazione" del terreno sono infatti citati per l'evento del 1570). Possono quindi intervenire, in certe condizioni, strette relazioni tra evento sismico e caratteristiche geotecniche di una certa area.

1. 2 - DATI STRUMENTALI

Il Comune di Ferrara è peraltro dotato da circa 15 anni di una rete di sismografi locali, disposti per il monitoraggio microsismico del giacimento geotermico di Casaglia (Ardizzone et al., 1991); il sistema è stato realizzato per registrare eventuali fenomeni indotti dall'emungimento e dalla reiniezione del fluido geotermico (v. capitolo sulla Geotermia). Si compone di 6 stazioni di rilevamento, distribuite su un'area di circa 100 Km² attorno ai pozzi geotermici; ciascuna stazione è dotata di geofoni calati in pozzi profondi dai 16 ai 60 m; i segnali raccolti vengono teletrasmessi ad un centro di elaborazione situato presso la Centrale di Cassana.

I dati finora raccolti da questo sistema di monitoraggio permettono di affermare che:

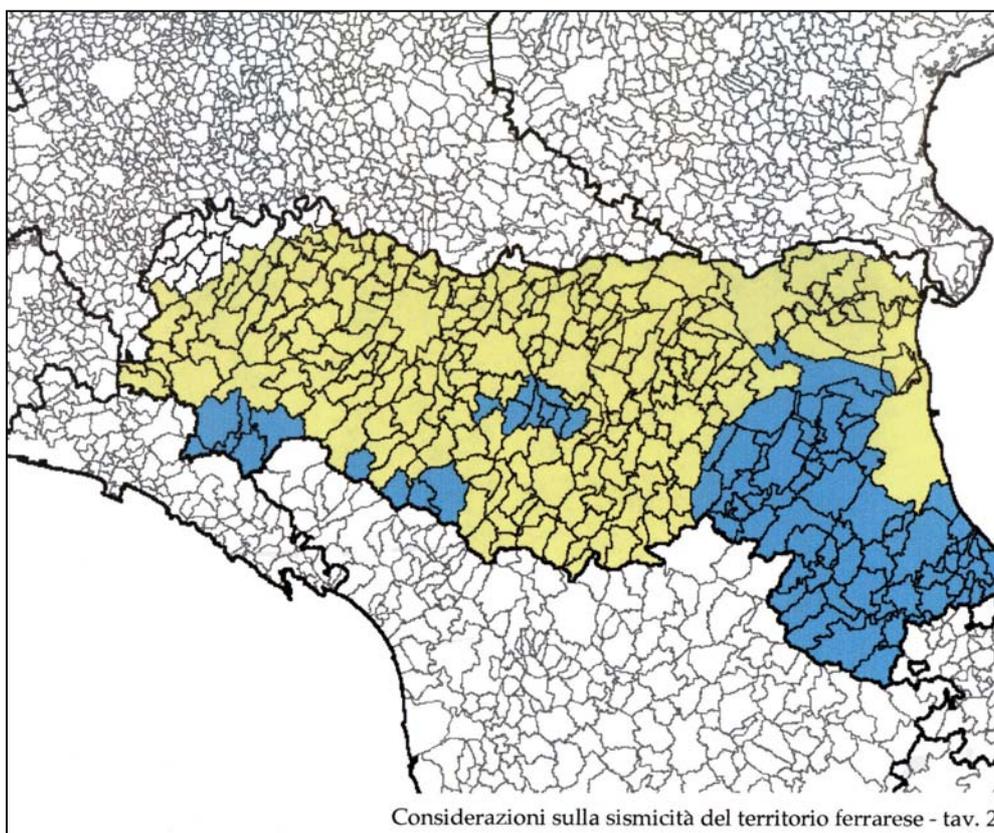
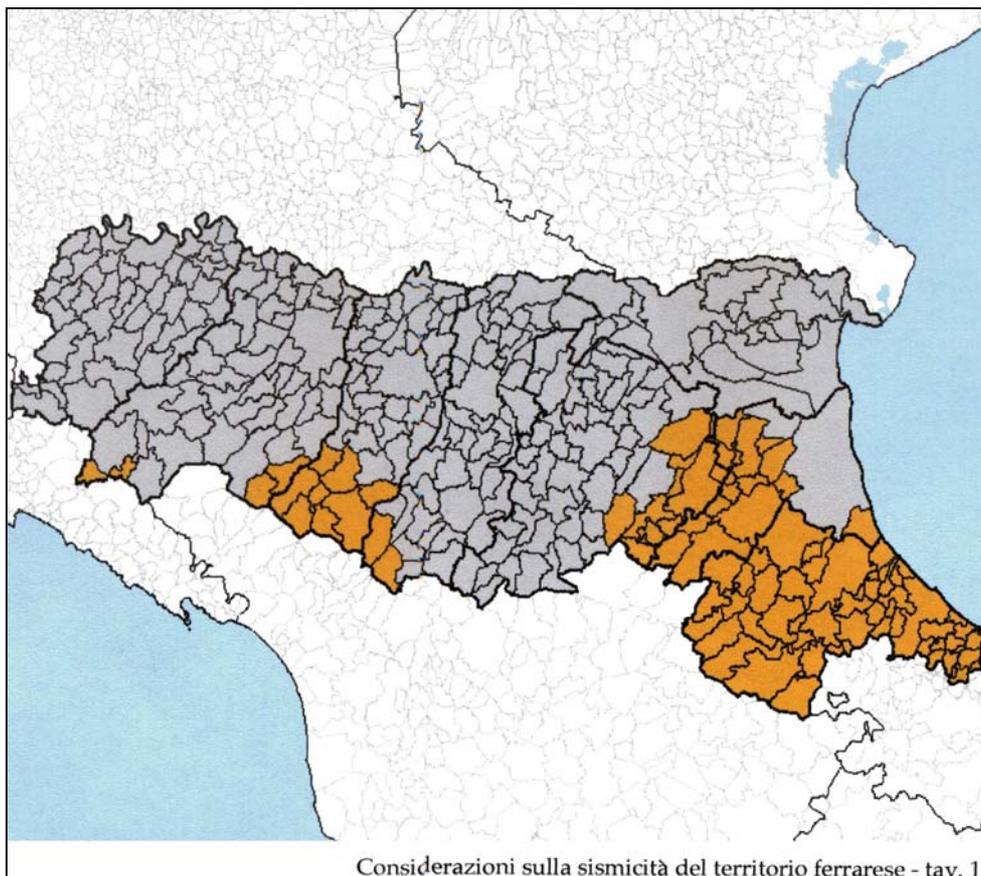
- non sono stati raccolti segnali attribuibili allo sfruttamento del giacimento geotermico
- sono state registrate le scosse dei terremoti naturali più vicini
- sono state registrate piccole scosse, non avvertite ne' dagli abitanti ne' dai sismografi della rete nazionale, riconducibili a movimenti tettonici in atto in altre parti della "Dorsale" e in generale delle "Pieghe Ferraresi" (Dall'Olio, 1996).

1. 3 - CONCLUSIONI

In base ai dati esaminati si può concludere che il territorio comunale di Ferrara, e in particolare il settore più vicino alla città e a sud-est della stessa, è soggetto ad una certa sismicità (C.N.R. 1980), ben maggiore della sismicità evidenziabile per territori vicini quali quelli di Rovigo, Mantova e Ravenna.

A questo tipo di pericolosità è dunque necessario adeguare anche le tecniche costruttive.

Bisogna d'altronde tener presente che, mentre la carta della sismicità, edita nel 1984 e attualmente adottata, vede i comuni del Ferrarese come "non classificati" (tav. 1), le cose vanno diversamente nella nuova mappa della pericolosità sismica messa a punto nel 1998 dal Gruppo di Lavoro costituito dal Servizio Sismico Nazionale per la proposta di *riclassificazione sismica del territorio nazionale* (tav. 2).



La prima mappa classificava i territori dei comuni italiani in due grandi categorie:

- 1 - territori suscettibili di terremoti del 10° grado Mercalli e oltre
(non presenti nella regione Emilia-Romagna)
- 2 - territori suscettibili di terremoti fino al 9° grado Mercalli
(vedi tav. 1 aree in colore arancio - le aree in grigio sono quelle "non classificate")

La seconda mappa contempla invece tre categorie:

- 1 - territori suscettibili di terremoti del 10° grado Mercalli e oltre
(non presenti nella regione Emilia-Romagna)
- 2 - territori suscettibili di terremoti dal 7° al 9° grado Mercalli
(vedi tav. 2 aree in colore azzurro)
- 3 - territori suscettibili di terremoti fino al 7° grado Mercalli
(vedi tav. 2 aree in colore giallo)

Per quanto riguarda il Ferrarese, in questa mappa sono considerati praticamente asismici solo i comuni di Berra, Mesola e Goro, il comune di Argenta ricade in 2° categoria e tutti gli altri comuni in 3° categoria.

1.4 - Bibliografia sismicità

ARDIZZONI F., DALL'OLIO L., LINARI R., MARSON I., NICOLICH R. 1991. *Sfruttamento del campo geotermico di Casaglia e controllo dell'impatto sul territorio*, C.N.R. Atti 10° Conv. Gruppo Nazionale di Geofisica della Terra solida, 2, pp. 863-872.

BOSCHI E., FERRARI G., GASPERINI P., GUIDOBONI E., SMRIGLIO G., VALENSISE G. 1995. *Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1980*, Ist. Naz. di Geofisica, S.G.A., Bologna.

BOSCHI E., GUIDOBONI E., FERRARI G., VALENSISE G., GASPERINI P. 1997. *Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1990*, Ist. Naz. di Geofisica, S.G.A., Bologna.

CAMASSI R., STUCCHI M. 1997. *Un catalogo parametrico di terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno (NT4.1)*; C.N.R., Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, vers. 1.7.1997, Milano.

C.N.R. 1980. *Proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale*, Progetto Finalizzato Geodinamica, n. 361, Ed. ESA.

C.N.R. 1992. *Structural model of Italy*. Progetto Finalizzato Geodinamica, Sottoprogetto Modello strutturale tridimensionale, S.El.Ca, Firenze.

DALL'OLIO L. 1996. *Eventi sismici registrati nella zona di Ferrara negli ultimi due anni*. Atti del Conv. "Ferrara e i terremoti"; Il Geologo dell'Emilia-romagna, a. 1°, 3, pp. 8-11.

FERRARI G., GASPERINI P., POSTPISCHL D. 1980. *Catalogo dei terremoti della Regione Emilia-Romagna*, C.N.R., Progetto Finalizzato Geodinamica, n. 273, Bologna.

PIERI M., GROPPI G. 1980. *Subsurface geological structure o the Po Plain, Italy*, C.N.R., Progetto Finalizzato Geodinamica, Sottoprogetto Modello Strutturale, pubbl. n. 414, Roma.

POSTPISCHL D. (a cura di) 1985. *Catalogo dei terremoti italiani dall'anno 1000 al 1980*. Quaderni de La Ricerca Scientifica, CNR-PG, 114, vol. 2B, Roma.

SERVIZIO SISMICO NAZIONALE 1998. *Proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale*.

Cap. 2) QUANTIFICAZIONE DEI MOVIMENTI VERTICALI DEL SUOLO NEL COMUNE DI FERRARA

Ferrara, Ottobre 2002

2. 1 - I movimenti verticali del suolo

Uno dei fenomeni che è importante tenere sotto controllo nel territorio comunale di Ferrara è quello della subsidenza.

In effetti si tratta di un fenomeno che in tutto il territorio ferrarese, come in generale nella bassa Pianura Padana, ha prodotto e produce notevoli danni. Nella fascia costiera, come è noto, provoca un arretramento delle spiagge, aumentando la pericolosità delle mareggiate, produce una maggior risalita del cuneo salino nei fiumi e l'infiltrazione nelle falde acquifere di acque del mare (ERSA, 1978; Montori, 1983). Anche nell'entroterra, d'altronde, e quindi anche nel territorio comunale, esso rappresenta un importante fattore di rischio. Infatti, a causa delle basse pendenze in gioco, esso ostacola il deflusso delle acque superficiali, alterando il profilo longitudinale degli alvei fluviali e, soprattutto, dei canali di scolo e dei collettori fognari; modifica inoltre i dislivelli che gli impianti idrovori debbono vincere per avviare le acque verso mare, ostacola l'irrigazione e riduce i franchi di coltivazione.

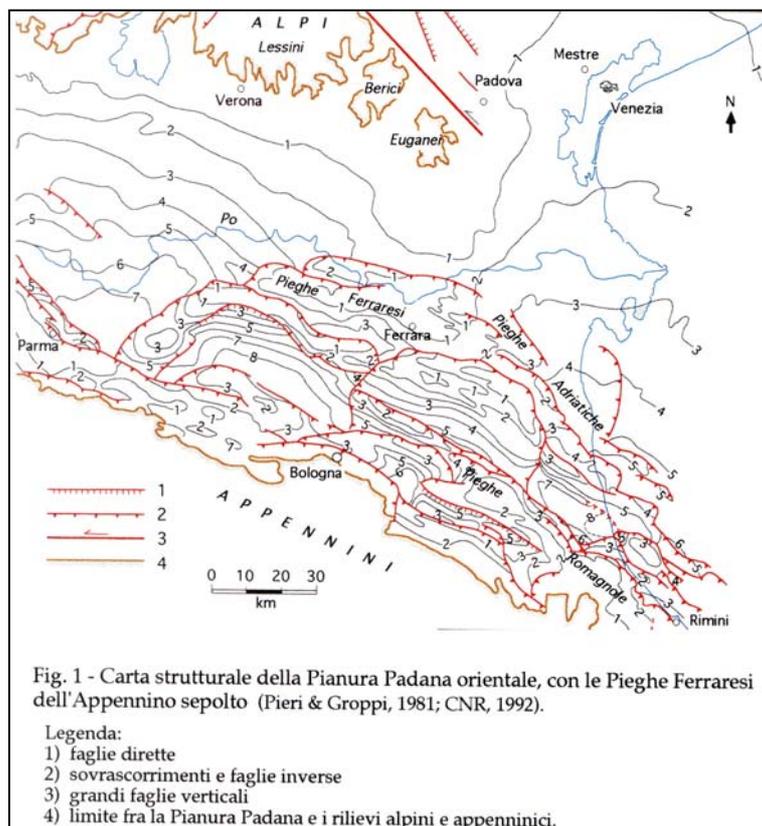
I fenomeni di subsidenza accertati nel territorio comunale sono di carattere sia naturale che artificiale.

2. 1.1 - La subsidenza naturale

Con tale termine vengono comprensivamente indicati tutti quei movimenti di abbassamento del suolo imputabili a cause naturali; nel territorio in esame tali cause consistono sia nel costipamento dei sedimenti più recenti, sia nella risposta isostatica della crosta al variare dei carichi superficiali (soprattutto depositi sedimentari) o comunque in movimenti di neotettonica.

Sulla base di dati archeologici e di sondaggi risulta possibile affermare che nel territorio comunale il tasso di subsidenza naturale è variabile da zona a zona.

Va ricordato, d'altronde, che, a sud dell'attuale posizione del fiume Po, l'orogene appenninico continua, sotto la Pianura Padana, nelle pieghe dell'Appennino sepolto (Pieri, Groppi, 1981; CNR, 1992), e che il territorio comunale si sviluppa interamente su tale orogene; a nord è invece presente una omoclinale che arriva ai piedi delle Alpi (fig. 1).



La forma di tale substrato in generale condiziona i tassi di costipamento dei terreni sovrapposti, producendo una loro attenuazione nelle zone corrispondenti agli alti strutturali sepolti; il substrato stesso, inoltre, è ancora sottoposto a movimenti sia orizzontali che verticali.

Comunque, nella zona in esame, le velocità di abbassamento riconducibili a tali fenomeni sono valutabili generalmente inferiori a 1 mm/anno.

2. 1.2 - La subsidenza artificiale

Vengono comunemente indicati col termine di «subsidenza artificiale» o «antropica», i fenomeni di abbassamento del suolo imputabili a varie attività dell'uomo.

Nella Pianura Padana orientale questi abbassamenti per subsidenza hanno avuto ed hanno anche attualmente una notevole importanza. E' evidente, ad esempio, che essi stanno alla base dell'attuale assetto altimetrico della sua fascia orientale, che comprende un'area di oltre 2300 Km² al di sotto del livello medio del mare.

Essi sono riconducibili soprattutto all'estrazione di fluidi dal sottosuolo: un caso classico è rappresentato dalla estrazione di metano misto ad acqua attuata nel Polesine e nel settore nord-orientale del Ferrarese, fra il 1938 e il 1964, da strati del Quaternario di profondità generalmente inferiori ai 200 m.

Nel territorio del Comune di Ferrara questi fenomeni possono essere imputati soprattutto:

- ad abbassamenti dei livelli piezometrici di falde di bassa e media profondità, causati da emungimenti di acqua da in quantità eccessiva rispetto alla capacità di ricarica spontanea delle falde stesse
- ad abbassamenti della falda freatica per fini di bonifica; tale pratica, iniziata su vaste aree fin dal tempo degli Estensi, è stata intensificata nei primi decenni del XX secolo con l'ausilio delle macchine idrovore.

Fra le possibili cause vengono inoltre indicate le variazioni del chimismo delle acque sotterranee capaci di indurre riduzioni di volume dei minerali argillosi per fenomeni elettrochimici; particolari tipi di inquinamenti potrebbero quindi causare subsidenza.

2. 1.3 Le livellazioni geometriche considerate

Per lo studio della subsidenza in genere, e in particolare per l'indagine della subsidenza artificiale, la principale metodologia è costituita dalle livellazioni geometriche.

Le livellazioni geometriche eseguite nella Pianura Padana orientale dalla fine del secolo scorso ai giorni nostri sono state numerosissime. Anche le linee e le reti locali, eseguite per scopi tecnici, hanno comunque come sistema di riferimento altimetrico la rete nazionale IGMI, e in alcuni casi ne hanno anche riquotato diversi caposaldi. Per il presente PSC sono stati considerati solo i dati provenienti da livellazioni di alta precisione, e si possono considerare tali solo quelli ottenuti dallo stesso IGMI sulla sua rete nazionale e, per la nostra regione, anche dall'ARPA sulle stesse linee (fig. 2).

I suddetti dati offrono inoltre i seguenti vantaggi:

- il fatto che i rilievi si sviluppino su linee costituenti grandi poligoni, il che ha reso possibile l'aggiornamento e l'omogeneizzazione delle quote dei caposaldi stessi
- il fatto che i rilievi siano stati ripetuti in diversi periodi.

Solo la ripetizione periodica dei rilievi offre infatti la possibilità di quantificare il fenomeno dei movimenti del suolo.

Al di fuori di queste linee presentano tali caratteristiche di qualità solo le quote relative ad alcuni caposaldi misurati ripetutamente dall'AGIP e dalla Provincia di Ferrara (fig. 3).

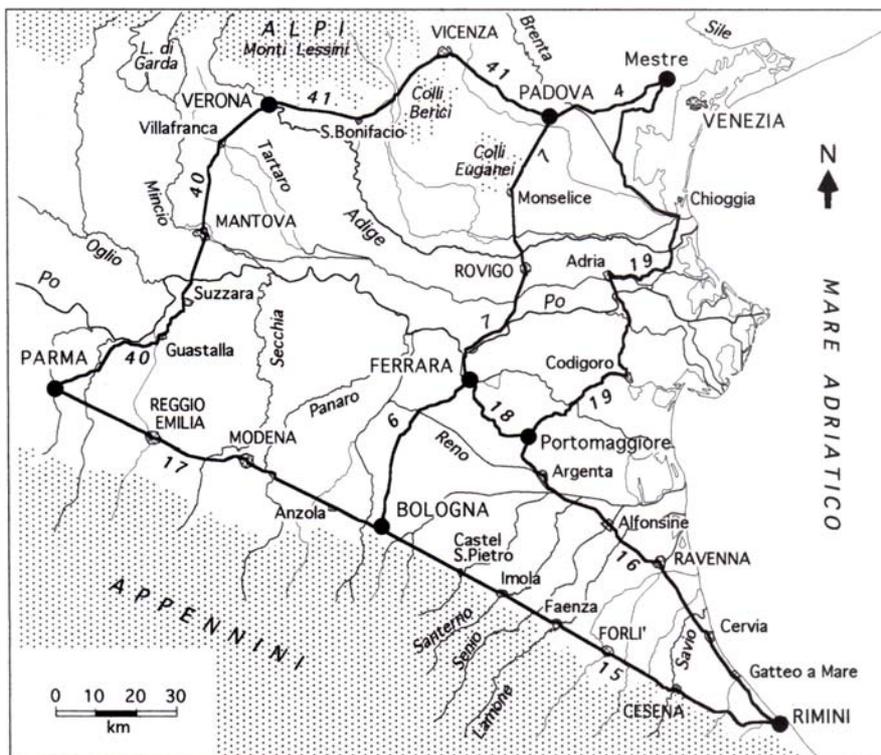


Fig. 2 - Linee di livellazione di alta precisione IGMI della Pianura Padana orientale ribattute negli ultimi quindici anni.

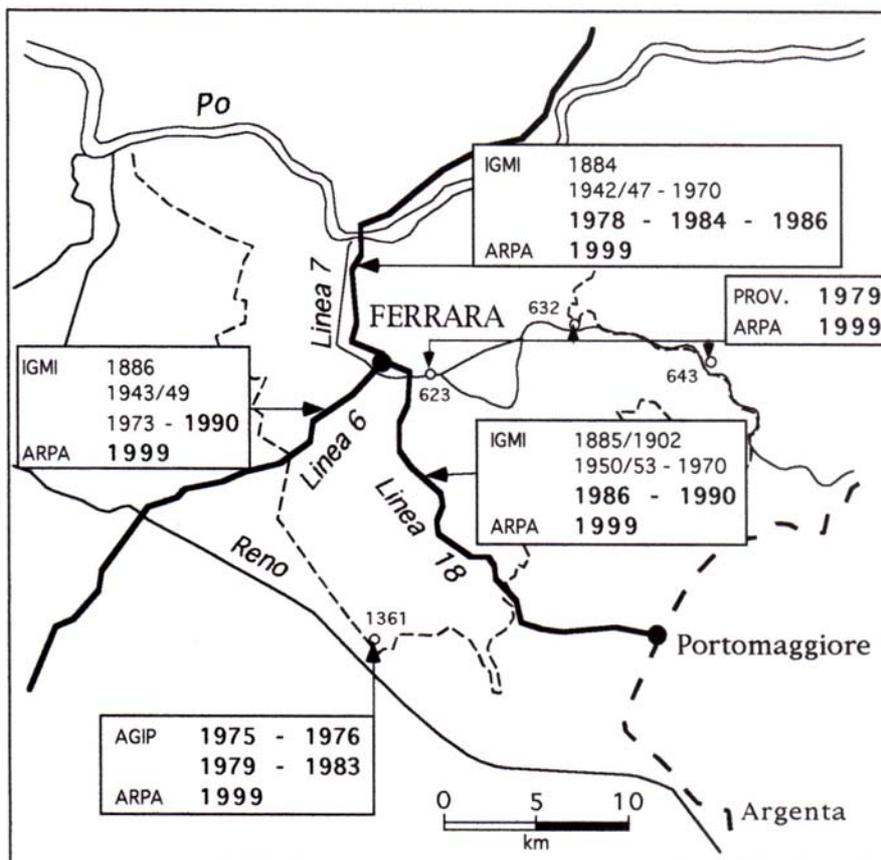


Fig. 3 - Linee IGMI e altri caposalda considerati. Sono indicate le date di ripetizione dei rilievi e gli enti che li hanno eseguiti; in grassetto le date delle misurazioni analizzate per la prima volta per il presente studio della subsidenza nel territorio comunale.

Il confronto tra le quote del primo impianto della Rete Altimetrica Nazionale di alta precisione IGMI, istituita tra il 1885 e il 1902, e i dati della Nuova Rete Altimetrica Fondamentale realizzata dallo stesso ente nel secondo dopoguerra aveva già fornito interessanti dati sui movimenti avvenuti nella prima metà del XX secolo (Salvioni, 1957; Arca & Beretta, 1985). Le relative risultanze per il Comune di Ferrara, già presentate nelle relazioni geologiche allegate ai PRG del 1975 e 1995, sono qui riportate nella fig. 4, che rappresenta le isocinetiche di abbassamento in mm/anno per il periodo 1900-1957.

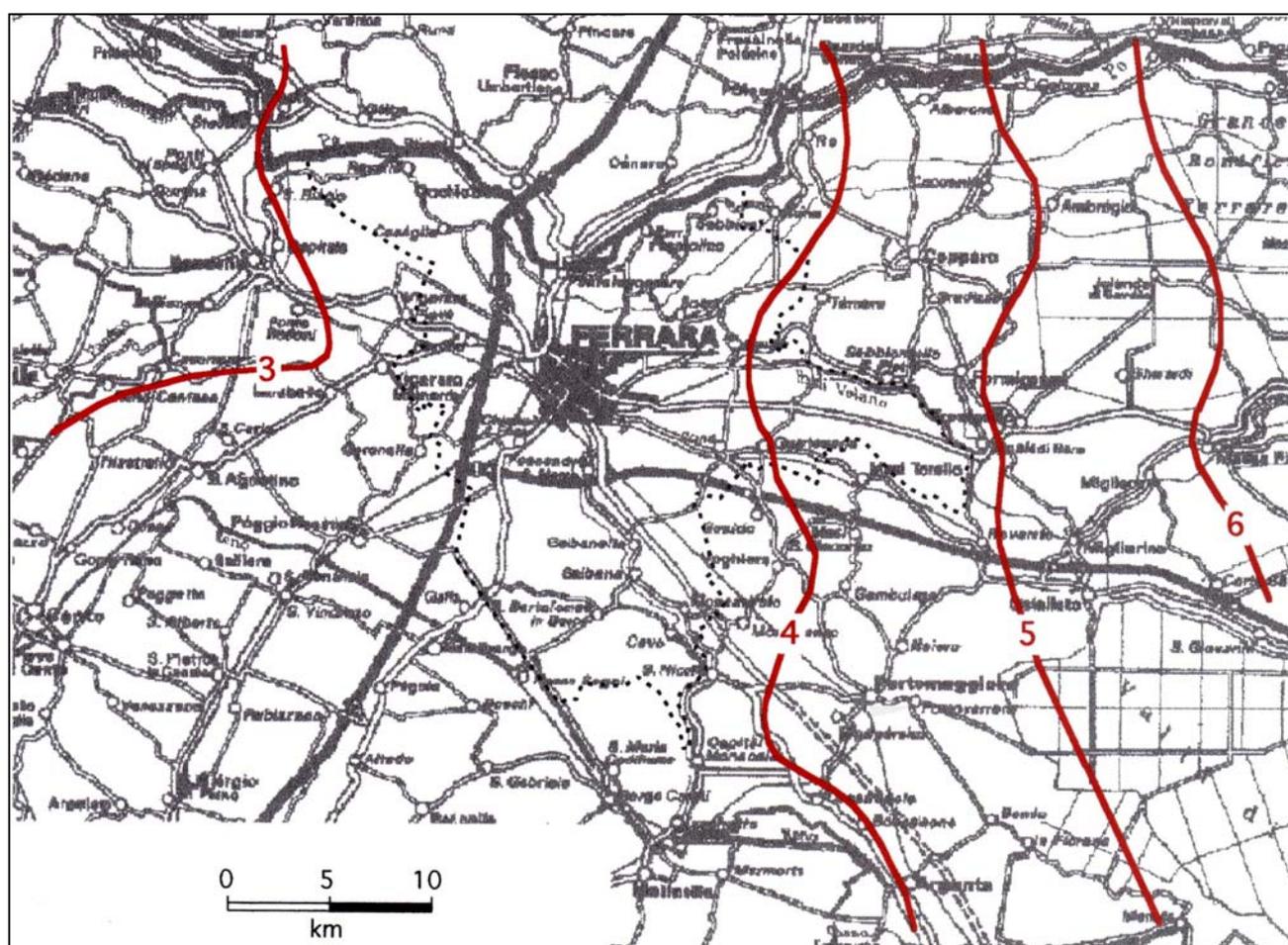
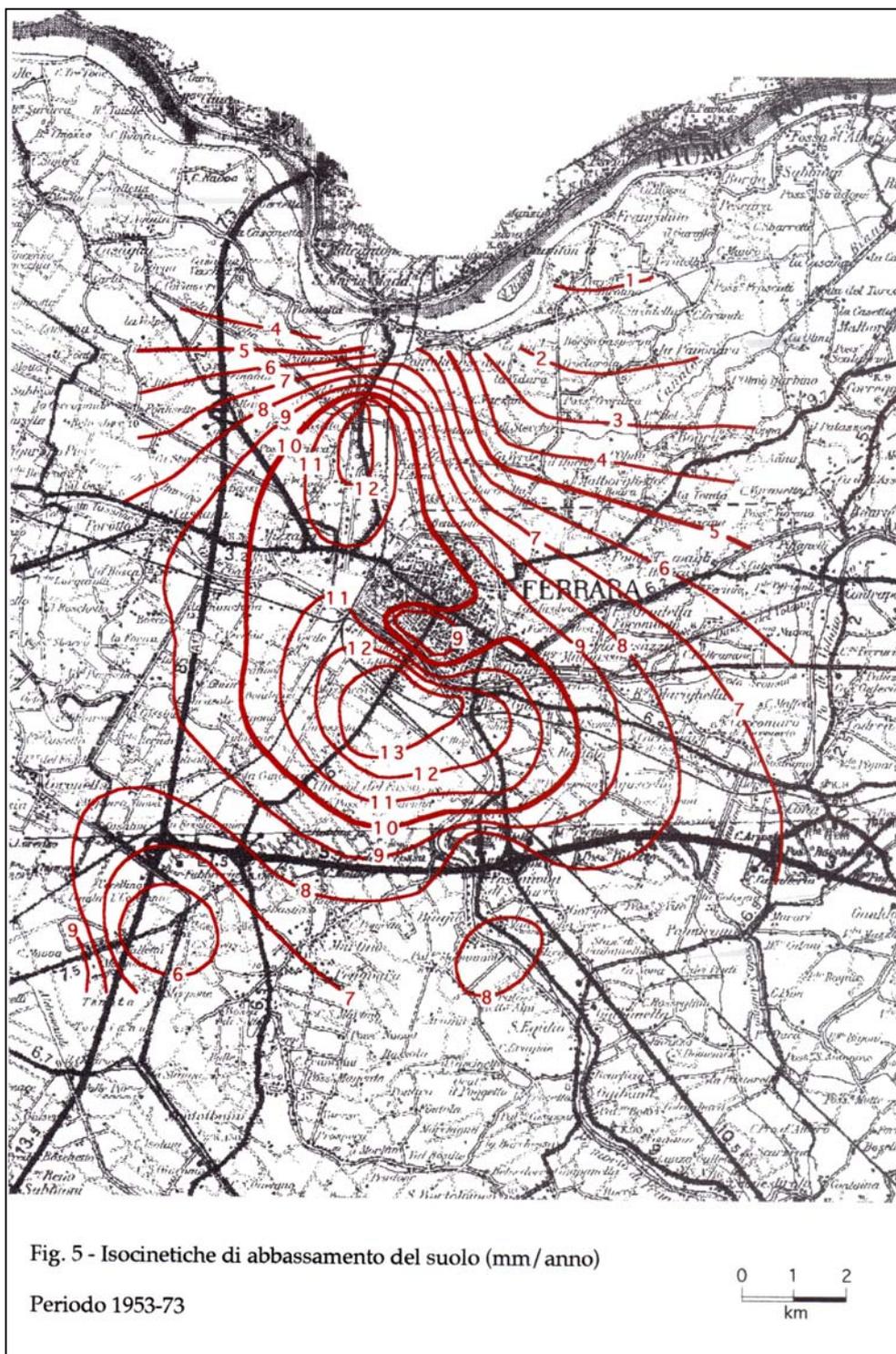


Fig. 4 - Isocinetiche di abbassamento del suolo (mm/ anno)

Periodo 1900-1957 (da: Salvioni, 1957, ridis.).

Nella relazione geologica del PRG del 1995 erano stati presentati anche i confronti tra la Nuova Rete Altimetrica Fondamentale e le successive livellazioni eseguite dall'IGMI intorno agli anni settanta; essi vengono comunque qui riproposti nella fig. 5.



A tale relazione erano infine allegati, a ulteriore documentazione del fenomeno della subsidenza, i confronti tra le livellazioni compiute lungo le sponde del Po nel 1967 per conto del Genio Civile di Parma e nel 1976 per conto del Magistrato per il Po, nonché il confronto tra le livellazioni eseguite negli anni 1951-52 e 1970 lungo il Fiume Reno per conto del Genio Civile (Bondesan, Minarelli & Russo, 1986).

Nell'ambito degli studi per il presente PSC sono stati riconsiderati i rilievi IGMI sulle relative linee, confrontandoli con i dati delle ultime livellazioni eseguite dal tale ente nel periodo 1986/90 (dati che non era stato possibile considerare nel precedente PRG perché non ancora disponibili). Sono stati inoltre considerati i dati relativi a livellazioni eseguite fino al 1999 dall'ARPA, dalla Provincia di Ferrara e dall'AGIP.

2. 2.1 - Interpretazione dei risultati

La carta che rappresenta il confronto tra i dati del primo impianto della Rete Altimetrica di alta precisione IGMI e i dati della Nuova Rete Altimetrica Fondamentale realizzata nel dopoguerra (fig. 4) appare molto schematica: il numero di caposaldi comuni alle due reti era infatti piuttosto ridotto; inoltre va tenuto presente che la carta era stata rivolta all'intera Italia Settentrionale, il che ha evidentemente comportato una forte generalizzazione dei risultati. Non si deve comunque ritenere che gli abbassamenti registrati in quel periodo fossero quasi esclusivamente di carattere naturale: successivi studi hanno infatti dimostrato che erano già entrati in gioco fenomeni di subsidenza artificiale, riconducibili sia all'estrazione di acque metanifere (Polesine e Ferrarese nord-orientale), sia agli interventi di bonifica (Ferrarese, territorio comunale incluso).

Risulta poi di grande interesse il confronto tra i dati della Nuova Rete Altimetrica Fondamentale IGMI e i dati delle livellazioni ripetute dallo stesso IGMI negli anni all'inizio degli anni settanta. Le relative isocinetiche (fig. 5) mettono in evidenza un sensibile aumento delle velocità di subsidenza verso la periferia, specie lungo le linee 6 (Bologna-Ferrara) e 7 (Ferrara-Padova); individuano inoltre due aree di notevole abbassamento (con massimi che superano i 12 mm/anno), uno nella zona di Via Bologna e uno tra Ferrara e Pontelagoscuro.

In quest'ultima zona altri studi (Bondesan e Talassi, 1987) hanno individuato, per lo stesso periodo, una forte depressione della superficie piezometrica (fig. 6).

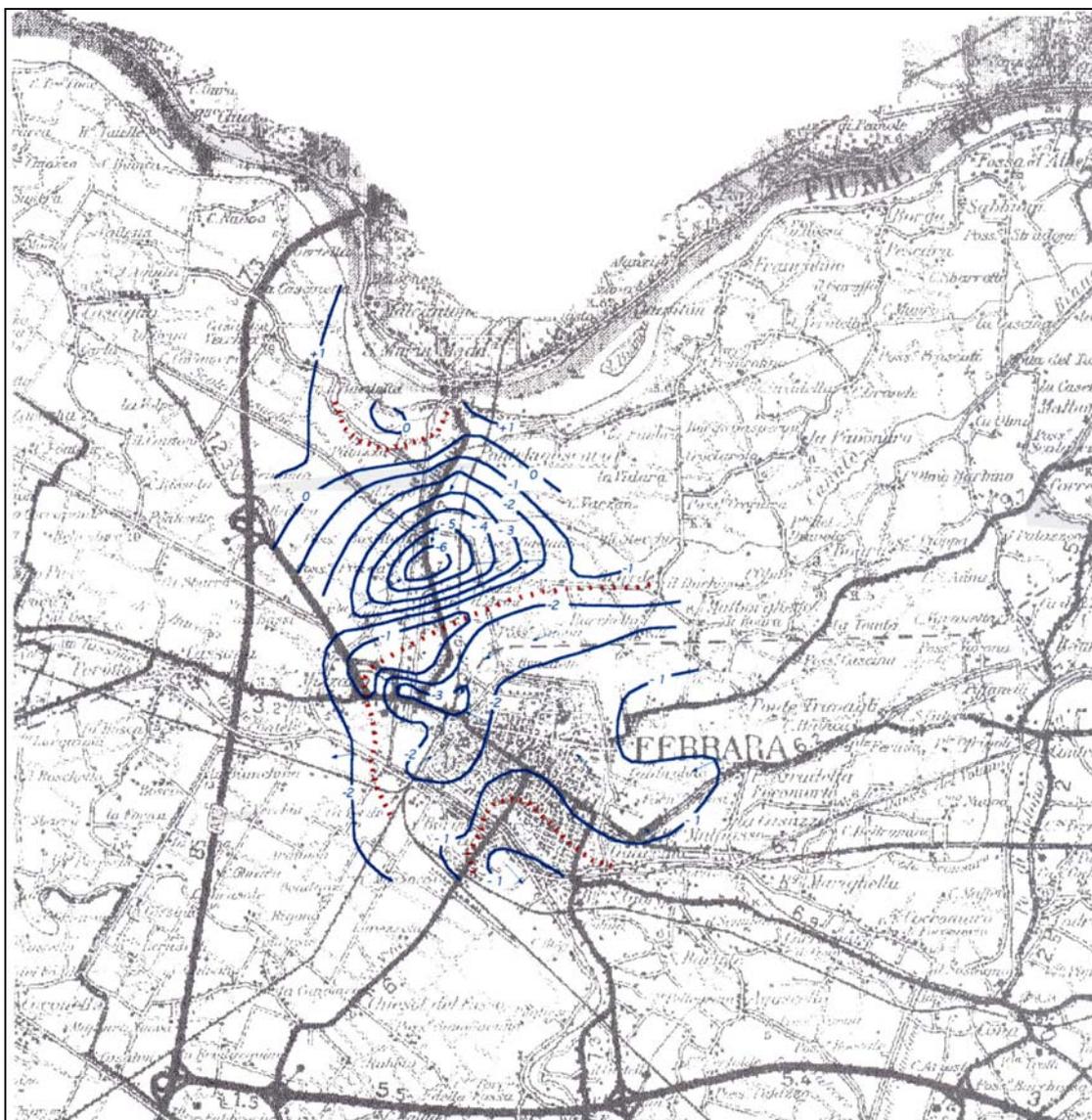
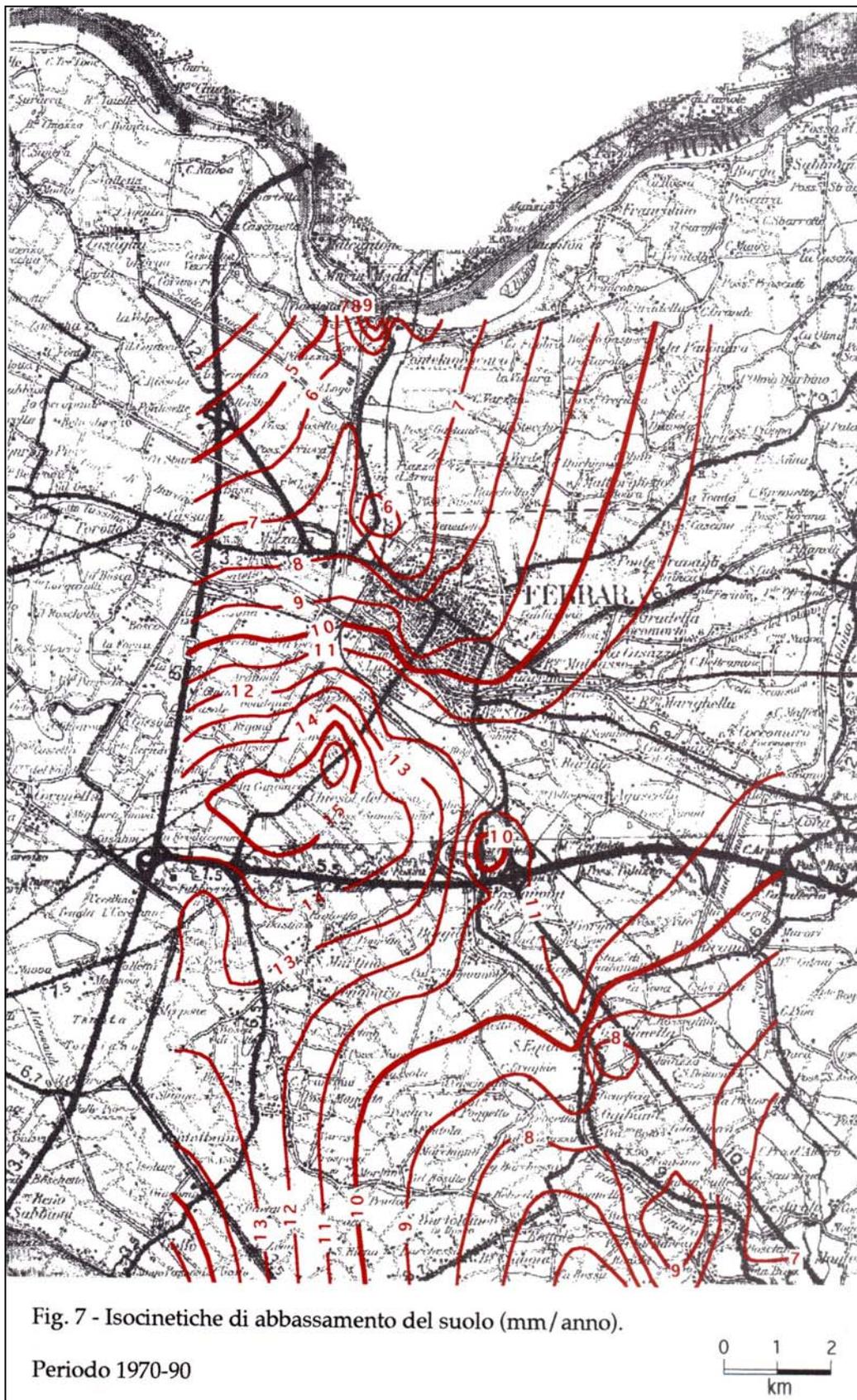


Fig. 6 - Isopieziche medie (in metri) per l'anno 1986 (da Bondesan e Talassi, 1987, ridis.).
Le linee tratteggiate rosse rappresentano gli spartiacque sotterranei, le frecce
le principali direzioni di drenaggio dell'acquifero.

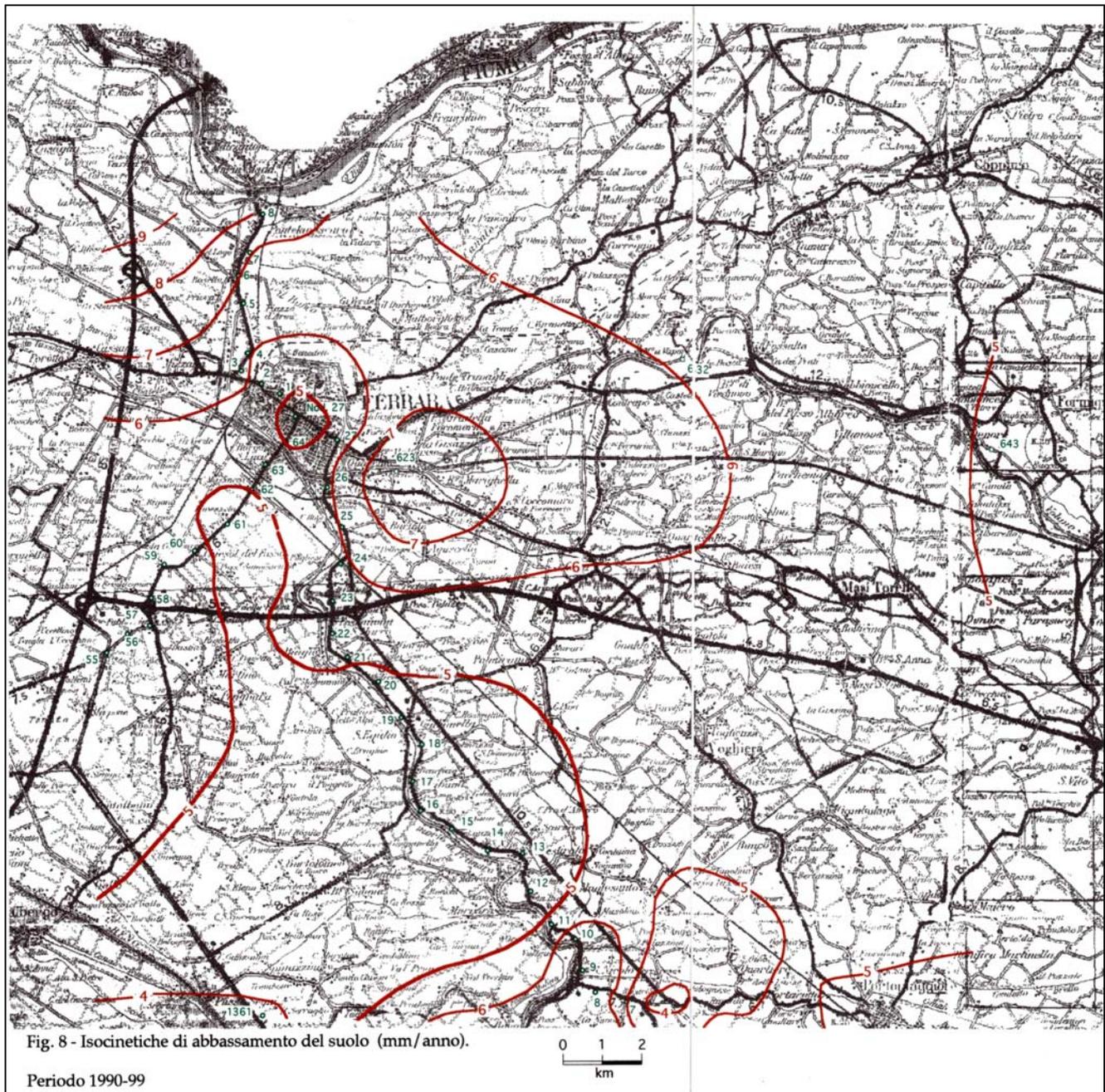
Tale studio prova l'esistenza di un diretto legame, in quest'area come in generale nell'intero territorio comunale, tra lo sfruttamento degli acquiferi e l'abbassamento del suolo; si può dunque ritenere assodato che alcuni pozzi hanno operato in quegli anni emungimenti d'acqua dalle falde quaternarie in misura superiore alle loro possibilità di ricarica spontanea.

Nel confronto tra le livellazioni degli anni settanta e le successive, fino al 1990 (fig. 7), è rilevabile un ulteriore aumento delle velocità di abbassamento nel territorio comunale lungo le linee 6 (Bologna-Ferrara), ove vengono raggiunti valori di oltre 15 mm/anno, sia lungo la linea 18 (Portomaggiore-Ferrara). Le velocità di abbassamento appaiono invece diminuite fra la città e Pontelagoscuro (linea 7).



Il panorama ricostruibile mediante il confronto tra le livellazioni degli anni 86-90 e le successive, fino al 1999 (fig. 8) segnala un generale rallentamento del fenomeno sia nella città, sia nei territori adiacenti verso sud e sud-est, mentre restano pressoché invariate (da 6 a 8 mm/anno) le velocità di abbassamento nella zona industriale.

Il quadro generale dei movimenti registrati dalle livellazioni IGMI ha messo in evidenza anche condizionamenti prodotti dalle caratteristiche geologiche del territorio. Sono stati infatti riscontrati comportamenti differenziali delle velocità di subsidenza collegabili non solo con le strutture geomorfologiche presenti, ma anche con le strutture tettoniche del substrato della pianura (Arca & Beretta, 1985). E' stato altresì segnalato (Bondesan, Gatti & Russo, 1997) che, nelle linee generali, anche gli abbassamenti di subsidenza artificiale risultano talora in accordo con la forma della superficie basale della sedimentazione plioquaternaria. E' possibile che in realtà questi imitino, più che altro, la geometria degli strati più alti del quaternario, sedi degli acquiferi più sfruttati, strati che a loro volta risentono dell'andamento della suddetta superficie (Bondesan, Gatti & Russo, 2000).



2. 3 - Conclusioni

L'analisi di questo grande numero di dati rende possibile sviluppare delle considerazioni sull'evoluzione generale del fenomeno e formulare delle interpretazioni dei movimenti per individuarne le cause principali.

I movimenti registrati nella prima metà del XX secolo appaiono attribuibili, oltreché alla subsidenza naturale, ad abbassamenti della superficie freatica collegati agli ultimi interventi di bonifica o di miglioramento di condizioni di scolo delle acque superficiali.

I maggiori movimenti visti per i decenni successivi appaiono invece soprattutto legati ad abbassamenti delle superfici piezometriche, legati ad eccessivi sfruttamenti di acquiferi confinati.

Le ultime livellazioni esaminate (specie quelle tra 1990 e il 1999) segnalano ancora abbassamenti sensibili in varie zone, probabilmente riconducibili sempre ad estrazioni d'acqua, ma in generale il fenomeno risulta in attenuazione; tale attenuazione è certamente connessa alla chiusura di molti impianti industriali e frigoriferi per la conservazione della frutta, oltre al fatto che il prelievo dalle falde profonde è stato regolamentato.

Anche i valori di abbassamento denunciati dagli ultimi rilievi risultano tuttavia ben più elevati di quelli attribuibili alla subsidenza naturale, anche in zone dove non risultano essere praticate (o essere state praticate) né estrazioni di acqua né di idrocarburi, e possono essere considerati ormai irrilevanti anche gli abbassamenti connessi alle bonifiche.

A meno che ciò non dipenda da difetti di informazione sul prelievo di acque sotterranee, parrebbe plausibile che alle cause principali di subsidenza artificiale fin qui riconosciute se ne affianchino altre: una di queste potrebbe essere costituita dalle sollecitazioni (carichi e vibrazioni) determinate dal traffico che si sviluppa sulle strade presso le quali sono posizionati i caposaldi; un'altra potrebbe essere rappresentata dal controllo artificiale della falda freatica nelle campagne, con forti immissioni di acque per irrigare e forti drenaggi forzati.

2. 4 - Bibliografia subsidenza

ARCA S., BERETTA G.P. 1985. *Prima sintesi geodetico-geologica sui movimenti verticali del suolo nell'Italia Settentrionale (1897-1957)*. Bollettino di Geodesia e Scienze Affini, 44, 2, pp. 125-156.

BONDESAN M., GATTI M., RUSSO P. 1997. *Movimenti verticali del suolo nella Pianura Padana orientale desumibili dai dati I.G.M. fino a tutto il 1990*. Bollettino di Geodesia e Scienze Affini, a. 56, 2, pp. 141-172.

BONDESAN M., GATTI M., RUSSO P. 2000. *Subsidence in the eastern Po Plain (Italy)*. Land subsidence, proceedings of the 6th Intern. Symposium on Land subsidence, Ravenna, 24-29 Sept. 2000, pp. 193-204.

BONDESAN M., MINARELLI A., RUSSO P. 1986. *Studio dei movimenti verticali del suolo nella provincia di Ferrara*. In Francani V. (a cura di) Studi idrogeologici sulla Pianura Padana, Milano, Clup, 2, pp. 1.1-1.31.

BONDESAN M., TALASSI P. 1987. *Emungimenti d'acqua e subsidenza a nord di Ferrara*. Notiziario del Consorzio Generale di Bonifica nella Provincia di Ferrara, 19, pp. 29-37, Ferrara.

CNR 1992. *Structural model of Italy*. Prog. Fin. Geodinamica, Sottoprogramma. Modello strutturale tridimensionale.

ERSA 1978. *Subsidenza nel territorio del basso ferrarese*. Atti Conv. Problemi della subsidenza nella politica e difesa del Territorio, Comune di Pisa, Com. di Ravenna, Reg. Emilia Romagna, Reg. Toscana, Pisa, 7, pp. 58-60.

MONTORI S. 1983. *Effetti della subsidenza sui territori di bonifica*. L'Agricoltore Ferrarese, 3, Ferrara, pp. 87-99.

MURST 1997. *Carta altimetrica e dei movimenti verticali del suolo*. Elaborato tematico della Carta Geomorfologica della Pianura Padana alla scala 1:250.000, coord. Castiglioni G.B., S.EL.CA., Firenze.

PIERI M., GROPPI G. 1981. *Subsurface geological structure of the Po Plain, Italy*. C.N.R., pubbl. 414 Prog. Fin. Geodinamica, sottoprogramma. Modello Strutturale, 13, 7, Roma, pp. 1-11.

SALVIONI G. 1957. *I movimenti del suolo nell'Italia centro-settentrionale. Dati preliminari dedotti dalla comparazione di livellazioni*. Bollettino di Geodesia e Scienze Affini, 16, 3, pp. 325-366.

Cap. 3) PERICOLOSITA' DA ESONDAZIONE FLUVIALE NEL TERRITORIO DEL COMUNE DI FERRARA

Ferrara, Novembre 2002

3. 1 – Obiettivi dello studio

Il più importante tipo di pericolosità che interessa il territorio ferrarese è evidentemente la pericolosità da allagamento fluviale, evento raro ma generalmente catastrofico (l'allagamento da canale, evento più frequente e meno dannoso, verrà trattato a parte).

La pericolosità da allagamento fluviale si articola in due aspetti, ciascuno dei quali comporta una indagine specifica:

- la probabilità che le acque escano dall'alveo
- l'individuazione delle aree esterne all'alveo che verrebbero allagate e le relative modalità di allagamento.

Sono questi ultimi i dati che dovranno poi essere confrontati con i valori esposti e con le relative vulnerabilità, per determinare le condizioni effettive di *rischio* che caratterizzano il territorio esterno ai fiumi.

Per il Comune di Ferrara questo tipo di pericolosità compete ai fiumi Po, Reno e Panaro, tutti e tre pensili nella pianura ferrarese. In realtà il territorio comunale confina solo con il Po, ma può essere colpito anche da allagamenti provenienti dal Reno e dal Panaro.

Il primo aspetto (e il primo tipo di indagine) che comprende lo studio della piovosità sul bacino, la frequenza, l'altezza e la velocità delle piene, la morfologia dell'alveo, le condizioni delle arginature ecc., non compete al presente lavoro, essendo già stato effettuato dalle Autorità di Bacino del Po e del Reno in sede di definizione dei rispettivi PAI.

Per quanto riguarda il secondo aspetto, vengono qui considerate acquisite le norme relative alle fasce A B e C. Agli effetti della pianificazione, è però essenziale prevedere quali zone del territorio esterno agli alvei di piena hanno maggiori o minori probabilità di essere allagate, e le relative modalità di allagamento, e di questo si occupa appunto il presente studio.

La bassa pianura è infatti articolata in zone allagabili con modalità proprie, per via della presenza di strutture rilevate naturali, ossia dossi di fiumi attivi o estinti, oppure artificiali, quali argini di canali, massicciate stradali e ferroviarie. E' risultato perciò utile, proprio in funzione della presenza di questi rilevati, differenziare la pianura adiacente i fiumi in ben definiti comparti morfologici, denominati nel seguito "celle".

L'allagamento avviene, infatti, per gradini, secondo una successione cronologica che dipende soprattutto dalla forma (estensione e altimetria) delle varie celle. Prima di avanzare, le acque dovranno aver completamente occupato la cella contigua alla rotta almeno fino ad un livello compatibile con il superamento di un tratto abbastanza depresso del perimetro della cella stessa, tratto qui definito "soglia". Altrettanto avverrà per le altre celle, ciascuna delle quali verrà riempita fino al superamento della "soglia di valle" (che corrisponde a quella "di monte" della cella successiva).

E' necessario comunque tenere sempre presente l'indeterminatezza di base del problema. Va infatti ricordato che la quantità d'acqua che può uscire da una rotta dipende non solo dalle variabili definite dal PAI, ossia dalla altezza e forma dell'onda di piena, ma anche da una serie di variabili di primaria importanza che sono in ogni caso imprevedibili, tra le quali il luogo in cui si potrebbe produrre la breccia (posizione assoluta - posizione rispetto al filone della corrente - posizione rispetto al talweg), la presenza o meno di golene, la lunghezza della breccia, la sua profondità e il tempo intercorso prima della sua chiusura.

3. 2 - METODOLOGIA

3. 2.1 - DEFINIZIONE DELLE CELLE

Agli effetti della Protezione Civile sono già state definite, a livello provinciale, le celle più macroscopiche, individuate attraverso l'analisi delle Carte Tecniche Regionali.

Per il presente studio, si è ritenuto opportuno far ricorso ad un numero assai più elevato di celle (77), spesso individuando celle di dimensioni assai ridotte (figg. 1 e 2);

questa maggior frammentazione è giustificata dal fatto che la caratterizzazione di una cella è funzione di vari parametri che non possono essere trascurati in uno studio analitico (quantità d'acqua in gioco, miglior definizione dei tiranti d'acqua massimi ecc.). In altri termini, l'individuazione delle celle non risponde ad un criterio assoluto, ma dipende dal tipo di rotta che si considera: è stato perciò necessario, per definire le celle, prefigurare vari tipi di esondazione e infine operare una scelta tra le varie situazioni risultanti. E' stato inoltre necessario estendere l'indagine ad un'area tre volte più estesa del territorio comunale.

Ad ogni cella è stato assegnato un nome convenzionale, evitando di utilizzare termini già in uso per la definizione di "bacini di scolo": salvo qualche raro caso non è stata infatti riscontrata coincidenza tra celle e bacini.

E' apparso ragionevole scomporre il problema della pericolosità da esondazione nelle sue fondamentali componenti, che si possono ritenere le seguenti:

- 1) la probabilità che hanno le varie parti del territorio di venire allagate
- 2) l'energia che possono avere localmente le acque disalveate
- 3) la sequenza di allagamento, ossia l'ordine temporale con cui le varie parti del territorio verrebbero raggiunte dalle acque di esondazione
- 4) il livello che queste potrebbero localmente raggiungere.

3. 2.2 - IL CRITERIO STORICO

L'indagine delle rotte storiche, su cui sono basate molte delle carte fin qui prodotte in letteratura, è risultata utile, anche se spesso insufficiente. Nell'arco di tempo intercorso tra l'allagamento realmente avvenuto e oggi, sono infatti cambiate molte cose: sono variate non solo la piovosità nel bacino, la forma delle piene, la morfologia dell'alveo e le relative arginature, ossia quanto concerne la probabilità che le acque escano dall'alveo, ma in genere è fortemente variata anche la forma del territorio esaminato.

Ugualmente, per gli scopi del presente studio, è risultata di grande importanza l'analisi degli eventi effettivamente avvenuti nel territorio considerato negli ultimi 150 anni, ossia la rotta del Po a Guarda del 1872 e le rotte del Reno a Gallo degli anni 1949, '50 e '51. I limiti delle aree allagate da tali rotte sono stati cartografati. Di grande utilità è risultato inoltre lo studio dell'allagamento, particolarmente documentato, prodotto dalla rotta di Occhiobello del 1951 sul territorio di Rovigo.

3. 2.3 - METODO DI CALCOLO

Per i calcoli, sono state adottate le seguenti semplificazioni:

- come tempo zero dell'evento è stato considerato il momento del passaggio del colmo di piena
- come soglia della breccia è stato assunto il piede esterno dell'argine in condizioni di frodo
- la larghezza della breccia è stata valutata in meno di 2/3 della larghezza media dell'alveo, facendo riferimento a rotte storiche e in particolare alla rotta di Occhiobello del 1951, che si è prodotta in condizioni altamente sfavorevoli (capacità dell'alveo minore della metà di quella attuale, posizione della breccia in botta, in una delle curve più chiuse del corso inferiore del fiume).
- la portata della rotta al tempo zero, e quella relativa ad un istante successivo t_n , sono state ricostruite in base ai parametri precedenti, utilizzando il metodo dello sfioratore laterale e considerando una lunghezza di sfioro coincidente con la lunghezza della breccia.
- ci si è posti nell'ipotesi che transiti una sola onda di piena nel periodo di tempo in cui rimane aperta la breccia arginale.

Il modello utilizzato per la previsione può essere scomposto in sottomodelli a cascata, per i quali l'input è costituito dall'output del sottomodello a monte.

I modelli utilizzati nella schematizzazione sono quelli di una propagazione di un'onda di piena in condizioni di moto uniforme; un modello di sfioratore laterale, per la simulazione della rotta; un modello di serbatoio lineare per la determinazione dei tiranti idraulici all'interno delle celle.

La simulazione può apparire grossolana e troppo schematica, ma risulta essere una delle più valide scelte effettuabili per il ridotto numero di parametri in gioco e la sussistenza di variabili univoche.

Si è considerata un'onda di piena, transitante in condizioni di moto uniforme, caratterizzata da una forma triangolare.

Per la determinazione della portata in uscita dall'alveo in condizioni di rotta, si è utilizzato il metodo dello sfioratore laterale, considerando una lunghezza di sfioro coincidente con la lunghezza della breccia. La breccia è stata considerata interessante l'intero sviluppo in rilievo della struttura arginale, cioè si è considerato uno scalzamento fino alla base della difesa.

Il modello di serbatoio lineare considera sostanzialmente l'equazione di continuità della massa liquida, dove la capacità di accumulo è data dal volume immagazzinabile all'interno del bacino individuato all'uscita dalla breccia. Le uscite sono determinate dalla presenza di soglie poste a quote differenti ed il modello considerato è quello dello stramazzo in parete grossa.

Fondamenti teorici

Per quanto riguarda il modello di sfioratore laterale le equazioni utilizzate sono quelle classiche di conservazione dell'energia lungo il tratto di estensione della breccia/sfioratore laterale, e quella del moto di un fluido su uno stramazzo in parete grossa:

$$E = h + \alpha \frac{Q^2}{2 * g * A^2}$$

considerando l'alveo prismatico di sezione rettangolare larga ($\rightarrow R_H$ coincide con il tirante idraulico h);

$$\Delta Q = \mu * (\bar{h} - c) * \Delta x * \sqrt{2 * g * (\bar{h} - c)}$$

avendo posto:

- c: altezza di sfioro, coincidente con la differenza di quota tra il fondo dell'alveo e il piede della scarpata arginale, facendo l'ipotesi che la breccia interessi tutta l'altezza del rilevato spondale;
- \bar{h} : altezza media all'interno del passo di discretizzazione della formula;
- Δx : passo di discretizzazione;
- μ : coefficiente che tiene in considerazione l'efficienza dello sfioratore;
- ΔQ : portata sfiorata attraverso la lunghezza Δx di sfioro.

L'idrogramma di piena del Po, in ingresso al modello, è stato supposto triangolare, con valore di colmo pari al valore di portata transitante con tirante idraulico pari a 15.80 s.l.m.m. e come tempo di durata pari a 10 giorni.

I valori di colmo dell'onda esaudante che così si ottengono, in base alle due diverse lunghezze di sfioro, sono rispettivamente: 7700 m³/s e 9400 m³/s

L'andamento della curva delle portate in uscita dallo sfioratore, si ottiene utilizzando il modello, valido per condizioni di moto stazionarie, supponendo che l'idrogramma di piena del Po sia scindibile in una successione di stadi nei quali si possa supporre un persistere di condizioni di moto uniforme.

L'onda in uscita dallo sfioratore diventa l'ingresso per il serbatoio lineare in cascata.

Questo modello risulta infatti il più semplice per affrontare un discorso di riempimento di un bacino, rendendo chiaro l'effetto di laminazione del valore della portata in ingresso, e avendo un limitato numero di parametri di calibrazione (1 nel caso di singolo serbatoio).

Il problema rimane quello della calibrazione di tale parametro non avendo a disposizione una serie storica di esondazioni.

Le equazioni che regolano tale modello sono al solito una equazione di continuità e una di moto:

$$1. \quad \bar{Q}_i - \bar{Q}_u = k \frac{S \Delta H}{\Delta T}$$

posto:

- \bar{Q}_i : valore medio di portata in ingresso tra i due istanti temporali di discretizzazione successivi t_i e $t_i + \Delta T$
- \bar{Q}_u : valore medio di portata in uscita tra i due istanti temporali di discretizzazione successivi t_i e $t_i + \Delta T$
- ΔH : variazione di tirante idraulico sulla quota media del fondo del bacino tra i due istanti temporali di discretizzazione successivi t_i e $t_i + \Delta T$;
- k, parametro di calibrazione del modello, dimensionale, proporzionale al tempo di ritardo tra il colmo dell'onda in ingresso e in uscita.

$$2. \quad Q_u = \mu * (\bar{h} - c) * L * \sqrt{2 * g * (\bar{h} - c)}$$

cioè l'equazione dello stramazzo in parete grossa con le stesse reciproche posizione della precedente.

Naturalmente tale equazione fornisce un valore diverso da zero, qualora venga valicato la quota di soglia del bacino.

Le quote d'acqua considerate per il tratto fluviale di interesse, tratte dal PAI, sono le seguenti:

Località	progressiva	sez. Brioschi	quota (m sul l.m.m.)
Foce Panaro	530,100	61	16,94
Porporana	534,365	62	16,20
Ravalle	540,700	63	15,80
Occhiobello	543,980	64	15,41
Pontelagoscuro	548,805	65	14,57
Francolino	553,360	66	14,08
Fossa d'Albero	558,460	67	13,57

Per ciascuna località sono state considerate, come già detto, due situazioni: una con lunghezza della breccia pari a 500 m (caso di alta gravità), una con lunghezza della breccia pari a 250 m (caso di gravità media).

E' stato quindi costruito, per ciascun caso, un idrogramma di portata della rotta.

Come esempio degli esiti dei calcoli, vengono esposti i risultati salienti dei due casi di maggior pericolosità per l'abitato di Ferrara, ossia il caso di una rotta a ovest di Pontelagoscuro, presso Ravalle, e il caso di una rotta vicinissima alla città, tra l'incile del Boicelli e il ponte ferroviario di Pontelagoscuro.

Rotta presso Ravalle

Per la rotta presso Ravalle (come per tutte le altre a monte, fino al CER) la prima cella interessata è la Diamantina, e la principale soglia superabile è costituita dagli argini del Canale Boicelli, situati a est.

Lunghezza breccia	Q	Q _U	H _i	H _m	T _{max}
500 m	9400	6770	9,83	9,22	14 h
250 m	7700	4700	10,58	8,99	16 h

Rotta a Pontelagoscuro

Per la rotta presso Pontelagoscuro, la prima cella interessata è la Pontelagoscuro, e la principale soglia superabile è costituita dalla massicciata della ferrovia Ferrara-Padova.

Lunghezza breccia	Q	Q _U	H _i	H _m	T _{max}
500 m	9400	9300	8,33	7,85	2 h
250 m	7700	7600	9,08	7,70	3 h

Avendo posto:

- Q = portata esondata
- Q_U = portata sfiorata alla soglia di valle
- H_i = tirante idraulico medio in corrispondenza della breccia
- H_m = tirante idraulico medio all'interno della cella
- T_{max} = istante in cui il livello medio del tirante nella cella assume il valore estremo

E' stata quindi calcolata, caso per caso, la pendenza del tirante idraulico all'istante T_{max}. La determinazione del livello dinamico delle acque disalveate è importante anche per definire la soglia di valle, ossia per vedere quando avverrebbe la tracimazione in una cella successiva e determinare quale sarebbe tale cella successiva (la quota assoluta delle soglie non sarebbe infatti sufficiente per decidere). Tale problema, tuttavia, si è posto soprattutto nella prima cella, ove le pendenze del tirante d'acqua possono effettivamente raggiungere valori sensibili.

Calcoli analoghi, ripetuti per altri tratti del fiume, hanno permesso di creare due "scenari" di allagamento dal Po, il primo dei quali (Q = 9400 m³/s) rappresenta già un evento catastrofico, anche se non il peggiore possibile (un evento ancora peggiore potrebbe d'altronde prodursi non solo per portate di rotta più elevate ma anche in funzione del peggioramento di altri parametri, quali la forma dell'onda di piena o altri fatti difficilmente valutabili); il secondo (Q = 7700 m³/s), pur presentando un gravità notevole, è più simile, sia pur in senso molto peggiorativo, ad eventi effettivamente prodottisi in passato.

Con gli stessi criteri sono stati studiati due "scenari" di allagamento per gli altri fiumi (alta gravità e gravità media).

Gli scenari sono illustrati nel capitolo 3.

3. 2.4 - ENERGIA DELLE ACQUE DI ESONDAZIONE

Le conseguenze dell'energia cinetica delle acque disalveate sono soprattutto gravi per una certa fascia di territorio adiacente l'argine, ove le acque di rotta potrebbero demolire case e altre strutture fisse, sommergere e rovesciare mezzi di trasporto, con alte probabilità di morte per le persone presenti.

La larghezza di tali fasce è ovviamente funzione, più che della portata dell'esonazione, dei dislivelli in gioco fra le acque nell'alveo e i territori adiacenti, e quindi della morfologia locale.

E' apparsa comunque valida, a tale riguardo, l'individuazione di una fascia immediatamente adiacente gli argini, che può essere definita

- in 300 m dal piede dell'argine per il Po
- in 150 m dal piede dell'argine per i fiumi Reno e Panaro.

Fasce analoghe erano d'altronde già state definite con il criterio opposto, quello di assicurare la tutela dei corsi d'acqua dall'impatto antropico (300 m dal piede dell'argine per il Po - poi ridotti a 150 nel PAI del Delta - 150 m per gli altri fiumi, 50 m dai canali navigabili e dal CER-Cavo Napoleonico). Si può ragionevolmente considerare che le fasce suddette (senza riduzioni) possano individuare anche le zone a rischio per energia cinetica delle acque disalveate.

E', d'altronde, sempre opportuno non costruire troppo vicino agli argini maestri, per lasciare al fiume, lateralmente all'alveo di piena, una *fascia di rispetto* abbastanza larga, anche per consentire eventuali modifiche (spontanee o artificiali) del tracciato fluviale.

3. 2.5 - SEQUENZE DI ALLAGAMENTO E CALCOLO DEI TEMPI

Per quanto riguarda le modalità di allagamento, sono state adottate le seguenti semplificazioni:

- la geometria delle celle idrauliche è stata schematizzata in base all'analisi plano-altimetrica della CTR alla scala 1:10.000, con qualche aggiornamento;
 - per la determinazione delle soglie di tracimazione e di altri punti di uscita sono state per lo più trascurate le uscite dai tombini e dalle botti minori, che rappresentavano delle perdite praticamente irrilevanti agli effetti della progressione delle acque di esondazione
 - il carico idraulico considerato per il superamento di una soglia di tracimazione è stato fissato convenzionalmente a m 0,5.
- Sono state considerate costanti:
- la viscosità dell'acqua
 - le condizioni d'uso del suolo agrario (vegetazione ecc.)
 - la permeabilità dei suoli
 - l'evaporazione.

Sulla base delle isoipse tracciate sulla Carta Tecnica Regionale (aggiornate ove necessario), è stata quindi determinata la capacità delle singole celle, con riferimento alle relative soglie di tracimazione; dal confronto con i volumi d'acqua uscenti dalla rotta (o uscenti dalle celle a monte) sono stati calcolati i tempi di progressione dell'allagamento.

Tali tempi sono stati considerati per range e rappresentano, a partire dal momento della rotta, i tempi di riempimento di ciascuna cella nell'istante di inizio della tracimazione nella cella contigua; ove opportuno, è stato segnalato anche il tempo in cui il livello medio del tirante d'acqua nella cella verrebbe ad assumere il valore massimo.

La velocità di propagazione dell'esondazione è d'altronde, per uno studio caratterizzato da questi limiti oggettivi, il problema di più difficile determinazione; va però tenuto presente che per le finalità del presente studio, mirato soprattutto alla graduazione della pericolosità nel territorio ai fini della pianificazione, più ancora che definire effettivamente dei tempi assoluti, è importante definire dei range e dei tempi relativi.

3. 2.6 - ALTEZZA DELLE ACQUE DI ESONDAZIONE

Dal confronto con le quote tratte dalla CTR sono state costruite altrettante carte di lavoro rappresentative dei tiranti d'acqua critici che si potrebbero riscontrare nel territorio comunale. A questo scopo sono state considerate quattro classi:

- una prima classe relativa a tiranti d'acqua compresi tra 0 e 0,5 m (territorio "bagnato", rischi ancora minimi)
- una seconda classe per tiranti d'acqua compresi tra 0,5 e 1,5 m (rischi consistenti - fino al rischio mortale - totale interdizione alla circolazione per i mezzi di soccorso non natanti)
- una terza classe per tiranti d'acqua maggiori di m 1,5 (rischio mortale per gli esseri viventi, possibilità di utilizzo solo per mezzi di soccorso natanti).
- una quarta classe per tiranti d'acqua maggiori di m 2,5 (rischio mortale per gli esseri viventi ed elevatissimo anche per le cose, possibilità di utilizzo solo per mezzi di soccorso natanti).

Il territorio è risultato così suddiviso in aree a diverso grado di penalizzazione, uno per ciascuna classe.

3. 3 - SCENARI DI ALLAGAMENTO

Vengono nel seguito presentati i singoli scenari definiti per il caso di rotte (di gravità maggiore e media) nei vari tratti in cui il fiume si può considerare articolato, in funzione delle celle ad esso contigue.

Per ogni scenario vengono anche precisati, nella presente relazione, gli eventuali interventi che potrebbero mitigare la pericolosità dell'evento.

3. 3.1 - FIUME PO

Per quanto riguarda il Po, sono già state presentate nel precedente capitolo le condizioni adottate. Le probabilità statistiche delle sue piene vedono al primo posto il mese di novembre, seguito da giugno e ottobre.

Dal punto di vista del comportamento delle acque uscenti da una eventuale rotta, il Po può essere differenziato in quattro tratti:

- tratto tra foce del Panaro e CER-Cavo Napoleonico (contiguo alla cella Vezzane)
- tratto tra CER-Cavo Napoleonico e canale Boicelli (contiguo alla cella Diamantina)
- tratto tra canale Boicelli e ponte della ferrovia Ferrara-Padova (contiguo alla cella Pontelagoscuro)
- tratto a est del ponte della ferrovia Ferrara-Padova (contiguo alla cella S.Giovanni)

3. 3.1.1 - Po - primo tratto (tra foce del Panaro e CER-Cavo Napoleonico)

Assumendo in Po la quota d'acqua di 16,94 (quota Po 94+51 - alla sez. 61), verrebbero sormontati anche gli argini sia est che ovest del Panaro-Po di Ferrara, e l'esondazione interesserebbe anche il territorio a ovest del Panaro.

Comunque, ipotizzando che il sormonto verso est produca la rotta più grave, sono state analizzate due ipotesi di portata (fig. 3): una di circa 6000 m³/s (scenario A) e una di 4500 m³/s (scenario B).

Scenario A

La massima quota dell'acqua nel luogo di rotta è valutabile in m 13,5 s.l.m.

Nel primo giorno l'esondazione resterebbe compresa tra Panaro, Reno e CER-Cavo Napoleonico; tra le 12 e le 15 ore verrebbero allagati, in tale settore, almeno 240 milioni di m³, e il tirante d'acqua massimo risulterebbe di oltre 7 m (nella cella Vezzane).

Intanto il livello del fiume sarebbe sceso di circa un metro e si produrrebbe un parziale ricollo della rotta, con una sensibile riduzione della sua portata (fino a circa 2000 m³/s).

Qualora non venissero tempestivamente chiuse, le botti sottopassanti il CER-Cavo Napoleonico potrebbero lasciar passare notevoli quantità d'acqua; da nord a sud si tratta delle botti del Canale Cittadino, dello scolo Ortigale e dell'Emissario di Burana (che immettono nella Cella Diamantina), del Canale di S. Giovanni (che perviene alla cella Albinea) e del Canale di Cento (che perviene alla cella Vigarano).

Gli argini del CER-Cavo Napoleonico verrebbero sormontati (a nord di Bondeno le loro quote scendono a circa 14 m).

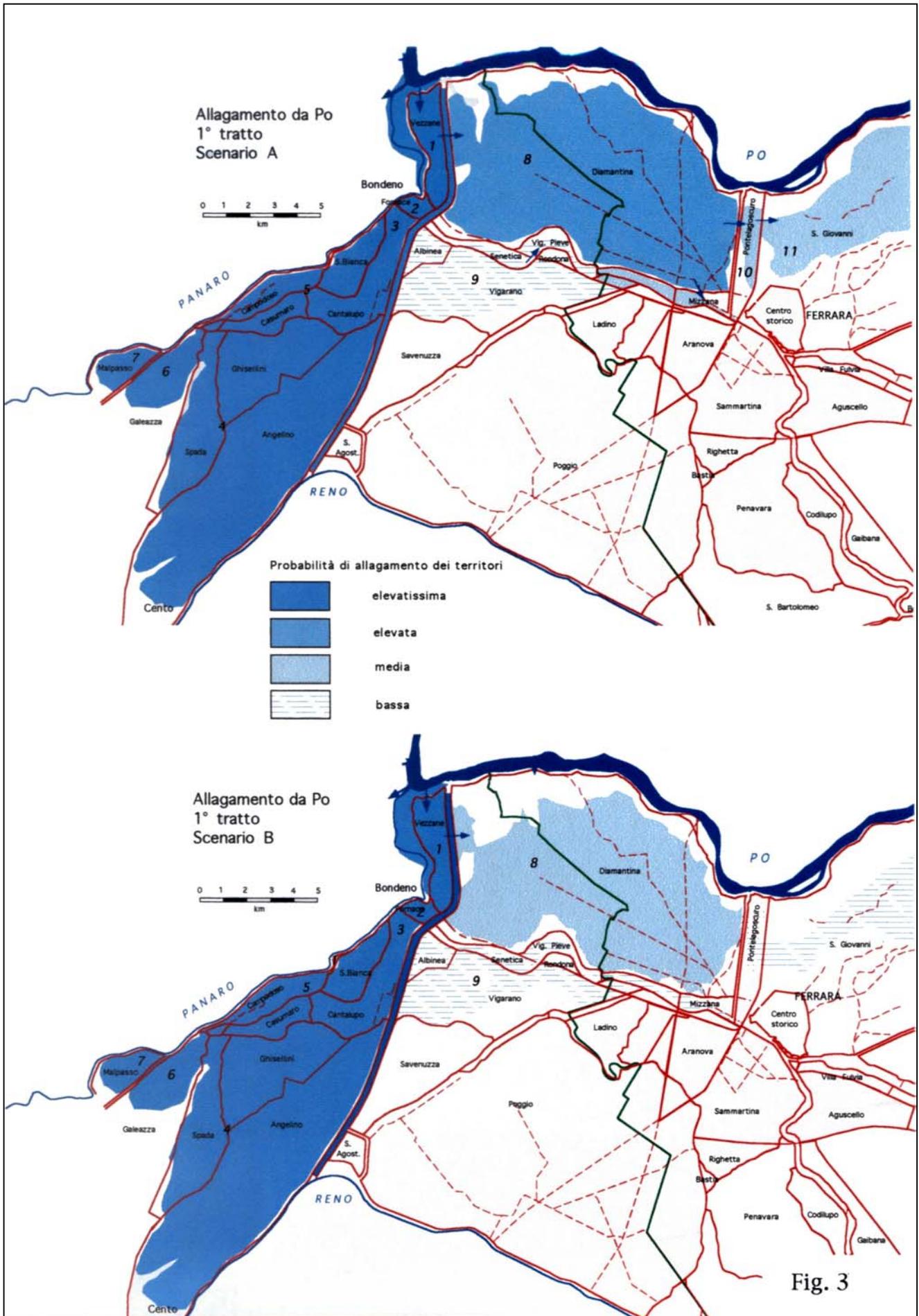
Le quantità d'acqua che potrebbero tracimare da questo tratto del CER-Cavo Napoleonico varierebbero da 2000 a 1500 m³/s nelle prime 16 ore, per scendere a zero nelle 48 ore successive.

Il territorio del Comune di Ferrara potrebbe quindi restare interessato dall'esondazione soprattutto per quanto riguarda le celle Diamantina, Pontelagoscuro e S. Giovanni.

Le relative modalità di allagamento sarebbero comunque di incidenza inferiore a quelle relative a rotte anche di gravità minore in altri tratti del Po.

INTERVENTI

L'unico intervento di una certa efficacia a difesa del centro storico sarebbe costituito dalla costruzione di sovrassogli alla porte nord e ovest (ove possibile); potrebbe anche risultare conveniente tagliare la massicciata della ferrovia Ferrara-Padova per favorire l'evacuazione delle acque verso est.



Scenario B

Con una rotta di Po di circa 4500 m³/s, il territorio a ovest del CER-Cavo Napoleonico e del Reno verrebbe allagato in un tempo compreso tra le 15 e le 24 ore, e il tirante d'acqua massimo risulterebbe sempre di oltre 7 m (nella cella Vezzane)

Anche in questo caso, qualora non venissero tempestivamente chiuse, le botti sottopassanti il CER-Cavo Napoleonico potrebbero immettere notevoli quantità d'acqua nelle celle Diamantina, Albinea e Vigarano.

Nel corso del secondo giorno di piena, gli argini del CER-Cavo Napoleonico verrebbero sormontati; le quantità d'acqua che potrebbero tracimare varierebbero da 1000 a 500 m³/s nelle prime 16 ore, per scendere a zero nelle 48 ore successive.

Il territorio del Comune di Ferrara sarebbe interessato dall'evento soprattutto per quanto riguarda la cella Diamantina; al limite si potrebbe produrre la tracimazione anche degli argini del canale Boicelli, con parziale allagamento della cella Pontelagoscuro.

INTERVENTI

Non appaiono possibili manovre particolari per mitigare la pericolosità della situazione. Per le zone della periferia est della città e per la zona industriale, la fase di soccorso e di gestione della crisi trarrebbe beneficio dal maggior arco di tempo disponibile prima dell'arrivo delle acque.

3. 3.1.2 - Po - secondo tratto (tra CER-Cavo Napoleonico e canale Boicelli)

Eventuali rotte relative a questo tratto, che va dal CER-Cavo Napoleonico alla Conca del Canale Boicelli, avrebbero una gravità assai maggiore per il territorio comunale (fig. 4).

I livelli nel Po sarebbero compresi tra m 16,20 (Porporana) e 14,57 (Pontelagoscuro).

Sono state considerate due situazioni: rotta presso Porporana (quota acqua nel fiume 16,20) e rotta presso Ravalle, nel luogo della rotta del 1812 (quota acqua nel fiume 15,80).

Scenario A

Con una portata di 9400 m³/s, le quote d'acqua massime nel luogo di rotta sono valutabili tra m 11,91 (Porporana) e m 11,51 (Ravalle).

La prima cella invasa sarebbe ovviamente quella della Diamantina, che in queste condizioni è in grado di contenere inizialmente oltre 150 milioni di m³.

I rilevati secondari qui presenti, quali la strada provinciale Ferrara-Ravalle, gli argini del Canal Bianco e dell'Emissario di Burana, non permettono di frazionare la cella considerata agli effetti di una esondazione da Po e svolgerebbero più che altro un ruolo di rallentamento all'espansione delle acque; la loro orientazione, peraltro, tende ad eguagliare gli effetti idrodinamici delle due rotte.

La principale soglia di cella è rappresentata, a est, dagli argini del Canale Boicelli, che superano raramente i m 8. Per i calcoli è stata perciò considerata una soglia a m 8, di lunghezza pari a 1500 m; teoricamente la lunghezza sarebbe di 4,5 km, ma la presenza di numerosi ostacoli (tra cui edifici e strutture industriali) ha consigliato di ridurre a un terzo tale valore.

L'inviluppo degli effetti di queste due ipotesi di rotta ha portato ai seguenti risultati.

Il completo allagamento della cella avverrebbe in tempi compresi tra le 5 e le 12 ore successive all'evento; i tiranti d'acqua massimi sarebbero raggiunti in tempi variabili tra le 9 e le 15 ore e arriverebbero a superare i 4 m, con punte fino a circa 5 m a sud di Porporana.

La successione più probabile dell'allagamento è a questo punto la seguente: cella di Pontelagoscuro, cella S.Giovanni, cella Centro storico.

Nella cella Pontelagoscuro la soglia di valle è costituita dal tratto più basso della massicciata della ferrovia Ferrara-Padova, a quota 6,8 per una lunghezza di almeno 4 km. La cella verrebbe totalmente riempita fra le 16 e le 19 ore, e i tiranti d'acqua massimi (zona Barco) verrebbero raggiunti tra le 18 e le 24 ore.

Tra il primo e il secondo giorno successivi alla rotta, la cella Centro storico sarebbe in gran parte allagata (Addizione Erculee e lembi settentrionali della città medievale) con tiranti d'acqua anche superiori a 1,5 m.

L'allagamento si trasmetterebbe intanto alla cella S.Giovanni e troverebbe successivamente sfogo nei territori a est, restando a nord del dosso del Po di Volano.

Le conseguenze sulle celle Pontelagoscuro e S.Giovanni sarebbero comunque meno gravi delle conseguenze derivanti da eventuali rotte nei due tratti dell'asta del Po posti a valle di quello qui trattato.

L'allagamento considerato arriverebbe comunque ad interessare anche varie celle poste a sud e a sud-est della Diamantina.

Ancor prima di interessare la cella Centro storico e la cella S.Giovanni, le acque raggiungerebbero infatti la cella Mizzana, attraverso l'ultimo tratto dell'Emissario di Burana, e da questa si trasmetterebbero alle varie sottocelle costituenti gli alvei del Po di Volano e del Po di Primaro (con i settori di centri abitati in essi contenuti), e potrebbero anche tracimare dai relativi argini; il primo, ad esempio, nelle celle Sconsuro e Cona W (Nuovo Ospedale), il secondo nella cella Codilupò.

L'allagamento si trasmetterebbe anche a monte, attraverso il Poatello-Cavo Tassone, interessando la cella Cassana; i calcoli eseguiti escludono però che, anche nei momenti di massimo livello nella cella Diamantina, potrebbe essere sormontato il rilevato dell'Argine Ducale (Arginone). Allagamenti delle celle poste direttamente a sud potrebbero quindi verificarsi solo in relazione a specifici fenomeni di dissesto di tale rilevato, oppure con portate di rotta assai maggiori di quelle considerate; perciò essi sono stati valutati di probabilità assai ridotta.

Con le portate di rotta assunte, potrebbe essere raggiunta e superata dalle acque anche un'altra soglia della cella Diamantina, quella di Torre Senetica. Presso tale località la S.S. Virgiliana è stata costruita ai piedi del dosso del Po di Ferrara e l'argine sinistro di questo è stato, nei secoli, degradato o distrutto: il piano campagna quindi si abbassa a 9,2 m. In realtà tale sella è interessata anche dal rilevato della ferrovia Ferrara-Suzzara, che alza di un metro il tratto di soglia. L'esondazione potrebbe però superare anche tale rilevato, in caso di rotta presso Porporana e comunque solo nella fase temporale caratterizzata dai tiranti massimi, e passerebbe inoltre attraverso le luci dei ponti sul Canale di Cento e sul Cavo Tassone, situati poco a est. In ogni caso potrebbero raggiungere il comparto di Vigarano, rincollando attraverso il Cavo Tassone, lo Scolo Savenuzza e il Canale di Cento (tutti comunicanti). Sommando altri ingressi da est (cella Cassana) attraverso lo stesso Canale di Cento, si produrrebbero, fra le 24 e le 48 ore dalla rotta, sia l'allagamento delle celle Vigarano e Allacciante, sia quello parziale delle celle Savenuzza e Ladino, mentre si può escludere l'allagamento di altre celle più a est.

INTERVENTI

Gli interventi più efficaci a difesa del centro storico sarebbero costituiti dalla costruzione di sovrassoglia alle porte nord e ovest della città e dal taglio della massicciata della ferrovia Ferrara-Padova, per sfogare più rapidamente le acque verso NE. Un alleggerimento del pericolo di tracimazione degli alvei del Po di Volano e del Po di Primaro potrebbe essere ottenuto tagliando l'argine del primo nella cella Sconsuro e del secondo nella cella Codilupò.

Scenario B

Con una portata di 7700 m³/s, le quote d'acqua massime nel luogo di rotta sono valutabili tra m 12,82 (Porporana) e m 12,42 (Ravalle).

La successione sarebbe sempre cella Diamantina, cella Pontelagoscuro, cella Mizzana, cella Centro storico, cella S.Giovanni, ma si possono escludere allagamenti a sud dell'Argine Ducale.

Il completo riempimento della prima cella avverrebbe in tempi compresi tra le 7 e le 16 ore successive all'evento; i tiranti d'acqua massimi sarebbero raggiunti in tempi variabili tra le 12 e le 20 ore e arriverebbero comunque a superare i 4 m, con punte fino a circa 5 m.

La cella Pontelagoscuro verrebbe totalmente riempita fra le 20 e le 24 ore. La città di Ferrara resterebbe, anche in questo caso, per gran parte allagata (Addizione Erculea e parte NE della città medievale) con tiranti d'acqua anche superiori a 1,5 m.

Le conseguenze sulle celle Pontelagoscuro e S.Giovanni sarebbero comunque meno gravi delle conseguenze derivanti da altre rotte di Po qui considerate.

Le acque raggiungerebbero anche la cella Mizzana, attraverso l'ultimo tratto dell'Emissario di Burana, e da questa si trasmetterebbero alle varie sottocelle costituenti gli alvei del Po di Volano e del Po di Primaro (con i settori di centri abitati in essi contenuti); sarebbero poco probabili tracimazioni dai relativi argini.

L'allagamento si trasmetterebbe anche a monte, attraverso il Poatello-Cavo Tassone, e, nella fase di tiranti massimi, al comparto di Vigarano, attraverso le luci dei ponti della soglia di Torre Senetica, rincollando attraverso il Cavo Tassone, lo Scolo Savenuzza e il Canale di Cento. Sommando anche altre venute da est (celle Mizzana e Cassana) attraverso lo stesso Canale di Cento, si produrrebbe, un allagamento parziale della cella Vigarano. Per questa via l'allagamento arriverebbe quindi solo al confine occidentale del territorio comunale (S.S. 255), senza entrarvi.

INTERVENTI

Come nel caso precedente gli interventi più efficaci a difesa del centro storici sarebbero costituiti dalla costruzione di sovrassoglia alle porte nord e ovest della città e dal taglio della massicciata della ferrovia Ferrara-Padova, per sfogare più rapidamente le acque verso NE. Un alleggerimento del pericolo di tracimazione del Po di Primaro potrebbe essere ottenuto tagliando il relativo argine nella cella Codilupò.

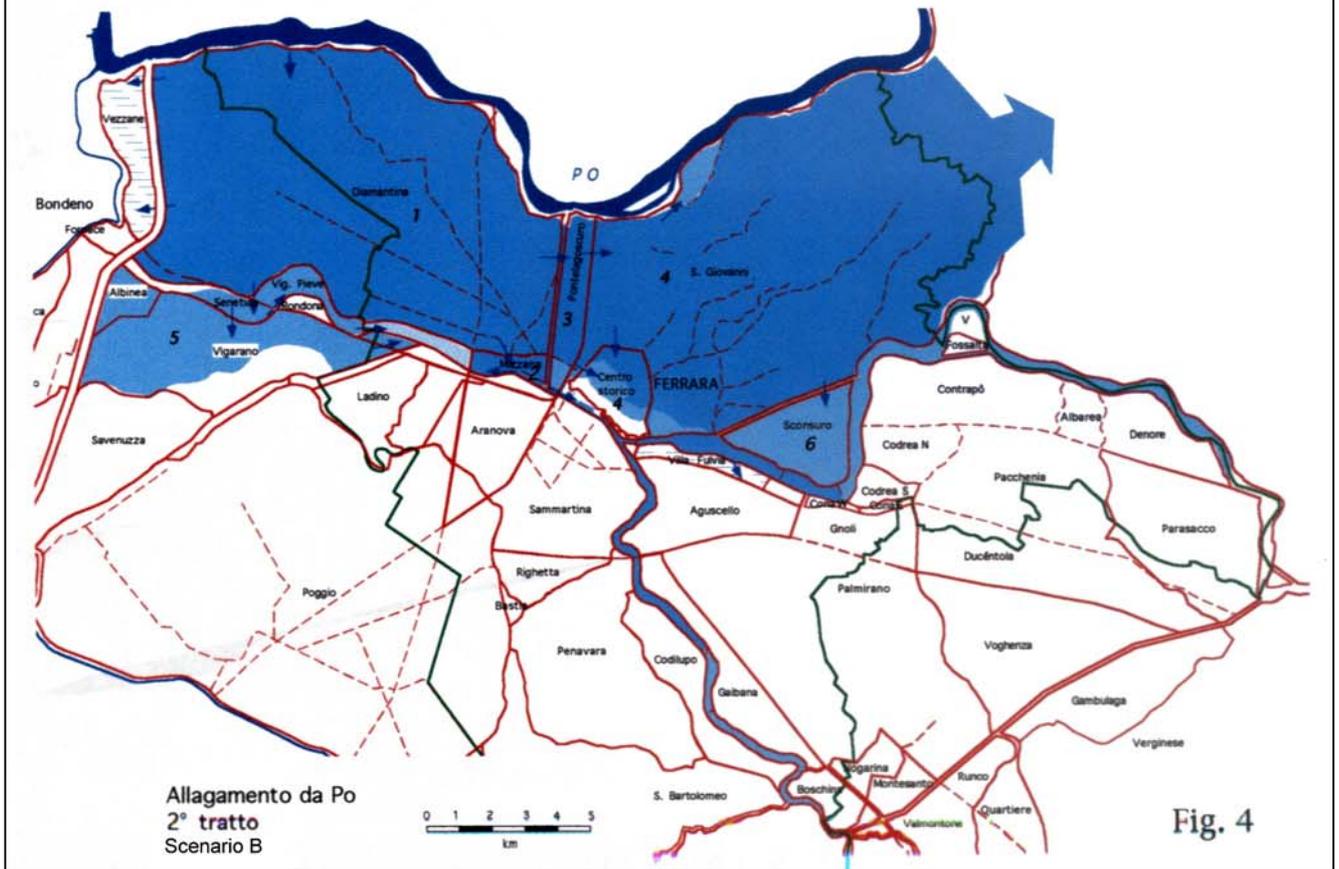
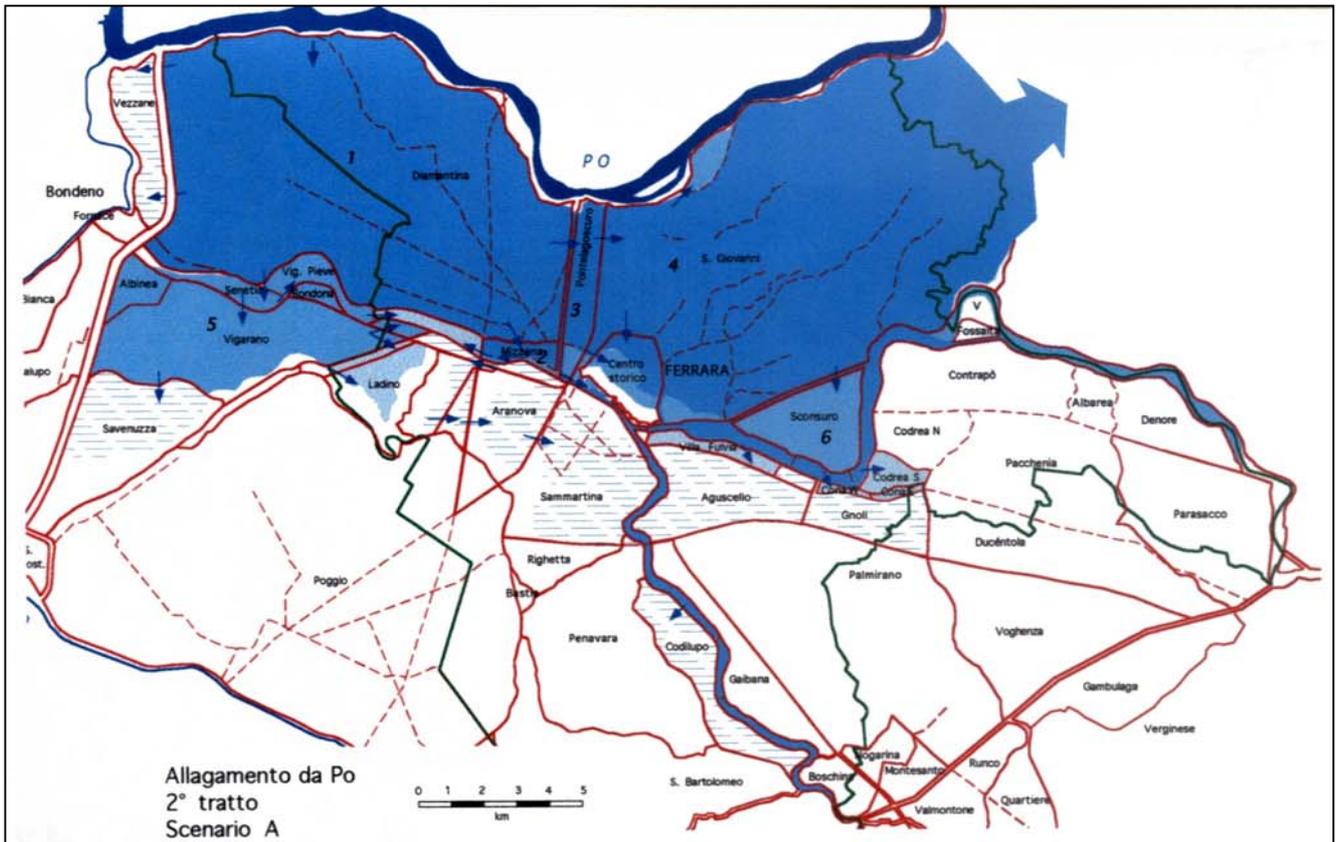


Fig. 4

3. 3.1.3 - Po - terzo tratto (tra canale Boicelli e ponte della ferrovia Ferrara-Padova)

Una rotta del Po nel tratto fra la Conca del Canale Boicelli e la massiciata della ferrovia Ferrara-Padova sarebbe quella di maggior pericolo per Ferrara, anche in relazione alla minima distanza del Po dalla città (fig. 5).

Come livello d'acqua nel Po è stato assunto il valore 14,57.

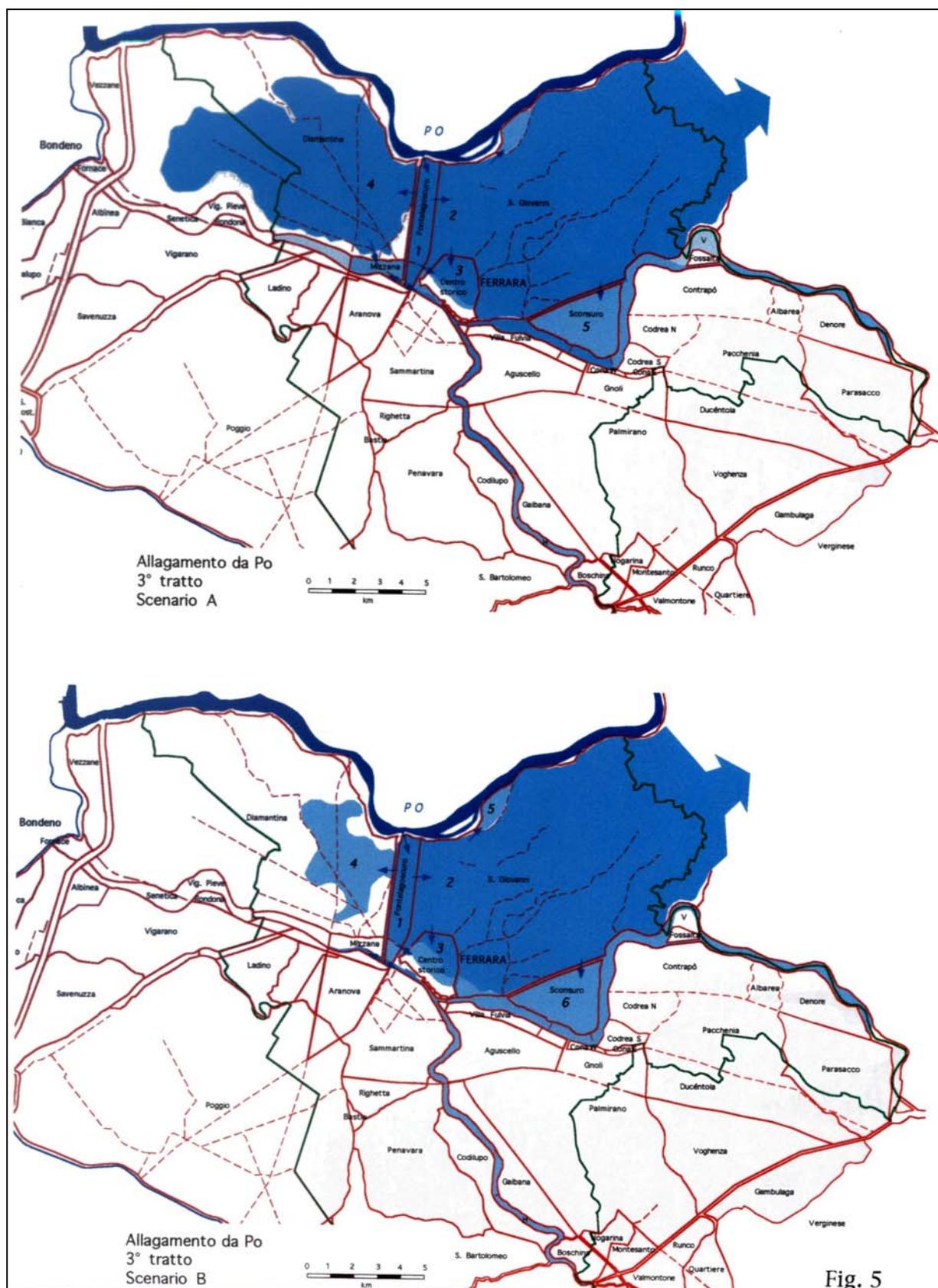


Fig. 5

Scenario A

Con una portata di 9400 m³/s, la quota d'acqua massima nel luogo di rotta è valutabile in m 11,50.

La prima cella invasa sarebbe ovviamente la Pontelagoscuro, che presenta quote minime del terreno inferiori a 4 m e quota media a 5,30 m; la soglia di valle - come si è detto - è costituita dal tratto più basso della massicciata della ferrovia Ferrara-Padova, a quota 6,8 per una lunghezza di almeno 4 km. La cella verrebbe teoricamente riempita in meno di un'ora, con tiranti d'acqua massimi fino a oltre 4 m tra Pontelagoscuro e Barco.

L'esondazione si amplierebbe però anche alla cella S.Giovanni, e troverebbe successivamente sfogo verso NE, restando a nord del dosso del Po di Volano.

La città di Ferrara (cella Centro storico) verrebbe in gran parte allagata: tutta l'Addizione Erculea e la metà settentrionale della città medievale, con tiranti d'acqua anche superiori a 1,5 m.

La pericolosità di questa situazione è mitigata dalla lunghezza e dalla scarsa elevazione della soglia di valle della prima cella, soglia che verrebbe tracimata quasi subito; il sormonto degli argini del Boicelli produrrebbe tracimazione anche nella cella Diamantina, e da qui l'allagamento si estenderebbe alla cella Mizzana e alle sottocelle del Po di Volano e del Po di Primaro.

La successione più probabile dell'allagamento è quindi la seguente: celle di Pontelagoscuro, S.Giovanni, Centro storico, Diamantina, Mizzana, e sottocelle Po di Volano e Po di Primaro.

I calcoli eseguiti escludono tuttavia il superamento dell'Argine Ducale, mentre restano possibili tracimazioni localizzate dagli argini del Volano e del Primaro, come nel caso precedentemente visto.

Le conseguenze sulle celle successive alla prima sarebbero comunque meno gravi delle conseguenze derivanti da eventuali rotte nei due tratti del Po contigui a quello qui trattato.

INTERVENTI

Non sono immaginabili interventi di mitigazione efficaci, a rotta avvenuta. Un alleggerimento del pericolo per gli alvei del Po di Volano e del Po di Primaro potrebbe essere ottenuto tagliando l'argine del primo nella cella Sconsuro e del secondo nella cella Codilupo.

Scenario B

Con una portata di 7700 m³/s, la quota d'acqua massima nel punto di rotta è valutabile in m 12,42.

La successione più probabile per l'allagamento sarebbe sempre: cella Pontelagoscuro, S.Giovanni, Diamantina, Centro storico, Mizzana, sottocelle Po di Volano e Po di Primaro.

La prima cella verrebbe occupata dalle acque entro le prime 2 ore, con tiranti d'acqua massimi di circa 4 m tra Pontelagoscuro e Barco. Le quote d'acqua medie tenderebbero poi, nei giorni successivi, a stabilizzarsi intorno alla quota 7.

Nella città di Ferrara (cella Centro storico) verrebbe allagata anche in questo caso tutta l'Addizione Erculea e la parte NE della città medievale, con tiranti d'acqua superiori a 1,5 m nel settore NE dell'Addizione Erculea.

I calcoli eseguiti escludono il superamento dell'Argine Ducale, ed escludono anche tracimazioni dagli argini del Volano e del Primaro.

INTERVENTI

Anche in questo caso non sono immaginabili interventi di mitigazione efficaci, a rotta avvenuta.

3. 3.1.4 - Po - quarto tratto (a est del ponte della ferrovia Ferrara-Padova)

Sono state considerate solo rotte tra Francolino e Fossa d'Albero, stante il fatto che più a monte l'argine destro è protetto da ampie golene e dalla presenza dell'Isola Bianca; rotte più a valle evidentemente avrebbero, per il territorio comunale, conseguenze di minor rilevanza di quelle qui considerate (fig. 6).

Il profilo di riferimento segnala livelli nel Po di m 14,8 (Francolino) e di m 13,57 a Fossa d'Albero.

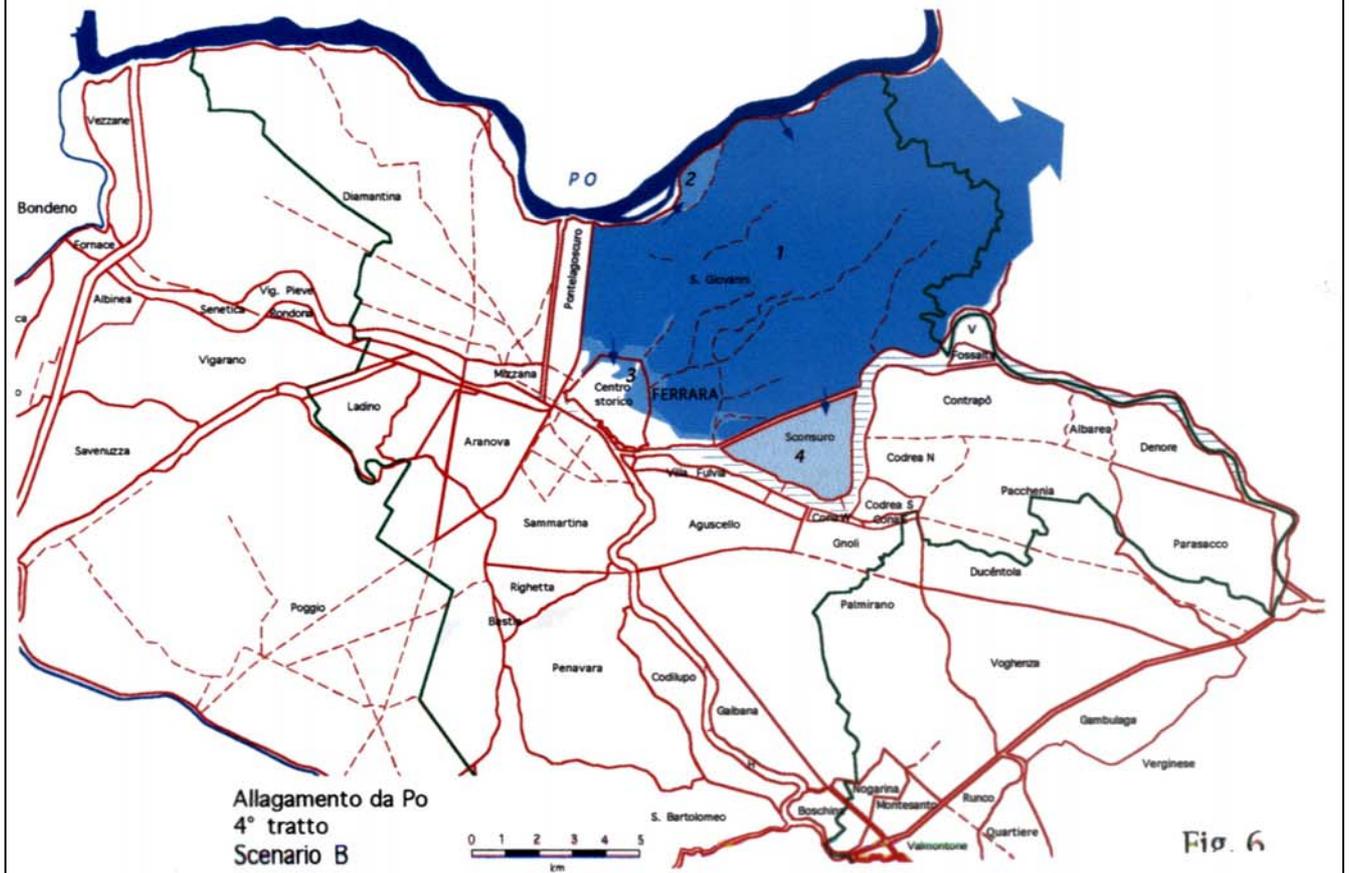
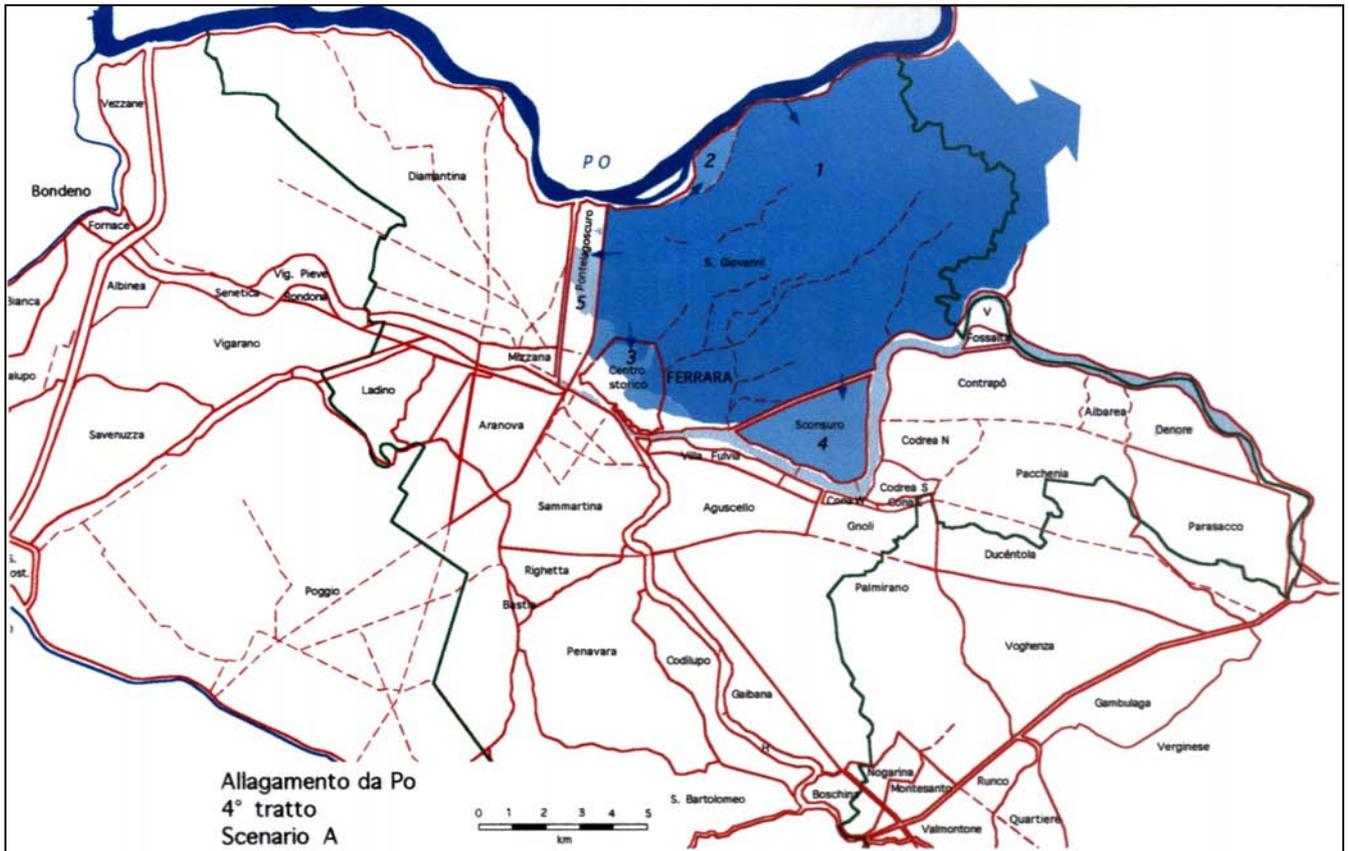


Fig. 6

Scenario A

Con una portata di 9400 m³/s, le quote d'acqua massime nel luogo di rotta sono valutabili tra m 10,50 (Francolino) e m 9,27 (Fossa d'Albero).

La prima cella invasa sarebbe ovviamente quella di S.Giovanni, che per il presente studio si può considerare aperta a est.

La presenza di rilevati secondari, quali la strada provinciale Ferrara-Copparo e altre minori, non interrompono la continuità della cella, che a tutti gli effetti può essere considerata un comparto idraulico unico. Tali rilevati, assieme ai vari canali consorziali, svolgerebbero il ruolo di indirizzare le acque verso NE e di rallentare la loro espansione verso il dosso del Po di Volano, dosso che non verrebbe mai superato.

Il terreno presenta infatti quote digradanti verso NE, da m 6 a m 4; alcune depressioni relative, anche inferiori a quota 5, sono riscontrabili nella zona Parco Urbano. Per entrambe le rotte si può quindi considerare che la maggior parte delle acque verrebbe subito convogliata verso NE.

La successione dell'allagamento sarebbe la seguente: cella S.Giovanni, cella Centro urbano e cella Sconsuro.

I tiranti d'acqua massimi verrebbero raggiunti dopo poche ore dalla rotta.

Il rincollo che subirebbe l'allagamento a causa della resistenza al moto delle acque verso est provocherebbe anche l'allagamento della cella Centro urbano, in tempi variabili a seconda del punto di rotta. E' infatti prevedibile che nella cella S.Giovanni le acque non supererebbero, a ovest, la massicciata della ferrovia Ferrara-Padova, ma occuperebbero quasi totalmente il Parco Urbano e successivamente la parte più settentrionale della città entro le mura.

La cella Sconsuro verrebbe raggiunta dalle acque entro le prime 24 ore, attraverso la botte che permette allo scolo Sconsuro di sottopassare il Diversivo del Po di Volano.

INTERVENTI

L'unico intervento di una certa efficacia a difesa del centro storico sarebbe costituito dalla costruzione di sovrassogli alle porte nord ed est.

Scenario B

Con una portata di 7700 m³/s, le quote d'acqua massime nel luogo di rotta sono valutabili tra m 11,40 (Francolino) e m 10,15 (Fossa d'Albero).

La successione dell'allagamento sarebbe sempre quella: cella S.Giovanni, cella Centro urbano e cella Sconsuro.

Il dosso del Po di Volano non verrebbe mai superato. La cella Sconsuro verrebbe allagata anche in questo caso, ma intorno al 2° giorno.

In tempi compresi tra le 20 e le 36 ore (a seconda del punto rotta) verrebbero raggiunti, per rincollo, il Parco Urbano e la cella Centro urbano, ma le acque potrebbero occupare, al massimo, la parte centro-orientale dell'Addizione Erculea.

Perchè il rincollo non raggiunga la cella Centro urbano è necessario che una rotta di questa portata avvenga a valle di Fossa d'Albero.

INTERVENTI

L'unico intervento di una certa efficacia a difesa del centro storico sarebbe costituito dalla costruzione di sovrassogli alle porte nord ed est.

L'allagamento della cella Sconsuro potrebbe essere evitato chiudendo la relativa botte.

3. 3.2 - FIUME PANARO

A Bondeno il Panaro confluiva, fino al XVI secolo, nel Po di Ferrara; con il decadere di tale corso padano, il Panaro ne ha utilizzato il largo tratto a nord, percorrendolo in senso inverso a quello che vi tenevano le acque del Po. Ha quindi stabilizzato la sua foce nel Po presso Palantone.

Questa breve nota storica spiega, per la maggior parte, la complessità della situazione morfologica che caratterizza l'attuale alveo del Panaro, in provincia di Ferrara. A monte di Bondeno, infatti, esso è piuttosto stretto, canalizzato e munito di argini di notevole altezza (fino ad oltre 17 m sul l.m.m.); a Bondeno presenta una stretta curva, nel luogo in cui si immetteva nel Po di Ferrara; fra Bondeno e la confluenza in Po è invece sinuoso, con argini propri assai bassi o assenti, dal momento che il ruolo di evitare le esondazioni è assolto dagli antichi argini del Po di Ferrara, più volte rialzati anche dopo il XVI secolo.

Anche la sua situazione idraulica è complessa.

Di per se' il Panaro presenta in genere le portate minori fra i fiumi del Ferrarese: la portata media è infatti di circa 30 m³/s, e la sua portata in occasione di piene proprie è valutabile in meno di 500 m³/s. Le probabilità statistiche delle sue piene vedono al primo posto il mese di novembre, seguito da quello di febbraio. La condizione più pericolosa è però quella che si produce in occasione di piene del Po; il tratto inferiore del fiume è in questi casi soggetto ad un fenomeno di rigurgito che arriva anche a monte di Bondeno, mentre i relativi argini presentano quote inferiori a quelli del Po: eventuali rotte potrebbero in questo caso riversare quantità d'acqua enormemente maggiori, in funzione del punto di rotta.

Il presente studio ha analizzato sia allagamenti relativi a rotte in corrispondenza di piene del solo Panaro, sia rotte relative al Panaro rigurgitato, ossia allo scenario più grave.

Per l'analisi degli scenari di allagamento, stati distinti i due casi:

- rotta per piena del solo Panaro
- rotta per piena del Panaro rigurgitato da una contemporanea piena del Po.

Per entrambi i casi sono state analizzate le seguenti eventualità:

- rotta nel tratto Finale Emilia-località-ansa il località Prospera (ossia nella cella Campodoso)
- rotta nel tratto La Prospera-confluenza del canale Cavamento Palata (ossia nella cella S.Bianca)
- rotta nel tratto confluenza del canale Cavamento Palata-argine del Cavo Serra presso la Botte Napoleonica (ossia nella cella Cantalupo)
- rotta nel tratto argine del Cavo Serra-ponte della ferrovia Ferrara-Suzzara (ossia nella cella Fornace)
- rotta nel tratto ponte della ferrovia Ferrara-Suzzara-argine del Po (ossia nella cella Vezzane).

Per il primo tratto è stato definito uno scenario unico, per i successivi lo scenario A (gravità maggiore) è stato calibrato su una piena rigurgitata, lo scenario B (gravità media) su una grossa rotta del solo Panaro.

3. 3.2.1 - Panaro - primo tratto (fra Finale Emilia e l'ansa La Prospera)

Scenario A

Verrebbero allagate, nell'ordine, le celle Campodoso e S.Bianca, Cantalupo, Fornace, Vezzane e Angelino.

Le prime tre celle sono in grado di contenere oltre 22 milioni di m³; per sversamenti superiori l'esondazione si trasmetterebbe alla cella Fornace, con gravi danni alla parte est dell'abitato di Bondeno, poi alla cella Vezzane, che è una cella chiusa; ricolterebbe quindi fino alla quota della soglia fra le celle Cantalupo e Angelino, situata lungo la SS 468, presso S. Maddalena dei Mosti (e superabile alla quota convenzionale di m 11,7). Al momento di tracimazione da tale soglia sarebbero stati invasati oltre 40 milioni di m³; eventuali volumi eccedenti si riverserebbero quindi nella cella Angelino.

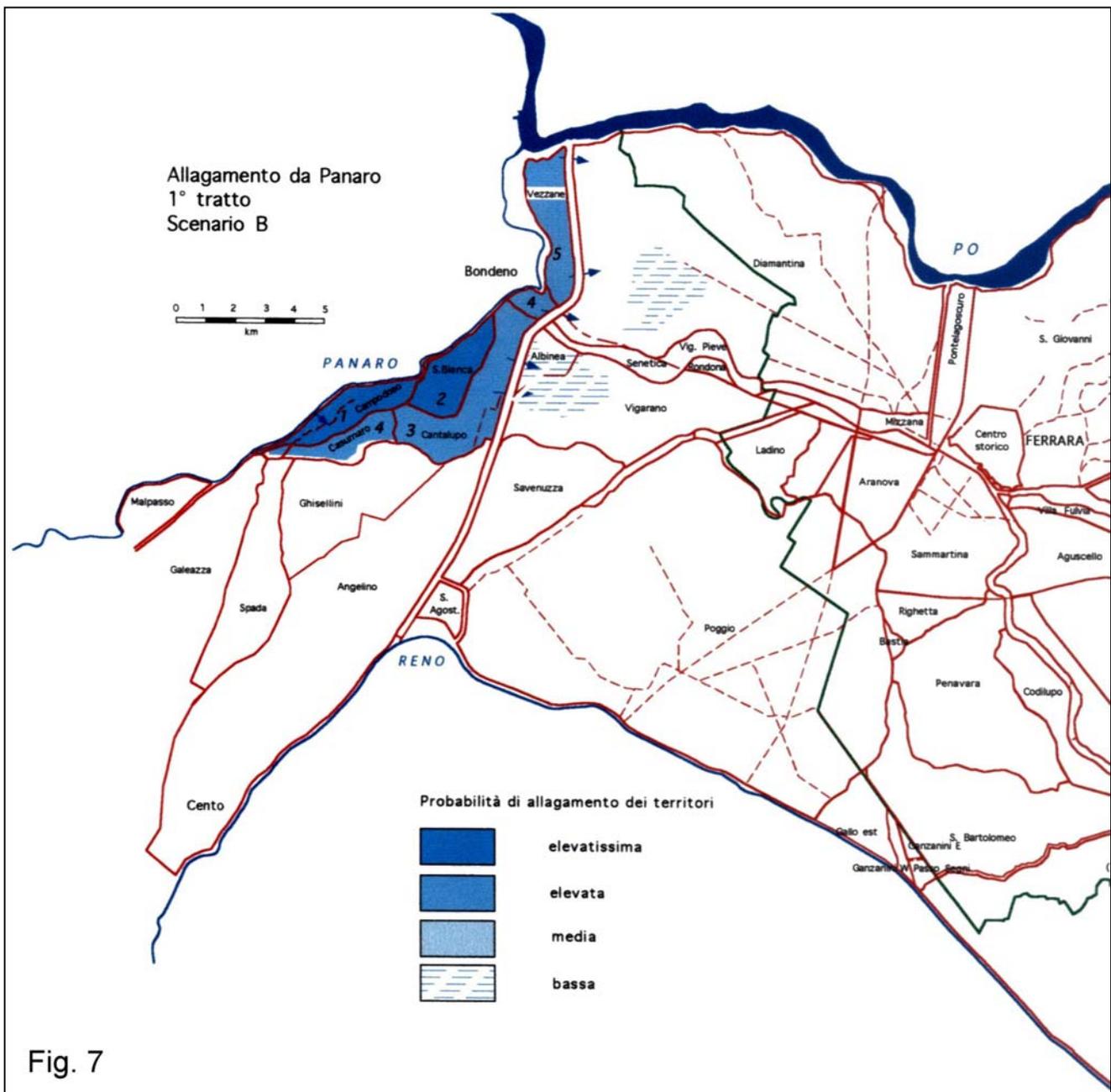
Possibili uscite attraverso le botti sottopassanti il CER-Cavo Napoleonico non risultano tali da indurre allagamenti nel territorio comunale di Ferrara.

Scenario B

Con l'allagamento delle celle Campodoso, S.Bianca e Cantalupo, una piena del solo Panaro si potrebbe considerare esaurita (poco più di tre giorni). In ogni caso l'esondazione non interesserebbe in alcun modo il territorio del comune di Ferrara (fig. 7).

INTERVENTI

Per evitare l'allagamento della parte est di Bondeno (cella Fornace), o quanto meno per mitigare i danni, converrebbe tagliare al più presto la strada 468 presso S. Maddalena dei Mosti, in modo da dirottare subito nella cella Angelino.



3. 3.2.2 - Panaro - secondo tratto (dall'ansa La Prospera alla confluenza del canale Cavamento Palata)

Scenario A

L'esonazione si estenderebbe, nell'ordine, alle celle S.Bianca, Campodoso, Cantalupo, Fornace e Vezzone, per poi rincollare. A questo punto sarebbero stati invasi almeno 38 milioni di m³; eventuali volumi eccedenti si riverserebbero quindi nelle celle Angelino e Casumaro (fig. 8).

Eventuali uscite attraverso le botti sottopassanti il CER-Cavo Napoleonico non produrrebbero allagamenti nel territorio del comune di Ferrara.

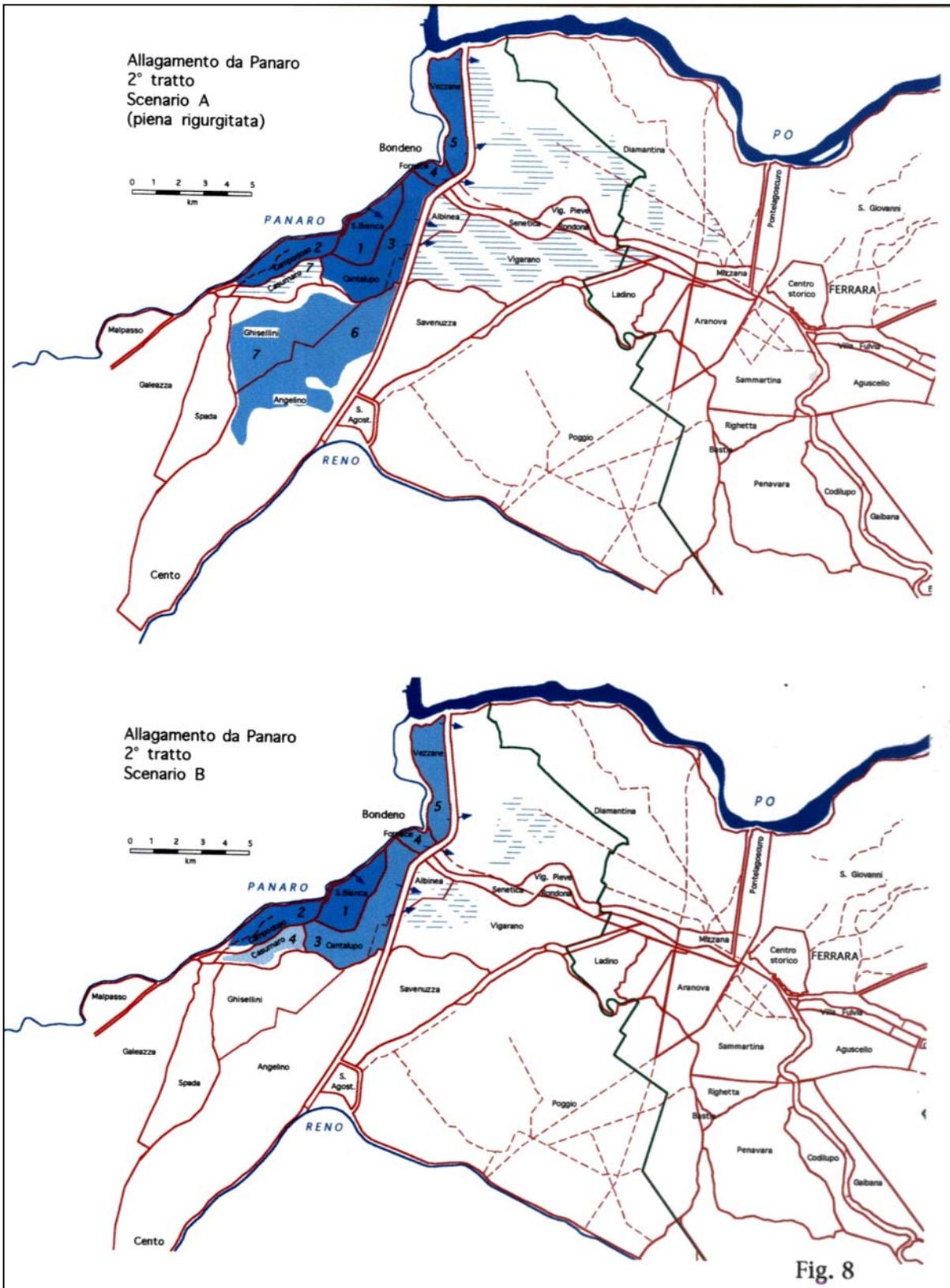


Fig. 8

Scenario B

Una piena del solo Panaro si potrebbe considerare già esaurita con l'allagamento delle celle S.Bianca, Cantalupo e Fornace; al limite potrebbe essere parzialmente allagata la cella Vezzane. L'esondazione non interesserebbe in alcun modo il territorio del comune di Ferrara.

INTERVENTI

Come nel caso precedente, al fine di evitare l'allagamento della parte est di Bondeno (cella Fornace), converrebbe tagliare al più presto la strada 468 presso S. Maddalena dei Mosti.

3. 3.2.3 - Panaro - terzo tratto (dal canale Cavamento Palata all'argine del Cavo Serra presso la Botte Napoleonica)

Scenario A

Lo scenario è assai somigliante a quello corrispondente per il tratto precedente.

Verrebbe allagata per prima la cella Cantalupo; l'esondazione si trasmetterebbe quindi alle celle Fornace e Vezzane, per poi rincollare. Al momento di tracimazione attraverso la soglia fra le celle Cantalupo e Angelino, sarebbero già stati sversati 29 milioni di m³; successivamente inizierebbe anche l'allagamento delle celle più a sud.

Eventuali uscite attraverso le botti sottopassanti il CER-Cavo Napoleonico non potrebbero comunque produrre allagamenti nel territorio comunale di Ferrara.

Scenario B

Con l'allagamento delle celle Cantalupo, Fornace e Vezzane, una piena del solo Panaro si potrebbe considerare esaurita e l'esondazione non interesserebbe in alcun modo il territorio del comune di Ferrara.

3. 3.2.4 - Panaro - quarto tratto (dall'argine del Cavo Serra al ponte della ferrovia Ferrara-Suzzara)

Scenario A

Verrebbero allagate, nell'ordine, le celle Fornace (di maggior pregio urbanistico), Vezzane, Cantalupo e Angelino; con grandi portate di rotta potrebbero essere interessate anche altre celle più a sud, e si potrebbe produrre, al limite, una situazione simile a quella relativa al quinto tratto.

Eventuali uscite attraverso le botti sottopassanti il CER-Cavo Napoleonico potrebbero produrre locali allagamenti nelle parti più basse della cella Diamantina.

Scenario B

Verrebbero sicuramente allagate le celle Fornace, Vezzane e Cantalupo. Quest'ultima probabilmente si allagherebbe solo in parte: alla quota della soglia fra le celle Cantalupo e Angelino, infatti, sarebbero stati invasi almeno 29 milioni di m³, e una esondazione del solo Panaro si potrebbe considerare esaurita e l'esondazione non interesserebbe in alcun modo il territorio del comune di Ferrara.

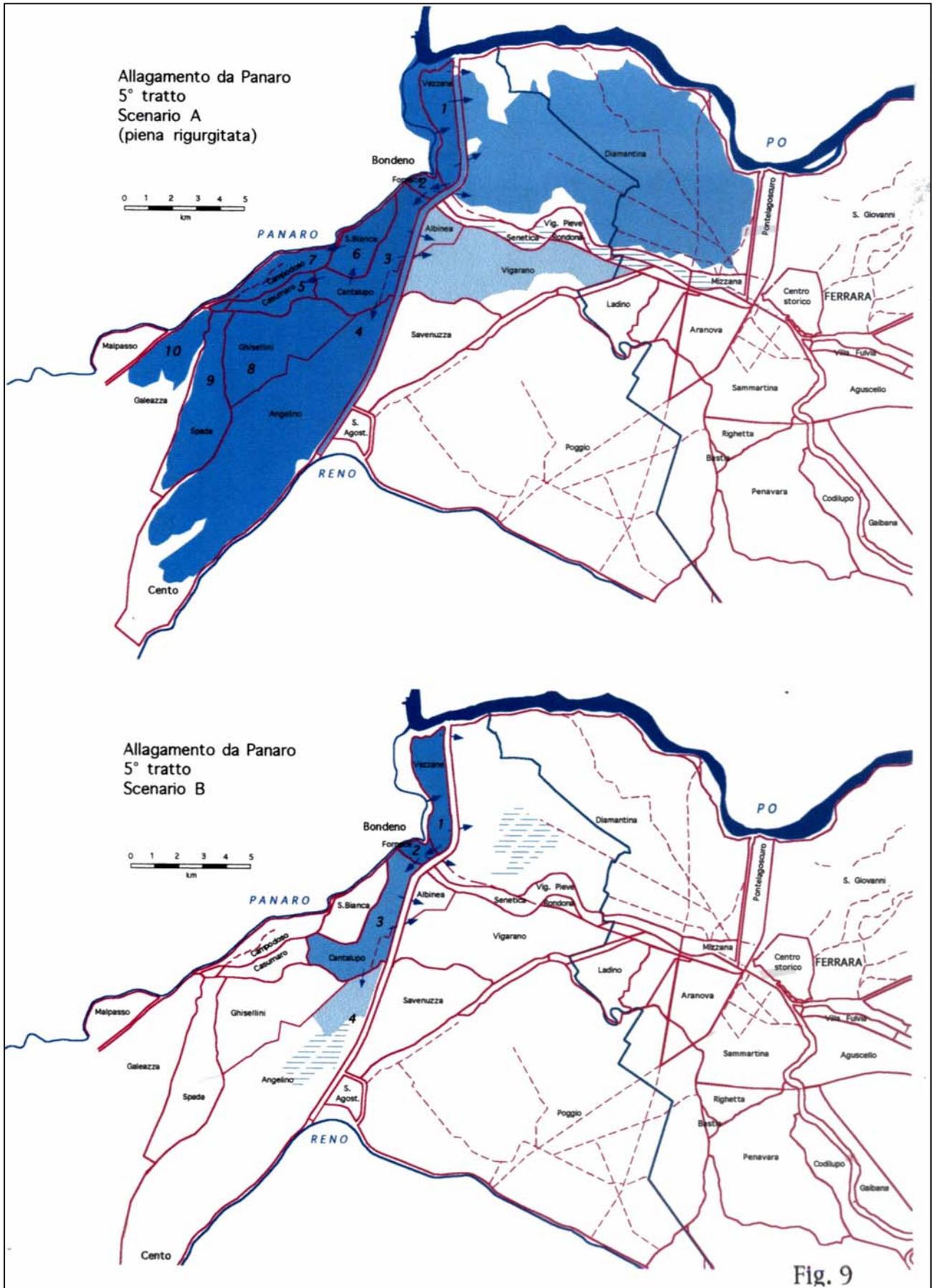
3. 3.2.5 - Panaro - quinto tratto (dal ponte della ferrovia Ferrara-Suzzara all'argine del Po)

Scenario A

L'evento veramente temibile, in questo tratto, è una rotta del Panaro rigurgitato, nel qual caso si configurerebbe una situazione abbastanza simile a quella di una rotta del Po (fig. 9).

In queste condizioni potrebbero uscire inizialmente portate fino a 3000 m³/s; entro il secondo giorno verrebbero allagate tutte le celle a ovest del CER-Cavo Napoleonico e del Reno, fin quasi a Cento, con un tirante d'acqua massimo di oltre 7 m (presso Bondeno).

Si potrebbero avere, intanto, uscite attraverso le botti sottopassanti il CER-Cavo Napoleonico. Anche in questo caso grandi, qualora non venissero tempestivamente chiuse, le botti sottopassanti il CER-Cavo Napoleonico potrebbero immettere notevoli quantità d'acqua nelle celle Diamantina, Albinea e Vigarano.



Qualora la piena si protrasse oltre 2 giorni, gli argini del CER-Cavo Napoleonico verrebbero sormontati, e lo scenario conseguente sarebbe simile a quello già trattato per il primo tratto del Po. Il territorio del Comune di Ferrara potrebbe comunque restare interessato dall'evento quasi esclusivamente per quanto riguarda le celle Diamantina, Pontelagoscuro e S. Giovanni; la cella Centro storico verrebbe appena raggiunta.

Le modalità di allagamento di queste celle sarebbero però di gravità inferiore a quelle relative a rotte del Po.

Problemi sensibili - ma non gravi - potrebbero inoltre essere indotti dall'ingresso delle acque di esondazione negli alvei del Poatello e del Volano.

Si può invece escludere l'estensione dell'allagamento oltre la cella Vigarano, a sud del dosso del Po di Ferrara (celle Allacciante, Ladino ecc.).

Scenario B

Con una rotta del solo Panaro (in questo tratto assai improbabile) verrebbero allagate, nell'ordine, solo le celle Vezzane, Fornace e Cantalupo. Alla quota della soglia fra le celle Cantalupo e Angelino sarebbero stati invasi 29 milioni di m³. La piena si potrebbe considerare esaurita, e non si avrebbe alcun interessamento del territorio del comune di Ferrara.

3. 3.3 - FIUME RENO

Il Reno interessa il Ferrarese da poco a valle della confluenza con il torrente Samoggia (presso Cento) fin quasi al mare. Il fiume presenta una portata media di 41 m³/s. Le probabilità statistiche delle sue piene vedono al primo posto il mese di novembre, seguito da quello di febbraio.

Poco a monte di S. Agostino è presente l'Opera di presa del Cavo Napoleonico, cavo destinato a portare le acque eccedenti di Reno in Po.

Nel tratto a valle di S. Agostino, il Reno non riceve affluenti né afflussi d'acqua di altro genere ed è interamente canalizzato. Presso la località Gallo di Poggio Renatico presenta uno scolmatore, realizzato nel 1953.

Per il fiume Reno, il PAI ha calcolato portate di piena e livelli con frequenza di 25 e di 100 anni; a questo scopo ha adottato dati idrometrici tarati durante gli eventi di piena del 1990, 1994 e 1996, tenendo conto delle portate scolmabili nel Cavo Napoleonico, cui è stata assegnata una portata teorica di 500 m³/s, valore compatibile con la configurazione più frequentemente adottata all'Opera di presa di S. Agostino (3 luci aperte su 5). Il Cavo è entrato in funzione come scolmatore del Reno in Po soprattutto nel novembre 1966, nel novembre 1990 e nel settembre 1994.

I modelli adottati per la redazione del PAI considerano le seguenti portate e i seguenti livelli massimi.

Località	TR 100		TR 25	
	portata	liv. max	portata	liv.max
A monte del Cavo Napoleonico	1366,4	25,1	998,8	23,1
S. Agostino	864,1	24,5	506,2	22,3
Poggio Renatico	712,3	22,7	431,8	20,4
Gallo	669,9	20,6	406,6	18,4
Codifiume	633,0	18,1	384,0	16,1
Traghetto	606,1	15,8	368,9	14,1

Va comunque tenuto presente che, per quanto riguarda il tratto compreso fra l'Opera di Reno e il ponte del Gallo, nelle condizioni attuali l'efficienza idraulica è insufficiente anche per il transito delle piene venticinquennali.

Si deve infatti ritenere necessaria, per questo tratto, un'efficienza idraulica pari a 500 m³/s in moto permanente, per garantirsi 1 m di franco medio di sicurezza nel primo tratto a valle del ponte del Gallo. D'altronde, l'evento con tempo di ritorno 25 anni all'Opera Reno ha un picco pari a 1000 m³/s (900 m³/s in assenza di contemporaneità delle piene del Reno e del Samoggia). Allo stato attuale, la riduzione a 500 m³/s, per la salvaguardia del tratto, è quindi totalmente a carico del Cavo Napoleonico. Ma in realtà le conoscenze attuali non assicurano questa efficienza al Cavo, prevista unicamente come condizione di progetto. Infatti, si possono segnalare almeno tre fattori che riducono l'efficienza di tale scolmatore:

- i livelli di invaso sono limitati dalla permeabilità dovuta alla presenza di terreni sabbiosi sotto il canale, nel tratto terminale da Bondeno a Po
- l'interazione con la falda freatica, il cui livello è costantemente più alto del fondo del canale
- la sedimentazione di fondo avvenuta dall'inizio del suo funzionamento ad oggi.

Mancano inoltre studi specifici che valutino la capacità di smaltimento delle acque in presenza di diverse condizioni di Po (livello e sua evoluzione temporale).

Sarebbe quindi indispensabile che si pervenisse ad una più approfondita conoscenza delle reali potenzialità del Cavo, al fine di valutare l'entità del reale beneficio che può arrecare nello scolo delle piene e gli eventuali interventi adottabili per migliorarne l'efficienza.

Nel presente studio sono stati considerati gli scenari relativi sia alla piena con frequenza centennale (scenari A), che alla piena con frequenza venticinquennale (scenari B). Per quanto riguarda i primi, si deve tenere presente che attualmente l'alveo presenta, tra il Centese e Gallo, argini sistematicamente più bassi dei livelli idrometrici calcolati. Ciò configura una situazione di particolare pericolosità per il territorio, peraltro difficilmente valutabile: sarebbe infatti inesatto far riferimento solo alle portate tracimabili, dal momento che la tracimazione comporterebbe immediatamente la rottura degli argini, sia in sinistra che in destra.

Va comunque tenuto presente che è già stato predisposto un progetto per la costruzione di casse di espansione, a monte del territorio centese, in modo da riportare le quote d'acqua entro le quote arginali, anche in caso di piene con periodicità di 200 anni.

Nell'ipotesi che una simile piena si verificasse prima della attivazione di tali casse di espansione, si produrrebbe una rotta già in prossimità di Cento. Le conseguenze, assai gravi per il Centese, sarebbero però inferiori, per il territorio comunale di Ferrara, a quelle derivanti da rotte anche di più modesta entità in tratti più a valle: esse sono state comunque introdotte nella valutazione degli scenari di maggior gravità.

Nella costruzione degli scenari di gravità maggiore, si è immaginata una portata iniziale di rotta di 800 m³/s per il tratto a monte dell'Opera di Reno, e una portata iniziale fino a 700 m³/s per il tratto successivo; da questo uscirebbero quindi oltre 70 milioni di m³ d'acqua, fino a 150. Un simile volume d'acqua sfiorata è immaginabile - per una sola onda di piena - per un evento eccezionale, con tempo di ritorno più che centennale, e da una breccia larga oltre 200 m, ossia ben più dei 2/3 dell'alveo. Non va d'altronde dimenticato che la rotta del Gennaio 1951 ha sfiorato quasi 180 milioni di m³; si è però trattato di una rotta rimasta aperta per un periodo assai lungo, interessato da almeno due onde di piena consecutive.

Per quanto concerne gli scenari di gravità media, quello a monte dell'Opera di Reno è stato individuato considerando una portata iniziale di rotta di circa 600 m³/s; gli altri sono stati costruiti tenendo conto di una portata scolmabile in Cavo Napoleonico ridotta a meno di 300 m³/s, facendo riferimento alla capacità presentata dal Cavo nella piena del 1990, quando è riuscito a portare in Po circa 73 milioni di m³ d'acqua: in questo modo potrebbero uscire da eventuali rotte di Reno a valle di tale manufatto non più di 40 milioni di m³ (ad esempio presso Gallo, dai calcoli, si otterrebbero 37 milioni di m³, con una portata massima di rotta di 400 m³/sec uscenti da una breccia lunga 100 m). Ci si è quindi posti in una situazione che si può considerare di gravità medio-alta.

Si è valutata inoltre l'ipotesi che, non producendosi rotte a monte e potendo scolare meno di 300 m³/sec nel Cavo Napoleonico, parte delle acque escano dall'alveo attraverso lo sfioratore del Gallo.

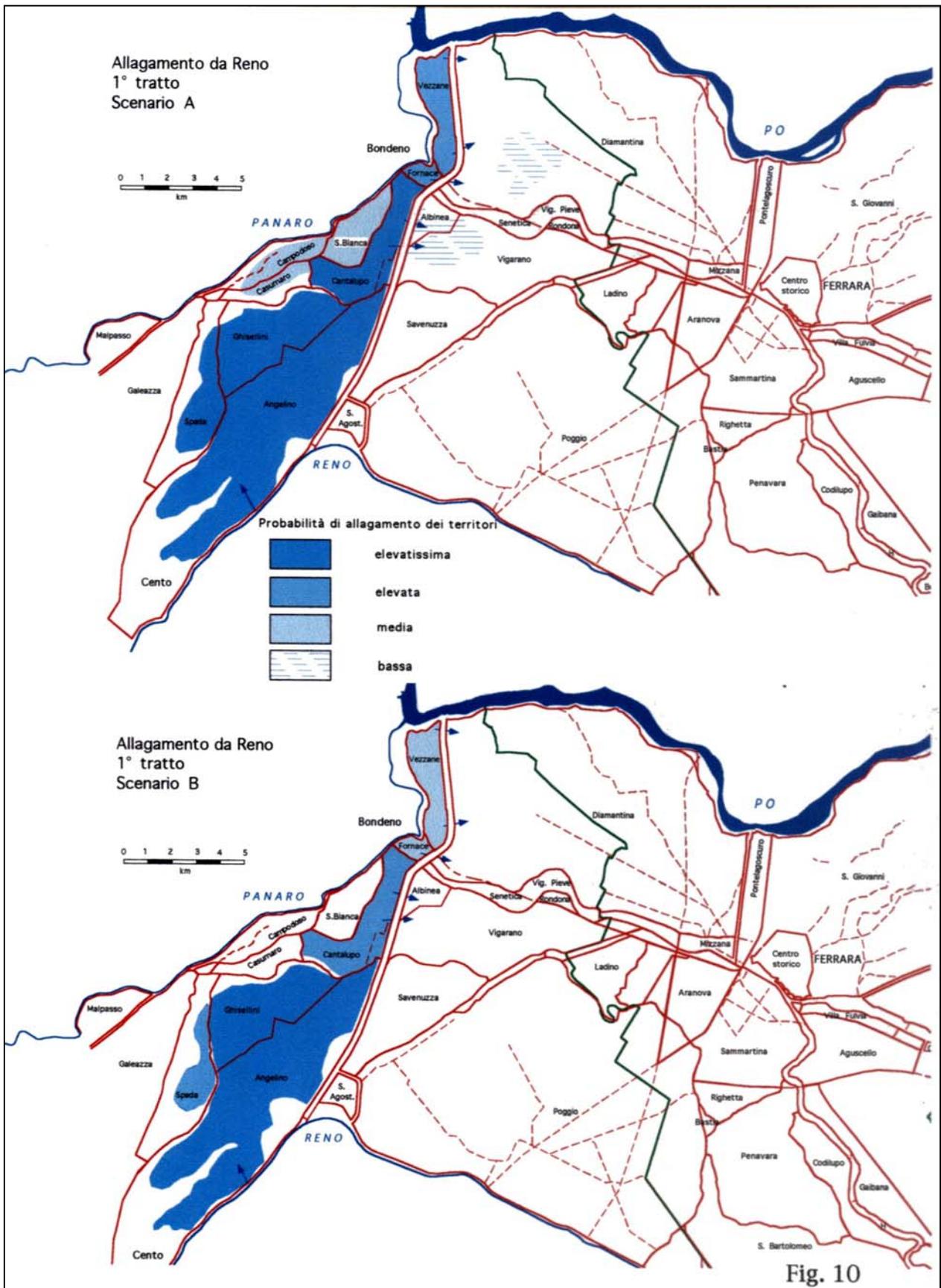
Per l'analisi degli scenari di allagamento da Reno sono stati distinti i seguenti tratti:

- tratto Cento-Cavo Napoleonico (contiguo alla cella Angelino)
- tratto Cavo Napoleonico-Botte del CER (contiguo alla cella S.Agostino)
- tratto Botte del CER-Gallo di Poggio Renatico (contiguo alla cella Poggio)
- tratto Gallo di Poggio Renatico-Passo Segni (contiguo alle celle Gallo est e Passo Segni)
- tratto Passo Segni-Traghetto (contiguo alla cella Codifiume)
- tratto Traghetto-paleomeandro di Consandolo (contiguo alla cella Anderlise)
- drizzagno di Consandolo (contiguo alla cella Cavo Spina).

3. 3.3.1 - Reno - primo tratto (tra Cento e Cavo Napoleonico)

Scenario A

In caso di rotta in questo tratto, con l'allagamento delle celle Angelino, Ghisellini, Cantalupo, Fornace e Vezzane (fig. 10), sarebbero stati invasati almeno 150 milioni di m³. Per sversamenti ancora superiori l'allagamento potrebbe poi estendersi anche alle celle S.Bianca, Campodoso e Casumaro e Spada, restando comunque limitato ai territori a ovest del CER-Cavo Napoleonico.



Anche in questo caso grandi, qualora non venissero tempestivamente chiuse, le botti sottopassanti il CER-Cavo Napoleonico potrebbero immettere notevoli quantità d'acqua nelle celle a est dello stesso. Le principali immissioni avverrebbero attraverso le botti del Canale di Cento e dell'Emissario di Burana. Le prime potrebbero comunque trovare sfogo nei territori compresi tra Mirabello e Porotto, a sud del dosso del Po di Ferrara; verrebbero quindi canalizzate nel Poatello e nel Po di Volano. Le seconde si immetterebbero in canali che pervengono ancor più direttamente alle aree vicine alla città, ma potrebbero soltanto provocare allagamenti circoscritti (ad esempio, in terreni particolarmente bassi in fregio all'Emissario di Burana).

Scenario B

In caso di rotte meno gravi l'allagamento potrebbe essere limitato alle celle Angelino, Ghisellini, Spada e Cantalupo; le celle più a nord potrebbero essere interessate solo parzialmente; le uscite attraverso le botti sotto il CER-Cavo Napoleonico resterebbero comprese negli alvei dei canali di scolo, senza produrre allagamenti nel territorio del comune di Ferrara.

3. 3.3.2 - Reno - secondo tratto (dal Cavo Napoleonico alla botte del CER)

La cella contigua è quella che comprende il paese di S. Agostino, racchiusa tra il tratto più meridionale del Cavo Napoleonico e il CER, che esce dal Cavo Napoleonico poco a nord e quindi sottopassa il Reno in botte.

Si tratta di una cella relativamente piccola, con soglia sul tratto orientale del CER a quota 16,8, che potrebbe contenere poco più di 4 milioni di m³ d'acqua (4,3 al livello convenzionale di tracimazione).

Rotte in questo tratto sono estremamente improbabili, dal momento che il Reno è orlato a nord dall'ampia golena ospitante il Bosco Panfilia. Eventuali esondazioni, assai dannose per il paese di S. Agostino, si trasmetterebbero successivamente alla adiacente cella Poggio. La loro dinamica, per quanto riguarda il territorio comunale, è del tutto analoga a quella di rotte relative al tratto successivo, cui si rimanda per l'analisi.

3. 3.3.3 - Reno - terzo tratto (fra la Botte del CER e Gallo)

E' questo il tratto di maggior pericolosità per il territorio comunale; sono in effetti le rotte di questo tratto quelle che lo hanno maggiormente danneggiato in passato. Va inoltre tenuto presente che qui l'alveo, totalmente artificiale, canalizzato poco più di 200 anni fa, ha una capacità particolarmente ridotta a causa dell'esagerata altezza delle golene (l'attuale officiosità idraulica è considerata non superiore a 500 m³/s). Presso Gallo è munito di uno sfioratore lungo 60 m, a quota di sfioro 18,68 m (quindi più basso dell'argine di m 1,27),

Come si è detto, per una portata di piena nel Reno, a monte di S. Agostino, superiore 1000 m³/s, la salvaguardia di questo tratto, e in buona misura anche dei tratti più a valle qui considerati, è totalmente a carico del Cavo Napoleonico, la cui capacità reale è molto probabilmente inferiore a quelle di progetto (500 m³/s). E' quindi probabile che, sia pur in casi eccezionali, parte delle acque di piena potrebbero uscire dall'alveo attraverso lo sfioratore del Gallo (lo scenario di allagamento attraverso tale sfioratore verrà esaminato più avanti).

Scenario A

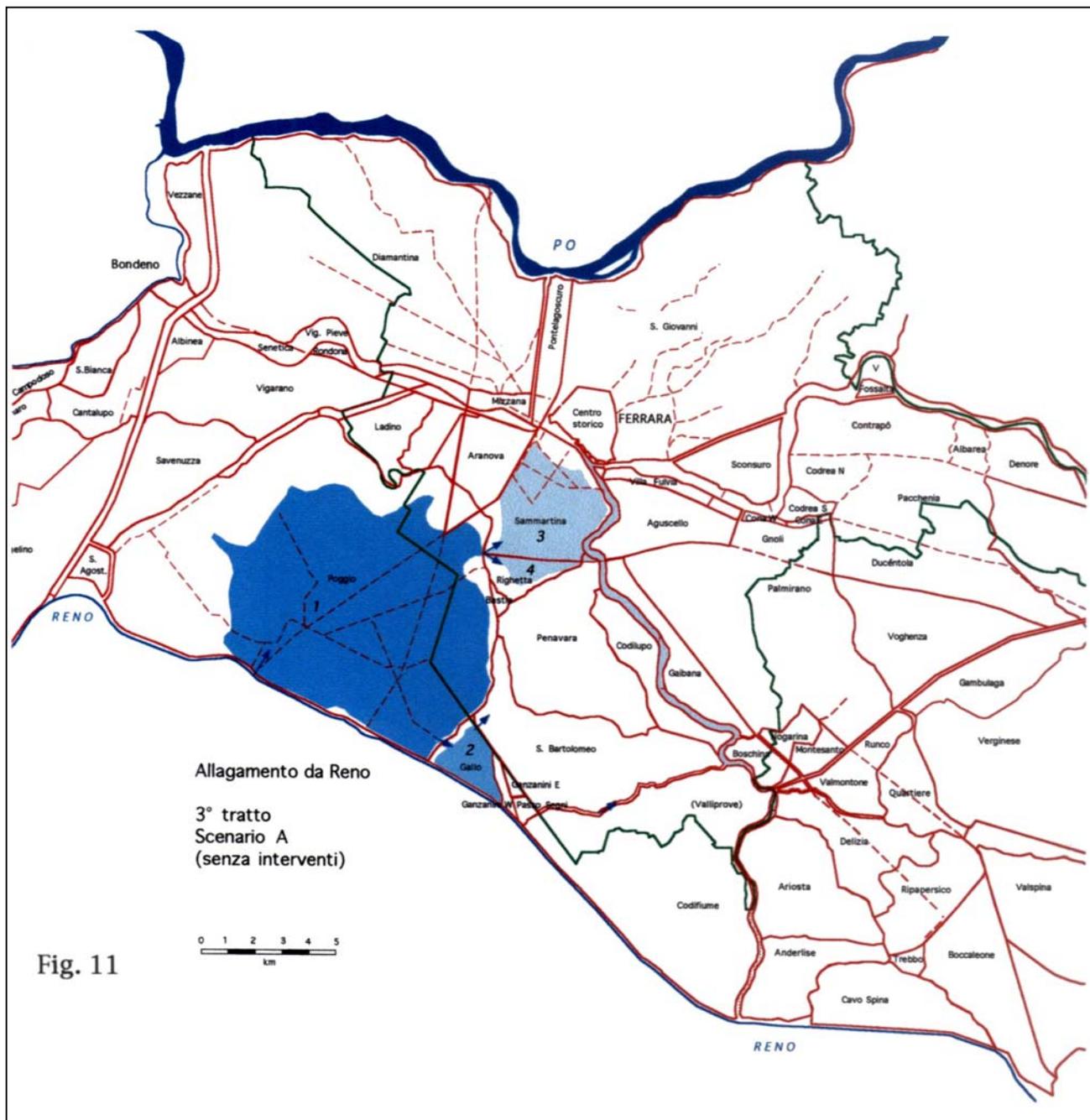
Nel quadro di gravità maggiore, le acque si riverserebbero nella cella Poggio, mentre notevoli quantità d'acqua uscirebbero dalla cella stessa attraverso lo Scolo Principale, che si immette nel Canale Cembalina, affluente del Po di Primaro. Poiché l'officiosità della Cembalina è minore di quella dello Scolo Principale, è prevedibile che una parte delle acque di rotta (fino a 70-80 m³/s) si espanderebbe nella cella Gallo, i cui orli hanno quota superiore a m 10.

Considerando una esondazione di 80 milioni di m³, non dovrebbero restare allagati altri territori, e le acque dovrebbero stabilizzarsi al di sotto della quota 10.

Considerando una esondazione ancora più grave, del tipo di quella del gennaio 1951, è opportuno tener presente che la cella Poggio a quel tempo presentava una soglia a quota 10,5 sulla S.S. 64, presso Gallo, mentre ha oggi come soglia il sottopasso della Superstrada Ferrara-Mare rispetto alla stessa S.S. 64, a quota 10.

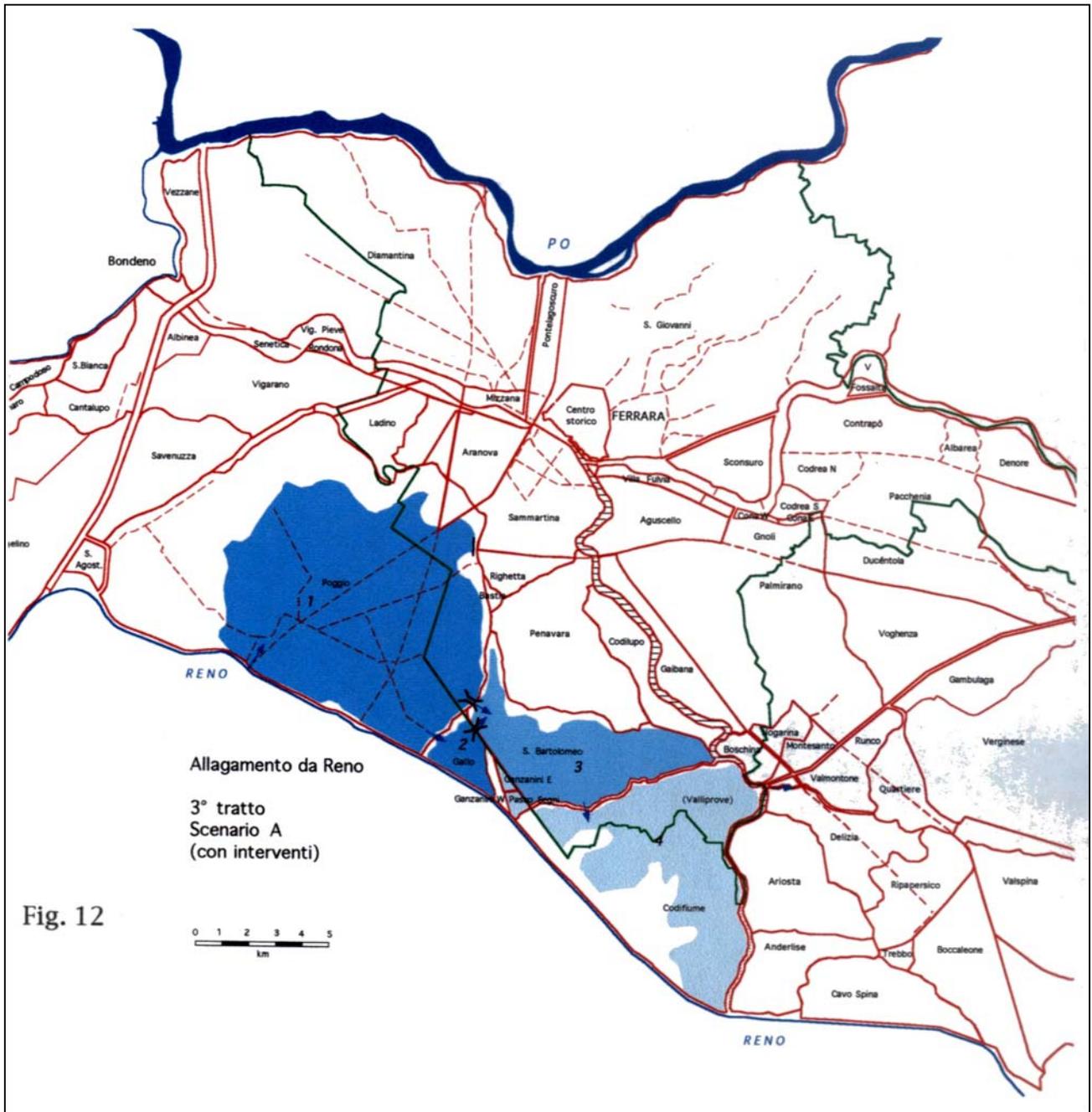
Poiché il deflusso attraverso il Po di Primaro sarebbe comunque lento (oltretutto pericoloso e - possibilmente - da inibire), le acque continuerebbero a salire fino al superamento della suddetta soglia; la loro capacità alla quota di sormonto sarebbe di circa 134 milioni di m³.

A questo punto, in assenza di interventi o di dissesti a carico degli orli delle celle, l'allagamento potrebbe interessare anche le celle Righetta e Sammartina: si produrrebbe quindi una situazione di notevole rischio per tutta la parte della città ricadente entro la cella Sammartina (fig. 11).



INTERVENTI:

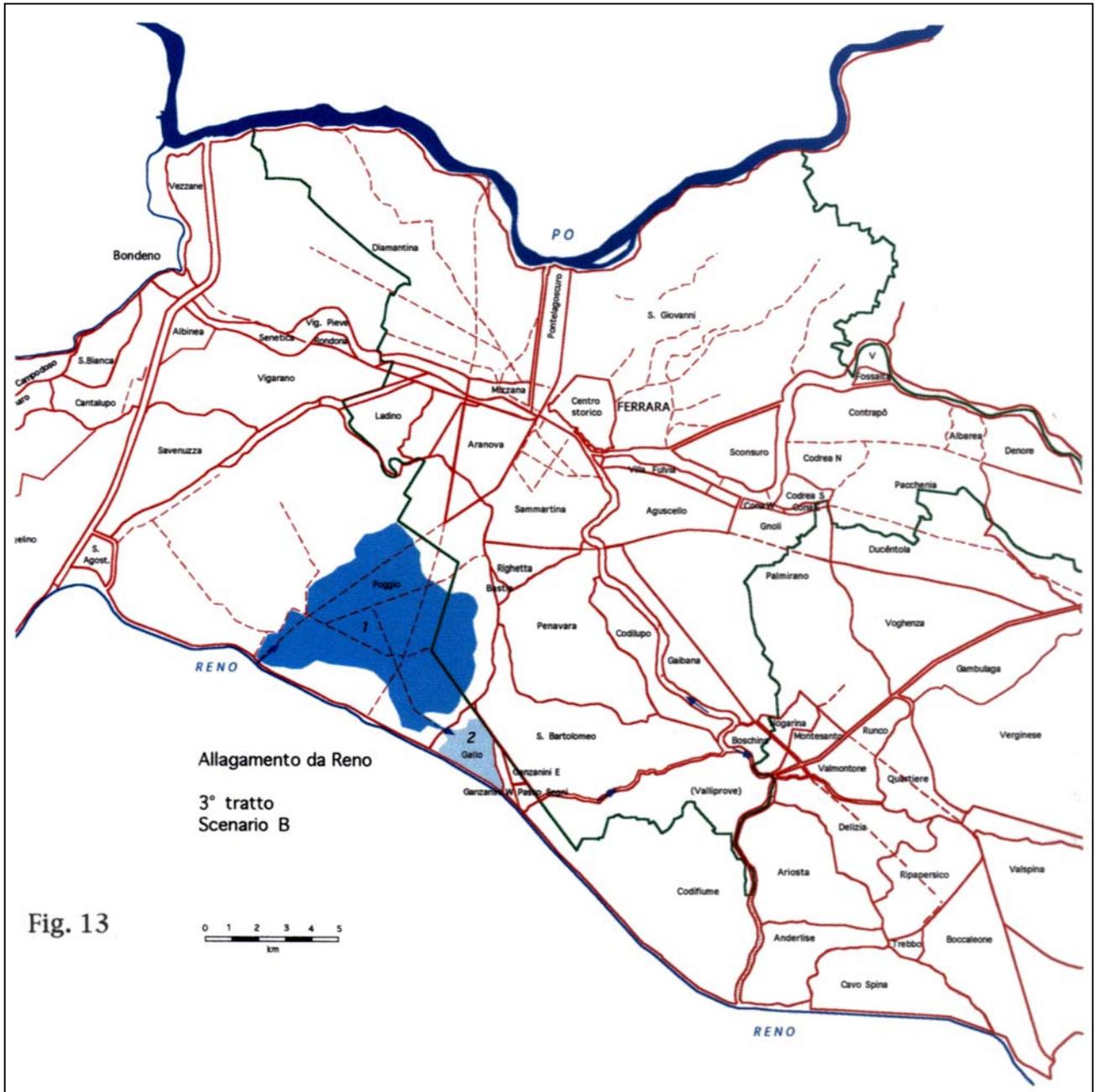
Davanti a questa prospettiva, si tratterebbe di scegliere subito tra il danneggiamento della periferia sud della città o di parte del paese di S. Bartolomeo; nell'ipotesi di sacrificare quest'ultimo, sarebbe necessario tagliare al più presto la S.S. 64 (Porrettana) subito a nord di Gallo e presso Montalbano (almeno fino alla quota 10), ed eventualmente l'argine Ganzanini, e nel contempo creare un sovrassoglio alto circa un metro alla soglia della Superstrada (fig. 12), al fine di riprodurre la situazione del 1951. La successione sarebbe in tal modo la seguente: celle Poggio e Gallo, cella S. Bartolomeo, celle Ganzanini e Passo Segni, cella Codifume (che potrebbe venir parzialmente allagata nella zona Valliprove-Bova). In quest'ultima le acque di esondazione arriverebbero senza bisogno di sormontare la Cembalina, attraverso la botte dello scolo Parziale, presso Spinazzino.



In quest'ipotesi verrebbero complessivamente invasi nelle suddette celle oltre 180 milioni di m^3 , e si sarebbero anche verificate uscite ingenti, ma meno pericolose, attraverso la via Cembalina-Po di Primaro e attraverso la Botte di S. Nicolò, che svolgerebbe la funzione di modulare i volumi d'acqua in uscita.

Scenario B

Una rotta di gravità media comporterebbe invece solo l'allagamento delle cella Poggio e Gallo; il territorio del Comune di Ferrara verrebbe interessato dal fenomeno dopo circa 48 ore e solo per quanto riguarda la cella Poggio (fig. 13).

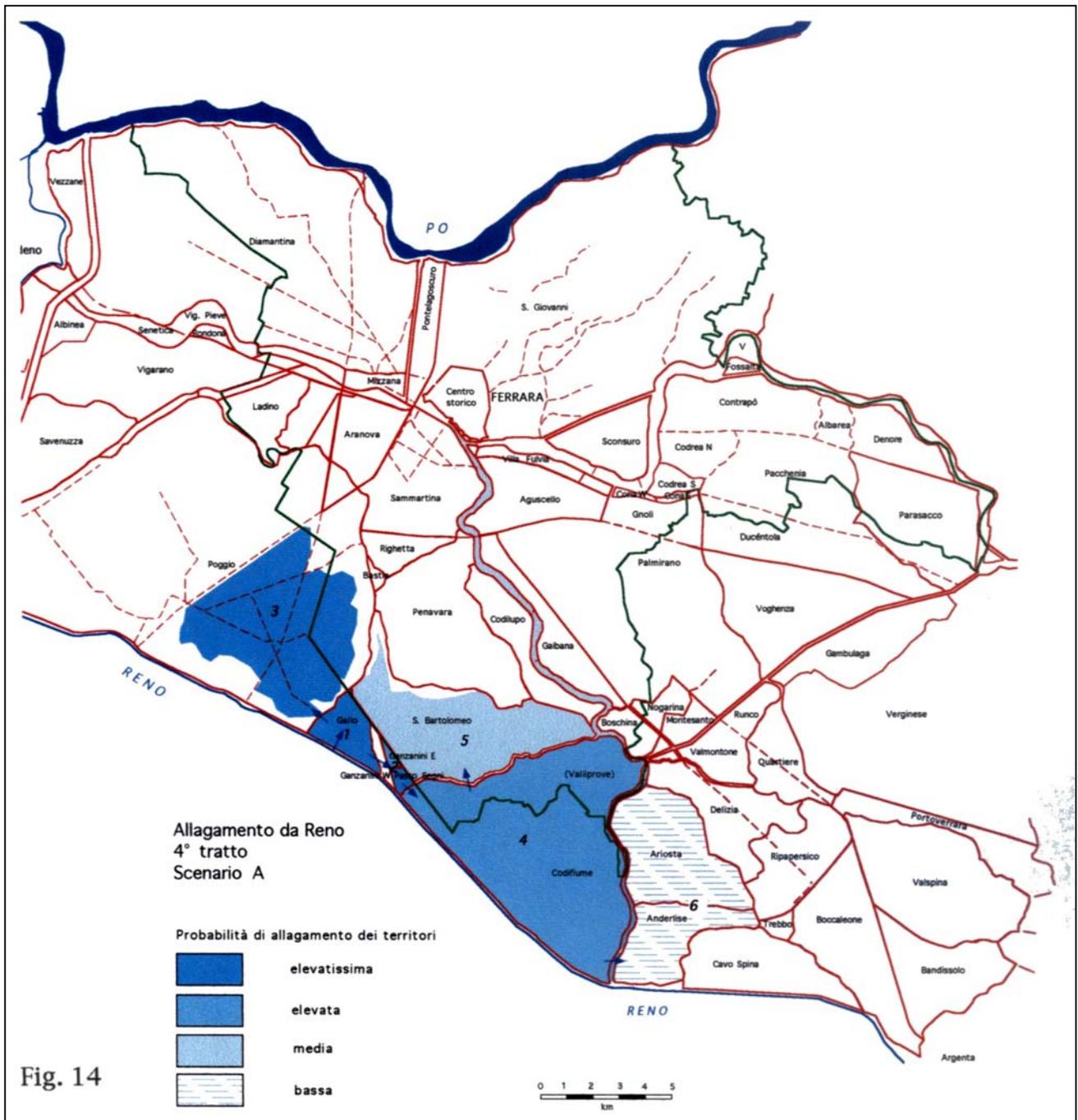


3. 3.3.4 - Reno - quarto tratto (fra Gallo e Passo Segni)

Una rotta nel tratto che va dal Gallo di Poggio Renatico a Passo Segni sarebbe meno probabile, dato che l'officiosità dell'alveo comincia già ad aumentare.

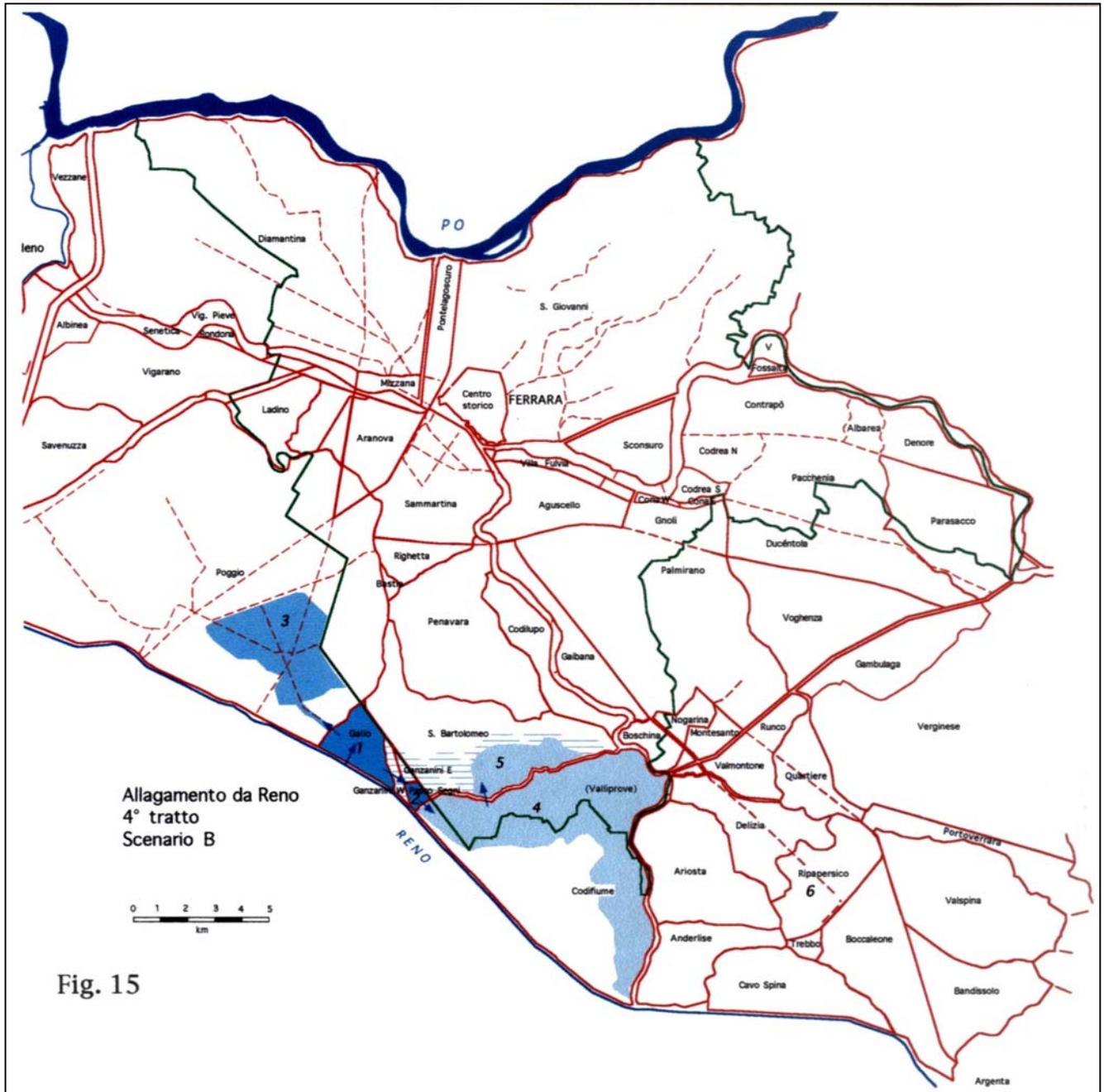
Scenario A

Con ingenti portate di rotta, in assenza di particolari dissesti negli orli delle celle, le acque, dopo aver invaso la cella Gallo, raggiungerebbero attraverso lo Scolo Principale la cella Passo Segni, situata a valle, e la cella Poggio, per ricollo. Invaderebbero quindi le celle, Codifiume, Ganzanini E e S.Bartolomeo, interessando il comune di Ferrara entro le prime 24 ore. Intanto nella cella Poggio, in circa 60 ore, l'allagamento salirebbe fino circa alla quota 9,5 interessando anche una parte del territorio del comunale di Ferrara. Raggiunta tale quota, in tali celle risulterebbero invasi oltre 100 milioni di m³, e si sarebbero anche verificate ingenti uscite attraverso la Cembalina-Po di Primaro e attraverso la Botte di S. Nicolò. I volumi d'acqua eventualmente eccedenti, sormontando il Primaro preso Traghetto, potrebbero trovare sfogo nelle celle Anderlise e Ariosta (fig. 14).



Scenario B

Una esondazione di media gravità investirebbe sempre le celle Gallo, Passo Segni, Poggio, Codifume, S.Bartolomeo (e forse anche la Ganzanini E), ma nelle Poggio, Codifume, S.Bartolomeo sarebbe solo parziale. Il territorio comunale ferrarese verrebbe raggiunto dalle acque di allagamento, dopo oltre 48 ore, solo nelle celle Codifume e S. Bartolomeo, non nella cella Poggio (fig. 15).



3. 3.3.5 - Reno - quinto tratto (fra Passo Segni e Traghetto)

In caso di rotta in questo tratto, le aree interessate nelle prime ore sarebbero la cella Codifiume e l'adiacente cella Ganzanini.

Scenario A

Con ingenti portate di rotta (scenario A) il territorio del comune di Ferrara verrebbe già interessato da allagamenti, nella parte sud, entro poche ore in funzione della posizione della rotta, comunque entro le prime 24 ore. Le acque passerebbero quindi sotto la Cembalina attraverso la botte dello scolo Parziale (presso Spinazzino), interessando la cella S.Bartolomeo. Teoricamente il riempimento di quest'ultima dovrebbe completarsi entro le 48 ore. A questo punto sarebbero stati invasi almeno 75 milioni di m³, e si sarebbero inoltre prodotte ingenti uscite attraverso lo Scolo Principale e il Po di Primaro (rincolli) nonché attraverso la Botte di S. Nicolò; a est del Po di Primaro potrebbe essere successivamente allagata la cella Anderlise e (in casi gravissimi) anche la cella Ariosta ecc. (fig. 16).

In assenza di interventi, le suddette uscite attraverso il Po di Primaro potrebbero risultare pericolose per gli insediamenti posti entro il suo alveo e per i relativi centri abitati.

Scenario B

Una esondazione di media gravità comporterebbe invece solo l'allagamento della cella Codifiume (in circa 48 ore) e poi, parzialmente, della cella S.Bartolomeo (fig. 16).

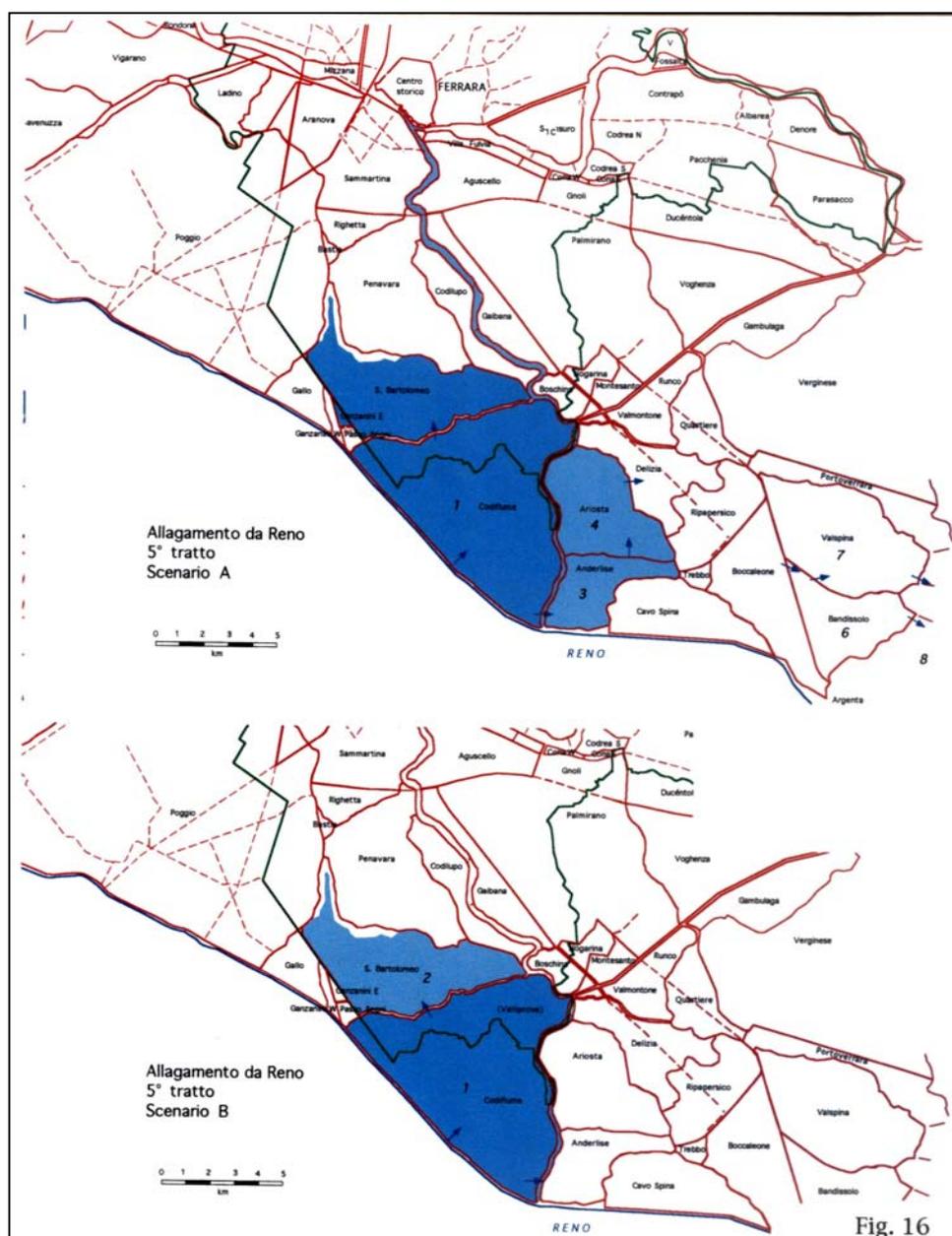


Fig. 16

3. 3.3.6 - Reno - sesto tratto (fra Traghetto e l'inizio del paleomeandro di Consandolo)

Una rotta in questo breve tratto è poco probabile dato che qui l'officiosità dell'alveo è ancora maggiore (fino a $600 \text{ m}^3/\text{s}$). Va detto però che qui il dislivello rispetto alle campagne adiacenti raggiunge valori ragguardevoli (oltre 14 m).

Scenario A

Qualora avvenisse una rotta capace di sfiorare da 40 a 70 milioni di m^3 (scenario A) si allagherebbero, nell'ordine le celle Anderlise, Ariosta, Delizia, Ripapersico, Boccaleone, Bandissolo e Valspina; con quantità d'acqua addirittura superiori l'allagamento si trasmetterebbe poi ai territori delle bonificate Valli di Argenta, oltre la Fossa Marina e oltre Bando (fig. 17). In ogni caso, anche con portate di rotta ancor più alte e livelli dinamici delle acque particolarmente rischiosi, si può escludere che l'allagamento possa espandersi a nord dello Scolo Nuovo e interessare il territorio comunale di Ferrara.

Scenario B

In una rotta di gravità media, con fuoruscita di meno di 40 milioni di m^3 , le acque interesserebbero solo le celle Anderlise, Ariosta, Delizia e Ripapersico (fig. 17), senza raggiungere il territorio comunale di Ferrara.

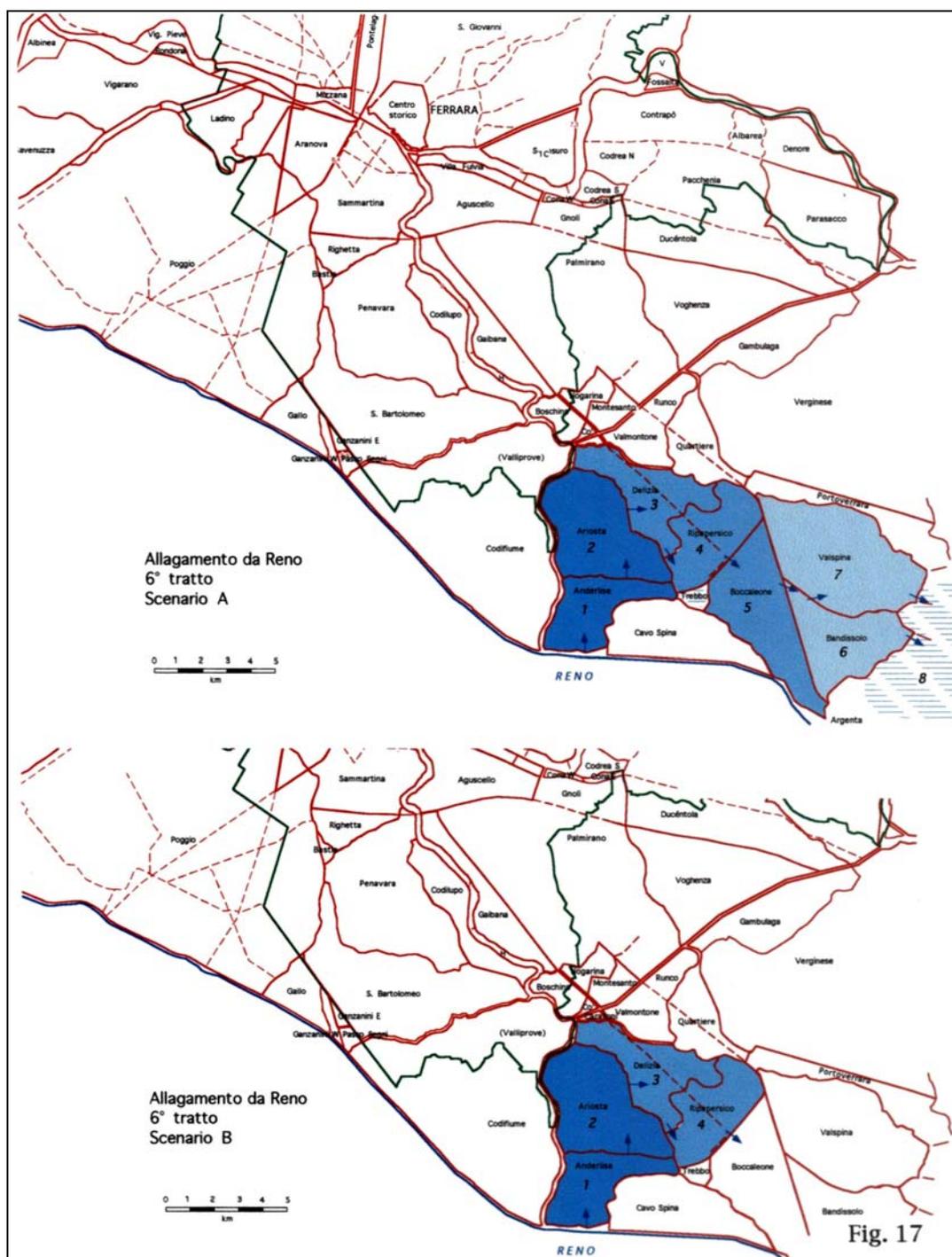


Fig. 17

INTERVENTI

Eventuali interventi dovrebbero essere rivolti a favorire, a SE di Consandolo, il superamento dei dossi attraversati dalle fosse Benvignante e Sabbiosola, in modo da far sfogare al più presto le acque oltre la Fossa Marina, nei bacini a sud del dosso della Fiorana, e, oltre Bando, nei bacini del Mantello.

3. 3.3.7 - Reno - settimo tratto (drizzagno di Consandolo).

Una rotta del Reno nel drizzagno di Consandolo è altamente improbabile e riverserebbe quantità d'acqua certamente minori che negli altri casi, dato che i terreni in sinistra hanno quote piuttosto elevate.

Scenario A

La successione dell'allagamento sarebbe la seguente: celle Cavo Spina, Trebbo, Boccaleone, Ripapersico, Bandissolo, Valspina (fig. 18).

In un primo tempo infatti si allagherebbe la cella Cavo Spina, che rappresenta l'area interclusa tra il Drizzagno di Reno costruito nel 1824 e la vecchia ansa abbandonata del Po di Primaro-Reno. La capacità di tale cella è di circa 10 milioni di m³, rapidamente evacuabili a rotta finita. Attraverso lo stesso Cavo Spina, l'allagamento interesserebbe immediatamente la cella Trebbo, assai piccola (circa 0,3 milioni di m³); si trasmetterebbe poi alla cella Boccaleone, sia attraverso lo stesso Cavo Spina, affluente della Fossa Benvignante, sia per tracimazione. Intanto, nonostante le cospicue perdite attraverso le fosse Anderlise e Sabbiosola, l'acqua avrebbe allagato per ricollo la cella Ripapersico.

A questo sarebbero stati invasati circa 27 milioni di m³.

Le acque eventualmente eccedenti potrebbero quindi allagare, come nel caso precedente, le celle Bandissolo, Valspina, e quelle a Est di Argenta.

Scenario B

Una esondazione di gravità media comporterebbe invece solo l'allagamento delle celle Cavo Spina, Trebbo, Boccaleone e Ripapersico, e solo parzialmente celle successive. Pure in questo caso, come per rotte in tratti ancora più a valle, si può escludere che, anche con portate di rotta notevoli, l'allagamento possa espandersi a nord dello Scolo Nuovo e interessare il territorio comunale di Ferrara.

3. 3.3.8 - Sfiatore del Gallo

Sono state anche valutate le situazioni che si verrebbero a creare nel caso di entrata in funzione dello sfioratore del Gallo.

Tale manufatto, come si è visto, presenta una lunghezza di m 60 e una quota di sfioro di m 18,68.

Piene di periodicità 25 anni, che possano essere mitigate scolmando nel Cavo Napoleonico 500 m³/s, non darebbero luogo a tracimazione presso tale sfioratore.

Si è però considerato, come già detto, anche il caso di una piena mitigabile soltanto parzialmente mediante il Cavo Napoleonico, ossia scolmando in tale recipiente solo 200 m³/s; in tal modo ci si è portati in quelle condizioni di pericolosità che si possono considerare abbastanza probabili per il territorio comunale di Ferrara, utili per la costruzione, appunto, di uno scenario di "media gravità" del rischio di esondazione fluviale.

In questo caso, ammesso che la piena di Reno possa concludersi senza produrre rotte ma solo riversando attraverso lo sfioratore le quantità eccedenti, si è calcolato che attraverso tale manufatto non potrebbero uscire portate superiori a 100 m³/s. Complessivamente verrebbero quindi sfiorati, anche nella peggiore delle ipotesi, meno di 50.000 m³ d'acqua, che verrebbero in gran parte contenuti negli alvei dello Scolo Principale, della Cembalina e del Po di Primaro, e per il resto potrebbero dar luogo ad un allagamento temporaneo nelle aree più depresse della cella Poggio, senza interessare il territorio comunale ferrarese.

Anche per piene molto più elevate, benchè inferiori, ovviamente, a quella di periodicità centennale (che, come si è detto, non verrebbe contenuta dagli argini), lo sversamento risulterebbe inferiore a 100.000 m³, e lo scenario non cambierebbe.

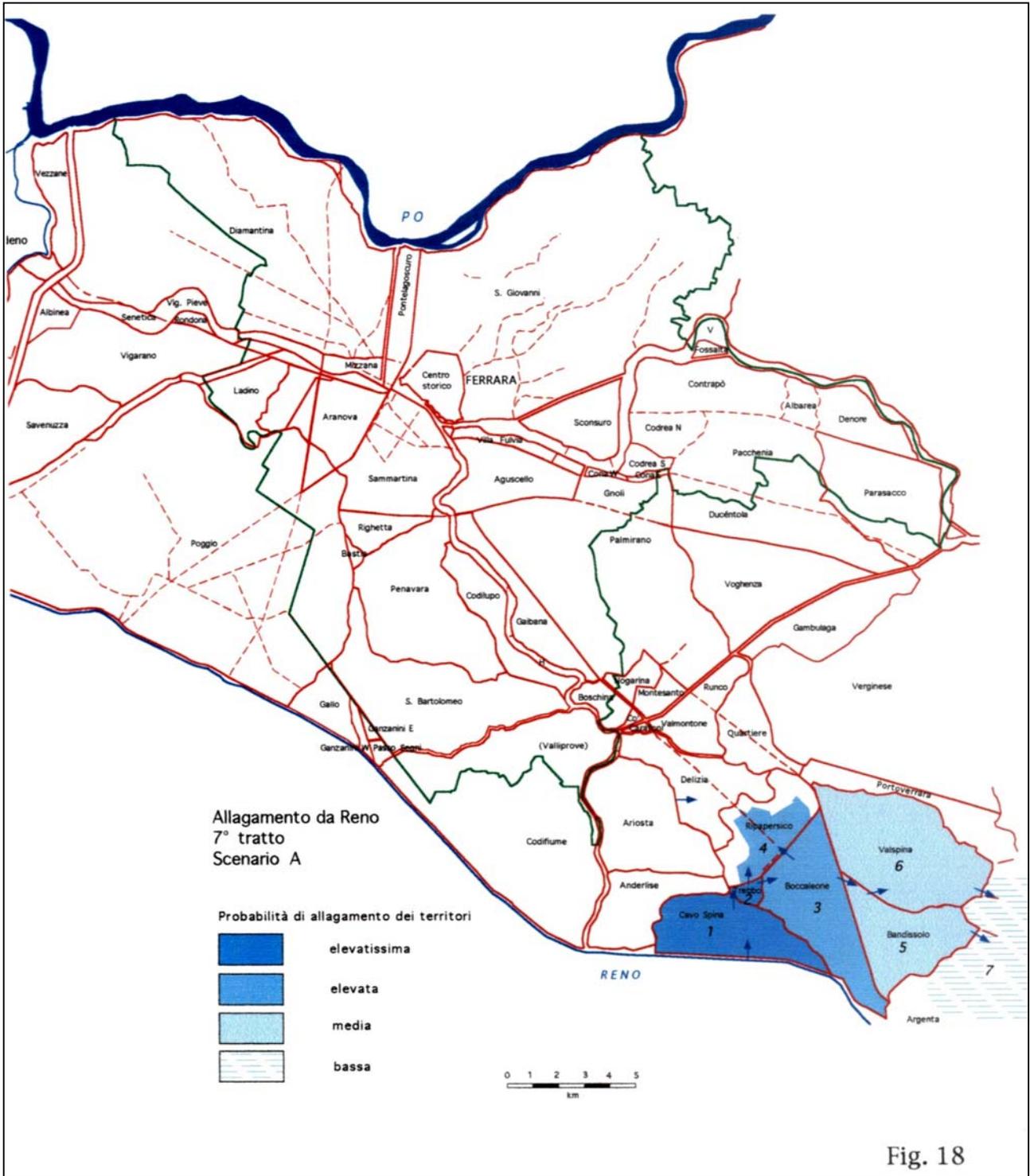


Fig. 18

3. 4 - CARTE DI SINTESI

Sono state infine costruite delle carte di sintesi degli scenari A e B.

Per la costruzione di tali carte, in ciascuna delle quali sono state sommate le tematiche probabilità, tempi e tiranti d'acqua, era innanzitutto necessario "normalizzare" i dati; il problema era infatti quello di assegnare a ciascun fiume probabilità di esondazione che non risentissero del numero dei tratti in cui era stato suddiviso ai fini dell'analisi, ma semplicemente della lunghezza della porzione di alveo che presentava possibilità di influire sul territorio comunale.

A questo fine sono state individuate, per ciascun fiume, posizioni ipotetiche di rotta equidistanti all'incirca 8,5 km.

In pratica per il Po sono state considerate, da monte a valle, le seguenti posizioni di rotta:

- tra alveo del Po di Ferrara e incile del CER-Cavo Napoleonico (posizione corrispondente al 1° tratto dell'analisi eseguita)
- tra l'incile del CER e l'incile del Canale Boicelli (posizione corrispondente al 2° tratto dell'analisi eseguita, con inviluppo dei comportamenti relativi ad una rotta presso Porporana e ad una rotta presso Ravalle)
- presso Pontelagoscuro (posizione corrispondente al 3° tratto dell'analisi)
- tra Francolino e Fossa d'Albero (posizione corrispondente al 4° tratto dell'analisi, con inviluppo dei comportamenti relativi ad una rotta subito a est di Francolino e ad una rotta presso Fossa d'Albero)

Per il Po non è quindi stato necessario scartare nessuno dei casi analizzati.

Per il Panaro sono state considerate, da monte a valle, le seguenti posizioni di rotta:

- tra Finale Emilia e l'ansa La Prospera (posizione corrispondente al 1° tratto dell'analisi eseguita)
- tra l'ansa La Prospera e lo sbocco del Canale Cavamento Palata (posizione corrispondente al 2° tratto)
- tratto d'alveo a nord di Bondeno, incanalato nell'ex Po di Ferrara (posizione corrispondente al 5° tratto).

Per il Panaro sono perciò stati scartati i casi 3° e 4°, che del resto non influivano in modo specifico sul territorio comunale di Ferrara.

Per il Reno sono state considerate, da monte a valle, le seguenti posizioni di rotta:

- tra Cento e Dosso (posizione corrispondente al primo tratto dell'analisi eseguita)
- presso S.Agostino, tra l'incile del Cavo Napoleonico e la botte del CER (posizione corrispondente al secondo tratto)
- presso Poggio Renatico (posizione corrispondente al terzo tratto)
- tra Gallo e Passo Segni (posizione corrispondente al quarto tratto)
- tra Passo Segni e Traghetto (posizione corrispondente al quinto tratto).

Dell'analisi eseguita sono quindi stati scartati i casi sesto e settimo, come pure il caso di traccimazione dallo sfioratore del Gallo, peraltro ininfluenti sul territorio comunale di Ferrara.

Per le carte di sintesi sono stati quindi assegnati ai tre parametri suddetti, i seguenti "range" di punti di penalizzazione, facendo riferimento ad una griglia di 25 ettari:

a - probabilità di allagamento: punteggi da 1 a 4 (probabilità minima valore 1 - probabilità massima valore 4)

b - tempi di arrivo dell'allagamento: punteggi da 1 a 3 (valore 1 per il caso di allagamenti che si producano dopo oltre 72 ore dal momento di rotta - valore 2 per allagamenti tra le 72 e le 24 ore dal momento di rotta - valore 3 per allagamenti entro le 24 ore dal momento di rotta)

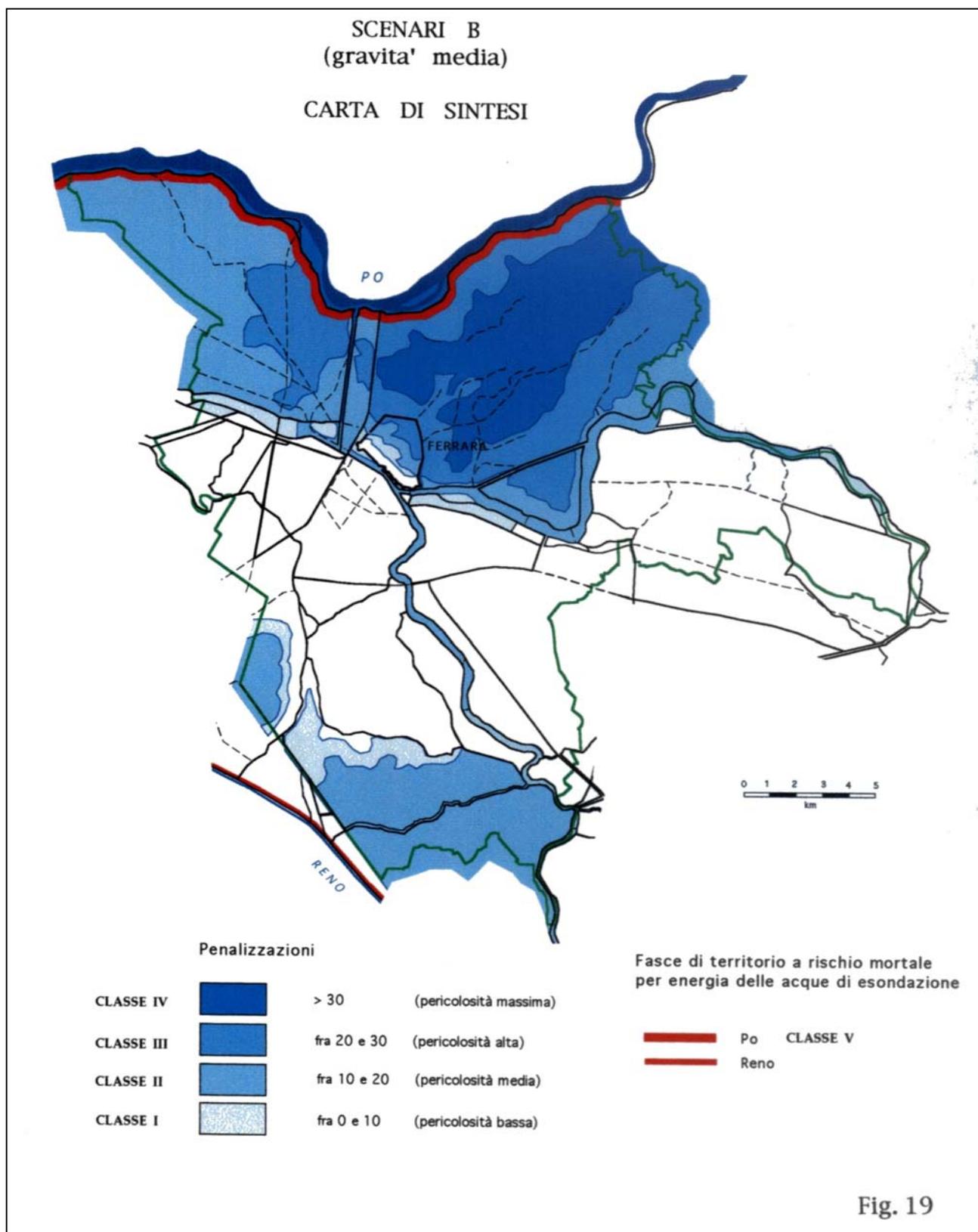
c - tiranti d'acqua massimi dell'allagamento: punteggi da 1 a 4 (valore 1 per il caso di tiranti d'acqua inferiori a mezzo metro - valore 2 per tiranti d'acqua tra 0,5 e 1,5 m - valore 3 tra 1,5 e 2,5 m - valore 4 per tiranti d'acqua superiori a 2,5 m).

Le carte di sintesi finale allegate al presente studio presentano i valori di penalizzazione P, ottenuti dalla somma dei suddetti parametri, indicandoli per isoplete con step di 5 punti (con step di 10 punti nell'esempio inserito nella presente relazione - v. fig. 19).

La carta di sintesi degli scenari A indica come allagabili per rotte del Po (con contributo del Panaro rigurgitato) una vasta porzione del territorio comunale, compreso il centro storico: con particolare gravità le aree comprese tra l'argine del Po e il fronte costituito dall'Argine Ducale e, più a est, dal dosso del Volano; con gravità minore varie aree, anche densamente urbanizzate, a sud di tale fronte. Segnala inoltre, nella fascia sud-occidentale del territorio comunale, vaste aree allagabili da parte del Reno. Una parte della periferia sud della città, in particolare, risulta allagabile sia da una esondazione del Po sia da una esondazione del Reno (in mancanza di interventi tempestivi per quest'ultima).

La carta di sintesi degli scenari B (presentata schematicamente anche nella fig. 19) segnala invece come aree allagabili per rotte del Po (ed eventualmente del Panaro rigurgitato) solo quelle comprese tra l'argine del Po l'Argine Ducale, per la parte a ovest della città. Per la parte a est risulta allagabile per rotte del Po soprattutto il settore compreso tra il Po e il dosso del Volano. Segnala inoltre, nella fascia sud-occidentale del territorio, aree allagabili da parte del Reno, sia pur con minor grado di gravità rispetto a quelle relative al Po.

Entrambe le carte indicano infine come allagabili, oltre al Canale Boicelli, gli alvei di piena del Po di Ferrara (Poatello), del Po di Primaro e del Po di Volano, almeno fino al sostegno di Valpagliaro.



3. 5 - INDIVIDUAZIONE DELLE VIE DI FUGA

L'individuazione dei centri abitati minacciati dagli allagamenti fluviali e delle vie di fuga rappresenta una problematica di primaria importanza per la Protezione Civile, ma di grande interesse anche agli effetti della pianificazione.

In questo studio sono state perciò messe a punto delle carte sinottiche, sia per il caso di piene del Po, sia per il Panaro e sia per il Reno. Sono stati distinti i casi di gravità maggiore da quelli di gravità media, mentre non è stato ritenuto opportuno distinguere, per ciascun fiume, scenari diversi in funzione della posizione di rotta (d'altronde la presente analisi è utile soprattutto in tempi precedenti la rotta, nei quali - in genere - la posizione di rotta non è prevedibile). Anche per questa indagine l'analisi è stata allargata ad un'area assai più vasta del Comune di Ferrara, ossia almeno alla zona il cui traffico, nelle fasi di evacuazione e di soccorso, potrebbe interferire con quello del territorio comunale.

Quando possibile sono state anche indicate quelle zone del territorio che si possono considerare, in condizioni di pericolosità prevedibili, esenti da allagamento.

E' tradizione degli abitanti delle zone più prossime ad un fiume, in pianura, rifugiarsi sugli argini stessi del fiume in piena: si tratta in effetti di luoghi alti, difficilmente raggiungibili dalle acque di esondazione. Evidentemente si tratta di una strategia assai rischiosa quando la rotta non è ancora avvenuta: può essere, al limite, considerata praticabile solo a rotta avvenuta e limitatamente a tratti a valle della rotta stessa: va infatti ricordato che una rotta tende ad accelerare il flusso delle acque nel tratto a monte della breccia, il che può provocarvi altre rotte, come è avvenuto appunto nell'alluvione del Po del 1951.

3. 5.1 - DA PO

Nello scenario di gravità maggiore i centri minacciati, per quanto riguarda il territorio comunale di Ferrara, sono il centro storico e le aree periferiche a nord-ovest, nord e nord-est, oltre a Porporana, Ravalle, Casaglia, Mizzana, Porotto, Cassana, Pontelagoscuro, Boara, Sabbioni, Francolino e Baura, tutti gli abitati compresi negli alvei di piena del Po di Volano e del Po di Primaro (in subordine, anche gli abitati posti a sud-ovest del capoluogo, la periferia sud di Ferrara, Cona, Quartesana e lo stesso nuovo Ospedale).

Le vie di fuga in questo caso sono tutte rivolte a sud, nonché ad est per i territori a sud del Po di Volano, ma l'esodo totale sarebbe difficilissimo, praticamente irrisolvibile (fig. 20).

L'autostrada A13 sarà da considerare praticabile solo nel caso di rotte a est di Pontelagoscuro. In caso di rotte più a monte, resterà praticabile, nella migliore delle ipotesi e in funzione del punto di rotta, solo per qualche ora dopo l'evento; poi l'autostrada dovrà essere chiusa per il tratto tra Cassana e Occhiobello.

Nello scenario di gravità media i maggiori centri minacciati sono ancora il centro storico e le aree periferiche a nord-ovest, nord e nord-est, oltre a Porporana, Ravalle, Casaglia, Mizzana, Porotto, Cassana, Pontelagoscuro, Boara, Sabbioni, Francolino, Baura e gli abitati compresi negli alvei di piena del Po di Volano e del Po di Primaro; non sarebbero minacciati la periferia sud del capoluogo e tutti gli abitati a sud del Po di Volano.

Per quanto riguarda l'autostrada A13, anche in questo caso l'entrata di Ferrara nord è da considerare praticabile solo nel caso di rotte a est di Pontelagoscuro. In caso di rotte più a monte, resterà praticabile, nella migliore delle ipotesi e in funzione del punto di rotta, solo per qualche ora dopo l'evento; poi l'autostrada dovrà essere chiusa per il tratto tra Cassana e Occhiobello (fig. 21).

Po - vie di fuga
 Scenario di gravità maggiore:
 allagamento anche a sud del dosso del Po di Volano

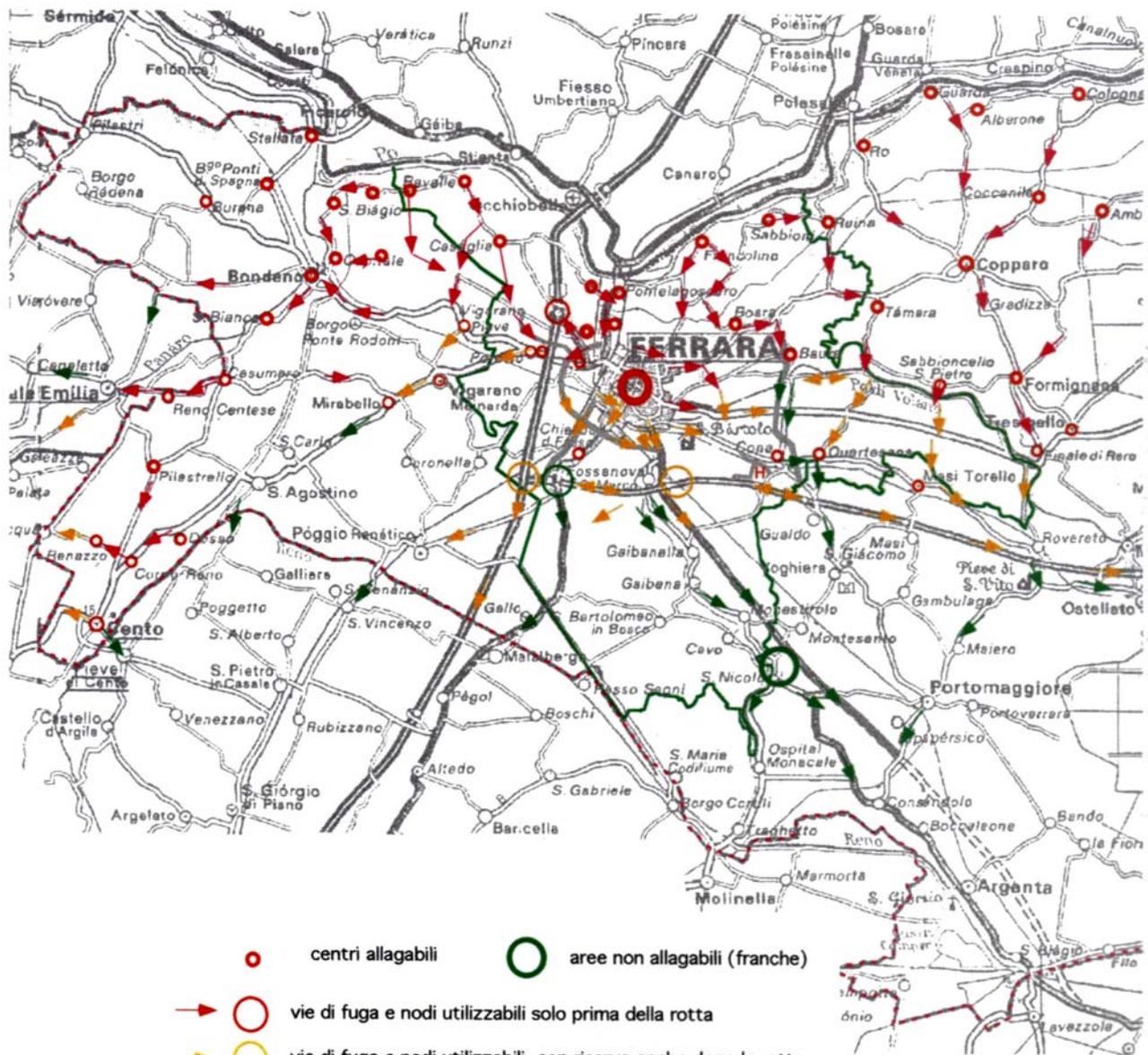


Fig. 20

0 5 10
 km

Po - vie di fuga
 Scenario di gravità media

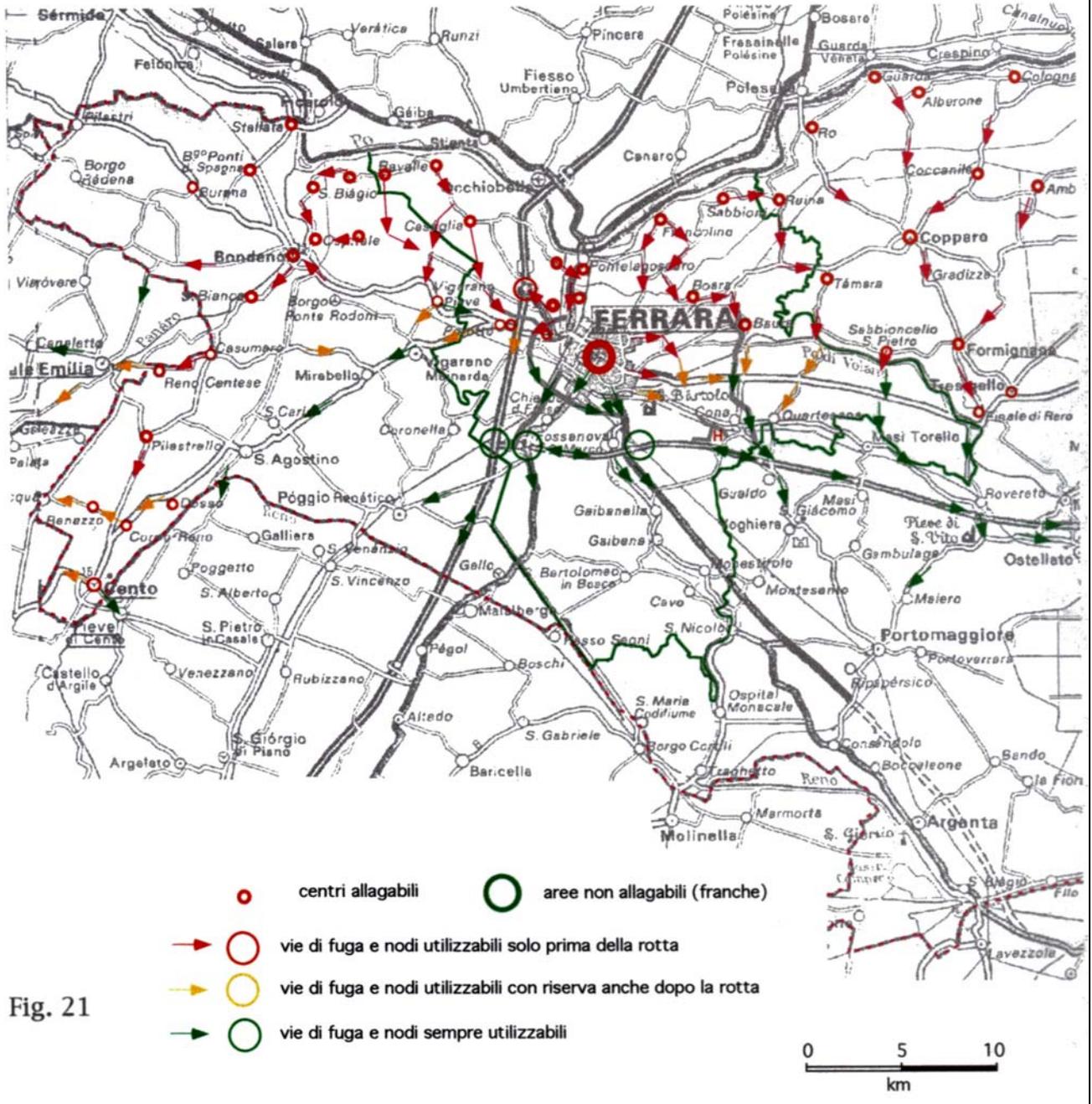


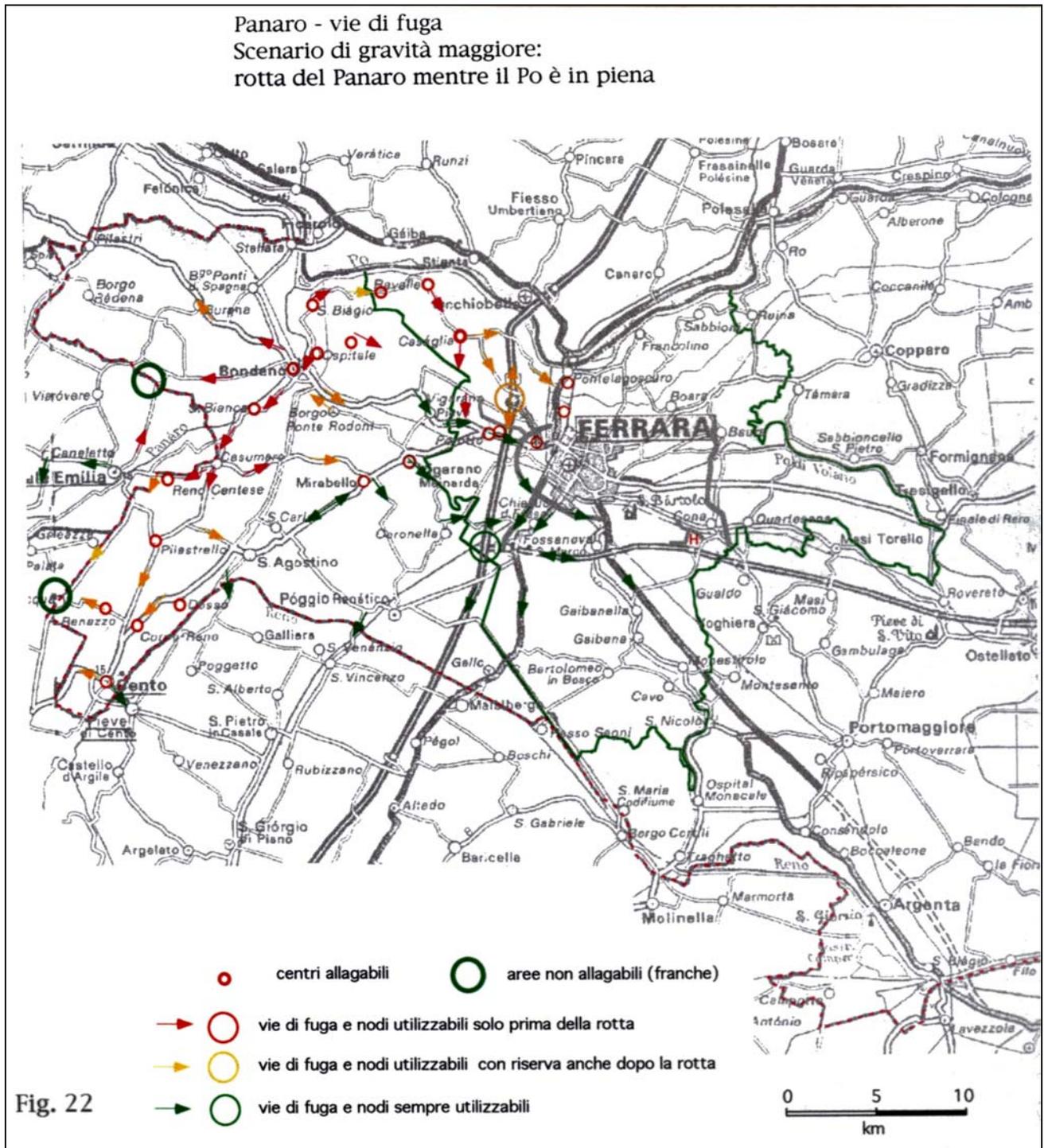
Fig. 21

3. 5.2 - DA PANARO

Nello scenario di maggior gravità i maggiori centri minacciati, per quanto riguarda il territorio comunale di Ferrara, sono quelli di Ravalle, Casaglia, Mizzana, ed in subordine Porporana, Cassana, Porotto, Pontelagoscuro e Barco.

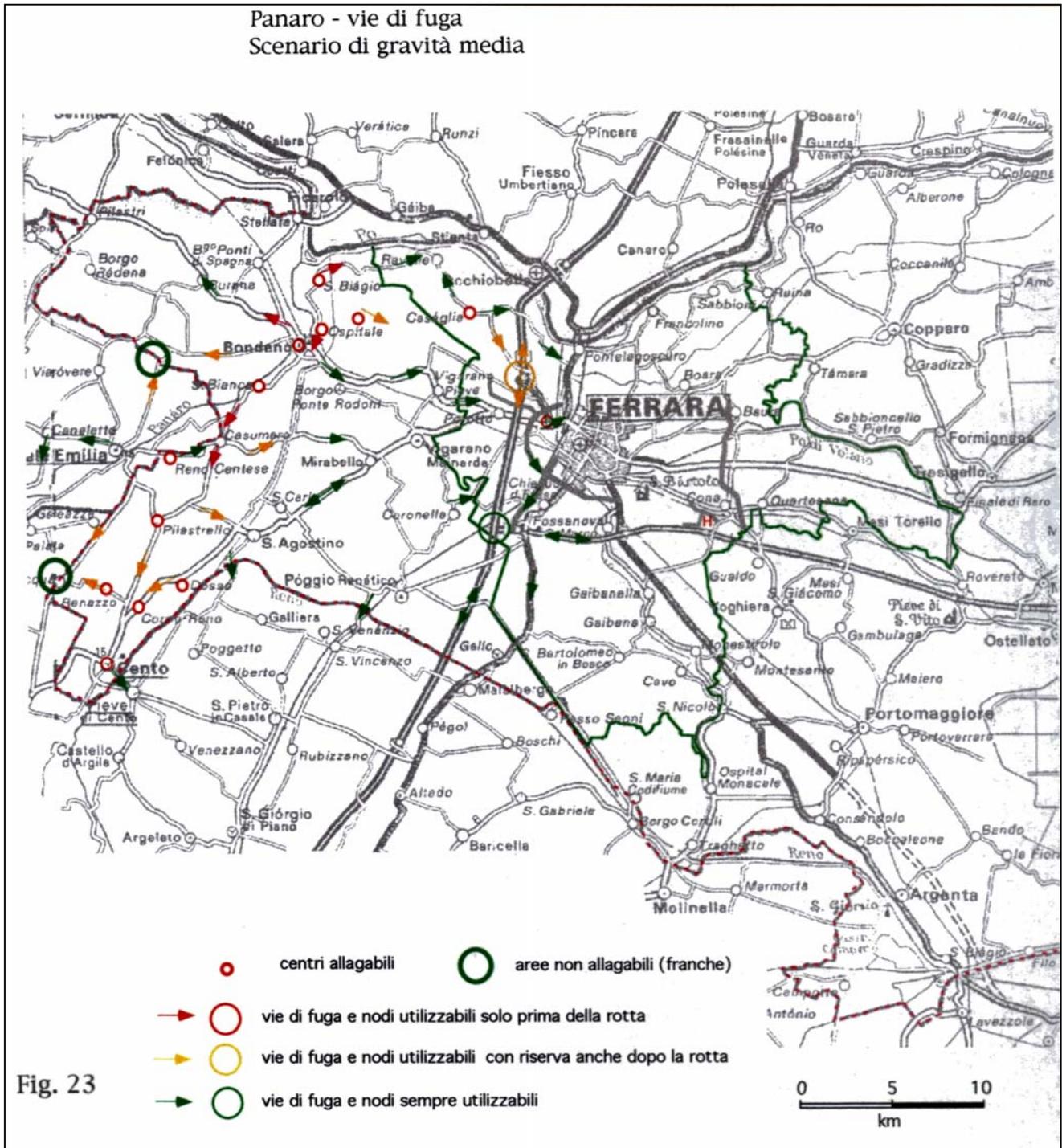
Chi si troverà a nord o a nord-ovest di Ferrara dovrà portarsi verso l'area Gaibanella-Monestirolo (area franca). o verso est, in aree comunque poste a sud del Po di Volano.

Per quanto riguarda l'autostrada A13, l'entrata di Ferrara nord sarà da considerare praticabile solo per qualche ora dopo la rotta; poi l'autostrada dovrà essere chiusa per il tratto tra Cassana e Occhiobello (fig. 22).



Nello scenario di gravità media i maggiori centri minacciati sono Casaglia e, in subordine, Mizzana. Chi si troverà a nord-ovest di Ferrara dovrà portarsi verso la Sammartina, o comunque in aree poste a sud del dosso del Po di Volano.

Per quanto riguarda l'autostrada A13, l'entrata di Ferrara nord e il tratto tra Cassana e Occhiobello saranno anche in questo caso da considerare praticabili con riserva (fig. 23).

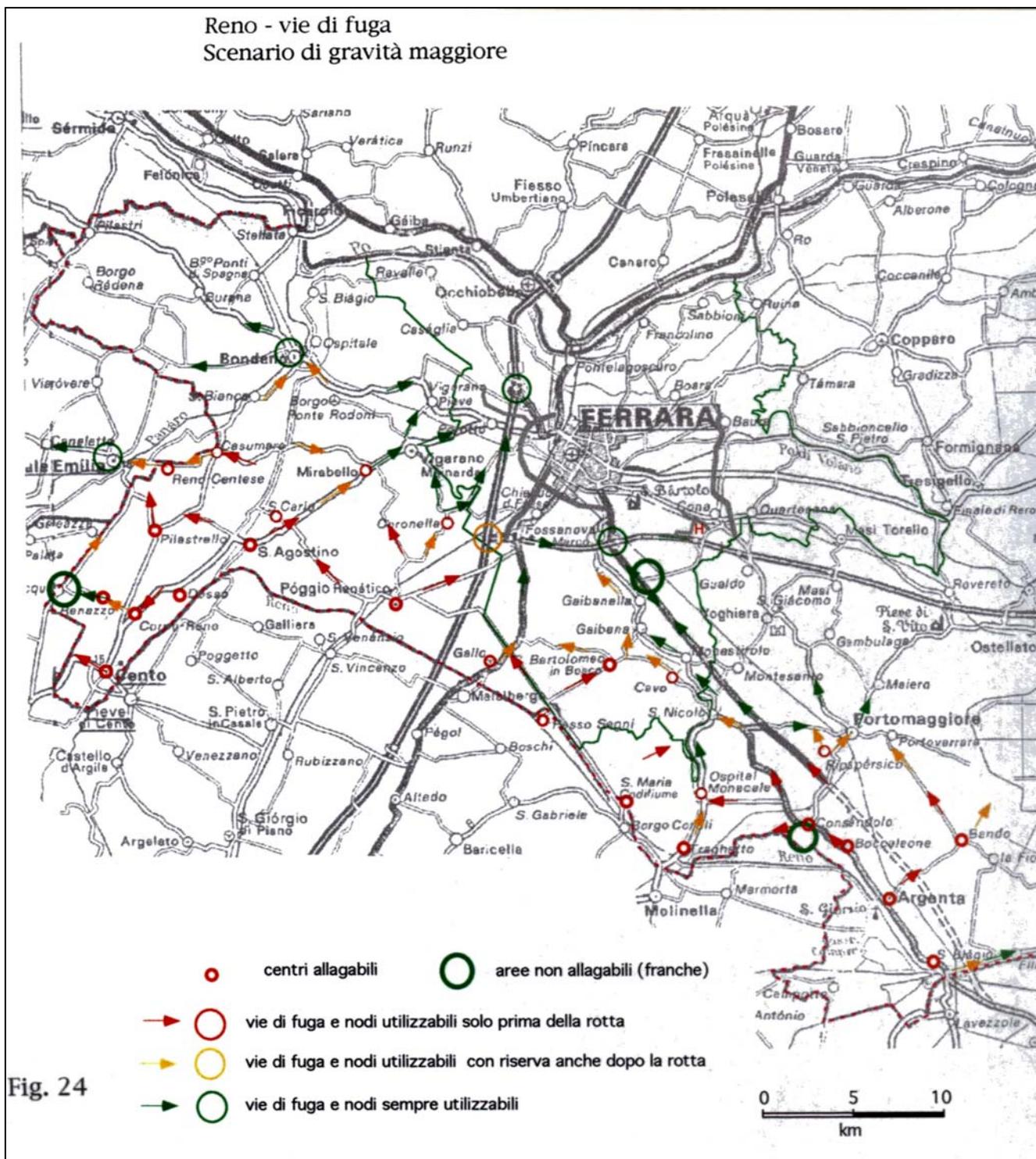


3. 5.3 - DA RENO

Nello scenario di maggior gravità i principali centri minacciati sono quelli di S.Bartolomeo, Montalbano e Marrara; qualora l'allagamento riuscisse a superare la soglia di Ferrara-Nord (Superstrada), sarebbero a rischio anche S.Martino e il capoluogo (periferia sud).

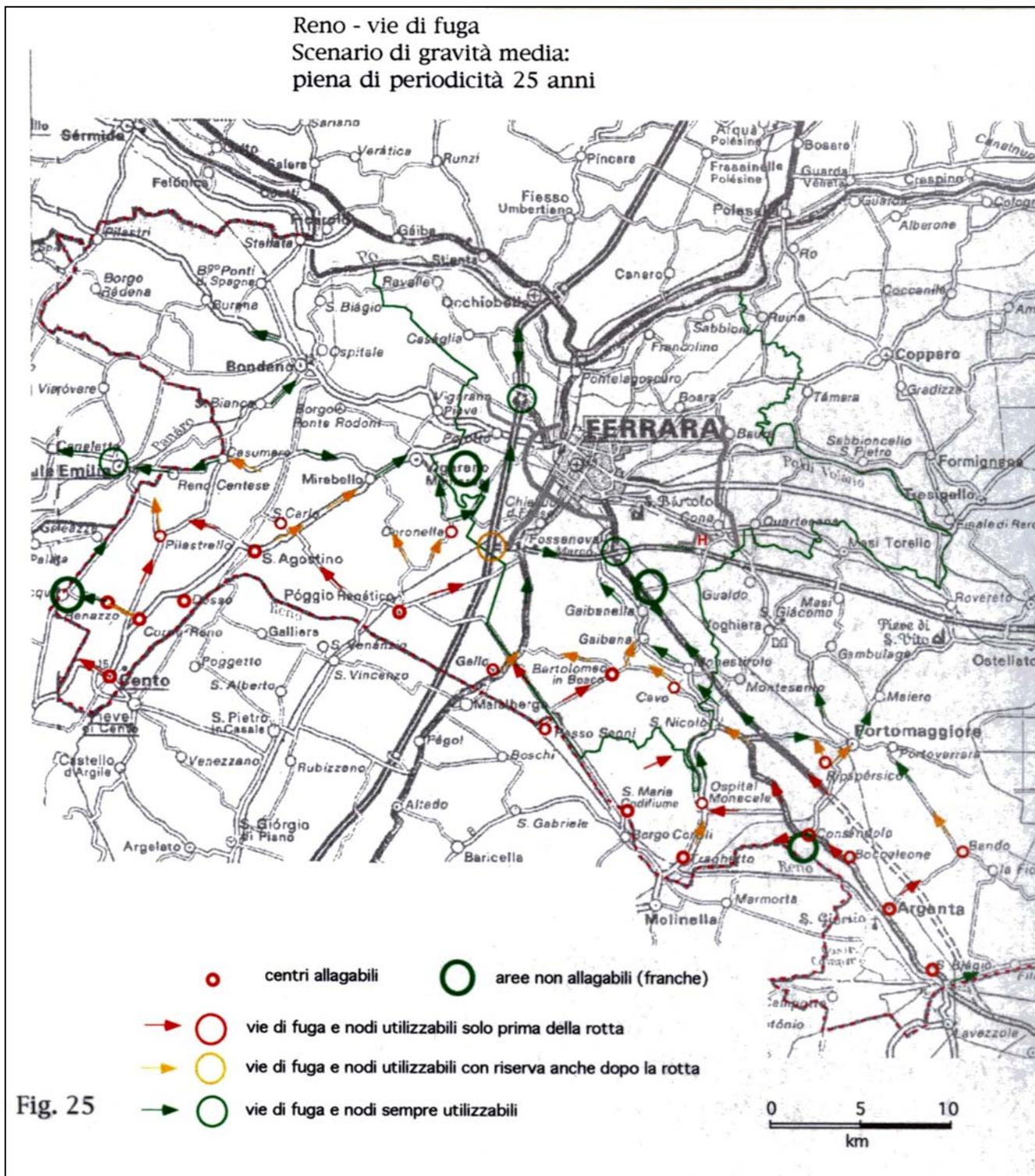
Chi si troverà a sud di Ferrara dovrà portarsi verso l'area Gaibanella-Monestirolo (area franca), o comunque verso la parte più orientale del territorio.

Per quanto riguarda l'autostrada A13, l'entrata di Ferrara sud sarà da considerare praticabile solo per qualche ora dopo la rotta; poi l'autostrada dovrà essere chiusa per il tratto a sud di tale entrata (fig. 24).



Nello scenario di gravità media i maggiori centri minacciati sono sempre S.Bartolomeo, Montalbano e Marrara. Le direzioni di fuga sono comunque verso l'area Gaibanella-Monestirolo, o comunque verso la parte più orientale del territorio.

Anche in questo caso, per quanto riguarda l'autostrada A13, l'entrata di Ferrara sud sarà da considerare praticabile solo per qualche ora dopo la rotta; poi l'autostrada dovrà essere chiusa per il tratto a sud di tale entrata (fig. 25).



3. 6 - CONCLUSIONI

Per il territorio comunale di Ferrara l'evento più temibile, per quanto concerne la pericolosità da allagamento fluviale, è evidentemente rappresentato da una rotta di Po; essa risulterebbe infatti altamente dannosa anche se l'esondazione restasse compresa a nord del Po di Volano. Il tratto nel quale una rotta di Po sembra dar luogo allo scenario meno drammatico è quello tra foce del Panaro e CER-Cavo Napoleonico; in realtà questo evento danneggerebbe fortemente l'abitato di Bondeno e potrebbe anche apportare gravi danni alla città di Ferrara nell'ipotesi che la portata della rotta superasse i 9000 m³/s.

Queste condizioni di pericolosità confermano la necessità e l'urgenza di potenziare gli argini principali del Po, risolvendo anche le problematiche particolari che essi ancora presentano in qualche tratto tra il Panaro e il confine orientale del comune di Ferrara; nel contempo segnalano l'opportunità che vengano predisposte altre difese permanenti per alleggerire il pericolo di allagamento della città, o quanto meno che, nella progettazione di nuove grandi strutture, si tengano presenti queste problematiche di pericolosità, caratterizzando, quando possibile, le strutture stesse in modo che possano anche rivestire un ruolo di mitigazione del rischio di allagamenti.

L'analisi eseguita ha inoltre messo in evidenza come, in tutti i casi, notevoli quantità di acqua invaderebbero gli alvei di piena del Po di Volano e del Po di Primaro, e in parte anche il paleoalveo del Po di Ferrara.

Nondimeno, va segnalato che alcuni territori potrebbero essere efficacemente difesi disponendo la chiusura tempestiva di alcune botti: è tipico il caso della cella Sconsuro che, con l'ostruzione della botte sullo scolo omonimo, potrebbe essere totalmente esclusa da allagamenti.

Il fiume Panaro, certamente pericoloso per Bondeno e per i territori a ovest del Reno e del CER-Cavo Napoleonico, potrebbe determinare allagamenti a est di quest'ultimo solo attraverso le botti che lo sottopassano (che d'altronde dovrebbero essere chiudibili). Tali allagamenti interesserebbero prevalentemente la cella Diamantina, sarebbero pressoché trascurabili e non raggiungerebbero il territorio comunale di Ferrara, in caso di piena del solo Panaro. Sarebbero invece più gravi nel caso di piena del Panaro rigurgitato (che produrrebbe anche l'uscita di acque del Po), ma anche in questo caso gli allagamenti, sia per quanto riguarda le zone allagabili, sia per i tempi, sia per i tiranti d'acqua, presenterebbero evidentemente minor gravità di quelli relativi a rotte a carico dell'argine del Po.

Per rotte del Panaro nei primi tratti qui considerati possono essere studiate manovre di dirottamento delle acque al fine di mitigare i danni alle zone di maggior pregio urbanistico-ambientale. Per rotte negli ultimi due tratti non sono invece individuabili interventi di particolare efficacia, salvo quelli legati alla possibilità di modulare il passaggio delle acque attraverso le principali botti sottopassanti il CER-Cavo Napoleonico (ed è anche necessario valutare se tale pratica produrrebbe in generale un danno economico minore).

Per quanto riguarda il Reno, gli scenari di allagamento più preoccupanti sono quelli relativi a eventuali rotte nel terzo tratto (Botte del CER-Gallo) e, in subordine, nel quinto tratto (Passo Segni-Traghetto). In entrambi i casi sarebbe necessario intervenire per attenuare le condizioni di rischio nei confronti di vari centri abitati e in particolare della parte sud del capoluogo.

Si può quindi concludere che, anche facendo riferimento alla carta della pericolosità media, risultano sconsigliabili nuovi insediamenti in tutte le zone con punteggio superiore a 15 (e va sottolineato ancora una volta che fra queste sono compresi gli alvei di piena del Volano e del Panaro).

Non va in ogni caso dimenticato che buona parte delle variabili del problema trattato erano indeterminate a priori, e che è stato necessario, in questa sede, assegnar loro dei valori convenzionali. Va osservato infine che, con l'utilizzo di algoritmi di calcolo più complessi o con altre matrici di penalizzazione, possono risultare diversi (più ridotti o più elevati) gli "step" fra i valori finali relativi alle varie celle e alle varie parti delle celle stesse; si può comunque ritenere che il quadro di pericolosità cui deve far riferimento la pianificazione resterebbe fondamentalmente quello qui indicato, e così la successione ordinale dei valori di penalizzazione.

3. 7 - Bibliografia pericolosità allagamento fiumi

AA.VV., 1990. Terre ed acqua. Le bonifiche ferraresi nel delta del Po (a cura di A.M. Visser Travagli e G. Vighi). Amministrazione Prov. di Ferrara, G. Corbo Ed.

AA.VV., 1994. 1951, la rotta del Po, il Polesine (a cura di L. Lugaresi). Atti 17° Conv. St. Storici 11-24 nov. 1991, Minnelliana, Rovigo.

AA.VV., 2001. Note illustrative della Carta Geomorfologica della Pianura Padana (a cura di G.B. Castiglioni e G.B. Pellegrini). Suppl. di Geografia Fisica e Dinamica quaternaria, vol. IV, Torino.

AUTORITÀ DI BACINO DEL PO, 2002. Progetto di Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del fiume Po.

AUTORITÀ DI BACINO DEL RENO, 2002. Piano per l'assetto idrogeologico del fiume Reno.

BONDESAN A., DUGONI G., FREDDI N., MONTANI M., OSTI A., 1995. Censimento delle emergenze idrauliche nella gronda ferrarese del Po; dati altimetrici e idrogeologici sul territorio provinciale. Amministrazione Provinciale di Ferrara, C. I. E. D. , Consorzio di Bonifica I Circondario, Magistrato per il Po, Ferrara

BONDESAN M., 1995. Osservazioni sui gorghi e su altre cavità di erosione nei territori di Rovigo e Ferrara; ipotesi sulla loro origine. Atti Accademia delle Scienze di Ferrara, 70/71.

BONDESAN M., FERRI R., STEFANI M., 1995. Rapporti fra lo sviluppo urbano di Ferrara e l'evoluzione idrografia, sedimentaria e geomorfologica del territorio. Ferrara nel Medioevo; topografia storica e urbana (a cura di A.M. Visser), Ed. Grafis, Bologna.

BOTTONI A., 1873. Appunti storici sulle rotte del Basso Po dai tempi romani a tutto il 1838 e relazione di quelle di Guarda e Revere del 1872. Tipografia Sociale, Ferrara 1873.

MARANTONIO G., 1951. Le inondazioni in Emilia e la sistemazione del Reno. L'Universo, a XXXI, n. 4, Firenze.

M.U.R.S.T., 1997. Carta geomorfologica della Pianura Padana alla scala 1:250.000. Coord. Castiglioni G.B., S.EL.CA., Firenze.

POLUZZI L., 1999. Cronologia delle rotte del Samoggia e del Reno. Tra Reno e Samoggia, soluzioni per i due fiumi, Regione Emilia-Romagna, Autorità di Bacino del Reno, Bologna.

Cap. 4) PERICOLOSITA' DA ALLAGAMENTO DA CANALI NEL TERRITORIO DEL COMUNE DI FERRARA

4.1 - Il Bacino Burana-Volano-Canal Bianco

Il sistema dei canali di scolo e irrigazione, ossia dei canali dedicati alle acque "esterne ai fiumi" del territorio comunale di Ferrara, fa parte del cosiddetto Bacino Burana-Volano-Canal Bianco.

Per comprendere i caratteri di tale bacino va premesso che, in genere, il concetto di bacino idrografico in pianura è convenzionale. In un territorio caratterizzato da pendenze debolissime come la bassa Pianura Padana è infatti difficile tracciare dei precisi spartiacque, anche in considerazione del fatto che l'assetto idraulico è strettamente controllato da canali artificiali e paratoie (chiaviche); è dunque quasi sempre possibile, con particolari manovre, deviare le acque di scolo in territori adiacenti. Il bacino idrografico viene perciò definito facendo riferimento al sistema di convogliamento delle acque di scolo in condizioni ordinarie, ossia di piovosità normale e con la sistemazione più frequente delle paratoie.

In questo quadro, viene chiamato Bacino Burana-Volano-Canal Bianco l'insieme dei territori le cui acque trovano generalmente recapito a mare nel tratto costiero compreso fra la foce del Po di Goro e la foce del Reno (escluse dette foci).

I principali canali preposti a tale funzione sono, da nord a sud:

- il Canal Bianco, a servizio della fascia settentrionale del territorio ferrarese, che scarica le sue acque nella Sacca di Goro, previo sollevamento all'impianto idrovoro Romanina (ed eventuale presollevamento all'impianto idrovoro Ceccata)
- il sistema Po di Volano-Canale Navigabile, asse principale dell'intero bacino; il primo sbocca nella Sacca di Goro, il secondo direttamente in mare, a Porto Garibaldi.

Nello stesso tratto di costa sboccano anche:

- l'impianto idrovoro Bonello, a servizio del territorio di Goro, che scarica nella Sacca di Goro;
- l'impianto idrovoro Giralda, a servizio di vaste aree dei comuni di Mesola e Codigoro, che scarica pure nella Sacca di Goro;
- la vecchia foce del Volano, che mette in comunicazione la Valle Nuova-Bertuzzi e il Lago delle Nazioni con la Sacca di Goro;
- i Canali Logonovo e Gobbino, che mettono in comunicazione con il mare le Valli Meridionali di Comacchio.

Il Bacino Burana-Volano-Canal Bianco si estende però anche a monte del territorio provinciale ferrarese, comprendendo le terre fra Bazzano, Castelfranco e S. Giovanni in Persiceto che scaricano nel Canale di Cento, nonché quelle parti dell'Oltrepò Mantovano e del Modenese, situate in destra del Secchia, le cui acque vengono raccolte dai canali Fossalta e Quarantoli, confluenti nel Canale Burana (fig. 1).

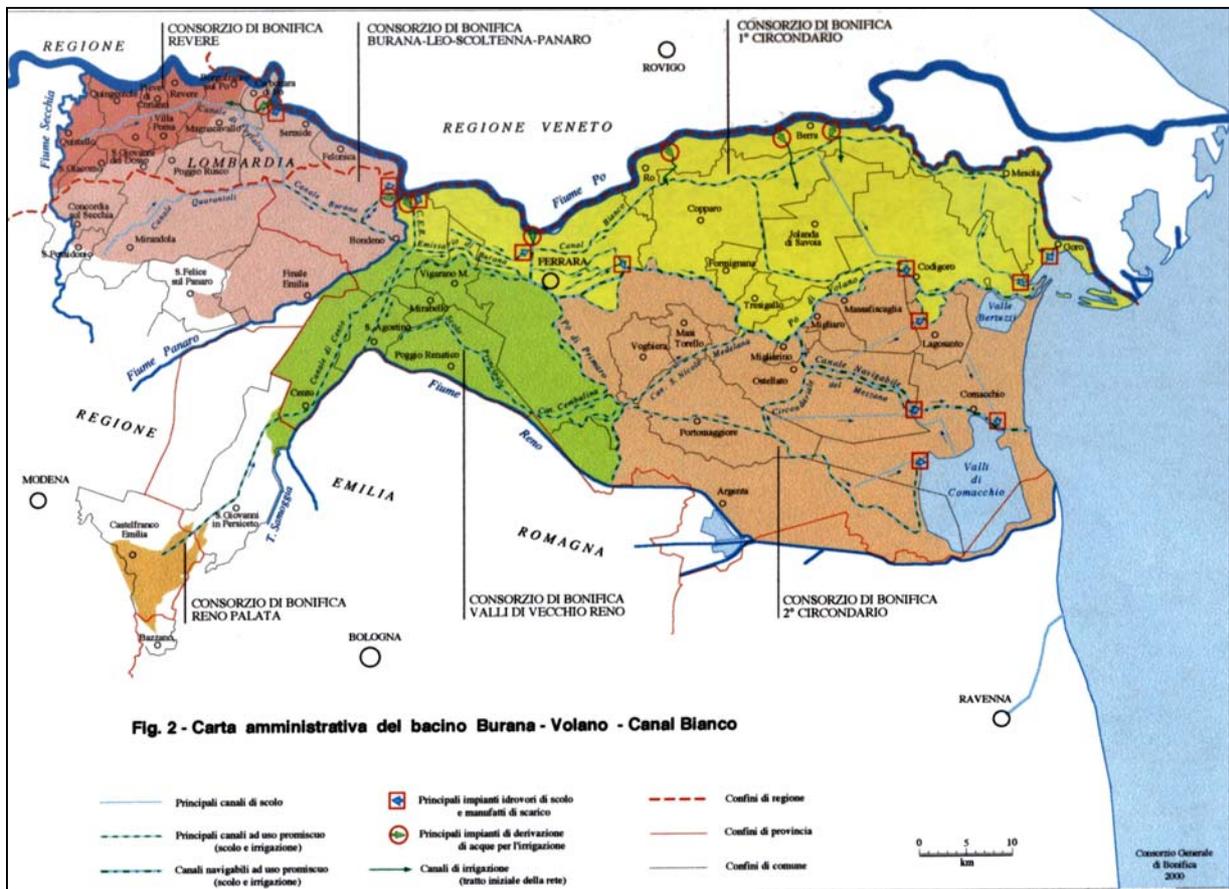
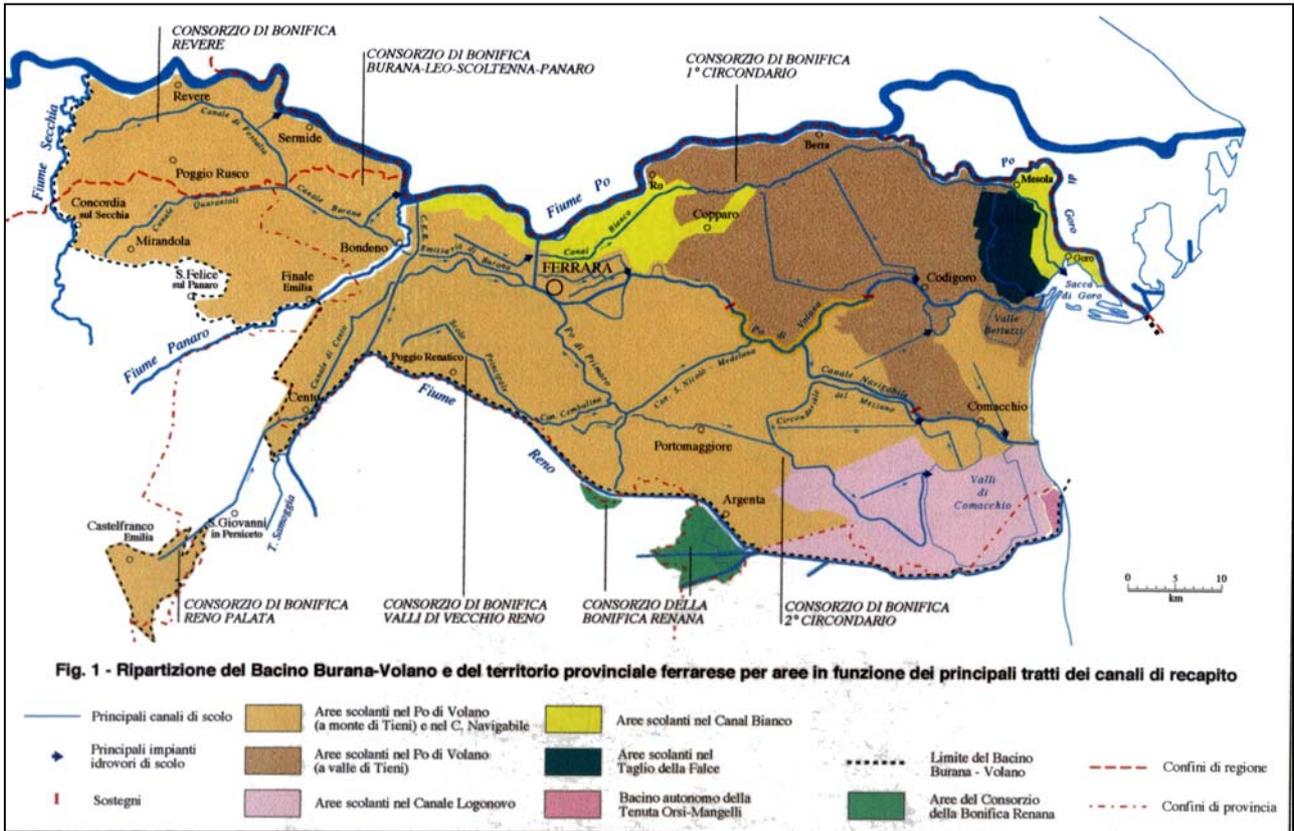
L'estensione totale del bacino supera perciò i 300.000 ha, tutti in pianura: di questi, oltre 130.000 ha, in provincia di Ferrara, sono situati a quota inferiore al livello medio del mare.

I consorzi di bonifica che insistono sul bacino sono, da monte a valle (fig. 2):

- il Consorzio di Bonifica di Revere
- il Consorzio di Bonifica Reno-Palata
- il Consorzio di Bonifica di Burana
- il Consorzio di Bonifica Valli di Vecchio Reno
- il Consorzio di Bonifica del I Circondario
- il Consorzio di Bonifica del II Circondario.

I fiumi Po, Po di Goro, Panaro, Reno e Secchia, che lambiscono (o attraversano) questo territorio, presentano alvei pensili e il bacino in oggetto mantiene relazioni idrauliche, in fase di scolo, solo con il Po Grande, potendo scaricarvi acque presso Mòglia (impianto idrovoro Mòglia) e presso Stellata (impianto idrovoro Pilastresi).

I consorzi di bonifica operanti nella parte ferrarese di questo bacino sono definiti in base alla suddivisione del territorio operata dai dossi fluviali del Po, del Panaro, del Reno e dei paleoalvei, anch'essi pensili, del Po di Ferrara, del Po di Volano e del Po di Primaro. Precisamente (vedi fig. 2),



- il Consorzio Burana-Leo-Scoltenna-Panaro è competente per l'area a monte del Panaro
- il Consorzio del I Circondario si occupa dell'area compresa tra il Po Grande, il Po di Goro il Po di Volano e il mare
- il Consorzio del II Circondario si occupa del "Polesine di S. Giorgio", ossia dell'area compresa tra il Reno, il Po di Volano, il Po di Primaro e il mare
- il Consorzio Valli di Vecchio Reno non si affaccia al mare e comprende l'area tra il Reno, il Panaro, il Po di Ferrara e il Po di Primaro.

Il territorio comunale di Ferrara comprende vaste parti di questi ultimi tre consorzi; essi sono tra di loro associati nel Consorzio Generale di Bonifica nella Provincia di Ferrara, Ente di 2° grado.

Il Bacino di Burana-Volano-Canal Bianco è pertanto individuato come bacino di scolo, e va sottolineato che nella sua porzione ferrarese, a valle dell'impianto idrovoro Pilastresi, esso attualmente non scarica acque (come già detto) né in Po né in alcun altro fiume.

La maggior parte dei suoi canali sono però anche chiamati a svolgere funzioni irrigue.

L'asse portante del bacino, il Po di Volano, costituisce inoltre dei fondamentali tratti dell'Idrovia Ferrarese.

Tale via navigabile è attualmente formata dal Canale Boicelli (km 6 fra la conca di Pontelagoscuro e Ferrara), dal Po di Volano e dai suoi diversivi di Focomorto e di Fossalta (km 33 tra Ferrara e Migliarino) e dal Canale Navigabile (km 30,5 tra Migliarino e Porto Garibaldi). Il tratto inferiore del Volano, a valle di Migliarino, rappresenta una diramazione di tale via navigabile, di potenzialità assai più ridotta.

La navigabilità è garantita da sbarramenti (sostegni di livello), corredati da conche di navigazione, che realizzano due salti d'acqua e configurano tre tronchi di canalizzazione a tre diversi livelli: quello più occidentale, da Pontelagoscuro fino alla conca di Valpagliaro, a quota di circa m 4,50 sul livello del mare; quello centrale, da Valpagliaro alla conca di Valle Lepri sul Navigabile, a quota di circa m 1,50 sul livello del mare; quello terminale, da Valle Lepri a Portogaribaldi, in collegamento diretto con il mare.

Lungo il Po di Volano, a valle di Migliarino, il ruolo di portare le quote idrometriche da m 1,50 a quella di libero deflusso a mare è svolto dal sostegno di Tieni, anch'esso corredato di conca di navigazione.

Oggi, di norma, questo sostegno è tenuto totalmente chiuso, per consentire all'ultimo tratto del Po di Volano un miglior funzionamento come scaricatore a mare di numerosi impianti idrovori che assicurano il deflusso delle acque del Basso Ferrarese (Malcantone, Codigoro Acque Alte, Codigoro Acque Basse, Marozzo, Campello, Salghèa, Pomposa e Staffano).

La conca di Pontelagoscuro, che mette in comunicazione il Canale Boicelli con il Po, è attualmente in fase di ricostruzione per il suo adeguamento ai natanti della V classe europea; tale adeguamento è stato peraltro recentemente progettato anche per il resto dell'Idrovia, in un quadro che comporterà la ricostruzione delle conche di Valpagliaro e Valle Lepri, ma nel rispetto dei suddetti livelli d'acqua.

4. 2 - Gestione

Attualmente la complessa gestione idraulica delle reti di scolo e irrigazione, con i relativi impianti idrovori, che nel bacino considerato sollevano a mare meccanicamente circa un miliardo di metri cubi di acqua all'anno, compete ai consorzi di bonifica.

Solo l'asta principale del Volano, con le appendici del Canale Boicelli e del Primaro, e il Canale Navigabile Migliarino-Ostellato-Portogaribaldi, in funzione della loro valenza plurima di collettori di scolo, di adduttori irrigui e di linee navigabili, sono controllati dal Servizio Provinciale Difesa del Suolo di Ferrara (in fase di trasformazione in Servizio Tecnico del Po di Volano quale sottobacino del Po) e dall'A.R.N.I. (Azienda Regionale per la Navigazione Interna).

Tale situazione gestionale comporta uno stretto raccordo fra i vari Enti, in particolare, tra S.P.D.S. e A.R.N.I., da una parte, e dall'altra i Consorzi di Bonifica, che utilizzano massicciamente l'asse Burana-Volano-Canale Navigabile come recapito di acque di scolo o come adduttore irriguo, a seconda delle circostanze.

4. 3 - Il sistema di scolo nel territorio comunale

Il Comune di Ferrara ricade interamente nel suddetto Bacino Burana-Volano-Canal Bianco; si prescinde, nella presente analisi, dalle aree golenali del Po, scolanti nell'alveo ordinario del fiume stesso.

I principali canali che allontanano le acque dal territorio comunale, ossia i vettori delle "uscite" di acque di scolo, sono, da nord a sud, i seguenti.

- Il Canal Bianco: ha origine a Settepolésini, sottopassa il Canale Boicelli alla Botte del Betto) e prosegue verso ENE, attraversa (fuori dal territorio comunale) i territori depressi della Grande Bonificazione Ferrarese e del Mesolano e conduce le sue acque al suddetto impianto idrovoro Romanina. Tra i canali che drenano il territorio comunale, confluiscono nel Canal Bianco, esternamente a tale territorio, il Nicolino-Lavezzola, la Fossetta Valdalbero inferiore e il Naviglio inferiore.
- Il sistema Po di Volano-Canale Navigabile: defluisce totalmente a gravità; come già detto il Po di Volano mette capo alla Sacca di Goro, mentre il Canale Navigabile, che si diparte da esso nei pressi di Fiscaglia, termina a Porto Garibaldi; attualmente il sostegno di Tieni, sul Po di Volano, in fase di scolo è permanentemente chiuso, e la stessa conca di navigazione ad esso associata è praticamente inutilizzata: si può quindi ritenere che le acque uscenti dal territorio comunale attraverso il Po di Volano sbocchino in mare esclusivamente a Porto Garibaldi.
- La Fossa Masi: recapita le sue acque al Circondariale Nord del Mezzano, che infine le attribuisce al Canale Navigabile, previo sollevamento all'impianto idrovoro Valle Lepri Acque Alte.
- La Fossa di Porto: lambisce Portomaggiore e anch'essa recapita le acque per gravità al Canale Circondariale Nord del Mezzano.
- Il Nuovo Scolo (o Scolo Bolognese): nasce alla botte di S. Nicolò ove sottopassa il Po di Primaro, lambisce Portomaggiore e recapita le acque per gravità al Canale Circondariale Nord del Mezzano
- La Fossa Sabbiosola: le sue acque vengono sollevate presso l'impianto idrovoro omonimo, situato a nord di Argenta, e avviate sempre al Canale Circondariale Nord del Mezzano.

Presso Ferrara, le principali "entrate" in tale sistema, per quanto concerne le acque di scolo, sono costituite dalle affluenze al Po di Volano, provenienti da monte del territorio comunale, recate dai sottoelencati canali:

- Emissario di Burana
- canale di Cento
- canale Boicelli.

Il canale Emissario di Burana (che rappresenta la continuazione del canale Burana e inizia alla Botte Napoleonica, ove le acque di quest'ultimo sottopassano il Panaro) conferisce al Po di Volano le acque scolanti dal Consorzio di Bonifica di Révere e dal Consorzio Burana-Leo-Scoltenna-Panaro, nonché quelle del canale di S. Bianca, fino ad una portata massima di circa 44 m³/s; oltre tale portata il residuo deve essere scaricato in Po mediante l'impianto idrovoro delle Pilastresi (in pratica si attiva tale alleggerimento quando il livello idraulico nel Canale Burana supera i 6,07 m sul livello medio del mare in corrispondenza della confluenza del canale S. Bianca).

Il canale di Cento serve, con il contributo del Cavo Tassone, un ampio settore nella parte sud-occidentale del Ferrarese (Consorzio Valli di Vecchio Reno) e la zona di Castelfranco Emilia (Consorzio Reno-Palata); immette nel Po di Volano fino a 25-27 m³/s.

Il Canale Boicelli rappresenta una bretella di raccordo idroviario tra il Po Grande e il Po di Volano; oltre ad acque del Po e a scoli provenienti dalla Zona Industriale di Ferrara, può convogliare acque di scolo eccedenti del Consorzio del I Circondario.

Nel seguito vengono elencati, da monte a valle (e da nord a sud), i "bacini elementari", facenti parte del generale Bacino Burana-Volano-Canal Bianco, che interessano il territorio comunale. In alcune aree interne ai suddetti bacini, per particolari condizioni altimetriche, si rende necessario un presollevarimento delle acque mediante un apposito impianto idrovoro minore; tali aree verranno qui definite con il termine generico di sottobacini.

Ricadono entro il comprensorio del Consorzio del I Circondario i seguenti bacini elementari (e sottobacini di presollevarimento).

- Bacino del Nicolino (1.615 ha di cui circa 1.470 in comune di Ferrara). Il Canale Nicolino raccoglie le acque della fascia adiacente il corso del Po tra Salvatonica e Pontelagoscuro. Presso tale località sottopassa in botte il Canale Boicelli e continua nella Fossa Lavezzola.

- Bacino del Betto (4.790 ha di cui circa 2.990 in comune di Ferrara). Raccoglie le acque di gran parte dei territori di bonifica della Diamantina e di Casaglia; ha come asse principale il tratto occidentale del Canal Bianco, ed è considerato chiuso presso l'impianto idrovoro del Betto (recentemente potenziato) che può riversare fino a 7,5 m³/s delle sue acque nel Canale Boicelli. In tale località il Canal Bianco sottopassa il Boicelli mediante la Botte del Betto (5,5 m³/s), ma i territori serviti a valle del Boicelli vengono convenzionalmente accorpati nel bacino Romanina (vedi avanti).

Il bacino del Betto comprende il

- sottobacino Valletta (230 ha tutti in comune di Ferrara), servito dall'omonimo impianto idrovoro, il quale scarica fino a 0,4 m³/s nello Scolo Gallo, tributario del Canal Bianco.

- Bacino del Canale Cittadino (ha 2.900 di cui circa 750 in comune di Ferrara); inizia immediatamente a est del Panaro, comprende la parte meridionale della Diamantina ed è considerato chiuso presso la botte con il quale il Canale Cittadino sottopassa il Boicelli, e ove è in costruzione un nuovo impianto idrovoro destinato a versare la più gran parte di tali acque (fino a 6 mc/sec) nel Canale Boicelli; da tale botte inizia il Canale Gramicia, che però viene accorpati al bacino di Baùra (vedi avanti).
- Bacino dell'Emissario di Burana; questo canale, che come si è visto può conferire al Po di Volano fino a 44 m³/s, nel territorio comunale di Ferrara scola solo un piccolo bacino presso Cassana (circa 125 ha).
- Bacino di Baùra (circa 3.730 ha, tutti in comune di Ferrara): comprende il Canale Gramicia, che serve aree poste a nord e a est della città e confluisce nel tratto superiore del Canale Naviglio, il quale le conferisce all'impianto idrovoro di Baùra (portata 17 mc/sec, prevalenza 2,7 m), che le scarica nel Po di Volano; allo stesso impianto idrovoro vengono avviate, tramite il nuovo canale collettore di Baùra, anche le acque raccolte da territori a N.E. della città dal tronco superiore della Fossetta Valdalbero.

Il bacino di Baùra comprende anche i sottobacini di presol-levamento

- Bolzanella (66 ha) servito da una pompa mobile (portata 0,1 mc/sec, prevalenza 2 m)
- Sàndola (770 ha) pure servito da una pompa mobile (portata 0,5 mc/sec, prevalenza 0,7 m);

- Bacino Romanina, così chiamato con riferimento all'impianto idrovoro omonimo (in fase di potenziamento) che ne recapita le acque in mare, al termine del Canal Bianco; comprende il settore della provincia tra Pontelagoscuro, Ro, Copparo, Baùra e Boara; nel comune di Ferrara vi ricade la parte più occidentale (circa 6.280 ha), comprendente i territori serviti

- dalla Fossa Lavezzola, che inizia alla botte del Nicolino, drena la fascia adiacente il Po a est di Pontelagoscuro e confluisce nel Canal Bianco fra Copparo e Ro;
- dal Canal Bianco a est del Boicelli, ossia a valle della Botte del Betto, che nel territorio comunale raccoglie le acque di aree poste a nord e a N.E. della città, in parte ricadenti nel
 - sottobacino Barco (300 ha), servito dall'omonimo impianto idrovoro di presollevarmento, il quale scarica fino a 0,5 m³/s nel canale Conchetta, che tramite il Canale Conca è pure tributario del Canal Bianco;
- dalla Fossetta Valdalbero inferiore, che raccoglie le acque di aree poste a valle del collettore di Baùra e le conferisce al Canal Bianco, fuori dal territorio comunale.
- dal Naviglio inferiore, che raccoglie le acque di una ristretta area a N.E. di Baùra; il canale poi interessa Copparo e sbocca infine nel Canal Bianco presso Coccanile;

Per essere più agevolmente avviate verso il Basso Ferrarese, le acque di questi tratti del Canal Bianco, della fossa Lavezzola e della fossetta Valdalbero possono anche essere sollevate presso l'impianto idrovoro Ceccàta, sito fra Copparo e Ro (portata massima 10 mc/sec, prevalenza massima 1 m).

Al Canale Boicelli non viene attribuito un bacino proprio; va comunque tenuto presente che, oltre ad acque del Po (concate) e a scoli provenienti dalla Zona Industriale di Ferrara, questo canale può convogliare, come già detto, le acque di scolo eccedenti del Consorzio del I Circondario presso l'impianto idrovoro del Betto, e in futuro riceverà anche quelle degli idrovori Nicolino e Cittadino, da costruire. Attualmente può recapitare al Po di Volano fino a 10 m³/s.

Ricadono invece nel comprensorio del Consorzio Valli di Vecchio Reno i sottoelencati bacini che scaricano nel Po di Volano, a ovest della confluenza del Po di Primaro, e nello stesso Po di Primaro.

- Bacino del Canale di Cento (gravità - 12.035 ha). Questo canale, che come si è visto può conferire al Po di Volano fino a 27 m³/s, nel territorio comunale, ove è costituito dal canale Poatello, ha un bacino molto ristretto, limitato a paleogolene dell'antico Po di Ferrara (poco più di 200 ha).
- Bacino di Porotto (gravità - 1.800 ha di cui 1.370 in comune di Ferrara): raccoglie le acque dell'area compresa tra i dossi del Po di Ferrara e del Vecchio Reno, recapitandole a gravità nel Poatello, poco a monte della sua confluenza nel Po di Volano.

Attribuiscono invece le proprie colatizie al Po di Primaro - tratto relitto fra Traghetto e Ferrara - varie aree poste ad occidente, scolanti sia a gravità che tramite sollevamento meccanico, che possono essere individuate come altrettanti bacini elementari:

- Bacino Sammartina (gravità - 1.680 ha tutti in comune di Ferrara); comprende le terre alte comprese tra il precedente bacino e S. Martino, le cui acque vengono raccolte da una rete di canali in fase di ristrutturazione (le nuove urbanizzazioni hanno fortemente diminuito l'officiosità di quella precedente). Questo bacino comprende altresì il sottobacino di presollevamento
 - Buttifredo, dotato di una pompa capace di 0,3 m³/s, a servizio di una piccola area a NW di S. Martino
- Bacino di Torre Fossa (a sollevamento meccanico), costituito dalle terre basse della Sammartina (ha 820), servite dall'impianto idrovoro Torre Fossa (portata massima 3 m³/s).
- Bacino Oppio (gravità - 2.345 ha tutti in comune di Ferrara): comprende le terre alte di S. Egidio e S. Biagio. Questo bacino comprende altresì il sottobacino di presollevamento
 - S. Egidio (a sollevamento meccanico), costituito dalle terre basse di S. Egidio (ha 558), servite dall'impianto idrovoro S. Egidio (portata massima 1,8 m³/s).
- Bacino Cembalina (12.450 ha di cui 1.810 in comune di Ferrara), le cui acque vengono raccolte dallo Scolo Principale Superiore, che si continua nella Fossa Cembalina, confluyente a gravità nel Po di Primaro (le portate in uscita possono superare i 14 m³/s); nel territorio comunale comprende la fascia tra Fondo Reno, Coronella e Montalbano (ha 1.780).
Il bacino Cembalina comprende il
 - sottobacino Torniano (ha 1.254 di cui solo 210 nel territorio comunale di Ferrara), servito dall'impianto idrovoro Torniano, che attribuisce fino a 4,2 m³/s allo scolo Principale.

Il Po di Primaro recapita le sue acque al Po di Volano e complessivamente può raggiungere portate da 20 a 30 m³/s.

Sempre in questo comprensorio è infine compreso il

- Bacino del Nuovo Scolo; tale canale, che attraversa parte del comprensorio del II Circondario, ha infatti un bacino che ricade in quello del Consorzio Valli di Vecchio Reno (7.050 ha di cui circa 3.800 ha in Comune di Ferrara); convoglia infatti le acque basse dei territori di Vallicelle e Valliprove, a ovest e a sud di S. Bartolomeo in Bosco, che sottopassano il Po di Primaro alla Botte di S. Nicolò. Sul Nuovo Scolo possono gravare uscite da tale botte fino a oltre 9 m³/s.

Ricadono infine nel comprensorio del Consorzio del II Circondario i seguenti bacini, che scaricano nel Po di Volano (sponda sud) o in altri canali.

Per quanto riguarda il Po di Volano, va menzionato

- il Bacino S. Antonino Terre Basse (ha 3.060 di cui 2.360 ricadono in Comune di Ferrara): comprende le terre basse del territorio posto a S.E. della città; le relative acque (per lo più denominate acque basse) vengono sollevate dall'impianto idrovoro S. Antonino, e immesse nel Po di Volano, con portate fino a 5,4 m³/s.

E' invece tributario della Fossa di Porto

- il Bacino S. Antonino-Fossa di Porto Terre Alte, che avvalendosi anche, nel settore più vicino a Ferrara, del Canale S. Antonino Acque Alte, convoglia le acque di territori relativamente elevati e tra loro disgiunti (ha 4.500 di cui circa 2.350 nel territorio comunale) nella Fossa di Porto. Un tempo quest'ultimo canale le scaricava poi nella Valle del Mezzano, oggi invece le immette nel Circondariale che le conduce all'impianto idrovoro di Valle Lepri A.A. (117 m³/s); perciò anche tale bacino è a sollevamento meccanico. Comprende anche due aree a presollevamento, il
 - sottobacino Valcore (ha 230), servito da un impianto idrovoro di portata 0,6 m³/s, e
 - il sottobacino Montesanto (esterno al territorio comunale) a sua volta servito da idrovoro.

Sono tributari della Fossa Masi, e quindi ancora del Circondariale N del Mezzano:

- il bacino Masi Terre Alte, costituito dalle terre tra Codrea, Fossalta e Denore (ha 3.300 di cui 2.750 in comune di Ferrara), scolanti a gravità nella Fossa Masi;
- Il Bacino di Denore (ha 3.100 di cui 1.990 in comune di Ferrara), costituito dalle terre basse tra il Po di Volano, Masi Torello e Medelana nonché un'area a nord di Libolla, le cui acque, raccolte dalla Fossa Bertolda, vengono convogliate all'impianto idrovoro Aleotti (3,2 m³/s), esterno al territorio comunale, che le riversa nella Fossa Masi.

Vengono pure avviate al Circondariale Nord del Mezzano le acque del

- Bacino di Campocieco (ha 4.300), che nel territorio comunale interessa solo un'area a S.E. di Quartesana (circa 310 ha); le sue acque vengono raccolte dalla Fossa di Voghenza e portate all'impianto idrovoro Campocieco (portata massima 8,2 m³/s), che le riversa nella Fossa Gättola.

Sono esterni, ma immediatamente a valle del territorio comunale di Ferrara, e sempre tributari del Circondariale del Mezzano:

- il Bacino Tersallo (ha 720), le cui acque vengono sollevate dall'impianto idrovoro Tersallo (portata massima 3,5 m³/s)
- il Bacino Sabbiosola (ha 1.280), le cui acque vengono sollevate dall'impianto idrovoro Sabbiosola (portata massima 2,4 m³/s)
- il Bacino Benvignante (ha 2.440), le cui acque vengono sollevate dall'impianto idrovoro Benvignante (in fase di potenziamento).

Il Po di Volano, pensile, oltre a convogliare i già detti canali Emissario di Burana, Canale di Cento, Boicelli e Po di Primaro, nel territorio comunale raccoglie le acque del depuratore ACOSEA, quelle dell'impianto idrovoro di Baùra (I Circondario), e quelle dell'impianto idrovoro S. Antonino (II Circondario); il depuratore fognario di Ferrara vi scarica direttamente fino a 9 m³/s; la parte eccedente viene riversata nella rete del Consorzio del I Circondario ma ritorna comunque in Volano all'impianto idrovoro di Baùra. Il Po di Volano ha quindi il ruolo di allontanare dal territorio comunale portate massime di oltre 120 m³/s.

Nel bacino del Po di Volano sono comprese anche le relative golene (circa 1.100 ha), come in quello del Po di Primaro (600 ha); dato però che tali canali fungono da confini tra diversi Consorzi, si ha che le golene in sinistra del Po di Volano ricadono entro il comprensorio del I Circondario, mentre quelle in destra ricadono entro il comprensorio del II Circondario; così le golene occidentali del Po di Primaro ricadono entro il comprensorio Consorzio Valli di Vecchio Reno, mentre quelle orientali ricadono entro il comprensorio del II Circondario.

Il sistema idraulico principale comprende infine il Canale S. Nicolò-Medelana, lungo 14,6 km, che collega il Po di Primaro (in corrispondenza dell'abitato di S. Nicolò) con il Po di Volano (presso Medelana), attraversando un'ampia area del comprensorio del Consorzio del II Circondario; costruito principalmente come vettore irriguo, assolve anche alla funzione di riequilibratore del sistema di scolo: è infatti in grado di alleggerire il Po di Primaro, dirottando parte delle sue acque in Volano, a valle del sostegno di Valpagliaro, bypassando la città di Ferrara.

Ricapitolando, solo i seguenti bacini elementari del territorio comunale scolano totalmente a gravità:

- bacino dell'Emissario di Burana
- bacino di Porotto

entrambi tributari del Po di Volano;

- bacino Cembalina
- bacino Oppio
- bacino Sammartina

tributari del Po di Primaro.

Nelle stesse condizioni sono, naturalmente, le golene del Po di Volano e del Po di Primaro.

In totale, comprendendo anche le golene del Po, scolano a gravità circa il 23,6 % dei terreni ricadenti nel Comune di Ferrara.

Le acque delle aree restanti (oltre i 3/4 del territorio) debbono invece essere sollevate, per il loro recapito a mare, mediante una, due o tre idrovore, in serie (fig. 3).

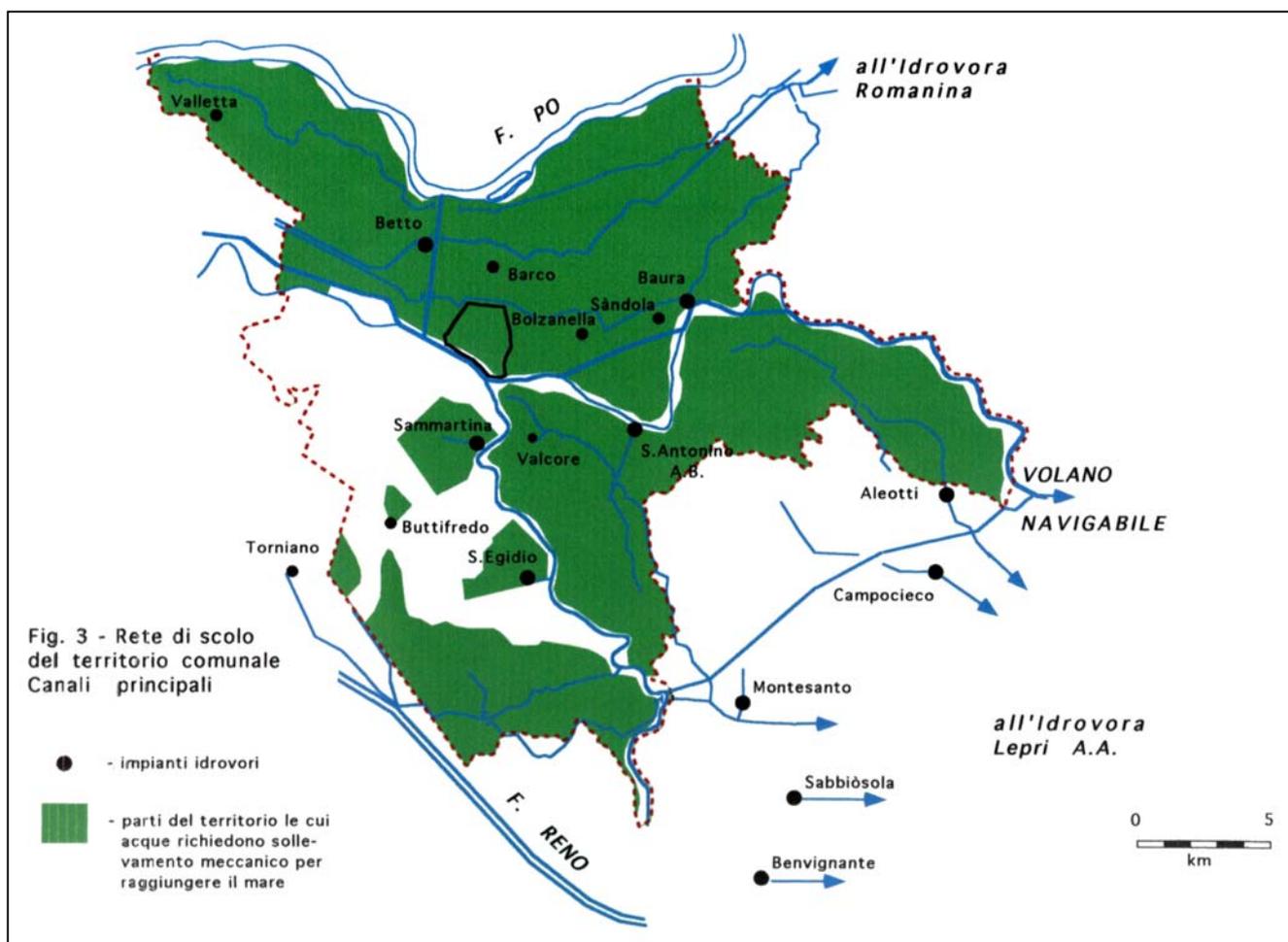


Tabella 1 - Impianti idrovori di scolo al servizio del territorio comunale di Ferrara e delle aree immediatamente circostanti (aggiornata il 12/01/2003)

Consorzi di bonifica	Impianti idrovori interni al territorio esterni	Portata massima m ³ /s	Prevalenza massima m
I Circondario			
	Valletta	0,4	1,9
	Betto	7,5	1,8
	Barco	0,6	1,0
	Bolzanella	0,1	2,0
	Sàndola	0,5	0,7
	Baura	17	2,7
	Ceccata	10	1,0
Valli di Vecchio Reno			
	Sammartina	3,0	1,4
	S.Egidio	1,8	2,0
	Buttifredo	0,3	1,0
	Torniano	4,2	2,2
II Circondario			
	S. Antonino	5,4	1,4
	Valcore	0,6	1,4
	Montesanto	3,2	2,3
	Aleotti	7,1	2,5
	Campocieco	8,2	3,0
	Sabbiòsola	2,4	3,4

In particolare richiedono uno o più sollevamenti presso impianti idrovori situati all'interno del territorio comunale le acque dei seguenti bacini elementari (vedi tabella 1):

- bacino del Betto (per portate eccedenti i 5,5 m³/s - contiene il sotto-bacino Valletta)
- bacino di Baùra (con i sottobacini Sàndola e Bolzanella)
- bacino di S. Antonino
- bacino di Torre Fossa

e dei seguenti sottobacini:

- Barco (appartenente al bacino Romanina)
- Butifredo (appartenente al bacino Sammartina)
- S. Egidio (appartenente al bacino Oppio)
- Valcòre (appartenente al bacino S. Antonino T.A.).

Per la parte restante del territorio comunale, le acque, per raggiungere il mare, debbono subire uno (o più) sollevamenti presso impianti situati all'esterno del territorio comunale.

4. 4 - Il pericolo di allagamento da canali

E' noto che lo sviluppo dell'insediamento nell'area di Ferrara coincide con una lunga storia di sforzi, per contendere i terreni alle acque; ancora nel secolo scorso, prima della costruzione delle pompe idrovore, vaste porzioni del territorio comunale, specie a sud e ad est della città, erano quasi permanentemente coperte dalle acque.

Questo territorio è tuttavia ancora soggetto a modifiche, e con esso il suo sistema idraulico; in particolare, nel corso del XX secolo, le modifiche della sua rete di scolo sono state causate dagli abbassamenti intervenuti per subsidenza, dalla urbanizzazione in continuo sviluppo e dalle trasformazioni agrarie operate per consentire colture ad alta specializzazione.

Le ingenti difficoltà di drenaggio, che ancora si riscontravano negli anni cinquanta e sessanta in alcune aree, sono state risolte con la realizzazione dei citati impianti di presollevamento interni agli stessi bacini elementari: prima gli idrovori Valletta, Torniano e Valcore, poi quelli Barco, Bolzanella e Sàndola.

Rappresenta oggi un dato rimarchevole il rapporto fra le aree del territorio scolanti per gravità (circa 9.000 ha) e quelle le cui acque abbisognano di uno o più sollevamenti per raggiungere il mare (ha 31.460). Si può a questo punto comprendere quanta parte del territorio comunale resterebbe in breve tempo allagata se la rete di drenaggio divenisse insufficiente.

Tale situazione costituisce in effetti uno dei principali fattori di pericolosità da allagamento da canali cui è soggetto il territorio comunale.

Sussiste infatti il pericolo che cessino di funzionare, per varie ore, le pompe di uno o più impianti idrovori, durante un periodo di intense precipitazioni. In particolare la causa può consistere, come è d'altronde già accaduto, in una interruzione dell'energia elettrica di rete dovute allo stesso evento meteorologico (black-out per danneggiamento della linea o di centrali di distribuzione). Per questo motivo 6 dei maggiori impianti idrovori al servizio del territorio comunale sono dotati di "riserva termica"; essi sono cioè dotati, oltreché di pompe elettriche, di pompe a motore diesel o di gruppi elettrogeni da far entrare in funzione in caso di black-out della rete elettrica.

In particolare, fra gli impianti idrovori di scolo che servono il territorio comunale, sono dotati di riserva termica totale il Betto e il Torniano, e di riserva termica parziale gli impianti Baùra, S. Antonino e Aleotti.

Oggi d'altronde lo sviluppo raggiunto dalle reti di distribuzione ENEL sul territorio consente di differenziare l'alimentazione elettrica degli impianti idrovori facendo ricorso a dorsali di diversa provenienza. Tale situazione offre la possibilità di attenuare notevolmente questo fattore di pericolosità.

La progressione di un eventuale allagamento, per il caso di inattività di un impianto idrovoro in condizioni di intensa piovosità, è generalmente individuabile incrociando la Carta dei bacini di scolo con la Carta altimetrica; va comunque tenuto presente che, anche in un bacino sottostante ad un impianto idrovoro, tale progressione può talvolta essere modificata, al fine di salvaguardare aree di particolare valore economico, mediante l'apertura o la chiusura di opportune chiaviche.

Un aspetto più generale di pericolosità è rappresentato dal fatto che gran parte dei canali della rete di scolo hanno anche funzione di canali di irrigazione (sono cioè canali a funzione promiscua). In occasione di episodi di intense precipitazioni dei mesi estivi, ossia nella stagione di maggior irrigazione, sarebbe necessario disporre dell'invaso vuoto della canalizzazione di scolo, per poter smaltire rapidamente le acque; ma questo è quasi sempre impossibile, appunto, nelle zone ove l'irrigazione viene praticata con sistema promiscuo e i canali stessi sono già colmi di acqua destinata a tale funzione.

Ovviamente la condizione di massima pericolosità si produce se le suddette condizioni (canali promiscui colmi e black-out di impianti idrovori) si verificano contemporaneamente, come è accaduto, ad esempio, in occasione del nubifragio avvenuto nell'estate del 1979 (8-9 Agosto).

Un'altra criticità risiede nel fatto che una delle funzioni dei canali principali del bacino Burana-Volano-Canal Bianco è quella di costituire una importante via navigabile: l'Idrovia Ferrarese. Questa doppia funzione del Po di Volano, come del Canale Navigabile, comporta sempre più spesso la necessità, all'approssimarsi di eventi meteorici di notevole intensità, di operare frettolose manovre di rimozione dei sostegni di livello, onde permettere un più rapido e sicuro deflusso delle acque interne.

Un'altra criticità importante è rappresentata dalla impossibilità di esercitare l'utilizzo totale degli alvei di piena del Volano e del Primario a causa dell'avvenuta occupazione delle golene con edifici. Lo sforzo di mantenere l'invaso delle acque limitato al solo alveo inciso è ormai divenuto insostenibile: si può oggi considerare ineluttabile l'allagamento di parte di questi edifici in caso di forte aumento degli afflussi a questi corsi d'acqua.

Ulteriori elementi di criticità fanno in modo che, oggi, tale pericolosità stia assumendo sempre maggiore importanza:

- il mutamento climatico in corso, in direzione di un sensibile aumento della frequenza di eventi estremi (si verificano sempre più spesso episodi che concentrano in poche ore le precipitazioni che in passato erano distribuite su varie settimane o mesi)
- i cambiamenti tuttora in atto nel territorio, che consistono soprattutto negli abbassamenti causati dalla subsidenza artificiale e nella crescente impermeabilizzazione dei suoli legata alla progressiva urbanizzazione di vaste aree
- eventuali insufficienze locali della rete di scolo, che nelle reti consorziali possono essere soprattutto rappresentate da franamenti di sponde dei canali, e in quelle aziendali dalla scarsa manutenzione o nell'eliminazione dei fossi interpoderali.

Gli effetti in genere consistono in una generale diminuzione dei tempi di corrivazione e in locali aumenti dei coefficienti di deflusso, che si traducono in insufficienze più o meno gravi di alcune parti della rete.

In tale situazione si può affermare che il sistema di scolo del bacino Burana-Volano-Canal Bianco è ormai un sistema "privo di margini", specie per quanto riguarda la provincia di Ferrara, e nell'ambito di tale bacino si può considerare privo di margini anche il sistema di scolo del territorio comunale. Esso è infatti in grado di far fronte a eventi precipitazionali medi, ma non a eventi di portata eccezionale. La situazione è indubbiamente più critica nel Basso Ferrarese, ove, in caso di precipitazioni estese su gran parte del bacino Burana-Volano, le aste pensili del Po di Volano e del Canale Navigabile sono ormai insufficienti a garantire un efficace e tempestivo deflusso a mare delle acque; in queste condizioni i consorzi sono obbligati a ridurre gli scarichi, il che produce allagamenti diffusi nelle zone a quote relative più depresse. Può d'altronde accadere che, in caso di eventi meteorici particolarmente estesi, tale riduzione degli scarichi venga ad interessare, direttamente o di rimbalzo, anche aree non lontane dalla città.

Le suddette criticità rappresentano ormai una severa limitazione per qualunque sviluppo urbanistico nel territorio comunale.

4. 5 - Principali recenti allagamenti da canali

Per la presente indagine si è fatto riferimento ai più gravi allagamenti avvenuti nel territorio comunale negli ultimi 7 anni. Per il territorio del comune di Ferrara gli eventi più gravi si sono verificati nel 1996, in corrispondenza dei seguenti eventi:

- 12 Maggio
- 9-10 Dicembre

Entrambi gli eventi erano stati preceduti da piogge iniziate già vari giorni prima. In particolare quello del Dicembre ha rappresentato il momento culminante di una serie di rovesci iniziati già in Novembre.

Un altro importante evento meteorologico responsabile di vasti allagamenti da canali si era prodotto nell'Agosto del 1995.

Esso aveva però interessato soprattutto aree del Basso Ferrarese; aveva anche prodotto locali allagamenti non lontano da Ferrara, ma in aree che sono poi state più gravemente colpite nel Maggio e nel Dicembre 1996, per cui si è ritenuto inutile tenerne conto nella presente indagine.

Le precipitazioni del 12 Maggio '96 hanno interessato tutta la provincia, e sono state particolarmente intense nel Bondenese, con 131 mm in meno di 24 ore, causando vasti allagamenti. Nel territorio del comune di Ferrara hanno raggiunto gli 80 mm, provocando allagamenti soprattutto nei comprensori dei consorzi I Circondario e Valli di Vecchio Reno; il territorio del II Circondario ne è rimasto interessato specie per la parte a nord della Superstrada Ferrara-Mare.

In questa occasione (e in misura ancor maggiore in quello dell'Agosto '95) era entrato in gioco, come causa degli allagamenti, il fatto che i canali ad uso promiscuo erano già impegnati da acque destinate all'irrigazione.

Le precipitazioni del 9-10 Dicembre '96 sono state invece particolarmente abbondanti e hanno prodotto allagamenti specie nella fascia meridionale del Ferrarese (90-130 mm in 24 ore); nel territorio comunale, hanno prodotto allagamenti soprattutto nei comprensori dei consorzi Valli di Vecchio Reno e II Circondario.

Le carte delle isoiete sono riportate nel lavoro del 2000 *Studio della rete idrografica di scolo della Provincia di Ferrara*, a cura di S. Lovo, Provincia di Ferrara.

Per entrambi gli eventi sopracitati è stata realizzata una carta di lavoro, nella quale sono state distinte (ove il dato era disponibile) le aree che sono rimaste allagate per meno di 2 giorni, quelle allagate per tempi compresi tra i 2 e 4 giorni e quelle allagate per più di 4 giorni.

E' stato inoltre realizzato un ulteriore elaborato grafico intermedio nel quale tutte le aree sopracitate sono state distinte con diversi simboli, in rapporto alle diverse cause che vi determinano il rallentamento del drenaggio, cause che sono elencabili nelle seguenti:

- 1) condizioni altimetriche particolari (terreni che presentano quote troppo basse rispetto al livello dei canali di scolo);
- 2) condizioni litologiche negative (suoli costituiti da sedimenti poco permeabili);
- 3) altezza particolare della falda freatica;
- 4) insufficienza della rete di scolo consorziale;
- 5) scarsa efficienza della rete di drenaggio privata, per cattiva manutenzione, o della rete fognaria.

Sono state inoltre tenute distinte le situazioni di sofferenza dovute a insufficienze in via di soluzione.

Dalla sovrapposizione dei simboli risultano individuabili le aree in cui più cause si sommano nell'ostacolare il regolare deflusso delle acque.

Per l'individuazione delle cause di allagamento un valido aiuto può comunque sempre essere offerto da altre carte più generali quali la carta altimetrica, quella della permeabilità dei suoli e quella della morfologia della freatica.

4. 6 - Interventi di sistemazione recentemente attuati e in programma

Vari interventi sono stati eseguiti sulla rete di scolo dal 1996 ad oggi, che hanno risolto, o quanto meno alleggerito le condizioni di sofferenza che avevano giocato un ruolo notevole negli allagamenti visti (parte di questi interventi hanno avuto come oggetto strutture esterne al comune di Ferrara, ma è chiaro che migliorie a livello di bacino si traducono anche in miglioramenti sulla rete del territorio comunale).

Nell'ambito del territorio comunale, le opere attuate e in programma nel I Circondario sono le seguenti.

- A Baùra è stato portato a regime il nuovo impianto idrovoro: conseguentemente la portata del complesso delle pompe installate presso tale nodo è stato aumentato 3 a 17 m³/s.

- L'impianto idrovoro Valletta è stata adeguata in modo che possano entrare in funzione contemporaneamente entrambe le pompe installate; quindi la portata è stata aumentata da 0,3 a 0,4 m³/s. Per l'ulteriore miglioramento delle condizioni di scolo in quest'area è imminente la realizzazione di un'arginatura a protezione del sottobacino servito dall'idrovora, ed è allo studio anche la creazione di una cassa di espansione.

- L'impianto idrovoro Betto è stata potenziata di 2 m³/s, quindi la portata è passata da 5,5 a 7,5 m³/s. Su questo impianto gravita la nuova zona commerciale di Via Eridano, fino al casello di Ferrara Nord, e parte dell'area della Piccola Media Industria di Mizzana; potenziato, tale impianto potrà risolvere il problema dei ricorrenti allagamenti causati dalla tracimazione di acque "bianche" e "nere" (l'area non è ancora servita da un efficiente sistema fognario).

- E' inoltre in fase di costruzione un nuovo impianto idrovoro per sollevare e riversare nel Canale Boicelli parte delle acque del Canale Cittadino (fino a $6 \text{ m}^3/\text{s}$, con una prevalenza di $1,5$); esso consentirà il miglioramento delle condizioni di scolo di un settore dell'area della Piccola Media Industria e della prima parte della zona commerciale di Via Eridano, migliorerà la situazione del Canale Gramicia, che attualmente convoglia tutte le acque del Cittadino, e di conseguenza renderà disponibile un più ampio "margine" di potenzialità all'Impianto di Baùra.

- Nel quadro di questi interventi sul sistema di scolo nei bacini a monte del Boicelli è stata inoltre acquisita alla rete consortile e completamente risagomata la Fossa Crespana, che permette di mettere in comunicazione il Canale Nicolino con il Canal Bianco.

- Nello stesso contesto è anche prevista per il 2004-2005 la costruzione di un impianto idrovoro a Pontelagoscuro, per sollevare e riversare fino a $6-8 \text{ m}^3/\text{s}$ dal bacino Nicolino nel Boicelli (progetto ancora non finanziato). Come già detto lo Scolo Nicolino attualmente sottopassa in botte il Canale Boicelli per continuare poi nella Fossa Lavezzola: in occasione del nubifragio del maggio 1996, essendo già alto il livello della Fossa Lavezzola, la botte ha rigurgitato le acque del Nicolino.

- E' inoltre previsto il rivestimento in calcestruzzo armato dei tratti terminali del Canal Bianco e del Canale Cittadino, per adeguare la loro scabrosità alle rinnovate condizioni della rete, ossia all'accelerazione imposta alle acque dall'aumentata potenza delle idrovore, e si dovrà prevedere la ricalibratura del tratto terminale del Canale Nicolino (prima dell'impianto idrovoro da realizzare), per eliminare il "collo di bottiglia" determinato dal tombinamento del canale all'interno del recinto degli impianti ACOSEA.

Gli interventi per migliorare la rete idraulica nel territorio del Consorzio Valli di Vecchio Reno sono i seguenti.

A monte del territorio comunale

- la sistemazione del Condotto Generale (nel Centese, e soprattutto come canale di scolo)
- la sistemazione della sponda sinistra del Canale di Cento (Poatello) a Vigarano Pieve: la sponda sinistra sarà consolidata mediante la costruzione di una palancolata
- il potenziamento dell'impianto idrovoro Torniano - già effettuato - non in termini di aumento della portata dell'idrovora, ma di garanzia di funzionamento (è stata installata una nuova riserva termica)

Nel territorio comunale è stata recentemente attuata:

- la sistemazione della rete di scolo nella Sammartina, per risolvere le principali condizioni di sofferenza idraulica a sud della città. Per anni questa zona è stata affetta da problemi, specie alla rete di scolo, a causa dello sviluppo della città; l'impianto idrovoro. Torre Fossa è stato a tale fine potenziato raddoppiandone la portata (da $1,5$ a $3 \text{ m}^3/\text{s}$). Al fine di laminare le piene, è inoltre in progetto la realizzazione di alcune vasche di espansione.

Sempre nel territorio comunale, sono inoltre in via di realizzazione:

- la ristrutturazione del bacino di Porotto, che verrà portato a scolare nel Paotello a monte di Porotto (con inversione della direzione delle acque nello scolo Ladino)
- la costruzione di un impianto idrovoro scolmatore a S. Nicolò, che solleverà nel Primaro le acque in eccesso dello Scolo Principale. Le rimanenti acque continueranno a sottopassare in botte l'alveo del Primaro per poi defluire nel Nuovo Scolo, che le convoglia nel Circondariale
- il risonamento dello Scolo Parziale (l'alveo e il livello delle acque verranno abbassati di un metro) e dello Scolo Livelli

Con questi ultimi due interventi dovrebbero essere risolte gran parte delle condizioni di sofferenza finora registrate nei bacini di Vallicelle e Valliprove.

E' inoltre prevista:

- la sistemazione dell'alveo dello Scolo Principale e della Fossa Cembalina (si tratta di lavori di manutenzione straordinaria mirati al recupero della loro officiosità idraulica).

Permarrebbero condizioni di sofferenza per S. Bartolomeo, che però fondamentalmente non dipendono da insufficienze dalla rete consorziale, ma dal fatto che le acque fognarie di tale centro abitato attualmente afferiscono allo scolo Cervella, il quale è troppo alto per riceverle. Una soluzione potrebbe essere rappresentata dalla costruzione di un nuovo canale per portare tali flussi nel Primaro.

E' stata anche segnalata la necessità di realizzare:

- la risistemazione dell'alveo del Po di Primaro, per rendere possibile il recupero della sua officiosità idraulica.
- il potenziamento dell'I.I. Buttifredo e la soluzione dei problemi di scolo che permangono nei territori serviti dallo Scolo Civetta.

Nel territorio del II Circondario, le opere idrauliche deputate all'allontanamento ed alla regimazione delle acque che insistono sulla Fossa Masi sono state nel più recente passato, oggetto di sensibili adeguamenti, sia strutturali che dimensionali: si è proceduto ad incrementare l'alveo delle linee nonché ad "aumentare" le sezioni fluenti dei manufatti. Si può pertanto ritenere, in linea generale, che i relativi bacini presentino accettabili margini di difesa idraulica.

Nei bacini Fossa di Porto T.A., Montesanto e Campocieco, invece, le condizioni di tutela, a fronte di significativi eventi meteorici, risulta ben diversa e meno favorevole. In nessuno di questi ambiti infatti, è stato possibile, per carenza di finanziamenti, adeguare quelle strutture idrauliche che risalendo, come manutenzione straordinaria, agli anni '60-'70, risultano oggi manifestamente deficitarie. In tali aree piogge poco più che ordinarie creano evidenti condizioni di difficoltà con conseguenti elevati pericoli di allagamento per comparti agricoli, infrastrutture ed aree urbane.

Un particolare riferimento, in merito alle condizioni idrauliche generali, non può non essere dedicato al bacino di S. Antonino T.B. Qui, buona parte della costruzione del nuovo Polo Ospedaliero, è avvenuta senza aver precedentemente verificato la possibilità di drenaggio del piano terra in riferimento alle condizioni di esercizio dall'impianto idrovoro di S. Antonino. In questi mesi il Consorzio ha avviato e quasi completato la progettazione degli interventi di adeguamento di canali, manufatti e impianto in ordine al nuovo assetto che la costruzione del Polo conferirà al bacino.

E' in corso anche il potenziamento dell'impianto idrovoro di Benvignante (fino a $7,8 \text{ m}^3/\text{s}$).

E' inoltre in fase di approvazione il progetto per il rizezionamento del Canale Circondariale, che comporterà anche, in vari tratti, l'innalzamento delle attuali arginature.

Il Consorzio del II Circondario ha inoltre segnalato la necessità di realizzare una risistemazione dell'alveo del Nuovo Scolo (si tratta soprattutto di lavori per la sistemazione delle sponde, mirati soprattutto alla possibilità di invasare più acqua per scopi irrigui; ovviamente una migliore officiosità e stabilità dell'alveo porterebbe anche ad un miglior funzionamento di questa linea anche come canale di scolo).

4.7 - Carte della pericolosità da allagamento da canali

Tra le ragioni di criticità viste, alcune rivestono carattere di sistematicità: varie aree erano infatti già state segnalate come affette da difficoltà di scolo nella carta realizzata nel 1974 per il PRG del 1975 e nella carta realizzata nel 1994 per il PRG del 1995; molte aree interessate da allagamenti nel corso dell'anno considerato erano già state oggetto di allagamenti precedenti o successivi.

Sono state quindi realizzate tre carte: le prime due seguono un criterio storico, in quanto rappresentano la memoria di ciò che si era previsto e di ciò che è successo in passato; la terza applica invece il criterio di gravità alla situazione odierna, in quanto gradua, nelle varie parti del territorio, il livello di pericolosità attuale. Essa è riferita, dal punto di vista temporale, al momento del completamento degli eventuali interventi migliorativi finora finanziati. Quindi la carta considera oltre agli interventi già realizzati, gli interventi in corso nonché gli interventi progettati e finanziati; tiene altresì conto dei benefici che si ripercuotono nel territorio comunale intervenendo in zone della rete anche esterne al territorio stesso.

Le suddette tre carte sono infatti basate sulle seguenti legende.

1° CARTA - Aree segnalate nei precedenti PRG

Aree segnalate come allagabili nel 1974

Aree segnalate come allagabili nel 1994

2° CARTA - Aree allagatesi nell'anno campione (1996) e durata dell'allagamento

Evento di Maggio

Aree rimaste allagate per meno di 2 giorni

Aree rimaste allagate fra i 2 e i 4 giorni

Aree rimaste allagate per oltre 4 giorni

Evento di Dicembre

Aree rimaste allagate per meno di 2 giorni

Aree rimaste allagate fra i 2 e i 4 giorni

Aree rimaste allagate per oltre 4 giorni

3° CARTA - Situazione attuale - classi di gravità

(l'ordine delle classi è quello di gravità crescente)

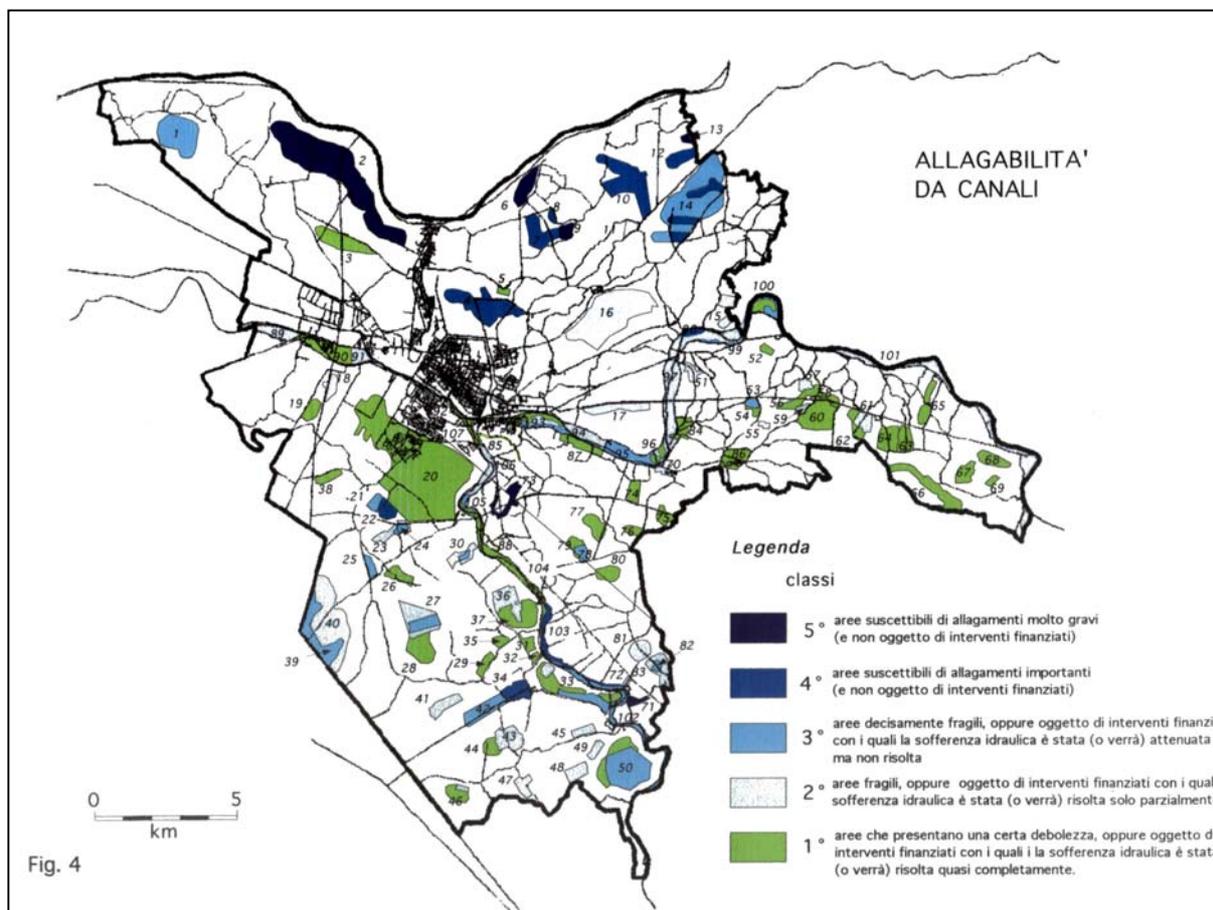
1° classe - Aree che presentano una certa debolezza, o oggetto di interventi finanziati con i quali la sofferenza idraulica è stata (o verrà) risolta quasi completamente

2° classe - Aree fragili, o oggetto di interventi finanziati con i quali la sofferenza idraulica è stata (o verrà) risolta solo parzialmente

3° classe - Aree decisamente fragili, o oggetto di interventi finanziati con i quali la sofferenza idraulica è stata (o verrà) solo attenuata, ma non risolta

4° classe - Aree suscettibili di allagamenti importanti (e non oggetto di interventi finanziati)

5° classe - Aree suscettibili di allagamenti molto gravi (e non oggetto di interventi finanziati).



Ovviamente la terza carta è un documento di validità temporale limitata, e sarà continuamente da aggiornare; tale limitazione, d'altronde, è in linea con il carattere di documentazione in continuo aggiornamento proprio del PSC.

Nel seguito vengono dettagliatamente descritte le ragioni che, nella terza carta, hanno portato a classificare varie aree del territorio nelle rispettive classi di pericolosità.

Alla lettura dei tale carta, per il corretto "governo" del territorio Comunale, vanno anteposte, comunque, due premesse fondamentali:

- tutto il territorio comunale è da considerare suscettibile di allagamento da canali, in caso di eventi eccezionali
- nonostante il dettaglio delle indagini eseguite, resta comunque necessario, anche in ragione dell'intensificarsi in termini di frequenza e gravità degli eventi meteorologici avversi, che nella formulazione dei piani di espansione urbanistica vengano coinvolti, per quanto di competenza, i consorzi di bonifica, unici conoscitori delle caratteristiche puntuali, delle carenze, potenzialità e possibilità di miglioramento delle varie zone in materia di difesa dagli allagamenti da canali.

4.8 Elenco delle aree soggette a pericolosità da allagamento da canali, relativi bacini e classi

1° Circondario

1 - Area della Valletta - Sottobacino del bacino del Betto - Nonostante il potenziamento dell'impianto idrovoro di presollevarimento, permangono difficoltà di scolo in caso di forti piogge durante il periodo irriguo, soprattutto perché l'irrigazione dal canale Nicolino è attuata per ricollo: è ora prevista (ma non ancora del tutto finanziata), per i fini irrigui, l'alimentazione del canale Nicolino da monte, mediante l'adeguamento dell'Allacciante Zambotta (con acquisizione anche di canali privati); verrà intanto realizzata con fondi del Consorzio un'arginatura perimetrale a miglior protezione dell'area sotto idrovoro

- classe 3°

2 - Bacino del Nicolino - E' tutta un'area che resta suscettibile di notevoli allagamenti, finché non verranno realizzati l'impianto idrovoro di sfioro nel canale Boicelli e l'adeguamento del tratto finale del canale Nicolino interno al perimetro ACOSEA (interventi non ancora finanziati)

- classe 5°

3 - Casaglia - Area Grill Autostradale - Ricade entro il bacino del Betto - Nonostante gli adeguamenti effettuati sulla rete, mantiene una certa debolezza, essendo piuttosto depressa

- classe 1°

4 - Barco - E' un'area complessa che rientra per lo più nel sottobacino del Barco, tributario del bacino Romanina - L'impianto idrovoro di presollevarimento ha solo attenuato ma non risolto le locali condizioni di sofferenza idraulica; per ora non sono previsti interventi di miglioramento

- classe 3°

5 - Area Barco N - Bacino Romanina - Si tratta di una piccola depressione in fregio al Canal Bianco, che talvolta si allaga

- classe 1°

6 - Area tra Francolino e il Po - Bacino Romanina - E' una depressione locale ove risulta indispensabile ristrutturare il sistema fognario, che è stato immesso nei canali di scolo

- classe 5°

7 - 8 - Aree tra Francolino e La Pavonara - Bacino Romanina - Si tratta di due aree ove le condizioni di sofferenza idraulica potranno essere totalmente o parzialmente risolte quando la fossa Lavezzola verrà svincolata dal canale Nicolino (con la costruzione del suddetto impianto idrovoro sul Boicelli - intervento ancora non finanziato)

- classe 4°

9 - La Pavonara - Bacino Romanina - Immediatamente a valle delle aree precedenti, è una depressione locale, chiusa tra vari rilevati, che si allaga spesso, e che necessiterebbe di interventi appositi, non ancora previsti

- classe 5°

10 - Area tra il Canal Bianco e Pescara - Bacino Romanina - Anche per quest'ampia area (allagatasi però solo nel '96 e in periodo irriguo) le condizioni di sofferenza idraulica potranno essere totalmente o parzialmente risolte quando la fossa Lavezzola verrà svincolata dal canale Nicolino

- classe 4°

11 - Ca' Olmo - Bacino Romanina - Si tratta di un'altra piccola depressione in fregio al Canal Bianco, che qualche volta si allaga

- classe 2°

12 - Area a S-E di Fossa d'Albero - Bacino Romanina - Anche per quest'area (allagatasi solo nel '96 e in periodo irriguo) le condizioni di sofferenza idraulica potranno essere notevolmente alleggerite quando la fossa Lavezzola verrà svincolata dal canale Nicolino

- classe 4°

13 - Vasche - Bacino Romanina - Si tratta di un'altra piccola depressione (zona di ex cave) che necessiterebbe di interventi appositi, non ancora previsti

- classe 5°

14 - Aree orientali tra il Canal Bianco e la Fossetta Valdalbero - Bacino Romanina - E' un'altra ampia depressione chiusa tra dossi, che si allaga spesso, nonostante gli interventi di miglioramento della rete realizzati a monte (con svincolo del tratto orientale della Fossetta Valdalbero):

- classe 3°

- classe 4° per le aree allagatesi in particolare nel 1996, che sono le più sofferenti.

15 - Aree a E di Baura - Bacino Romanina - Si tratta due aree interne ad una depressione locale chiusa tra ampi dossi, che si allagano raramente

- classe 2°

16 - Area a S di Boara - Bacino di Baura - Si tratta di un'ampia depressione, chiusa tra alti dossi, ove però le condizioni di sofferenza idraulica verranno notevolmente alleggerite con il completamento della rete che fa capo all'impianto idrovoro di Baura 2 (intervento in corso)

- classe 2°

17 - Area a S della Rossonia - Bacino di Baura sottobacino Sàndola - E' una fascia che mantiene una certa fragilità, nonostante la realizzazione dell'idrovoro di presollevarmento Sàndola; per quest'area le condizioni di sofferenza idraulica potranno essere totalmente risolte con la prevista realizzazione di una nuova idrovoro sullo scolo Sconsuro che versi direttamente nel Diversivo del Volano (presso la Botte Sconsuro).

- classe 2°

Valli di Vecchio Reno

18 - Località La Bianchina - Bacino di Porotto - Si tratta di un'area ove vi sono problemi nella rete aziendale (gli allagamenti sono imputabili principalmente alle condizioni dei fossi privati)

- classe 2°

19 - Località La Crispa - Bacino di Porotto - E' segnalata come un'area che può presentare problemi, essendo compresa tra il dosso del Vecchio Reno e i terrapieni della via Catena e dell'autostrada

- classe 1°

20 - Area della Sammartina a nord dello Scolo Civetta e della Superstrada - Bacino Sammartina e sottobacino di Torre Fossa - E' un'ampia area oggetto di vari interventi realizzati e in corso, che dovrebbero risolvere i problemi di scolo presentati in passato; va comunque considerata - per la sua stessa forma - alla stregua di area da trattare con riguardo

- classe 1°

21 - Area tra Scolo Civetta, Porrettana e superstrada, parte occidentale - Bacino Sammartina - Presenta una discreta pendenza ma tende ad allagarsi; non è oggetto di interventi

- classe 3°

22 - Area tra Scolo Civetta, Porrettana e superstrada, parte orientale - Bacino Sammartina - Riceve le acque dalla precedente, presenta una pendenza più debole e quindi si allaga più spesso; si sta studiando la possibilità di portare le acque di quest'area (e della precedente) all'impianto idrovoro di Torre Fossa, costruendo una botte sotto lo scolo Civetta

- classe 4°

23 - Area della Sammartina a ridosso della superstrada - Bacino Sammartina - E' già stata soggetta ad allagamenti (una volta nel 1996)

- classe 2°

24 - Area della Sammartina a ridosso della superstrada - Bacino Sammartina - E' stata soggetta ad allagamenti (due volte nel 1996)

- classe 3°

- 25 - Bastia** - Bacino della Sammartina, sottobacino del Butifredo - E' la piccola area compresa tra il dosso del Vecchio Reno, il dosso della Bastia e l'argine di San Martino, servita dalla pompa idrovora di presollevarmento Buttifredo, che però ha solo alleviato ma non risolto i problemi di scolo (dovrà essere potenziato)
- classe 3°
- 26 - Penavara** - Bacino Oppio - E' segnalata come un'area che può presentare problemi
- classe 1°
- 27 - Cognòla** - Bacino Oppio - E' un complesso di terreni relativamente depressi, che si sono allagati anche nel 1996:
- classe 2° per quelli allagatisi una sola volta
- classe 3° per quelli allagatisi due volte
- 28 - Cognòla** - Bacino Oppio - E' la parte più meridionale dell'area suddetta, che è comunque segnalata come area debole
- classe 1°
- 29 - La Pandolfina** - Bacino Oppio - Si tratta di un'altra area debole, che ha registrato un lieve allagamento nel 1996; è servita a gravità dalla fossa Pandolfina, confluyente nello scolo Bosco, a sua volta confluyente nello scolo Oppio.
- classe 1°
- 30 - Fossanova S. Biagio** - Bacino Oppio - E' stata soggetta ad allagamenti nel 1996
- classe 2° per l'area allagatasi una volta
- classe 3° per l'area allagatasi due volte
- 31 - La Crocetta** - Bacino Oppio - Rientra nella depressione compresa tra il dosso del Primaro e l'Argine del Duca, servita dallo scolo Oppio, pure soggetta a saltuari allagamenti in caso di forte piovosità (come nel 1996)
- classe 1°
- 32 - La Barchessa** - Bacino Oppio - Si tratta della parte più meridionale della stessa depressione, non allagatasi nel 1996 ma che presenta comunque una certa debolezza
- classe 1°
- 33 - Area tra S. Bartolomeo e Marrara** - Bacino Oppio - E' un'altra lunga depressione chiusa tra il dosso del Primaro e l'Argine del Duca, soggetta ad allagamenti in caso di forte piovosità
- classe 2° per l'area allagatasi una volta nel 1996
- classe 3° per l'area più meridionale, a ridosso dell'Argine del Duca (allagatasi più volte anche nel 1996)
- classe 1° per la parte restante della depressione
- 34 - S. Bartolomeo in Bosco, parte orientale** - Bacino Oppio - Gli allagamenti sono dovuti al fatto che le fognature sono state immerse nel Riazzo Cervella; questo è piuttosto alto e soprattutto può raggiungere notevoli portate proprie, nel qual caso non riesce più a raccogliere le acque fognarie, o addirittura scolma nelle fognature. E' un problema che va risolto con l'ACOSEA; il Consorzio è orientato per uno scarico diretto in Primaro
- classe 4°
- 35 - Il Poggetto sud** - Bacino Oppio, sottobacino di S. Egidio - Si tratta di un'area servita dall'impianto idrovoro di presollevarmento S. Egidio; non si è allagata nel 1996 ma è da tempo segnalata come area debole
- classe 1°
- 36 - S. Egidio nord** - Bacino Oppio, sottobacino di S. Egidio - Si tratta di una parte della depressione compresa tra il dosso del Primaro e l'Argine del Duca che è servita dell'impianto idrovoro di presollevarmento S. Egidio; resta soggetta a saltuari allagamenti in caso di forte piovosità (come nel 1996)
- classe 2°
- 37 - S. Egidio sud** - Bacino Oppio, sottobacino di S. Egidio - Si tratta della parte più meridionale della stessa depressione, servita dell'impianto idrovoro di presollevarmento S. Egidio; non si è allagata nel 1996 ma presenta comunque una certa debolezza
- classe 1°
- 38 - La Canonica** - Bacino della Cembalina - E' un'area compresa tra terrapieni (stradale, ferroviario e autostradale) e, come la precedente, è segnalata come suscettibile di problemi di drenaggio
- classe 1°

39 - La Stanga - Bacino della Cembalina, sottobacino del Torniano - Fa parte di un'ampia e profonda depressione, che si sviluppa soprattutto nel territorio di Poggio Renatico, servita dall'impianto idrovoro di presollevarmento Torniano, recentemente potenziato (non in termini di aumento di portata ma di garanzia di funzionamento, con l'installazione di una nuova riserva termica e di uno sgrigliatore automatico); è anche stato parzialmente finanziato il risezionamento dello Scolo Principale e della Cembalina. In ogni caso questi interventi non potranno risolvere totalmente il problema nei momenti di piovosità eccezionale (tracimano anche i fossi di gronda), e in particolare nel periodo irriguo

- classe 3°

40 - Area tra Torre dell'Uccellino e Montalbano - Bacino della Cembalina - E' la fascia più elevata, verso N.E., della suddetta depressione, e ricade in gran parte nel sottobacino del Torniano: è classificabile come un'area fragile

- classe 2°

41 - S. Elena - Bacino del Nuovo Scolo - Ricade nell'ampia depressione compresa tra la Sgarbata e la Cembalina, ove, per i terreni più direttamente serviti dallo scolo Parziale, di cui è in corso il risezionamento (con abbassamento del franco di bonifica di 1 m) si possono considerare risolti i problemi di drenaggio fin qui incontrati; questa però è un'area servita dallo scolo Livelli (tributario dello scolo Parziale) non ancora oggetto di lavori, e quindi può ancora subire qualche allagamento (come è avvenuto nel 1996)

- classe 2°

42 - S. Bartolomeo in Bosco, parte occidentale - Bacino del Nuovo Scolo - Presenta gli stessi problemi della parte orientale di S. Bartolomeo (vedi 34), ma un po' meno accentuati

- classe 3°

43 - Vallone - Bacino del Nuovo Scolo - Anche qui si tratta di un'area a nord della Cambalina e non direttamente servita dallo scolo Parziale: può ancora subire qualche lieve allagamento

- classe 2° per la parte allagatasi nel 1996

44 - Vallone - Bacino del Nuovo Scolo - Si tratta dell'area adiacente, a ovest, segnalata come area debole

- classe 1°

45 - Marrara - Bacino del Nuovo Scolo - Fa parte di un territorio a nord della Cambalina servito da canali che portano alla Botte di S. Nicolò, ove è già stata finanziata la costruzione di un impianto idrovoro per riversare le acque anche nel Po di Primaro; poiché di questi lavori è stato finanziato solo il primo lotto, i problemi di scolo si possono considerare risolti solo parzialmente

- classe 2°

46 - Il Serraglio - Bacino del Nuovo Scolo - Si tratta di una depressione locale a sud della Cambalina, che può ancora subire qualche allagamento

- classe 2° per la parte allagatasi nel 1996

- classe 1° per quella adiacente, a S.W., segnalata come area debole

47 - 48 - 49 - Valliprove - Bacino del Nuovo Scolo - Si tratta di tre aree allagatesi nel dicembre 1996, che fanno parte della depressione di Valliprove, a sud della Cembalina, scolanti in direzione della Botte di S. Nicolò e del nuovo impianto idrovoro di cui è stato finanziato solo il primo lotto; i problemi di scolo si possono considerare risolti solo parzialmente

- classe 2°

50 - Valliprove, parte orientale - Bacino del Nuovo Scolo - E' la più profonda depressione di tutta la fascia di territorio a occidente del Primaro, ed è sempre stata soggetta ad allagamenti; scola in direzione della Botte di S. Nicolò, e del nuovo impianto idrovoro di cui è stato finanziato solo il primo lotto; anche qui, i problemi di scolo si possono quindi considerare risolti solo parzialmente

- classe 3° per l'area che ha registrato più frequenti allagamenti (anche nel 1996)

- classe 1° per le fasce marginali settentrionale e occidentale, un po' più alte, che si possono comunque considerare aree deboli.

2° Circondario

51 - Contrapò - Bacino Masi T.A. - E' un'area dove, in caso di precipitazioni di intensità medio-alta, si possono verificare allagamenti di considerevole durata, anche superiore alle 24 ore; un aggravio è costituito dalle acque meteoriche che giungono dall'abitato di Codrea

- classe 2°

- 52 - Borgo di Viconovo** - Bacino Masi T.A. - Si tratta di un'area di limitata estensione, che si è allagata nel maggio 1996
- classe 1°
- 53 - Possessione Vigna** - Bacino Masi T.A. - Si tratta di un'area leggermente depressa, compresa tra rilevati, da considerare decisamente fragile
- classe 3°
- 54 - Possessione Vigna** - Bacino Masi T.A. - E' costituita dai terreni adiacenti, a S.W., e va segnalata come area debole
- classe 1°
- 55 - Possessione Sabbioni** - Bacino Masi T.A. - Si tratta di un'area che presenta difficoltà di scolo dovute ad una scarsa manutenzione da parte delle ditte preposte alla gestione della rete di scolo interaziendale
- classe 2°
- 56 - Possessione Santissimo** - Bacino Masi T.A. - E' l'area interessata dalla strada comunale Via delle Streghe, strada che costituisce un compluvio per i terreni agricoli circostanti. La canalizzazione aziendale e il fosso di guardia della strada devono ritenersi insufficienti e scarsamente mantenuti
- classe 3° per la Via delle Streghe e i terreni immediatamente adiacenti
- classe 1° per la fascia a sud e a est, fino alla Rossonia
- 57 - Casale Raspi** - Bacino Masi T.A. - E' un'area problematica, che si è allagata anche nel dicembre 1996
- classe 2°
- 58 - Pacchenia N.W.** - Bacino Masi T.A. - Si tratta dei terreni immediatamente a sud dell'area precedente, fino alla Rossonia, che si sono allagati nel maggio 1996
- classe 1°
- 59 - Pacchenia ovest** - Bacino Masi T.A. - E' un'altra area problematica, allagata nel maggio 1996
- classe 2°
- 60 - Pacchenia sud** - Bacino di Denore - E' una vasta area a sud della Rossonia, presso Pacchenia, allagata nel maggio 1996
- classe 1°
- 61 - S. Carlo** - Bacino di Denore - E' un'area compresa tra rilevati, fra la Rossonia e la Fossa dei Masi
- classe 2°
- 62 - S. Carlo ovest** - Bacino di Denore - Si tratta dei terreni a S.W. dell'area precedente, che si sono parzialmente allagati nel maggio 1996
- classe 1°
- 63 - Corte Buzzoni** - Bacino di Denore - E' un'altra area problematica a sud della Rossonia
- classe 2°
- 64 - P.te Facchini** - Bacino di Denore - Si tratta di una vasta plaga a ovest dell'area precedente, che si è parzialmente allagata nel maggio 1996
- classe 1°
- 65 - Borgata l'Olmo** - Bacino di Denore - Si tratta di due aree comprese tra Denore e la Rossonia, allagatesi una nel maggio, l'altra nel dicembre del 1996
- classe 1°
- 66 - P.te Assa** - Bacino di Denore - E' una fascia di terreni particolarmente depressi, a est di Masi Torello, che hanno subito vari allagamenti nel 1996
- classe 1°
- 67 - La Bassa** - Bacino di Denore - Si tratta un'altra depressione locale a nord della precedente, che si è allagata nel maggio 1996
- classe 1°
- 68 - Possessione Cavedagne** - Bacino di Denore - E' un'altra area problematica a sud della Rossonia, che ha subito allagamenti nella primavera e nell'autunno del 1996
- classe 1°

- 69 - Possessione Mandriazza** - Bacino di Denore - E' un limitato complesso di campi a ovest di Parasacco, che si sono allagati nel maggio 1996
- classe 1°
- 70 - Cona** - Bacino Sant'Antonino T.A. - Nella fascia compresa tra la Strada Provinciale e la massicciata della ferrovia Ferrara-Codigoro, la rete dei canali è ormai inadeguata e spesso si producono allagamenti
- classe 2°
- 71 - Monestirolo** - Bacino Sant'Antonino T.A. - Zona relativa alla borgata denominata "Gattamarca". I gravi problemi di scolo sono causati da una serie di linee scolanti non demaniali fortemente deficitarie
- classe 5°
- 72 - Monestirolo** - Bacino Sant'Antonino T.A. - Difficoltà di scolo dovute a canali non demaniali, in attraversamento della "variante" della S.S. 16
- classe 2°
- 73 - Fossanova S. Marco** - Bacino Sant'Antonino T.A., sottobacino Valcore - E' il complesso dei terreni più depressi adiacenti allo svincolo tra la S.S. 16 e la Superstrada Ferrara-Mare, compresi nel sottobacino servito dall'impianto di presollevarmento Valcore: la rete dei canali non è ancora adeguata e gli allagamenti sono pressoché sistematici
- classe 5°
- 74 - Cona Nuovo Ospedale di Ferrara** - Bacino Sant'Antonino T.B. - In questa zona, già di per se' fragile, il reticolo scolante non risulta oggi in grado di sopportare gli aggravi di portate connessi alla urbanizzazione, ma sono in corso interventi che dovrebbero risolvere il problema
- classe 1°
- 75 - Cona sud** - Bacino Sant'Antonino T.B. - Si tratta di un'area a ridosso della superstrada, già segnalata come fragile e che si è in parte allagata sia nella primavera che nell'autunno del 1996
- classe 1°
- 76 - Cà Cavalleria** - Bacino Sant'Antonino T.B. - Si tratta di un'altra area che si è in parte allagata nel dicembre 1996
- classe 1°
- 77 - Palmirano ovest** - Bacino Sant'Antonino T.B. - E' un'area a ridosso del canale Spino-Gnoli, allagatasi nel dicembre 1996
- classe 1°
- 78 - Gaibanella Stazione Ferroviaria** - Bacino Sant'Antonino T.B. - Area tributaria del condotto Pallarano, che con piogge di media intensità presenta forti difficoltà di scolo; si è infatti allagata sia nella primavera che nell'autunno del 1996
- classe 3°
- 79 - Gaibanella Possessione S. Vito** - Bacino Sant'Antonino T.B. - E' l'area adiacente a quella sopracitata, a nord, che si è parzialmente allagata nel 1996
- classe 1°
- 80 - Palmirano Ca' dei Prati** - Bacino Sant'Antonino T.B. - E' un complesso di terreni a ridosso della ferrovia Ferrara-Ravenna, che si è allagato nel dicembre 1996
- classe 1°
- 81 - Prati di Monestirolo** - Bacino Sant'Antonino T.B. - E' un'area problematica, che si è allagata anche nel dicembre del 1996
- classe 2°
- 82 - Monestirolo Prà dell'Albero** - Bacino Sant'Antonino T.B. - E' un'altra fragile, che si è allagata due volte nel 1996
- classe 2°
- 83 - Monestirolo Possessione Bardella** - Bacino Sant'Antonino T.B. - E' la parte più problematica dell'area precedente: si è infatti allagata sia nella primavera che nell'autunno del 1996
- classe 3°

Nella parte del territorio comunale ricadente nel 2° Circondario si possono infine segnalare alcune situazioni che potrebbero dar luogo a difficoltà di scolo non particolarmente gravi, ma comunque da tenere presenti (**classe 1°**).

84 - Codrèa - Bacino Masi T.A. - Il canale che attualmente riceve le fognature ed il depuratore di Codrea, condotto Gori, presenta all'origine dimensioni già da ora insufficienti

85 - S. Bartolo - Bacino Sant'Antonino T.A. - Il canale interessato è il condotto Misericordia, secondo ramo, affluente del Sant'Antonino T.A.. Attualmente esso riceve tutte le acque meteoriche delle varie urbanizzazioni che si sono succedute tra via Comacchio e la ferrovia Ferrara-Codigoro. La portata del canale è però insufficiente e si possono prevedere future esondazioni a ridosso di via Boschetto

86 - Quartesana - Bacino Masi T.A. e Campocieco - Nell'abitato si può segnalare qualche difficoltà legata al posizionamento dei recapiti fognari; alcune tracciati di scolo delle nuove lottizzazioni sfruttano linee interaziendali la cui manutenzione in futuro lascia notevoli dubbi.

87 - Cocomaro di Cona - Bacino Sant'Antonino T.B. - Fino ad oggi non sono stati registrati problemi idraulici nell'abitato, presumibilmente perché le lottizzazioni e gli insediamenti civili non hanno apportato grandi impermeabilizzazioni, ma la situazione potrebbe peggiorare.

88 - Fossanova San Marco - Bacino Sant'Antonino T.A. - La via Madonna della Neve, in coincidenza di precipitazioni medio-alte, fa registrare difficoltà di scolo causate dalla insufficiente e poco manutenzionata rete di scolo non demaniale.

Alvei dei principali collettori della rete di scolo:

Po di Ferrara - Po di Volano - Po di Primaro.

89 - Po di Ferrara - Tratto a W della S.S. 255 - E' un tratto a monte di varie strettoie, interessato dalle acque del Canale di Cento (e dei vari bacini in esso confluenti) e presenta golene piuttosto basse
- **classe 2°**

90 - Po di Ferrara - Tratto tra la S.S. 255 e la tangenziale W - Interessato dalle acque del Canale di Cento, presenta golene più alte, da tempo quasi totalmente urbanizzate, ma conserva comunque una certa fragilità
- **classe 1°**

91 - Po di Ferrara - Tratto tra la tangenziale W e il ponte ferroviario - In questo tratto si produce la confluenza tra Canale di Cento, Emissario di Burana e Boicelli; in momenti particolarmente critici può essere interessato da portate superiori a 70 m³/s, ed è a monte della strettoia costituita dal ponte ferroviario
- **classe 2°**

92 - Po di Ferrara - Po di Volano - Tratto cittadino tra il ponte ferroviario e Borgo Marighella - Interessato dalle acque del Canale di Cento, dell'Emissario di Burana, del Boicelli e del Po di Primaro, presenta una notevole capacità, ma conserva comunque una certa fragilità
- **classe 1°**

93 - Po di Volano - Golena a est di Villa Fulvia - Si tratta della più estesa golena del tratto sopracitato.
- **classe 3°** per le parti più depresse, quasi a ridosso della Via Comacchio
- **classe 2°** per la parte centrale, relativamente meno depressa

94 - Po di Volano - Tratto di Cocomaro - Qui il Volano ha perduto le portate convogliate dal Diversivo e presenta anche una notevole capacità
- **classe 1°**

95 - Po di Volano - Tratto tra Cocomaro e il ponte di Cona - E' il tratto ove vengono scaricate le acque dell'impianto idrovoro S. Antonino (e quindi anche quelle provenienti dall'area del nuovo ospedale) ed è a monte della strettoia costituita dal ponte di Cona
- **classe 2°**

96 - Po di Volano - Golene di Cona - Si tratta di due aree golenali relativamente alte
- **classe 1°**

97 - Po di Volano - Tratto fra Cona e il meandro di Fossalta - L'alveo di piena continua a presentare una notevole capacità; presso Contrapò torna a convogliare le acque del Diversivo e riceve anche quelle degli idrovori di Baura

- classe 2°

98 - Po di Volano - Alveo ordinario e margine golenale di fronte a Baura - L'alveo ordinario del Volano (che qui coincide con l'idrovia) è direttamente interessato dagli scarichi degli impianti idrovori di Baura; la golena è abbastanza alta, ma è investita, al piede, dagli scarichi degli impianti idrovori

- classe 4°

99 - Po di Volano - Golene di destra tra Contrapò e Fossalta - Il lembo della fascia golenale a ridosso dell'argine destro presenta quote particolarmente basse

- classe 3°

100 - Po di Volano - Meandro di Fossalta - La parte più interna del meandro del vecchio alveo (zona di point-bars) costituisce un territorio relativamente elevato

- classe 1°

101 - Po di Volano - Tratto fra Viconovo e Parasacco - L'alveo di piena presenta una discreta capacità, sia a monte che a valle della chiusa di Valpagliaro; a Parasacco è addirittura un paleoalveo, aggirato dal relativo drizzagno, ma è comunque contiguo al canale S. Nicolò-Medelana

- classe 2°

Poiché, in fase di scolo, il Po di Primaro funziona come affluente del Po di Volano, il suo alveo verrà analizzato da sud a nord. Il tratto a sud della chiusa di S. Nicolò non viene considerato in quanto non esercita importanti funzioni scolanti.

102 - Po di Primaro - Tratto tra la chiusa di S. Nicolò e Gaibana - E' un tratto a monte di varie strettoie, direttamente interessato da tutte le acque del bacino della Cembalina, e tra breve anche dalle acque riversate dalla nuova idrovora di S. Nicolò

- classe 3° per il tratto tra S. Nicolò e Monestirolo e per la golena ovest tra Monestirolo e Gaibana

- classe 4° per varie fasce della golena est tra Monestirolo e Gaibana, piuttosto depresse.

103 - Po di Primaro - Tratto di Gaibanella - In questo tratto si aggiungono le acque provenienti dall'idrovora S. Egidio

- classe 3° per la golena est particolarmente bassa

- classe 1° per la golena ovest generalmente più alta

104 - Po di Primaro - Tratto fra Gaibanella e Fossanova S. Biagio - L'alveo presenta una notevole capacità e le golene sono abbastanza alte

- classe 1°

105 - Po di Primaro - Ansa di Fossanova S. Marco - Anche qui le golene presentano quote variabili

- classe 3° per la golena est, fascia più vicina all'argine, particolarmente bassa

- classe 1° per le altre fasce golenali

106 - Po di Primaro - Tratto fra Fossanova S. Marco e il ponte della ferrovia Ferrara-Codigoro - Qui il Primaro riceve anche le acque provenienti dall'idrovora Torre Fossa; l'alveo di piena è ampio, ma caratterizzato da varie strettoie

- classe 2°

107 - Po di Primaro - Tratto fra il ponte della ferrovia Ferrara-Codigoro e il Po di Volano - E' il tratto più vicino alla confluenza nel Po di Volano, e può essere interessato da fenomeni di rigurgito, ma l'alveo ordinario è ampio e le golene sono alte

- classe 1°

4. 8 Bibliografia pericolosità allagamento canali

AA.VV., 1989 - Terre ed Acqua. Le bonifiche ferraresi nel delta del Po (a cura di A. M. Visser Travagli e G. Vighi), Amministrazione Provinciale di Ferrara, G. Corbo Ed.

BARTOLOMEI G., BONDESAN M., DAL CIN R., MASE' G., VUILLERMIN F. 1975. Studio geologico coordinato per la pianificazione territoriale del Comune di Ferrara. Mem. Soc Geol. It., vol. 14, pp.165-205, 14 ff., 7 tavv.

BONDESAN M., 1990 - L'area deltizia padana: caratteri geografici e geomorfologici. In "Il Parco del delta del Po" I sez., Spazio Libri Ed., Ferrara, pp.10-47.

BONDESAN M., MASE' G., 1980 - Indagini geologiche per la redazione di un progetto di gestione del territorio e delle risorse naturali della provincia di Ferrara. Relazione conclusiva.

BRUNETTI M., MANGERI M., NANNI T., 1999 - Climate variations in Italy in the last 130 years. Le pianure, Atti del Conv. di Ferrara del 9-10 Novembre 1999, pp. 54-55.

GIARI M., MORELLI B., ROVERSI R., 1998 - Le peculiarità del sottobacino Burana-Volano nell'ambito del grande bacino del Po. Ingegneri Architetti Costruttori, n. 593, Bologna, Ottobre 1998, pp. 557-558.

GIARI M., VALENTINI P., 1998 - Il Consorzio di Bonifica 1° Circondario Polesine di Ferrara. Ingegneri Architetti Costruttori, n. 593, Bologna, Ottobre 1998, pp. 559-562.

MORELLI B., TEBALDI G., 1998 - Il Consorzio di Bonifica 2° Circondario Polesine di S. Giorgio. Ingegneri Architetti Costruttori, n. 593, Bologna, Ottobre 1998, pp. 563-569.

PROVINCIA DI FERRARA, 2000 - Studio della rete idrografica di scolo della Provincia di Ferrara (a cura di S. Lovo), Provincia di Ferrara, Settore Ambiente e Pianificazione Territoriale.

ROVERSI R., 1998 - Il Consorzio di Bonifica Valli di Vecchio Reno. Ingegneri Architetti Costruttori, n. 593, Bologna, Ottobre 1998, pp. 571-578.

Cap. 5) QUADRO DELLA DISPONIBILITA' DI ACQUE SUPERFICIALI NEL TERRITORIO DEL COMUNE DI FERRARA

Ferrara, Gennaio 2003

5.1 - I fiumi

Il Po rappresenta la fonte di gran lunga più importante per l'approvvigionamento di acque superficiali per il territorio ferrarese, come per gran parte del territorio emiliano. E' infatti il solo fiume della Regione in grado di assicurare portate adeguate, anche nei periodi siccitosi.

Come è noto, si tratta di un fiume a regime misto, grazie al fatto che raccoglie le acque sia dal versante alpino che da quello appenninico. Gli affluenti alpini sono per lo più caratterizzati da regimi nivo-glaciali, quelli appenninici da regimi pluviali.

Il Po, d'altronde, varia notevolmente il suo regime, procedendo da monte a valle; verso la sezione di chiusura, convenzionalmente posta a Pontelagoscuro, assume infatti un regime caratterizzato da massimi primaverili e autunnali (leggermente più elevato il secondo) e minimi invernali ed estivi (fig. 1);

il fatto che dei due minimi divenga più accentuato quello estivo, oltreché all'influenza dei fiumi appenninici, all'infiltrazione e all'evaporazione, è riconducibile al fatto che, sia al Po sia dai suoi maggiori affluenti, specialmente nel corso di pianura, vengono sottratti nella stagione estiva grandi quantità d'acqua per usi diversi.

Nella Fig. 2 vengono riportate le portate medie mensili alla sezione di Pontelagoscuro e il relativo grafico; praticamente definiscono il regime per tutto il tratto interessato dai prelievi destinati al territorio comunale di Ferrara. Alcuni fenomeni sopraggiunti nella seconda metà del XX secolo, fra cui la diminuzione delle portate in alcuni periodi di magra e il progressivo abbassamento del fondo del fiume, hanno fortemente ostacolato, come si vedrà in seguito, tali prelievi. Gli sforzi che si stanno compiendo oggi sono pertanto diretti a recuperare le possibilità di prelievo convenzionate; appare tuttavia necessario progettare anche un ulteriore aumento di tali prelievi.

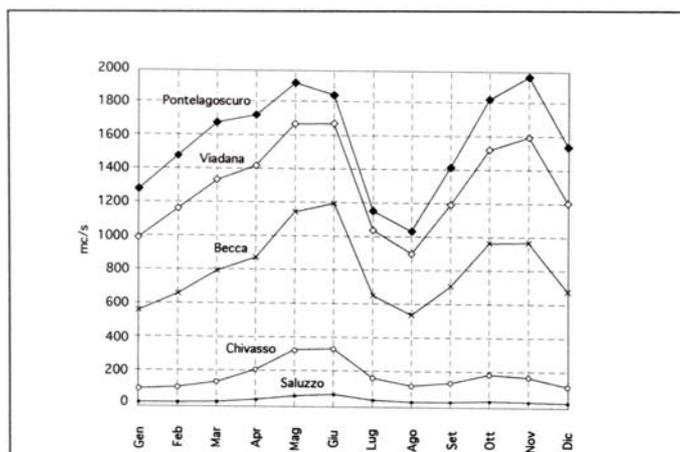


Fig. 1 - Variazione del regime del Po dall'uscita dal bacino montano a Pontelagoscuro

Stazione	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	anno
PO Pontelag.	1273	1476	1672	1718	1909	1839	1150	1029	1412	1819	1951	1536	1565

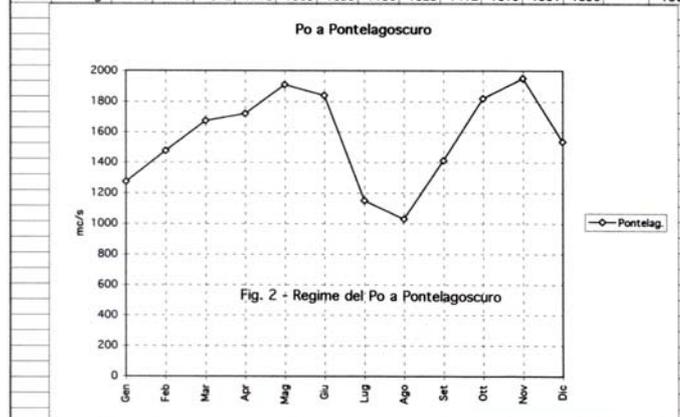
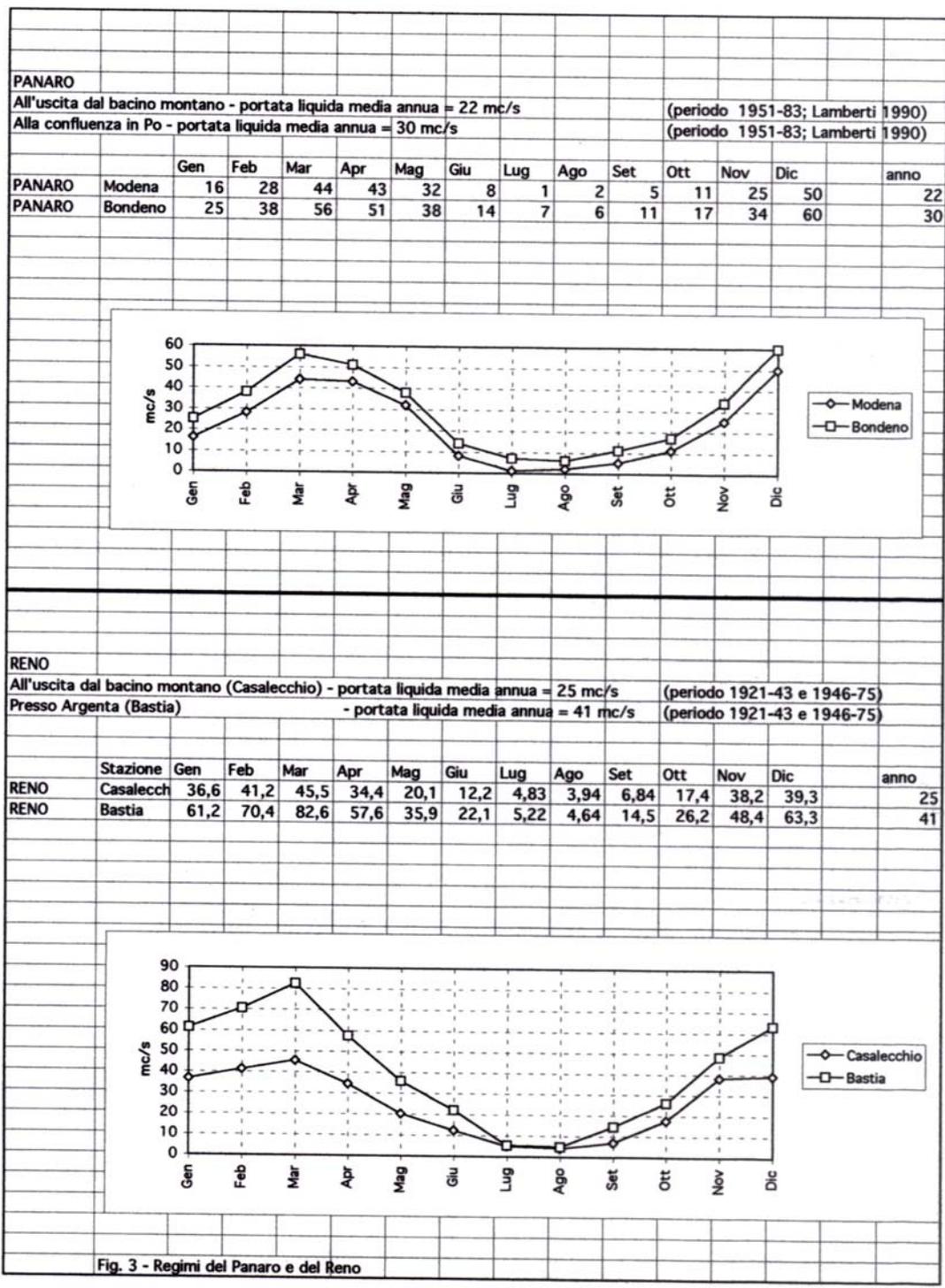


Fig. 2 - Regime del Po a Pontelagoscuro

Gli altri fiumi che interessano il Ferrarese sono il Panaro (ultimo affluente di destra del Po) e il Reno. I loro regimi sono riportati in fig. 3. Il loro utilizzo come rifornitori d'acqua è sempre stato assai minore che per il Po, perché nei periodi estivi, quando servono acque per l'irrigazione, tali fiumi presentano portate molto ridotte; a complicare la situazione si è poi aggiunto il fatto che, per decenni, nelle fasi di magra le loro acque sono state caratterizzate da elevate percentuali di inquinanti. Per il Reno la necessità di migliorare tale situazione è divenuta evidente soprattutto con la costruzione della diga di Volta Scirocco per l'approvvigionamento idrico del Ravennate.

Oggi è quindi auspicabile che prosegua il miglioramento della qualità delle acque di questi fiumi; in questo quadro essi potranno tornare a rappresentare degli affidabili rifornitori d'acqua anche per il Ferrarese, per lo meno con ruolo subalterno.



5.2 - Le acque superficiali nel territorio ferrarese

La disponibilità di acque superficiali è un problema che coinvolge svariati settori economici e diversi aspetti ambientali del territorio. Tali acque infatti svolgono numerosi importanti ruoli:

- sono alla base dell'economia agricola, rendendo possibile anche lo sviluppo di colture particolarmente idroesigenti, in un ambito territoriale in cui i suoli sono, per lo più, pedologicamente immaturi e la piovosità media è piuttosto limitata (circa 650 mm/anno);

- vengono ampiamente utilizzate nell'industria (fra cui l'industria di conservazione e trasformazione dei prodotti agricoli, l'orticoltura ecc.), nell'artigianato, nel turismo (riempimento di bacini per la pesca sportiva ecc.) e in altre attività economiche per le quali è possibile far ricorso anche ad acque non potabili e non risulta opportuno (o sufficiente) lo sfruttamento di acque sotterranee

- assicurano i livelli d'acqua necessari per la navigazione interna (diportistica, commerciale ecc.); non va dimenticato, infatti, che nel sistema del Po di Volano, che assieme al Canale Navigabile costituisce la struttura portante della rete irrigua del territorio provinciale - e che per gran parte interessa proprio il comune di Ferrara - si iscrive anche l'Idrovia Ferrarese;

- impinguando la falda freatica, mantengono l'equilibrio geostatico del territorio: eccessivi abbassamenti - o esagerate escursioni - della superficie freatica possono infatti essere causa di subsidenza artificiale;

- assicurano una notevole diluizione degli inquinamenti, proteggendo in tal modo anche il suolo

- assicurano nei canali il "deflusso minimo vitale" necessario per il mantenimento delle loro caratteristiche biologiche.

Il Bacino di Burana-Volano-Canal Bianco, come si è visto, è individuato come bacino di scolo. La rete dei canali di scolo è però anche utilizzata, nel periodo in cui le precipitazioni sono insufficienti (in genere da aprile a settembre), per la distribuzione delle acque destinate all'irrigazione delle campagne e per gli altri usi sopraelencati.

Sono infatti relativamente poche, nel Ferrarese, le aree ove l'irrigazione viene gestita con un sistema di distribuzione "separato", ossia tramite canali specializzati per la funzione irrigua, talora appositamente realizzati (i cosiddetti "condotti"). Tali aree sono presenti soprattutto nella fascia più orientale della provincia, sia per far fronte alle grandi necessità d'acqua delle risaie, sia perchè il terreno è più permeabile e quindi più idroesigente, sia per contrastare, impinguando la falda dolce superficiale, la risalita delle acque salate nel sottosuolo.

Nel resto della provincia, e anche nel territorio comunale di Ferrara, la distribuzione delle acque viene invece realizzata con la tecnica del "rincollo", alzando cioè le quote d'invaso dei canali di scolo mediante la chiusura di apposite chiaviche: tali canali assumono così una funzione "promiscua", e si possono conseguire due obiettivi:

- su ampie aree si riesce a produrre una "irrigazione di ristoro", ossia un generalizzato ravvenamento della falda freatica, per risarcirla dei volumi consumati dall'attività vegetativa delle colture e dalla evapotraspirazione, e per mantenere un opportuno "franco di coltivazione"

- si rende comunque possibile, grazie anche all'innalzamento dei livelli idraulici, l'irrigazione di soccorso", ossia il prelievo diretto di acque dai canali consorziali e aziendali per operazioni di tipo tradizionale, pluviirrigazione e altri utilizzi.

Generalmente il sistema di irrigazione separato è più gestibile, più sicuro ed ha un miglior rendimento di quello promiscuo, in termini di utilizzo della risorsa acqua.

In pratica, il sistema separato offre i seguenti vantaggi:

- è più facile gestire la distribuzione delle acque ai vari settori utenti del servizio

- è più facile salvaguardare la qualità delle acque, che sono invece spesso soggette a locali inquinamenti nel sistema promiscuo

- è possibile disporre dell'invaso vuoto della canalizzazione di scolo per poter smaltire rapidamente, le acque di episodi di intense precipitazioni dei mesi estivi; il sistema promiscuo, in questi casi, rende invece necessario l'allontanamento immediato, spesso per sollevamento, di ingenti volumi di acqua irrigua non utilizzati, con un infruttifero doppio costo, quello di derivazione e quello di smaltimento; un loro allontanamento non tempestivo, può essere - come si è visto - causa di allagamenti anche notevoli.

E' d'altronde evidente che il sistema separato richiede investimenti di grande entità, talvolta improponibili ove si sia in grado di ottenere buoni risultati anche con quello promiscuo.

E' chiaro che il funzionamento della rete, in fase di irrigazione (fig. 4), è assai diverso rispetto alla fase di scolo; nelle zone a sistema promiscuo le differenze sono minori, ma anche qui sussistono.

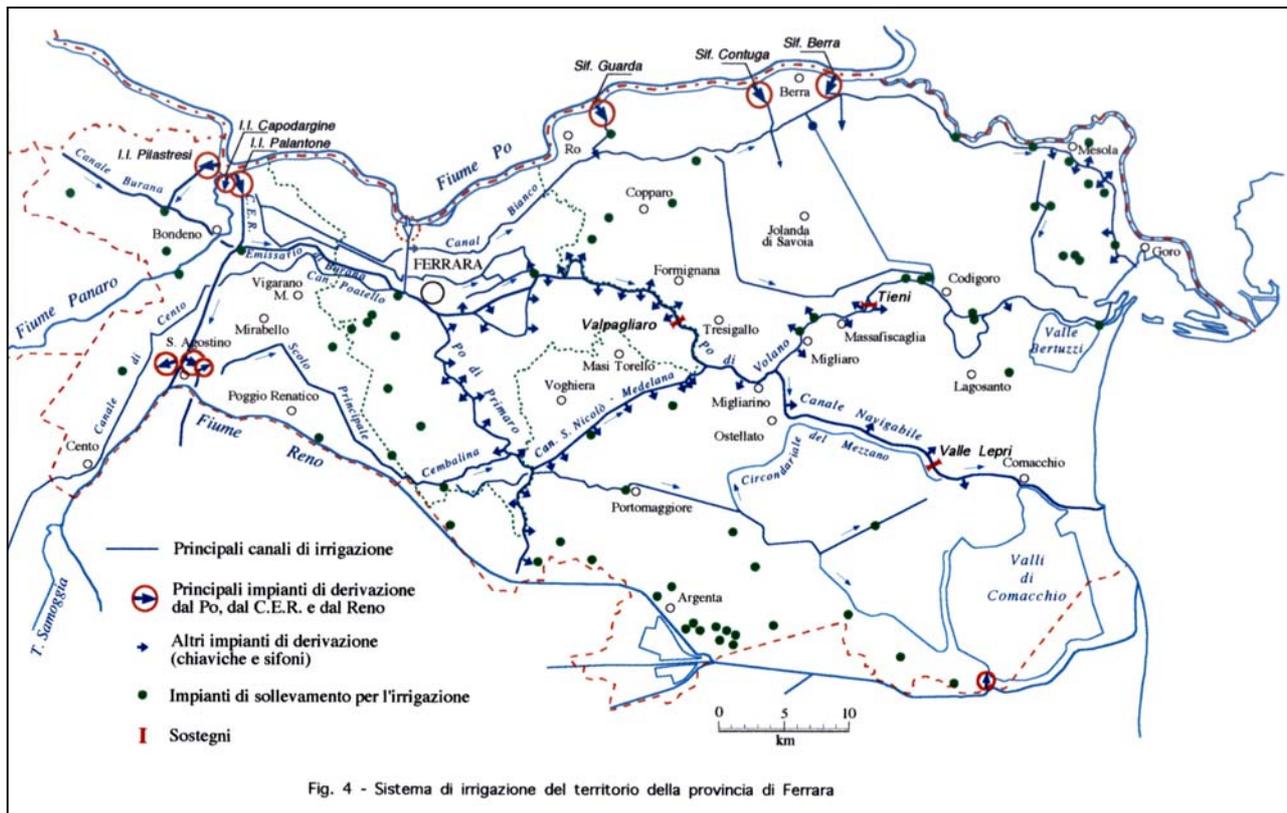


Fig. 4 - Sistema di irrigazione del territorio della provincia di Ferrara

Non si può infatti più parlare di bacini nel senso classico (bacini idrografici), perchè le varie parti del territorio non hanno più la funzione di raccogliere le acque, bensì di riceverle. Le acque vengono invece fornite esclusivamente dal Po. Le derivazioni, inoltre, sono operate in punti diversi: più che di bacini, si dovrebbe quindi parlare di "aree di influenza" delle varie derivazioni; ma spesso, dopo pochi chilometri, le acque confluiscono negli stessi canali, per cui anche quest'ultima distinzione perde significato.

Inoltre i dislivelli esistenti nel territorio, sia pur in una zona pianeggiante come la nostra, rendono talvolta necessario il sollevamento di tali acque mediante apposite "idrovore di irrigazione", per avviarle alle aree di quota più alta.

Si cerca del resto, anche qui, di adibire i canali più elevati prevalentemente alla funzione di vettori di acque irrigue, e di praticare soprattutto nei canali più bassi le suddette operazioni di ostacolo al deflusso, per innalzarvi le quote idrauliche; si tende cioè a organizzare la distribuzione in modo abbastanza somigliante ad un sistema separato.

Il sistema di irrigazione di ristoro, evidentemente, esalta l'importanza delle condizioni altimetriche del suolo e delle reti consorziali e aziendali; a ciò si aggiunge il fatto che le precipitazioni estive, quand'anche non creino pericoli di allagamento, producono su aree già ristolte inutili accumuli d'acqua. In ogni caso le zone più alte finiscono, naturalmente, per cedere acque a quelle più basse, e per via superficiale e - sia pur più lentamente - per via sotterranea, rendendo possibile il ristoro anche di queste ultime senza ulteriori interventi; tutto ciò rende l'idea di quanto sia necessario un controllo continuo della situazione, nella ricerca di un equilibrio tra acque in difetto e acque in eccesso, al fine di non determinare sprechi di tale risorsa.

Si può ben capire quindi che l'esercizio dell'irrigazione rappresenta una gestione di importanza non inferiore all'esercizio dello scolo.

5.3 - Gestione

L'ente che ha le più ampie competenze in materia di qualità delle acque nei corpi idrici superficiali del nostro territorio è l'Amministrazione Provinciale; tale attribuzione discende dalle leggi n. 319/76, n. 183/89 e n. 36/94, dalle leggi regionali 9/83 e 42/86, dai Piani Regionali di Risanamento, in particolare dal Piano di Risanamento dell'area del bacino Burana-Volano-Canal Bianco, area dichiarata nel 1985 ad elevato rischio ambientale, e dalle disposizioni successive.

L'ente preposto all'approvvigionamento delle acque irrigue nel territorio ferrarese a est del Panaro è il Consorzio Generale di Bonifica nella Provincia di Ferrara, ente di 2° grado, nel quale sono attualmente associati il Consorzio di Bonifica I Circondario, il Consorzio di Bonifica II Circondario e il Consorzio di Bonifica Valli di Vecchio Reno. La gestione idraulica delle reti di irrigazione con i relativi impianti idrovori, nei rispettivi comprensori, compete poi ai suddetti consorzi elementari.

L'asta principale del Volano, con le appendici del Canale Boicelli e del Primaro, e il Canale Navigabile Migliarino-Ostellato-Portogaribaldi, sono controllati dal Servizio Provinciale Difesa del Suolo, Risorse Idriche e Risorse Forestali di Ferrara (in fase di trasformazione in Servizio Tecnico del Po di Volano quale sottobacino del Po) e dall'A.R.N.I. (Azienda Regionale per la Navigazione Interna), in funzione della loro valenza plurima di collettori di scolo, di adduttori irrigui e di linee navigabili.

Tale situazione gestionale comporta uno stretto raccordo fra i vari Enti.

5. 4 - Disponibilità di acque superficiali

Nel disciplinare di concessione rilasciato dal Ministero dei lavori Pubblici per il periodo 1931-2001, regolarizzato con Decreto Interministeriale 13 febbraio 1959 n. 170, al Consorzio Generale di Bonifica nella Provincia di Ferrara è stato concesso di derivare dal fiume Po, in località Pilastresi di Bondeno, fino ad un massimo di 44 m³/s (440 moduli) di acqua ad uso agricolo, di irrigazione e di bonifica, con facoltà di prelevare, in particolari condizioni, parte della stessa, fino ad un massimo di 8 m³/s (moduli 80), in località Pontelagoscuro, in Comune di Ferrara.

Per effetto delle aggregazioni dei consorzi di bonifica avvenute spontaneamente e in seguito al riordino disposto dalla Regione con L.R. n. 42 del 2 agosto 1984, tale assegnazione di acqua risulta attualmente così ripartita:

Consorzio di Bonifica I Circondario	4,600 m ³ /s
Consorzio di Bonifica II Circondario	30,800 m ³ /s
Consorzio di Bonifica Valli di Vecchio Reno	8,600 m ³ /s

I Consorzi sopra menzionati dispongono inoltre delle seguenti dotazioni aggiuntive autonome:

- I Circondario: da Capodargine, Guarda, Contuga e Berra per 42,800 m³/s e dal sistema del C.E.R. per 0,500 m³/s;
- II Circondario: dal sistema del C.E.R. per 1 m³/s;
- Valli di Vecchio Reno: dal sistema C.E.R. per 3,650 m³/s.

Dei sopraelencati volumi d'acqua, non interessano il territorio comunale di Ferrara quelli derivati dal Consorzio I Circondario presso Guarda, Contuga e Berra (località situate più a valle), quelli prelevati dallo stesso consorzio dal C.E.R. (0,500 m³/s) destinate al territorio di Bondeno e quelli prelevati sempre dal C.E.R. dal Consorzio II Circondario (mentre quelli derivati dal C.E.R. dal Consorzio Valli di Vecchio Reno lo interessano solo in parte).

Il corpo d'acqua rifornitore è in ogni caso il Po (dal quale il solo Consorzio del I Circondario preleva mediamente dal Po quasi 350 milioni di m³/anno, principalmente a Contuga e Berra).

In media, ogni anno, le adduzioni dal sistema Canale Boicelli-Po di Primaro-Po di Volano (tratto a monte di Valpagliaro) raggiungono i 71 milioni di m³; di questi, oltre 50 milioni sono dispensati al territorio del Comune di Ferrara.

La derivazione principale, per le acque che pervengono al territorio comunale, è dunque quella delle Pilastresi, ove l'acqua può essere prelevata per gravità, quando il livello del Po lo consente, oppure per sollevamento da parte del locale impianto idrovoro, che può funzionare sia da idrovora di scolo che di irrigazione.

L'acqua viene immessa nel Canale delle Pilastresi, che la porta al Canale Burana, e perviene al territorio comunale attraverso l'Emissario di Burana. Sia l'idrovora che i suddetti canali sono gestiti dal Consorzio di Bonifica Burana-Leo-Scoltenna-Panaro.

Come si è detto, parte delle acque di questo sistema potrebbero essere prelevate dal Po a Pontelagoscuro e immesse direttamente nel Canale Boicelli: attualmente il relativo Impianto Idrovoro di derivazione dal Po non è attivo, ma ne è prevista la ricostruzione contestualmente alla ricostruzione della conca di Pontelagoscuro.

Notevole importanza hanno anche le derivazioni dal sistema del C.E.R. Il Canale Emiliano Romagnolo rappresenta, nel Ferrarese, il completamento del Cavo Napoleonico; alla funzione di scaricatore delle piene di Reno a tale canale è stata associata la funzione di derivatore di acque dal Po, destinate all'irrigazione di gran parte del territorio emiliano-romagnolo. Presso S. Agostino infatti si diparte dal Cavo Napoleonico una sua diramazione, che dopo aver sottopassato il Reno, attraversa i settori di pianura delle province di Bologna, Ravenna, Forlì e Rimini. Il prelievo delle acque dal Po viene effettuato all'Impianto Idrovoro di Palantone (che può anche funzionare da scaricatore delle acque del C.E.R. in Po).

Il I Circondario può prelevare acque dal C.E.R. alla botte con la quale il Canale Cittadino sottopassa il C.E.R. stesso (ma come si è detto questa quota di 0,500 m³/s viene interamente spesa per l'irrigazione del territorio di Bondeno). Ne può inoltre derivare direttamente dal Po presso l'impianto idrovoro di Capodargine di Bondeno, situato tra la confluenza in Po del Panaro e l'incile del C.E.R.; tale impianto è in grado di prelevare 1 m³/s, immette le acque nel canale Cittadino e da questo nei canali Roncagallo, Nicolino, Bianco e altri, servendo la parte nord-occidentale del territorio comunale. Gli altri prelievi da Po esercitati da tale consorzio (Guarda, Contuga, Berra) non interessano il territorio del comune di Ferrara.

Il Consorzio Valli di Vecchio Reno può prelevare dal sistema del C.E.R. 3,65 m³/s. Le derivazioni avvengono

- presso l'Impianto Idrovoro C.E.R. di S. Agostino (portata massima circa 5,400 m³/s); tali acque però vengono destinate a territori a ovest del Reno
- presso l'Impianto Idrovoro Ciarle, situato sempre a S. Agostino, sul tratto del C.E.R. che aggira il paese, circa 1,5 km a valle dell'intestazione di questo stesso canale al Cavo Napoleonico; questo impianto ha attualmente la portata di 2 m³/s, ed è in corso il suo potenziamento fino a 3 m³/s; le acque vengono inviate sia in direzione Vigarano che in direzione Poggio Renatico; una certa quota perviene quindi anche al territorio del comune di Ferrara.

Gran parte delle acque delle suddette derivazioni da Po situate a monte del territorio comunale (in teoria l'89%) pervengono, dunque, al sistema Po di Volano, Boicelli, Po di Primaro, Cembalina, che, assieme al Canale San Nicolò-Medelana, costituisce il sistema di "canali alti" preposti al convogliamento delle acque irrigue nella parte centrale del territorio Ferrarese. Sul suddetto sistema di canali sono infatti ubicate la maggior parte delle opere di presa dei vari consorzi fruttori, destinati all'irrigazione dei rispettivi comprensori.

Quelle del Consorzio del I Circondario sono le seguenti.

- l'Impianto del Betto, che funziona anche come idrovora di scolo ma che può prelevare acqua a gravità dal Boicelli ad uso irriguo (fino a 1,500 m³/s)
- la chiavica di derivazione dal canale Nicolino (0,150 m³/s)
- la chiavica di derivazione al Canale Cittadino (0,800 m³/s)

Dal Po di Volano:

- il sifone di Quacchio - al Condotto S. Lazzaro - (0,250 m³/s);
- l'Impianto di Baura, che funziona come idrovora di scolo ma che può anche derivare dal Po di Volano acque ad uso irriguo (fino a 1,250 m³/s)
- la presa situata sul vecchio Po di Volano tra Baura e Fossalta - al Condotto Galvana (0,300 m³/s).

Dal Diversivo del Volano:

- la presa di Focomorto - allo Scolo Sconsuro (0,400 m³/s).

Le opere di presa del Consorzio Valli di Vecchio Reno sono le seguenti.

Dall'Emissario di Burana:

- l'Impianto Idrovoro Schiavona, a monte del territorio comunale, che solleva acque fino a 0,300 m³/s, immettendole nel Cavo Bondesano, che a sua volta le attribuisce al Canale di Cento-Poatello.

Dal Po di Volano:

- l'Idrovoro Principale (in Via Arginone), che attualmente può attingere acque per una portata di circa 1 m³/s, immettendole nello Scolo Rinaldi (è in corso il suo potenziamento fino a 2 m³/s).

Dal Po di Primaro:

- le chiaviche Codilupo e Valle, che possono derivare complessivamente fino a 1,8 m³/s
- la chiavica Zambotta (dotata di pompa), a nord di Marrara, che riversa poche decine di litri al secondo nel Canale Zambotta
- le chiaviche Zambottina e Rocca, sempre presso Marrara (poche decine di litri al secondo)
- la chiavica Ca' Galla, che riversa in media 10-20 litri al secondo nella Fossa del Mulino.

Dalla Cembalina:

- l'Impianto Idrovoro di Spinazzino, che può derivare fino a 1,1 m³/s, a servizio dei territori di S. Bartolomeo e di S. Maria Codifiume-Gallo.

Particolarmente numerose, infine, le derivazioni del Consorzio del II Circondario, il cui territorio è il più lontano dalle prese primarie da Po; esse sono le seguenti.

Dal Po di Volano

- il sifone di Cocomaro di Cona - al Condotto Giglioli (0,200 m³/s)
- la chiavica di Cona - al Condotto Belriguardo (1,300 m³/s)
- la chiavica di Codrea - al Condotto Biagine (0,200 m³/s)
- la chiavica Contrapò Vecchia - al Condotto Tassinari (0,250 m³/s)
- la chiavica Contrapò Nuova - al Condotto Tassinari (0,300 m³/s)
- la chiavica tra Baura e Fossalta - alla Fossa Masi (0,100 m³/s)
- il sifone di Viconovo - al Condotto Viconovo (0,100 m³/s)
- il sifone di Villanova - al Condotto Villanova (0,150 m³/s)
- il sifone Lattuga - al Condotto Albarello T.A. (0,200 m³/s)
- il sifone di Denore - al Condotto Albarello T.B. (0,250 m³/s)
- il sifone di Valpagliaro - al Condotto Parasacco (0,200 m³/s)

Dal Po di Primaro

- la chiavica di S. Giorgio - al Condotto Misericordia (0,100 m³/s)
- la chiavica di Fossanova S. Marco - al Condotto Gorgo (0,200 m³/s)
- la chiavica di Gaibanella all'Allacciante Primaro-Pallarano (0,200 m³/s)
- la chiavica di Gaibana - al Condotto Pignola (0,300 m³/s)
- la chiavica Lanzagallo - al condotto Lanzagallo (0,400 m³/s)
- la chiavica di Monestirolo - al Condotto Masolino (0,150 m³/s).

Numerose altre chiaviche sono infine situate sul Canale S. Nicolò-Medelana, ma nessuna di esse ricade entro il territorio del Comune di Ferrara o ne influenza il regime idraulico.

Va sottolineato come il territorio del Consorzio Valli di Vecchio Reno si trovi in una situazione geografica particolarmente complessa: è infatti chiuso tra l'alto alveo del fiume Reno e gli alvei dossivi del Po di Volano e del Po di Primaro, ed è costituito da terreni spesso più elevati dei canali da cui deve derivare acque; particolarmente alti sono, per quanto riguarda il Comune di Ferrara, i terreni della fascia, a ovest di Vigarano Mainarda, passante per Chiesuol del Fosso, S. Martino (Bastia) e Montalbano, corrispondente al vecchio corso del Reno del XVII secolo e alla sua diramazione del Riazzo del Gallo. Altre terre assai alte si individuano a sud di Porotto (Dosso Ladino), a S. Martino e a nord di S. Bartolomeo in Bosco, lungo la Sgarbata, che corrisponde al Riazzo Cervella, altra diramazione del vecchio Reno.

Perciò in tale territorio il sistema irriguo è dotato di numerose idrovore interne preposte al solo sollevamento delle acque irrigue.

Le acque prelevate dall'Idrovoro Principale sono infatti portate nelle terre alte situate più a sud grazie ai sollevamenti operati dalle idrovore di irrigazione Mirasole, Bosconuovo, Fondo Reno, Coronella e Chiesuol del Fosso.

Le acque derivate presso S. Egidio dal Po di Primaro sono sollevate dalla stessa Idrovora di S. Egidio (che ha doppia funzione di idrovora di scolo e di irrigazione) e vengono dispensate alle terre alte del Riazzo Cervella previo ulteriore sollevamento da parte dall'idrovora di irrigazione Favalla.

Analogamente quelle prelevate sempre dal Po di Primaro presso Marrara vengono portate verso ovest dalla Fossa Cembalina (che in fase irrigua scorre in verso contrario a quello tenuto in fase di scolo), poi ancora più a ovest, grazie ad ulteriori sollevamenti presso l'Idrovora di Spinazzino e l'Idrovora Rena, rendendo possibile l'irrigazione anche delle terre di Montalbano, sul Riazzo del Gallo.

In tale comprensorio, che fino a pochi anni fa era uno dei meno serviti per quanto riguarda l'irrigazione, è dunque in corso di realizzazione una importante modernizzazione dell'assetto idraulico che per certi aspetti consegue i vantaggi del sistema separato, sia pur in un quadro generale di sistema promiscuo.

5. 5 - Criticità e opere in progetto

Le più importanti criticità esistenti, nel problema della disponibilità di acque superficiali, sono costituite dalle difficoltà di approvvigionamento idrico dal Po. In effetti il prelievo dall'Impianto delle Pilastresi per molti anni non ha potuto raggiungere i volumi previsti dalla concessione, a causa di insufficienze della parte superiore della rete di adduzione; tali difficoltà sono poi state in parte superate mediante interventi di adeguamento alla botte Napoleonica. Sempre presso l'Impianto Idrovoro delle Pilastresi, inoltre, i mutamenti dell'alveo del Po hanno sensibilmente ridotto le possibilità di derivazione a gravità.

Le difficoltà maggiori sono tuttavia altre, e sono rappresentate da un abbassamento delle quote idrometriche di magra del Po, che hanno comportato saltuarie limitazioni di funzionalità dell'Impianto delle Pilastresi (oltre alla totale impossibilità di esercizio dell'impianto sussidiario di Pontelagoscuro).

Tale abbassamento è stato causato da due ordini di fattori:

- il mutato regime del fiume, caratterizzato da una diminuzione delle portate minime, spesso inferiori ai 300 m³/s, a fronte di un aumento del deflusso nelle fasi di piena; entrambi i fenomeni si iscrivono nella variazione climatica in corso, con allungamento dei periodi siccitosi ai quali si alternano brevi periodi di precipitazioni molto intense; per quanto riguarda la diminuzione delle portate minime, alle condizioni climatiche si sommano l'aumento del numero dei laghi artificiali e dei prelievi d'acqua nel bacino; per quanto riguarda l'aumento del deflusso nelle fasi di piena, alle condizioni climatiche si sommano invece la diminuzione dei tempi di corrivazione, anche a causa della progressiva impermeabilizzazione dei suoli, e i restringimenti dell'alveo di piena prodotti dall'uomo nell'alta pianura;

- l'abbassamento subito dall'alveo del Po nella seconda metà del XX secolo, trend che sembra essere ormai in fase di esaurimento.

Per ovviare a tale criticità si sono quindi rese necessarie opere di ammodernamento delle opere di presa dal fiume, consistenti:

- in un abbassamento delle bocche di prelievo degli impianti idrovori, eventualmente associato ad un potenziamento delle pompe per adeguarle all'aumento di prevalenza,
- nell'associazione di nuove pompe idrovore, indispensabili quando l'opera di presa è costituita da sifoni.

Nell'Impianto Idrovoro delle Pilastresi le pompe sono 8, con portata di 6 m³/s ciascuna, riunite in 4 gruppi, e la prevalenza è di m 2,50. Teoricamente, secondo le condizioni di progetto, l'impianto dovrebbe essere in grado di derivare, oltre ai 3 m³/s destinati al Consorzio di Bonifica di Burana, tutti i 44 m³/s di concessione al Consorzio Generale. Ma durante i periodi di magra tali possibilità risultano fortemente ridotte. Le bocche di presa erano già state abbassate dopo la crisi del 1976, ma nelle magre del 1990 e del 1991 la funzionalità complessiva dell'impianto non superava i 6 m³/s. Esclusa la possibilità di abbassare ulteriormente le campane di aspirazione, l'unica soluzione era quella di realizzare un impianto sussidiario fisso, in modo che, anche nei momenti di portata minima del Po, l'Idrovoro delle Pilastresi fosse in grado di assicurare la derivazione di almeno 12 m³/s.

Nel luglio del 2002 è iniziata la costruzione di tale nuovo impianto (a fianco di quello vecchio): è progettato per derivare con ogni livello idrometrico di Po e sarà dotato di 4 pompe, per una portata complessiva variabile da 12 a 15 m³/s in funzione della prevalenza.

Per quanto riguarda l'Idrovoro sussidiario di Pontelagoscuro, va ricordato che il vecchio impianto era stato costruito negli anni '30, assieme alla conca di navigazione, per assicurare all'Idrovia Ferrarese le quantità d'acqua necessarie per la navigabilità. Fu tuttavia dimensionato in modo da garantire riserve anche per altri usi: venne infatti dotato di 3 pompe da 4,5 m³/s (una delle quali di riserva), per una prevalenza massima di m 3,70. Vari anni fa tale impianto era stato dismesso perchè le bocche di presa, poste a 1 m sul l.m.m., non erano più in grado di attingere le acque del Po durante le magre estive (il livello del fiume si è abbassato anche a causa dell'approfondimento generalizzato del talweg). La sua ricostruzione si è quindi resa indispensabile ed era infatti prevista nel quadro dei lavori, ormai in fase avanzata, per la ricostruzione della conca di navigazione: il progetto (che prevede una portata totale di 12 m³/s) è attualmente in istruttoria presso l'A.I.P.O. e si prevede l'inizio dei lavori nel 2005.

La ricostruzione di tale impianto idrovoro risponde alle seguenti necessità:

- garantire le portate d'acqua per l'Idrovia, nel quadro del ridimensionamento necessario per adeguare tale via d'acqua ai natanti della V classe europea;

- fornire un ricambio d'acqua al Canale Boicelli; tale canale, che attraversa tutta la zona industriale di Ferrara ma che lambisce anche aree adibite a servizi commerciali e ad altre funzioni, è attualmente in una condizione di acque ferme, che non può essere accettata per nessun corpo d'acqua e tanto meno per un canale urbano;

- assicurare un secondo punto di presa per l'alimentazione della rete di irrigazione; tale secondo punto è importante non solo in considerazione dell'ampia superficie servita dalla rete, ma anche perchè può consentire di far fronte a temporanee o parziali inefficienze dell'impianto delle Pilastresi e alle residue insufficienze della parta alta della rete.

Una ulteriore criticità, assai meno grave, risiede nel fatto che nel sistema portante della rete irrigua del territorio provinciale si iscrive anche l'Idrovia Ferrarese.

Non si può infatti negare che esista, inevitabilmente, una certa conflittualità tra la funzione irrigua e la navigabilità esercitate su una stessa linea idraulica. Infatti, mentre l'irrigazione richiede un utilizzo dell'invaso liquido del canale come riserva, la cui capacità - e di conseguenza il cui livello - deve essere suscettibile di escursioni a seconda dei fabbisogni e delle disponibilità, la navigazione richiede invece il mantenimento di una quota costante per garantire i parametri di riferimento idonei al transito dei natanti.

L'esperienza di numerosi anni ha tuttavia consentito di definire le condizioni costanti e i margini di manovra da rispettare per rendere possibili entrambe le funzioni, assicurando un equilibrio soddisfacente. In questo quadro risulta, tuttavia, di enorme importanza il mantenimento delle suddette quote idrauliche nei tre tronchi dell'Idrovia (e - per quanto riguarda il territorio comunale - nel tronco più a monte). Tali quote dovranno essere rigorosamente rispettate anche nel quadro dell'adeguamento dell'Idrovia al transito di natanti della V Classe europea. Un'altra costante da rispettare è costituita, ovviamente, dalla necessità di assicurare ai canali del sistema le sezioni utili per il passaggio dei volumi d'acqua necessari per il funzionamento della rete di approvvigionamento idrico dell'intero territorio ferrarese; ostruzioni, anche parziali ma che non tengano conto di tale esigenza, necessitate ad esempio da interventi nel territorio comunale, potrebbero mettere in crisi vaste parti del territorio a valle.

E' altresì allo studio la costituzione di bacini di invaso lungo gli assi principali della rete, anche al fine di aumentarne l'inerzia idraulica, uno dei quali dovrebbe essere realizzato sul Po di Volano a monte del sostegno di Valpagliaro. Per questi fini si è prospettata la possibilità di utilizzare come riserve di acqua anche cavità derivanti dall'esercizio di attività estrattive (cave di sabbia), che potrebbero anche funzionare come casse di espansione delle piene dei canali durante la fase di scolo. La destinazione di bacini per i suddetti scopi dovrà naturalmente tener conto del pericolo di inquinamento delle falde acquifere da parte delle acque superficiali.

5. 6 - Quantità d'acqua nella rete

La quantità d'acqua presente nella rete in un certo momento dell'anno, e quindi la sua disponibilità, può essere valutata solo per i canali principali e soltanto in maniera indiretta. I consorzi di bonifica possono infatti stimare i volumi d'acqua che transitano nella rete solamente in base ai volumi sollevati dalle idrovore (e si tratta comunque di dati parziali perché molte idrovore sono in funzione solo periodicamente); altre informazioni possono essere desunte dal controllo dei livelli a monte e a valle e dalle modalità di apertura delle paratoie ai sostegni dell'idrovia (nel caso del comune di Ferrara il sostegno di Valpagliaro).

I tre punti per i quali è stata eseguita la stima dei volumi d'acqua in transito utili al territorio comunale di Ferrara sono i seguenti

- Botte Napoleonica
- ponte Bigoni
- sostegno di Valpagliaro.

La cosiddetta Botte Napoleonica è il manufatto con il quale il canale Burana sottopassa il Panaro; i relativi volumi d'acqua comprendono quindi, per il periodo di scolo, tutti i bacini afferenti al Burana a monte di tale punto, e per il periodo di irrigazione gli afflussi costituenti dalle colatzie irrigue degli stessi bacini più i volumi d'acqua del Po derivati all'impianto delle Pilastresi. I volumi ivi transitanti possono essere considerato il principale ingresso nella rete dei canali dell'area comunale di Ferrara.

Ponte Bigoni è il punto nel quale la strada provinciale Ferrara-Tresigallo sorpassa il Diversivo del Volano; è quindi situato a valle di Ferrara e i volumi d'acqua ivi transitanti comprendono, per il periodo di scolo, gli ingressi determinati dall'Emissario di Burana, dal Canale di Cento, dal Boicelli e dal Po di Primaro, e per il periodo irriguo gli afflussi costituenti dalle colatzie irrigue degli stessi bacini più una frazione del volume d'acqua prelevato dal Po tramite l'impianto delle Pilastresi (ancora non speso per l'irrigazione) e una frazione del volume d'acqua prelevato dal C.E.R. dal Consorzio di Bonifica Valli di Vecchio Reno (che perviene al Volano tramite il circuito Scolo Principale-Cembalina-Po di Primaro).

Si deve insomma tener presente che parte dei prelievi da Po vengono spesi per territori che non restituiscono le colatzie irrigue al Po di Volano, o le restituiscono al Po di Volano più a valle di Ponte Bigoni, così come gravitano sul Po di Volano più a valle di tale punto i deflussi del Canale S. Nicolò-Medelana.

Il sostegno di Valpagliaro è, per il comune di Ferrara, il punto "controllabile" situato più a valle; i volumi d'acqua ivi transitanti comprendono, per il periodo di scolo, gli ingressi determinati dal Po di Volano, dal Diversivo del Po di Volano e dagli impianti idrovori di Baura, e per il periodo irriguo la maggior parte delle colatizie irrigue degli stessi bacini (non tutte, perchè parte - anche in questo caso - vengono restituite ad altri canali, o allo stesso sistema ma più a valle, così come confluisce più a valle il canale S.Nicolo-Medelana).

L'area compresa tra questi punti non costituisce quindi un bacino unitario, bensì un sistema complesso, nel quale le uscite sono numerose e scarsamente valutabili. Nondimeno si può ritenere che i volumi d'acqua transitanti tra questi tre punti forniscano un'informazione abbastanza interessante delle quantità in gioco nel territorio del comune.

Sono stati considerati a tale riguardo gli anni 1996 e 1997. Il 1996 può essere considerato abbastanza rappresentativo dell'attuale tendenza climatica, con periodi relativamente siccitosi intervallati a brevi periodi di piovosità molto accentuata; il 1997 è invece più simile alla media delle annate del periodo climatico da cui siamo usciti, con piovosità distribuita più regolarmente (fig. 5).

Nei grafici presentati alle figg. 7 e 8 risaltano grosse differenze tra i volumi d'acqua in transito alla Botte Napoleonica e a Ponte Bigoni; sono invece assai minori le differenze tra Ponte Bigoni e Valpagliaro.

Tali differenze sono in gran parte spiegabili tenendo conto, nei due tratti, sia degli ulteriori ingressi di acque irrigue (e colatizie irrigue) sia degli altri parametri del bilancio idrico, ossia del tributo delle precipitazioni e delle perdite per evaporazione, per evapotraspirazione e per infiltrazione, nei terreni interessati dalla rete (fig. 6). Gran parte di questi dati però non sono conosciuti ne' conoscibili (colatizie irrigue, evapotraspirazione reale, infiltrazione reale).

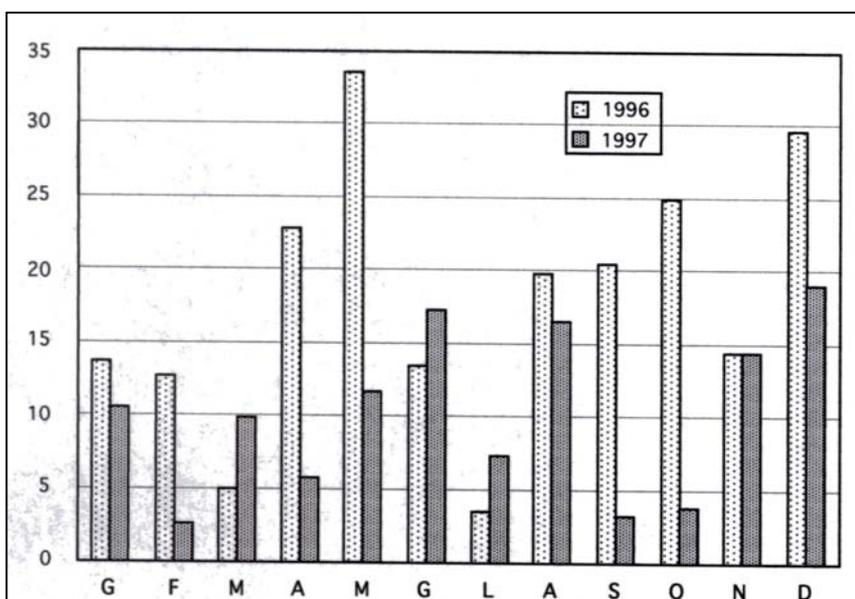


Fig. 5 - Precipitazioni (in migliaia di mc) sul territorio considerato negli anni 1996 e 1997



Fig. 6 - Schema teorico per la determinazione del bilancio idrico di un territorio

Si è tentato, per meglio avvicinarci alle problematiche in campo, di sommare ai valori in ingresso alla Botte Napoleonica i valori di precipitazione e di sottrarre l'evaporazione convenzionalmente stimata dai consorzi (777.600 mc/mese), in modo da ottenere le uscite teoriche dal territorio situato a monte di Ponte Bigoni. Le suddette uscite teoriche sono riportate nei grafici presentati dalle figg. 7 e 8 (linee a puntini), ma risulta evidente che anche queste non concordano con i volumi stimati in transito a Ponte Bigoni. Le discordanze residue sono probabilmente dovute sia al fatto di non aver considerato i suddetti parametri incogniti del bilancio idrogeologico, sia al fatto che l'area considerata non costituisce un bacino unitario (gran parte delle uscite non transitano per Ponte Bigoni), sia al fatto che probabilmente gran parte dei dati con cui si sta lavorando sono troppo approssimativi.

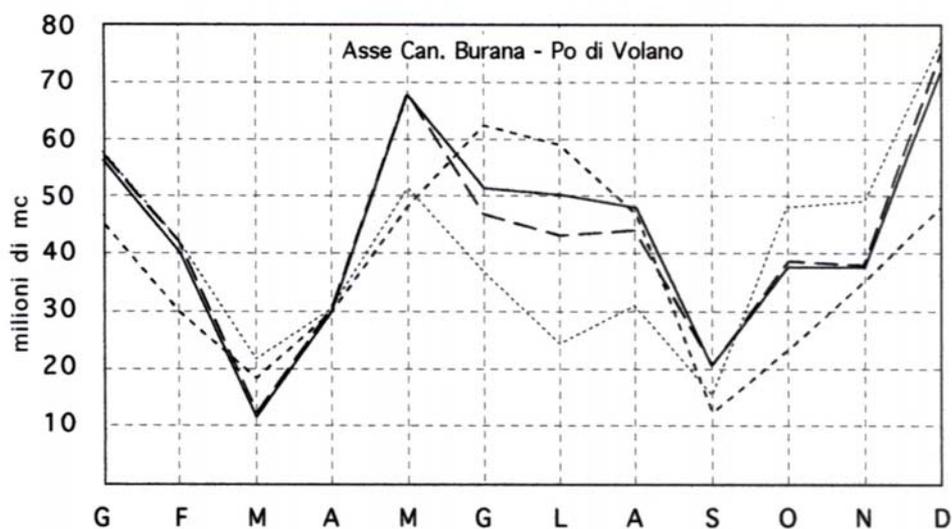


Fig. 7 - Volumi d'acqua transitati nel 1996 attraverso le sezioni di Botte Napoleonica (linea tratteggiata), Ponte Bigoni (linea continua) e Valpigliaro (linea a tratti lunghi); a puntini i volumi teorici a Ponte Bigoni ottenuti applicando il bilancio idrico agli ingressi stimati alla Botte Napoleonica.

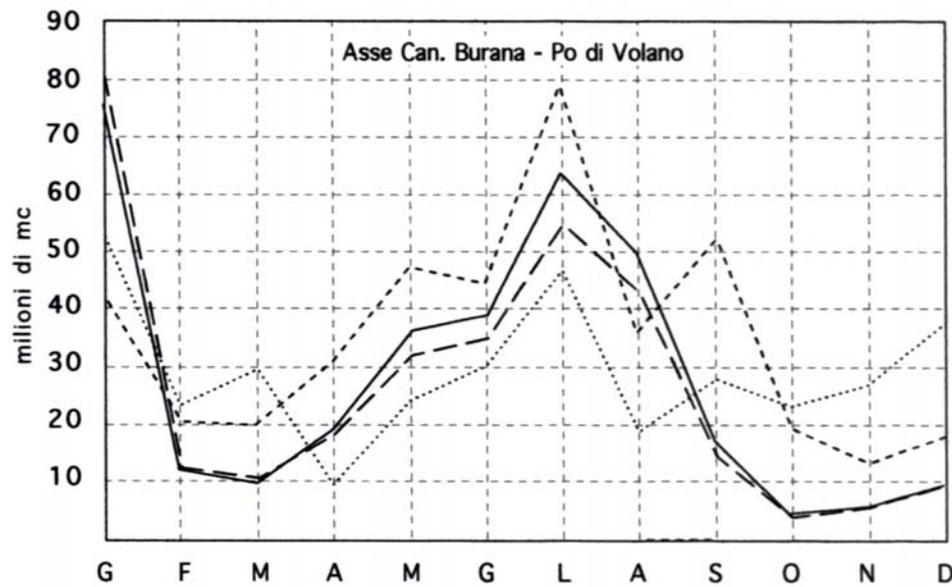


Fig. 8 - Volumi d'acqua transitati nel 1997 attraverso le sezioni di Botte Napoleonica (linea tratteggiata), Ponte Bigoni (linea continua) e Valpigliaro (linea a tratti lunghi); a puntini i volumi teorici a Ponte Bigoni ottenuti applicando il bilancio idrico agli ingressi stimati alla Botte Napoleonica.

L'esame di tali grafici permette comunque di fare alcune osservazioni. Nei mesi non irrigui risulta evidente che la tendenza generale per la stazione di Ponte Bigoni è quella di sottostimare i volumi in uscita dal territorio considerato, proprio a causa dell'esistenza di altre vie di uscita.

Altre osservazioni possono essere fatte confrontando i volumi in transito tra Ponte Bigoni e Valpagliaro. In questo caso risulta peraltro inutile effettuare calcoli sull'area interposta, che non è assolutamente paragonabile ad un bacino idrogeologico. Dai grafici si può osservare che le uniche discordanze sensibili riguardano i mesi più caldi: a Valpagliaro arrivano meno acque di quelle in transito per Ponte Bigoni a causa dei prelievi irrigui da tale tratto del Po di Volano, quasi interamente rivolti a territori che non gli restituiscono più le loro colatizie.

5.7 - Conclusioni

Sulla base dei dati sopracitati si può considerare, dal punto di vista quantitativo, il sistema dei canali interni al territorio comunale una risorsa d'acqua reale ma non priva di problemi; è fra l'altro caratterizzato da portate estremamente variabili.

La variabilità primaria è costituita ovviamente dalle fonti:

- il regime pluviometrico regionale, che vede almeno 5 mesi l'anno prevalentemente siccitosi
- il fiume Po che registra anch'esso almeno due periodi di magra assai prolungati (più lungo quello estivo).

Purtroppo la tendenza climatica attuale comporta una variabilità ancor maggiore per entrambe le fonti considerate: i periodi esenti da piogge tendono ad allungarsi e il Po registra sempre più spesso fasi di magra con portate inferiori ai 350 m³/s.

L'afflusso totale alla rete potrebbe teoricamente arrivare ad oltre 700 milioni di mc l'anno; negli anni considerati, che come si è visto si possono considerare abbastanza rappresentativi, hanno raggiunto al massimo i 530 milioni di mc. Va inoltre tenuto presente che oltre 50 milioni di mc l'anno rappresentano la quota indispensabile per l'irrigazione.

Nondimeno, nei periodi piovosi, a causa dell'intensità delle precipitazioni e di altre caratteristiche del territorio, la rete può risultare, sia pur temporaneamente, insufficiente per allontanare le acque meteoriche (vedi pericolosità da allagamento da canali); d'altra parte, nei periodi siccitosi, anche la quota suddetta può non esser raggiunta, e crisi particolari si possono registrare quando il Po presenta portate inferiori ai 300 m³/s.

Le principali direzioni in cui si possono intravedere soluzioni sono individuabili nell'aumento dell'inerzia idraulica del sistema (magari aumentando la capacità di alcuni canali) ed eventualmente anche nella creazione di bacini di accumulo di riserve d'acqua derivata dai fiumi prima dell'arrivo dei mesi siccitosi; è comunque ancora perseguibile l'obiettivo di aumentare le immissioni d'acqua da Po.

Certamente oggi la rete ha margini assai ristretti, soprattutto per quanto riguarda le derivazioni dalla rete stessa. I dati qui presentati sulle disponibilità, nonché sulle caratteristiche idrografiche della rete (quantità degli afflussi, potenzialità delle idrovore, delle chiaviche ecc.), sono comunque da considerare prevalentemente orientativi: le risposte puntuali della rete, agli effetti di interferenze anche temporanee o di eventuali intensificazioni di una delle molteplici funzioni che è chiamata ad assolvere, dovranno essere preventivamente verificate, caso per caso, con gli enti che la gestiscono.

5. 8 - Bibliografia disponibilità acque superficiali

AA.VV., 1989 - Terre ed Acqua. Le bonifiche ferraresi nel delta del Po (a cura di A. M. Visser Travagli e G. Vighi), Amministrazione Provinciale di Ferrara, G. Corbo Ed.

BARTOLOMEI G., BONDESAN M., DAL CIN R., MASE' G., VUILLERMIN F. 1975. Studio geologico coordinato per la pianificazione territoriale del Comune di Ferrara. Mem. Soc Geol. It., vol. 14, pp.165-205, 14 ff., 7 tavv.

BONDESAN M., 1990 - L'area deltizia padana: caratteri geografici e geomorfologici. In "Il Parco del delta del Po" I sez., Spazio Libri Ed., Ferrara, pp.10-47.

BONDESAN M., MASE' G., 1980 - Indagini geologiche per la redazione di un progetto di gestione del territorio e delle risorse naturali della provincia di Ferrara. Relazione conclusiva.

BRUNETTI M., MANGERI M., NANNI T., 1999 - Climate variations in Italy in the last 130 years. Le pianure, Atti del Conv. di Ferrara del 9-10 Novembre 1999, pp. 54-55.

CACCOLI A. - L'analisi ambientale nel comune di Ferrara e le reti di monitoraggio (periodo 1996-1999); tesi di Diploma in Metodologie Fisiche, Università degli Studi di Ferrara, A.A. 1999-2000.

GIARI M., MORELLI B., ROVERSI R., 1998 - Le peculiarità del sottobacino Burana-Volano nell'ambito del grande bacino del Po. Ingegneri Architetti Costruttori, n. 593, Bologna, Ottobre 1998, pp. 557-558.

GIARI M., VALENTINI P., 1998 - Il Consorzio di Bonifica 1° Circondario Polesine di Ferrara. Ingegneri Architetti Costruttori, n. 593, Bologna, Ottobre 1998, pp. 559-562.

MORELLI B., TEBALDI G., 1998 - Il Consorzio di Bonifica 2° Circondario Polesine di S. Giorgio. Ingegneri Architetti Costruttori, n. 593, Bologna, Ottobre 1998, pp. 563-569.

ROVERSI R., 1998 - Il Consorzio di Bonifica Valli di Vecchio Reno. Ingegneri Architetti Costruttori, n. 593, Bologna, Ottobre 1998, pp. 571-578.

Cap. 6) QUADRO DELLA QUALITA' DELLE ACQUE SUPERFICIALI NEL TERRITORIO DEL COMUNE DI FERRARA

Ferrara, Gennaio 2003

6. 1 - Il monitoraggio delle acque nella rete dei canali interni al territorio

Come si è visto, la rete delle acque superficiali nel territorio comunale è piuttosto complessa e alcuni dei corpi idrici che la costituiscono hanno molteplici funzioni.

Le principali sono, come è noto, quelle

- di scolo

- di irrigazione

alcuni di essi però costituiscono anche delle vie navigabili.

Il Po, del resto, da secoli esplica per le nostre genti le stesse funzioni, e in più ci fornisce anche l'acqua da bere, o per meglio dire ci mette a disposizione, per via superficiale o sotterranea, l'acqua che, con vari processi di depurazione, viene resa potabile.

Per quanto riguarda i canali, i fondamentali obiettivi che essi dovrebbero essere in grado di raggiungere sono dunque la loro idoneità per l'uso irriguo (che si può considerare anche idoneità per alcuni altri utilizzi) e la capacità di mantenimento della vita acquatica; per i principali corpi d'acqua (che hanno anche funzioni idrovie) va anche valutata l'idoneità per la navigazione interna

Per tali obiettivi si tratta dunque sia di un problema di quantità, sia di qualità delle acque: in particolare per l'uso irriguo è necessario assicurare, oltre ad una loro adeguata disponibilità nei mesi siccitosi, la loro idoneità idrologica; per il mantenimento della vita acquatica è necessario garantire nel corpo idrico sia la presenza di acqua in quantità adeguata per assicurare la sopravvivenza dei fondamentali equilibri biologici (deflusso minimo vitale), sia l'idoneità idrologica; per la navigabilità è soprattutto necessario garantire una quantità di acqua sempre presente nel corpo idrico per assicurare la sua percorribilità da parte dei natanti (per questa funzione i problemi di idoneità idrologica sono assai meno restrittivi).

Dal punto di vista quantitativo, la funzione più idroesigente è attualmente quella agricola (irrigazione), mentre dal punto di vista qualitativo, scontato il fatto che nessuna di queste acque viene presa in considerazione per la produzione di acque potabili, la più delicata è quella di garantire la sopravvivenza dei fondamentali equilibri biologici nelle acque interne.

Pertanto, al fine di rendere disponibile, nel presente studio, anche un quadro generale della qualità delle acque superficiali, sono state considerate due situazioni recenti definite dalle analisi che l'ARPA esegue sistematicamente sui canali del territorio in esame e sui principali corpi d'acqua a monte, la situazione degli anni 1996-97 e quella del 2001. Non ci si è preoccupati, in questa sede, di discutere più di tanto sulla classificazione di tali acque (anche in relazione al fatto che le "matrici" di classificazione sono in fase di risistemazione), quanto di parlare concretamente del loro stato.

Per il 1996-97 si è fatto ampio riferimento alla pubblicazione "indagine quali-quantitativa delle acque superficiali dei bacini Burana-Volano e Canal Bianco; monitoraggio biologico di qualità dei corpi idrici; metodo I.B.E., Dimensione Ambiente, 1, 1999, Provincia di Ferrara".

In particolare, per il presente studio sono state considerate le seguenti 14 stazioni della rete provinciale di monitoraggio acque:

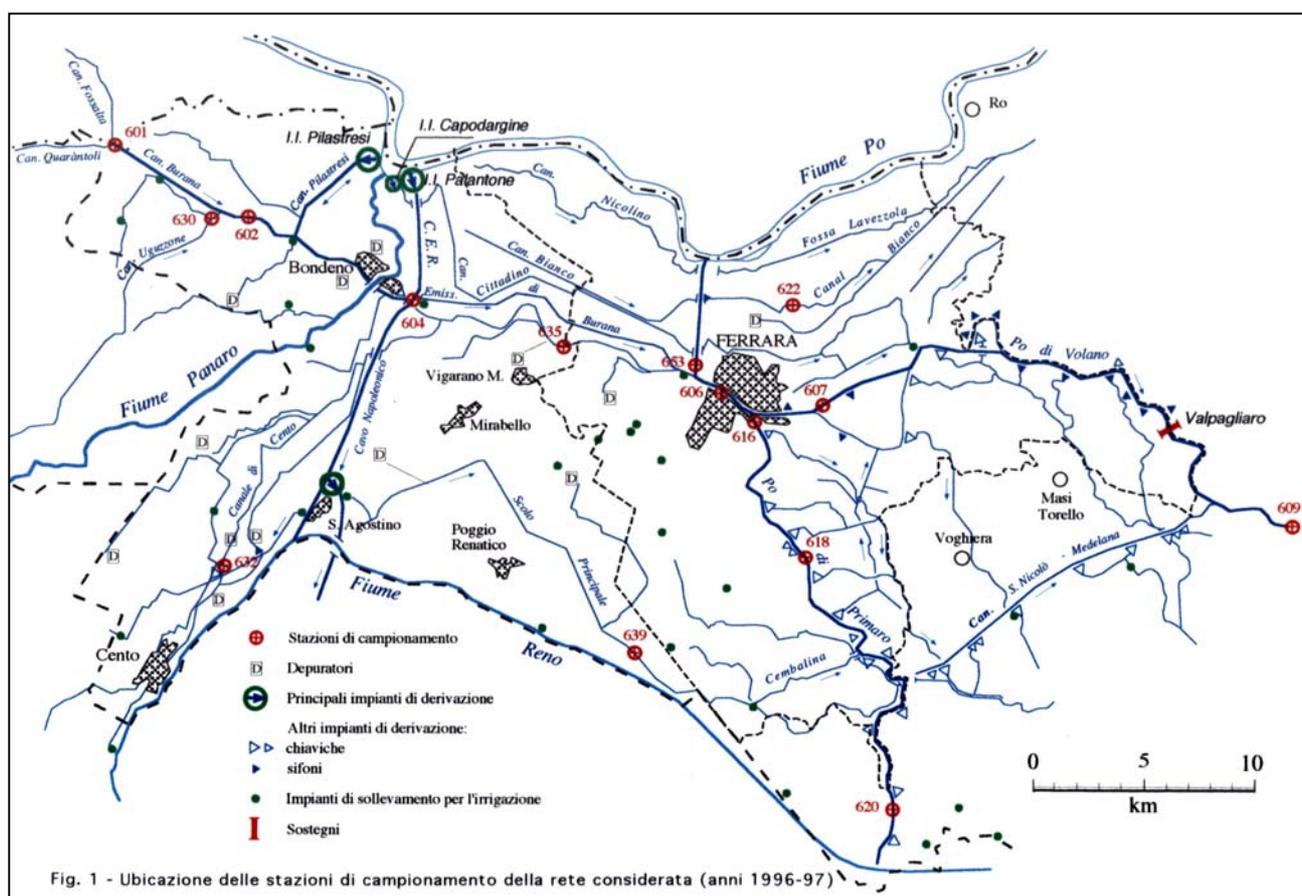
Tab. 1 - Stazioni della rete provinciale di monitoraggio acque negli anni 1996-97.

Codice reg.le	Cod. prov.le	Ubicazione
31311606	601	Canale Burana - ponte dei Santi
31311618	630	Can Dogaro-Uguzzone-chiavica immiss. Burana
31311607	602	Canale Burana - ponte Burana
31311608	604	Can. Burana - Bondeno - p.te sul Cavo Napoleonico
31311609	606	Po di Volano - Ferrara - ponte della Pace
31311610	607	Po di Volano- Ferrara - ponte Bigoni
31311611	609	Po di Volano- Migliarino - ponte Migliarino
31311623	653	Canale Boicelli - confluenza nel canale Burana
31311621	639	Canale Cembalina- Gallo - ponte S.S.Porrettana

31311620	620	Po di Primaro - Ospital Monacale
31311616	618	Po di Primaro - S.Egidio ponte Gaibanella
31311614	616	Po di Primaro - Ferrara - incile Po di Volano
31311619	635	Canale di Cento - ponte degli Schiavoni
31311701	622	Canal Bianco - ponte S.P. per Francolino

Solo 6 di tali stazioni (codici provinciali 606, 607, 653, 618, 616 e 622) ricadono in comune di Ferrara; altre 6 sono situate più ad occidente (Alto Ferrarese), ma si è deciso di prenderle in considerazione in quanto rappresentative della qualità delle acque che giungono al Po di Volano nel territorio comunale; una è situata a est (Migliarino) e fornisce informazioni sulle acque del Po di Volano uscenti dal comune di Ferrara; una è situata a sud (Ospital Monacale) e si può considerare indicativa della tendenza presentata dalle acque presso Bova, nel tratto più meridionale del Po di Primaro.

L'ubicazione delle stazioni è precisata nella fig. 1 mentre le figure 2 e 3 rappresentano schematicamente le relazioni idrauliche fra i corpi d'acqua monitorati.



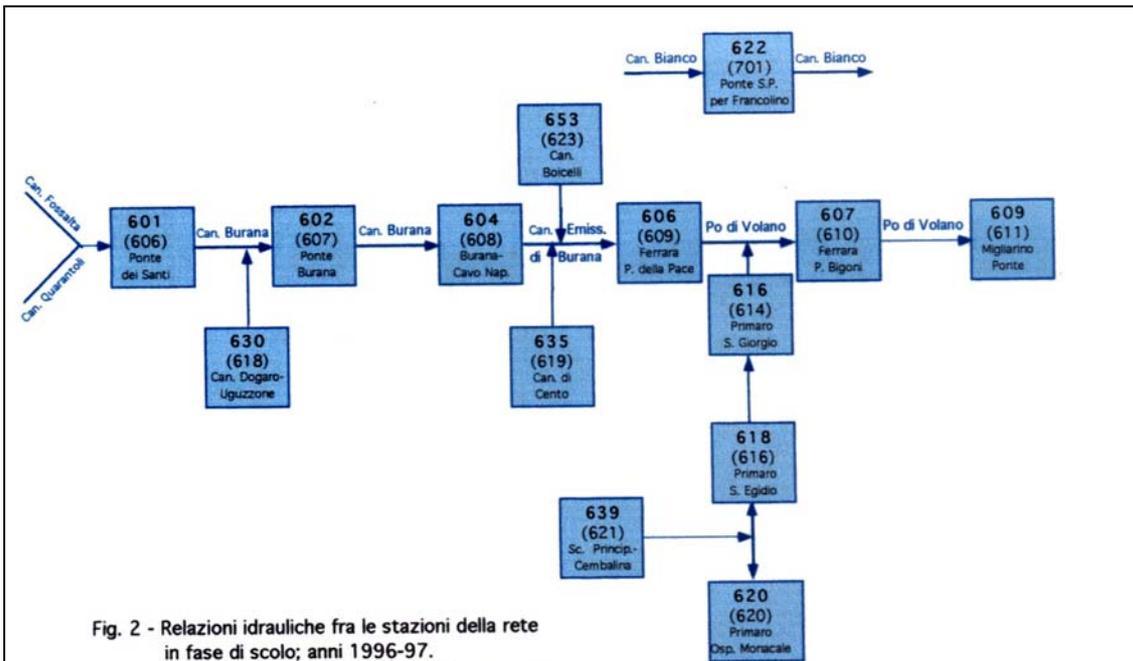


Fig. 2 - Relazioni idrauliche fra le stazioni della rete in fase di scolo; anni 1996-97. (le stazioni sono indicate con il codice provinciale il codice regionale è fra parentesi)

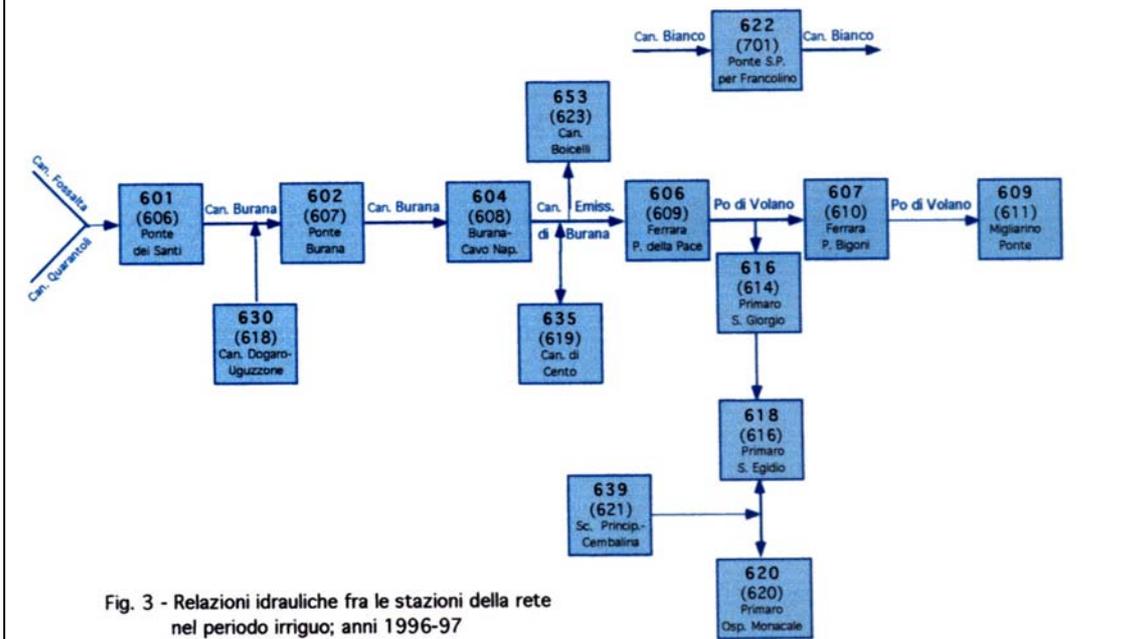


Fig. 3 - Relazioni idrauliche fra le stazioni della rete nel periodo irriguo; anni 1996-97 (le stazioni sono indicate con il codice provinciale il codice regionale è fra parentesi)

Tutte le stazioni sono in relazione con il Po di Volano, fuorché la 622 che è situata sul Canal Bianco, a valle del Betto. La rete indagata, che rappresenta solo un settore del bacino Burana-Volano Canal Bianco, è formata esclusivamente da canali ad uso promiscuo, ossia che svolgono sia la funzione di collettori di scolo che di vettori di acque irrigue. Normalmente le portate nei canali sono maggiori nella fase irrigua che in quella di scolo.

I parametri che vengono rilevati presso tali stazioni sono quelli riportati nella tabella 2.

Tab. 2 - Parametri rilevati e unità di misura

Temperatura aria	°C
Temperatura acqua	°C
pH	
Durezza	°F
Conducibilità elettr. spec. a 20°C	uS/cm
Torbidità	mg/l SiO ₂
Sostanze sospese	mg/l
Ossigeno disciolto	mg/l
B.O.D	mg/l O ₂
C.O.D	mg/l O ₂
Fosforo totale	mg/l P
Fosforo reattivo	mg/l P
Silice reattiva	mg/l Si
Ammoniaca	mg/l NH ₄
Nitriti	mg/l NO ₂
Nitrati	mg/l NO ₃
Solfati	mg/l SO ₄
Cloruri	mg/l Cl
Tensioattivi	mg/l MBAS
Coliformi totali in 100 ml	MPN
Coliformi fecali in 100 ml	MPN
Streptococchi fecali in 100 ml	MPN
Salmonelle in 1000 ml	
Indice Biotico Esteso (I.B.E.)	

Per valutare l'idoneità delle acque all'uso irriguo, non esistendo riferimenti normativi, sono stati utilizzati gli standard proposti dal dipartimento dell'Agricoltura U.S.A., integrati con valori desunti dalla pubblicazione Dimensione Ambiente "Parametri di valutazione qualitativa per le acque superficiali destinate ad uso irriguo", che considera i valori limite sottoriportati:

Tab. 3

conducibilità	uS/cm	2000
coliformi fecali	100 ml	1000
coliformi totali	100 ml	20000
nitrati	mg/l NO ₃	50
cloruri	mg/l Cl	300

Per il 2001 si è fatto riferimento direttamente ai rapporti di analisi inviati dall'ARPA all'Amministrazione Provinciale di Ferrara, consultati presso quest'ultimo ente. Si è quindi provveduto ad informatizzare i risultati delle analisi e a confrontarli con quelli degli anni 1996-97.

Fra il '97 e il 2000 erano state soppresse alcune delle precedenti stazioni (Can. Dogaro-Uguzzone, Burana, Can. Boicelli, Po di Primaro a S. Giorgio e a Ospital Monacale), altre erano state trasferite; per il 2001 sono state quindi considerate le 10 seguenti stazioni:

Tab. 4 - Stazioni della rete provinciale di monitoraggio acque considerate per l'anno 2001.

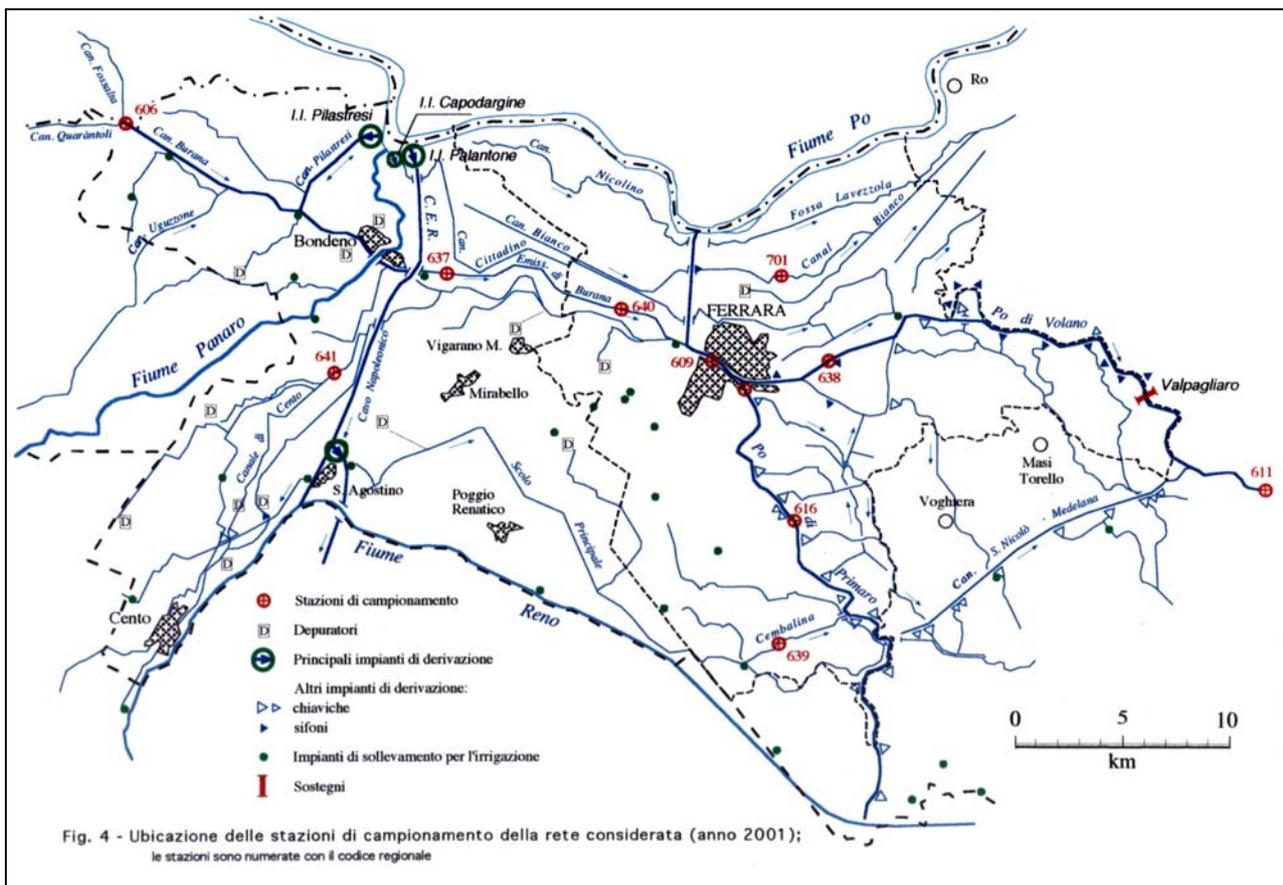
Codice reg.le	Ubicazione
1606	Can. Burana - Pilastrini - Ponte dei Santi
1637	Can. Burana - P.te ferrovia a valle di Bondeno
1640	Can. Burana - Cassana - Via Smeraldina
1609	Po di Volano - Ferrara - Ponte della Pace
1611	Po di Volano- Migliarino - ponte Migliarino
1639	Cembalina - Spinazzino
1616	Po di Primaro - S.Egidio ponte Gaibanella
1641	Canale di Cento - Casumaro - P.te Trevisani
1701	Canal Bianco - Ferrara - ponte S.P. per Francolino

Nel seguito, per semplicità, i codici di stazione verranno citati omettendo la prima cifra.

Ricadono in comune di Ferrara le stazioni n. 640, 609, 638, 639, 616 e 701; le n. 606, 637, 641 sono situate più a monte e la n. 611 più a valle.

L'ubicazione delle stazioni è precisata nella fig. 4, mentre le figure 5 e 6 rappresentano schematicamente le relazioni idrauliche fra i corpi d'acqua monitorati.

Tutte le stazioni sono in relazione con il Po di Volano, fuorché la 701 che è situata sul Canal Bianco, nella stessa posizione della 622 degli anni 96/97.



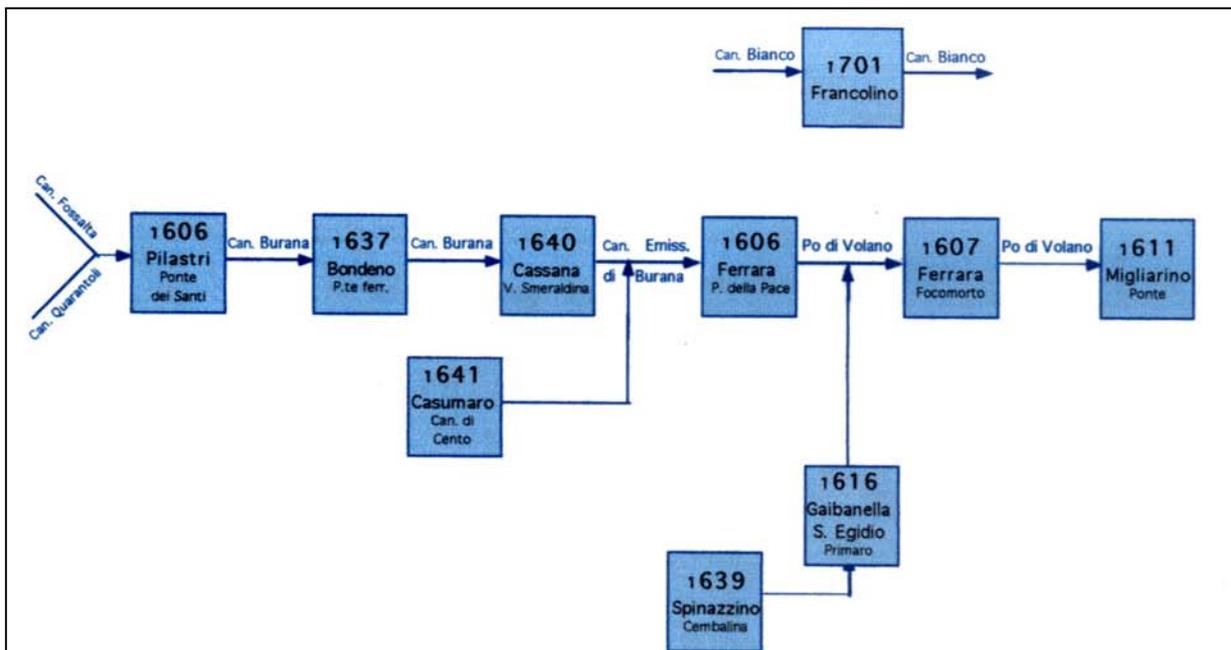


Fig. 5 - Relazioni idrauliche fra le stazioni della rete in fase di scolo (le stazioni sono indicate con il codice regionale)

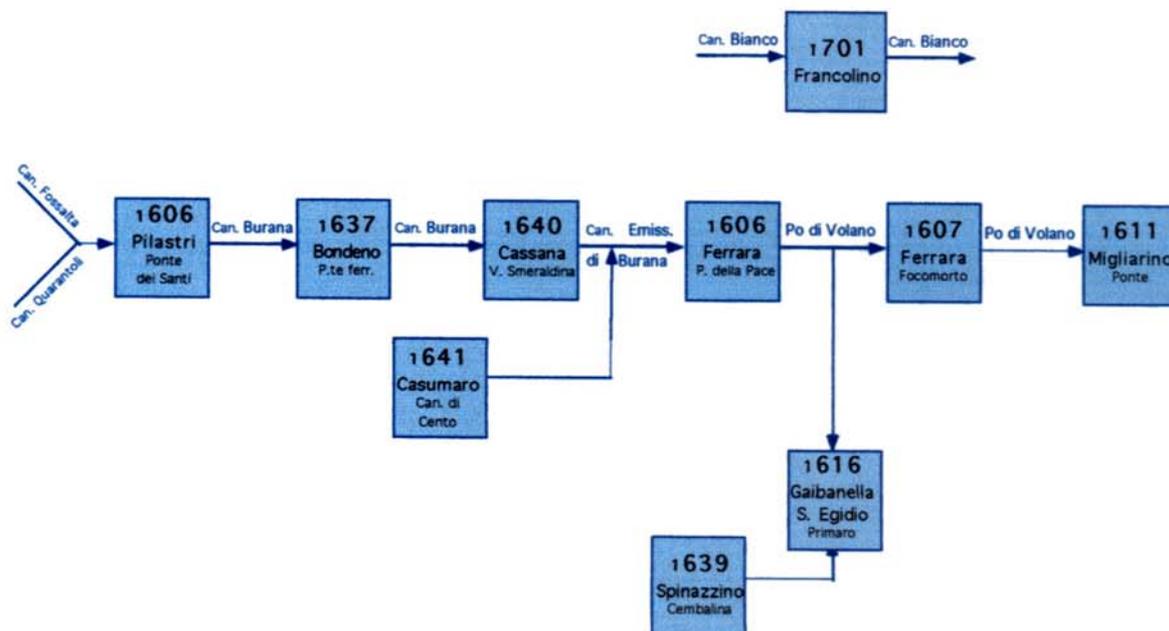


Fig. 6 - Relazioni idrauliche fra le stazioni della rete nel periodo irriguo (le stazioni sono indicate con il codice regionale)

I parametri che vengono rilevati a tali stazioni sono quelli riportati nella tabella 5.

Tab. 5 - Parametri rilevati e unità di misura

Temperatura aria	°C
Temperatura acqua	°C
pH	
Durezza	°F
Conducibilità elettr. spec. a 20°C	uS/cm
Torbidità	mg/l SiO ₂
Sostanze sospese	mg/l
Ossigeno disciolto	mg/l
B.O.D	mg/l O ₂
C.O.D	mg/l O ₂
Fosforo totale	mg/l P
Fosforo reattivo	mg/l P
Silice reattiva	mg/l Si
Ammoniaca	mg/l NH ₄
Nitriti	mg/l NO ₂
Nitrati	mg/l NO ₃
Solfati	mg/l SO ₄
Cloruri	mg/l Cl
Tensioattivi	mg/l MBAS
Coliformi totali in 100 ml	MPN
Coliformi fecali in 100 ml	MPN
Streptococchi fecali in 100 ml	MPN
Salmonelle in 1000 ml	
Rame	µg/l
Zinco	µg/l
Piombo	µg/l
Boro	µg/l
Berillio	µg/l
Manganese	µg/l
Cobalto	µg/l
Nichel	µg/l
Vanadio	µg/l
Arsenico	µg/l
Cadmio	µg/l
Cromo totale	µg/l
Selenio	µg/l
Mercurio	µg/l
Bario	µg/l
Alluminio	µg/l
Stagno	µg/l
Antimonio	µg/l

6.2 - Dati sulla pressione antropica

Nel settore del territorio ferrarese qui considerato sono presenti varie attività, insediamenti e servizi che hanno differenti impatti sull'ambiente.

Fra le attività vanno soprattutto elencate:

- agricoltura: in calo barbabietola e soia, relativamente stabili granturco girasole, orticoltura e frutticoltura; soprattutto in queste ultime si fa notevole uso di concimi, fertilizzanti e antiparassitari;
- zootecnia: generalmente in calo; in aumento solo gli allevamenti di suini;
- industria: è la parte più industrializzata del Ferrarese (piccola e media industria, grande industria a Ferrara e nel Centese), con produzioni assai varie, anche di trasformazione dei prodotti agricoli.

Gli insediamenti sono numerosi, facenti capo ai comuni di Ferrara, Cento, Bondeno, Mirabello, S.Agostino, Vigarano Mainarda, Poggio Renatico, per un totale di circa 200.000 abitanti.

Tra i servizi si possono citare i depuratori (tab. 6), le aree attrezzate come discariche, gli inceneritori.

Tab. 6 - Impianti di depurazione del Consorzio ACOSEA

Codice	Località	Comune	ab/eq	Canale ricettore
101	Gramicia	Ferrara	120.000	Po Di Volano
121	Macello	Ferrara	15.000	Fognatura
124	Porotto	Ferrara	3.500	Canal Ladino
114	Corpo Reno	Cento	25.000	Condotto Generale
168	Dodici Morelli	Cento	2.000	Scolo Salione
167	Casumaro	Cento	1.600	Arborelli
115	Bondeno C.Storico	Bondeno	10.000	Cavo Porretto
142	Santissimo	Bondeno	3.000	Cavo Rondone
173	Scortichino	Bondeno	2.000	Cavo Piretta
174	Pilastrì	Bondeno	1.200	Bondiolo Sx
148	San Giovanni	Bondeno	1.000	Emissario di Burana
116	Ponte Rodoni	Bondeno	1.000	Canale Savenuzza
126	Poggio Renatico	Poggio Ren.	4.000	Canale Seghedizzo
143	Coronella	Poggio Ren.	1.100	Scolo Coronella
108	San Carlo	Sant'Agostino	14.000	Scolo Consorziale
109	Dosso	Sant'Agostino	5.000	Canale Angelino
102	Francolino	Ferrara	1.350	Fossa Lavezzola
175	Vallelunga	Ferrara	1.100	Can. Nicolino
110	Codrea	Ferrara	1.000	Condotto Gori
122	Casaglia	Ferrara	1.000	Leoncello
123	Salvatonica	Bondeno	1.000	Canale Nicolino

Il Consorzio Acosea gestisce inoltre i depuratori di Portomaggiore, Gambulaga, Belriguardo, Montesanto 1 e Montesanto 2, esterni sia al territorio comunale sia alla rete in esame.

Altri importanti servizi e punti a rischio compresi nel territorio sono costituiti

- dal depuratore per il trattamento di rifiuti speciali liquidi e semiliquidi di Ferrara
- dal centro di stoccaggio provvisorio RTN di Ferrara
- dalla discarica di Bondeno
- dalla discarica di Settepolesini
- dal depuratore autorizzato al trattamento di rifiuti speciali liquidi e semiliquidi di CorpoReno
- dalla Società Niagara di Poggio Renatico per il recupero di rifiuti speciali liquidi
- dalla zona SIPRO di Poggio Renatico contaminata da operazioni di vagliatura dei rifiuti provenienti dall'ex-macero di via Tortorella

nonchè da scarichi abusivi di RTN presso Mirabello, S. Bianca e Poggio Renatico e dalle cave di Settepolesini (SEI) e di Vigarano Mainarda.

6.3 - Qualità delle acque alle varie stazioni considerate

Nel presente studio, per valutare la qualità delle acque, sono stati presi in esame tutti i parametri (per gli anni 1996 e 1997 si rimanda alla citata pubblicazione dell'Amministrazione Provinciale di Ferrara); nei grafici qui allegati, relativi all'anno 2001, sono stati evidenziati solo i seguenti:

Ossigeno disciolto
B.O.D.
C.O.D.
Coliformi fecali
Fosforo totale
Ammoniaca
Nitriti
Nitrati

Per eseguire un confronto tra le varie stazioni, è necessario tener presente che mentre nell'asta Canale Burana, Emissario di Burana, Po di Volano il flusso è costantemente da ovest a est, come nel Canal Bianco, nel Canale di Cento e nell'asta Scolo Principale-Fossa Cembalina, le cose vanno diversamente nel Po di Primaro: in quest'ultimo infatti le acque fluiscono da nord a sud nei mesi irrigui, da sud a nord in quelli non irrigui.

La stazione 606 (cod. prov. 601) è situata sul Canale Burana al suo ingresso nella provincia ferrarese, e risente dell'inquinamento proveniente dai canali Quarantoli e Fossalta, ivi confluenti, che raccolgono rispettivamente le colatizie della Bassa Modenese e dell'Oltrepò Mantovano, a est del Secchia. Fra il 1966 e il 2001 non si registrano sostanziali cambiamenti, anzi, nel periodo non irriguo vengono segnalati peggioramenti per quanto riguarda l'ossigeno disciolto, il fosforo e l'ammoniaca. L'inquinamento risulta prevalentemente di tipo agricolo.

Nel 1997 la percentuale di idoneità delle acque all'uso irriguo è stata valutata mediamente 27 (arco dell'anno), 50 da aprile a settembre.

La stazione presso Burana (cod. prov. 630) controllava nel 1996-97 il canale Dogaro-Uguzzone, proveniente dalla Bassa Modenese, presso la sua confluenza nel Canale Burana. L'inquinamento registrato (di tipo agricolo, zootecnico e industriale) risulta essere fra i più elevati di tutta la rete.

Nel 1997 la percentuale di idoneità delle acque all'uso irriguo era stata valutata mediamente 9 (arco dell'anno), 17 da aprile a settembre.

Nel 2001 tale stazione non esisteva più.

La stazione 607 (cod. prov. 602) controllava il Canale Emissario di Burana, a valle delle confluenze sia del Dogaro-Uguzzone, sia del cavo Cagnette, sul quale insistono l'abitato e il depuratore di Scortichino; vi sono stati osservati valori variabili ma generalmente alti dei nitrati. Anche qui l'inquinamento è fra i più elevati di tutta la rete.

Nel 1997 la percentuale di idoneità delle acque all'uso irriguo è stata valutata mediamente 9 (arco dell'anno), 17 da aprile a settembre.

Nel 2001 tale stazione non esisteva più.

La stazione 608 (cod. prov. 604) nel 1996-97 controllava il Canale Emissario di Burana in un punto situato a valle delle confluenze del canale Pilastresi e del collettore di bonifica di S. Bianca. Arrivano in questo punto anche le acque uscenti dai depuratori di Pilastris e di Bondeno. Dal collettore di S.Bianca pervengono colatizie agricole; il canale Pilastresi immette, nel periodo irriguo, forti quantità d'acqua del Po, che provocano una fortissima diluizione degli inquinanti, aumentano la variabilità dei valori. Nel 1997 la percentuale di idoneità delle acque all'uso irriguo era stata valutata mediamente 0 (arco dell'anno) e 0 anche per il periodo da aprile a settembre.

Nel 2001 è stata sostituita dalla stazione 637, pure sull'Emissario di Burana, ma situata un po' più a valle, presso il ponte della ferrovia Ferrara-Suzzara. Permane una forte variabilità, specie nei nitrati, e in genere la qualità dell'acqua non risulta migliorata.

La stazione 609 (cod. prov. 606) è situata a Ferrara, al ponte della Pace. In questo punto il Canale Burana ha già ricevuto, oltre al Boicelli, tutte le acque dell'Alto Ferrarese, comprese quelle del bacino e del depuratore di Porotto. Le acque controllate da questa stazione risultano di qualità scadente, con forti aumenti dell'azoto nitrico nei mesi non irrigui (attribuibili agli afflussi del Canale di Cento) nonché del BOD₅, del COD e dell'azoto ammoniacale (attribuibili agli afflussi del Burana).

Nel 1997 la percentuale di idoneità delle acque all'uso irriguo è stata valutata mediamente 18 (arco dell'anno), 33 da aprile a settembre.

Nel 2001 si registra qualche miglioramento rispetto al '97, ma un picco più pronunciato per il fosforo e per l'ammoniaca nei mesi non irrigui.

La stazione 610 (cod. prov. 607) controllava il Diversivo a ponte Bigoni, ove il Volano ha già ricevuto anche le acque del Primaro (fase di scolo) e quelle dei depuratori di Ferrara. Qui nel 1996-97 la qualità delle acque risultava ancora più scadente che al ponte della Pace, con forti punte, da ottobre ad aprile, dell'azoto ammoniacale e dell'azoto nitrico, e alti valori di fosforo totale con picchi molto elevati specie nei mesi invernali.

Nel 1997 la percentuale di idoneità delle acque all'uso irriguo è stata valutata mediamente 4 (arco dell'anno), 8 da aprile a settembre.

Successivamente la stazione è stata sostituita dalla 638, posta qualche chilometro più a valle, alla passerella che supera il Diversivo presso Focomorto. Le analisi del 2001 ripropongono il panorama precedente, con ulteriori peggioramenti per quanto riguarda l'ossigeno disciolto e il fosforo totale.

La stazione 611 (cod. prov. 609) controlla il Po di Volano a Migliarino. Qui il Volano, rispetto alla stazione precedente, in fase irrigua non registra incrementi di rilievo, mentre in fase di scolo vede aggiungersi i tributi dell'Idrovoro S. Antonino e dell'Idrovoro di Baura. E' quindi una stazione altamente significativa della qualità delle acque uscenti dal territorio del Comune di Ferrara. Nel 1996-97 la qualità delle acque risultava migliore che a Ferrara, specie per il carico batteriologico e l'azoto ammoniacale.

Nel 1997 la percentuale di idoneità delle acque all'uso irriguo è stata comunque valutata 4 (arco dell'anno), 8 da aprile a settembre.

Le analisi del 2001 segnalano un generale peggioramento rispetto alla situazione del 96-97, con elevati picchi di fosforo e di azoto ammoniacale negli ultimi mesi dell'anno.

Nel 1996-97 esisteva anche una stazione sul Canale Boicelli (cod. prov. 653), poco a monte della sua confluenza nel canale Burana. A tale canale pervengono, in fase di scolo, la parte delle acque del bacino del Betto (colatzie agricole) che vengono sollevate dall'omonima idrovora. In fase irrigua, da vari anni il Boicelli non è più alimentato dall'idrovora che prelevava dal Po in testa al canale stesso (l'impianto è oggi distrutto), tuttavia i valori di questa stazione risultavano essere fra i migliori di tutta la rete, probabilmente anche grazie alle acque provenienti dal Po, che assicuravano una buona diluizione degli inquinanti. Negli ultimi 2 anni, con i lavori di costruzione della nuova conca, anche questi afflussi sono venuti a mancare e l'acqua del Boicelli è praticamente ferma.

Nel 1997 la percentuale di idoneità delle acque all'uso irriguo era stata valutata mediamente 73 (arco dell'anno), 80 da aprile a settembre.

Successivamente questa stazione è stata soppressa, ma sarà opportuno ripristinarla una volta completato il nuovo assetto del Canale Boicelli, con la nuova idrovora di prelievo diretto dal Po.

La stazione 621 (cod. prov. 639) era situata nel 1996-97 a Gallo (Poggio Renatico), sullo Scolo Principale, a monte del suo ingresso nella Cembalina, affluente del Po di Primaro. Le acque arrivano in questo punto da aree prevalentemente agricole dei comuni di S. Agostino, Mirabello, Vigarano e dall'intero territorio di Poggio Renatico; comprendono inoltre quelle provenienti dai depuratori di Poggio Renatico e Coronella. Nel 1996-97 venivano registrati valori di inquinamento notevoli, con valori elevati di coliformi, probabilmente da mettere in relazione con la presenza di scarichi in prossimità della stazione.

Nel 1997 la percentuale di idoneità delle acque all'uso irriguo è stata valutata mediamente 8 (arco dell'anno), 17 da aprile a settembre.

Nel 2001 tale stazione è stata soppressa, perché ritenuta poco significativa, e al suo posto è stata istituita la stazione 639, presso Spinazzino (sulla vera Cembalina). In questo punto la qualità delle acque risulta essere sensibilmente migliore; benché i nutrienti siano sempre presenti in concentrazioni significative, i valori di coliformi sono assai bassi e anche altri parametri presentano valori mediamente migliori rispetto alle altre stazioni.

La stazione presso Ospital Monacale (cod. prov. 620) controllava nel 1996-97 il Po di Primaro, proveniente dalla Bassa Modenese, presso la sua confluenza nel Canale Burana. Nel 1996-97 presentava le acque migliori di tutta la rete. Nel 1997 la percentuale di idoneità delle acque all'uso irriguo era stata valutata 100 per tutto l'arco dell'anno, ma queste acque non erano state incluse nel giudizio di qualità in quanto ferme, a causa della presenza di uno sbarramento permanente. Tale stazione è stata quindi soppressa.

La stazione 616 (cod. prov. 618) controlla il Po di Primaro al ponte fra Gaibanella e S. Egidio. In questo tratto del Po di Primaro, come si è detto, le acque scorrono da Nord a Sud in fase irrigua e da Sud a Nord in fase di scolo. Perciò, nei mesi irrigui arrivano dal Volano, mentre nei non irrigui arrivano soprattutto dalla Cembalina (vedi stazione precedente). Nel 1996-97 valori di questa stazione erano fra i migliori di tutta la rete (con qualche punta nella percentuale di azoto nitrico).

Nel 1997 la percentuale di idoneità delle acque all'uso irriguo è stata valutata mediamente 33 (arco dell'anno), 50 da aprile a settembre.

Nel 2001 la situazione sembra per certi versi migliorata; in particolare è diminuita la presenza di coliformi, ma si evidenzia uno strano aumento nella concentrazione di ammoniaca già a partire da luglio (in effetti tale stazione, situata tra due importanti centri abitati, pare essere troppo condizionata da scarichi locali, e sarebbe da trasferire).

Nel 1996-97 il Po di Primaro era monitorato anche da una stazione sita presso S. Giorgio, all'incile con il Po di Volano (cod. prov. 616). Nei mesi non irrigui evidenziava forti picchi nell'azoto ammoniacale e in generale la qualità delle acque non era migliore di quella del Po di Volano, dal quale risultava fortemente influenzata.

Nel 1997 la percentuale di idoneità delle acque all'uso irriguo era stata valutata mediamente 9 (arco dell'anno), 17 da aprile a settembre.

Successivamente questa stazione è stata soppressa.

Nel 1996-97 il Canale di Cento era controllato da due stazioni, una situata a valle di Cento (cod. prov. 632) una situata subito a valle dell'abitato di Vigarano Pieve (cod. prov. 635). La prima stazione sottendeva un bacino comprendente la zona di Castelfranco Emilia e il Centese, la seconda vedeva aggiungersi ampie aree situate nei comuni di S. Agostino, Mirabello e Vigarano (compresi i depuratori di Renazzo, Dodici Morelli, Corporeno, Dosso, S. Carlo, Ponte Rodoni e Vigarano). Entrambe le stazioni registravano valori notevoli di inquinamento con picchi particolarmente pronunciati nei valori dei coliformi: nel 1997 la percentuale di idoneità delle acque all'uso irriguo era stata valutata mediamente 0 (arco dell'anno) e 0 anche per il periodo da aprile a settembre.

Le due stazioni sono state successivamente sopresse e al loro posto è stata istituita la stazione 641, sempre sullo stesso Canale di Cento, presso Casumaro, in un luogo considerato più rappresentativo in quanto più lontano da scarichi puntuali.

In tale stazione i parametri appaiono più somiglianti a quelli visti nel 96/97 per la stazione più a monte, ma nel complesso non si possono segnalare miglioramenti.

La stazione 701 (cod. prov. 622) è situata sul Canal Bianco, a nord di Ferrara, nel tratto a oriente della Botte del Betto sul Canale Boicelli.

La qualità delle acque è tra le più scadenti dell'intera rete, anche nei mesi irrigui, con alti valori di cloruri, COD, coliformi e ammoniaca.

Nel 1997 la percentuale di idoneità delle acque all'uso irriguo è stata valutata mediamente 0 (arco dell'anno) e 0 anche per il periodo da aprile a settembre.

Nelle analisi del 2001 alcuni parametri risultano migliorati (ammoniaca, nitriti), ma nel complesso la situazione resta scadente; viene segnalato un altissimo valore di fosforo totale in luglio.

Per l'anno 2001, negli istogrammi riportati alla fine del fascicolo, sono stati messi a confronto i parametri più significativi registrati alle varie stazioni esistenti su questi canali. Per il periodo irriguo vengono presentati il mese di giugno e (a conferma) quello di agosto, per il periodo non irriguo il mese di novembre.

6.4 - Discussione dei dati

La rete è caratterizzata, nell'arco dell'anno, da due diversi regimi idraulici che influenzano in modo significativo le caratteristiche delle acque: durante il periodo irriguo (fra aprile e settembre), nel quale vengono derivate dal Po notevoli quantità d'acqua, le caratteristiche chimico-fisiche e microbiologiche migliorano sensibilmente, mentre nella fase di scolo (fra ottobre e marzo) si registra un netto peggioramento della qualità delle acque. In pratica le acque del Po, pur essendo a loro volta affette da un certo inquinamento, esercitano una formidabile azione di diluizione dell'inquinamento proprio della rete.

In generale in tutta la rete considerata (come nella maggior parte del bacino Burana-Volano-Canal Bianco) la qualità delle acque superficiali è attualmente valutabile come scadente. I parametri maggiormente responsabili di tale situazione sono l'ossigeno disciolto, l'ammoniaca, il COD e i coliformi.

Fanno eccezione per il 1996-97 il Canale Boicelli e il Po di Primaro, presso Gaibanella, e per il 2001 la Cembalina e ancora il Po di Primaro (Gaibanella), ove sono state riscontrate condizioni un po' migliori.

In particolare la situazione si può definire critica per il Canale Burana e per il Volano, che presentano un notevole carico organico, carenza di ossigeno e valori particolarmente alti di conducibilità e di cloruri; anche il carico batteriologico è a livelli elevati, pur mostrando una certa tendenza al miglioramento rispetto ad una decina di anni fa. Miglioramenti lievi, ma saltuari, sono stati riscontrati per il Volano a Migliarino.

La situazione si può definire critica anche

- per il Canale di Cento, soprattutto per carenza di ossigeno, elevate concentrazioni di nutrienti, carico organico e coliformi;
- per il Canal Bianco, soprattutto per carenza di ossigeno ed elevati valori di cloruri, conducibilità e nutrienti.

Va d'altronde tenuto presente che solo parte dell'inquinamento registrato può essere attribuito alla pressione antropica presente sul territorio considerato; la situazione qui vista per il Canale Burana, come altre indagini eseguite in passato sui fenomeni di distrofizzazione delle acque del Ferrarese, dimostrano infatti che una buona parte dell'inquinamento presente nelle nostre acque affluisce dal territorio a monte (Bassa Modenese e Oltrepò Mantovano).

Si configura comunque, nel bacino, una situazione generale di scarsa qualità delle acque superficiali per effetto di eccessiva pressione dell'uomo sul territorio.

Per quanto riguarda la componente distrofizzante (nutrienti) l'attività di più alto impatto risulta quella agricola, mentre per il carico organico sono certamente significative anche le attività civili e industriali.

Per il comparto civile, in particolare, si deve sottolineare che nel bacino sono ancora presenti agglomerati non serviti da impianti di depurazione, e che quantità notevoli di carico inquinante sono talora sottoposte a trattamenti di depurazione poco efficaci (impianti piccoli e/o a basso rendimento).

Nella tab. 7 vengono riassunte le classificazioni in classi delle stazioni ricadenti nel territorio comunale, sulla base dei criteri CNR-IRSA.

Tab. 7

Parametro	Classe I variab.	Classe II variab.	Classe III variab.	Classe IV variab.
Ossigeno disciolto	7,01 - 10	3,01 - 7	1,01 - 3	0 - 1
B.O.D.	0 - 3	3,01 - 7	7,01 - 10	> 10,01
C.O.D.	0 - 10	10,01 - 20	20,01 - 30	> 30,01
Coliformi fecali	0 - 100	101 - 2000	2001 - 20000	> 20000
P - P ₀₄	0 - 0,05	0,051 - 0,1	0,101 - 0,2	> 0,201
Azoto ammoniac.	0 - 0,03	0,031 - 0,5	0,501 - 1	> 1,001
Azoto nitrico	0 - 0,05	0,051 - 1	1,01 - 10	> 10,01

Le acque alle varie stazioni (con riferimento alla situazione del 1997) risultavano pertanto classificabili come presentato nella tabella 8.

Tabella 8

	Ossigeno disciolto	B.O.D.	C.O.D.	Coliformi fecali	Fosfati	Azoto ammoniac.	Azoto nitrico	RIEPILOGO
609 - C. Burana FE - ex 606	I-II	I-II	II	II-III	III	IV	III	II-III
Volano a FE - ex 607	I-II	I-II	II-III	III	III-IV	II	III	II
Can. Boicelli - ex 653	I	I-II	II	II	III-IV	IV	III	II-III
Sc. Principale - ex 639	I-II	II-III	III-IV	III-IV	III-IV	IV	II-III	IV
616 - Primaro Gaib. - ex 618	II-III	I-II	II-III	II-III	II-III	II	III	II-III
Primaro a FE - ex 616	I-II	I-II	II-III	II-III	III	II	III	II-III
Can. di Cento - ex 632	II-III	III-IV	IV	IV	IV	IV	I-II	III-IV
701 - Canal Bianco - ex 622	II	II	III-IV	II	IV	IV	III	II

Per quanto riguarda i corpi idrici, sono state operate varie classificazioni:

- 1) - in base al monitoraggio chimico
- 2) - in base alla qualità per uso irriguo (periodo aprile-settembre)
- 3) - in base al monitoraggio biologico (fase di irrigazione)
- 4) - in base al monitoraggio biologico (fase di scolo)

Nel seguito vengono precisate le classi in cui ricadono, secondo tali analisi, i principali canali del territorio comunale. Per ciascuno di questi viene anche indicato un parametro di vulnerabilità (anche questo da I a IV, in ordine di vulnerabilità crescente), che esprime la possibilità che ha il corpo idrico di essere inquinato, in relazione alla pressione antropica presente sul bacino, alla distanza relativa dei punti di potenziale inquinamento e alla permeabilità del suolo.

Emissario di Burana

monit. chimico	II-III
uso irriguo	0-1%
monit. biol (irrigazione)	-
monit. biol. (scolo)	III
vulnerabilità	IV

Po di Volano

monit. chimico	II (un piccolo tratto in III a Ferrara)
uso irriguo	1-25% (0% a Ferrara)
monit. biol (irrigazione)	III
monit. biol. (scolo)	III-IV
vulnerabilità	III-IV

Can. Boicelli

monit. chimico	II-III
uso irriguo	76-99%
monit. biol (irrigazione)	-
monit. biol. (scolo)	-
vulnerabilità	I

Cemalina

monit. chimico	III-IV
uso irriguo	1-25%
monit. biol (irrigazione)	-
monit. biol. (scolo)	-
vulnerabilità	III

Po di Primaro

monit. chimico	II-III (un piccolo tratto in I verso Bova)
uso irriguo	0-25%
monit. biol (irrigazione)	III
monit. biol. (scolo)	III-IV
vulnerabilità	II-III

Canale di Cento

monit. chimico	IV
uso irriguo	0-1%
monit. biol (irrigazione)	-
monit. biol. (scolo)	-
vulnerabilità	IV

Canal Bianco

monit. chimico	II
uso irriguo	0-1%
monit. biol (irrigazione)	-
monit. biol. (scolo)	-
vulnerabilità	II

6. 5 - Obiettivi della gestione delle acque superficiali

In questo quadro, gli obiettivi generali da perseguire per migliorare lo stato delle acque interne sono costituiti in parte dall'adozione di nuovi comportamenti, in parte dalla prosecuzione di comportamenti e sforzi già avviati.

Per quanto riguarda i nuovi comportamenti, o i comportamenti scarsamente perseguiti in passato, si fa riferimento, in particolare, ai seguenti problemi:

- osservanza del deflusso minimo vitale
- manutenzione a gestione naturalistica delle sponde
- fitodepurazione.

Per quanto riguarda la prosecuzione di sforzi e comportamenti già intrapresi, anche nella prospettiva di integrare sempre più le esigenze di sviluppo economico con la tutela dell'ambiente, si fa riferimento

- all'ulteriore razionalizzazione dell'uso delle acque superficiali
- all'ottimizzazione dell'uso dei fertilizzanti in agricoltura, che debbono essere ridotti al minimo indispensabile
- all'ottimizzazione delle attività di depurazione, con centralizzazione dei reflui che attualmente afferiscono a impianti troppo piccoli
- alla riduzione delle altre emissioni che influenzano negativamente lo stato delle acque (zootecnia, industria).

Risulta in ogni caso indispensabile disporre di una maggior quantità d'acqua nella rete durante tutto l'arco dell'anno (il che richiama il discorso della difesa della qualità delle acque del Po e anche degli altri fiumi).

E' parimenti indispensabile che gli obiettivi qui elencati vengano assunti anche nei territori a monte (in molti casi, anzi, riguardano prevalentemente o esclusivamente i territori a monte).

6. 5.1 - Movimentazione delle acque con mantenimento di un deflusso minimo vitale

Il concetto di "deflusso minimo vitale" è stato introdotto nel quadro legislativo italiano già dalla L. n. 183/89.

La presenza di un'insufficiente quantità d'acqua nei canali, tipica, per il Bacino Burana Volano, dei mesi non irrigui, comporta eccessive concentrazioni di inquinanti, con aumenti di temperatura, alterazione dei substrati di fondo, minore capacità di diluizione dei carichi e diminuzione della concentrazione di ossigeno con gravi perturbazioni delle comunità biologiche; produce altresì modificazioni degli equilibri tra acque superficiali e di falda.

Il mantenimento di un adeguato regime di deflusso, soprattutto nei tratti più significativi delle nostre aste principali, porterebbe invece forti benefici: non solamente diluizione dei carichi inquinanti, ma anche incrementi di portata e di velocità di deflusso, con conseguenti aumenti della quantità di ossigeno disciolto indispensabile alla vita acquatica e delle biocenosi, e incremento della capacità di autodepurazione.

6. 5.2 - Manutenzione a gestione naturalistica delle sponde

Le attuali conoscenze sugli ecosistemi acquatici e sui metodi naturalistici di intervento fanno sì che oggi sia possibile programmare ed eseguire una manutenzione ed una gestione degli alvei e delle sponde che, sempre assicurando la massima officiosità idraulica dei canali, possa portare non solo ad un rispetto degli ecotoni ma anche delle comunità vegetali ripariali capaci di produrre la rimozione di parte dei nutrienti in eccesso contenuti nell'acqua.

6. 5.3 - Fitodepurazione

Con la soppressione di tutte le zone umide interne effettuata negli ultimi secoli, è stato eliminato uno dei meccanismi capaci di dare un forte contributo alla depurazione naturale delle acque superficiali. E' il momento di programmare un rilancio della fitodepurazione, ossia di tornare ad utilizzare la capacità di assorbimento dei nutrienti da parte di specifiche specie vegetali per un recupero di più adeguati standard qualitativi per le acque. Poiché la fitodepurazione richiede ampi spazi, i primi esperimenti (espletati i necessari studi di fattibilità) potrebbero riguardare tronchi di canali con acque stagnanti, tratti golenali, cave abbandonate.

Per questa tecnica, le principali difficoltà sorgono nel momento di passare dalla fase sperimentale a quella esecutiva su ampi territori, che comporta, fra l'altro, lo scavo di nuovi canali, modifiche della rete dei canali esistenti, puntuali monitoraggi della freatica ecc. Esiste tuttavia già oggi anche nel nostro territorio comunale un complesso di utenze che possono essere interessate a piccoli impianti che avrebbero costi assai ridotti.

Per quanto concerne gli obiettivi qui definiti "prosecuzione di sforzi e comportamenti già intrapresi", viene nel seguito riportata una sintesi delle proposte di interventi e linee programmatiche per il risanamento del bacino Burana-Volano-Canal Bianco riportate nel documento "proposta di Piano per il risanamento dell'area a rischio di crisi ambientale del bacino Burana-Po di Volano", presentato in commissione consigliere provinciale il 25 Maggio 2001.

6. 5.4 - Gestione del sistema idraulico

Tra le azioni necessarie al risanamento del bacino, oltre al miglioramento del sistema depurativo, viene segnalata una gestione del sistema idrologico che sia finalizzata non soltanto alla sicurezza idraulica del territorio, ma anche alla salvaguardia ambientale e ad un più razionale uso delle acque.

Nella proposta di Piano è stato quindi previsto un programma di interventi mirati a garantire deflussi d'acqua artificiali anche nei periodi invernali.

In questo senso si propone di avviare un progetto sperimentale della durata di due anni finalizzato a garantire deflussi artificiali anche nel periodo invernale, su una rete di canali ritenuti più significativi. L'attivazione di tale programma dovrà essere accompagnato da un'attività di monitoraggio e controllo per la verifica dell'efficacia del programma medesimo in rapporto ai costi realmente sostenuti (approvvigionamento idrico, costi energetici e di personale nella gestione degli impianti idraulici e nello smaltimento idrico) e dei benefici raggiunti in termini ambientali.

6. 5.5 - Opere fognarie e depurative

Nel citato documento sono stati proposti, relativamente al sistema fognario-depurativo, gli interventi di cui al Programma stralcio relativo a "Interventi urgenti per opere fognarie e depurative", approvato con Delibera di Consiglio Provinciale nn.44/24166 del 19/04/01.

A tali interventi se ne aggiungono altri di rilevanza ambientale.

Altri aspetti da tenere in debita considerazione sono gli sfioratori e le vasche di pioggia; alla luce del D.Lgs. 152/99 e successive modifiche e integrazioni per quanto attiene al grado di inquinamento delle acque di prima pioggia (da raccogliere e convogliare, tramite reti fognarie, ai centri di trattamento), occorre assicurarsi che gli sfioratori siano dimensionati in modo da rispettare i limiti propri degli scarichi.

E' importante quindi prevedere casse di laminazione delle acque reflue e/o aumentare i volumi d'invaso, nonché dotare gli impianti di depurazione di vasche di prima pioggia.

6. 5.6 - Attività agricole e zootecniche

In fase di prima attuazione il bacino Burana-Volano-Canal Bianco è stato definito, dal D.Lgs. 152/99 e successive modifiche, vulnerabile all'inquinamento da nitrati provenienti da fonti agricole.

Nell'annata agraria 2000/2001 sono iniziati i provvedimenti relativi al Piano Regionale di Sviluppo Rurale (PRSR), che proseguono e ampliano i regolamenti accompagnatori della Politica Agricola Comunitaria (PAC) iniziati nel 1992.

Nelle altre zone non interessate dai provvedimenti agroambientali legati al PRSR devono essere applicate le prescrizioni contenute nel Codice di Buona Pratica Agricola di cui al decreto del Ministro per le politiche agricole in data 19 aprile 1999 pubblicato nel S.O. alla Gazzetta Ufficiale n. 102 del 4 maggio 1999.

In considerazione del fatto che le attività agricole e zootecniche presenti nel bacino sono significative e che il territorio è caratterizzato da aree ad elevato pregio naturalistico-ambientale da tutelare (Parco del Delta de Po, zone umide e zone di protezione speciale) è necessario prevedere azioni che integrino le esigenze di sviluppo economico con la tutela dell'ambiente.

Tali affermazioni si traducono nelle seguenti azioni:

- l'utilizzo del Codice di Buona Pratica Agricola, di cui al DM per le politiche agricole del 19 Aprile 1999, pubblicato nel S.O. alla G.U. n.102 del 4 Maggio 1999;
- l'aggiornamento della carta regionale della vulnerabilità (ovvero la definizione di una carta della sensibilità);
- il proseguimento degli incentivi alle imprese agricole per l'utilizzo di pratiche a basso impatto ambientale attraverso il Piano Regionale di Sviluppo Rurale.

6. 5.7 - Aree urbanizzate

Il progressivo aumento dell'impermeabilizzazione del suolo (urbanizzazione) è il fattore di pressione che maggiormente incide e tende a squilibrare il regolare andamento dei processi naturali del ciclo dell'acqua.

Nella pianificazione territoriale dovranno quindi essere recepite concretamente le azioni volte alla riduzione del consumo di suolo (impermeabilizzazione) che, per quanto riguarda il rischio idraulico, individuino gli interventi strutturali (recupero di suolo nei bacini idrografici, casse di espansione, risezionamento dei canali sottodimensionati, ecc.), dettino regole per l'uso del suolo e, per quanto riguarda la salvaguardia della qualità delle acque, individuino azioni volte a ridurre e prevenire le pressioni degli insediamenti sui sistemi naturali ed ambientali.

A tale riguardo la programmazione o pianificazione economico-territoriale deve tenere conto del fatto che le nuove aree urbanizzate (agglomerati) devono essere servite dalla pubblica fognatura allacciata ad un impianto di depurazione, in linea con le soluzioni centralizzate previste nel Piano stralcio relativo agli interventi per opere fognario-depurative approvato con DCP nn. 44/24166 del 19/04/01, e tali insediamenti produttivi devono essere realizzati in aree attrezzate o subordinati alla realizzazione dei servizi necessari all'uso dell'area, quali fognatura e depurazione delle acque reflue, acquedotto, energia, viabilità ecc.

Per quanto riguarda inoltre gli impianti di smaltimento, ad eccezione delle discariche e degli impianti di compostaggio, trattamento e recupero dei rifiuti, essi potranno essere collocati in aree artigianali/industriali già attrezzate con tutti i servizi necessari.

6. 5.8 - Estrazione di idrocarburi

Il mantenimento dell'efficienza della rete dei canali ad uso promiscuo (scolo - irriguo) potrà essere garantito anche attraverso il controllo della ricerca e dell'estrazione di idrocarburi. A tal riguardo la "Proposta di Piano di risanamento dell'area a rischio di crisi ambientale del bacino Burana-Po di Volano" prevede la limitazione della ricerca di idrocarburi finalizzata all'estrazione, con provvedimenti che dovranno essere recepiti nella pianificazione territoriale (PTCP, PRG).

6. 5.9 - Scarichi industriali

Alcuni stabilimenti industriali presenti nel bacino in relazione ai cicli produttivi delle rispettive lavorazioni concentrano l'immissione dei propri scarichi in brevissimi periodi dell'anno, aggravando ulteriormente la qualità dei corsi d'acqua, sebbene i limiti agli scarichi vengono rispettati.

La Regione Emilia Romagna, con decreto del Presidente di Giunta Regionale n.539 del 7/11/85, ha provveduto a regolamentare tali attività, al fine di risanare il bacino.

Si prevede pertanto per il controllo degli scarichi provenienti dalle vasche di lagunaggio degli zuccherifici di mantenere le procedure in essere (e la stessa attenzione dovrà essere posta ad altri stabilimenti industriali).

6. 5.10 - Trattamento di rifiuti liquidi

Un ulteriore misura di controllo sul sistema di depurazione per le acque reflue è legata al trattamento dei rifiuti liquidi negli impianti di depurazione.

Di fatto buona parte di tali rifiuti prodotti nel territorio provinciale, in particolare percolati di discarica e fanghi di espurgo fosse settiche, viene smaltita negli impianti di depurazione delle acque civili, che sono allo scopo autorizzati ai sensi del D.Lgs. 22/97 in materia di gestione dei rifiuti.

Dopo l'emanazione del D.Lgs. 152/99 tale prassi non è più consentita, se non in particolari casi che vanno pertanto disciplinati.

Per quanto attiene alla Provincia di Ferrara, nella modifica del Piano infraregionale di smaltimento dei rifiuti, di cui alla deliberazione di C.P. nn. 16/4554 del 9/02/01, sono stati adottati ulteriori vincoli e prescrizioni in attuazione dell'art. 36 del D.Lgs. 152/99 e successive modifiche.

6. 5.11 - Piano di Tutela delle Acque

Il D.Lgs. 152/99 prevede che entro il 31/12/03 le Regioni, sentite le Province, adottino il piano di tutela delle acque.

Il PTA è redatto nel rispetto degli obiettivi su scala di bacino e delle priorità di intervento definite dalle Autorità di Bacino entro il 31/12/01 ed è approvato dalla Regione acquisito il parere vincolante delle Autorità di bacino, entro il 31/12/04.

Il PTA, è uno strumento finalizzato a raggiungere, mediante un approccio integrato di tutela quali-quantitativa, entro il 2016 gli obiettivi di qualità ambientale buona per i corpi idrici significativi, superficiali sotterranei e marini, individuati dalla Regione attraverso parametri ben definiti nel decreto stesso, con una tappa intermedia al 2008 nella quale i corpi idrici stessi devono raggiungere la qualità sufficiente.

Come già accennato sopra il PTA definisce obiettivi e livelli di prestazione richiesti alla pianificazione infraregionale delle Province attuata nel piano territoriale di coordinamento provinciale (Piano Territoriale di Tutela delle Acque-PTTA).

Le procedure di formazione e di approvazione del Piano regionale e dei Piani provinciali sono quelle previste dalle Legge Regionale 24/03/2000 n. 20 sulla tutela del territorio.

Tenuto conto dei tempi ristretti, la Regione Emilia Romagna ha istituito gruppi di lavoro con le Province, le Autorità di Bacino e il supporto di ARPA per la predisposizione del documento preliminare al Piano.

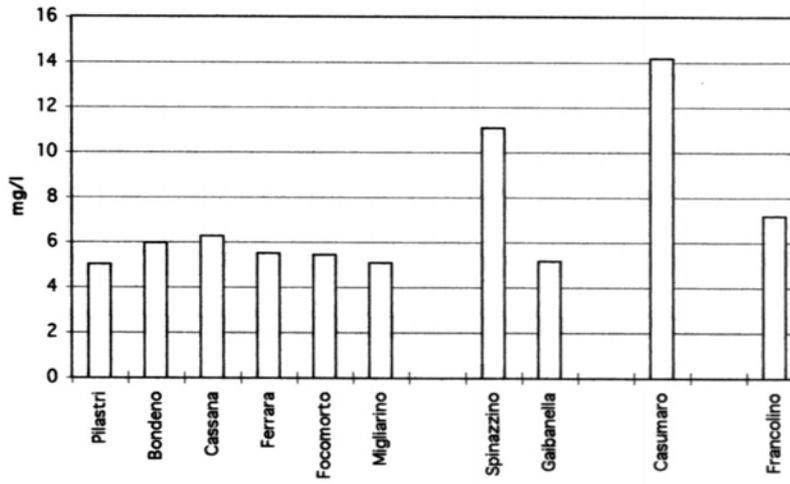
L'avvio dell'attività è iniziata nel corso dell'anno 2002 e si dovrebbe concludere nei prossimi mesi con la predisposizione degli elaborati tecnici per la formazione del quadro conoscitivo e del documento preliminare al Piano.

Si deve evidenziare che le attività della Regione nel corso dell'anno 2002 sulla tutela delle acque ha riguardato l'approvazione dell'Accordo di Programma quadro che, sulla base dei programmi stralcio sulle opere fognarie-depurative, ha individuato gli interventi per l'attuazione della direttiva europea sulle acque reflue che saranno parte integrante delle misure e degli interventi del PTA.

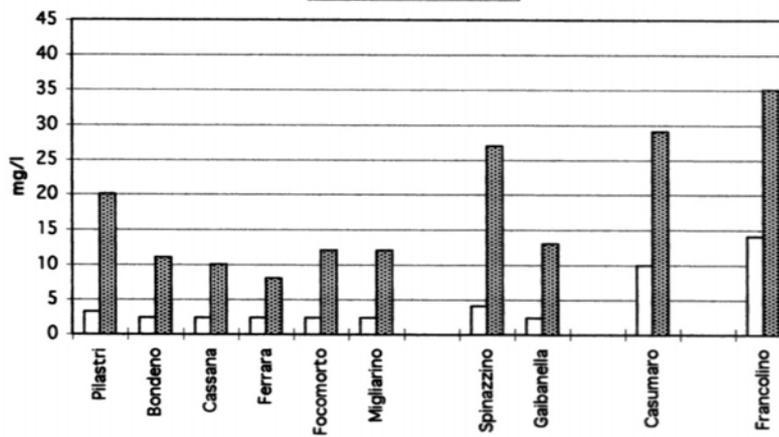
La Regione ha proceduto inoltre, nell'ambito dei gruppi di lavoro, al completamento delle attività inerenti la raccolta dei dati caratteristici dei bacini idrografici, dell'impatto esercitato dalle attività antropiche, a una pre-classificazione della qualità dei corpi idrici significativi e di interesse, all'individuazione preliminare degli obiettivi di qualità da raggiungere nel 2008 e 2016 per i corpi idrici superficiali significativi e di interesse e a lavori preliminari per la definizione della modellistica idrologica e di qualità per le simulazioni sui bacini.

2001 - Giugno

Ossigeno disciolto



□ B.O.D. 5 ■ C.O.D.



coliformi fecali (u.f.c./100ml)

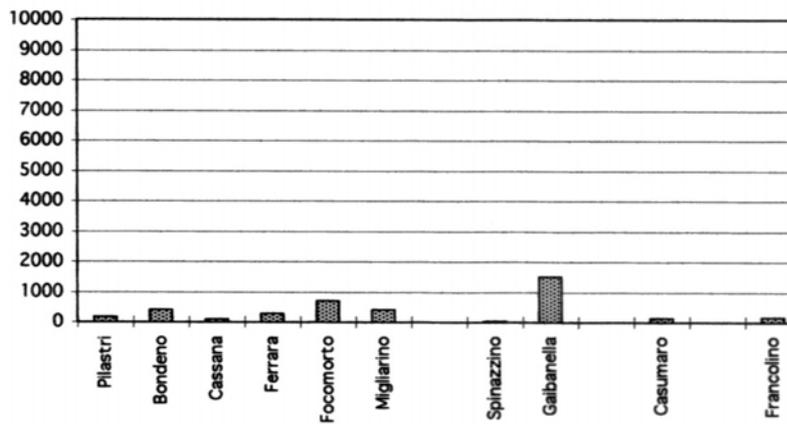
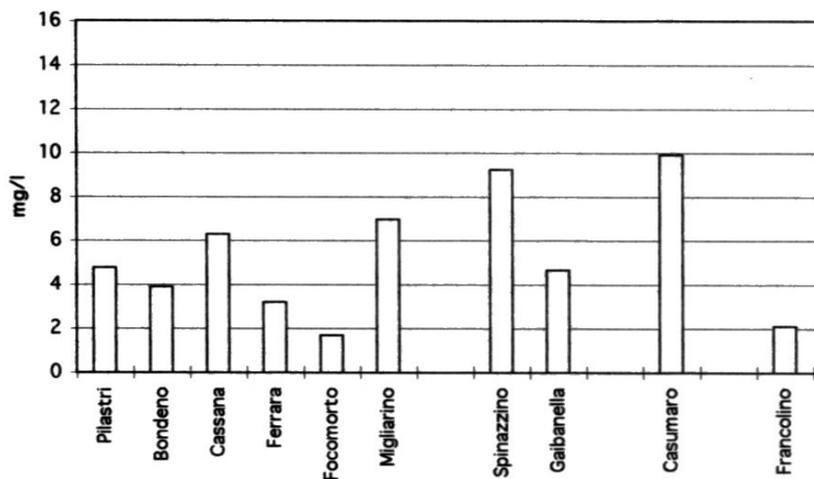


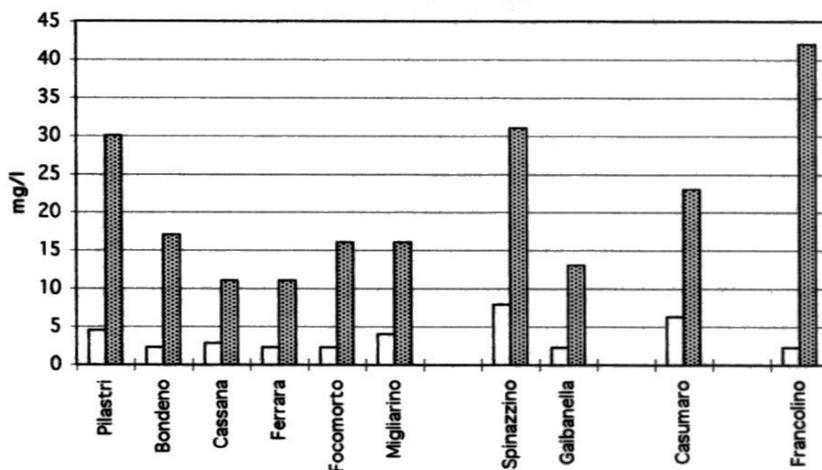
Grafico 1

2001 - Agosto

Ossigeno disciolto



□ B.O.D. 5 ■ C.O.D.



coliformi fecali (u.f.c./100 ml)

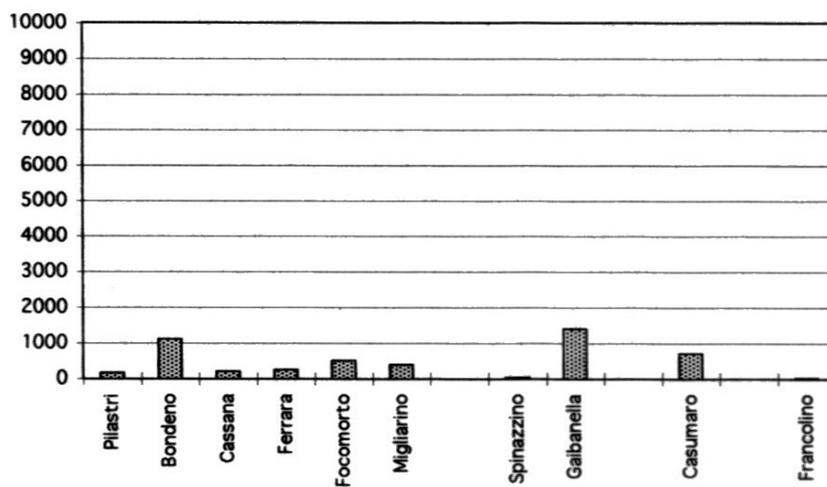
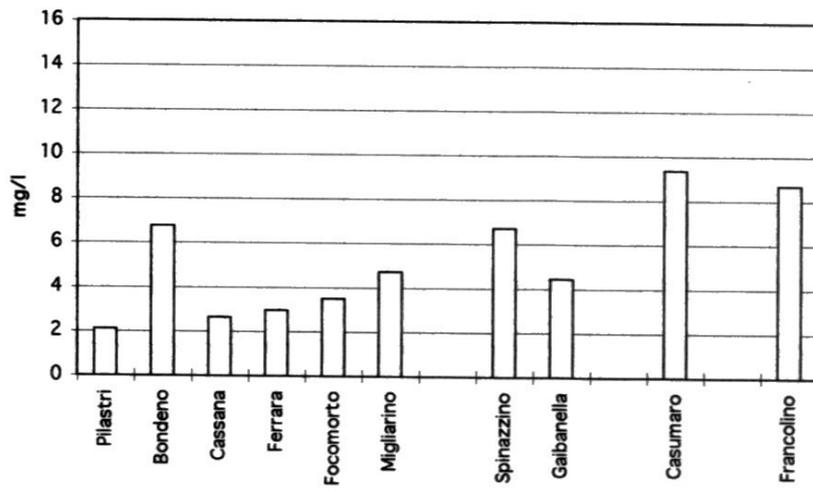


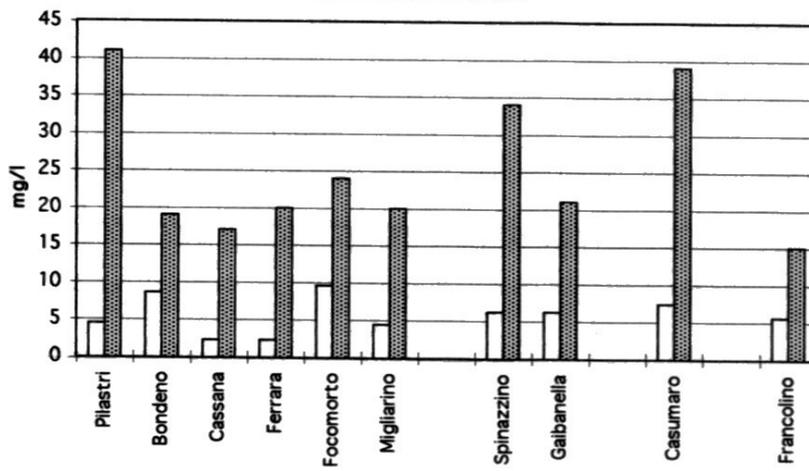
Grafico 2

2001 - Novembre

Ossigeno disciolto



□ B.O.D. 5 ■ C.O.D.



coliformi fecali (u.f.c./100 ml).

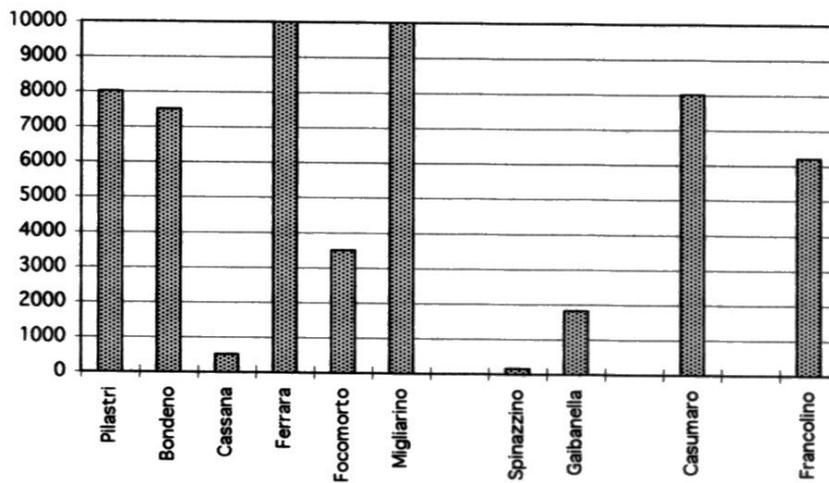
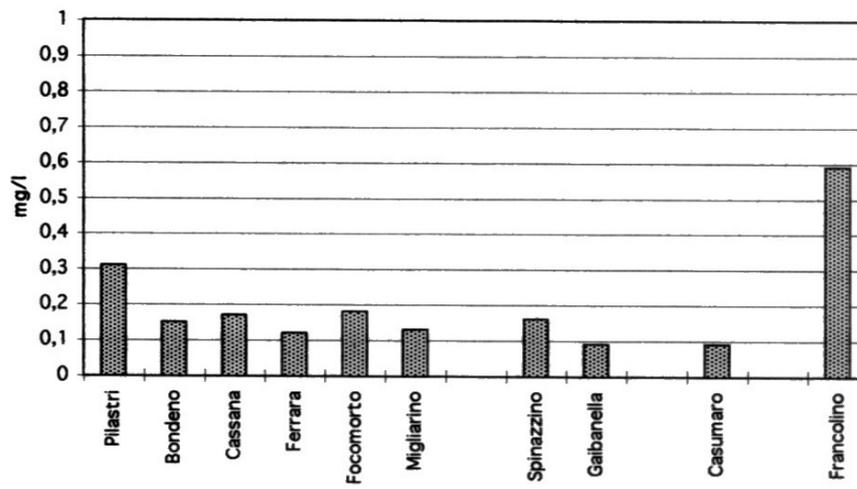


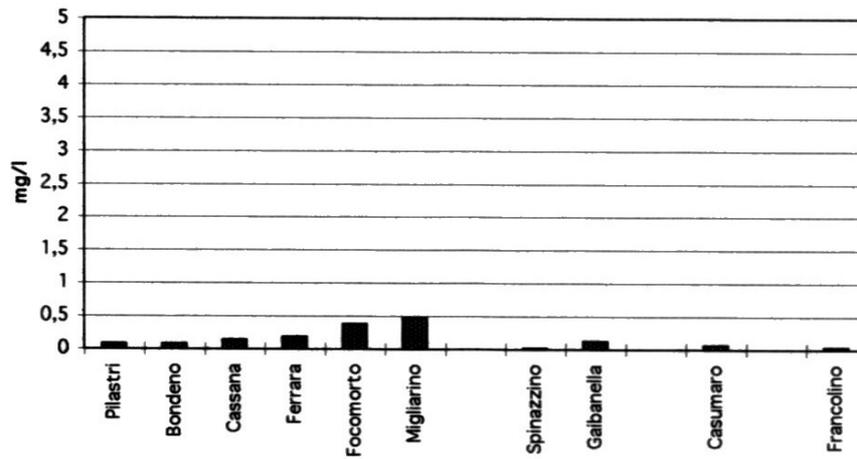
Grafico 3

2001 - Giugno

Fosforo totale



ammoniaca



□ nitritix10 ■ nitrati

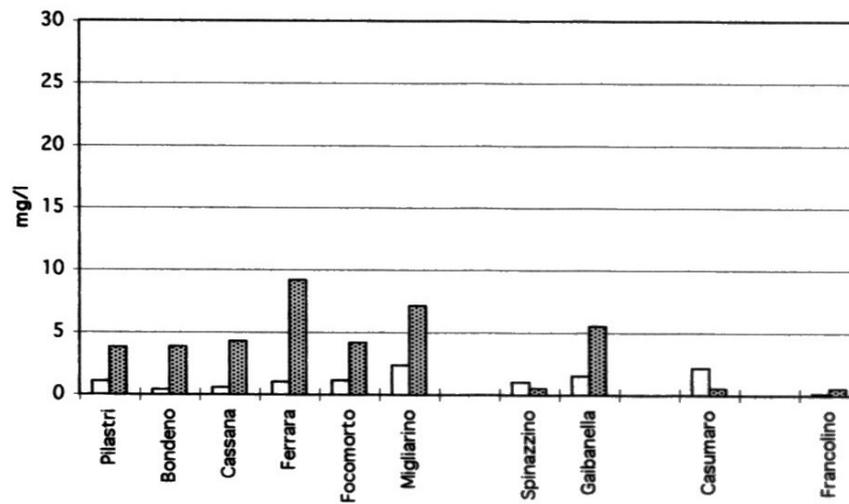


Grafico 4

2001 - Agosto

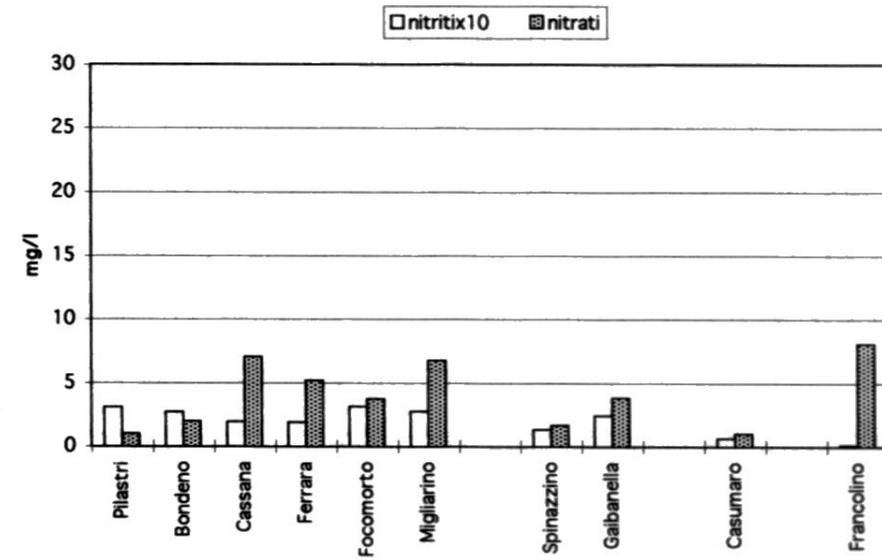
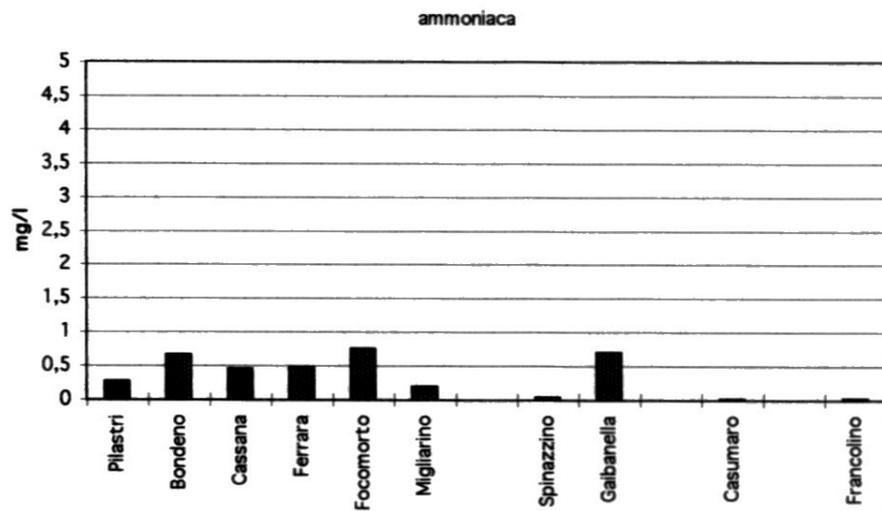
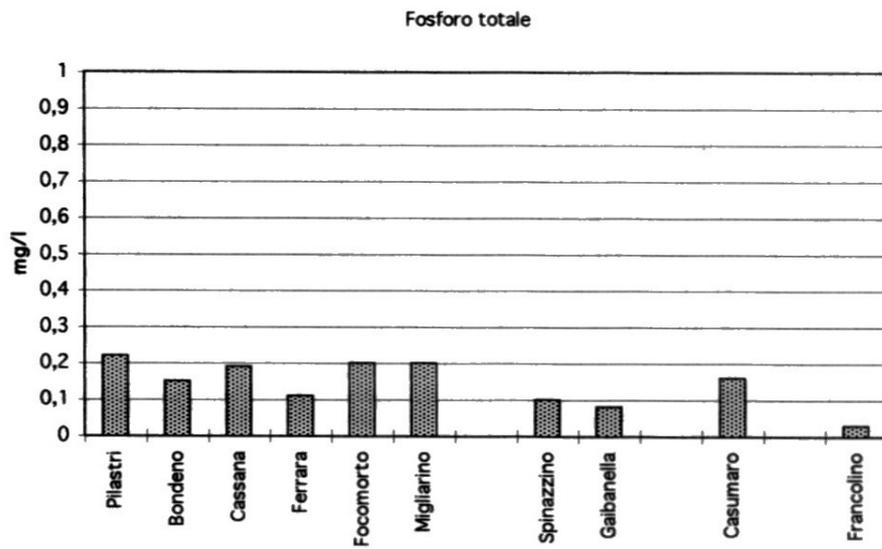


Grafico 5

2001 - Novembre

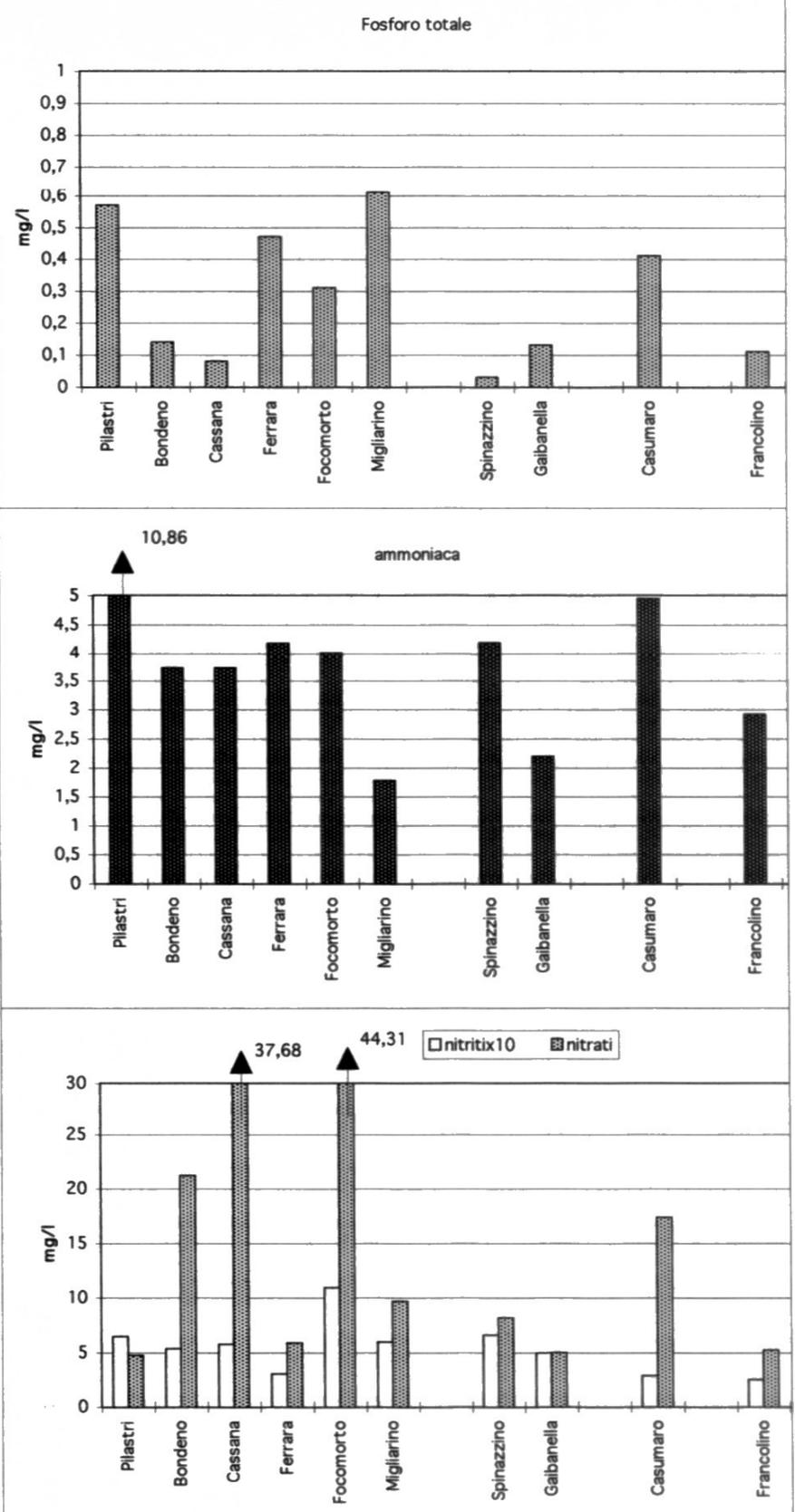


Grafico 6

6. 6 - Bibliografia qualità acque superficiali

ANPA, 2002 - *Linee guida per la ricostruzione di aree umide e per il trattamento di acque superficiali*, quad. n. 9.

CACCOLI A. - *L'analisi ambientale nel comune di Ferrara e le reti di monitoraggio (periodo 1996-1999)*; tesi di Diploma in Metodologie Fisiche, Univeristà degli Studi di Ferrara, A.A. 1999-2000.

PROVINCIA DI FERRARA, 1983 - *Movimentazione delle acque superficiali e inquinamento microbiologico*, Dimensione Ambiente

PROVINCIA DI FERRARA, 1997 - *Indagine quali-quantitativa delle acque dei bacini Burana-Volano e Canal Bianco; monitoraggio biologico e qualità dei corpi idreici; metodo I.B.E.; Movimentazione delle acque superficiali e inquinamento microbiologico*, Dimensione Ambiente, 1999.