



AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ARNO



Capo d'Arno (M. Falterona). La sorgente del fiume.

## L'ARNO E LE SUE ACQUE:

CONTRIBUTO CONOSCITIVO ALL'ELABORAZIONE DEL PIANO DI BACINO

1

luglio 1993

BACINO DELL' ARNO

# Bacino idrografico del fiume Arno



Il bacino del fiume Arno, come definito per gli effetti della legge 183/89, comprende, oltre al bacino idrografico in senso stretto, anche, nella parte terminale, la zona compresa tra lo Scolmatore, a Sud, ed il Fiume Morto, a Nord, inclusa l'area di bonifica di Coltano-Stagno ed il bacino del torrente Tora, che oggi confluisce nello Scolmatore.

Il territorio del bacino interessa la Regione Toscana (98,4%) e la Regione Umbria (1,6%) con le provincie di **Arezzo, Firenze, Pistoia, Pisa** e, marginalmente, **Siena, Lucca, Livorno e Perugia**.

SUPERFICIE TOTALE DEL BACINO		9.116 Km <sup>2</sup>	Lunghezza asta principale del fiume		241 Km
Superficie dei sottobacini:			Pendenza media asta		0,5-0,6%
CASENTINO		895 Km <sup>2</sup>	Quota media bacino		353 m. s.l.m.
VAL DI CHIARA		1.362 Km <sup>2</sup>	Superficie permeabile del bacino		<5%
VALDARNO SUPERIORE		997 Km <sup>2</sup>	Superficie agraria utilizzata		431.488 ha
SIEVE		846 Km <sup>2</sup>	Superficie boschiva		350.000 ha
VALDARNO MEDIO		1.375 Km <sup>2</sup>	Superficie irrigata		25.000 ha
VALDARNO INFERIORE		3.641 Km <sup>2</sup>	Fabbisogno idrico per uso industriale		305.300.000 m <sup>3</sup> /anno

Popolazione (ISTAT, 1991)	2.581.369
Comuni ricadenti nel bacino	163

Fiume Arno

Portata minima a S. Giovanni alla Vena	2,2 m <sup>3</sup> /sec (1931)
Portata media a S. Giovanni alla Vena	90 m <sup>3</sup> /sec
Portata massima a S. Giovanni alla Vena	2.290 m <sup>3</sup> /sec (4-11-1966)
Portata minima a Nave di Rosano	0,560 m <sup>3</sup> /sec (29-8-1958)
Portata media a Nave di Rosano	50 m <sup>3</sup> /sec
Portata massima a Nave di Rosano	3.540 m <sup>3</sup> /sec (4-11-1966)
Portata massima valutata a Firenze	4.100 m <sup>3</sup> /sec (4-11-1966)

## L'ARNO E LE SUE ACQUE

CONTRIBUTO CONOSCITIVO ALL'ELABORAZIONE DEL PIANO DI BACINO

### SOMMARIO

- ◆ PRESENTAZIONE
- ◆ PRINCIPALI PROBLEMATICHE RIGUARDANTI LA DIFESA DELLA QUALITÀ DELLE ACQUE DELL'ARNO  
(Raffaello Nardi, Segretario Generale della Autorità di Bacino)
- ◆ SUL DEPURATORE DI FIRENZE  
(Eliana Monarca, Assessore all'Ambiente della Regione Toscana)
- ◆ IL CONTROLLO DI QUALITÀ DELLE ACQUE DEL FIUME ARNO ED IL LORO RECUPERO RISPETTO ALLE VOCAZIONI D'USO  
(Maria Naresse Filastò, responsabile Servizio Ambiente della Regione Toscana)
- ◆ FIUME ARNO: EVOLUZIONE DELLA QUALITÀ DELLE ACQUE LUNGO IL SUO PERCORSO NEL PERIODO 1970 - 1990  
(a cura dei Servizi Multizonali di Prevenzione Ambientale delle UU.SS.LL. di Arezzo, Firenze e Pisa)
- ◆ INQUINAMENTO E DEPURAZIONE DEL FIUME ARNO NEL PERIODO 1989/1992  
(a cura della Segreteria Tecnica della Autorità di Bacino)
- ◆ LA QUALITÀ DELLE ACQUE DELL'ARNO IN PERIODO SICCATOSO  
(Francesco Pantani, professore di Chimica dell'Ambiente, Università di Firenze)
- ◆ DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA DELL'ARNO TRA FIRENZE E GLI INVASI ENEL DI LEVANE - LA PENNA (AR) DURANTE L'EVENTO SICCATOSO DEL 26 SETTEMBRE 1992

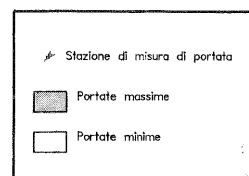
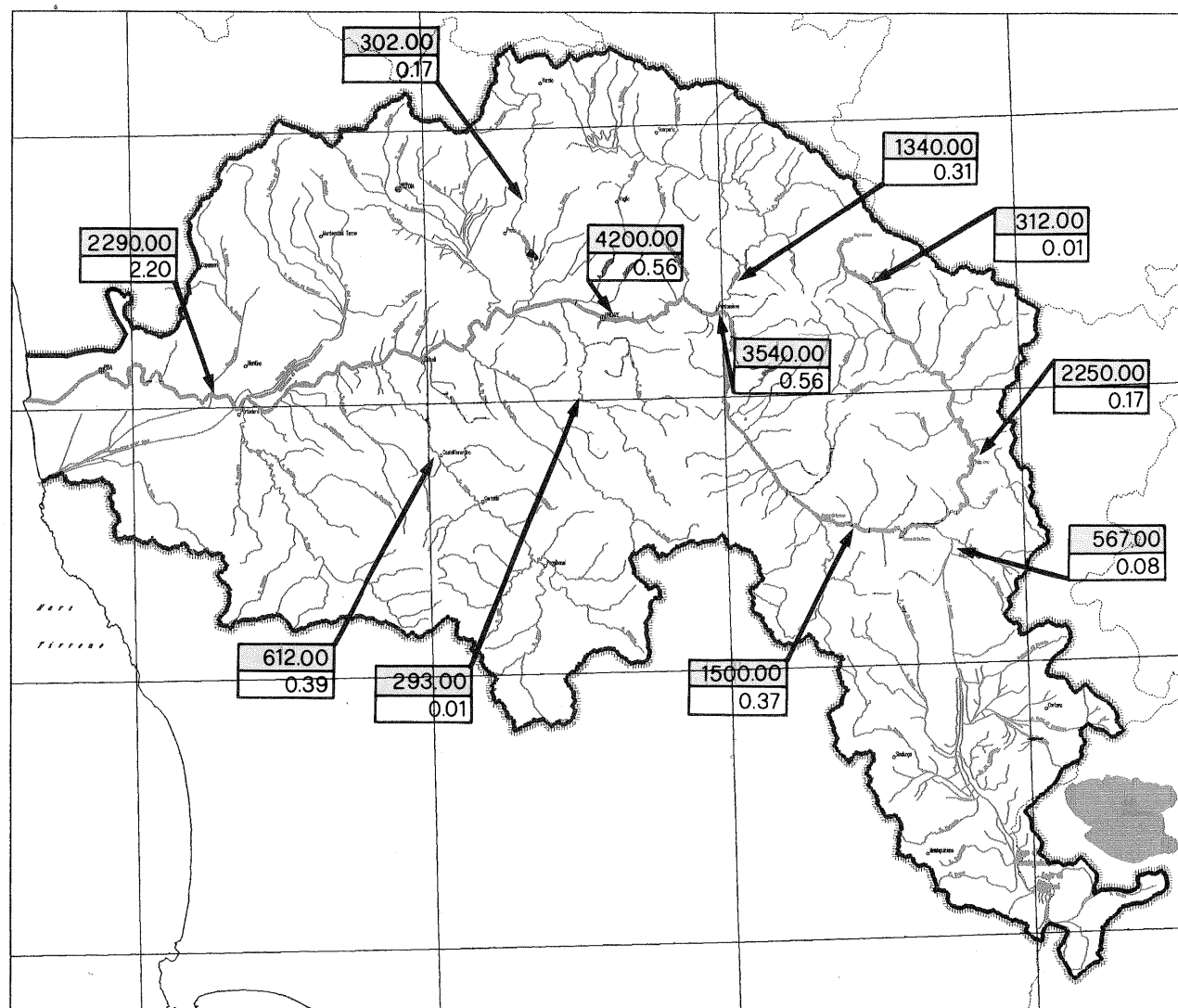
### 1 QUADERNI luglio 1993

**Periodico d'informazione dell'Autorità di Bacino dell'Arno**  
**Direttore Scientifico:**  
Raffaello Nardi  
**Vicedirettore Responsabile:**  
Mariella Magi  
**Direzione e Redazione:**  
Via dei Servi, 15 - 50121 FIRENZE  
Tel. 055-2381082  
**Elaborazione:**  
La Segreteria tecnico-operativa. Maria Vittoria Masserotti, Enrico Zucchini  
**Elaborazione cartografica ed informatica:**  
Carlo Magnarapa, Marco Redini  
**Spedizione in abbonamento postale gr. IV - 70%**  
**Reg. Trib. di Firenze n° 4284 del 18-12-92**

*In copertina:* Capo d'Arno (M. Falterona - Arezzo). La sorgente del fiume.  
*In ultima di copertina:* Bocca d'Arno (Marina di Pisa). La foce del fiume e la spiaggia sul lato di S. Rossore.



## Portate estreme di piena e di magra in tempi storici dell'Arno e affluenti



Le fotografie a cura dell'Autorità di Bacino sono state eseguite da:

M. Magi: pagg. 10, 18, 26, 68, 72, 73, 75, 77, 80, 84 e 85.

M. Massei: pagina ultima di copertina.

R. Nardi: pagg. 6, 14, 16, 28, 30, 40, 50, 60, 70, 71, 74, 76, 78, 79, 81, 82, 83, 86 e 87.

Si ringrazia il Ministero dell'Interno, Reparto Volo della Polizia di Stato di Firenze, che ha permesso tempestivamente la documentazione aerea delle condizioni del fiume Arno il 26 settembre 1992.

Si ringrazia anche l'8ª Legione della Guardia di Finanza di Firenze, unitamente alla Sezione Aerea della Guardia di Finanza di Pisa, per la collaborazione offerta nella documentazione aerea degli impianti di depurazione.

La divulgazione delle foto è stata autorizzata dallo Stato Maggiore dell'Aeronautica con le concessioni n° 991 del 2/10/1992, n° 551 del 28/06/1993 e n° 697 del 5/08/1993.

## PRESENTAZIONE

Con questo primo Quaderno l'Autorità di bacino del fiume Arno intende dar vita ad uno strumento in grado di fornire contributi tecnico-scientifici per la costituzione delle basi conoscitive dell'attività di pianificazione e, nello stesso tempo, un canale di diffusione delle informazioni, rivolto a pubbliche amministrazioni, servizi tecnici, operatori economici, cittadini.

La legge 183/89 per il "Riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo" affida all'Autorità di bacino compiti di notevole rilevanza soprattutto in materia di pianificazione e programmazione di attività che in passato venivano spesso condotte da diversi enti pubblici e privati in maniera autonoma e senza alcun coordinamento, pur nell'ambito dello stesso bacino idrografico. In tal modo venivano eseguiti studi ed interventi spesso contraddittori, con duplicazione delle iniziative, sperpero di risorse umane e finanziarie e con risultati non certo adeguati alla gravità ed all'urgenza dei problemi.

Al fine di superare i limiti del passato l'Autorità di bacino ha ritenuto utile affiancare la propria attività di pianificazione e programmazione con uno strumento, quale quello dei Quaderni periodici, in grado di metterne in luce il carattere unitario e, nello stesso tempo, costituire un elemento di trasparenza.

L'attenzione dei Quaderni verrà via via rivolta alla:

- presentazione di risultati relativi ad indagini sullo stato e sulla evoluzione qualitativa delle risorse.
- illustrazione di nuovi modelli di programmazione e gestione delle risorse, sviluppati o applicati nell'ambito del bacino.
- discussione di criteri, linee e metodologie di pianificazione e gestione.
- analisi del sistema istituzionale, normativo e gestionale e discussione di nuovi, più avanzati orientamenti.
- illustrazione di proposte di interventi strutturali: opere idrogeologiche, idrauliche, idraulico-forestali, idraulico-agrarie, di forestazione, di bonifica, di recupero naturalistico, ecc.

Questo primo Quaderno tratta della qualità delle acque del fiume Arno. Esso documenta in maniera puntuale la situazione attuale, fornisce un contributo alla individuazione delle cause principali del deterioramento, descrive le linee programmatiche su cui intende muoversi l'Autorità di bacino, in stretto coordinamento con le altre amministrazioni pubbliche, individua una serie di interventi urgenti in grado di invertire la tendenza degenerativa in atto.

L'enfasi posta su situazioni di accentuata difficoltà (si veda, ad esempio, l'illustrazione del fenomeno di siccità del settembre 1992), lungi dal voler rappresentare una sterile denuncia di passate e presenti carenze ed inadempienze, ha lo scopo, attraverso la conservazione della memoria storica dell'evento, di fungere da stimolo continuo nei confronti della stessa Autorità di bacino, innanzitutto, e di quanti altri (amministrazioni locali e centrali, servizi tecnici, enti preposti al controllo, cittadini) hanno responsabilità dirette ed indirette nella gestione del bacino del fiume Arno.

PRINCIPALI PARAMETRI CHIMICI PER VALUTARE  
LE CARATTERISTICHE DELLE ACQUE SUPERFICIALI

<b>COD</b>	Quantità di ossigeno necessaria per ossidare le sostanze inquinanti di origine chimica e biologica. Inquinamento medio - alto: maggiore di 20 mg/l di O <sub>2</sub> .
<b>BOD</b>	Quantità di ossigeno richiesta dai microrganismi aerobi per degradare le sostanze organiche presenti nelle acque (mg/l). Per praticità si fa riferimento al BOD misurato a 5 giorni (BOD <sub>5</sub> ).
<b>Ossigeno disciolto</b>	L'ossigeno disciolto (misurato in mg/l o in percentuale di saturazione) è funzione della temperatura dell'acqua. In generale minore è la quantità di ossigeno presente nelle acque, peggiore è la loro qualità. Una quantità eccessiva di ossigeno durante le ore diurne e una forte riduzione nelle ore notturne è indice di "eutrofizzazione" delle acque.
<b>Ammoniaca</b>	Tipico catabolita delle attività fisiologiche. Indicatore di scarichi fognari o di attività agricolo-zootecniche e di alcune attività industriali con reflui organici.
<b>Tensioattivi</b>	La loro presenza è indice di attività domestiche e/o di alcune attività industriali (es. industria del tessile nel comprensorio fiorentino - pratese).
<b>Metalli pesanti</b>	Provengono da varie attività artigianali ed industriali, come ad esempio quelle galvaniche
<b>Abitante equivalente</b>	Concetto convenzionale che esprime il carico inquinante dovuto a utenze industriali ed agricolo-zootecniche in termini di BOD (considerando come unità di misura il carico prodotto da un abitante e mediamente valutato pari a 60/70 grammi di BOD per abitante per giorno).

Tab. I - CRITERI DI CLASSIFICAZIONE DELLE ACQUE SUPERFICIALI (\*)

Parametro	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
<b>Ossigeno disciolto</b> (mg/l)	7,010 10,010	3,010-7,010 10,010-15,010	1,010-3,010 15,010-100,010	0,000 1,000
<b>C.O.D.</b> (mg/l)	0,000 10,010	10,010 20,010	20,010 30,010	30,010 1000,010
<b>Azoto ammoniacale</b> (mg/l)	0,000 0,031	0,031 0,501	0,501 1,010	1,010 100,010
<b>Fosfati</b> (mg/l)	0,000 0,051	0,051 0,101	0,101 0,201	0,201 100,010
<b>Coliformi fecali</b> (n/100ml)	0,000 0,101	0,101 2,001	2,001 20,001	20,001 999999,999

Classe 1: acque di buona qualità

Classe 2: acque moderatamente inquinate

Classe 3: acque inquinate

Classe 4: acque fortemente inquinate

(\*) Secondo I.R.S.A. - C.N.R., 1987

PRINCIPALI PROBLEMATICHE RIGUARDANTI LA DIFESA  
DELLA QUALITÀ' DELLE ACQUE DELL'ARNO

*Prof. Raffaello Nardi*

*Segretario Generale dell'Autorità di Bacino dell'Arno*

La legge 183/89 per il "Riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo" individua nel bacino idrografico l'ambito fisico di riferimento per gli interventi di pianificazione territoriale. In tal modo vengono superati i problemi di frammentazione e le difficoltà di coordinamento dovuti all'adozione di ambiti territoriali delimitati da confini puramente amministrativi.

Per ognuno dei bacini idrografici individuati (regionali, interregionali o di interesse nazionale, quale quello dell'Arno) la legge 183 prevede l'elaborazione di un piano di bacino il cui obiettivo sia la pianificazione e la programmazione di interventi e la definizione di regole gestionali per la difesa e la valorizzazione del suolo e della qualità delle acque.

La stessa legge prevede, inoltre, che i piani di bacino, al di là della loro valenza conoscitiva sullo stato delle risorse ambientali e di programmazione degli interventi, debbano svolgere un ruolo di continuo aggiornamento e ridefinizione di problematiche e relative proposte di soluzioni, venendo così a configurarsi come punto di riferimento avanzato cui dovranno essere commisurati gli altri strumenti di pianificazione e programmazione territoriale, nell'ambito delle specifiche competenze e tenuto conto dei diversi livelli istituzionali (Stato, Autorità di Bacino, Regioni, Province).

L'Autorità di Bacino (A.d.B.) dell'Arno, nell'ambito degli obiettivi previsti dal piano, ha avviato una indagine conoscitiva sulla qualità delle acque del fiume, utilizzando in prima istanza la notevole mole di dati resi disponibili dalle azioni di monitoraggio condotte dai Servizi Multizonali delle Unità Sanitarie Locali (Arezzo, Firenze, Pisa, Pistoia, Lucca). La raccolta dei dati in questione è stata condotta, in conformità con quanto previsto dalla legge 319/76 ("legge Merli"), di norma con cadenza trimestrale, mediante dodici stazioni di rilevamento automatico, installate dalla Regione Toscana, e campionamenti effettuati con metodiche tradizionali. L'indagine ha potuto disporre di diversi livelli di elaborazione dei dati non sempre omogenei fra loro, effettuati dagli stessi Servizi Multizonali, dalla Regione Toscana e da Istituti Universitari.

L'indagine dell' A.d.B. ha messo in primo luogo in evidenza l'esigenza di migliorare il sistema di raccolta dei dati, oggi ancora inadeguati e fonte di numerosi problemi. Fra questi, innanzitutto, vi è il fatto che i dati di qualità delle acque per essere significativi vanno correlati alle misure di portata del corso d'acqua. La possibilità di effettuare misure di portata dell'Arno esiste attualmente solo in tre sezioni del fiume (localizzate nei pressi di Stia, Subbiano, Nave di Rosano). Le misure, peraltro, non vengono eseguite in maniera automatica, rendendo problematica, anche in questi casi, la correlazione con i dati di qualità.

La realizzazione di stazioni automatiche di misure di portata in sezioni fluviali significative costituisce, pertanto, esigenza prioritaria sia per valutare correttamente il livello di inquinamento che per affrontare problematiche di tipo idraulico.

Un secondo problema riguarda il ripristino, il mantenimento in efficienza e la gestione (soprattutto per quanto riguarda il coordinamento unitario) delle centraline di monitoraggio esistenti.

Di fatto, oggi, delle dodici centraline installate dalla Regione, delle quali peraltro solo sei sono in grado di effettuare sia campionamento che analisi, ne risultano funzionanti solo quattro.

Il potenziamento del sistema di monitoraggio, strumento di primaria importanza per valutare lo stato di salute, la potenzialità d'uso e la corretta gestione della risorsa acqua, deve passare sia attraverso la piena efficienza delle strutture esistenti (in questa direzione sono in atto interventi della Regione Toscana), che il loro potenziamento, effettuato tenendo conto, in modo particolare, del posizionamento delle centraline in punti strategici dell'asta fluviale e del coordinamento delle stesse da parte di un unico sistema di gestione.



Capo d'Arno (Monte Falterona - Arezzo): il fiume poco a valle della sorgente.

Capo d'Arno (Monte Falterona - Arezzo): sulla strada verso la sorgente del fiume e il lago degli Idoli.



Un altro problema si riferisce alla necessità di dotare gli impianti di depurazione delle acque reflue di strumenti di monitoraggio, in grado di consentire sia il calcolo dell'efficienza di depurazione che l'entità dei rilasci nel corpo idrico. Si tratta in questo caso di interventi di limitato impegno tecnico - scientifico ed alla portata di qualsiasi impianto di capacità superiore ai 2000 abitanti equivalenti. La realizzazione di tale sistema di monitoraggio semplificherebbe il compito dei Servizi Multizonali e costituirebbe uno stimolo al miglioramento dell'efficienza degli impianti stessi.

Per quanto riguarda indicazioni di carattere gestionale, l'indagine ha evidenziato la necessità di:

- elaborare ed attuare un efficace programma generale di monitoraggio fisico, chimico e biologico, uniformando criteri di prelievo e metodologie di analisi
- sollecitare l'emanazione di normative che prendano in considerazione il raggiungimento-mantenimento di livelli di qualità del corpo idrico e non solo i limiti e la qualità degli scarichi
- portare a compimento il Piano regionale di risanamento delle acque, già parzialmente impostato dalla Regione, come parte integrante del piano di bacino, ai fini di utilizzare le acque superficiali a scopi potabili, di balneazione, etc..

Questo Quaderno non intende presentare nuovi dati, ma piuttosto l'aggiornamento e l'elaborazione di dati in larga parte esistenti, in modo da permettere, pur con le riserve accennate, una valutazione globale della qualità delle acque del fiume, premessa indispensabile alla elaborazione del piano di bacino.

Al fine di documentare in maniera esauriente, sia pure schematica, le condizioni attuali delle acque del fiume Arno, l'A.d.B. ha sollecitato ed ottenuto la collaborazione della Regione Toscana attraverso gli uffici responsabili, dei Servizi Multizonali delle Unità Sanitarie Locali e di ricercatori dell'Università di Firenze, etc..

I dati qui presentati - unitamente a quelli già elaborati per la stesura degli Schemi Previsionali e Programmatici, previsti dall'art. 31 della legge 183 - consentono di confermare che l'Arno è ancora oggi un fiume inquinato, specialmente nel tratto a valle della città di Firenze, nonostante i miglioramenti intervenuti a seguito degli interventi depurativi realizzati principalmente nelle aree del tessile (Prato) e del cuoio (Santa Croce sull'Arno).

I motivi di tale situazione sono sostanzialmente i seguenti:

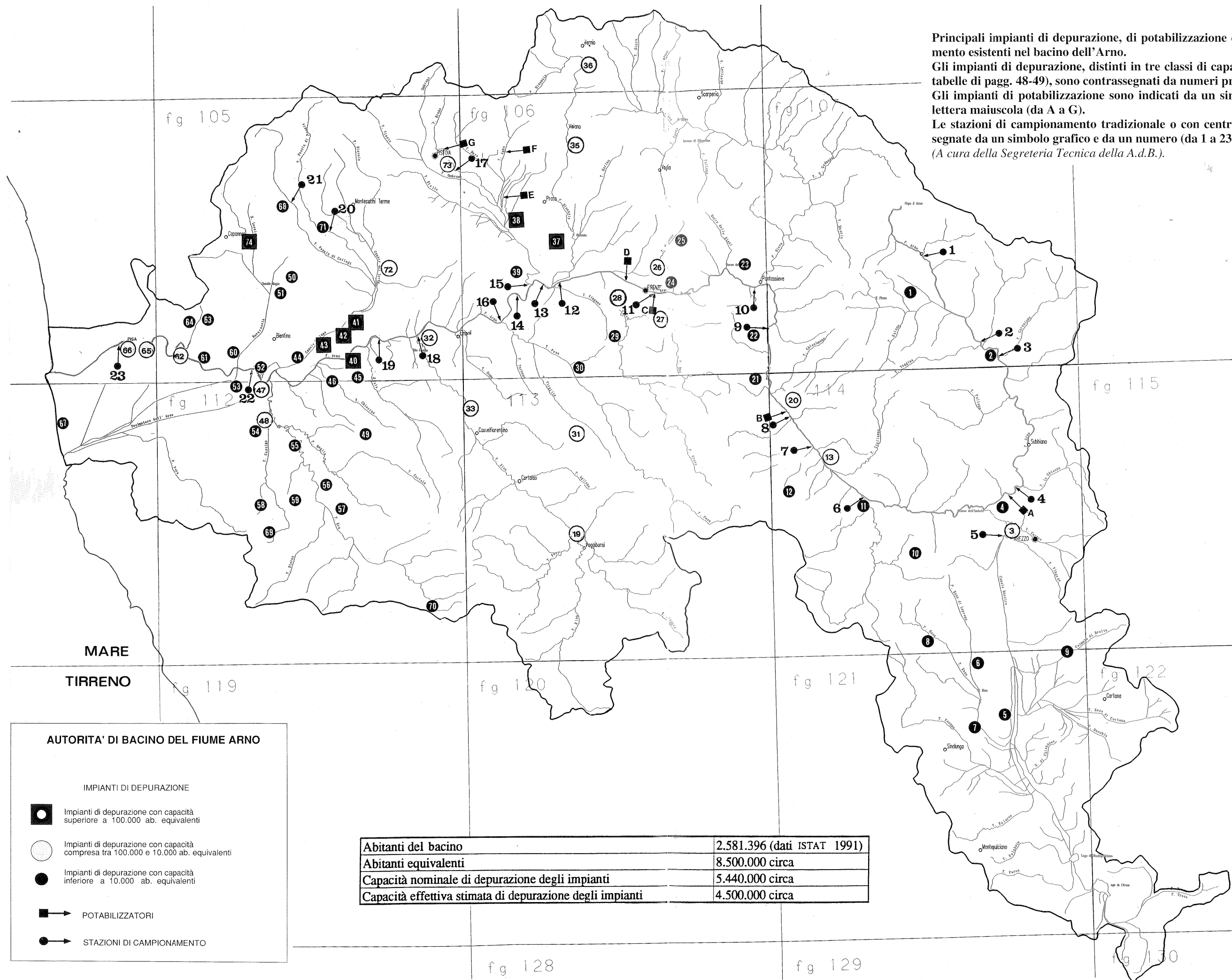
- la mancanza di idonei impianti fognari e depurativi nell'area urbana e nel comprensorio di Firenze
- la presenza di un carico inquinante di provenienza industriale che, nonostante la presenza di impianti di depurazione, rimane superiore alla capacità di autodepurazione del fiume, specialmente nei periodi di magra
- la presenza di un significativo carico inquinante di origine agricola e zootecnica
- in certi casi il mancato allacciamento degli scarichi privati ai collettori principali e, talvolta, di questi ultimi agli impianti di depurazione.

Non si può pensare, peraltro, che i comuni del bacino siano immuni da comportamenti diffusi fra le amministrazioni locali, tendenti a far perdurare situazioni di scarico diretto nel corpo idrico, pur di evitare i costi della depurazione (da far ricadere poi sui cittadini, con relativi problemi di perdita di consenso) e l'assunzione di gravose responsabilità nella corretta gestione degli impianti.

Considerando realisticamente la situazione esposta, la disponibilità di risorse finanziarie ed i tempi di realizzazione degli interventi necessari, è possibile tracciare una scala delle priorità limitatamente a pochi ben selezionati interventi.



Principali impianti di depurazione, di potabilizzazione e stazioni di campionamento esistenti nel bacino dell'Arno.  
 Gli impianti di depurazione, distinti in tre classi di capacità depurativa (cfr. le tabelle di pagg. 48-49), sono contrassegnati da numeri progressivi (da 1 a 73).  
 Gli impianti di potabilizzazione sono indicati da un simbolo grafico e da una lettera maiuscola (da A a G).  
 Le stazioni di campionamento tradizionale o con centraline automatiche sono segnate da un simbolo grafico e da un numero (da 1 a 23).  
 (A cura della Segreteria Tecnica della A.d.B.).





L'Arno in magra presso Empoli (FI) alla fine di settembre 1992.

L'Arno a Pisa al calare della piena del 21 ottobre 1992. L'Arno passa in breve tempo da portate minime di 1 - 2 mc/s alla sezione degli Uffizi a Firenze (ad es. il 26 settembre 1992) a piene di 2.000 - 2.500 mc/s (20 - 21 ottobre e 30 - 31 ottobre 1992). Durante l'alluvione del novembre 1966 alla stessa sezione la portata raggiunse 4.100 mc/s.



Il primo riguarda il completamento dell' invaso del Bilancino sul fiume Sieve. Considerando che la qualità dell'acqua dipende anche dalla portata del fiume e che l'Arno passa in tempi brevi da pressoché totale assenza di acqua a piene di 2000 - 2500 mc/s, ad esempio in corrispondenza della sezione degli Uffizi a Firenze (dove si valutarono 4100 mc/sec durante l'alluvione del novembre 1966), quest'opera consentirà la diluizione delle acque del fiume in periodi di magra, con riduzione dell'inquinamento a limiti accettabili, sia pur non ancora sufficienti. La realizzazione dell'intervento è oggi possibile grazie ai nuovi finanziamenti previsti dalla legge 505/1992 (47 MLD), al contributo finanziario della Regione Toscana e ad auspicabili finanziamenti per opere di riordino ambientale.

Una seconda serie di interventi, che richiederà tempi necessariamente lunghi e risorse finanziarie di alcune centinaia di miliardi, riguarda la realizzazione di uno o due impianti di depurazione dei reflui del comprensorio fiorentino, per complessivi 800.000-900.000 abitanti equivalenti, da realizzarsi in tre-quattro lotti e la costruzione di buona parte della rete fognaria. Ad oggi, con il finanziamento di 89,5 MLD su fondi FIO 1986 per la realizzazione del primo lotto, è stata solo messa in opera una parte della rete fognaria. Di recente è stato raggiunto un accordo di programma, illustrato nell'articolo della Dott.ssa Monarca, cui si rimanda per i dettagli, che dovrebbe finalmente avviare gli interventi previsti in questo settore.

Parallelamente potrebbe essere valutata la possibilità di utilizzare parte delle acque dell'invaso di Montedoglio anche per aumentare la portata dell'Arno nei periodi siccitosi.

Questo invaso (capacità di oltre 100 milioni di m³ utili), progettato a fini di irrigazione, è praticamente già realizzato dal Ministero dell'Agricoltura in territorio umbro, prossimo al confine con la provincia di Arezzo e l'intervento prospettato potrebbe addirittura precedere la messa in opera di Bilancino, in quanto l'invaso è già collegato con l'Arno, attraverso il T. Chiassa, a monte della confluenza con il canale della Chiana.

Gli interventi abbinati Bilancino-depuratore di Firenze (preceduti ed integrati da Montedoglio) consentirebbero di contenere il carico inquinante entro limiti accettabili anche nei periodi di siccità, come dimostra l'articolo del prof. Pantani, da cui è tratto lo schema in calce alla presente nota.

Oltre agli interventi citati, sono da considerare prioritari, da monte a valle rispetto al corso dell'Arno:

- interventi di disinquinamento sui bacini dei laghi di Chiusi e Montepulciano inerenti sia i reflui civili sia quelli agricoli e zootecnici del territorio umbro-toscano, intervenendo specialmente nella regolazione idraulica delle acque basse dei canali e colatoi
- la riduzione delle fonti di inquinamento diffuso di provenienza agricola e zootecnica in Val di Chiana con la realizzazione dell'impianto di depurazione di Cortona, già in programma e parzialmente finanziato con gli "Schemi Previsionali"
- il miglioramento della qualità delle acque del Bisenzio e dell'Ombrone Pistoiese, che, dopo la messa in opera dei depuratori di Baciavalle e Calice, può essere realizzato con il completamento e l'ottimizzazione delle reti fognarie urbane e la riutilizzazione delle acque depurate ( si veda il sistema acquedottistico industriale di Prato, finanziato con risorse comunitarie e della Regione Toscana)
- la soluzione di problemi particolari del territorio pisano (fognature e depurazione) e di quelli dell'area del Cuoio (questi ultimi manifestatisi anche in tempi recenti)
- la riduzione dell'inquinamento nell'area della Val di Nievole, delle Pescie e della Piana di Lucca, contenendo il carico inquinante di origine industriale, affiancando il depuratore consortile di Capannori-Porcari a quello già esistente di Veneri (Pescia) e migliorando la capacità depurativa dell'impianto di Pieve a Nievole. In questo quadro si inserisce la realizzazione dell'acquedotto in-



dustriale della Piana di Lucca che dovrebbe riutilizzare le acque depurate dell'impianto di Capanori-Porcari, permettendo la riduzione dei prelievi dalla falda

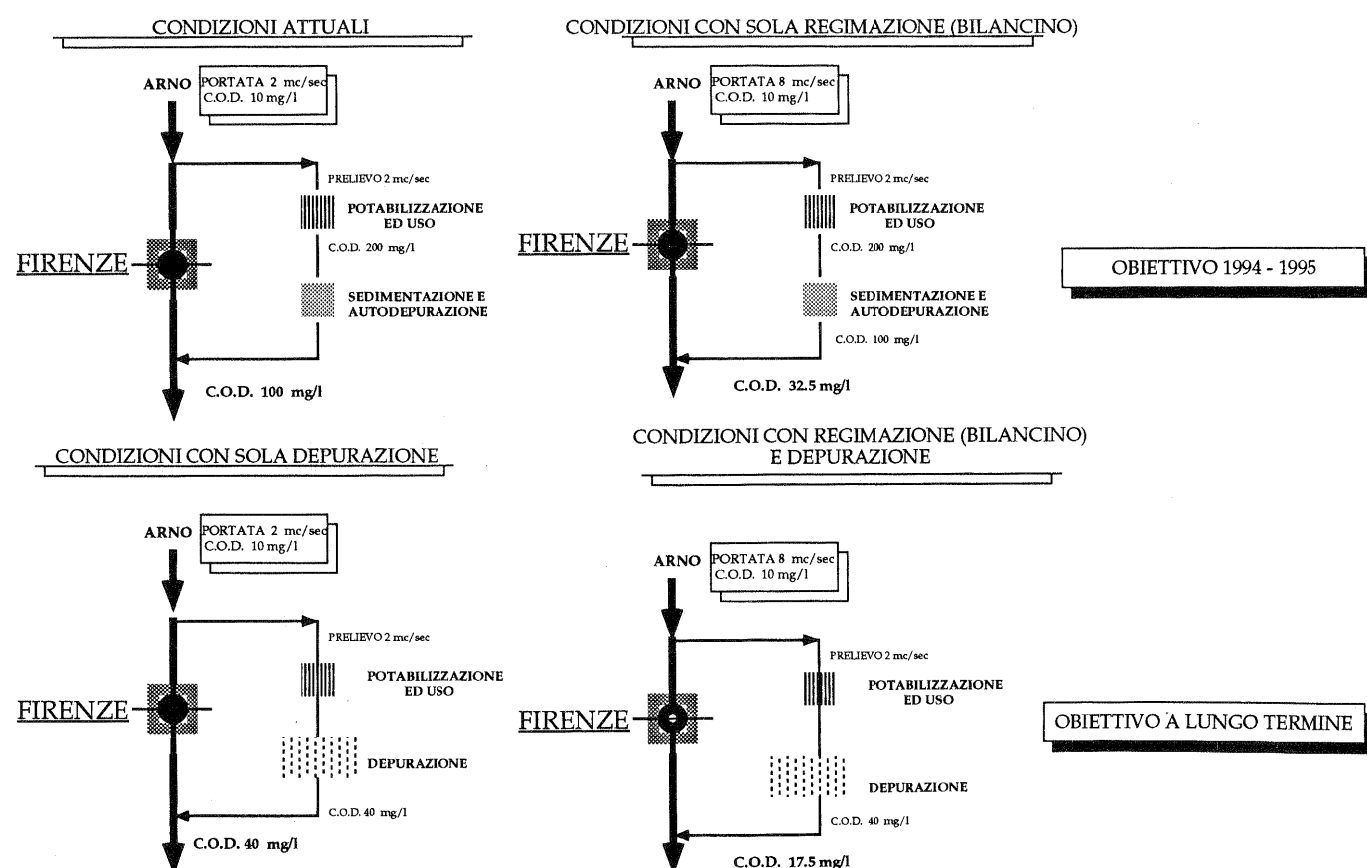
- la possibilità, in particolare, di eliminare dall'area di pregio ambientale del Padule di Fucecchio i reflui provenienti dal territorio della Nievole e delle Pescie, convogliandoli nei depuratori della zona del Cuoio presenti lungo il Canale Usciana.
- la corretta gestione degli impianti di depurazione esistenti o in corso di realizzazione nell'area del bacino
- la realizzazione di nuovi depuratori nelle zone ancora sprovviste.

In questa ottica, pur con le limitate risorse finanziarie disponibili per il disinquinamento (art. 8 legge 305/1989 "Programma DEAC" e art. 31 legge 183/1989) si è mossa la programmazione preliminare dell'A.d.B., che ha predisposto gli "Schemi Previsionali", elaborati dal Comitato Tecnico, adottati dal Comitato Istituzionale per il triennio 1989-1991 e già aggiornati per il triennio 1992-1995.

Resta difficile il bilancio delle disponibilità finanziarie. A fronte di necessità valutabili in 800-1000 MLD, le risorse erogate o previste per il bacino dell'Arno sono pari a 118 MLD (58 MLD dalla legge 305/89, dispon. finanz. 1990-1991; 13 MLD dalla legge 183/89, art. 31, dispon. finanz. 1989-1995; 47 MLD dalla legge 505/92, dispon. finanz. 1993-1994, finalizzati al completamento del Bilancio).

A queste risorse di provenienza statale dovrebbero aggiungersene altre di provenienza regionale, nell'ottica di una programmazione unica Stato-Regione. Permetterebbe comunque una situazione fortemente carente che potrà essere superata forse solo attraverso l'adeguamento delle tariffe.

Con queste premesse l'Autorità di Bacino dell'Arno licenzia questo primo Quaderno, mentre proseguono su ampio spettro le indagini necessarie per la elaborazione di un organico piano di bacino.



I vari scenari sul livello di inquinamento dell'Arno nell'area fiorentina in assenza ed in presenza di regimazione del fiume e/o di depurazione dei liquami fognari in condizioni estreme di siccità, secondo F. Pantani (cfr. pag. 66, fig. 7, ridis.)

## SUL DEPURATORE DI FIRENZE

*Dott. Eliana Monarca*

*Assessore alla Protezione Civile, Energia e all'Ambiente della Regione Toscana*

Nel novembre dello scorso anno è stato firmato un accordo di programma che dovrebbe finalmente rendere possibile, in modo compiuto, la realizzazione del sistema di depurazione dell'area fiorentina.

A tale accordo hanno aderito, oltre la Regione, la Provincia di Firenze ed il Consorzio Risorse Idriche "Schema 23", i Comuni di Firenze, Bagno a Ripoli, Calenzano, Campi Bisenzio, Fiesole, Lastra a Signa, Scandicci, Sesto F.no e Signa.

L'obiettivo è quello di realizzare, nell'ambito dei comuni interessati, un sistema di depurazione delle acque comprendente l'impianto comprensoriale di S. Colombano come fulcro centrale ed, in seguito, un impianto di depurazione di minori dimensioni sul territorio fiorentino.

Il primo lotto del depuratore di S. Colombano sarà realizzato con una potenzialità di 200.000 abitanti equivalenti, che sarà elevata a 900.000 con la realizzazione completa degli impianti previsti.

Punto essenziale e qualificante nell'intesa raggiunta ritengo sia la definizione di un preciso programma comprendente tempi e scadenze di realizzazione, impegni finanziari ed operativi a carico dei singoli enti, modalità di controllo e di verifica ed eventuali operazioni di surroga in caso di inadempienze.

In particolare, ciascun ente interessato parteciperà ai finanziamenti necessari alla realizzazione del sistema in modo proporzionale alla propria quota di utenze, cioè alle esigenze di depurazione.

Per il primo lotto dell'impianto, il cui costo complessivo oggi ammonta a circa 95 miliardi, mancano ancora 40 miliardi che dovranno essere stanziati dai comuni interessati nel corso dei prossimi tre anni, in base al suddetto criterio.

Vorrei in ultimo segnalare la previsione di opere di recupero, salvaguardia e tutela ambientale delle aree legate all'Arno ed ai suoi affluenti, da ottenersi anche mediante l'individuazione di un'area protetta del fiume.

La storia del depuratore fiorentino, divenuto poi comprensoriale, non nasce certo con l'accordo di programma del 1992 che anzi costituisce una tappa di arrivo più che di partenza.

Le premesse per la costruzione del depuratore fiorentino furono poste infatti con la legge 319/76 ed il conseguente piano regionale di risanamento delle acque, approvato dal Consiglio Regionale nel 1980.

In tale piano era posta con forza la necessità di dotare la città di Firenze di un impianto di depurazione che, solo, avrebbe potuto risolvere positivamente i problemi di inquinamento del fiume Arno.

Se tale soluzione fosse stata adottata in tempi rapidi, non dovremmo ancora oggi assistere a fenomeni disastrosi come le morie di pesci, verificatesi anche alcuni mesi fa.

Nel 1985 la realizzazione del depuratore fu affidata in concessione dalla Regione al Consorzio Schema 23.

L'anno successivo fu siglato un primo protocollo di intesa fra i comuni coinvolti.

Dal 1989 al 1990 una sentenza del TAR, in seguito superata dal Consiglio di Stato, annullò la delibera di aggiudicazione dei lavori.

Dal 1990 ad oggi è stato realizzato solo il tubo sotterraneo di attraversamento dell'Arno per i liquami.

Fra breve potrà essere avviata la realizzazione dell'opera per il sollevamento dei liquami.

Resta, forse, da spiegare perché Firenze è ancora oggi una delle grandi città italiane prive di depurazione, nonostante sia ormai da più di un decennio che il problema è stato posto e l'esigenza riconosciuta.

Al di là delle lentezze burocratiche e del ritardo causato dalla sentenza del TAR, cui prima accennavo, credo non sia da sottovalutare l'atteggiamento assunto dal comune di Firenze sin dall'inizio.

Nessun passo è stato compiuto "in proprio", né per il reperimento di finanziamenti, né per rendere possibile la localizzazione dell'impianto sul territorio fiorentino.



Firenze - Panoramiche sull'impianto dell'Anconella, che potabilizza l'acqua dell'Arno. Un secondo potabilizzatore (impianto di Mantignano) è costruito a valle della città (cfr. pag. 68).



Anzi, con il trascorrere degli anni le difficoltà per la localizzazione dell'impianto sono andate aumentando, dal momento che la città nella pianificazione del proprio sviluppo non ha ritenuto di dover conservare sul territorio spazi idonei per i servizi, che si sono perciò sempre più ristretti fin quasi a scomparire.

A parte l'acquedotto, realizzato negli anni sessanta, questa città è priva di tutti gli impianti di carattere collettivo, da quello per la depurazione a quello per lo smaltimento dei rifiuti.

Più impegnato è stato invece il ruolo svolto dalla Regione Toscana: anzitutto nel reperimento dei finanziamenti per il primo lotto : 54 miliardi e 740 milioni sui fondi FIO 1985 (1); in secondo luogo nell'individuazione di un sito idoneo alla localizzazione dell'impianto, mediante opere di mediazione e di coinvolgimento dei comuni limitrofi.

Il risultato di tale confronto è stato appunto l'individuazione di S. Colombano nel comune di Lastra a Signa come sito idoneo all'impianto, che ha così assunto connotati di tipo comprensoriale a servizio di un'area più vasta di quella strettamente fiorentina, rendendo indispensabile la ricerca di un accordo programmatico tra gli enti interessati, in grado di fornire garanzie reciproche di controllo, vigilanza e salvaguardia ambientale e di ripartire, in modo equo, responsabilità, servizi ed oneri finanziari.

È tale appunto il senso dell'accordo di programma del novembre 1992.

20 maggio 1993

(1) - I finanziamenti FIO per il sistema di depurazione (in totale 89 miliardi e mezzo) risultano così suddivisi:

- 54 miliardi e 740 milioni, per il 1° lotto dell'impianto del depuratore di S. Colombano
- 3 miliardi e 200 milioni, fognature Lastra a Signa
- 3 miliardi e 400 milioni, fognature Sesto Fiorentino
- 10 miliardi e 210 milioni, fognature Campi, collegamenti Fosso Reale, etc.
- 17 miliardi e 950 milioni per collettore consortile in riva destra d'Arno detto dell'Osmannoro e collettore Fosso Reale - Consortile Calenzano - Sesto Fiorentino - Campi Bisenzio - Signa.

Partecipazione dei Comuni dell'area fiorentina alla realizzazione del 1° lotto dell'impianto di depurazione di S. Colombano, secondo l'accordo di programma del novembre 1992, attraverso la ripartizione della ulteriore spesa prevista (circa 40 miliardi) in aggiunta ai finanziamenti FIO, calcolata convenzionalmente sul numero degli abitanti equivalenti:

- Comune di Firenze (24 miliardi e 939 milioni)
- Comune di Sesto Fiorentino (3 miliardi e 998 milioni)
- Comune di Scandicci (3 miliardi e 971 milioni)
- Comune di Campi Bisenzio (3 miliardi e 181 milioni)
- Comune di Calenzano (1 miliardo e 365 milioni)
- Comune di Signa (1 miliardo e 273 milioni)
- Comune di Lastra a Signa (1 miliardo e 181 milioni)
- Comune di Fiesole (91 milioni).





## IL CONTROLLO DI QUALITÀ DELLE ACQUE DEL FIUME ARNO ED IL LORO RECUPERO RISPETTO ALLE VOCAZIONI D'USO

*Dott. Maria Filastò Narese*

*Coordinatrice Commissione "Uso delle acque, rifiuti e relativi servizi" del Comitato Tecnico  
del Bacino dell'Arno e responsabile del Servizio Ambiente della Regione Toscana*

La Regione Toscana, fin dall' inizio della propria attività nel settore della difesa e del recupero ambientale, rivolse la propria attenzione alla qualità delle acque superficiali del proprio territorio individuando nella risorsa "acqua" uno dei fattori principali del proprio assetto sociale, economico ed ambientale e del suo possibile sviluppo.

Si propose quindi di acquisire il massimo della conoscenza sullo stato di qualità della risorsa idrica dei principali corsi d'acqua del suo territorio e di divulgare tale conoscenza in maniera organica e di facile e nel contempo tecnicamente corretta acquisizione. Vennero quindi acquisiti tutti i dati esistenti sulla qualità delle acque superficiali toscane e, attraverso la costituzione e il coordinamento di un apposito gruppo di lavoro, fu possibile arrivare alla pubblicazione di due volumi contenenti la mappa degli inquinamenti idrici della Toscana, corredata da una vasta e circostanziata rilevazione socio - economica dei territori sottesi dai bacini principali della Toscana a partire dal 1965 fino al 1975.

Il secondo volume, pubblicato nel gennaio 1976, è dedicato per intero al fiume Arno ed al fiume Serchio ed ai loro affluenti e raccoglie in maniera organica e ragionata i dati chimico - fisici e microbiologici di tutte le campagne analitiche effettuate negli anni 73 - 74 e 75 dai Laboratori Provinciali di Igiene e Profilassi.

Fu così possibile avere una fotografia abbastanza esauriente delle condizioni dei principali corsi d'acqua toscani dalla quale partire per una mirata azione di recupero, di salvaguardia e di sviluppo.

Sulla base di tale ricognizione e dei suoi successivi aggiornamenti, fu possibile, senza soluzione di continuità, dare immediata applicazione alla legge 10 marzo 1976 n° 319 e sue successive modifiche ed integrazioni, contenente le norme per la tutela delle acque dall' inquinamento. Tale legge imponeva infatti, tra l'altro, alle Regioni l'esecuzione delle opere di rilevamento delle caratteristiche dei corpi idrici, avvalendosi dei Laboratori Provinciali di Igiene e Profilassi (oggi Servizi Multizonali di Prevenzione Ambientale delle Unità Sanitarie Locali).

Grazie all'esperienza fatta, non fu difficile proseguire quindi, con poche e non rilevanti modifiche, il controllo di qualità già collaudato e verificato, quel controllo di qualità che è proseguito fino ai tempi attuali e da cui trae origine la relazione sulle acque dell'Arno nel decennio 1980/1990 contenuta nel presente Quaderno.

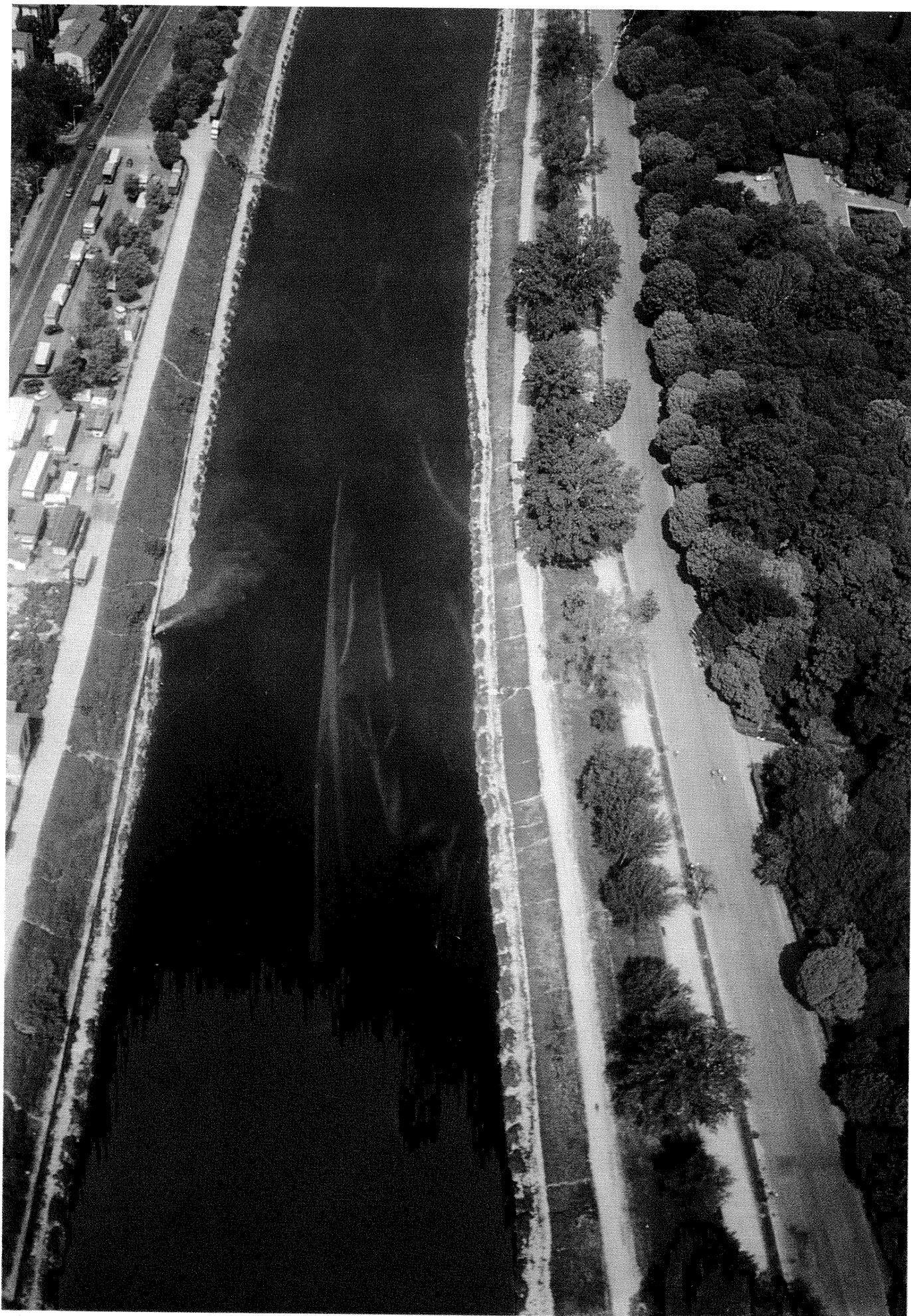
Anche sulla base dei dati raccolti, fu predisposto il primo documento programmatico regionale per il recupero della risorsa acqua, il primo piano regionale di risanamento delle acque che il Consiglio Regionale approvò con deliberazione n° 322 il 15 aprile 1980.

L'attività di rilevazione qualitativa sui fiumi, da parte dei Servizi multizonali di prevenzione prosegue, come si è detto, tutt'oggi coordinata dal servizio ambiente della Regione Toscana con le modalità, la frequenza e la periodicità stabilite dalla legge nazionale, integrata e modificata a livello regionale.

Dopo un periodo di sperimentazione nei primi anni ottanta, sono stati resi noti dalla Regione Toscana in un apposito convegno svoltosi a Firenze nell'aprile dell'86, pubblicati nell'87, i dati relativi alla qualità delle acque correnti toscane, acquisiti mediante l'impiego degli indicatori biologici e fornendo la Toscana, prima regione in Italia, una mappa regionale della qualità biologica dei corsi d'acqua, ottenuta mediante lo studio delle comunità di macroinvertebrati secondo il metodo E.B.I.. Questo metodo è stato assunto, affiancato a tutte le altre analisi chimico - fisiche e batteriologiche tradizionali, come metodo ufficiale di controllo delle acque superficiali con delibera del Consiglio Regionale della Toscana n° 375 del 28/07/1988.

La legge sulla difesa del suolo n. 183 del 18/05/1989 impone alle Autorità di Bacino l'elaborazione dei piani di bacino che dovranno rappresentare il più alto grado di programmazione e di pianificazione del





territorio. Il piano di bacino infatti costituirà lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico - operativo mediante il quale dovranno essere pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso per assicurare la difesa del suolo, il risanamento delle acque, la fruizione e la gestione del patrimonio idrico per gli usi di razionale sviluppo economico e sociale e la tutela degli aspetti ambientali ad essi connessi.

Di fondamentale importanza risulta, ancora una volta ed anche in questo nuovo contesto normativo il controllo della qualità delle acque dei corpi idrici. A questo proposito il Comitato Tecnico del Bacino dell'Arno sta elaborando uno speciale programma di rilevazione da affidare ai tecnici dei Servizi Multizonali di Prevenzione Ambientale, strumenti ormai insostituibili per l'esperienza e la professionalità maturata come già visto, in tanti anni di attività nel settore.

Il programma, pur mantenendo alcuni punti di prelievo già oggetto di controllo per assicurare la necessaria continuità storica delle indagini, ne prevede un minor numero, rispetto a quelli storicamente consolidati, sui quali effettuare le rilevazioni analitiche su un limitato ma significativo numero di parametri chimico-fisici e batteriologici che diano, insieme agli indicatori biologici, una più immediata e leggibile conoscenza dello stato di inquinamento del fiume Arno e dei suoi affluenti. A questo fine le campagne analitiche avranno una maggiore frequenza e periodicità rispetto a quanto stabilito dalla legge 319/76 : " ....4 campionamenti in periodi diversi nell'arco dell'anno, preferibilmente 2 campionamenti riferiti al regime di magra e gli altri due alle condizioni medie di portata". Una innovazione assai rilevante è costituita dal fatto che i dati qualitativi saranno affiancati dai dati di portata. Fino adesso infatti, essendo andate in obsolescenza praticamente tutte le stazioni di misura delle portate sull'Arno, ad eccezione di una dell'Istituto Idrografico e Mareografico, questo dato non veniva rilevato. Questo ha costituito una grossa e determinante limitazione della significatività dei dati analitici rilevati per tutti i fiumi toscani, ma in particolar modo per il fiume Arno, per la sua spiccata ed esasperata caratteristica torrentizia; ciò infatti non ha mai consentito né una corretta correlazione fra la concentrazione degli inquinanti espressi in mg/l e la reale situazione di inquinamento nella massa d'acqua presente nel momento del campionamento, né la predisposizione di un modello matematico efficiente e significativo della diffusione degli inquinanti dalla sorgente alla foce. Diventa quindi imprescindibile attivare un sistema di misurazione delle portate nelle sezioni più significative rispetto alle rilevazioni di qualità.

Il programma di controllo testé illustrato non esclude comunque la prosecuzione da parte dei Servizi Multizonali di Prevenzione dell'attività di controllo da tempo già effettuata su tutti i punti, con la periodicità e con tutti i parametri previsti dalle leggi già citate.

Per completare l'argomento va detto che la Regione Toscana ha installato tra il 1987 e il 1988 n° 12 centraline di monitoraggio automatico lungo l'asta dell'Arno dalla sorgente alla foce. Di queste dodici centraline sei eseguono solo il prelievo automatico dei campioni e sei eseguono, oltre al prelievo, anche le seguenti indagini analitiche in automatico: pH, ossigeno disciolto, temperatura e conducibilità elettrica. Tutte le centraline sono già predisposte per la rilevazione di altri parametri nonché per l'esecuzione delle analisi in quelle adesso attrezzate solo per il campionamento. La spesa complessiva di tale rete è stata di circa lire 1.200 milioni.

Purtroppo gli eventi alluvionali verificatisi nell'ottobre-novembre 1992 hanno gravemente danneggiato otto delle dodici centraline. Si stanno in questi giorni concludendo tutte le fasi necessarie per il loro ripristino per il quale è preventivata una spesa di circa 155 milioni di lire.

È previsto che tutti i dati di qualità sia in automatico che manuali, corredati dai dati di portata, costituiscano parte di una banca dati sull'Arno con trasmissione e ricezione per via telematica e che vadano a far parte del più complesso e completo sistema informativo del bacino dell'Arno.

La presentazione del controllo della qualità dei corsi d'acqua e specificatamente qui del fiume Arno, che per completezza di informazione abbiamo ritenuto opportuno far risalire quasi alle sue origini, ci permette di introdurre un secondo argomento di notevole interesse per gli argomenti in esame.

La legge 10 maggio 1976 n° 319, già più volte citata, ha costituito e costituisce una pietra miliare per la tutela delle acque dall'inquinamento. Anche senza voler entrare nel novero dei suoi difensori o dei suoi detrattori, occorre riconoscere che questo è stato per molti anni l'unico strumento per un'azione organica, su tutto il territorio nazionale, di recupero e salvaguardia della risorsa idrica.

È comunque necessario aggiungere che la prima fase di attuazione della legge si è limitata alla semplice imposizione di limiti alle concentrazioni degli scarichi degli insediamenti produttivi, per contenere i carichi inquinanti da essi scaricati nei corpi idrici riceventi. Questi provvedimenti di carattere normativo non possono peraltro garantire da soli la restituzione ed il mantenimento dei necessari requisiti di qualità e vanno considerati unicamente come strumento di primo intervento. Il superamento di strategie siffatte, fondate unicamente sul controllo degli scarichi, è essenziale per conseguire gli obiettivi di tutela e valorizzazione delle risorse idriche di un bacino, quale strumento fondamentale per lo stesso sviluppo socio-economico del territorio. Si deve riconoscere infatti, che gli interventi, limitati per ora in prevalenza alla raccolta, al collettamento ed alla depurazione degli scarichi dei principali centri urbani ed alla depurazione degli scarichi degli insediamenti produttivi, non hanno in genere prodotto significativi benefici sui corpi idrici riceventi.

Per la scarsa capacità ricettrice di questi ultimi, per l'insufficiente livello di trattamento degli scarichi finora raggiunto e per l'assenza di incisivi interventi di controllo sulle sorgenti diffuse di contaminazione, lo stato dei corpi idrici in generale e di quello dell'Arno in particolare, risulta ancora notevolmente degradato, tanto da limitarne fortemente le possibilità d'uso e da compromettere la conservazione della vita acquatica.

La prima fase di applicazione del piano regionale di risanamento consente di concludere che, anche con il raggiungimento anche di più restrittivi limiti di qualità allo scarico degli insediamenti civili e produttivi imposti dalla legislazione nazionale e regionale, non sarà in genere possibile raggiungere adeguati livelli di qualità delle acque.

Per verificare l'efficacia ambientale degli interventi già effettuati ed in programma e per stabilire obiettivi di risanamento di carattere transitorio e finale, corrispondenti alle esigenze di tutela quali-quantitativa delle acque in relazione alle loro utilizzazioni attuali o previste, occorre quindi definire una loro classificazione risultante dalla combinazione degli usi che interessano le diverse componenti della risorsa idrica.

Non più quindi una "qualità" astratta delle acque ma, ad ogni forma di impiego dell'acqua e ad ogni esigenza di salvaguardia di natura igienico-ambientale, si dovrà associare un determinato e definito spettro di qualità, risultante dalla combinazione di molteplici standards (parametri fisici, chimici, batteriologici e biologici) assunti come traguardi di qualità da perseguire con l'attuazione del piano. A loro volta questi ultimi possono essere definiti in relazione a soglie di sicurezza (cui corrispondono limitate probabilità di compromissione nell'uso della risorsa) ovvero a soglie di rischio (che comportano invece non trascurabili probabilità di compromissione).

In questa ottica, il controllo della qualità delle acque andrà sempre più finalizzato e specializzato per potere arrivare ad una classificazione dei corpi idrici, alla formulazione di veri e propri giudizi di qualità in stretta connessione con gli impieghi e le esigenze di salvaguardia maggiormente significative che qui vogliamo indicare solo a scopo esemplificativo:

- a) consumo umano;
- b) produzione di acqua potabile;
- c) balneazione, ricreazione;
- d) usi irrigui e abbeveramento bestiame;
- e) vita acquatica, itticoltura, pesca;
- f) usi industriali;
- g) tutela paesaggistica e di particolari condizioni ambientali;
- h) navigazione interna;
- i) tutela delle acque nelle aree urbane.

Se si guarda bene, quanto sopra elencato costituisce l'insieme degli usi concomitanti e le esigenze di salvaguardia esistenti nel bacino dell'Arno.

Questi concetti, sinteticamente qui riportati, sono alla base dell'aggiornamento del piano di risanamento delle acque che la Giunta Regionale ha già da tempo approvato e che è in attesa di essere ratificato dal Consiglio Regionale. La strategia proposta prevede inoltre la definizione di piani di risanamento di area, di norma coincidenti con i bacini od i sottobacini idrografici e quindi già in piena sintonia con la legge sulla difesa del suolo, all'interno dei quali potrà essere anche definita una scala di priorità delle necessità finanziarie.

# EVOLUZIONE DELLA QUALITA' DELLE ACQUE DEL FIUME ARNO LUNGO IL SUO PERCORSO NEL PERIODO 1970-1990

A cura dei Servizi Multizonali di Prevenzione Ambientale di Arezzo, Firenze e Pisa

<i>Lario AGATI</i> U.O. Chimica Ambientale III S.M.P.A. di Firenze	<i>Umberto MACI</i> U.O. Chimica Ambientale S.M.P.A. di Arezzo
<i>Primo BARONI</i> U.O. Chimica Ambientale III S.M.P.A. di Pisa	<i>Giovanna MARCHI</i> U.O. Biotossicologia S.M.P.A. di Arezzo
<i>Gioia BENEDETTINI</i> U.O. Biotossicologia S.M.P.A. di Pisa	<i>Giuseppe MARTINI</i> U.O. Biotossicologia S.M.P.A. di Arezzo
<i>Gabriella CALDINI</i> U.O. Biotossicologia S.M.P.A. di Firenze	<i>Brunetta MOGGI</i> U.O. Biotossicologia S.M.P.A. di Pisa
<i>Sauro CHIELI</i> U.O. Chimica Ambientale S.M.P.A. di Arezzo	<i>Raffaello NOTTOLI</i> U.O. Chimica Ambientale S.M.P.A. di Pisa
<i>Carlo CINI</i> U.O. Chimica Ambientale S.M.P.A. di Pisa	<i>Fabio PETRINI</i> U.O. Chimica Ambientale III S.M.P.A. di Firenze
<i>Carlo FRANCALANCI</i> U.O. Biotossicologia S.M.P.A. di Arezzo	<i>Elisabetta PEZZATINI</i> U.O. Chimica Ambientale III S.M.P.A. di Firenze
<i>Vladimiro GIACONI</i> U.O. Chimica Ambientale S.M.P.A. di Pisa	<i>Stefania TOZZETTI</i> U.O. Chimica Ambientale III S.M.P.A. di Firenze

## PREMESSA

Il bacino del fiume Arno ed i suoi affluenti principali sono da decenni oggetto di indagine da parte delle strutture di controllo pubbliche esistenti nel territorio.

Prima della istituzione del Servizio Sanitario Nazionale e della emanazione della normativa statale (L.319/76; D.P.R. 515/82; D.P.R. 470/82) in materia di controllo degli scarichi e tutela della qualità delle acque superficiali destinate ad usi plurimi (consumo umano, balneazione, piscicoltura, agricolo, ricreativo), i Laboratori Provinciali di Igiene e Profilassi, divenuti dal 1985 Servizi Multizonali di Prevenzione (L.R. 60/85), già dagli anni '60 iniziarono indagini conoscitive sulle caratteristiche dei principali corsi idrici e principalmente del fiume Arno.

In una prima fase l'attività di monitoraggio è stata caratterizzata da spontaneità ed inevitabile disomogeneità negli interventi; successivamente, con le competenze affidate alla Regione Toscana dalle nuove normative, ed in seguito con il "Piano regionale di emergenza per la tutela delle acque dall'inquinamento" (1984), è stata coordinata e riorganizzata sia sotto il profilo metodologico che tecnico-scientifico. Oggi è pertanto possibile disporre di migliaia di dati che costituiscono il risultato di un lavoro impegnativo e qualificato svolto dai Servizi Multizonali, un lavoro che si è attivato in forma spontanea, ma che si è successivamente sviluppato fino a conseguire gli attuali livelli di qualità, quando i problemi della corretta gestione delle risorse idriche sono divenuti di interesse collettivo e sociale.

## DESCRIZIONE DEL BACINO IDROGRAFICO

Il bacino imbrifero del fiume Arno si estende su una superficie di circa 8228 Km<sup>2</sup>\*, con altitudine media di 353 metri s.l.m. L'asta fluviale ha uno sviluppo di 241 Km, mentre l'asta della valle risulta più

\* Superficie calcolata secondo i limiti geografici del bacino individuati nel 1975. La proposta della A.d.B. in funzione della Legge 183/89, condivisa dalla Regione Toscana, amplia i confini nella parte terminale del bacino, che raggiunge una superficie pari a kmq 9.116.



corta di 18 Km; la differenza è dovuta ai numerosi meandri che il fiume forma, specialmente nel tratto tra le confluenze del Pesa e dell’Era e, anche se in misura minore, nel tratto finale.

I terreni pianeggianti con pendenza inferiore allo 0,15% misurano 1410 Km², pari al 17% dell’intera superficie. Poco inferiore è la percentuale dei terreni di media ed alta montagna, mentre risulta fortemente predominante la parte di territorio classificabile come collinare.

La pendenza media del fiume Arno è circa 0,05-0,06%, mentre i punti di massima pendenza dell’alveo, oltre quelli del tratto casentinese, si riscontrano nel Valdarno Superiore (0,14%) e nel tratto compreso fra Pontassieve e la gola della Gonfolina (0,22%). Considerato inoltre che il 72% dei terreni del bacino è prevalentemente impermeabile, è facile attendersi rapide formazioni di onde di piena ed altrettanto rapide diminuzioni di portata in relazione agli eventi meteorici.

L’intero bacino dell’Arno può essere suddiviso nei seguenti sei sottobacini:

- Casentino	883	Km²
- Val di Chiana	1368	Km²
- Valdarno Superiore	984	Km²
- Sieve	843	Km²
- Valdarno Medio	1383	Km²
- Valdarno Inferiore	2767	Km²

L’Arno ha origine dal versante meridionale del Monte Falterona alla quota di 1358 metri s.l.m. in località Capo d’Arno. In questo tratto il fiume ha carattere torrentizio, soggetto a piene di breve periodo e siccità prolungate.

A quota 440 metri, dopo solo 10 chilometri di percorso, riceve sulla sinistra lo Staggia. Nella valle del Casentino, percorsa in direzione sud-est per un tratto di circa 40 chilometri, il fiume ha come affluenti di sinistra, scendendo da monte a valle, l’Archiano, il Corsalone e la Chiassa, mentre sulla destra confluiscono il torrente Solano, il Teggina e il Salutio.

In prossimità di Arezzo il fiume riceve le acque del Canale Maestro della Chiana, che è da considerare l’affluente con il maggior carico inquinante di tipo organico della provincia.

Dopo Arezzo sono posti i due invasi di La Penna (capacità 13 milioni di m³) e di Levane (invaso della capacità di 3 milioni di m³) creati per produrre energia idroelettrica.

Proseguendo nel Valdarno il fiume riceve, tra gli affluenti principali, sulla sponda destra il Ciuffenna e sulla sinistra l’Ambra.

L’Arno nella provincia di Firenze, dopo aver attraversato i centri di Figline, Incisa e Rignano, riceve in riva destra all’altezza di Pontassieve, prima di attraversare Firenze, le acque del fiume Sieve, suo principale affluente. In questa zona il fiume piega decisamente verso ovest, prendendo la direzione che manterrà fino alla foce. Attraversata la città di Firenze riceve le acque del torrente Mugnone, che raccoglie una parte degli scarichi di Fiesole ed una piccola parte degli scarichi della città stessa. Successivamente riceve da sinistra il Greve e da destra il Bisenzio, interessato dagli scarichi civili di Firenze nord (attraverso il Macinante) e dell’industria tessile della valle omonima, e l’Ombrone, che raccoglie gli scarichi civili ed industriali di numerosi centri della provincia di Pistoia e, nel tratto terminale, gli scarichi civili e dell’industria tessile della città di Prato.

Dopo aver attraversato, in un tratto fortemente meandrizzato, la gola della Gonfolina, entra nel Valdarno inferiore, raccoglie le acque del Pesa ed infine, a valle di Empoli, quelle dell’Elsa, principale affluente di sinistra, nel quale confluiscono gli scarichi civili dei centri abitati di Colle val d’Elsa, Poggibonsi, Certaldo, Castelfiorentino e Ponte a Elsa.

Il fiume entra quindi nel territorio della provincia di Pisa, comprendente le maggior parte del sottobacino del Valdarno Inferiore, coprendo gli ultimi 60 Km dell’asta fluviale.

Dopo Fucecchio riceve, sulla sinistra idrografica, le acque del Torrente Egola nel quale confluiscono gli scarichi civili non depurati di alcune frazioni dell’alta Val d’Egola. Nei pressi di Castelfranco di Sotto riceve, in riva sinistra, attraverso il Rio Malucco, gli scarichi depurati dell’impianto centralizzato “Cuoiodepur” e, poco più a valle, attraverso il torrente Chiecina, quelli del depuratore civile di Capanne

di Montopoli.

Scendendo a valle si ha la confluenza del Canale Usciana, emissario del Padule di Fucecchio, che raccoglie gli scarichi civili della Val di Nievole, di Pescia, del depuratore centralizzato dell’industria cartaria di Veneri, nonché gli scarichi depurati dei tre impianti centralizzati: Consorzio Conciatori di Fucecchio, Aquarno e Consorzio Conciatori Castelfranco.

L’ultimo affluente è il fiume Era, interessato da un sensibile volume di effluenti civili, in gran parte depurati, provenienti dagli impianti di Volterra, Chianni, Peccioli, Casciana Terme e Capannoli; le fognature di Oltrera, per le quali è previsto l’allacciamento al depuratore di Pontedera, scaricano nel fiume poco prima dell’immissione in Arno.

L’asta del fiume, dopo l’immissione dell’Era, risulta praticamente pensile; fa eccezione solo l’immissione del torrente Zambra, modesto corso d’acqua che scende dalle pendici del monte Serra.

L’Arno attraversa la città di Pisa, senza ricevere apporti inquinanti di origine civile dello stesso capoluogo e sfocia nel mar Tirreno a Marina di Pisa.

VALUTAZIONE CARICHI INQUINANTI

Provincia di Arezzo

Nel Casentino l’Arno riceve modesti apporti inquinanti di origine quasi esclusivamente civile veicolati dai seguenti corsi d’acqua: Staggia, Archiano, Corsalone e la Chiassa per un totale di 300.000 abitanti equivalenti.

Canale Maestro della Chiana

Sbocca in Arno in riva sinistra in prossimità di Arezzo. Il bacino imbrifero è di circa 1368 Km² con una altezza media di 337 metri s.l.m.

Gli apporti inquinanti sono determinati da scarichi civili e zootecnici della Val di Chiana per un totale di 360.000 abitanti equivalenti e di Arezzo per un totale di 365.000 abitanti equivalenti.

Ambra e Ciuffenna

L’Ambra è affluente di sinistra che confluisce in Arno poco più a valle della diga di Levane. Il bacino imbrifero è di circa 204 Km² con una altezza media di 375 metri s.l.m.

Il Ciuffenna si immette in riva destra poco più a valle della immissione dell’Ambra ed ha un bacino imbrifero di 60 Km², altezza media 724 metri s.l.m

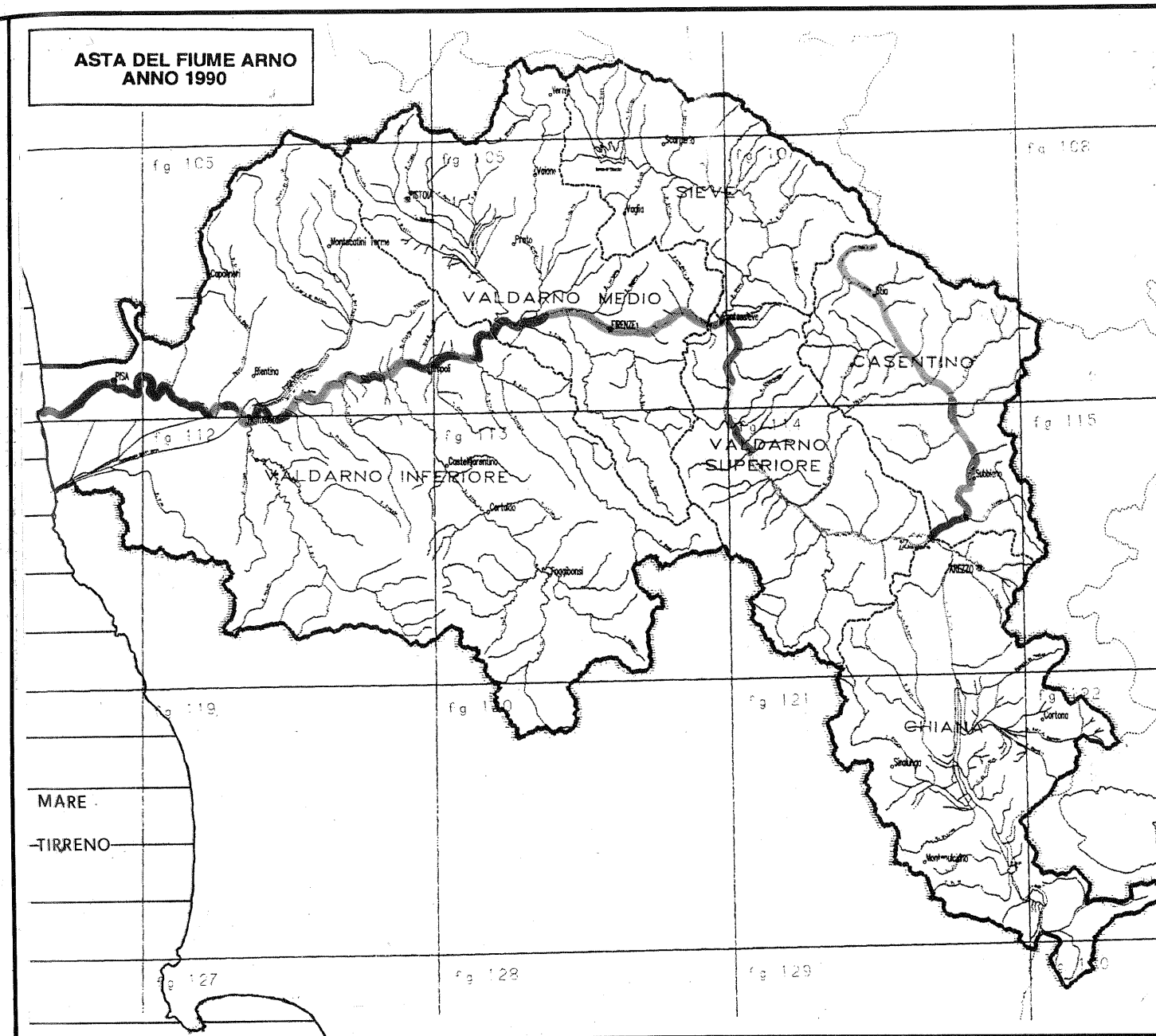
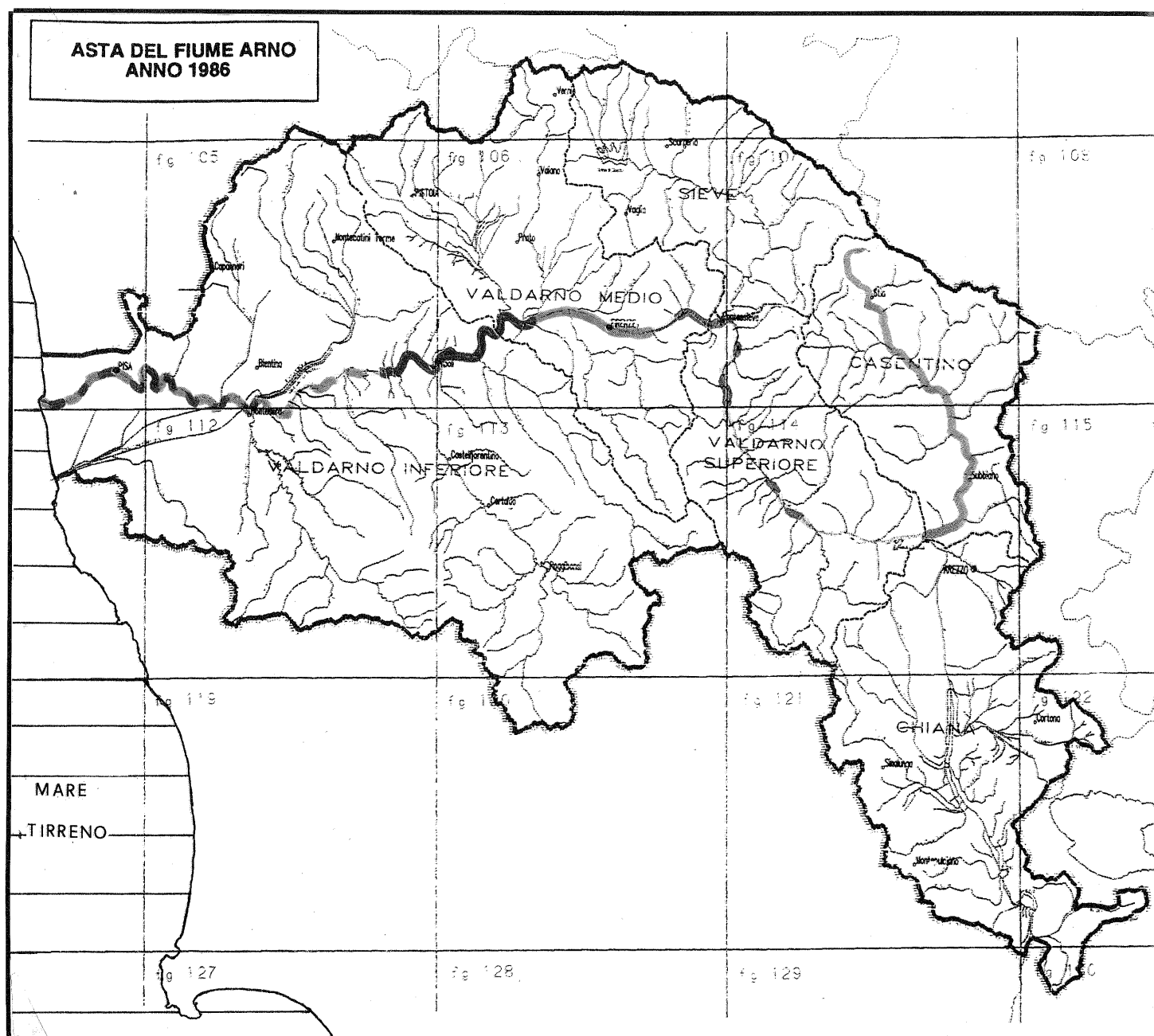
Nel Valdarno Superiore L’Arno riceve carichi inquinanti diretti ed attraverso l’Ambra e Ciuffenna per un totale di 457.000 abitanti equivalenti.

Provincia di Firenze

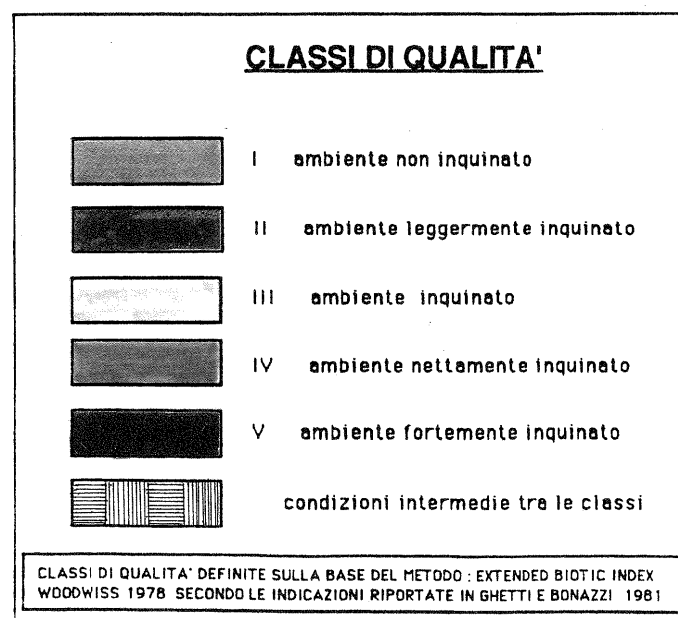
Sieve

Il fiume Sieve, principale affluente di destra, ha un bacino imbrifero di 840 Km² con altitudine media di 491 metri s.l.m., caratterizzato da scarsa attività industriale e da modesta urbanizzazione.

Il fiume Sieve ha carattere torrentizio e portate relativamente abbondanti; per questo, mediante la realizzazione della diga del Bilancino, era stato previsto di garantire sia una portata minima in Arno ( 8 m³/sec) in periodi di magra, sia uno smorzamento delle onde di piena del fiume Arno. I centri maggiori, quali Borgo S. Lorenzo, Rufina e Pontassieve, non sono dotati di impianti di depurazione; il carico inquinante può essere valutato pari a circa 80.000 abitanti equivalenti.



Carta della qualità biologica delle acque correnti



## Carta della qualità biologica del fiume Arno

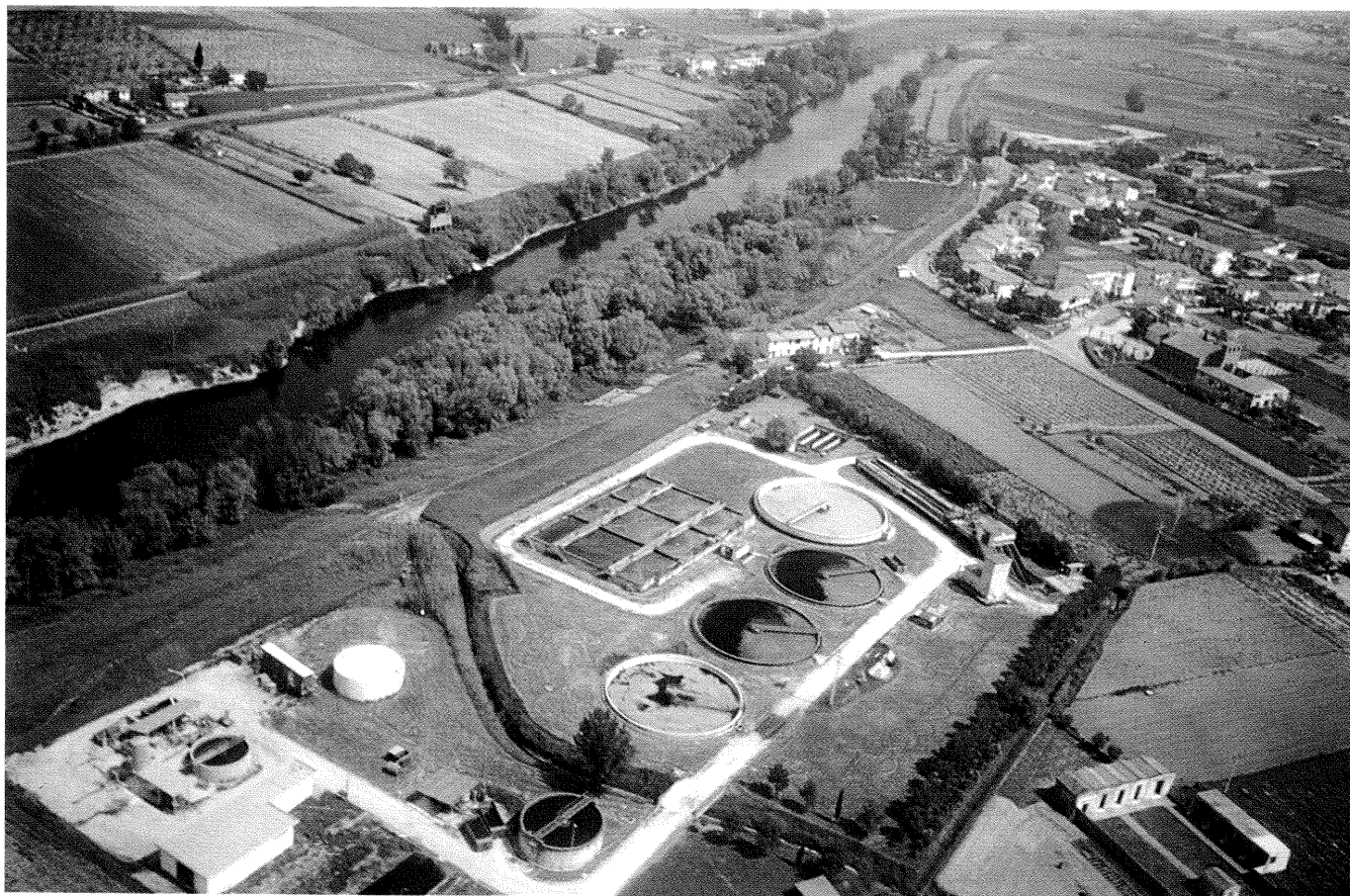
Dati acquisiti con l'impiego degli indicatori biologici mediante lo studio delle comunità di macroinvertebrati secondo il metodo E.B.I. (Extended Biotic Index).





**Il depuratore consortile di Pontassieve (Le Sieci) in costruzione sulla riva destra dell'Arno (1° lotto, 18.000 abitanti equivalenti).**

**Depuratore consortile di Empoli, in località Pagnana, con una capacità di depurazione di 59.000 abitanti equivalenti.**



### ***Mugnone***

Il Mugnone (bacino idrico di circa 62 Km<sup>2</sup> e quota media di 267 metri s.l.m.) apporta un carico inquinante pari a 50.000 abitanti equivalenti, dei quali 5000 trattati nell'impianto di Pian del Mugnone e 10.000 nell'impianto di Careggi. Nel tratto finale del Mugnone confluisce lo scolmatore di una delle principali fognature di Firenze (Poggi e Chiesi).

### ***Greve***

Sfocia in riva sinistra poco a valle di Firenze, ha un bacino imbrifero di 283 Km<sup>2</sup> con altitudine media di 274 metri s.l.m. Il suo apporto inquinante è valutabile in 90.000 abitanti equivalenti, raccogliendo una piccola parte degli scarichi civili non depurati di Firenze e gli scarichi civili in parte depurati di Bagno a Ripoli, Impruneta e Scandicci.

### ***Bisenzio***

Si immette in Arno in riva destra nei pressi di Signa. Il bacino imbrifero è di 321 Km<sup>2</sup> con un'altitudine media di 402 metri s.l.m. Riceve gli scarichi di una zona altamente antropizzata e caratterizzata da una notevole attività industriale di varia tipologia.

È recettore degli impianti di Vaiano e di Vernio, ciascuno per 50.000 abitanti equivalenti e del Canale Macinante che veicola parte degli scarichi civili non depurati dell'area metropolitana di Firenze, valutabile intorno a 400.000 abitanti equivalenti.

### ***Ombrone***

Affluente di destra, si immette poco più a valle del Bisenzio, all'altezza della stazione FF.SS. di Carmignano. Ha un bacino imbrifero di 489 Km<sup>2</sup> con altitudine media di 277 metri s.l.m.. Raccoglie gli scarichi di un bacino fortemente antropizzato caratterizzato da insediamenti industriali di tipo tessile (area pratese). I reflui derivanti da questa attività, unitamente a parte degli scarichi civili della città di Prato, vengono trattati dall'impianto di Baciacavallo. Il carico inquinante può essere valutato in 1.000.000 abitanti equivalenti. Gli scarichi della zona ovest della città, unitamente alla zona di Montemurlo, vengono trattati dall'impianto del Calice per un totale di 100.000 abitanti equivalenti. Un ulteriore carico, pari a 4.000 abitanti equivalenti, viene trattato dall'impianto di Poggio a Caiano.

### ***Pesa***

Affluente di sinistra, sbocca a valle della gola della Gonfolina. Ha un bacino di 339 Km<sup>2</sup> con altitudine media di 286 metri s.l.m. ed è caratterizzato da scarichi di natura prevalentemente civile, valutabili in 60.000 abitanti equivalenti. Alcuni centri abitati risultano dotati di impianti di trattamento di tipo civile di media e piccola grandezza.

### ***Elsa***

Affluente di sinistra con un bacino idrico rilevante (867 Km<sup>2</sup>) ed altitudine media di 236 metri s.l.m.. Caratteristica di questo bacino è la portata relativamente costante in periodo di magra, dovuta a sorgenti che forniscono un flusso d'acqua abbastanza consistente. Il carico inquinante è valutabile in 250.000 abitanti equivalenti e prevalentemente è costituito da scarichi di origine civile depurati dagli impianti dei centri maggiori (Colle Val d'Elsa, Castelfiorentino, Poggibonsi, Empoli). L'immissione delle acque del Fiume Elsa ha effetti migliorativi sulla qualità delle acque dell'Arno.

## **Provincia di Pisa**

### ***Torrente Egola***

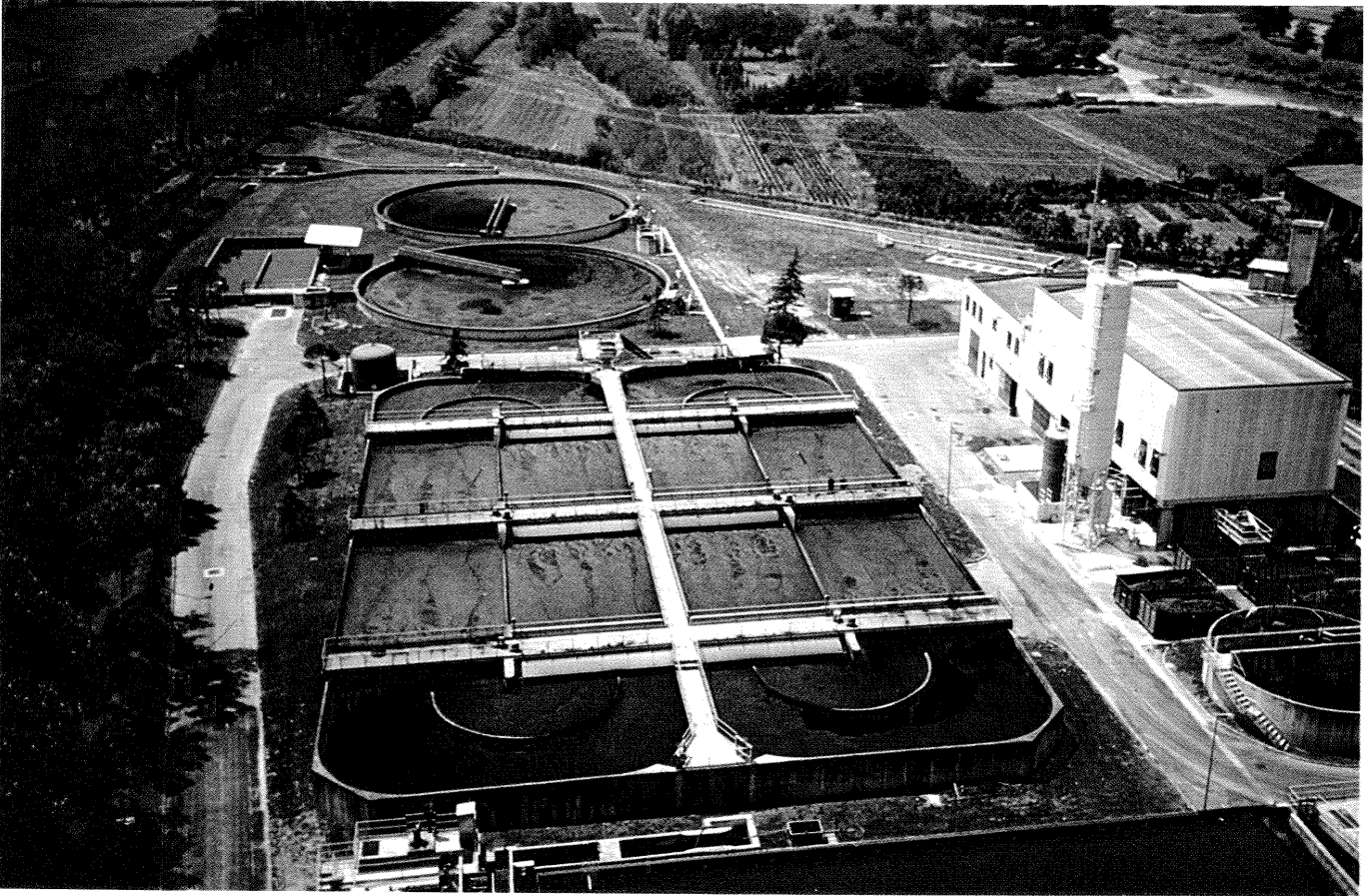
Ha un bacino imbrifero di circa 113 Km<sup>2</sup> prevalentemente collinare e scarsamente antropizzato, per un totale di circa 15.000 abitanti equivalenti; veicola scarichi civili non depurati di alcune frazioni dell'alta Val d'Egola ed, in provincia di Firenze, dei centri di Montaione e Gambassi.





Depuratore comunale di Pistoia, lungo il torrente Brana in località Fagiolo, con depurazione pari a 60.000 abitanti equivalenti.

Depuratore consortile di “Calice”, in comune di Montemurlo, lungo l’autostrada Firenze - Mare. Capacità di depurazione pari a 100.000 abitanti equivalenti. L’impianto tratta gli scarichi della zona ovest di Prato e quelli di Montemurlo.



PRINCIPALI IMPIANTI DI DEPURAZIONE (con potenzialità superiore a 45.000 ab.equiv.)

<i>Bacino di competenza del S.M.P.A. di Arezzo</i>		
Impianto di depurazione del capoluogo	60.000	abitanti equivalenti
<i>Bacino di competenza del S.M.P.A. di Firenze</i>		
Impianto di depurazione di Figline V.no	45.000	abitanti equivalenti
Impianto di depurazione di Castelfiorentino	46.000	“
Impianto di depurazione di Pagnana (Empoli)	59.000	“
Impianto di depurazione di Baciacavallo (Prato)	1.000.000	“
Impianto di depurazione Il Calice (Montemurlo)	100.000	“
Impianto di depurazione di Gabolana (Vaiano)	50.000	“
Impianto di depurazione di Le Confini (Vernio)	50.000	“
<i>Bacino di competenza del S.M.P.A. di Pisa</i>		
Impianto di depurazione di P.te a Cappiano	350.000	abitanti equivalenti
Impianto di depurazione S. Croce (Aquarno)	1.500.000	“
Impianto di depurazione di Castelfranco	150.000	“
Impianto di depurazione di S. Miniato	800.000	“

STAZIONI DI MONITORAGGIO

- Bacino di competenza del S.M.P.A. di Arezzo*
- Molin di Bucchio
  - Ponte di Terrossola
  - Buon Riposo
  - Ponte Acqua Borra
  - Confine di provincia

- Bacino di competenza del S.M.P.A. di Firenze*
- Figline
  - Rignano
  - Rosano
  - Firenze Varlungo
  - Signa
  - Camaioni
  - Capraia
  - Marcignana

- Bacino di competenza del S.M.P.A. di Pisa*
- Marcignana\*
  - Fucecchio
  - Calcinaia
  - Pisa

\* saltuaria

RISULTATI

Seguendo i criteri di classificazione delle acque superficiali proposti dall'I.R.S.A - C.N.R. (Quaderno n° 78/1987) e riassunti nella tabella I, i parametri presi in esame per determinare la qualità delle acque dell'Arno sono i seguenti:

- Ossigeno disciolto
- C.O.D.
- Azoto ammoniacale
- Fosforo (come fosfati)
- Coliformi fecali

I primi quattro sono parametri chimici, mentre il quinto è un parametro microbiologico.

Ossigeno disciolto

La quantità di ossigeno disciolto nelle acque superficiali è da mettere in relazione con i processi chimici e biochimici del corpo idrico.

Quando un corpo idrico risulta molto inquinato, l'ossigeno si "consuma", viene cioè utilizzato nei processi di ossidazione biologici delle sostanze organiche inquinanti, fino a divenire praticamente assente; si possono così instaurare dei fenomeni di anossia con conseguenze negative per le forme viventi. La mancanza di ossigeno permette inoltre il manifestarsi dei fenomeni di maleodoranze dovuti alla "attività" (fermentazioni) dei batteri anaerobi, che determinano la produzione di ammoniaca ed acido solfidrico.

Nel periodo estivo, in concomitanza con i processi fotosintetici legati allo sviluppo algale, si possono anche osservare fenomeni di sovrassaturazione di ossigeno soprattutto nelle ore di maggiore insolazione.

La normativa vigente pone dei valori limite relativi alla percentuale di saturazione dell'ossigeno in acque di balneazione (D.P.R. 470/82) ed in acque superficiali destinate alla produzione di acqua potabile (D.P.R. 515/82). Il range ammesso per le acque di balneazione è 70-120%, mentre le acque superficiali si considerano appartenenti alla migliore classe di qualità quando la percentuale di saturazione è >70%.

C.O.D.

L'analisi del C.O.D.(domanda chimica di ossigeno) costituisce una determinazione fondamentale nel controllo di qualità di un corso d'acqua e consente di valutare la quantità totale di materiale organico ed inorganico ossidabile presente nel corpo idrico; è quindi una misura del grado di inquinamento sia di tipo civile che industriale .

Valori limite relativi a questo parametro sono previsti dalla L.319/76 che regola gli scarichi in fognatura ed in acque superficiali ed al D.P.R. 515/82.

La tabella A allegata alla L. 319/76 indica un valore limite di 160 mg/l , mentre il D.P.R. 515/82 prevede un valore guida di 30 mg/l oltre il quale le acque destinate ad eventuale potabilizzazione devono essere sottoposte ad un trattamento fisico e chimico spinto.

Azoto ammoniacale

Le forme azotate di maggiore interesse nelle acque sono, in ordine crescente di stato di ossidazione, azoto organico e ammoniaca, nitriti e nitrati.

La determinazione dell'azoto ammoniacale dà una misura della quantità di inquinanti derivante da scarichi civili recenti; deriva dal processo di degradazione dei composti organici proteici ad opera dei batteri che degradano tale materiale. Solitamente in corsi d'acqua ben ossigenati l'ossidazione dell' ammoniaca è un processo cineticamente veloce e l'azoto ammoniacale risulta assente o presente a livello di tracce.

La L.319/76 indica un limite di 15 mg/l di ione ammonio per gli scarichi in acqua superficiale (tabella A).

Il D.P.R. 515/82 indica un limite molto basso (0.05 mg/l) per la migliore classe di qualità.

Fosfati

La presenza di fosfati nei corsi d'acqua superficiale è legata all'immissione nel corpo idrico di re-flui di origine domestica. L'uso massiccio di detersivi è forse la ragione principale della presenza di tali composti nei corsi d'acqua. Si deve aggiungere che, in alcuni periodi, le acque di dilavamento dei terreni, trattati con concimi chimici, possono dare un contributo sensibile alla presenza di fosfati

Non è da sottovalutare il ruolo che questo anione inorganico può avere nella stagione estiva in relazione al problema delle fioriture algali.

La L.319/76 indica un limite di 10 mg/l di fosforo (tabella A), mentre il D.P.R. 515/82 prevede di non superare 0.4 mg/l per la classe di qualità migliore.

Coliformi fecali

Sono batteri coliformi presenti normalmente nell'intestino dell'uomo e degli animali a sangue caldo, per cui rappresentano degli ottimi indicatori di inquinamento fecale. Non sono generalmente patogeni per l'uomo, non esprimono quindi un rischio diretto per la salute, ma un rischio potenziale. Vengono utilizzati per definire la qualità di un corpo idrico dal punto di vista igienico-sanitario. Il valore limite per le acque di balneazione (D.P.R.470/82) è di 100/100 ml.

Il valore limite per acque superficiali da potabilizzare (D.P.R.515/82) è di 20/100 ml per la migliore classe di qualità, e di 20000/100 ml per quella peggiore.

Il valore limite per gli scarichi in acque correnti e laghi (L.319/76), limitatamente ai casi in cui il corpo idrico a valle sia destinato a particolari usi, è 12000/100 ml.

Tab. I - CRITERI DI CLASSIFICAZIONE DELLE ACQUE SUPERFICIALI (\*)

Parametro	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Ossigeno disciolto (mg/l)	7,010 10,010	3,010-7,010 10,010-15,010	1,010-3,010 15,010-100,010	0,000 1,000
C.O.D. (mg/l)	0,000 10,010	10,010 20,010	20,010 30,010	30,010 1000,010
Azoto ammoniacale (mg/l)	0,000 0,031	0,031 0,501	0,501 1,010	1,010 100,010
Fosfati (mg/l)	0,000 0,051	0,051 0,101	0,101 0,201	0,201 100,010
Coliformi fecali (n/100ml)	0,000 0,101	0,101 2,001	2,001 20,001	20,001 99999,999

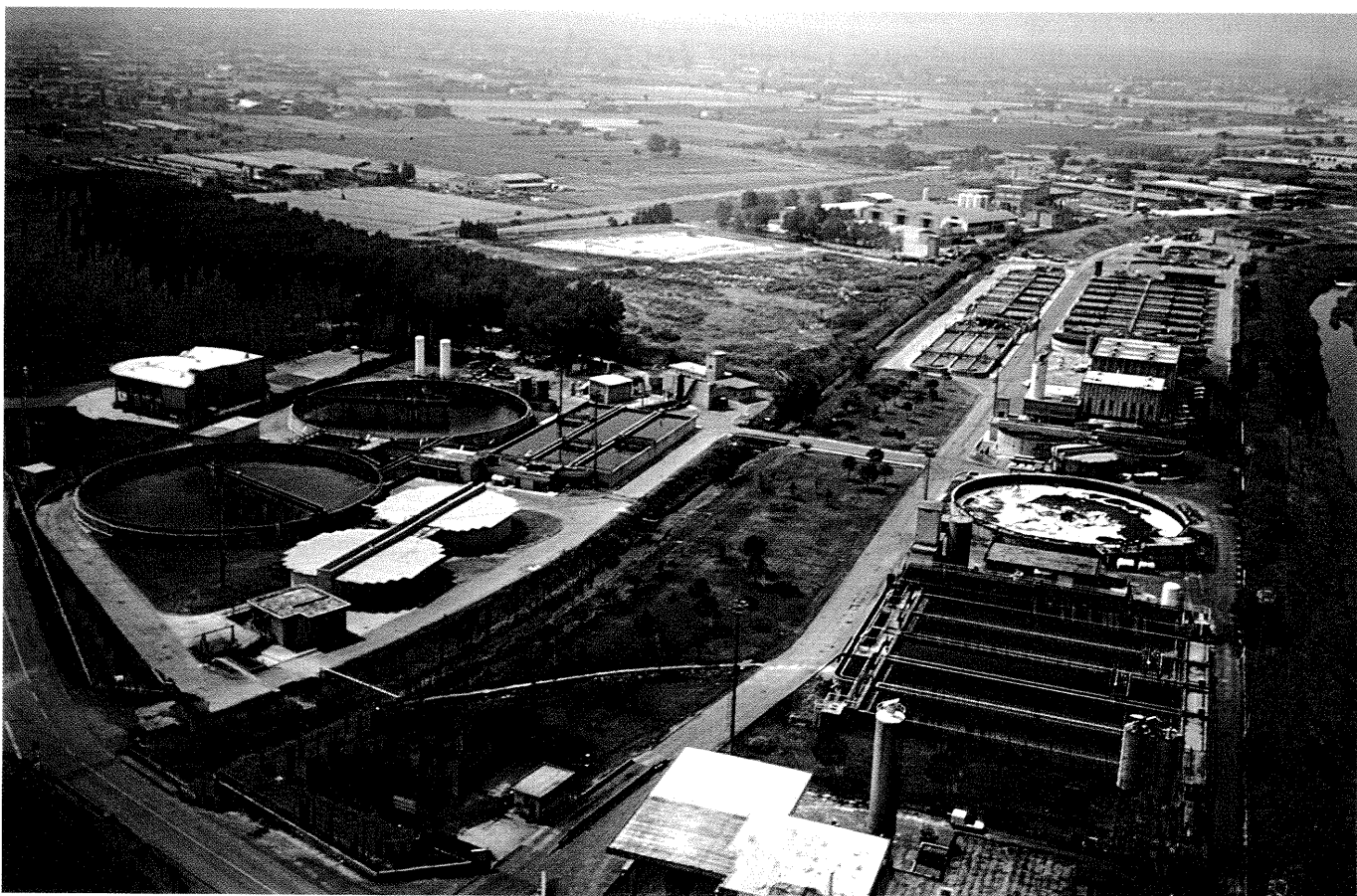
- Classe 1: acque di buona qualità
- Classe 2: acque moderatamente inquinate
- Classe 3: acque inquinate
- Classe 4: acque fortemente inquinate

(\*) Secondo I.R.S.A. - C.N.R., 1987.





Una parte degli impianti di depurazione della "zona del cuoio" (S. Croce sull'Arno - PI), situati lungo il canale Usciana. Insieme a quelli sull'Arno hanno una capacità di depurazione pari quasi a 3.000.000 di abitanti equivalenti.



## DISCUSSIONE DEI RISULTATI

Per la discussione dei risultati sono state scelte, nella provincia di Arezzo, le due stazioni di campionamento ritenute più significative: Buon Riposo e Confine di Provincia (tab. IIa e tab. IIb).

Il primo tratto dell'asta del Fiume Arno risulta, come era da attendersi, dagli anni '70 fino ad oggi, di classe 1 (dati non riportati), mentre alla stazione di Buon Riposo si osserva un peggioramento della qualità delle acque (classe 2) che, tuttavia, riguarda solo i parametri ammoniaca e colifecali con un andamento che è rimasto pressoché costante nel tempo. Alla stazione di Confine di Provincia la qualità delle acque peggiora ulteriormente soprattutto per i parametri ammoniaca risultando di classe 3.

Dall'osservazione dei dati di tab. II si evidenzia nel tratto aretino dell'Arno un inquinamento crescente da monte verso valle, come prevedibile, in relazione alla presenza di scarichi civili e zootecnici.

Nella provincia di Firenze il commento dei risultati è basato su tre punti di campionamento: Anconella (a monte degli scarichi dell'area fiorentina), Signa (a valle degli scarichi dell'area fiorentina e di parte di quella pratese), Camaioni (a valle degli scarichi dell'area pratese).

Esaminando i dati riportati in tab. III, già negli anni 1970-1975 la qualità delle acque del fiume Arno appare compromessa nella stazione di prelevamento dell'Anconella, in quanto, sia in periodo di morbida che di magra, non si rientra mai nella classe 1 e 2 per i parametri azoto ammoniacale e fosfati. La qualità peggiora notevolmente fino all'ultima classe di qualità nei successivi punti di campionamento di Signa e Camaioni (tab. IV e tab. V).

Nel periodo 1975-1991 vengono attivati numerosi impianti centralizzati di depurazione, quali Bagno a Ripoli, Prato-Baciacavallo, Rignano, Incisa, Figline, Poggibonsi, Castelfiorentino, Empoli ed altri impianti minori.

Esaminando l'evoluzione delle caratteristiche qualitative del fiume Arno si evidenzia un trascurabile miglioramento rispetto al periodo precedente. Questo risultato d'altra parte era prevedibile, dal momento che a tutt'oggi la maggior parte degli scarichi civili non viene trattata.

Le stazioni scelte per la discussione dei risultati nella provincia di Pisa sono quella di Fucecchio (Fi), per valutare la qualità delle acque in ingresso nel territorio di competenza del S.M.P.A. di Pisa e quella di Calcinaia, situata a valle di tutti gli apporti inquinanti e non ancora interessata al fenomeno della risalita delle acque di mare avvertibile fino a circa 20 Km dalla foce.

Come evidenziato dai dati di tab. VI, relativa alla stazione di Fucecchio, pur risultando il fiume appartenente all'ultima classe di qualità (classe 4) in base ai valori del C.O.D. e dei fosfati, la situazione risulta, soprattutto negli ultimi anni, migliore di quella verificata alle stazioni di Signa e Camaioni, anche in relazione ad un migliore effetto autodepurativo delle acque dovuto, oltre che alla naturale diluizione, anche all'immissione dell'Elsa che attualmente presenta bassi livelli di inquinamento. Il sensibile decremento dei valori dell'azoto ammoniacale e dei coliformi fecali non è correlabile col valore del C.O.D. che risulta addirittura più alto di quello registrato a monte dell'immissione dell'Elsa.

Alla stazione di Calcinaia (tab. VII) il fiume è sempre appartenente alla classe 4 con ulteriore incremento, anche se di lieve entità, nei valori del C.O.D., dell'azoto ammoniacale e dei coliformi fecali; allo stato attuale comunque l'apporto inquinante dell'Usciana, pur determinando un peggioramento complessivo della qualità delle acque, non causa situazioni ambientali critiche come accadeva negli anni 1975-1983.

Da un punto di vista storico, l'analisi delle tab. VI e VII permette di evidenziare un sensibile miglioramento della qualità delle acque sia alla stazione di Fucecchio, in concomitanza con l'insediamento degli impianti di depurazione del Calice e di Baciacavallo (1985), sia alla stazione di Calcinaia in seguito all'installazione degli impianti centralizzati della zona del cuoio (1984). Particolarmente alla stazione di Calcinaia non sono più stati repertati valori di C.O.D (452 mg/l nel 1975 e 290 mg/l nel 1979) tipici di collettori fognari, che si accompagnavano a stati di quasi anossia del corso d'acqua con conseguente sviluppo di maleodoranze avvertibile fino a valle della città di Pisa.

CONCLUSIONI

Per visualizzare e descrivere complessivamente lo stato attuale di inquinamento del fiume Arno lungo tutto il suo percorso, viene riportato graficamente (Figg. 1-5) l'andamento dei parametri chimici e batteriologici già discussi, rilevati nelle stazioni campione durante gli anni 1987-90.

Come si può osservare, il parametro colifecali presenta valori molto elevati alle stazioni situate a valle di Firenze (Signa e Camaioni) che risultano in assoluto le più inquinate; lo stesso andamento presenta l'azoto-ammoniacale; inoltre la drastica diminuzione dell'ossigeno disciolto conferma il grado di inquinamento. Per il parametro C.O.D. va sottolineato il fatto che, pur presentando queste due stazioni valori elevati, essi risultano tuttavia inferiori a quelli osservati a Fucecchio e Calcinaia; anche la concentrazione dei fosfati, già piuttosto elevata, raggiunge il suo massimo alla stazione Fucecchio.

In sintesi nella provincia di Arezzo la stazione di Buon Riposo risulta moderatamente inquinata, mentre quella di Confine di Provincia peggiora di una classe. Alla stazione di Anconella, nella provincia di Firenze, si riscontra un modesto miglioramento. Si osserva, invece, un drammatico aumento del grado di inquinamento nelle stazioni di Signa e Camaioni. Infine, nella provincia di Pisa, alle stazioni di Fucecchio e Calcinaia, pur permanendo un livello di inquinamento elevato, si evidenzia sia una netta diminuzione dell'azoto ammoniacale e dei colifecali, sia un aumento della percentuale di saturazione dell'ossigeno; il C.O.D. ed i fosfati permangono invece piuttosto elevati.

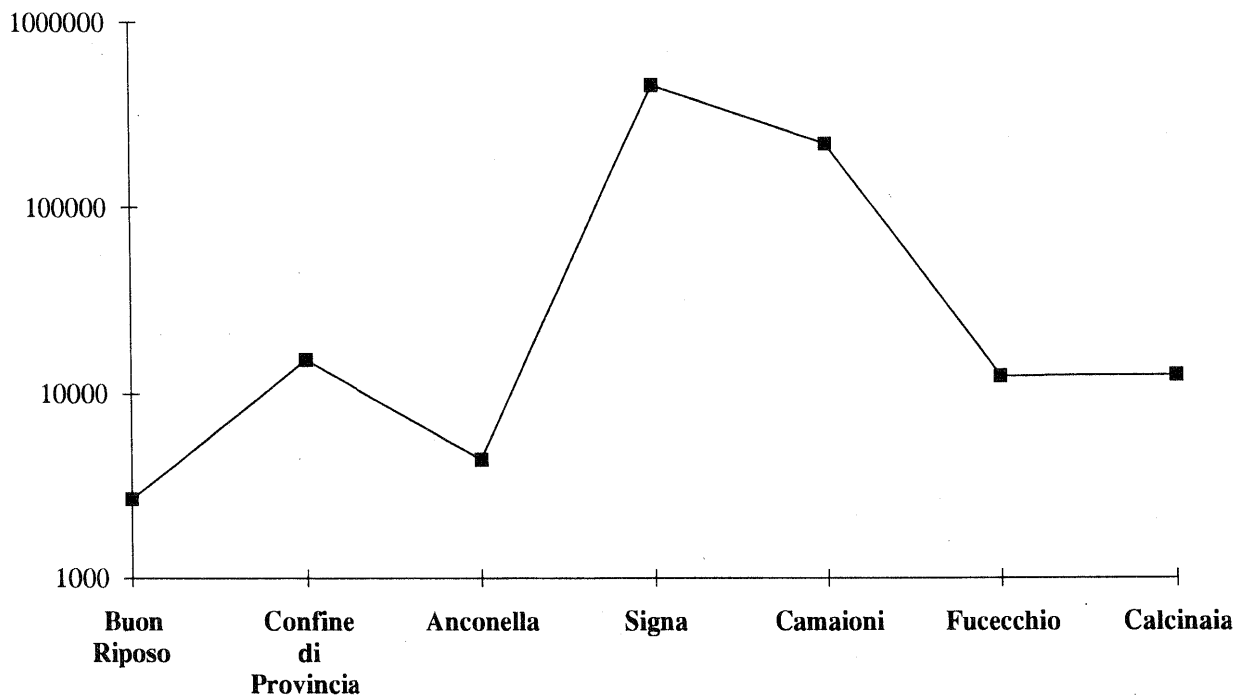


Fig. 1 - Andamento del parametro colifecali nelle stazioni di prelievo negli anni 1987-1990

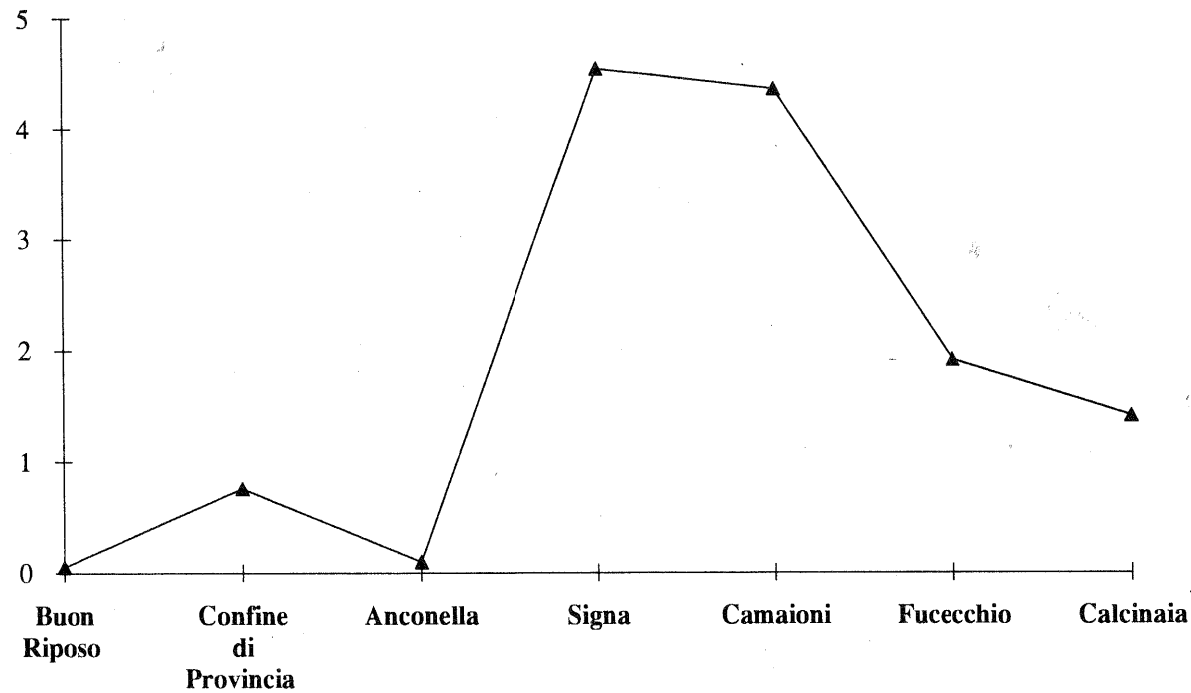


Fig. 2 - Andamento della concentrazione dell'azoto-ammoniacale negli anni 1987-1990

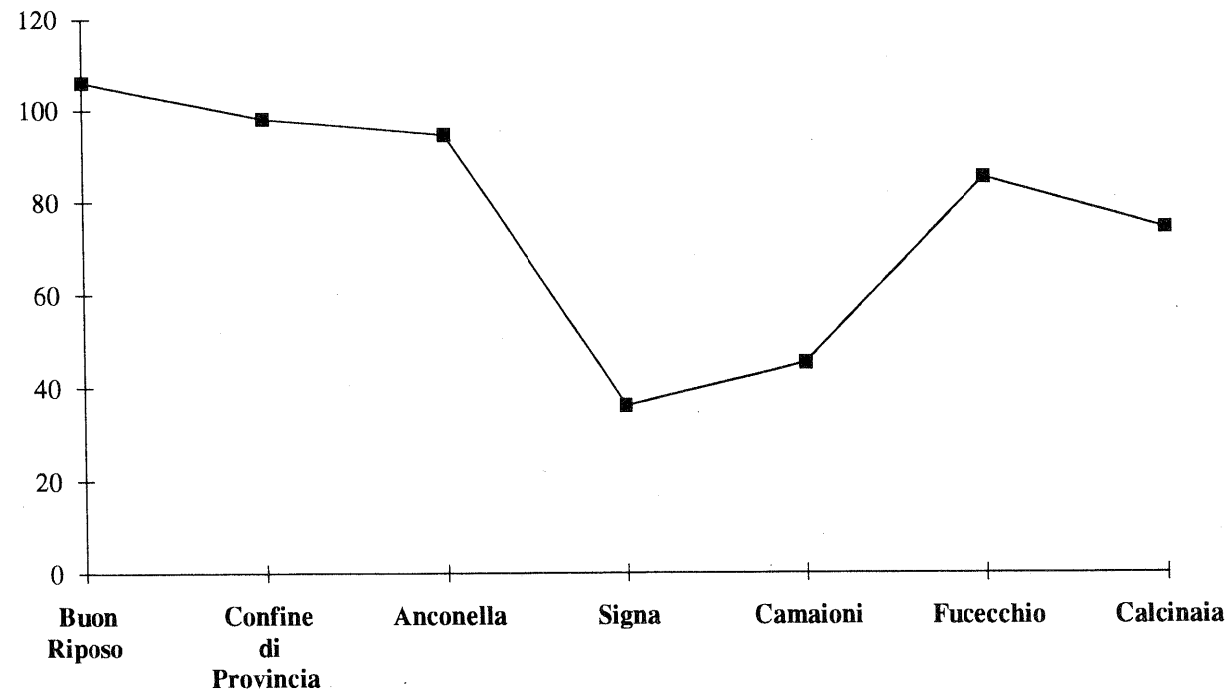


Fig. 3 - Andamento della percentuale di saturazione nelle stazioni di prelievo negli anni 1987-1990

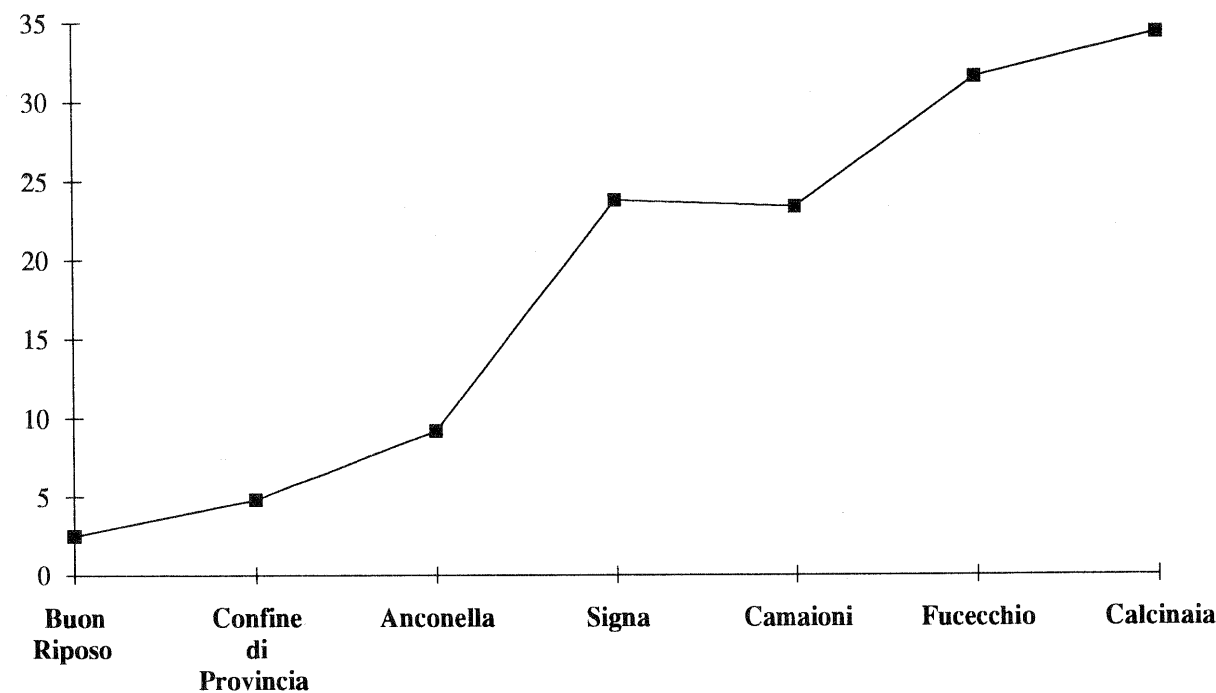


Fig. 4 - Andamento del C.O.D. negli anni 1987-1990

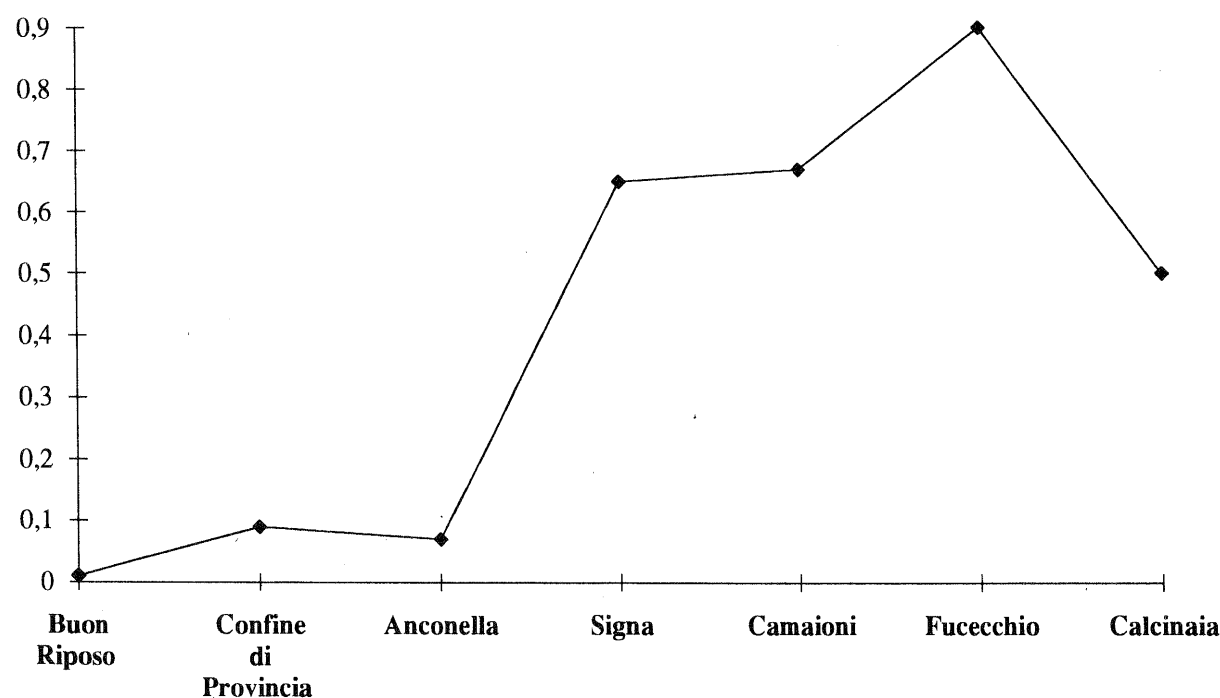


Fig. 5 - Andamento della concentrazione dei fosfati negli anni 1987 - 1990

## INDICI BIOLOGICI

### Introduzione

Le popolazioni animali e vegetali costituiscono nel loro insieme gli indicatori per eccellenza degli effetti prodotti dall'inquinamento sull'ambiente in cui vivono, grazie alla proprietà che essi hanno di reagire non tanto ad un singolo fattore, quanto al degrado della situazione ambientale nel suo complesso e alla loro specifica capacità di integrazione delle situazioni nel tempo.

Gli indicatori biologici rappresentano, quindi un valido complemento alle analisi chimico-fisiche; i due metodi assolvono ruoli distinti, ma fondamentali nella stima della qualità delle acque dato che gli indicatori biologici mostrano il grado del danno ecologico che è stato causato, mentre i metodi chimici misurano la concentrazione degli inquinanti che ne sono responsabili.

La qualità biologica del fiume Arno, riportata nel presente elaborato, è stata valutata utilizzando l'E.B.I. (Extended Biotic Index) di Woodwiss (1978) modificato da Ghetti nel 1986, indice ricavato dallo studio delle comunità di macroinvertebrati acquatici.

La definizione del valore di "indice biotico" tiene conto della diversa sensibilità agli inquinanti di quei gruppi di macroinvertebrati considerati a carattere di indicatore più marcato e del numero totale di unità sistematiche rinvenute.

I valori di E.B.I. sono stati raggruppati in 5 classi di qualità, ciascuna individuata da un numero romano, che possono essere visualizzate in cartografia mediante valori convenzionali che vanno dall'azzurro al rosso.

La regione Toscana è stata la prima regione italiana ad aver introdotto ufficialmente l'uso del metodo E.B.I. quale strumento di analisi della qualità dei corsi d'acqua del proprio territorio per la definizione del piano di risanamento delle acque superficiali e già nel 1986 organizzò un importante convegno: "Il mappaggio biologico: strumento di valutazione della qualità delle acque correnti - Esperienze Toscane" - Firenze 9 Aprile 1986.

Il lavoro di mappaggio biologico, allora iniziato dai S.M.P. della nostra regione, è proseguito negli anni ed ha reso possibile la stesura annuale di accurate mappe della qualità biologica delle acque dei principali corsi d'acqua (cfr. pagg. 24-25).

### Risultati

I risultati ottenuti dalle indagini svolte sul fiume Arno dai S.M.P. di Arezzo, Firenze e Pisa vengono qui brevemente illustrati e commentati.

La qualità biologica delle acque del bacino dell'Arno nel tratto aretino è stata determinata negli anni 1982 (periodo di morbida) e 1985 (periodo di magra spinta), oltre che nei vari affluenti, nelle seguenti stazioni:

1) Sorgente Capo D'Arno, 2) a Monte di Stia, 3) a valle di Stia, 4) a valle di Pratovecchio, 5) a monte di Poppi, 6) a valle di Poppi, 7) a monte di Bibbiena, 8) a valle di Bibbiena, 9) a monte di Subbiano, 10) Subbiano Ponte, 11) a valle di Capolona, 12) a monte di Arezzo "Buon Riposo", 13) a monte di Montevarchi, 14) al Confine di Provincia, San Giovanni Valdarno - "Restone".

I dati riportati, relativi alle indagini di cui sopra, hanno evidenziato che la qualità biologica delle acque del bacino dell'Arno, oltre che dai carichi inquinanti del territorio, dipende in larga misura dalle diverse condizioni di portata dei corsi d'acqua.

In sintesi le indagini sul fiume Arno evidenziano: nel tratto casentino livelli di qualità biologica elevati, I e I-II classe, nel periodo di morbida, e II-III classe in quello di magra. Durante tale periodo, infatti si registrava un andamento della qualità biologica che oscillava intorno a livelli qualitativi più bassi, tra la II e la III classe, con flessioni e recuperi, secondo la vicinanza delle stazioni di prelievo ai centri abitati; nel Valdarno livelli di qualità stabilizzati verso le classi più basse, III-IV classe nel periodo di morbida e IV-III in quello di magra.

Negli anni successivi (1987-89-91) non si sono eseguite campagne di rilevamento sistematiche, ma si sono comunque effettuate indagini su tratti particolari. Il tratto Subbiano-Ponte Buriano, individuato





Impianto di depurazione di “Casa del Lupo” nella Piana di Lucca (Capannori - Porcari) (400.000 abitanti equivalenti).



per la creazione di parchi fluviali ed oasi protetta, oltre che come punto di attingimento per la produzione di acqua potabile per la città di Arezzo, è stato oggetto di una ricerca promossa dall'Associazione intercomunale n.23, Area Aretina nord.

Tale indagine ha evidenziato un generale sistematico abbattimento della classe di qualità di tutte le stazioni campionate, segnalando quindi che anche in condizioni di morbida il livello di qualità si è abbassato di una classe nell'arco di 10 anni.

In generale si può affermare che in questo periodo nel tratto da Subbiano a Buon Riposo si è determinato un progressivo degrado della qualità delle acque, definito mediante mappaggi biologici eseguiti nelle tre campagne di rilevamento negli anni 1982-85-91.

Specificatamente nelle due stazioni di Subbiano e Buon Riposo si sono registrati i valori riportati in tab. VIII.

Dalla osservazione delle popolazioni macrobentoniche nelle due stazioni di rilevamento si evidenzia che a Subbiano si è verificato un lento degrado del corpo idrico che passa dalla I classe nel 1982 ad una classe intermedia (II-I) nel 1985 ed alla II classe nel 1991.

Il peggioramento è denunciato dalla scomparsa fra i plecoteri del genere *Perla*, organismo presente in corsi d'acqua non inquinati, tra i Tricotteri della famiglia delle *Rhyacophilidae*, e tra gli Efemerotteri dei generi *Cloeon* ed *Ecdyonurus*.

Anche a Buon Riposo si è registrata analogamente la scomparsa del genere *Perla* tra i Plecotteri rappresentati solamente dal genere *Leuctra*, che può comunque ben sopportare gli stress ambientali e non costituisce più un elemento di particolare pregio. Si osservano, inoltre, la scomparsa tra i Tricotteri della *Rhyacophila* e tra gli Efemerotteri di *Cloeon* e *Centropilum*.

Nel tratto fiorentino la qualità biologica del fiume Arno è stata determinata nelle seguenti dieci stazioni di campionamento:

1) Figline, 2) Incisa; 3) Rignano, 4) Pontassieve, 5) Rosano, 6) Rovezzano, 7) S. Donnino, 8) Camaioni, 9) Montelupo, 10) Marcignana.

Nella tab. VIII sono riportati i valori del mappaggio effettuato nel 1988 e nel 1990. I campionamenti del 1988 sono stati eseguiti nel periodo di magra compreso tra la fine di settembre e l'inizio di ottobre.

Dall'osservazione della composizione delle comunità rilevate nelle singole stazioni si nota una netta distinzione tra il tratto a monte e il tratto a valle di Firenze. In particolare nel tratto a monte si ritrovano sia i Tricotteri, seppure una sola unità sistematica (U.S.), *Hydropsichidae*, che gli Efemerotteri, anche questi rappresentati dai generi più tolleranti. Nell'insieme la struttura della comunità è sbilanciata a favore di organismi limnofili (molluschi, ditteri, oligocheti, irudinei, crostacei) e la classe di qualità oscilla tra la II e la III. A valle di Firenze dalla stazione 7 alla stazione 10, la comunità macrobentonica diventa estremamente povera e semplificata, rappresentata dai gruppi sistematici più resistenti all'inquinamento (*Chironomidae* e *Lumbriculidae*) e la classe di qualità decade sensibilmente (IV-V).

Il confronto di questa mappa con quella presentata al convegno di Firenze nel 1986 non rivela nessun sostanziale mutamento della situazione.

Per l'anno 1990, per motivi di completezza vengono riportati i risultati del periodo di morbida aprile-maggio. Pur non differendo sostanzialmente nell'attribuzione della classe di qualità dai risultati ottenuti con il mappaggio precedente, durante il periodo di morbida primaverile si osserva una maggiore diversificazione della comunità in alcune stazioni, come si può facilmente dedurre dal numero di unità sistematiche rinvenute.

Nel tratto pisano sono state mappate negli anni 89-90 le seguenti stazioni di campionamento:

1) Fucecchio, 2) Calcinai, 3) Caprona. I risultati sono riportati nella tab. VIII.

Nella stessa tabella vengono riportati i dati relativi all'anno 1985 per le stazioni di :

1) La Rotta, 2) S. Giovanni alla Vena, 3) Caprona.

Come si può osservare la qualità delle acque dell'Arno in queste stazioni è simile a quella descritta per le stazioni a valle di Firenze. La comunità macrobentonica risulta estremamente povera, con assenza dei gruppi più sensibili all'inquinamento e dominanza di quelli più resistenti, quali soprattutto *Aselidae* e

Chironimidae. In particolare la stazione di Fucecchio è risultata di classe IV, ambiente molto inquinato, la stazione di Calcinaia, trovandosi a valle di tutti gli apporti inquinanti come era da aspettarsi è risultata di classe V, ambiente fortemente inquinato, la stazione di Caprona che si trova ancora più a valle è risultata intermedia tra queste due classi.

Per le stazioni dove è stato possibile fare dei confronti si può dire che la situazione è rimasta sostanzialmente invariata negli ultimi cinque anni.

Tab.II/a Fiume ARNO - Stazione di Buon Riposo (AR). Andamento dei principali parametri indice di inquinamento: anni 1987-1990.

Anno	Percento di saturazione		C.O.D. mg/l		N-ammoniacale mg/l		Fosfati mg/l		Colifecali MPN/100 ml	
	Valore medio	Valore minimo	Valore medio	Valore massimo	Valore medio	Valore massimo	Valore medio	Valore massimo	Valore medio	Valore massimo
1987	102	82	2,3	2,5	0,02	0,10	0,02	0,05	2127	7900
1988	115	91	2,4	3,6	0,05	0,30	0,01	0,05	3085	13000
1989	97	77	2,6	3,5	0,07	0,20	0,02	0,04	1508	4900
1990	112	85	2,5	3,4	0,07	0,20	0	0	4021	13000

Tab.II/b Fiume ARNO - Stazione di Confine Provincia (AR). Andamento dei principali parametri indice di inquinamento: anni 1987-1990.

Anno	Percento di saturazione		C.O.D. mg/l		N-ammoniacale mg/l		Fosfating/l		Colifecali MPN/100 ml	
	Valore medio	Valore minimo	Valore medio	Valore massimo	Valore medio	Valore massimo	Valore medio	Valore massimo	Valore medio	Valore massimo
1987	103	82	4,6	7,0	0,47	0,80	0,05	0,12	18650	34800
1988	107	90	4,6	6,3	0,48	0,96	0,12	0,50	13342	24000
1989	86	58	5,6	11,0	1,13	2,80	0,14	0,40	12212	24000
1990	96	65	4,6	11,5	0,98	2,00	0,07	0,19	16307	54200

Tab.III - Fiume ARNO - Stazione di Anconella. Andamento dei principali parametri indice di inquinamento negli anni 1970-1990.

Anno	Percento di saturazione		C.O.D. mg/l		N-ammoniacale mg/l		Fosfati mg/l		Colifecali MPN/100 ml	
	Valore medio	Valore minimo	Valore medio	Valore massimo	Valore medio	Valore massimo	Valore medio	Valore massimo	Valore medio	Valore massimo
1970	106	75	12,1	14,7	0,7	1,6	0,3	0,3		
1971	94	83	24,6	27,2	0,5	1,0				
1972	93	82	11,6	24,3	0,9	1,5	2,2	4,1		
1973	93	67	14,3	21,1	0,8	1,1	3,4	4,4		
1974	119		18,4		tnd		0,4			
1975	79	76	9,2	11,3	0,6	0,7	1,2	1,3		
1976	94	73	15,4	18,3	1,3	2,6	0,5	0,7		
1977	87	76	14,6	18,6	0,5	0,5	0,6	0,6	2450	3400
1978	92	86	14,2	21,8	0,1	0,2	0,4	0,4	9300	9300
1979	92	88	10,1	10,4	tnd	tnd	0,5	0,5	1600	2500
1980	66	41	15,3	16,8	tnd	tnd	0,4	0,5	625	950
1981	93	81	19,1	26,7	tnd	tnd	0,3	0,4	1500	2100
1982	92	92	10,0	16,8	0,4	0,6	0,2	0,2		>110000
1983	81	52	15,6	22,5	0,4	1,4	0,1	0,2	12200	24000
1984	91	84	11,0	14,7	0,4	1,2	0,2	0,5	14300	21000
1985	102	56	16,2	44,5	0,3	1,6	0,1	0,2	7758	24000
1986	97	87	8,2	9,4	0,0	0,0	0,1	0,1	11165	23000
1987	102	78	9,2	20,5	0,1	0,5	0,0	0,1	11000	15000
1988	97	91	9,1	12,3	0,1	0,3	0,1	0,2	1743	4000
1989	86	78	9,2	13,3	0,1	0,3	0,1	0,4	3140	6400
1990	94	88	10,3	16,5	tnd	tnd	0,1	0,1	1743	4600

Si ringraziano per i prelievi e le analisi: **Piero Beucci, Fabio Burresti, Andrea Calafà, Roberto Canesi, Mauro Carnicelli, Roberto Dapporto, Aldo Daveri, Emy Galli, Gabriella Gazzola, Rocchina Manzione, Luciano Martinelli, Lilia Moschini, M. Vittoria Peruzzi, Luana Saviozzi, Stefania Vivoli.**  
Si ringrazia il **Dr. E. Olivieri** del S.M.P.A. di Livorno che ha fornito i dati relativi al mappaggio biologico effettuato alle stazioni del tratto pisano dell’Arno nel 1985.



Tab.IV - Fiume ARNO - Stazione di Signa (FI). Andamento dei principali parametri indice di inquinamento negli anni 1970-1990.

Anno	Percento di saturazione		C.O.D. mg/l		N-ammoniacale mg/l		Fosfati mg/l		Colifecali MPN/100 ml	
	Valore medio	Valore minimo	Valore medio	Valore massimo	Valore medio	Valore massimo	Valore medio	Valore massimo	Valore medio	Valore massimo
1970	53	28	19,8	23,1	4,6	4,7	4,8	4,8		
1971	29	9	40,9	48,6	8,6	12,6				
1972	67	29	26,7	45,6	2,3	3,5	4,9	9,5		
1973	84	58	27,6	40,7	2,2	3,7	6,5	10,7		
1974										
1975	39	25	29,9	42,4	5,9	9,5	5,9	6,2		
1976	94	77	17,0	18,9	1,9	3,3	0,4	0,4		
1977	60	50	26,1	28,4	2,8	3,0	1,5	1,8		>160900
1978	51	22	17,1	24,3	1,5	2,3	0,8	1,0	122150	240000
1979	74	54	18,7	23,1	1,8	2,2	0,7	0,8		>110000
1980	52	39	27,4	32,0	1,2	2,3	1,0	1,3	237500	450000
1981	26	5	30,4	33,9	3,4	3,8	1,3	1,5	>110000	>110000
1982	38	0	23,0	33,6	3,5	4,9	0,7	0,9	>110000	>110000
1983	12	0	51,2	85,4	7,1	12,8	1,1	1,5	>110000	>110000
1984	61	39	23,3	34,5	2,2	4,8	0,7	1,4		>110000
1985	28	0	43,2	89,7	7,2	18,4	1,5	2,7		>1000000
1986	36	0	19,4	32,4	3,4	9,4	0,8	1,6	335607	1000000
1987	45	19	15,5	31,8	2,0	4,0	0,4	0,6	96500	150000
1988	33	0	29,4	49,8	4,7	11,2	0,7	1,9	377667	1000000
1989	48	4	24,3	51,5	3,2	8,9	0,5	1,6		>110000
1990	18	7	30,5	48,0	8,3	10,6	1,0	1,2	886667	1000000

Tab. VI - Fiume ARNO - Stazione di Fucecchio (FI). Andamento dei principali parametri indice di inquinamento negli anni 1970-1990.

Anno	Percento di saturazione		C.O.D. mg/l		N-ammoniacale mg/l		Fosfati mg/l		Colifecali MPN/100 m	
	Valore medio	Valore minimo	Valore medio	Valore massimo	Valore medio	Valore massimo	Valore medio	Valore massimo	Valore medio	Valore massimo
1970										
1971										
1972										
1973	36	0	40	87	3,0	4,8	0,3	3,1		
1974	68	20	70	109	1,0	2,2	0,1	2,5		
1975	42	5	85	107	1,5	4,0	0,7	4,0		
1976	69	29	50	73	2,0	3,0	1,2	4,2		
1977	61	22	75	109	1,2	1,8	1,4	4,2		
1978	72	1	60	120	2,4	4,8	3,6	4,7		
1979	70	10	55	120	3,0	4,8	2,8	5,4		
1980	71	32	40	50	2,0	3,3	1,2	2,3		
1981	63	29	60	77	2,2	3,2	1,2	2,5		
1982	65	40	50	71	1,9	2,8	2,3	3,1	17000	20000
1983	84	0	65	128	4,2	5,8	2,8	3,5	7450	9400
1984	75	10	60	84	2,0	3,1	0,9	2,8	76000	172000
1985	79	7	35	48	2,5	3,1	1,4	2,5	16460	4600
1986	58	15	38	42	1,9	2,9	1,1	2,2	50000	79000
1987	88	40	40	57	4,0	4,9	1,2	2,6	27750	5400
1988	79	15	23	41	2,0	3,4	1,1	2,1	8230	33000
1989	78	25	27	49	0,9	1,5	0,7	1,9	8900	17000
1990	95	50	31	48	0,8	3,8	0,6	1,2	4580	13000

Tab. V - Fiume ARNO - Stazione di Camaioni (FI). Andamento dei principali parametri indice di inquinamento negli anni 1970-1990.

Anno	Percento di saturazione		C.O.D. mg/l		N-ammoniacale mg/l		Fosfati mg/l		Colifecali MPN/100 ml	
	Valore medio	Valore minimo	Valore medio	Valore massimo	Valore medio	Valore massimo	Valore medio	Valore massimo	Valore medio	Valore massimo
1970	31	0	39,7	64,2	6,9	11,7	2,0	2,0		
1971	27	14	46,7	58,3	8,7	14,2				
1972	35	0	59,1	158,8	3,5	5,8	7,1	20,3		
1973	54	26	33,0	38,2	3,3	4,1	6,0	7,9		
1974	68		33,4		2,4		2,0			
1975	24	20	44,0	51,9	6,1	8,7	6,8	7,8		
1976	70	59	29,2	34,9	2,9	4,6	0,6	0,6		
1977	51	16	35,2	48,9	2,6	3,8	1,5	1,9		>160900
1978	51	13	27,1	39,6	2,4	4,1	1,5	1,7	46000	46000
1979	66	53	19,5	19,9	1,7	1,8	0,9	1,0		>110000
1980	43	31	33,6	34,4	2,5	3,2	1,2	1,6	56500	110000
1981	41	31	32,2	36,7	3,9	5,4	1,5	2,0	>110000	>110000
1982	32	15	21,7	29,2	3,5	4,6	0,7	0,8	>110000	>110000
1983	11	0	71,4	118,6	9,6	15,7	1,4	1,9		>110000
1984	50	26	27,1	39,0	3,4	5,0	0,8	1,4		>110000
1985	38	0	45,2	115,6	7,4	18,6	1,6	3,1		>1000000
1986	46	5	21,7	30,9	4,2	8,4	0,8	1,5		>1000000
1987	55	37	18,3	34,9	3,5	7,4	0,5	1,0	41250	75000
1988	36	3	28,0	45,0	5,5	10,1	1,0	2,0	366990	>1000000
1989	54	13	27,2	37,5	2,7	7,7	0,5	1,5		>110000
1990	36	29	21,8	24,5	5,8	7,0	0,7	0,7	247667	460000

Tab. VII - Fiume ARNO - Stazione di Calcinai a (PI). Andamento dei principali parametri indice di inquinamento negli anni 1970-1990.

Anno	Percento di saturazione		C.O.D. mg/l		N-ammoniacale mg/l		Fosfati mg/l		Colifecali MPN/100 ml	
	Valore medio	Valore minimo	Valore medio	Valore massimo	Valore medio	Valore massimo	Valore medio	Valore massimo	Valore medio	Valore massimo
1970										
1971										
1972										
1973	35	0	56	75	3,2	3,9	0,3	2,9		
1974	65	21	65	101	1,8	5,5	0,4	2,7		
1975	30	13	155	452	5,0	9,1	0,9	4,2		
1976	55	30	56	87	5,6	10,5	0,7	2,8		
1977	65	23	74	310	6,2	11,4	1,2	3,7		
1978	70	11	65	131	5,3	9,8	1,3	3,8		
1979	75	13	78	290	4,8	9,5	1,5	4,1		
1980	65	31	65	90	1,5	4,4	1,8	6,0		
1981	68	19	70	130	3,8	10,6	0,9	3,4		
1982	67	38	73	99	4,1	10,5	1,4	3,7	211000	918000
1983	82	0,8	58	125			1,2	3,5	105500	141000
1984	70	25	45	66	3,4	7,2	1,3	2,8	58000	160000
1985	75	27	62	100	2,5	5,8	0,9	2,6	25800	54000
1986	72	38	45	78	2,0	4,4	0,7	2,3	315300	918000
1987	65	15	33	39	2,5	4,9	0,6	2,3	14350	34000
1988	75	15	28	33	1,5	2,8	0,4	1,2	8770	17000
1989	70	28	31	42	0,6	1,2	0,4	1,1	6200	13000
1990	88	59	35	57	1,1	2,6	0,6	1,5	20200	91000

Tab. VIII - Classificazione biologica del fiume Arno (riferimento cartografia di pagg. 24 - 25)

Stazioni del tratto aretino	Anni 1985-87			Anno 1991		
	U.S.	E.B.I.	C.Q.	U.S.	E.B.I.	C.Q.
CALENZANO	-	-	-	17	9	II
SUBBIANO	18	9	II-I	15	8	II
CAPOLONA	16	9	II	18	9	I
GIOVI	-	-	-	18-22	9-10	II-I
BUON RIPOSO N	16	8-9	II	16	9-8	II
BUON RIPOSO S	13-15	8	II	16-19	9	II
PONTE BURIANO	-	-	-	6-7	3	V

Stazioni del tratto fiorentino	Anno 1988			Anno 1990		
	U.S.	E.B.I.	C.Q.	U.S.	E.B.I.	C.Q.
FIGLINE	13	8	II	14	6	III
INCISA	13	6	III	19	8	II
RIGNANO	15	6	III	14	7	III
PONTASSIEVE	20	8	II	17	8	II
ROSANO	12	6	III	16	8	II
RAVEZZANO	12	6	III	10	5	IV
S. DONNINO	6	3	V	13	5	IV
CAMAIONI	3	1	V	8	3	V
MONTELUPO	6	3	V	6	3	V
MARCIGNANA	4	2	V	6	4	IV-V

Stazioni del tratto pisano	Anno 1985			Anni 1989-90		
	U.S.	E.B.I.	C.Q.	U.S.	E.B.I.	C.Q.
FUCECCHIO	-	-	-	8	4	IV
LA ROTTA	11	6	III-IV	-	-	-
CALCINAIA	-	-	-	8	3	V
S. GIOVANNI ALLA VENA	5	4	IV-V	-	-	-
CAPRONA	6	5	IV-V	5	3-4	V-IV

U.S. = unità sistematica

E.B.I. = Indice Biotico

C.Q. = classe di qualità

- classe I: ambiente non inquinato o non alterato in modo sensibile
- classe II: ambiente in cui sono evidenti alcuni effetti dell'inquinamento
- classe III: ambiente inquinato
- classe IV: ambiente molto inquinato
- classe V: ambiente fortemente inquinato

INQUINAMENTO E DEPURAZIONE DEL FIUME ARNO  
NEL PERIODO 1989-1992

A cura della Segreteria Tecnica dell'Autorità di Bacino

Il bacino del fiume Arno è caratterizzato da diffusi insediamenti di tipo civile, agricolo, zootecnico ed industriale, valutabili, in termini di carico inquinante, in circa 8.500.000 abitanti equivalenti (di cui circa 2.500.000 sono costituiti dalla popolazione residente).

L'urbanizzazione spinta, iniziata dal dopoguerra, che ha portato alla concentrazione della popolazione lungo l'asse Firenze - Prato - Pistoia - Montecatini T. - Lucca e lungo l'asta dell'Arno, nel tratto Firenze - Pisa, spesso è avvenuta dando luogo a contesti urbani privi di adeguate infrastrutture primarie, quali reti fognarie ed impianti di depurazione.

Negli ultimi anni sotto questo aspetto la situazione è migliorata, come viene presentato in dettaglio nella relazione dei S.M.P.A. di Arezzo, Firenze e Pisa, che si riferisce al periodo di osservazione ventennale 1970 - 1990: nel bacino dell'Arno sono stati infatti realizzati numerosi impianti di depurazione (alcuni anche di capacità notevole, come ad esempio quelli del comprensorio del cuoio) con una capacità effettiva di depurazione stimata in 4,5 milioni di abitanti equivalenti.

Gli impianti di depurazione esistenti inoltre non raggiungono sempre la loro massima potenzialità per la carenza di allacciamenti fognari ai depuratori stessi, nonostante la L.R. 5/89 faccia obbligo sia agli enti pubblici sia ai privati di allacciarsi alle fognature. Questo produce un duplice danno: i depuratori funzionano solo parzialmente ed i liquami non allacciati continuano a provocare inquinamento diffuso sia sul suolo che sui corpi idrici.

Inoltre una situazione grave risulta essere quella di Firenze: il capoluogo toscano infatti, con una pressione antropica pari a circa 1.000.000 di abitanti equivalenti, scarica direttamente in Arno le sue acque, senza alcun trattamento depurativo artificiale.

In genere la situazione è migliore dove i reflui civili ed industriali vengono trattati in impianti consortili; ciò infatti determina una gestione più rigorosa ed affidata a personale competente.

I grafici che seguono presentano analiticamente, in funzione dell'ascissa spaziale che indica le stazioni di rilievo, l'andamento dei parametri chimici più significativi per valutare l'entità dell'inquinamento (C.O.D., ossigeno disciolto, ammoniaca, cloruri) relativamente ai valori fissati dalla "Tabella A" della legge 319/76.

La maggior parte dell'inquinamento di origine agricolo-zootecnica è concentrato nell'area circostante la Val di Chiana; gli allevamenti avicoli e suinicoli interessano soprattutto la zona aretina (42%), la senese (23%) e la umbra (13%). Il notevole carico inquinante dovuto a queste attività, che generalmente non sono corredate da adeguati ed efficienti sistemi di trattamento delle deiezioni, viene disperso quasi totalmente nell'ambiente.

Delle 680 industrie orafe dell'aretino non si possiede un'analisi precisa che permetta di dare un giudizio sul loro reale peso.

Considerato però il tipo di prodotto finale e le materie prime trattate, è da presumere che, nonostante le industrie galvaniche asservite a questo settore siano pericolose per i reflui ricchi di metalli pesanti, il loro impatto ambientale sia privo di rilievo.

A valle di Firenze il comprensorio del tessile contribuisce con una pressione pari a circa 1.400.000 abitanti equivalenti; di questi attualmente 1.100.000 sono depurati commisti a liquami di origine civile.

Il comprensorio del cuoio contribuisce con un carico inquinante stimabile in circa 3.200.000 abitanti equivalenti; di questi più di 3.000.000 sono attualmente depurati.

Nonostante l'alto rendimento degli impianti, pari al 98% (ottenuto grazie a più stadi di trattamento), le acque, che all'entrata in depurazione arrivano a valori del C.O.D. di 10.000/15.000 mg/l ed elevate concentrazioni in cloruri e solfati (parametri questi caratterizzanti i reflui conciarci), vengono restituite

PRINCIPALI IMPIANTI DI DEPURAZIONE E RELATIVA DISTRIBUZIONE SUL TERRITORIO

PROVINCE DI FIRENZE, PRATO E SIENA		
N°	LOCALITÀ	AB. EQUIVALENTI SERVITI
19	POGGIBONSI (SI)	50.000
20	* FIGLINE VALDARNO	45.000
21	INCISA VALDARNO	4.500
22	RIGNANO SULL'ARNO	3.000
23	MOLIN DEL PIANO	2.500
24	VIA DELLA TORRE - FIRENZE	10.000
25	PIAN DEL MUGNONE - FIESOLE	5.000
26	VIA CACCINI - FIRENZE	15.000
27	PONTE A NICCHERI	12.800
28	SAN GIUSTO - SCANDICCI	25.000
29	TAVERNUZZE - IMPRUNETA	8.000
30	CERBAIA - SAN CASCIANO V. P.	5.000
31	TAVARNELLE VAL DI PESA	60.000
32	PAGNANA - EMPOLI	59.000
33	CAMBIANO - CASTELFIORENTINO	46.000
35	GABOLANA - VAIANO (PO)	50.000
36	LE CONFINA - VERNIO (PO)	50.000
37	BACIACAVALLLO - PRATO	1.000.000
38	CALICE - MONTEMURLO (PO)	100.000
39	POGGIO A CAIANO (PO)	4.000
	PONTASSIEVE	18.000 (*)
PROVINCIA DI AREZZO		
N°	LOCALITÀ	AB. EQUIVALENTI SERVITI
1	CASTEL SAN NICCOLÒ	1.350
2	BIBBIENA	3.000
3	AREZZO (Loc. Casolino)	60.000
4	AREZZO (Loc. Quarata)	2.000
5	FOIANO DELLA CHIANA	3.000
6	MARCIANO DELLA CHIANA	1.000
7	LUCIGNANO	1.250
8	MONTE SAN SAVINO	4.500
9	CASTIGLION FIORENTINO	7.000
10	PERGINE VALDARNO	1.500
11	MONTEVARCHI (Loc. LEVANE)	3.500
12	CAVRIGLIA	2.500
13	SAN GIOVANNI VALDARNO	30.000 (*)
NOTE		
(*) Impianto non allacciato		

PROVINCIA DI LUCCA		
N°	LOCALITÀ	AB. EQUIVALENTI SERVITI
74	PORCARI (Casa del Lupo)	400.000
PROVINCIA DI PISA		
N°	LOCALITÀ	AB. EQUIVALENTI SERVITI
40	SAN MINIATO	800.000
41	PONTE A CAPPIANO	350.000
42	SANTA CROCE S/ARNO	1.500.000
43	CASTELFRANCO DI SOTTO	150.000
44	SANTA MARIA A MONTE	4.500
45	MONTOPOLI VALDARNO	1.000
46	CAPANNE	5.000
47	PONTEDERA	30.000
48	PONSACCO	13.000
49	PALAIA	3.000
50	VILLA CAMPANILE	1.000
51	ORENTANO	1.500
52	CALCINAIA	3.000
53	FORNACETTE	3.000
54	PERIGNANO	3.000
55	CAPANNOLI	6.500
56	PECCIOLI	2.000
57	FABBRICA	1.000
58	CASCIANA TERME	2.000
59	TERRICCIOLA	2.000
60	VICOPISANO	1.500
61	ULIVETO	1.500
62	PISA SAN JACOPO	25.000
63	CALCI	2.500
64	CALCI - LA GABELLA	1.000
65	PISA - RIGLIONE	30.000
66	PISA - LA FONTINA	30.000
67	PISA - TIRRENIA	10.000
69	CHIANNI	2.000
70	VOLTERRA	7.000
PROVINCIA DI PISTOIA		
N°	LOCALITÀ	AB. EQUIVALENTI SERVITI
68	VENERI	300.000
71	PESCIA	10.000
72	FOSSO PADULE - MONTECATINI	70.000
73	BRANA	60.000

STAZIONI DI CAMPIONAMENTO

PROVINCIA DI FIRENZE	
N°	LOCALITÀ
8	FIGLINE VALDARNO - ACQUEDOTTO *
9	RIGNANO SULL'ARNO
10	PONTASSIEVE - ROSANO *
11	ANCONELLA / VARLUNGO **
12	BISENZIO - LOC. RENAI **
13	SIGNA - PASSERELLA *
14	CAMAIONI
15	OMBRONE - STAZ. FF.SS. CARMIGNANO
16	CAPRAIA - PONTE DI CAPRAIA **
18	MARCIGNANA
19	FUCECCHIO PONTE S. PIERINO **
PROVINCIA DI PISA	
N°	LOCALITÀ
22	CALCINAIA - PONTE DI CALCINAIA **
23	PISA - PONTE ALLA VITTORIA **
PROVINCIA DI AREZZO	
N°	LOCALITÀ
1	STIA
2	A MONTE DI BIBBIENA
3	A VALLE DI BIBBIENA
4	BUON RIPOSO - A MONTE DI AREZZO **
5	CANALE CHIANA - CHIUSA DEI MONACI *
6	A MONTE DI MONTEVARCHI
7	RESTONE - CONFINE DI PROVINCIA
PROVINCIA DI PISTOIA	
N°	LOCALITÀ
17	VALLE BRANA
20	VALLE PESCIA
21	VALLE VENERI

\*\* Principali stazioni di campionamento esistenti nel bacino dell'Arno  
\* Centraline automatiche di solo campionamento

IMPIANTI DI POTABILIZZAZIONE

PROVINCIA DI FIRENZE	
Rif.	LOCALITÀ
B	FIGLINE VALDARNO
C	ANCONELLA
D	MANTIGNANO
PROVINCIA DI AREZZO	
Rif.	LOCALITÀ
A	BUON RIPOSO - A MONTE DI AREZZO
PROVINCIA DI PISTOIA	
Rif.	LOCALITÀ
E	QUARRATA
F	MONTALE
G	PISTOIA

Principali impianti di depurazione e di potabilizzazione esistenti nel bacino dell'Arno, ripartiti per province.  
La numerazione fa riferimento alla cartografia di pag. 8 e 9.





L'Arno a valle di Firenze, tra Signa e Montelupo, dopo l'immissione delle acque del Bisenzio e dell'Ombrone Pistoiese.



con valori a volte maggiori dei parametri indicati nella tabella "A" della legge 319/76.

Nel settore cartario venti delle ventinove cartiere della Valdinievole, ricadenti nel bacino dell'Arno, sono servite dal depuratore di Veneri e scaricano a regola nella Pescia di Collodi; le restanti utilizzano per la depurazione impianti posti a piè di fabbrica e per questi si hanno dati disomogenei per quanto riguarda i consumi idrici e non completi per quanto riguarda la qualità delle acque restituite.

Da tutti i dati presentati, sintetizzati nelle figure, emerge che la situazione più critica per il fiume risulta attualmente ubicata immediatamente a valle di Firenze.

Ciò è del resto confermato anche dai grafici relativi ai parametri chimici, nonostante i valori siano tra loro non sincroni e non correlati alla portata ed alla temperatura : hanno, pertanto, solo un valore indicativo per una descrizione reale e scientifica dello stato del corso d'acqua, pur fornendo una misura qualitativa del grado di inquinamento del fiume.

*Alla elaborazione dei dati, forniti dai S.M.P.A. di Firenze, Arezzo, Pisa e Pistoia ed alla realizzazione della parte grafica hanno collaborato per la Segreteria Tecnica dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno:*  
**Nicola Andreozzi, Isabella Bonamini, Paola Carriero, Renzo Cavalieri, Canio Cristiani, Luigi Del Fante, Luciana Distaso, Giovanni Fangucci, Marco Massei, Giuliano Pardini, Costantino Santoni.**

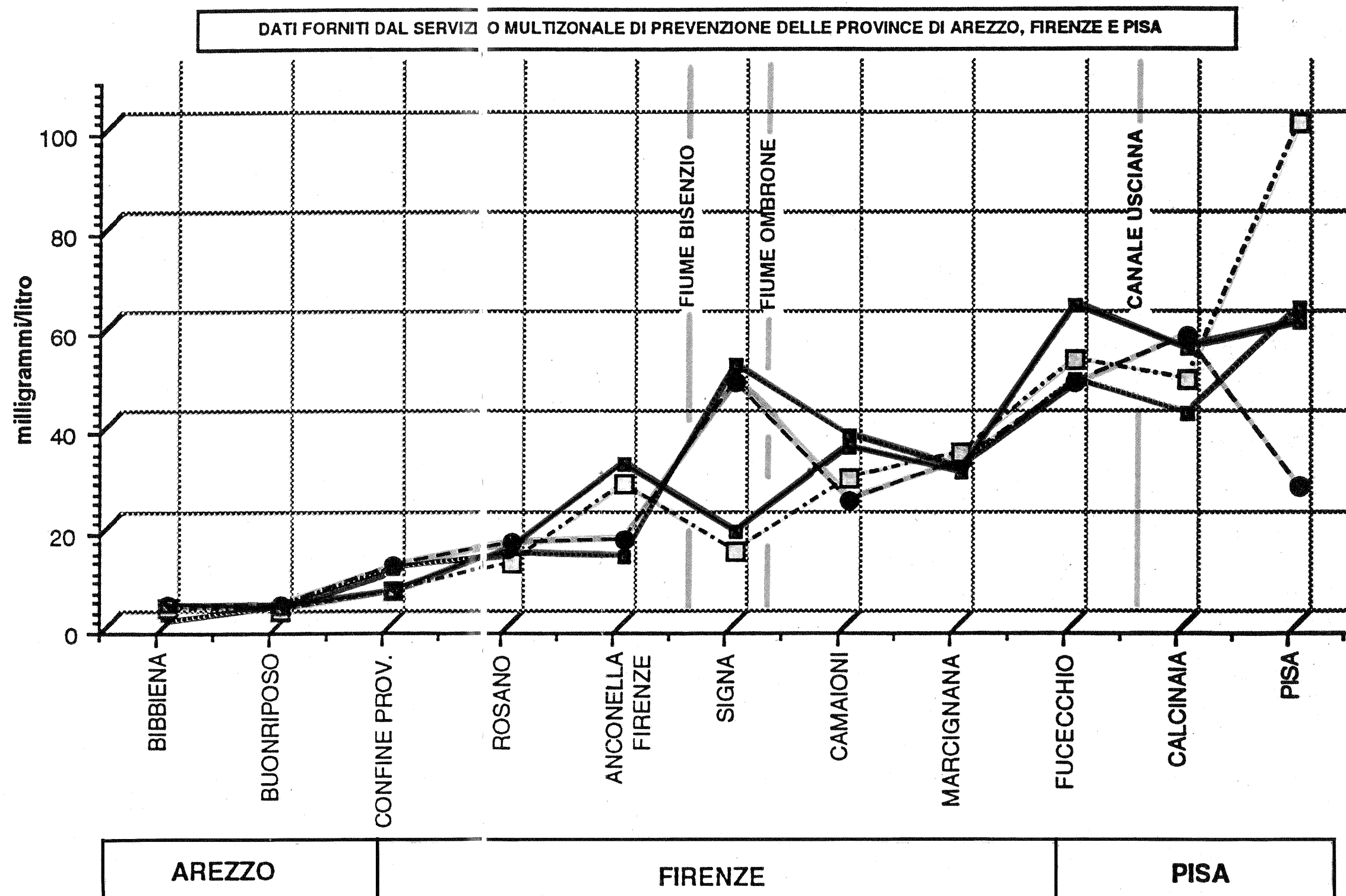
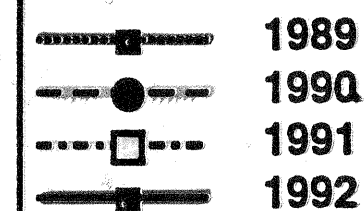
L'andamento dei valori massimi di C.O.D. (quantità di ossigeno necessaria per mineralizzare le sostanze inquinanti di origine chimica e biologica), rilevati dai Servizi Multizonali lungo l'Arno da Bibbiena (AR) a Pisa negli anni 1989, 1990, 1991 e 1992.

Un alto grado di inquinamento è raggiunto a valle di Firenze, dove le acque, da moderatamente inquinate (10-20mg/l), diventano inquinate (20-30 mg/l) e fortemente inquinate (oltre 30 mg/l).

Si confrontino anche le figure di pag. 54, 55, 58 e 59.

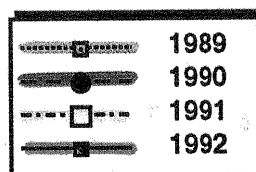
## VALORI MAX. DI C.O.D. RILEVATI LUNGO L'ASTA DEL FIUME ARNO NEL PERIODO 1989 - 1992

### LEGENDA

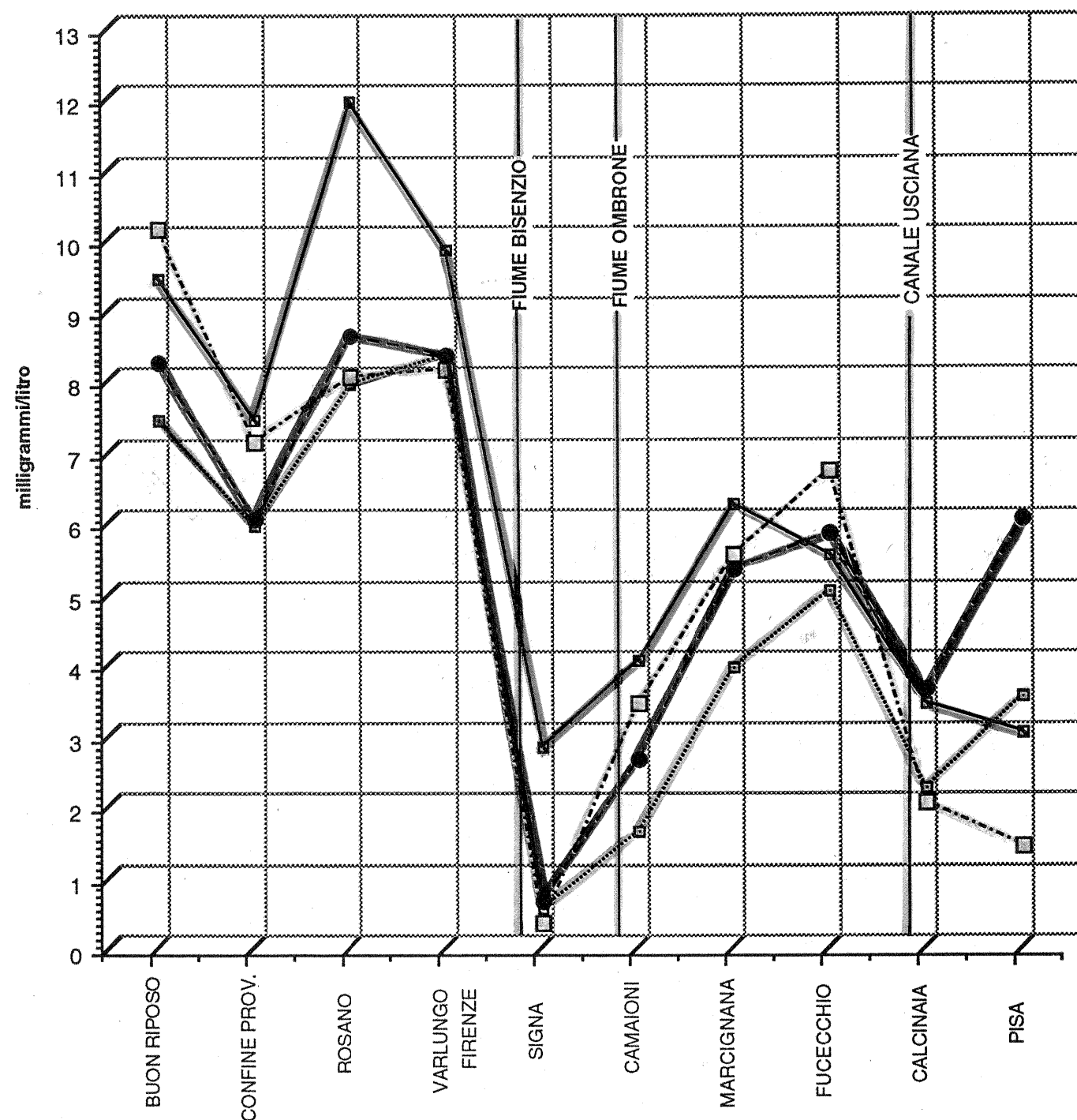


**MINIMI DEI VALORI DI OSSIGENO DISCIOLTO RILEVATI  
LUNGO L'ASTA DEL FIUME ARNO NEL PERIODO 1989 - 1992**

**LEGENDA**



DATI FORNITI DAL SERVIZIO MULTIZONALE DI PREVENZIONE DELLE PROVINCE DI AREZZO, FIRENZE E PISA.



AREZZO

FIRENZE

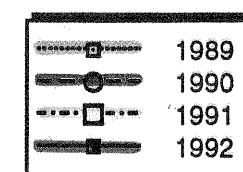
PISA

I valori minimi di ossigeno disciolto e massimi di ammoniaca, riscontrati nelle acque dell'Arno nel periodo 1989-1992, confermano l'inquinamento del corpo idrico nei tratti già segnalati dal C.O.D..

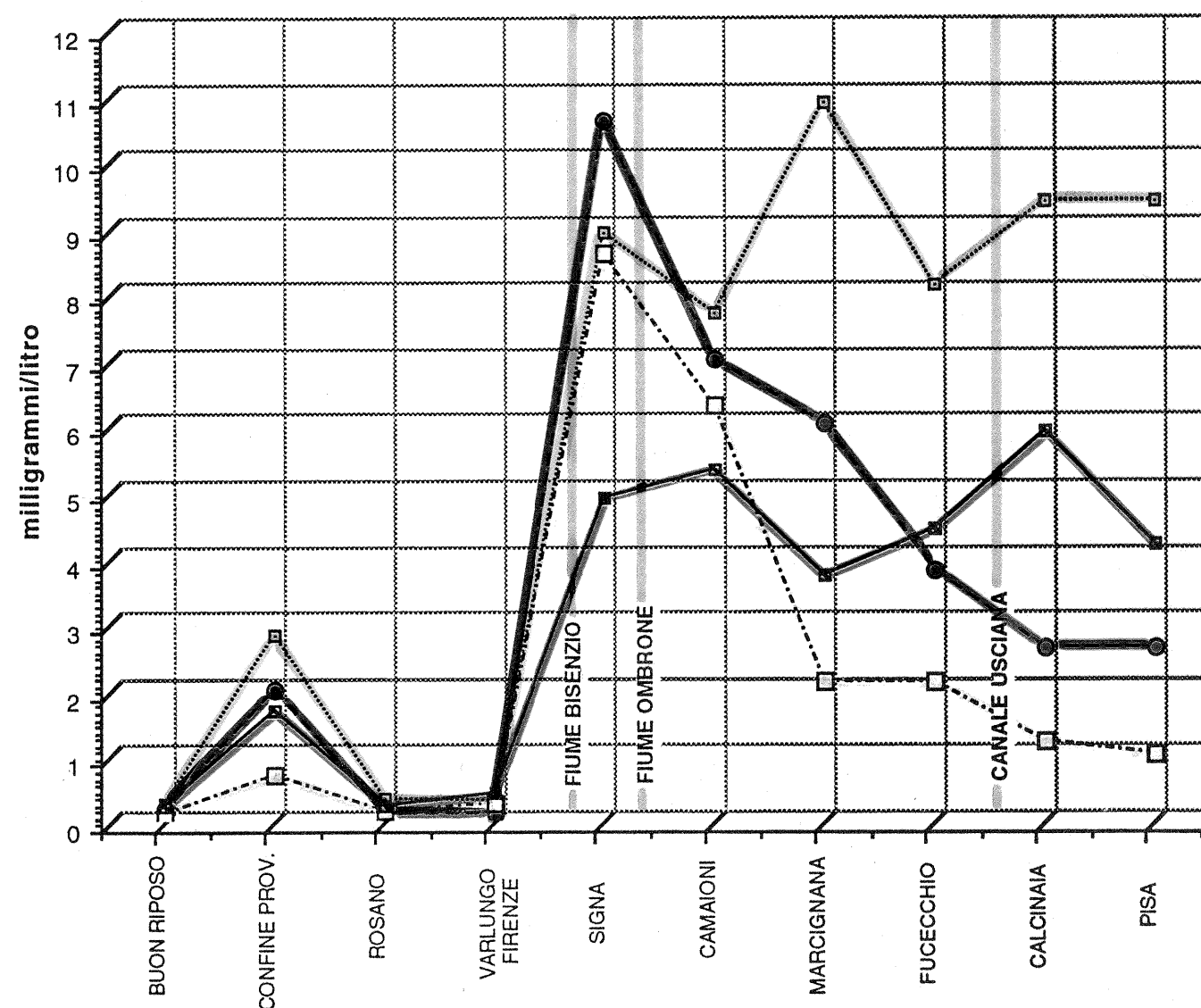
Le figure, come le precedenti, visualizzano l'immissione in Arno degli affluenti di destra (Bisenzio e Ombrone Pistoiese) e del Canale Usciana, in provincia di Pisa, che riceve gli scarichi di tre dei quattro maggiori impianti di depurazione della zona del Cuoio (S. Croce sull'Arno).

**VALORI MAX. DI AMMONIACA RILEVATI LUNGO  
L'ASTA DEL FIUME ARNO NEL PERIODO 1989 - 1992**

**LEGENDA**



DATI FORNITI DAL SERVIZIO MULTIZONALE DI PREVENZIONE DELLE PROVINCE DI AREZZO, FIRENZE E PISA.



AREZZO

FIRENZE

PISA



Fig. 1 - Nella figura sono evidenziate le aree che producono i maggiori carichi inquinanti civili (in giallo), industriali (in rosso) e agricoli, rappresentati mediante areogrammi aventi come unità di misura gli abitanti equivalenti.

Per l'inquinamento derivante dai comparti produttivi, sono indicate le seguenti aree critiche (in grigio):

- VAL DI CHIANA - inquinamento diffuso dovuto all'attività agricolo-zootecnica;
- AREA PRATESE - inquinamento dovuto alle industrie tessili;
- COMPENSORIO DEL CUOIO - inquinamento dovuto alle attività conciarie;
- PESCIA DI COLLODI E PESCIA DI PESCIA - inquinamento dovuto alle attività cartarie e florovivaistiche;
- PIANA DI LUCCA - inquinamento da attività industriali.

In particolare l'inquinamento critico riguardante il carico di origine civile è individuato immediatamente a valle di FIRENZE (600.000/800.000 abitanti equivalenti).

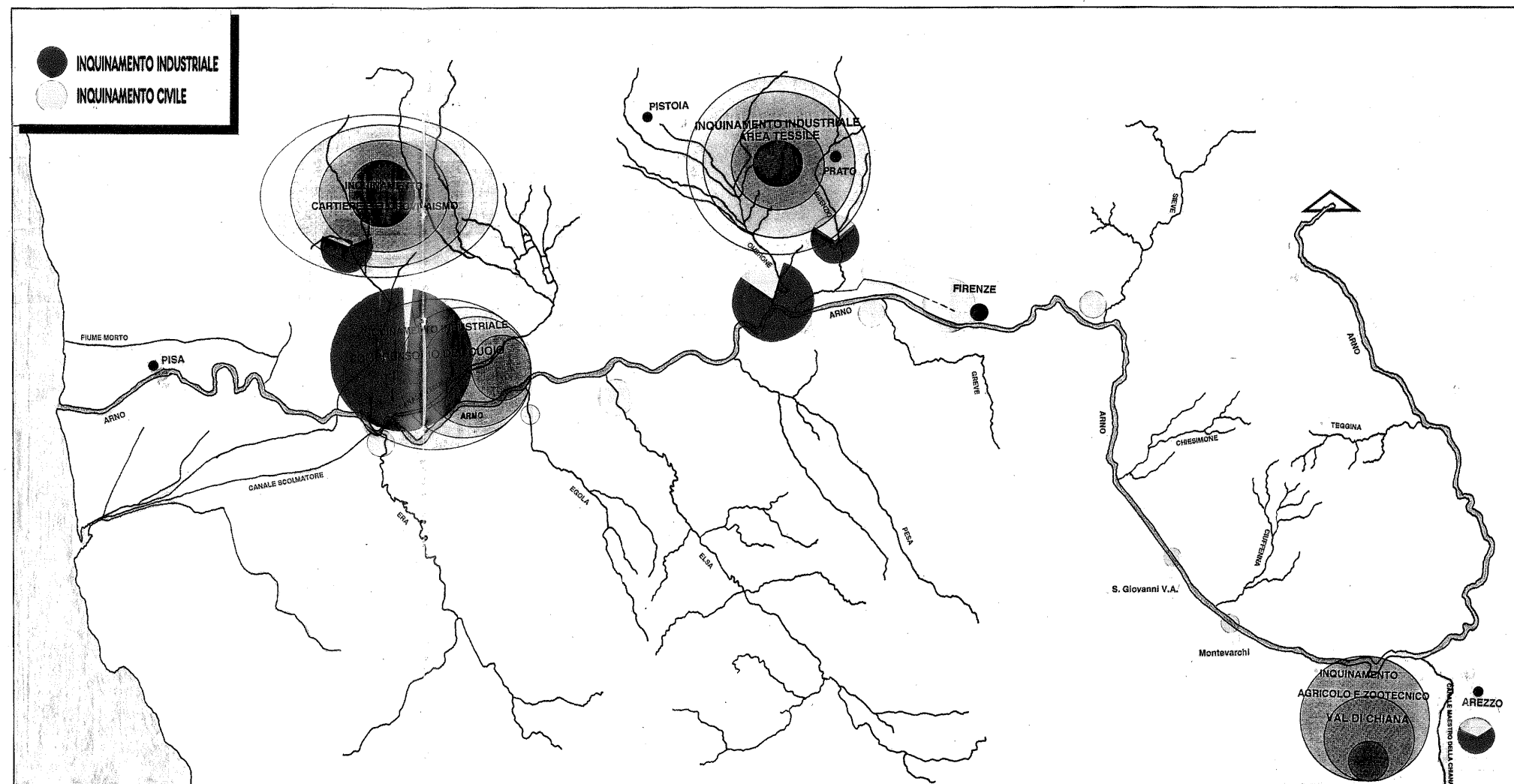
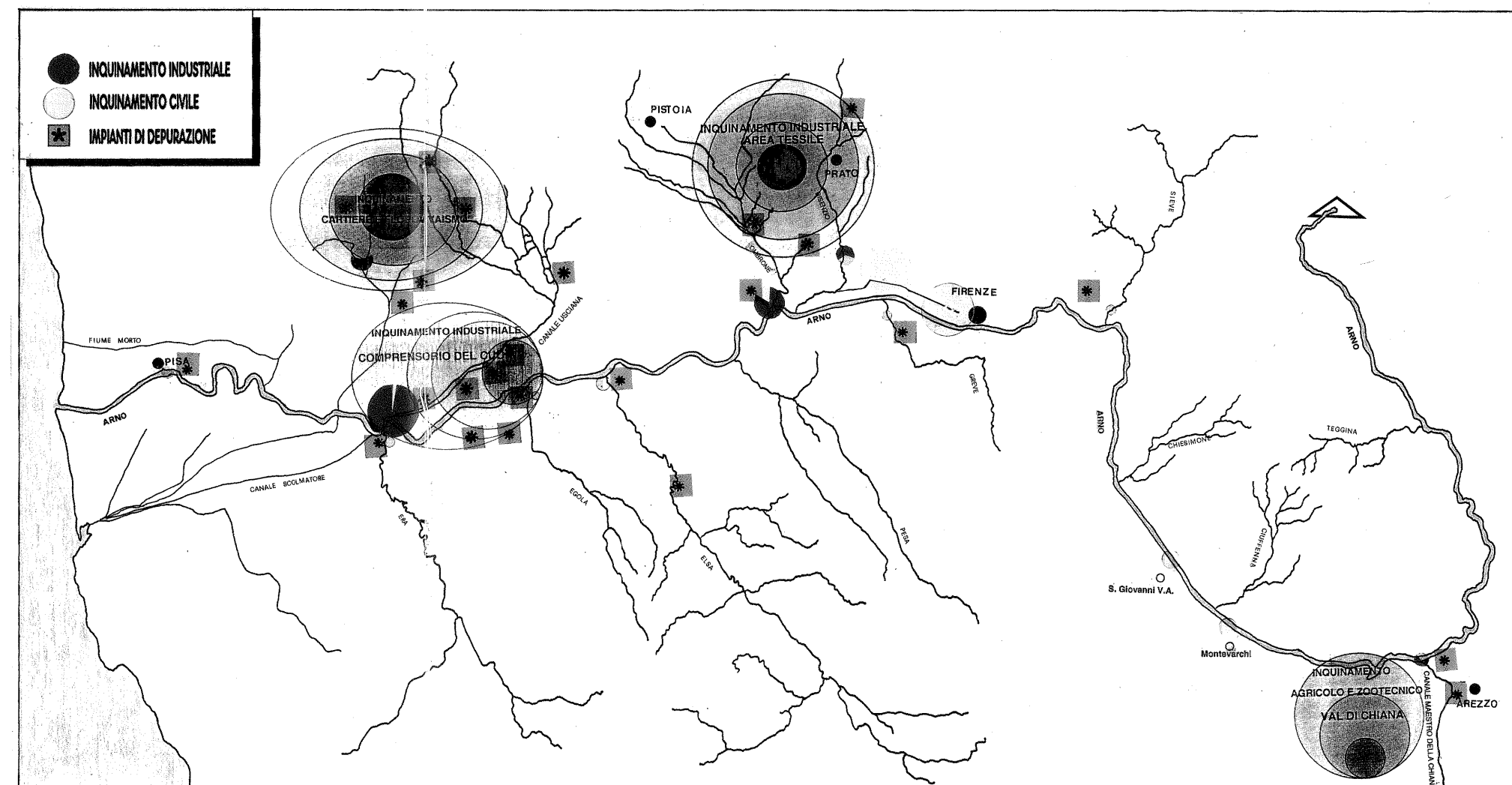


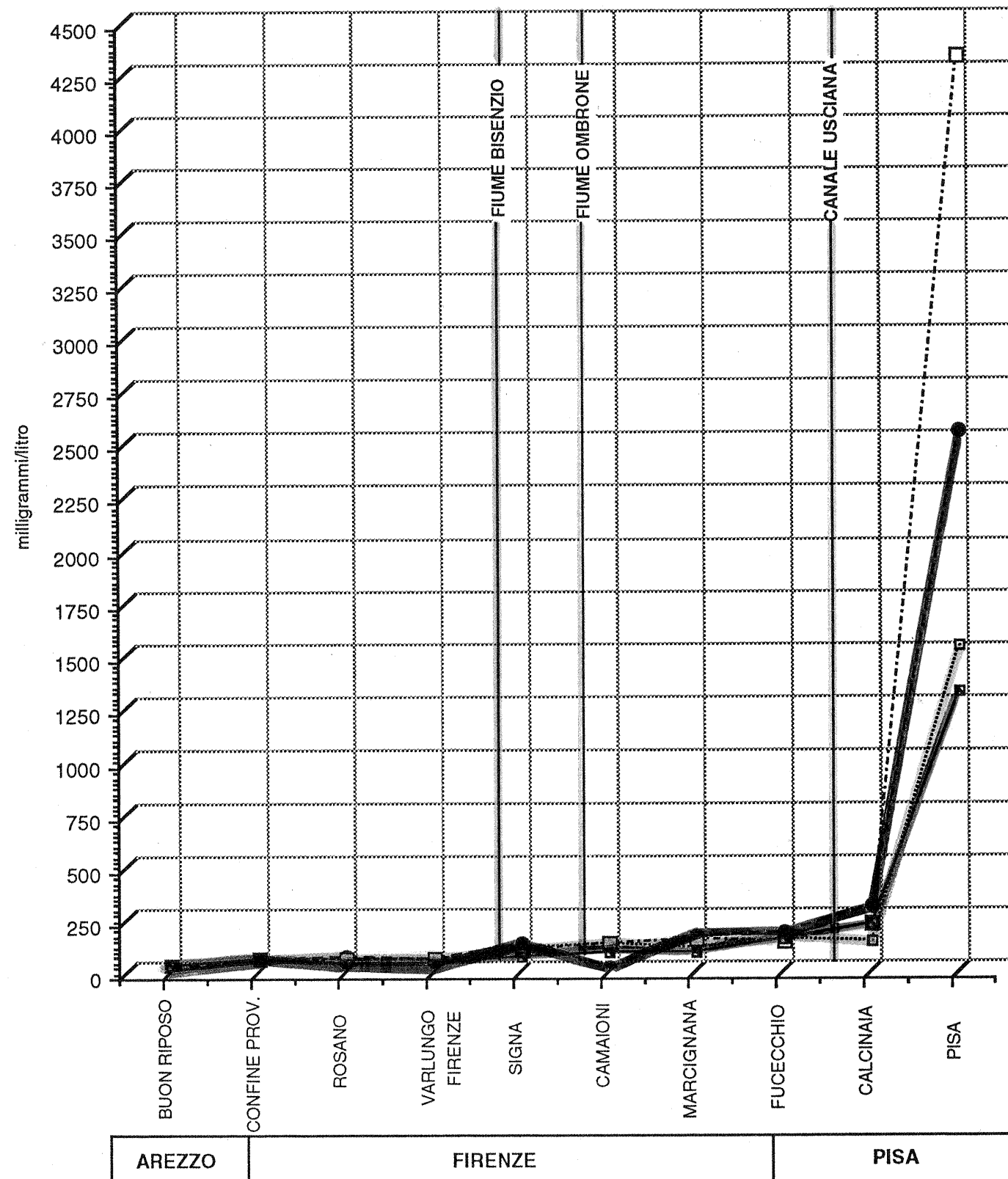
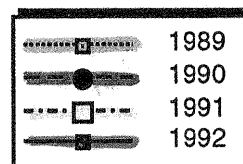
Fig. 2 - La situazione dell'inquinamento dopo l'installazione dei principali impianti di depurazione. L'abbattimento del carico dovuto agli impianti è rappresentato indicativamente con una riduzione dell'areogramma.



# VALORI MAX. DEI CLORURI RILEVATI LUNGO L'ASTA DEL FIUME ARNO NEL PERIODO 1989 - 1992

DATI FORNITI DAL SERVIZIO MULTIZONALE DI PREVENZIONE DELLE PROVINCE DI AREZZO, FIRENZE E PISA.

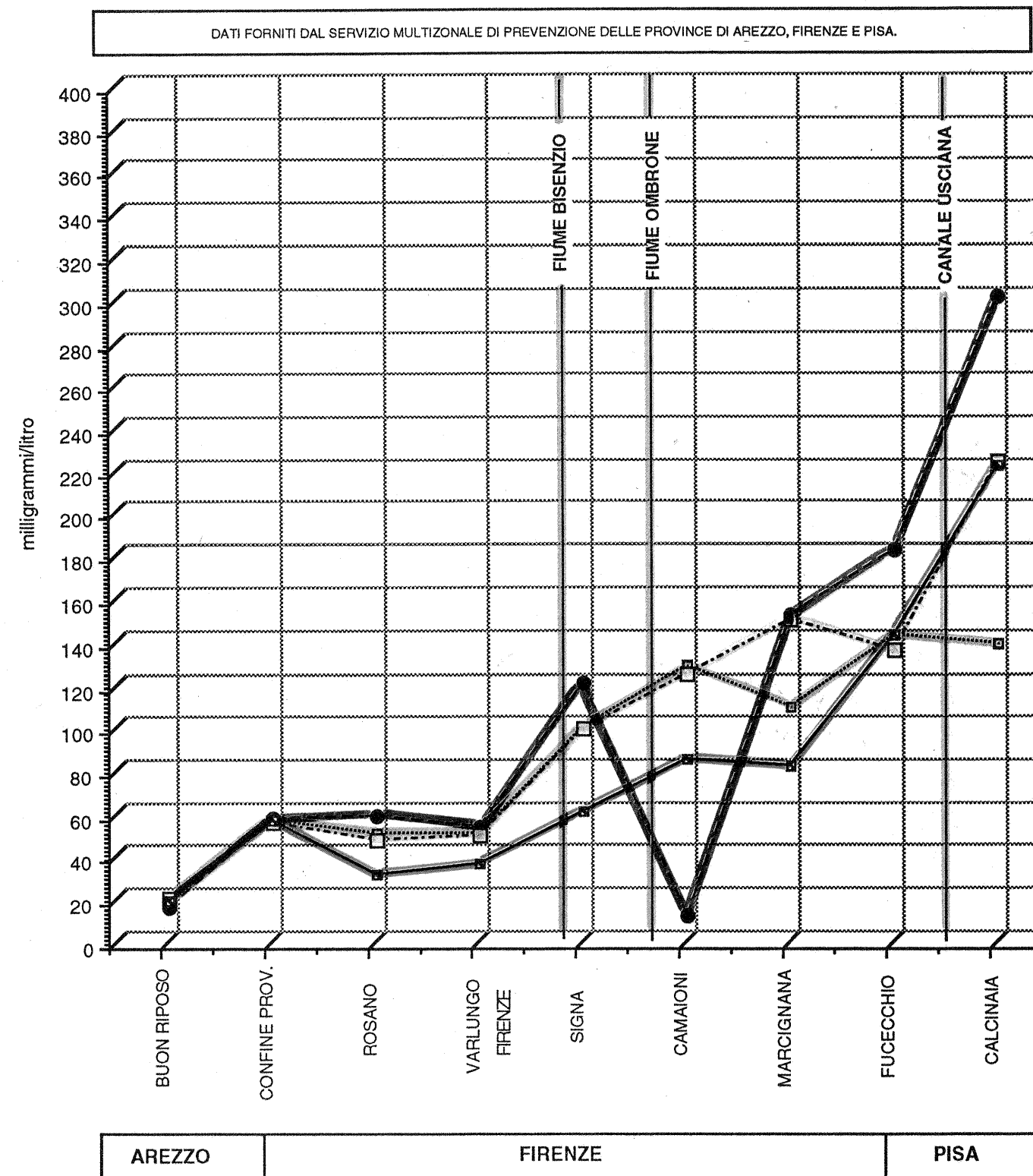
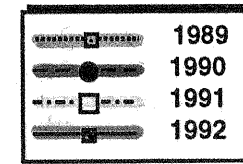
LEGENDA



# VALORI MAX. DEI CLORURI RILEVATI LUNGO L'ASTA DEL FIUME ARNO NEL PERIODO 1989 - 1992

Dettaglio tra le stazioni di Buonriposo ( Ar ) e Calcinaia ( Pi )

LEGENDA







## LA QUALITÀ' DELLE ACQUE DELL' ARNO IN PERIODO SICCATOSO

Francesco Pantani

Professore di Chimica dell'Ambiente, Università di Firenze

Il Fiume Arno, che "nasce in Falterona e... per più di mezza Toscana si spazia" occupa un bacino di 9.116 Km<sup>2</sup> caratterizzato da un' ampia diffusione di insediamenti civili e produttivi, quasi sempre di piccola o media entità. Le città non assurgono mai al ruolo di metropoli ma rimangono al livello di piccola industria se non addirittura a carattere di lavorazione artigianale.

Essendo le aree abitate e le attività produttive sparse abbastanza uniformemente su tutto il territorio, l'inquinamento da esse prodotto - e quindi l'impatto ambientale - appare altrettanto diffuso su larga scala e, anche se talvolta si manifesta in forma massiccia, non risulta facilmente aggredibile in pochi precisi punti o eliminabile con poche grandi opere di depurazione.

L'inquinamento delle acque dell' Arno va quindi via via aumentando passando dalla zona del Casentino al Valdarno e successivamente al comprensorio di Firenze e Prato per proseguire poi verso l'area pisana e la foce. Già all' inizio degli anni cinquanta le prime indagini misero in luce che i punti nodali dove il fiume mostrava gravi manifestazioni di degrado erano l'area della lavorazione delle pelli (Buonomini et al., 1953) ed il comprensorio dell' industria tessile pratese (Faggioli et al., 1959). Nei quasi quaranta anni trascorsi varie situazioni sono cambiate. Se è vero da un lato che gli insediamenti produttivi e abitativi hanno subito un deciso incremento, dall' altro sono stati messi in opera non pochi impianti di depurazione che hanno contribuito ad alleggerire il carico di inquinanti e l'impatto sull'ambiente. Ne è esempio il grosso depuratore nella zona del cuoio a Santa Croce sull' Arno: negli anni ottanta l'enorme incremento nella concentrazione di inquinanti nell' Arno in provincia di Pisa non risulta più rilevabile, anche se le condizioni del fiume rimangono ben al di sopra del livello di guardia. L'andamento delle concentrazioni dei principali inquinanti (la richiesta di ossigeno chimico COD e i tensioattivi anionici MBAS) lungo l'asta fluviale appare come nella Fig. 1, nella quale sono riportati alcuni dei dati raccolti nelle campagne 1988-89 e 1990 (Cellini Legittimo et al., 1991); sono chiaramente rilevabili i punti di massimo inquinamento subito dopo la immissione nell' Arno degli scarichi di Firenze e dell' area pratese.

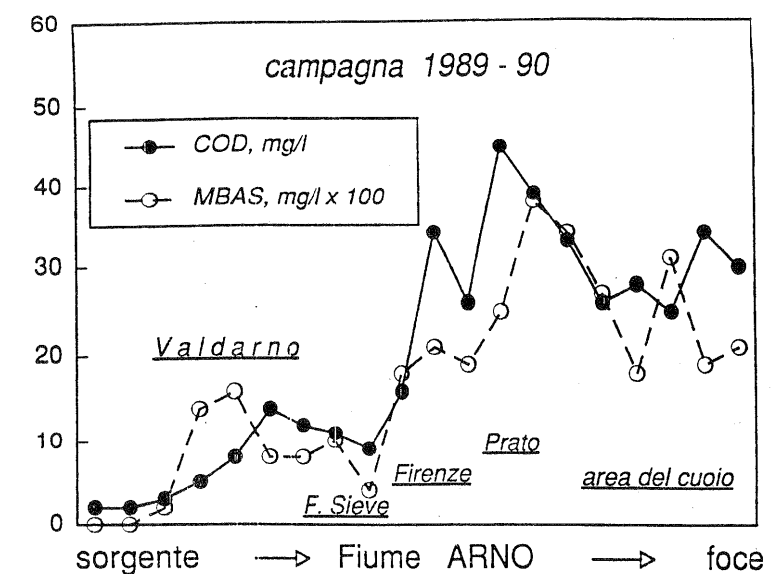


Fig. 1 - Valori di COD e concentrazione di tensioattivi anionici (MBAS) nelle acque del F. Arno. Rilevamenti della campagna 1989-90.

Sulla base quindi di dati come quelli riportati, i quali d'altra parte non fanno che confermare e completare le numerose indagini precedenti, si è soliti affermare che le condizioni dell'Arno all'ingresso della città di Firenze (dove sono ubicati gli impianti di potabilizzazione dell'Anconella) si possono ragionevolmente definire "accettabili", anche in relazione alla immissione delle acque tuttora poco inquinate dell'affluente Sieve. Ciò tuttavia vale per i valori riscontrati mediamente durante il corso dell'anno; nei periodi di magra estrema, che specialmente negli anni ottanta si sono succeduti numerosi, anche nei tratti del fiume a monte di Firenze la situazione può divenire preoccupante. I dati qui di seguito riportati e le considerazioni che ne derivano si riferiscono appunto a condizioni di siccità prolungata e conseguentemente di una magra spinta pressoché al limite della sussistenza stessa del fiume; condizioni che peraltro hanno avuto modo di verificarsi quasi sempre nell'incipiente autunno dei dieci-quindici anni ora trascorsi. In questo articolo ci si limita al tratto del fiume Arno a monte di Firenze - che appare quello meno conosciuto - proprio per sottolineare che anche qui i livelli di inquinamento possono divenire insostenibili in particolari condizioni stagionali.

In ordine di tempo i primi dati analitici in questo tratto del fiume in periodo di magra si riferiscono all'anno 1964 (Signorini e Grasso, 1965). Fu preso allora come indice globale di inquinamento il BOD<sub>5</sub>, per il quale si rilevarono valori massimi fino a 9,23 mg/l a San Giovanni Valdarno. Si può tradurre tale parametro in quello di COD - rilevamento assai più comune e analiticamente attendibile - e ritenere che si sarebbero dovuti rilevare COD superiori ai 20 mg/l. Negli anni seguenti numerosi analisi chimiche riferite nella mappa regionale degli inquinamenti indicano costantemente valori di COD intorno a 20 o superiori in quel tratto di fiume nei periodi tra estate e autunno. Anche dati posteriori, ricavati da varie fonti (Assoc. Intercom. Area Fiorentina, 1987) e da comunicazioni personali, indicano che le condizioni del fiume non sono sostanzialmente cambiate, quando non intervenga a diluire l'inquinamento il fenomeno naturale della pioggia per un periodo non breve con il conseguente aumento di portata.

L'idrometro di Nave di Rosano è situato poco dopo la confluenza nell'Arno dell'affluente Sieve e le portate quivi misurate forniscono i dati necessari per comprendere le condizioni dell'Arno all'ingresso di Firenze ed all'impianto di potabilizzazione che dal fiume si approvvigiona. In un periodo di elevata siccità, quale fu l'incipiente autunno 1985, si registrarono dati delle portate come appaiono in Fig. 2: nel mese di ottobre furono rilevati minimi perfino di 1,2 mc/s. Dal grafico appare chiaro anche che temporali, pur di forte intensità, hanno un'influenza decisamente effimera sulle portate. Come logica conseguenza in periodi di tal genere anche immissioni di liquami in quantità limitata, ma assai concentrati in inquinamenti, originano un inquietante abbassamento della qualità, quale misurata dalla concentrazione degli inquinanti stessi.

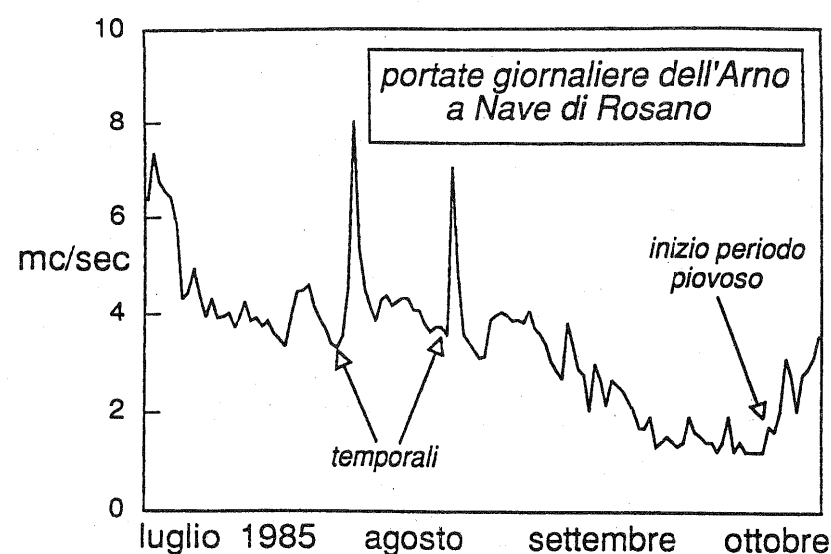


Fig. 2 - Portate giornaliere dell'Arno all'idrometro di Nave di Rosano nel periodo siccitoso da luglio a ottobre 1985.

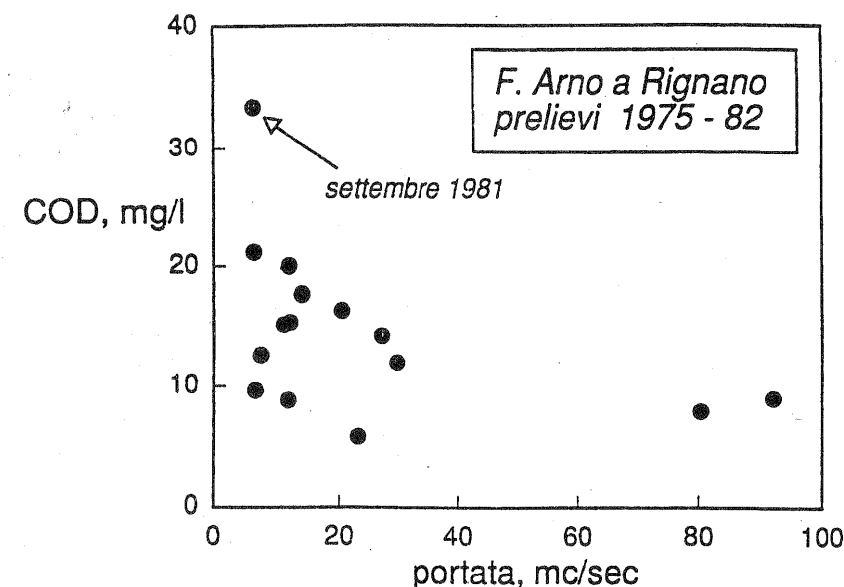


Fig. 3 - Valori di COD nelle acque del fiume Arno in relazione alla portata del fiume.

In generale c'è da attendersi che il livello di inquinamento delle acque del fiume mostri andamento inverso rispetto alle portate. Tuttavia i dati a disposizione - peraltro limitati di numero - indicano che ciò è vero solo in maniera assolutamente grossolana. Nella Fig. 3 si riportano i valori del parametro COD, quale indice del livello globale di qualità delle acque, rilevati a Rignano, poco prima della confluenza della Sieve: i valori si situano usualmente in un campo fra i 10 e i 20 mg/l e soltanto in alcuni casi di portata alquanto elevata si può ritenere ragionevole attendersi valori inferiori di COD. D'altra parte è ben noto che un'onda di piena, conseguente a piogge abbondanti dopo un periodo siccitoso, riporta in sospensione e trascina a valle anche materiale sedimentato nel periodo precedente. Non è infrequente perciò ritrovare indici di inquinamento elevato proprio quando la portata incrementa rapidamente. Ne è esempio la Fig. 4, dove si riportano i dati di COD rilevati a Figline Valdarno nell'autunno 1985: si può notare che valori già al livello di guardia sui 20 mg/l in regime di magra assai spinta giungono anche a raddoppiare immediatamente dopo piogge abbondanti che si rovesciano in breve periodo di tempo.

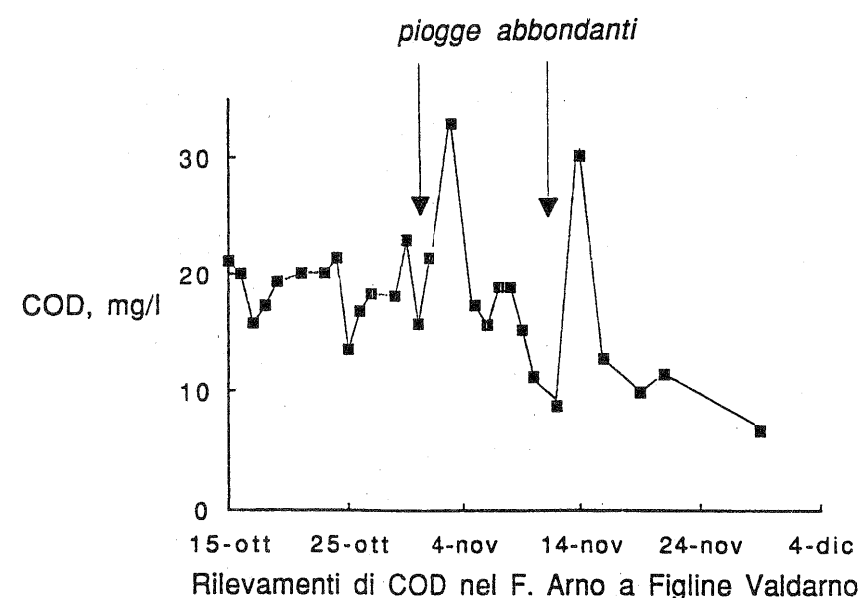


Fig. 4 - Valori di COD registrati nel fiume Arno a Figline Valdarno durante l'autunno 1985. Si notino i valori di punta in occasione delle piogge.



Nei periodi di magra la centrale idroelettrica di Levane garantisce uno scarico continuo intorno a 1,5 - 2 mc/s, che corrisponde alla portata strettamente necessaria per garantire il funzionamento degli impianti di potabilizzazione di Firenze. Vengono poi di solito effettuati giornalmente scarichi supplementari, per poche ore, sui 20 - 30 mc/s, i quali determinano una modesta onda di piena che si propaga a valle via via attenuandosi. Dopo circa dodici ore l'onda viene registrata all'idrometro di Nave di Rosano; con 16 - 18 ore di ritardo l'onda giunge in corrispondenza delle prese dell'Anconella, intorno alle 24 ore dopo lo scarico viene rilevata nell'area di Mantignano, dove è ubicato il secondo degli impianti di potabilizzazione di Firenze, immediatamente a valle della città. L'episodio, che fu attentamente studiato, si riferisce al settembre 1974, (Pantani et al., 1975), quando a valle di Firenze vennero rilevati COD finanche di 76 mg/l e 7,9 mg/l di azoto ammoniacale; il rilascio di 20 - 25 mc/s di acqua da Levane, sia pure per poche ore, poteva determinare il giorno appresso una riduzione della concentrazione media di ammoniaca non superiore a circa 1 mg/l, permettendo così all'acquedotto di Mantignano un funzionamento entro limiti di sicurezza. E' da tener presente comunque che il mantenimento dell'inquinamento entro i limiti accettabili era consentito anche dalla deviazione del collettore fognario principale di Firenze verso il fiume Bisenzio, che sfocia in Arno alquanto a valle degli impianti di Mantignano. La situazione fino al 16 settembre fu quella che compare nella Fig. 5: le concentrazioni medie in ammoniaca si mantennero intorno al mg/l. Il giorno 17 tuttavia fu necessario eliminare la deviazione del collettore, convogliando quindi di nuovo i liquami direttamente in Arno. Avvenne anche, a partire dal 19 settembre, che il rilascio dalla centrale di Levane fosse tenuto per vari giorni costantemente su non più di 2 mc/s senza alcuno scarico supplementare e quindi senza onde di piena che potessero almeno parzialmente migliorare la qualità dell'acqua. Si verificò cioè la concomitanza di due eventi entrambi estremamente negativi. I risultati sono evidenti nella Fig. 5: la concentrazione media di ammoniaca crebbe fino ai 3 mg/l nei giorni 17 e 18 come conseguenza della reimmissione del collettore fognario in Arno; dal giorno 19 in poi, mancando la diluizione dello scarico supplementare di Levane, l'aumento dell'ammoniaca fu tale (oltre i 6 mg/l) da precludere le possibilità di abbattimento dell'impianto di potabilizzazione che appunto dovette interrompere il suo funzionamento, con le ovvie conseguenze di disagio per la popolazione servita.

Come mostra l'esempio sopra riferito, la funzione di regimazione delle acque effettuata dalla diga di Levane, ancorché modesta, risulta essenziale nelle condizioni odierne per mantenere all'Arno le caratteristiche del fiume. D'altra parte è vero che quando negli invasi si effettuano opere di rimozione dei de-

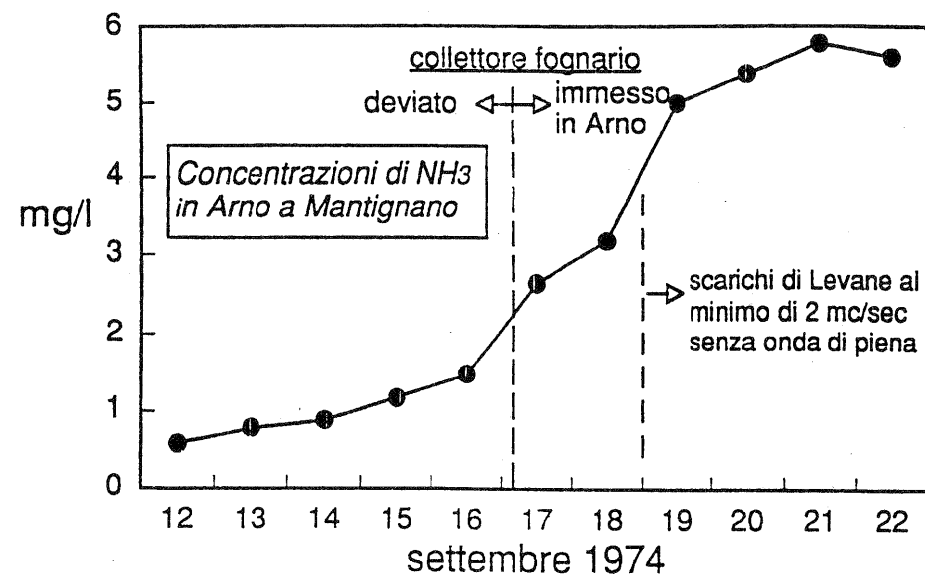


Fig. 5 - Concentrazioni medie di ammoniaca registrate nella seconda decade di settembre 1974 alle prese dell'acquedotto di Mantignano a valle di Firenze.

positi o di pulizia, può accadere che molto materiale già sedimentato e in condizioni presumibilmente anaerobiche venga rimesso in circolo: avviene allora che concentrazioni elevate di azoto ammoniacale vengano rilevate a valle. Ad esempio nell'autunno 1989 a livello dell'acquedotto di Figline Valdarno vennero registrati anche oltre 3 mg/l di azoto ammoniacale e corrispondentemente valori intorno a 2 mg/l agli impianti di potabilizzazione di Firenze.

È bene comunque avere presente che nel caso specifico dell'ammoniaca, ma in genere anche di vari altri inquinanti, non si deve tener conto solamente della portata quale fattore di diluizione; ancor più importanti sono le possibili variazioni stagionali in ordine alle attività biologiche che nel fiume si svolgono. La Fig. 6 mostra le concentrazioni di questo composto - che è allo stesso tempo un indice dell'inquinamento domestico e un nutriente per la biomassa esistente nel fiume - che furono rilevate per un intero quinquennio presso l'acquedotto dell'Anconella subito a monte di Firenze (Pantani et al., 1981): accanto a valori assai bassi e del tutto non preoccupanti in primavera - estate si osservarono concentrazioni molto elevate nel periodo più freddo dell'anno, quando sicuramente la portata del fiume non era al minimo. E' questo il caso di un indice di inquinamento che non dipende dalla portata, in quanto tale inquinante svolge anche altri ruoli nell'ecosistema fluviale. Il fenomeno induce anche alla considerazione che un monitoraggio biologico delle acque sarebbe quanto mai auspicabile quale necessario complemento al monitoraggio chimico.

Può infine essere interessante effettuare uno schematico calcolo sulle possibili conseguenze che avrebbero opere di regimazione e di depurazione sulle acque dell'Arno nell'area fiorentina. Gli scenari possibili compaiono nella Fig. 7. Si ipotizzano condizioni di magra molto spinta, tali che la portata dell'Arno alle porte di Firenze sia pari a 2 mc/s: è questa la portata che viene prelevata dagli impianti dell'acquedotto e che viene restituita al fiume a valle, riducendosi la portata praticamente a zero nell'attraversamento della città. Il livello di inquinamento iniziale è valutato (con arrotondamento) in 10 mg/l di COD, quello dei liquami in 200 mg/l, si ammette con qualche ottimismo che durante il percorso in fogne e fossi il liquame stesso subisca una qualche autodepurazione e una sedimentazione che portino il livello di COD a 100 mg/l. È questa la concentrazione che dovrebbe rilevarsi nel tratto di Arno nell'area di San Donnino e Signa ed in effetti in condizioni drastiche di siccità valori del genere oggi si riscontrano, come furono riscontrati anche anni addietro.

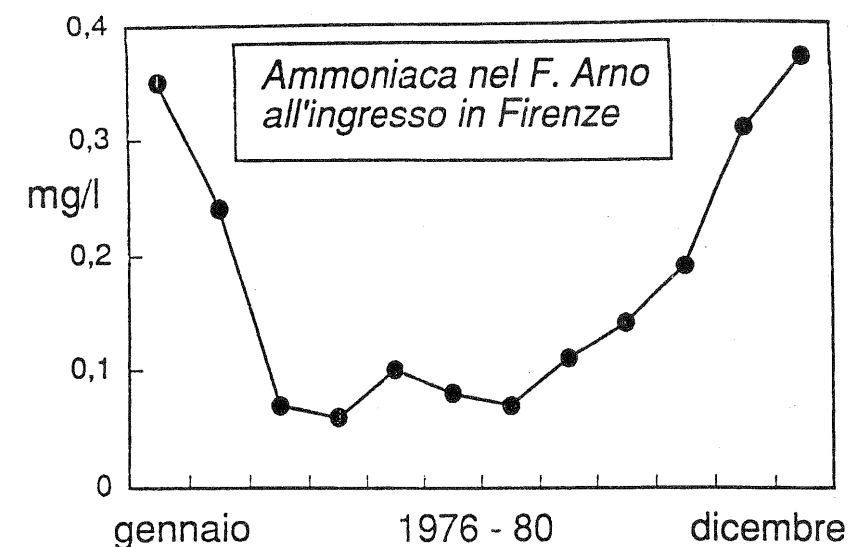


Fig. 6 - Concentrazioni medie mensili di ammoniaca rilevate nelle acque dell'Arno in corrispondenza degli impianti di potabilizzazione di Firenze a monte della città nel quinquennio 1976-80.

Una regimazione come quella ottenibile con l'invaso di Bilancino dovrebbe permettere di garantire una portata minima pari a 8 mc/s anche in regime di magra; prudentemente si ammetterà che tale portata mantenga il livello di inquinamento di 10 mg/l di COD. Lo scenario B in Fig. 7 indica un valore di 32,5 mg/l quale risultante alla immissione dei liquami non depurati nell'Arno. Nel caso invece di porre in opera la sola depurazione (scenario C), il fiume a valle dovrebbe trovarsi ancora ad un livello elevato di 40 mg/l di COD, nell'ipotesi che la depurazione, non troppo spinta se ristretta all'impianto biologico tradizionale, sia capace di abbattere l'80% degli inquinanti. In tal caso non si è considerata l'autodepurazione nelle fogne e nei fossi in quanto il depuratore scarica direttamente nell'Arno. Infine lo scenario D: soltanto la messa in opera sia della depurazione che della regimazione può portare il fiume a valle di Firenze sotto i 20 mg/l di COD. Si tratta di un livello di inquinamento che, pur sensibile, permette al fiume di definirsi ancora un corso d'acqua e non un collettore di liquami, anche quando le condizioni climatiche risultano le peggiori possibile.

**Effetto della regimazione o/e della depurazione sulla qualità delle acque del fiume Arno a valle di Firenze in condizioni estreme di siccità.**

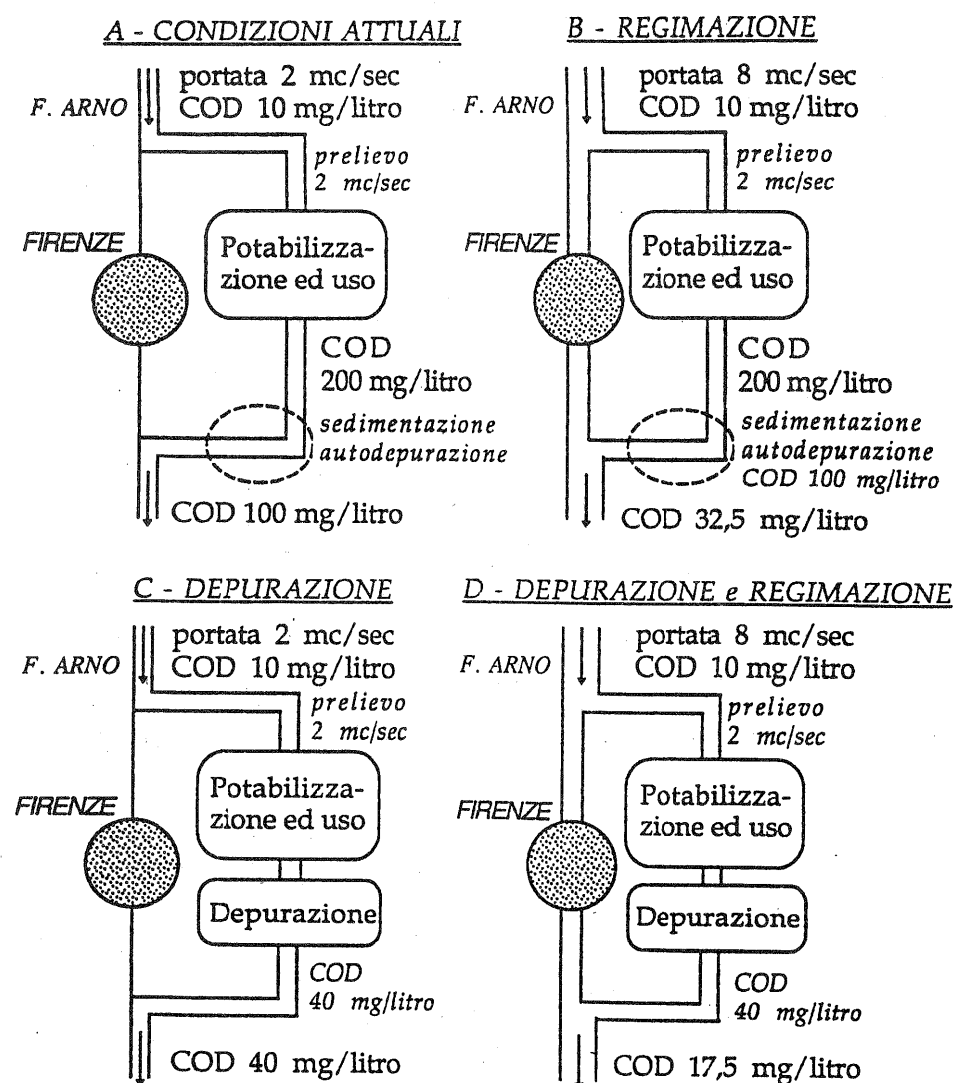


Fig. 7 - I vari scenari sul livello di inquinamento dell'Arno nell'area fiorentina in assenza e in presenza di regimazione del fiume e/o depurazione dei liquami fognari.

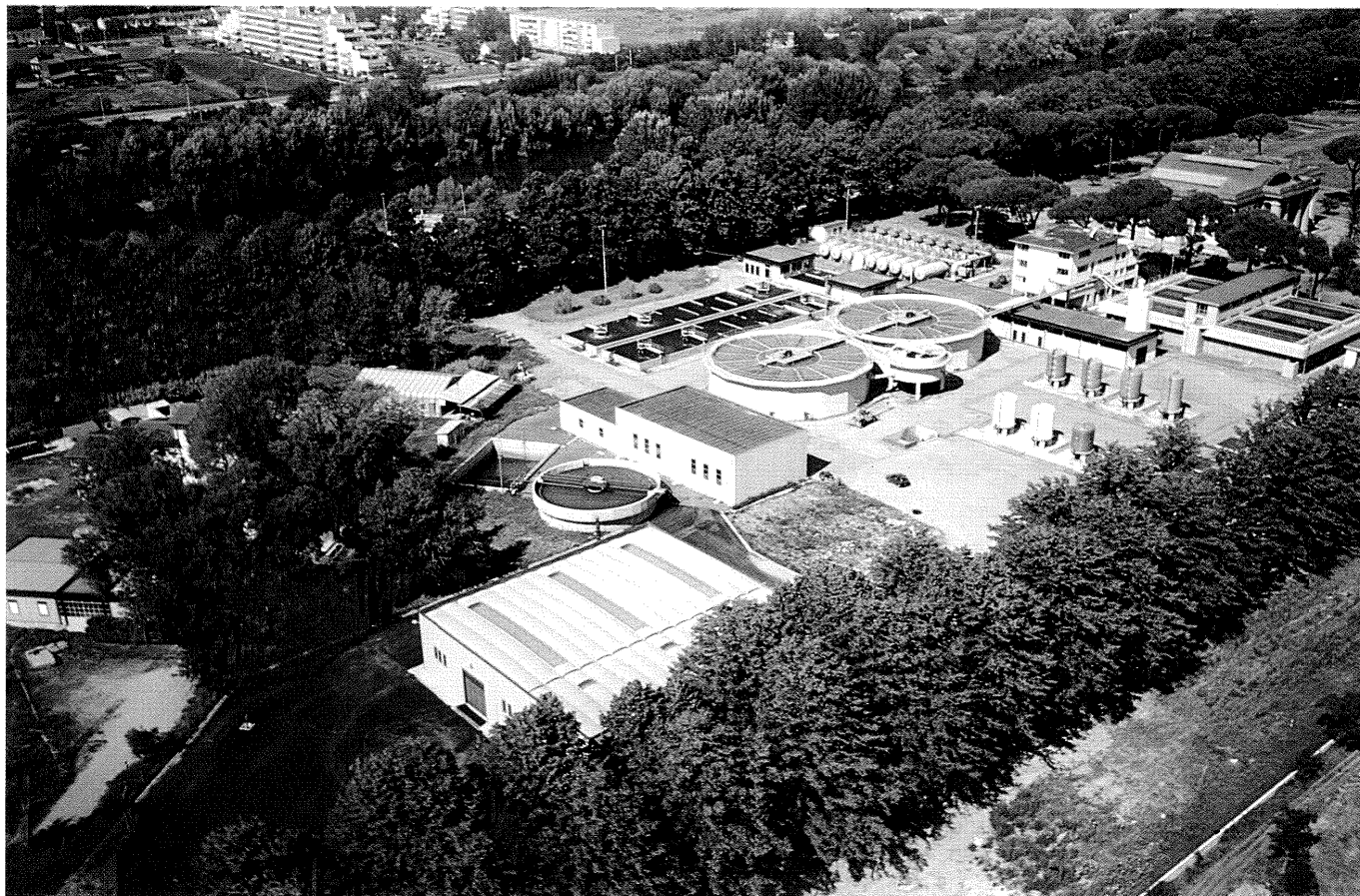
La considerazione conclusiva che deriva da tutto quanto sopra riportato appare assai poco confortante. Le condizioni di inquinamento dell'Arno debbono definirsi, ancora oggi negli anni novanta, critiche e preoccupanti. Se è vero - ed i rilevamenti numerosissimi sono a dimostrarlo - che i punti nodali, dove tale inquinamento mostra valori di punta sono situati a valle di Firenze, tuttavia anche a monte della città, dove si dovrebbero presumere e si sono finora usualmente ammesse condizioni accettabili, l'Arno presenta situazioni di consistente degrado. In particolare nei periodi di magra del fiume - quali si verificano praticamente ogni anno tra fine estate e incipiente autunno - il livello di inquinamento non appare molto dissimile da quello che si riscontra nel comprensorio Firenze - Prato, dove è arcinoto che si registrano costantemente i valori massimi. D'altra parte un comprensorio come quello fiorentino - e comunque tutta la vallata dell'Arno - fittamente abitato e denso di insediamenti produttivi, caratterizzato altresì da una presenza di elevati valori artistici, storici e paesaggistici non può sopportare il soffocamento da parte di un troppo grave degrado delle qualità ambientali.

Dalla continua esperienza di chi è interessato al rilevamento delle condizioni in cui versa il fiume non può che scaturire un pressante invito a provvedere.

## BIBLIOGRAFIA

- ASSOCIAZIONE INTERCOMUNALE AREA FIORENTINA (1987): *Indagine di studio: Sieve - Arno - Bisenzio*. 4 vol. AIF, Firenze.
- BUONOMINI G., PASSARO A. e LAPUCCI P.L. (1953): *Il problema dello smaltimento dei liquami delle concerie*. Ingegneria Sanit., 1 (6), 13-24.
- CELLINI LEGITTIMO P., DEL PANTA S. e PANTANI F. (1991): *Assessment of the water quality of the river Arno in the area of Florence, Italy*. Chemistry and Ecology, 5, 185-195.
- FAGGIOLI G., MARTORANA F. e CASATI E. (1959): *Il problema degli scarichi liquidi industriali nella zona pratese*. Atti 21° Congr. Naz. Igiene, Firenze, p.171.
- MANCINI P. e PANTANI F. (1982): *Microdeterminazioni di tensioattivi anionici nel fiume Arno in corrispondenza dell'attraversamento della città di Firenze*. Riv. Merceol., 21, 41-52.
- NARDINI A., SONCINI SESSA R. e BACCI M. (1990): *Inquinamento fluviale: realizzazione e uso di modelli matematici*. Giunta Reg. Toscana-Marsilio Ed., Firenze, p. 21-57.
- PANTANI F. (1980): *Inquinamenti idrici della Toscana: un addendum alla mappa regionale*. Boll. Ingegneri, 28 (4), 11-19.
- PANTANI F. (1989): *Il punto sulla qualità delle acque dell'Arno*. Acqua e Aria, 10, 1167-1172.
- PANTANI F., BARBOLANI PICCARDI E., DEL PANTA S., ZACCARIA P. e GRIFFINI O. (1981): *Caratterizzazione dell'acqua del fiume Arno agli impianti di potabilizzazione di Firenze*. Riv. Ital. Igiene, 41, 161-172.
- PANTANI F., PETRALLI A. e GRIFFINI O. (1975): *L'approvvigionamento idrico di Firenze in relazione alle portate dell'Arno in periodo di magra*. Inquinamento, 17 (9), 37-40.
- REGIONE TOSCANA (1974, 1976): *Mappa degli inquinamenti idrici della Toscana*; voll.1 e 2. Firenze.
- REGIONE TOSCANA (1987): *Mappaggio biologico: strumento di valutazione della qualità delle acque correnti*. Atti Conv. 4 aprile 1986, Firenze.
- SIGNORINI L.F. e GRASSO C. (1965): *Sulle caratteristiche dell'acqua del medio corso del fiume Arno*. Riv. Ital. Igiene, 25, 138-156.





Firenze - L'impianto di Mantignano potabilizza le acque dell'Arno, contribuendo, insieme all'impianto principale dell'Anconella, ubicato più a monte (cfr. pag. 14), all'approvvigionamento idrico della città.

Firenze - Panoramica sull'Arno verso il Parco delle Cascine.



## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA DELL'ARNO TRA FIRENZE E GLI INVASI ENEL DI LEVANE LA PENNA (AR) DURANTE L'EVENTO SICCIOSO DEL SETTEMBRE 1992

Il 25 e 26 settembre 1992 si è verificata una moria di pesci, particolarmente evidente nel tratto dell'Arno che attraversa Firenze, a valle di Ponte Vecchio. Tale fenomeno è proseguito nei giorni immediatamente successivi e si è spostato fino oltre la città di Empoli. Più a valle, tra Fucecchio e Pisa, le analisi dell'USL 12, alla fine di agosto e di settembre 1992, hanno registrato una caduta della quantità di ossigeno disciolto che è arrivato alla soglia di sopravvivenza della fauna ittica.

Il fenomeno non è nuovo e si ripete negli anni con una certa frequenza in tratti diversi del fiume(\*).

L'Autorità di Bacino ha voluto documentare come si presentava il fiume per non perdere la memoria dell'evento e stimolare possibili interventi atti a mitigare l'inquinamento dell'Arno.

Se la scarsa depurazione riscontrata nel tratto aretino e a monte di Firenze può essere considerata transitoria, in quanto è previsto l'allacciamento di impianti in fase di realizzazione o già in programma e finanziati, purtroppo la situazione a valle è oggi di non rapida soluzione. I tempi per realizzare la depurazione di Firenze e dell'area fiorentina non potranno infatti essere inferiori ad alcuni anni e dovranno essere reperiti finanziamenti consistenti.

Il Comune di Firenze, da parte sua, ad oggi ha costruito 1.500 metri del collettore emissario di destra dell'Arno che, a lavori ultimati, misurerà 8.200 metri. L'opera, una volta realizzata, convoglierà le acque fognarie della città situata sulla riva destra dell'Arno al previsto depuratore consortile di San Colombano.

I lavori, per un importo di circa 40 miliardi di lire, dovrebbero concludersi tra due anni.

Inoltre lo stesso Comune ha iniziato il risanamento della rete idraulica e fognaria e in riva sinistra d'Arno ha realizzato circa 2.000 metri del nuovo emissario, raccogliendo gli scarichi di fronte al Parco delle Cascine, (trasferiti però, in mancanza del depuratore, solo più a valle) e progettando l'intera ricostruzione dell'emissario da Gavinana al confine comunale verso S. Colombano.

Stando così le cose, un miglioramento (comunque non sufficiente) della qualità delle acque dell'Arno nei periodi siccitosi, quale quello documentato, potrà essere raggiunto in tempi ragionevoli solo se sarà completato l'invaso di Bilancino sul fiume Sieve (iniziato nel 1984) : esso potrà incrementare le portate di magra del fiume, abbassando di fatto la concentrazione dell'inquinamento.

A conclusione una citazione letteraria da "Il Marinaio di Gibilterra" di Marguerite Duras, ambientata in un' estate dell' immediato dopoguerra:

*"...i pesci decisamente morti dell'Arno appestavano con sincerità l'aria di Firenze".*

*"...Morirono molti pesci, allo zoo morì uno scimpanzé, persino i pesci morirono asfissati, impazzendo l'Arno..."*

*"...avevo soprattutto voglia di vedere i pesci crepati che galleggiavano sull'acqua. Vi giunsi, dal lungarno li vidi..."*

*"...In quanto all'Arno aveva ben poco in comune con quello di Pisa, con quello della mia gioventù in somma. Una porcheria, pensai, un rivolo d'acqua e per di più pieno di pesci morti. È l'Arno, dissi tra me malvolentieri."*

\* Durante la stampa di questo Quaderno si è verificato un nuovo evento siccitoso nell'Arno, particolarmente grave nelle ultime due decadi del mese di agosto 1993, con acque al limite della sopravvivenza della fauna ittica. Sono stati messi in atto i seguenti provvedimenti:

1) ordinanze provinciali per la riduzione degli attingimenti per usi agricoli, con impegno particolare delle province di Arezzo e di Firenze;  
2) interventi sperimentali di ossigenazione delle acque dell'Arno nel centro di Firenze, a valle della Pescaia di S. Rosa, al primo manifestarsi dell'asfissia della fauna ittica, coordinati tra l'Autorità di Bacino, il Dipartimento Ambiente della Regione Toscana, l'Assessorato all'Ambiente della Provincia di Firenze, il Servizio Multizonale di Firenze e il Comando dei Vigili del Fuoco.

I risultati del primo provvedimento sono stati positivi, ma hanno evidenziato limiti attuativi e necessità di programmazione e di coordinamento da mettere in atto preventivamente tra organismi diversi.

I risultati del secondo provvedimento sono stati incoraggianti, evitandosi la moria della fauna ittica sulla base dell'esperienza maturata la provincia di Firenze si attrezzerà per operare in situazioni analoghe che si verificassero in futuro.

Altri enti (province, comuni, etc.) potranno essere coinvolti per interventi analoghi in diversi tratti dell'Arno, degli affluenti e dei canali che coinvolgono acque con reflui civili e industriali.





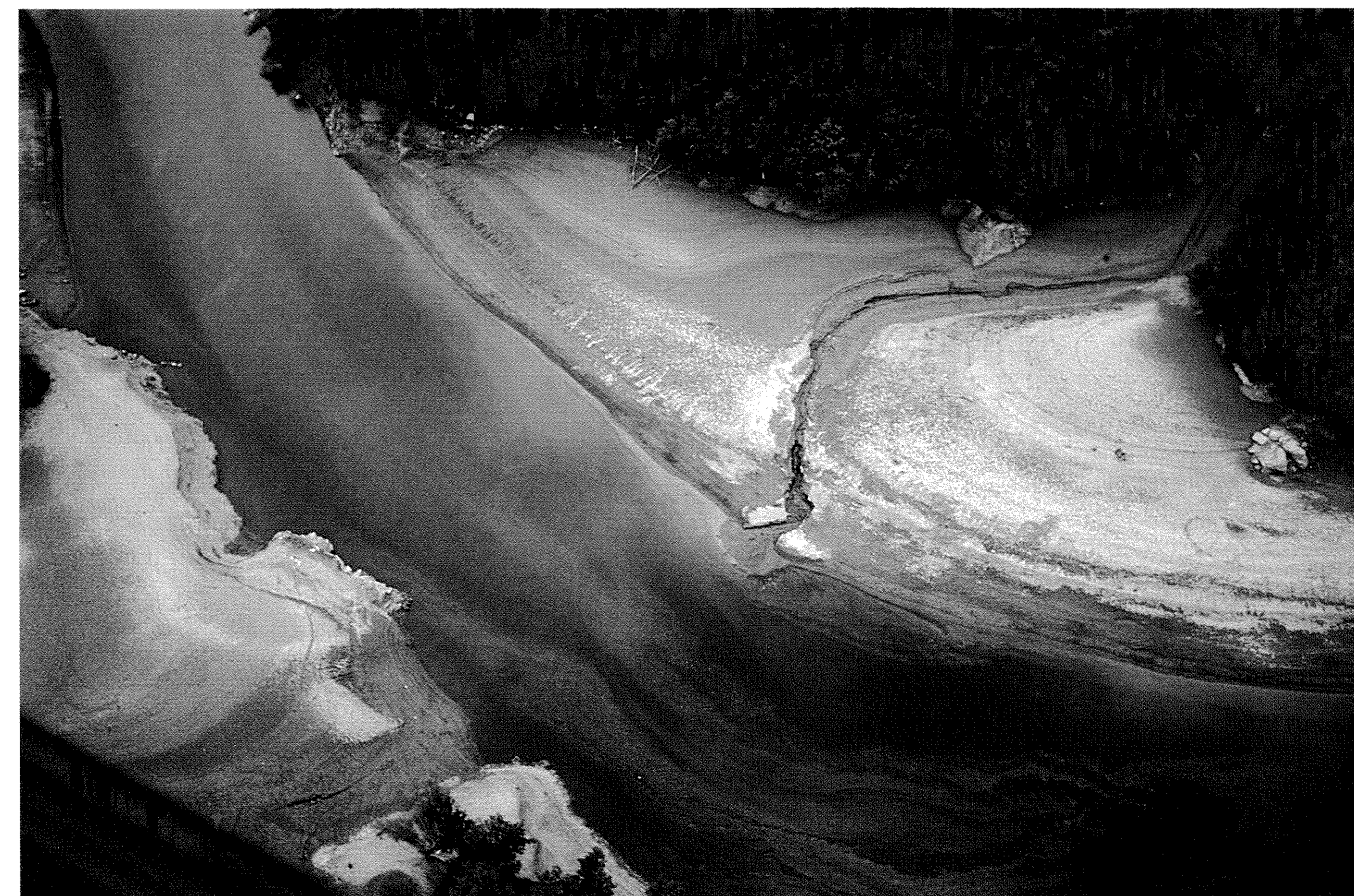
L'invaso ENEL di La Penna, lungo l'Arno a monte di Montevarchi (AR), il 26 Settembre 1992 durante il periodo di siccità illustrato. L'impianto avrebbe una capacità totale di 16 milioni di mc (capacità utile di 9,8 milioni di mc), ma è interessato da un avanzato processo di interrimento (4,5 milioni di mc).

La diga e l'invaso di La Penna, lungo l'Arno a monte dell'invaso di Levane (26 settembre 1992).

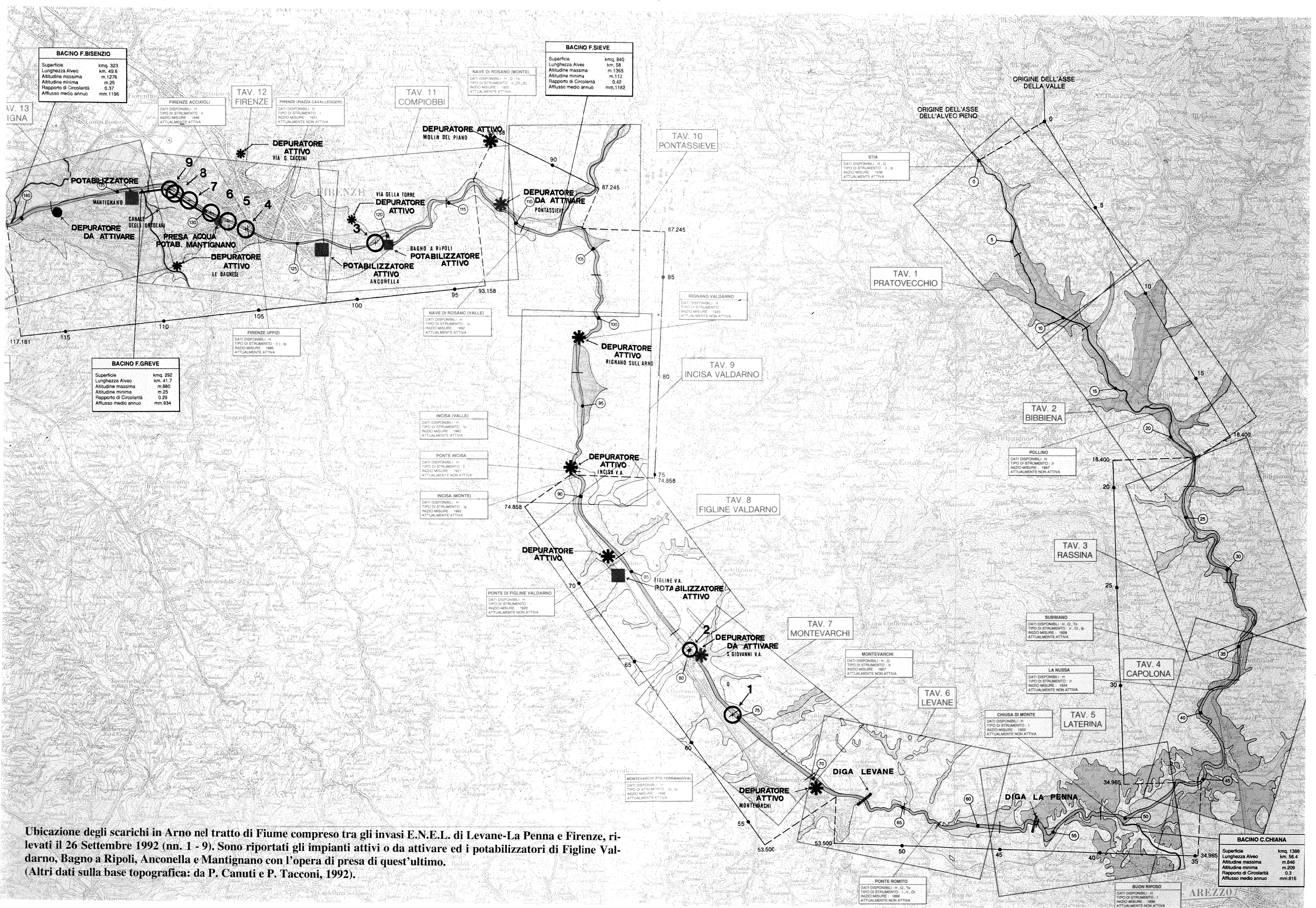


La diga ENEL di Levane (capacità totale di invaso 4,9 milioni di mc - capacità utile 3,5 milioni di mc) e lo scarico di acqua in Arno il 26 settembre 1992, valutato in circa 1,5-2 mc/s. L'interrimento è pari a 1,5 milioni di mc.

Acqua e fango presenti in un ramo laterale dell'invaso di Levane il 26 settembre 1992.







Ubicazione degli scarichi in Arno nel tratto di Fiume compreso tra gli invasi E.N.E.L. di Levane-La Penna e Firenze, rilevati il 26 Settembre 1992 (nn. 1 - 9). Sono riportati gli impianti attivi o da attivare ed i potabilizzatori di Figline Valdarno, Bagno a Ripoli, Anconella e Mantignano con l'opera di presa di quest'ultimo. (Altri dati sulla base topografica: da P. Canuti e P. Tacconi, 1992).





L'Arno alla confluenza con il Borro al Quercio, tra Montevarchi e S. Giovanni Valdarno (Arezzo), a valle della diga di Levane (26 settembre 1992).

L'immissione del Borro al Quercio convoglia nell'Arno una parte degli scarichi fognari della zona di pianura a valle di Montevarchi (AR) (26 settembre 1992). La situazione documentata è risultata transitoria, essendo previsto l'allacciamento a breve termine al depuratore consortile di S. Giovanni Valdarno, situato a valle, sulla riva destra del fiume.



Le condizioni di magra del fiume a S. Giovanni Valdarno con portata di 1,5 - 2 mc/s (26 settembre 1992).

L'immissione del torrente Vacchereccia convoglia nell'Arno scarichi fognari provenienti da S. Giovanni Valdarno. Di fronte, sulla riva destra del fiume, il depuratore consortile (30.000 abitanti equivalenti) che, una volta allacciato, dovrebbe trattare in tutto o in parte i liquami di Montevarchi, S. Giovanni Valdarno, Terranova Bracciolini, Bucine, Caviglia e frazioni minori ( 26 settembre 1992).







Particolare della figura precedente (26 settembre 1992).



Particolare della figura precedente (26 settembre 1992).

Particolare delle figure precedenti, che evidenzia, sotto il ponte, l'immissione degli scarichi fognari nel Torrente Vacchereccia e poi nell'Arno (26 settembre 1992).



Potabilizzatore di Bagno a Ripoli sulla riva sinistra dell'Arno (26 settembre 1992).







Firenze - L'Arno alla Pescaia di Santa Rosa, a valle del potabilizzatore dell'Anconella (26 settembre 1992).

Firenze - Particolare della figura precedente. La portata del fiume, intorno a 2,5 mc/s a monte dell'Anconella, è stata prelevata dagli impianti dell'acquedotto e verrà in parte restituita al fiume a valle della Pescaia (v. pag. 79), riducendosi praticamente a zero nell'attraversamento della città (26 settembre 1992).



# Bacino del Fiume Arno

(legge 183/1989; legge 253/1990)

## Organi e struttura dell'Autorità di Bacino

### Comitato Istituzionale

Presidente: Ministro LL.PP. o Ministro Ambiente  
Altri componenti: Ministro Agricoltura e Foreste,  
Ministro Beni Culturali e Ambientali  
(o sottosegretari delegati, Presidente Giunta  
Regione Toscana e Presidente Giunta Regione Umbria  
(o assessori delegati), Segretario Generale.

Adotta criteri, metodi e provvedimenti  
per l'elaborazione del Piano di Bacino..

### Comitato Tecnico

Presidente: Segretario Generale.  
Componenti: Funzionari designati in numero paritetico  
dalle amministrazioni statali e regionali ed esperti  
nominati dal Comitato Istituzionale.

Organo di consulenza del Comitato Istituzionale.  
Provvede alla elaborazione del Piano di Bacino.

### Segretario Generale

- 1 - Provvede al funzionamento della A.d.b.
- 2 - Istruisce gli atti di competenza del Comitato Istituzionale, cui formula proposte.
- 3 - Cura i rapporti, ai fini del coordinamento delle rispettive attività, con le amministrazioni statali, le regioni e gli enti locali.
- 4 - Cura l'attuazione delle direttive del Comitato Istituzionale.
- 5 - Riferisce al Comitato Istituzionale sullo stato di attuazione del P. di B. ed esercita il potere di vigilanza delegatogli dal Comitato Istituzionale.
- 6 - È preposto alla Segreteria Tecnico-Operativa.

### Segreteria Tecnico-Operativa

Presidente: Segretario Generale

Ufficio Segreteria

- A) - Servizio Segreteria e Promozione
- B) - Servizio Economato, Ragioneria e Contratti
- C) - Servizio Archivio e Protocollo

Ufficio Studi e Documentazione

- A) - Sezioni Studi Specifici
- B) - Sezione Sistema Informativo

Ufficio Piani e Programmi

- A) - Sezione Piani
- B) - Sezione Programmi

### COMITATO TECNICO AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME ARNO

Segretario Generale (Presidente)

Prof. Raffaello Nardi

Ministero LL.PP.

Ing. Ernesto Reali  
Prof. Ranieri Favilli  
Prof. Valerio Milano

Ministero Ambiente

Dott. Raffaele Ventresca  
Prof. P.Giorgio Malesani  
Prof. Francesco Pantani

Ministero Agricoltura e Foreste

Dott. Umberto Poggi  
Prof. Ervedo Giordano

Ministero Beni Culturali e Ambientali

Arch. Ruggero Pentrella  
Ing. Alberto Cioli

Regione Toscana

Arch. Marta Cecchini  
Ing. Pierluigi Giovannini  
Dott. Maria Naresse Filasto  
Prof. Ing. P. Giuliano Cannata  
Prof. Paolo Leon  
Prof. Stefano Marsili Libelli

Regione Umbria

Ing. Angelo Viterbo  
Prof. Paolo Tacconi

Bocca d'Arno (Marina di Pisa). La foce del fiume e la spiaggia sul lato di S. Rossore.

