



AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME ARNO

PIANO DI BACINO DEL FIUME ARNO

Rischio Idraulico

SINTESI DEL PROGETTO DI PIANO STRALCIO

Legge 18 maggio 1989, n. 183

Legge 4 dicembre 1993, n. 493

5

luglio 1996

BACINO DELL'ARNO

PIANO DI BACINO DEL FIUME ARNO

Rischio Idraulico

SINTESI DEL PROGETTO DI PIANO STRALCIO

Legge 18 maggio 1989, n. 183 - Legge 4 dicembre 1993, n. 493

SOMMARIO

- ♦ PRESENTAZIONE
Vannino Chiti, *Presidente della Regione Toscana*
- ♦ IL PROGETTO DI PIANO STRALCIO PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO NELL'AMBITO DEL PIANO DI BACINO DELL'ARNO
Raffaello Nardi, *Segretario Generale dell'Autorità di Bacino*
- ♦ SINTESI DEL PROGETTO DI PIANO STRALCIO
 - Considerazioni generali sul rischio idraulico nel bacino dell'Arno
 - Esondazioni: analisi storico-critica
 - Progetti proposti e interventi realizzati per il contenimento del rischio idraulico
 - Obiettivi generali del piano di stralcio
 - Elementi conoscitivi alla base della formulazione delle ipotesi di intervento
 - Strumenti di intervento e opere necessarie per la riduzione del rischio
 - Strategia di piano adottata
 - Verifica idraulica degli interventi di regimazione
 - Programmazione degli interventi e definizione delle risorse necessarie

5 QUADERNI

luglio 1996

Periodico di informazione
dell'Autorità di Bacino dell'Arno

Direttore Scientifico:
Raffaello Nardi

Vicedirettore Responsabile:
Mariella Magi

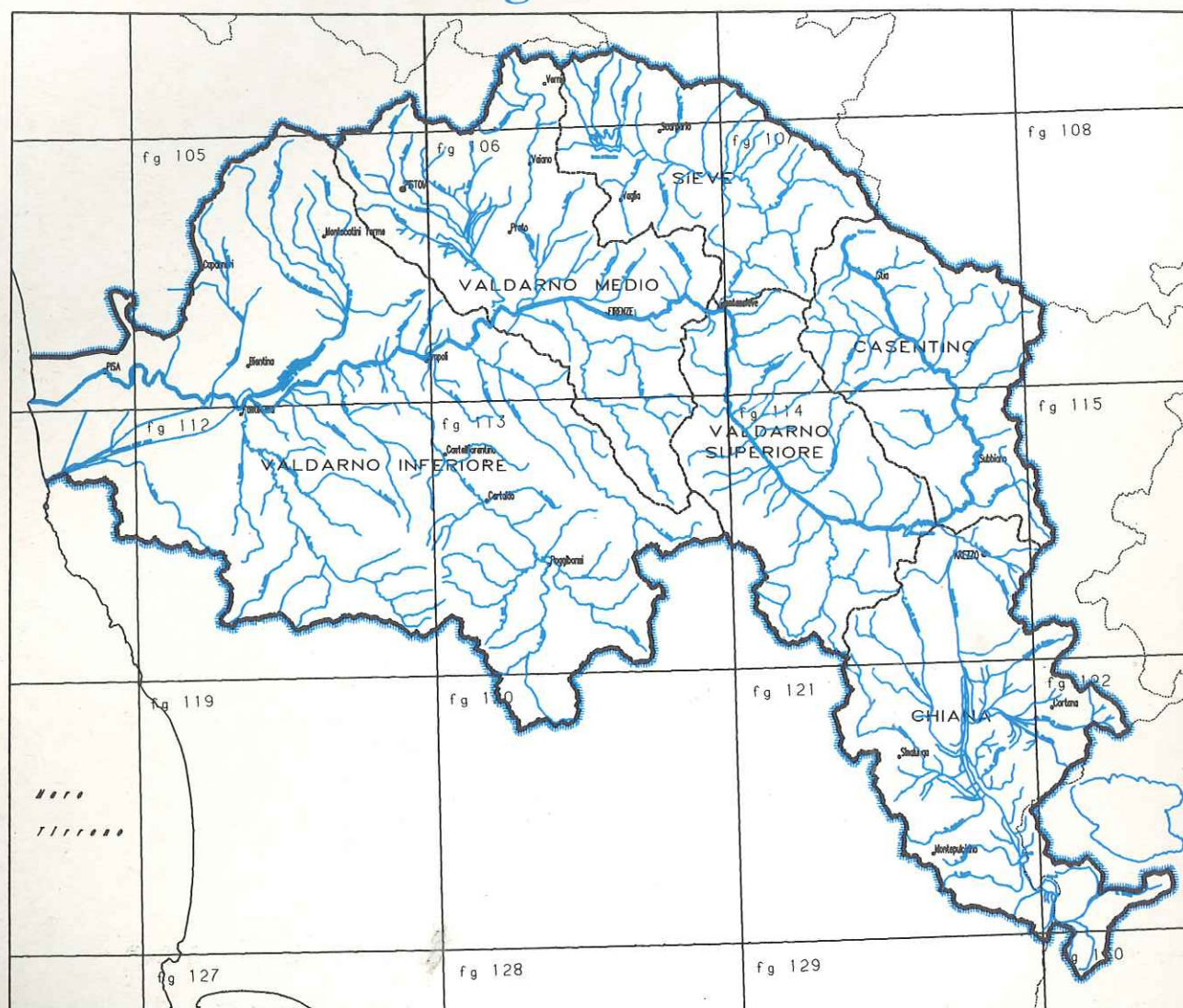
Direzione e Redazione:
Via dei Servi, 15 - 50121 FIRENZE
Tel. 055 - 2381082

Spedizione in abbonamento postale gr. IV - 70%
Reg. Trib. di Firenze n° 4284 del 18-12-92

Stampato su carta senza cloro

In copertina: Carta degli interventi proposti per la riduzione del rischio idraulico nel bacino dell'Arno.

Bacino idrografico del fiume Arno



Il Bacino del fiume Arno, come definito per gli effetti della legge 183/89, comprende il bacino idrografico in senso stretto (pari a 8.228 Km²) e, nella parte terminale, anche la zona situata 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 (L. 183/1989)	9.116 Km ²
Superficie dei sottobacini:	
CASENTINO	883 Km ²
VAL DI CHIANA	1.368 Km ²
VALDARNO SUPERIORE	984 Km ²
VAL DI SIEVE (MUGELLO)	840 Km ²
VALDARNO MEDIO	1.383 Km ²
VALDARNO INFERIORE	2.767 Km ²

Lunghezza asta principale del fiume	241 Km
Pianura	1.410 Km ²
Collina	5.643 Km ²
Montagna	1.175 Km ²
Superficie agraria utilizzata	431.488 ha
Superficie boschiva	350.000 ha
Superficie irrigata	25.000 ha
Fabbisogno idrico per uso industriale	305.300.000 m ³ /anno

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

Fiume Arno

Portata minima a Nave di Rosano (FI)	0,56 m ³ /sec (29-8-1958)
Portata media a Nave di Rosano (FI)	50 m ³ /sec
Portata massima a Nave di Rosano (FI)	3.540 m ³ /sec (4 -11-1966)
Portata minima a S. Giovanni alla Vena (PI)	2,2 m ³ /sec (1931)
Portata media a S. Giovanni alla Vena (PI)	90 m ³ /sec
Portata massima a S. Giovanni alla Vena (PI)	2.290 m ³ /sec (4 -11-1966)
Portata massima valutata a Firenze	4.100 m ³ /sec (4 -11-1966)



Interventi recenti di difesa idraulica - L'Arno e l'opera di presa dello Scolmatore a Pontedera, dopo l'evento alluvionale dell'ottobre 1993. Il canale, completato dopo l'alluvione del 1966, è attualmente in grado di smaltire portate di piena di circa 1.000 m³/s, che sono convogliate direttamente al mare. Esso contribuisce alla messa in sicurezza della città di Pisa e degli abitati a valle di Pontedera.



Interventi recenti di difesa idraulica - Invaso di Bilancino sul fiume Sieve in una foto del 1994. La diga, in materiali sciolti, alta 42 m, con uno sviluppo del coronamento di 720 m, ha un volume di invaso complessivo di 84 milioni di metri cubi, 15 dei quali utili per laminare le piene dell'alta Val di Sieve. Contribuirà inoltre alla regolazione estiva della Sieve e dell'Arno a valle di Firenze, al raggiungimento della "portata minima vitale" del fiume e all'approvvigionamento idrico del comprensorio fiorentino. L'opera è, oggi, in fase di completamento.

PRESENTAZIONE

Eventi alluvionali che si sono tradotti in autentiche catastrofi, come in Versilia e in Garfagnana lo scorso giugno, e che comunque hanno ripetutamente inflitto gravissimi danni a centinaia, migliaia di famiglie, ad attività economiche, ad opere pubbliche. Ma anche periodi prolungati di siccità, che non di rado hanno caratterizzato i mesi estivi, compromettendo delicati equilibri ambientali, comportando seri problemi per l'approvvigionamento idrico potabile.

Tutto questo si sta verificando anche in Toscana da tanti, troppi anni. Eventi definiti frequentemente come calamità naturali, non senza ragione. E che tuttavia - proprio per il loro carattere ricorrente - richiamano anche precise responsabilità dell'uomo, imponendo una maggiore attenzione per tutto quanto riguarda una efficace politica di riduzione del rischio idraulico e, in generale, una corretta gestione del territorio e del ciclo delle acque.

Prevenire, non intervenire dopo, costretti dall'emergenza. E' questa la logica, quanto mai necessaria, con cui la Regione si sta muovendo, lavorando assieme agli enti locali e all'Autorità di bacino nella consapevolezza che la difesa del suolo è problema prioritario ed ineludibile. Una consapevolezza di cui sono testimonianza alcuni atti normativi degli ultimi anni, come la delibera del Consiglio regionale 230/94 relativa al rischio idraulico, come le leggi regionali 50/94 sugli interventi strutturali di messa in sicurezza idraulica, 5/95 sul governo del territorio, 81/95 sulla gestione delle risorse idriche; leggi che hanno visto Regione ed enti locali operare nei rispettivi ambiti con intendimenti comuni, perseguendo finalità importanti per l'intera collettività toscana.

E ne sono testimonianza anche gli impegni finanziari ed operativi che ciascuno si è assunto, anche al di là delle specifiche competenze, per arrivare in tempi brevi alla realizzazione di interventi di prevenzione. Proprio nel bacino dell'Arno e più in generale in Toscana, ad esempio, sono ormai stati ultimati lavori sull'Egola e sul Tora (Pisa), sullo Staggia (Siena), su Fine, Ugione e Cornia (Livorno), sulla Greve (Firenze), e altri ancora avviati con gli accordi di programma previsti sulla base della legge 50 e rispondenti alla logica della prevenzione, piuttosto che all'affanno dell'emergenza. Ma sempre in questa logica è in primo luogo il Piano di bacino a rappresentare lo strumento attraverso il quale perseguire condizioni di "prevedibilità" e "controllabilità" degli effetti conseguenti ad eventi meteorologici anche eccezionali e garantire condizioni di prevenzione del rischio idraulico ed idrogeologico.

Proprio per la sua importanza, l'elaborazione del Piano deve essere effettuata in termini rigorosi e corretti per metodo, articolazione, visione organica ed indirizzi operativi. Deve essere strutturato in modo da consentire e favorire progressive fasi di ottimizzazione e periodiche "revisioni integrali". E questo è il quadro in cui, contestualmente alla pianificazione complessiva, si pone anche la possibilità di proporre "piani stralcio".

L'Autorità di bacino dell'Arno, per prima in Italia tra le Autorità di rilievo nazionale, ha adottato recentemente il progetto di Piano stralcio relativo al rischio idraulico, che segue quelli sulla qualità delle acque e sulle attività estrattive, contribuendo in modo sostanziale alla definizione del Piano di bacino del fiume Arno. Un traguardo che la Regione Toscana ha salutato con grande soddisfazione, consapevole dell'importanza del Piano come strumento indispensabile per una politica che sappia rispondere alle esigenze della difesa del suolo, ma anche della tutela ambientale e dello sviluppo economico.

Siamo consapevoli che perché il Piano sia efficace non basta sia impostato correttamente. Se non fosse dotato di finanziamenti adeguati potrebbe restare sulla carta. La sua possibilità di attuazione, la sua capacità "di non invecchiare" implicano inoltre una forte condivisione delle scelte in esso contenute, la capacità delle amministrazioni di tradurre i contenuti in atti concreti nell'ambito delle proprie competenze.

Per questo motivo la Regione, assieme all'Autorità di bacino, ha ricercato la collaborazione continua con tutti i soggetti interessati al governo del territorio. Una scelta che si è manifestata, ad esempio, con la Conferenza Regionale sull'Arno, nell'aprile dello scorso anno, che ha consentito un confronto tra tutti gli enti interessati già in sede di formazione del Piano.

E poiché il futuro del nostro territorio, della collettività che in esso vive e delle attività che su di esso si svolgono, non può prescindere dall'agire comune e coordinato di tutti i soggetti istituzionali presenti, il mio auspicio è che il percorso di approvazione e attuazione del Piano continui a vederci tutti impegnati con serietà, coerenza, determinazione.

Perché l'Arno non sia più avvertito come una minaccia, ma come una preziosa risorsa.

Vannino Chiti
Presidente della Regione Toscana



Portate di magra dell'Arno - Il fiume alla Pescaia di Santa Rosa in Firenze (26 Settembre 1992). L'Arno, nel periodo Luglio-fine Settembre, si mantiene spesso su portate estremamente basse (ad es. $3 \div 4 \text{ m}^3/\text{s}$ alla sezione degli Uffizi), molto al di sotto della "portata minima vitale", stimata in $8 \text{ m}^3/\text{s}$. L'acqua del fiume diventa uno specchio immobile.



Portate di piena dell'Arno - Il fiume a Pisa durante la piena del 21 Ottobre 1992, quando raggiunse alla sezione degli Uffizi a Firenze la portata di $2200 \text{ m}^3/\text{s}$. L'Arno passa in breve tempo da portate pressoché nulle (cfr. la fig. precedente) a piene come quella rappresentata. Durante l'alluvione del Novembre 1966, a Firenze la portata raggiunse i $4100 \text{ m}^3/\text{s}$.

IL PROGETTO DI PIANO STRALCIO PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO NELL'AMBITO DEL PIANO DI BACINO DELL'ARNO

Raffaello Nardi

Segretario Generale dell'Autorità di Bacino

Il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino ha adottato, il 17 luglio 1996, il progetto di piano stralcio relativo alla riduzione del rischio idraulico, che rappresenta la situazione critica più rilevante del bacino dell'Arno.

Il progetto è stato elaborato secondo quanto previsto dalla legge 18 maggio 1989, n.183, integrata con le leggi 7 agosto 1990, n.253 e 4 dicembre 1993, n.493. Esse consentono che il piano di bacino possa avere uno sviluppo graduale nel tempo riguardo alle sue linee di intervento, attraverso l'attuazione di piani stralcio. Questi possono svilupparsi per settori funzionali o per sottobacini.

L'individuazione dei piani stralcio e la necessità di procedere alla pianificazione attraverso questo strumento operativo non può però prescindere dalla conoscenza globale delle problematiche ambientali e socio - economiche dell'intero territorio e dalla loro interrelazione: da questo quadro conoscitivo generale dipende infatti il complesso delle azioni programmatiche per l'intero bacino.

Per esplicitare questo concetto si consideri, ad esempio, che il progetto di piano per la riduzione del rischio idraulico tende a rallentare il deflusso delle acque meteoriche nei momenti di grande piovosità, laminando le onde di piena attraverso l'esondazione controllata del fiume e degli affluenti nelle casse di espansione ancora realizzabili, conservando nel contempo le aree umide e quelle di contenimento naturale delle acque.

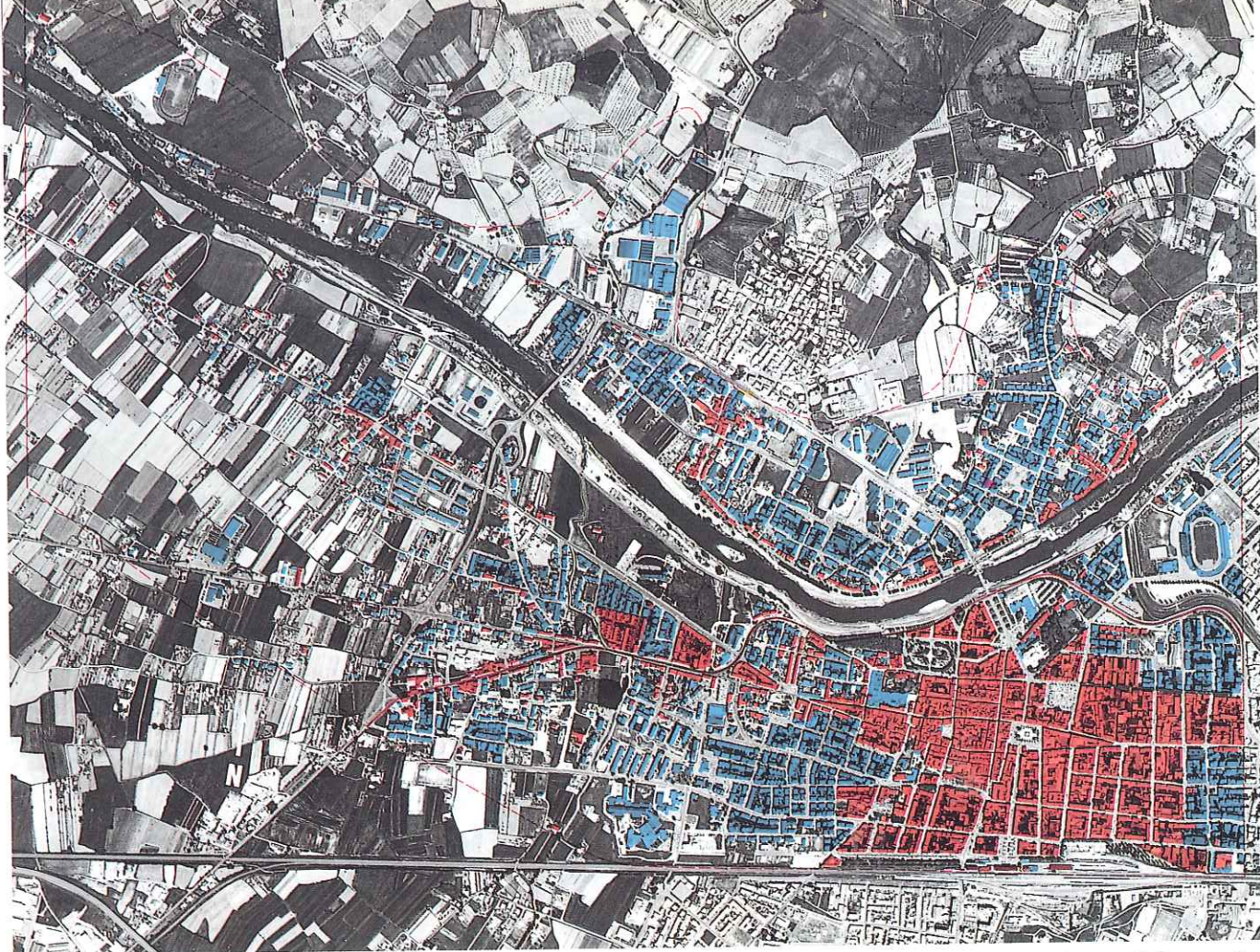
Questo criterio di salvaguardare quanto più possibile i caratteri e le vocazioni proprie dei sistemi naturali ha guidato anche la logica di programmazione del piano riguardante la tutela della qualità delle acque, nel quale si è cercato di abbattere l'inquinamento dei corsi d'acqua sfruttando la capacità autodepurativa del fiume stesso, sapendo che la maggior parte della depurazione, più che attraverso gli impianti, peraltro necessari, avviene per la presenza e l'attività degli organismi che vivono nel fiume. Ciò si raggiunge attraverso la conservazione del loro habitat, la riduzione della cementificazione e il rispetto della naturalità dei terreni golenali e della vegetazione riparia. In tale ottica è ovvio che il risanamento delle acque deve iniziare da quelle correnti interne, poiché il carico inquinante in esse riversato sarebbe altrimenti trasferito alle acque dolci dei laghi e a quelle del mare.

Analogamente con le misure di salvaguardia e i vincoli di non edificazione di alcune parti del territorio si è cercato, oltre che di limitare il rischio idraulico, di mantenere la permeabilità naturale del terreno, di permettere il percolamento delle acque nella falda e di ridurre la velocità dell'acqua nel fiume, aumentando così anche la sua disponibilità ai fini umani, legando in tal modo le problematiche di tipo idraulico a quelle relative alle risorse idriche.

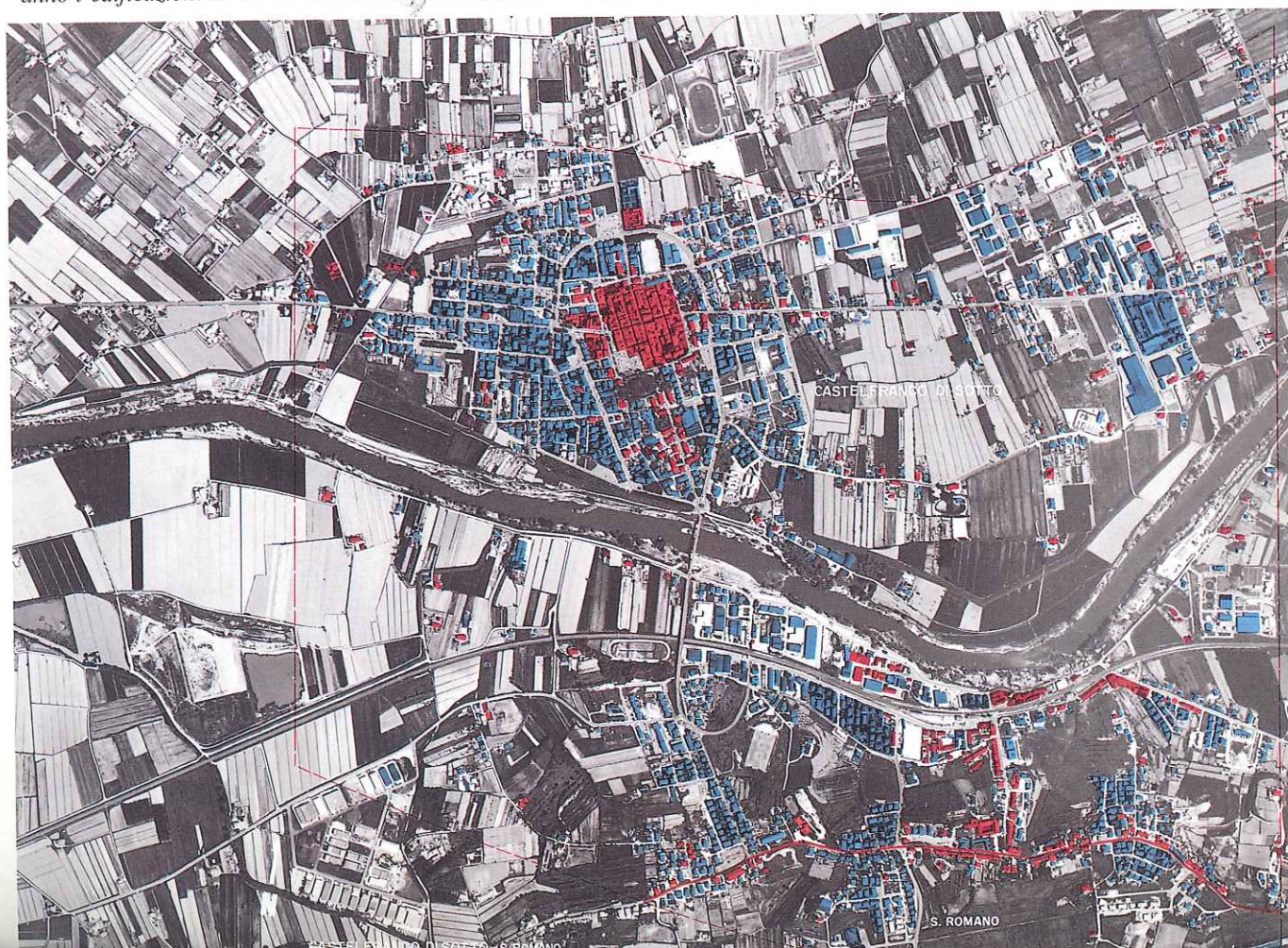
Il piano di bacino deve rappresentare pertanto un giusto equilibrio tra l'individuazione delle opere indispensabili per la riduzione dei rischi e le disponibilità che la natura offre per lo stesso fine.

Nell'ottica della comprensione globale delle problematiche presenti nel bacino dell'Arno, i documenti programmatici relativi ai singoli piani stralcio sono stati perciò preceduti dall'elaborazione di due documenti:

- a - un **documento conoscitivo generale del territorio del bacino e delle relative problematiche**, con riferimento particolare ai problemi di difesa del suolo e di difesa della qualità delle acque. Tale documento contiene anche gli orientamenti previsionali e programmatici relativi agli interventi per l'attenuazione dei livelli di criticità del bacino. Il quadro conoscitivo è oggetto di continui aggiornamenti da parte della Segreteria Tecnica e del Comitato Tecnico, in funzione sia dell'acquisizione di nuovi dati sia dell'affinamento degli stessi.
- b - uno **schema metodologico**, illustrante la struttura, le finalità e gli obiettivi generali del piano, le sue modalità di elaborazione e la sua articolazione, suddivisa per settori funzionali e relativi piani stralcio.



Lo sviluppo dell'urbanizzazione lungo il corso dell'Arno (1954-1973-1993): Empoli (FI) (sopra), Castelfranco di Sotto e S. Romano (PI) (sotto) - In rosso è evidenziato l'edificato presente nel 1954; in azzurro il suo incremento rilevato nel 1973; le trasformazioni successive al 1973 non sono colorate. Le principali trasformazioni del territorio, già in buona parte realizzate nel 1973, sono il risultato indotto dalla legge urbanistica 765/1967, nota come "legge ponte", che consentiva per il periodo di un anno l'edificazione anche in assenza di autorizzazione edilizia nei comuni privi di strumenti urbanistici efficaci.



La sintesi di questo documento è stata pubblicata nel Quaderno "Schema di piano di bacino" (dicembre 1994).

I piani stralcio del piano di bacino dell'Arno sono stati individuati come segue nell'ambito di due settori principali:

ASSETTO IDROGEOLOGICO

- Rischio idraulico (sua riduzione, stabilità degli alvei e delle pianure fluviali)
- Sistemazioni idraulico - forestali
- Stabilità dei versanti (frane)
- Attività estrattiva (programmazione delle escavazioni e loro contenimento attraverso il ripristino ambientale)
- Dinamica costiera e erosione del litorale
- Subsidenza

TUTELA DELLA QUALITÀ DELLE ACQUE

- Qualità delle acque (riduzione dell'inquinamento dei corsi d'acqua e delle falde; protezione della vita acquatica; adeguamento dei sistemi di depurazione)
- Bilancio delle risorse idriche (disponibilità e qualità delle risorse idriche superficiali e sotterranee; ambiti ottimali e approvvigionamento idrico; corretto uso potabile, industriale, agricolo ed energetico)
- Smaltimento dei rifiuti

Le problematiche connesse strettamente con i piani stralcio sopraelencati non esauriscono tuttavia il quadro generale delle aree funzionali del piano di bacino a causa delle relazioni che intercorrono in modo complesso fra i vari settori di intervento e la realtà delle situazioni ambientali del territorio. Ne deriva che ulteriori settori di intervento connessi con i piani stralcio riguardano anche:

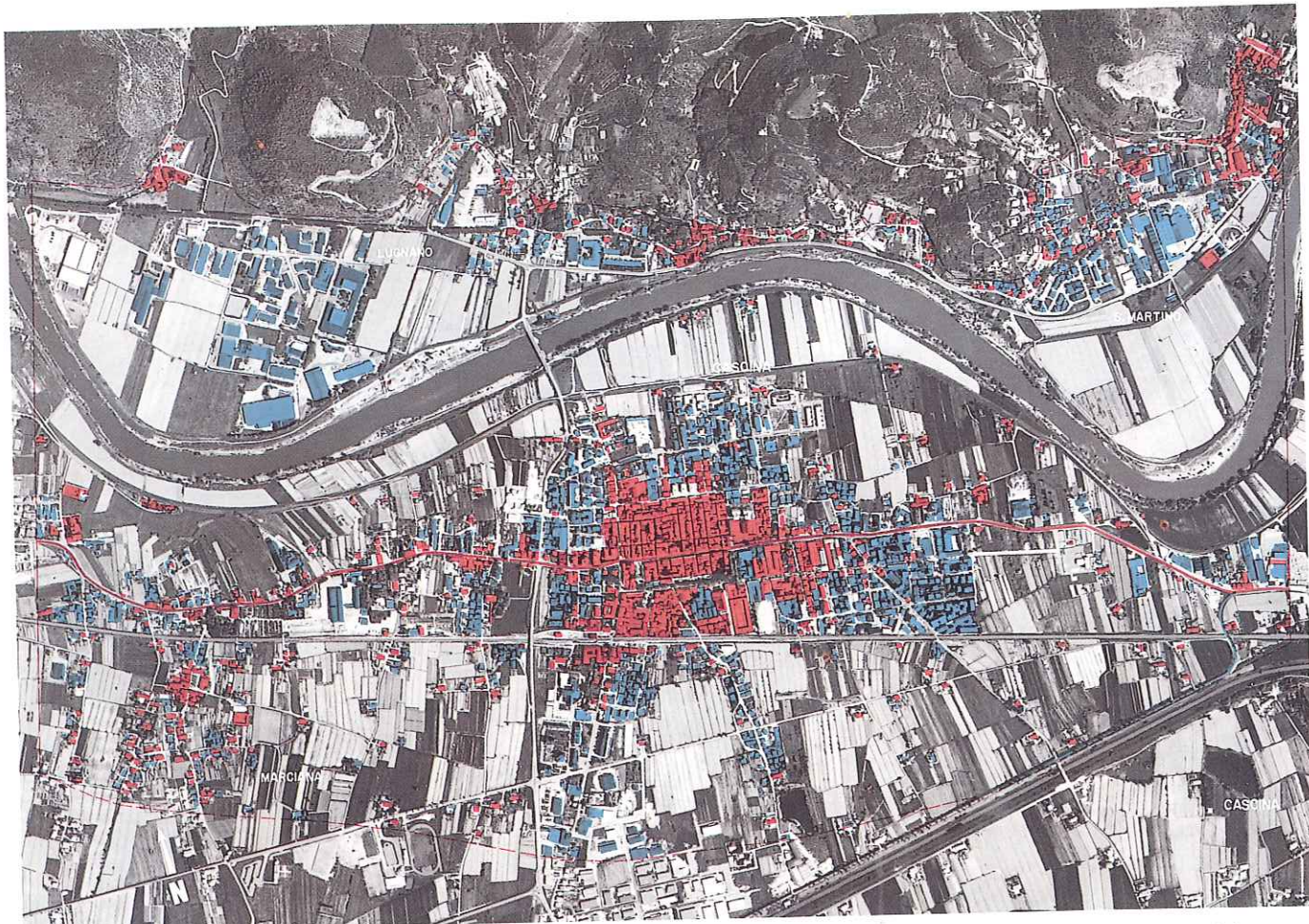
- la protezione delle aree di rilevante valore storico e archeologico
- le aree protette (parchi, riserve) e regole per quelle non protette
- il recupero delle aree degradate e dei suoli inquinati

Il progetto di piano stralcio sulla riduzione del Rischio Idraulico è stato preceduto da quello relativo alla *Qualità delle acque* (la cui sintesi conoscitiva e preliminare è pubblicata nel Quaderno "L'Arno e le sue acque" - luglio 1993) e da quello riguardante l'*Attività estrattiva* ("L'Attività estrattiva nel bacino dell'Arno. Fabbisogno di materiali litoidi e cave" - dicembre 1993): questi progetti, già adottati dal Comitato Istituzionale, sono attualmente in fase di approvazione. Anche i documenti di cui ai punti a) e b) sono stati adottati dal Comitato Istituzionale congiuntamente al progetto di piano stralcio relativo alla Qualità delle acque.

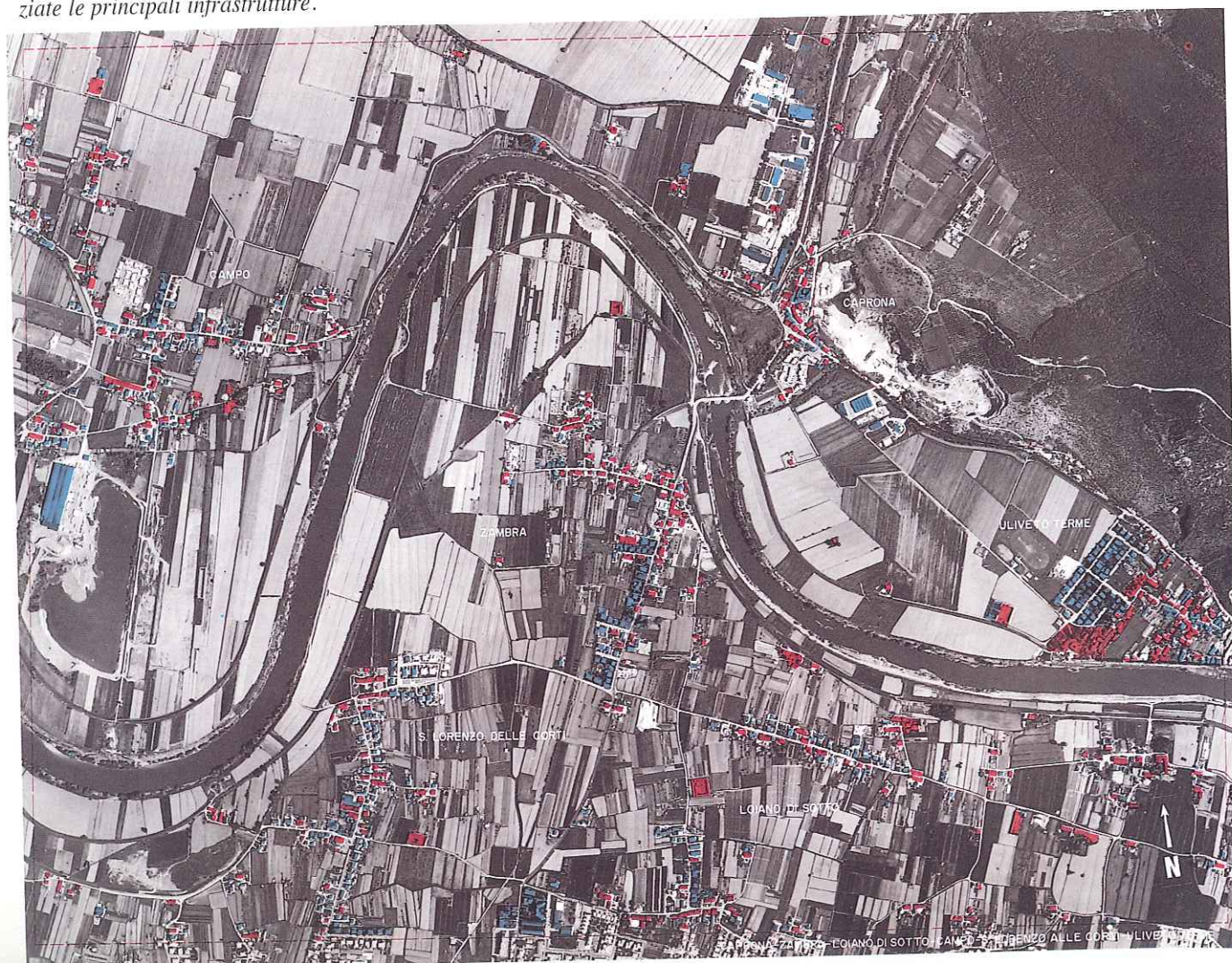
Infatti, l'iter di approvazione del piano di bacino (o dei singoli piani stralcio che lo costituiscono) prevede in prima istanza l'elaborazione del progetto da parte del Comitato Tecnico e della Segreteria Tecnica dell'Autorità di Bacino, successivamente l'*adozione* della proposta da parte del Comitato Istituzionale, cui segue la trasmissione del documento alle Regioni, che provvedono a diffonderlo anche attraverso le Amministrazioni provinciali, per ottenerne la valutazione e le eventuali osservazioni; dopo il possibile recepimento di queste, e tenuto conto degli altri pareri previsti dalla legge (Comitato Nazionale Difesa del Suolo, Consiglio Superiore dei LL.PP.), l'*approvazione* del documento definitivo avverrà da parte del Comitato Istituzionale. Successivamente il piano entrerà in vigore attraverso un decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri.

* * *

Il progetto di piano sulla riduzione del *Rischio Idraulico* fonda la sua strategia nella realizzazione di aree di esondazione controllata: esso è stato presentato e discusso nel corso della prima Conferenza Regionale sul Bacino dell'Arno, tenutasi a Firenze il 5 aprile 1996 e nei seminari provinciali di prepara-



Lo sviluppo dell'urbanizzazione lungo il corso dell'Arno (1954-1973-1993); Cascina e Marciana in sinistra d'Arno e Lignano e S. Martino, in Comune di Vicopisano, in destra (nella foto sopra); Liveto T., Caprona, S. Lorenzo alle Corti, Campo e Loiano (sotto) - In colore rosso è evidenziato l'edificato presente nel 1954; in colore azzurro il suo incremento rilevato nel 1973; le trasformazioni successive al 1973 e presenti nel 1993 risultano sulle fotografie aree non colorate. Con gli stessi colori sono evidenziate le principali infrastrutture.



zione del 15 marzo 1996 (Arezzo), del 22 marzo 1996 (Firenze) e del 29 marzo 1996 (Pisa), organizzati dall'Assessorato all'Ambiente della Regione Toscana.

La strategia del progetto è volta al massimo contenimento del rischio idraulico nell'ambito delle possibilità consentite da una realistica analisi dell'attuale situazione ambientale, sia per quanto riguarda gli aspetti fisici sia per quelli sociali ed economico - produttivi. L'obiettivo degli interventi strutturali è la laminazione delle piene dell'Arno e degli affluenti (anche in condizioni di simultaneità, fortunatamente rare nel senso che il più delle volte non c'è coincidenza fra le piene dell'Arno e quelle degli affluenti) e l'eliminazione dei tratti critici nei confronti della capacità di smaltimento.

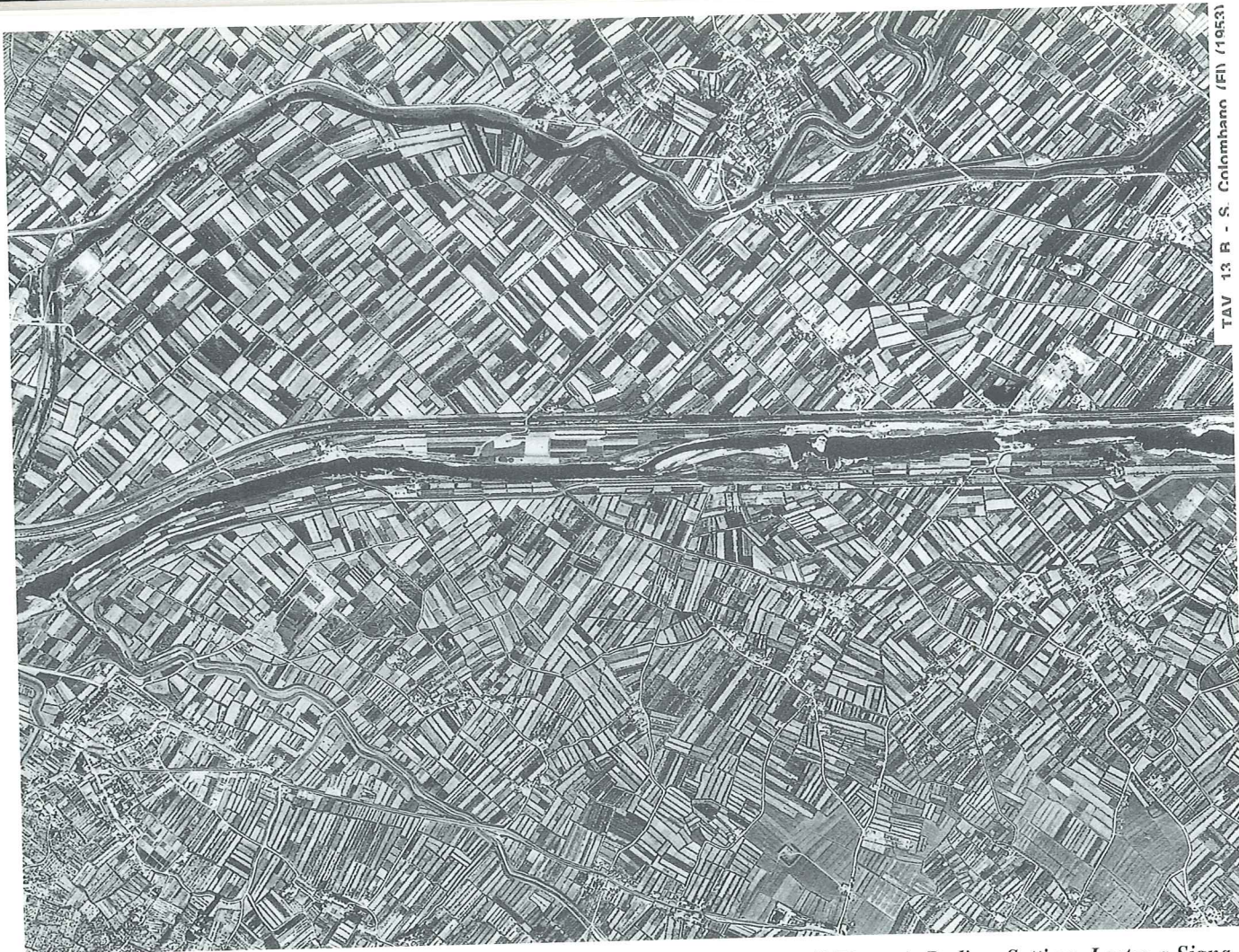
Il progetto di Piano è stato preceduto dal riordino delle competenze idrauliche, che sono alla base della manutenzione (decreto del Ministro LL.PP. del 1 dicembre 1993), dalla programmazione e dal finanziamento del sistema di monitoraggio idrometeorologico in tempo reale (completamento di quello realizzato sull'Arno dalla Regione Toscana alcuni anni fa, efficace specialmente a monte di Firenze), dall'apposizione di vincoli di non edificazione lungo l'Arno, in tratti a rischio o in aree ancora disponibili per far espandere il fiume, sia da parte dell'Autorità di Bacino, ex legge 493/1993 (19 luglio 1994) e sia, su tutto il territorio compresi gli affluenti, da parte della Regione Toscana (delibera del Consiglio Regionale n.233 del 21 giugno 1994).

Il progetto è stato elaborato sulla base di una serie di studi, i più significativi dei quali riguardano:

- 1) il comportamento idrologico dell'Arno nelle situazioni degli eventi meteorologici maggiormente significativi, gli effetti delle aree di espansione sulla laminazione delle piene e la verifica idraulica degli interventi di regimazione;
- 2) il rischio idraulico presente lungo gli affluenti di 1° ordine;
- 3) lo stato attuale delle opere di sistemazione idraulica - forestale nel territorio montano;
- 4) la piovosità e il regime pluviometrico del bacino;
- 5) la valutazione di impatto ambientale degli interventi proposti.

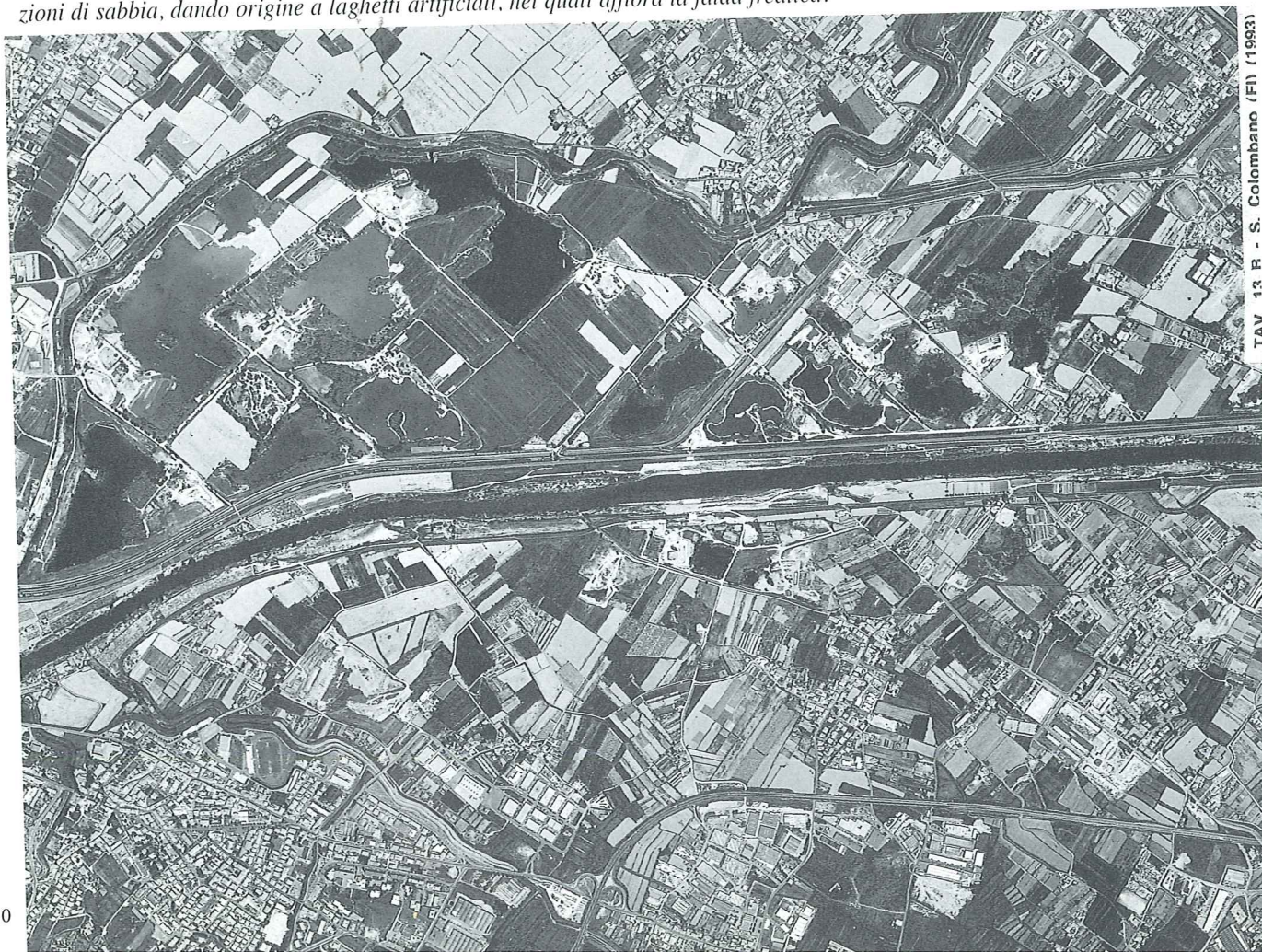
La strategia del Piano è impostata sulle seguenti tipologie di interventi strutturali, oltre che su adeguati **interventi di manutenzione** e di ripristino delle **sistemazioni idraulico - forestali**,

- a) **il potenziamento della capacità di laminazione delle residue aree fluviali** ancora disponibili all'esondazione sia lungo l'Arno, sia lungo gli affluenti, attraverso:
 - la realizzazione di aree ad esondazione controllata lungo l'Arno, per un totale di circa 140 - 155 milioni di m³ utilizzabili per la laminazione dell'onda di piena;
 - la realizzazione di aree ad esondazione controllata lungo gli affluenti per un totale di circa 152 milioni di m³ ;
- b) **il reperimento di capacità aggiuntive di accumulo dei volumi di piena**, attraverso:
 - la realizzazione di uno scolmatore dell'Arno a monte di Empoli, con scarico nel padule di Fucecchio per un volume di invaso utile di almeno 28 - 34 milioni di m³;
 - la costruzione di un analogo scolmatore dell'Arno a monte di Pisa e di Pontedera, con scarico nel padule di Bientina per un volume di 30 - 40 milioni di m³;
 - l'adeguamento dell'attuale scolmatore dell'Arno;
 - la realizzazione di alcuni invasi di laminazione sugli affluenti, talvolta in alternativa alle casse di espansione, con la creazione di un ulteriore volume massimo di circa 24 milioni di m³;
 - il sovralzo delle dighe Enel di Levane e la Penna (AR) con adeguamento degli scarichi di fondo e sfangamento degli attuali invasi per la creazione di un volume massimo di laminazione pari a 43 milioni di m³ (a seconda delle varie ipotesi di intervento);
- c) **l'adeguamento della capacità di contenimento dell'alveo**, attraverso:
 - l'opportuna sistemazione delle strutture arginali nei tratti critici residui, lo sbassamento delle golene,



TAV 13 R - S. Colombano (FI) (1953)

*Trasformazioni del territorio (1954-1993): l'Arno presso S. Colombano (a Ovest di Firenze), Badia a Settimo, Lastra a Signa e Signa - La scomparsa del reticolo idraulico minore e agrario e lo sviluppo edilizio nelle aree di pertinenza fluviale nel confronto tra foto aeree del 1954 (sopra) e del 1993 (sotto).
Nel 1993 ai "Renai", alla confluenza del Bisenzio con l'Arno, l'antica fitta rete di campi ha lasciato il posto a massicce escavazioni di sabbia, dando origine a laghetti artificiali, nei quali affiora la falda freatica.*



TAV 13 R - S. Colombano (FI) (1993)

l'ampliamento locale della sezione idraulica del fiume, prevedendo ad esempio la creazione di parcheggi sotterranei allagabili in alcuni centri storici che presentano residue situazioni a rischio, etc.

Tali interventi rispondono alla duplice esigenza di ottimizzare le attuali disponibilità di riduzione del rischio idraulico, utilizzando aree non ancora urbanizzate come zone da destinare alla laminazione delle piene e di salvaguardare quelle urbanizzate, attualmente soggette al rischio di inondazione.

In questo senso è da considerare che, su un totale di oltre 9.000 Km², quale è il territorio corrispondente al bacino dell'Arno ai sensi della legge 183/1989, la superficie che si è allagata per gli eventi alluvionali, verificatisi a partire dal 1966 fino ad oggi, è stata calcolata pari a circa 1.200 Km².

La possibilità, ancora oggi esistente, di ottenere esondazioni controllate su circa 200 Km² del territorio a rischio (esondazioni che oltre tutto saranno meno frequenti di quello che può avvenire attualmente in mancanza di una strategia di piano coordinata) permetterà pertanto di mettere in sicurezza i rimanenti 1.000 Km² di aree di pianura.

L'effetto complessivo sulla riduzione del rischio sarà in ogni caso determinato dall'entità stessa degli interventi di laminazione che saranno realizzati.

L'obiettivo verrà perseguito in modo graduale attraverso interventi strutturali, articolati in tre fasi della durata complessiva di quindici anni: ciascuna fase prevede un proprio obiettivo intermedio in termini di contenimento di eventi di piena tipici, del tipo di quelli maggiormente significativi verificatisi negli ultimi anni (1966-1992).

Durante il periodo di attuazione del piano saranno inoltre predisposti, realizzati e aggiornati i **piani di emergenza e di protezione civile**.

Gli interventi strutturali saranno accompagnati, onde garantirne in pieno l'efficacia, dall'avvio di iniziative volte a razionalizzare il sistema politico - amministrativo e gestionale per quanto riguarda:

- l'assunzione di adeguati criteri gestionali;
- lo snellimento delle procedure e la semplificazione del sistema normativo;
- il potenziamento e il coordinamento delle strutture operative (Provveditorati OO.PP., Uffici del Genio Civile, Consorzi di Bonifica).

Gli strumenti specifici presi in considerazione dal piano, oltre gli interventi strutturali e i piani di emergenza e di protezione civile precedentemente ricordati, riguardano infatti anche:

Norme politico - amministrative

- riordino delle competenze idrauliche, già attuato con D.M. 1 dicembre 1993, da perfezionare ulteriormente;
- misure di salvaguardia, da quelle già in vigore, sopra ricordate, al loro adeguamento in funzione della realizzazione di tutti gli interventi previsti e delle aree ancora disponibili per una futura ulteriore regolamentazione delle acque;
- regolamentazioni a livello comunale sulle aree a rischio;
- assicurazioni e fondo di solidarietà per adeguati indennizzi in caso di calamità.

Criteri gestionali

- criteri per la realizzazione delle casse di espansione e per gli interventi di laminazione, possibilmente in aree degradate, anche con limitate escavazioni e contestuale sistemazione ambientale;
- criteri per la manutenzione ordinaria e straordinaria, intervenendo per il riequilibrio tra le zone in erosione e quelle in deposito, anche con interventi di rinaturalizzazione;
- criteri per la manutenzione della vegetazione riparia ed in alveo;
- criteri e piani per la risoluzione di tratti critici.



TAV. 14 A - Montelupo F.no (FI) (1954)

Trasformazioni del territorio (1954-1993): l'Arno presso Montelupo Fiorentino, a valle della Gonfolina - La scomparsa del reticolo idraulico minore e agrario e lo sviluppo edilizio nelle aree di pertinenza fluviale nel confronto tra foto aeree del 1954 (sopra) e del 1993 (sotto).



TAV. 14 A - Montelupo F.no (FI) (1993)

Organizzazione e gestione dei sistemi di monitoraggio e di controllo

I sistemi con trasmissione dei dati in tempo reale oggi esistenti (impianti di registrazione idropluviometrica, idrometeorologica e più in generale ambientale; radar meteorologico, etc.), sono numerosi ma gestiti da enti diversi non in condizione di colloquiare. La loro integrazione permetterà di pervenire in tempi brevi e in fasi successive (dalle più semplici a quelle più complesse) ad un **sistema esperto di allertamento e di previsione delle piene**, che possa servire come aiuto al processo decisionale, in caso di rischio, per gli organi preposti alla protezione civile ed anche come informazione ai cittadini, previa opportuna elaborazione dei dati.

In particolare, per quello che riguarda le misure di salvaguardia relative al vincolo di non edificazione nelle aree di pertinenza fluviale e/o a rischio idraulico, il progetto di piano conferma quelle relative alla deliberazione del Comitato Istituzionale n. 46 del 19 luglio 1994 e successive modifiche e integrazioni, che saranno mantenute fino all'approvazione del piano di bacino.

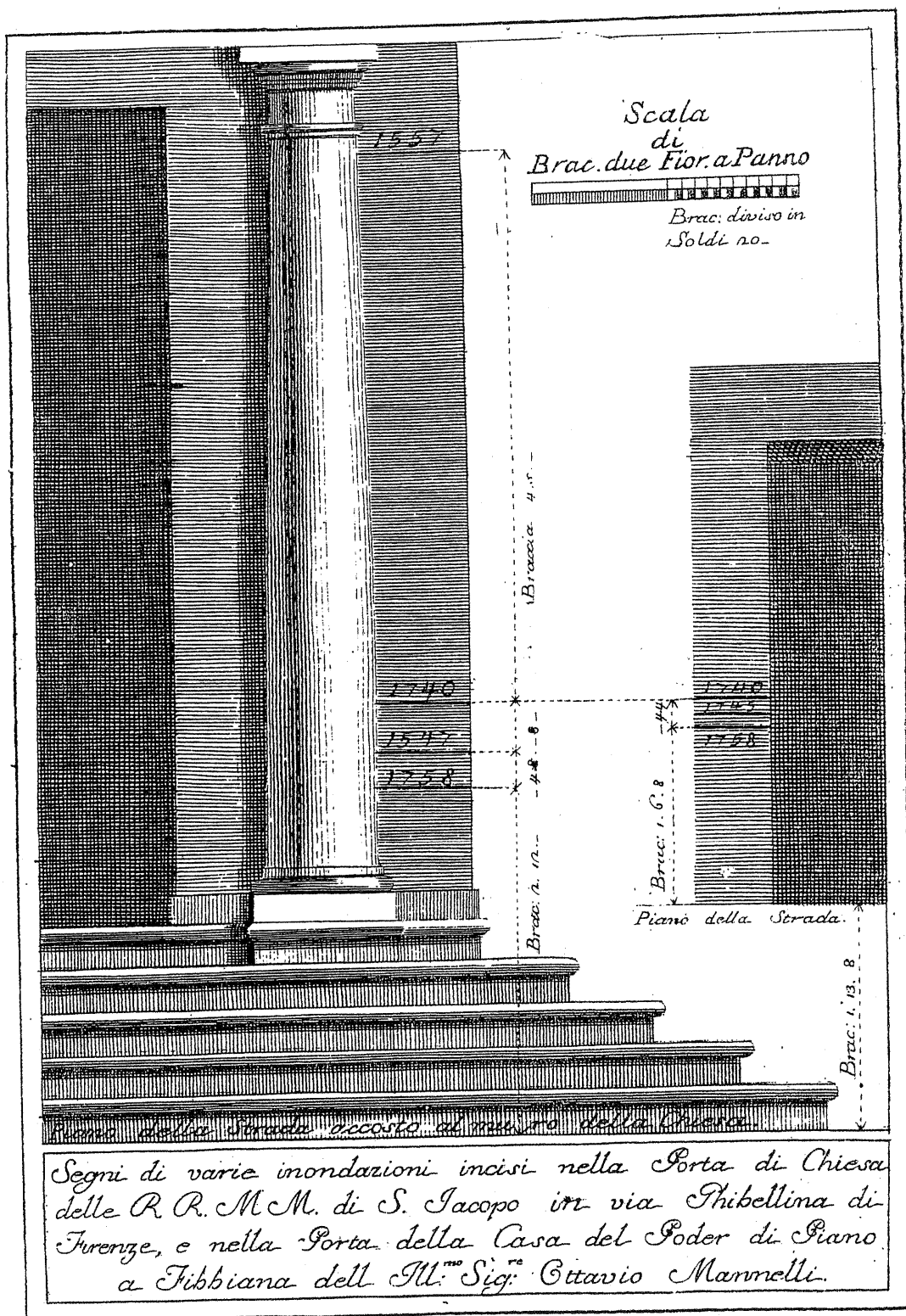
Con l'adozione del progetto di piano è però prescritto agli organi statali, regionali e agli enti territoriali di dare notizia all'Autorità di Bacino circa la previsione e la realizzazione di nuove opere pubbliche di loro competenza e di eventuali concessioni edilizie rilasciate o previste nell'ambito delle aree oggetto degli interventi di regimazione idraulica, pari a circa 200 Km² di territorio.

Il piano, all'atto dell'approvazione, valuterà l'opportunità di un vincolo esteso ad aree più ampie (circa 400 Km², la cosiddetta "salvaguardia allargata"), da preservare per motivi non solo inerenti la riduzione del rischio idraulico ma anche, più in generale, per motivi idrogeologici, di ricarica e di salvaguardia delle falde idriche della pianura, di ristagno delle acque e di capacità di trattenimento delle stesse intorno ai corsi d'acqua durante particolari eventi piovosi.

Il piano, dopo la valutazione delle osservazioni pervenute, stabilirà anche gli interventi da realizzare tra quelli proposti in alternativa, indicati come varianti nel progetto di piano e in particolare sarà definita l'utilizzazione degli invasi ENEL di Levane e La Penna (AR) per la laminazione delle piene dell'Arno, secondo le varie ipotesi di intervento.

Per la realizzazione degli interventi strutturali e non strutturali finalizzati alla riduzione del rischio idraulico, previsti dal piano nell'arco di quindici anni, è stata indicata una spesa complessiva di circa 3.000 - 3.500 miliardi di lire.

Con la pubblicazione di questo Quaderno viene resa nota la sintesi degli studi, delle normative, delle proposte di intervento e dei documenti che costituiscono nelle linee fondamentali il progetto del piano stralcio sul rischio idraulico, nella forma con cui è stato adottato dal Comitato Istituzionale.



Piene storiche dell'Arno - I segni delle piene in Firenze, incisi di fianco alla porta della chiesa dei S.S. Jacopo e Lorenzo in via Ghibellina (da una incisione di F. Morozzi, 1766). Oggi, nello stipite, si legge anche la data dell'alluvione del 1844 (30 centimetri al di sopra della data 1740); l'esondazione del 1966 ha superato il segno di quella del 1557.

PIANO DI BACINO DEL FIUME ARNO

Rischio Idraulico

SINTESI DEL PROGETTO DI PIANO STRALCIO

Legge 18 maggio 1989, n. 183 - Legge 4 dicembre 1993, n. 493

Indice

1 - Considerazioni generali sul problema del rischio idraulico nel bacino dell'Arno	pag.	25
2 - Esondazioni nel bacino dell'Arno: analisi storico critica	pag.	28
3 - Analisi dei progetti proposti e degli interventi recenti realizzati per il contenimento del rischio idraulico	pag.	43
4 - Obiettivi generali del Piano stralcio sul rischio idraulico <i>[Riduzione della frequenza e della portata dei fenomeni - Contenimento dei danni]</i>	pag.	46
5 - Elementi conoscitivi alla base della formulazione delle ipotesi di intervento	pag.	47
5.1 - Piovosità e regime pluviometrico nel bacino dell'Arno	pag.	48
5.2 - La formazione e la propagazione delle piene lungo il corso dell'Arno	pag.	58
5.2.1 - Acquisizione dei dati	pag.	59
5.2.2 - Analisi dei dati. Precipitazioni medie sul bacino dell'Arno per evento di piena	pag.	64
5.2.3 - Modellistica idrologica e idraulica	pag.	76
5.2.4 - La propagazione delle piene lungo il corso dell'Arno: condizioni di deflusso e capacità di laminazione attuali <i>L'evento del novembre 1966</i> <i>L'evento dell'ottobre 1992</i>	pag.	94
5.2.5 - Verifica idraulica dell'Arno nel tratto urbano fiorentino	pag.	94
5.3 - Quadro conoscitivo dei tratti a rischio idraulico degli affluenti di 1° ordine	pag.	97
5.4 - Stato delle opere di sistemazione idraulico - forestale esistenti	pag.	106
5.5 - Aree di pertinenza fluviale lungo l'Arno e gli affluenti	pag.	114
5.6 - Verifica delle compatibilità urbanistico - territoriali	pag.	116
6 - Quadro generale dei possibili strumenti di intervento e delle opere necessarie per la riduzione del rischio idraulico	pag.	131
6.1 - Competenze <i>[Competenza idraulica (autorizzativa e attuativa) completa su tutto il territorio (Provveditorato OO.PP., Genio Civile Regionale, Consorzi di Bonifica, Comunità Montane) - Riordino della classificazione delle opere idrauliche in funzione dell'importanza e delle priorità degli obiettivi da difendere]</i>	pag.	135
6.2 - Normative - Misure di salvaguardia - Direttive - Regolamentazioni a livello comunale - Assicurazioni - Fondo di solidarietà'	pag.	150
6.2.1 - Misure di salvaguardia (ex L. 493/93 e Delibera n° 230/1994) <i>[Mantenimento delle misure in vigore. Prescrizione alle Amministrazioni Comunali di comunicare all'Autorità di bacino eventuali richieste di concessioni edilizie nelle aree oggetto degli interventi di regimazione previsti dal progetto di piano. Idem, per quanto riguarda gli organi statali, regionali e gli altri enti territoriali circa previsioni o realizzazioni di nuove opere pubbliche di loro competenza]</i>	pag.	171

6.2.2 - Adeguamento delle misure di salvaguardia, all'atto dell'approvazione del piano, relativamente a:	pag.	173
- realizzazione di aree per esondazione controllata, casse di espansione e invasi di laminazione [carta delle aree degli interventi]		
- aree di pertinenza fluviale e aree disponibili per la regimazione delle acque [carta delle aree di pertinenza fluviale, etc.]		
6.2.3 - Regolamentazioni a livello comunale:	pag.	173
- Recepimento delle linee guida provinciali dei Piani Territoriali di Coordinamento (P.T.C.)		
- Prescrizioni e regole per il superamento delle situazioni a rischio, per il rilascio delle concessioni per nuove costruzioni e per la conferma dell'abitabilità delle costruzioni esistenti nelle aree allagabili <i>[possibile riduzione delle misure di salvaguardia di cui ai punti 6.2.1 e 6.2.2]</i>		
- carta guida delle aree allagate , redatta sulla base degli eventi alluvionali significativi degli ultimi 30 anni (Regione Toscana e Autorità di Bacino), cui dovranno far seguito:		
- carte comunali dell'allagabilità , in continuo aggiornamento <i>[da redigere entro 12 mesi da parte dei Comuni, sulla base delle linee guida provinciali (P.T.C.)]</i>		
6.2.4 - Assicurazioni - Fondo di solidarietà <i>[per coprire i danni ai privati, derivanti da catastrofi idrogeologiche]</i>	pag.	177
6.3 - Criteri e interventi gestionali	pag.	181
6.3.1 - Criteri per la realizzazione delle casse di espansione <i>[possibilmente in aree degradate, anche con conseguenti limitate escavazioni e contestuale sistemazione ambientale]</i>	pag.	181
6.3.2 - Criteri per la manutenzione ordinaria e straordinaria dell'Arno e degli affluenti e direttive per la regolamentazione di interventi specifici di regimazione in alveo <i>[riequilibrio tra zone in erosione e deposito; interventi di rinaturalizzazione e tecniche di ingegneria ambientale]</i>	pag.	182
6.3.3 - Piano di manutenzione della vegetazione riparia e in alveo <i>[Corpo Forestale dello Stato]</i>	pag.	183
6.3.3.1 - Criteri e linee guida per il controllo della vegetazione riparia lungo i corsi d'acqua	pag.	183
6.3.4 - Piano per la risoluzione dei tratti critici (ponti, rigurgiti, ricalibratura e adeguamento argini, etc.) <i>[Provveditorato OO.PP. - Genio Civile]</i>	pag.	185
6.3.4.1 - Programma di misura delle portate	pag.	185
6.4 - Organizzazione e gestione dei sistemi di monitoraggio, controllo e allerta	pag.	187
6.4.1 - Sistema di monitoraggio idrometeorologico: completamento e integrazione con le reti locali esistenti <i>[Servizio Idrografico - Regione Toscana - Regione Umbria]</i>	pag.	187
6.4.2 - Radar meteorologico di Montagnana (FI): utilizzazione a scopi previsionali	pag.	208
6.4.3 - Servizio di polizia idraulica e servizio di piena sulle opere idrauliche <i>[Provveditorato alle OO.PP. - Genio Civile]</i>	pag.	209
6.5 - Interventi per la riduzione del rischio idraulico	pag.	211
6.5.0 - Piani di emergenza e di protezione civile <i>[Interventi non strutturali per la riduzione del danno]</i>	pag.	211
6.5.1 - Manutenzione ordinaria e straordinaria dell'Arno e degli affluenti	pag.	215

6.5.2 - Adeguamento tratti critici (argini, rigurgiti, ponti, etc.) dell'Arno e degli affluenti	pag.	217
6.5.3 - Interventi strutturali sull'Arno	pag.	227
6.5.3.1 - Casse di espansione e sistemazioni idrauliche	pag.	227
6.5.3.2 - Utilizzazione delle dighe di Levane e La Penna (AR) per la laminazione delle piene dell'Arno	pag.	235
6.5.3.3 - Scolmatore dell'Arno a monte di Empoli, con scarico nel Padule di Fucecchio	pag.	251
6.5.3.4 - Scolmatore dell'Arno con scarico nel Padule di Bientina	pag.	251
6.5.4 - Interventi strutturali sugli affluenti	pag.	257
6.5.4.1 - Completamento invaso di Bilancino	pag.	257
6.5.4.2 - Casse di espansione, serbatoi di laminazione e briglie a bocca tarata	pag.	259
6.5.4.2.1 - Affluenti di sinistra dell'Arno	pag.	259
1 - Corsalone	pag.	259
2 - Canale Maestro della Chiana	pag.	260
3 - Ambra	pag.	262
4 - Greve	pag.	265
5 - Pesa	pag.	268
6 - Elsa	pag.	271
7 - Egola	pag.	275
8 - Era	pag.	279
9 - Tora (Affluente di sinistra dello Scolmatore d'Arno)	pag.	283
6.5.4.2.2 Affluenti di destra dell'Arno	pag.	285
10 - Solano	pag.	285
11 - Sieve	pag.	286
12 - Bisenzio	pag.	290
13 - Ombrone	pag.	295
14 - Corsi d'acqua afferenti al Padule di Fucecchio	pag.	299
6.5.5 - Riduzione del dissesto idrogeologico, sistemazioni idraulico - forestali e agrarie [Individuazione e valutazione degli interventi più urgenti]	pag.	301
6.6 - Espropri ed indennizzi	pag.	303
7 - Strategia di piano adottata	pag.	305
7.1 - Definizione del progetto generale e delle varianti	pag.	307
8 - Verifica idraulica degli interventi di regimazione	pag.	314
8.1 - La verifica idraulica del progetto generale	pag.	315
8.2 - La verifica idraulica delle ipotesi di variante	pag.	316
9 - Programmazione degli interventi e definizione delle risorse necessarie	pag.	351
9.1 - Fasi temporali di realizzazione del piano, obiettivi e costi	pag.	353
9.2 - Programma triennale di intervento	pag.	362
10 - Ricerche per l'adeguamento del piano	pag.	363
11 - Educazione e informazione del pubblico	pag.	363
12 - Bibliografia sommaria	pag.	365

TAVOLE FUORI TESTO

♦ *Allegati al Piano stralcio*

A.1 - Carta degli interventi proposti per la riduzione del rischio idraulico nel bacino dell'Arno (scala 1:25.000 - 1:200.000)	pag.	252-253
A.2 - Carta delle aree di pertinenza fluviale dell'Arno e degli affluenti (scala 1:25.000 - 1:200.000)	pag.	140-141
A.3 - Carta guida delle aree allagate redatta sulla base degli eventi alluvionali significativi degli ultimi trenta anni (scala 1:25.000 - 1:200.000)	pag.	164-165
A.4 - Carta del sistema di monitoraggio idropluviometrico in tempo reale del bacino dell'Arno (scala 1:200.000)	pag.	194-195
A.5 - Carta delle competenze idrauliche sui corsi d'acqua del bacino dell'Arno (scala 1:200.000) (D.M. LL.PP. 1.12.1993) .	pag.	154-155

♦ *Altre cartografie di riferimento del piano di bacino:*

- Carta delle precipitazioni (anno idrologico 1951 - 1981)	pag.	49
- Carta della permeabilità dei terreni e delle rocce nel bacino dell'Arno	pag.	86
- Carta di sintesi degli interventi proposti dai progetti elaborati dopo l'alluvione del 1966	pag.	52-53
- Carta delle opere idrauliche presenti nel bacino dell'Arno.	pag.	156-157

♦ *Altri documenti fotografici e cartografici:*

Portate di magra dell'Arno	pag.	4
Portate di piena dell'Arno	pag.	4
Le pianure dell'Arno	pag.	33-34
Il territorio nei disegni di Leonardo da Vinci	pag.	35
Antiche variazioni del sistema idraulico dell'Arno	pag.	39
Antichi interventi di aggravamento del sistema idraulico dell'Arno	pag.	38-40-82
Piene storiche dell'Arno	pag.	50-51-54-55-56
Evento alluvionale del 4 Novembre 1966	pag.	24-26-82
Eventi alluvionali di riferimento per il piano di bacino: 1966 e 1992	pag.	80
Eventi alluvionali recenti	pag.	163-166 e segg.
Interventi recenti di difesa idraulica	pag.	83
L'Arno a Pisa	pag.	82

Trasformazioni del territorio (1954 - 1993):

- S. Colombano (FI)	pag.	10
- Montelupo F.no (FI)	pag.	12
- Pontassieve (FI)	pag.	234
- Subbiano (AR)	pag.	302
- S. Miniato (PI), loc. La Roffia	pag.	350

Trasformazioni agricole recenti e impermeabilizzazione del territorio	pag.	87
Costruzioni sulle sponde dell'Arno	pag.	137e segg.-
.....		142 e segg. - 200

Lo sviluppo dell'urbanizzazione lungo il corso dell'Arno (1954 -1973-1993):

- Cascina, Marciana, Lignano, S. Martino (Vicopisano), Uliveto T., Caprona, San Lorenzo alle Corti, Campo e Loiano (PI)	pag.	8
- Empoli (FI); Castelfranco di Sotto e S. Romano (PI)	pag.	6
- Pontassieve e Ugnano (FI)	pag.	198
- Rassina (AR) e Rignano (FI)	pag.	199

Lo sviluppo dell'urbanizzazione nelle aree di pertinenza fluviale lungo gli affluenti:

- la Val di Sieve	pag.	292-293
- la Val d'Elsa	pag.	276-277

Sistemazioni idraulico forestali e di difesa del suolo nelle aree montane	pag.	88
Manutenzione delle opere in alveo	pag.	159
Manutenzione e sistemazione degli alvei	pag.	158-161
Vegetazione in alveo e sulle sponde	pag.	160
Escavazioni lungo i corsi d'acqua e degrado ambientale	pag.	162
Sistemi di monitoraggio sul bacino dell'Arno	pag.	193-194
Interventi del progetto di piano di bacino: esempi		
- le casse di espansione tra Firenze, Prato e Pistoia	pag.	254
- le casse di espansione di Poppi (AR)	pag.	254
- le dighe di Levane e La Penna (AR)	pag.	242
- l'area golenale dell'Argingrosso (FI)	pag.	255
- il padule di Fucecchio	pag.	250
- il padule di Bientina	pag.	256
L'Arno presso Ponte Buriano (AR)	pag.	246
L'Arno dalla sorgente alla foce - fotomosaico all'infrarosso falso-colore:		
- dalla foce a Cascina (PI)	pag.	36-37
- da Cascina a San Miniato (PI)	pag.	36-37
- da Santa Croce sull'Arno (PI) a Signa (FI)	pag.	84-85
- da Firenze a Pontassieve (FI)	pag.	84-85
- da Pontassieve a Figline Val d'Arno (FI)	pag.	196-197
- da Incisa (FI) a Levane (AR)	pag.	196-197
- da Levane a Castelluccio (AR)	pag.	244-245
- da Castelluccio a Stia (AR)	pag.	244-245

FIGURE

Stazioni idrometriche sul corso dell'Arno	pag.	60-61
I bacini idrografici afferenti all'asta principale dell'Arno	pag.	94
Evento del 4 novembre 1966: onde di piena in alcune sezioni dell'Arno	pag.	95
Evento del 31 ottobre 1992: onde di piena in alcune sezioni dell'Arno	pag.	96
Precipitazioni sul bacino dell'Arno dal 3.11.1966 al 6.11.1966	pag.	81
Bacino dell'Arno. Idrogrammi di piena. Evento del 4 novembre 1966	pag.	80
Precipitazioni sul bacino dell'Arno dal 29.10.1992 al 1.11.1992	pag.	81
Bacino dell'Arno. Idrogrammi di piena. Evento del 31 ottobre 1992	pag.	80
Evento novembre 1966 - Propagazione dell'onda di piena in vari tratti dell'Arno	pag.	100 e segg.
Evento ottobre 1992 - Propagazione dell'onda di piena in vari tratti dell'Arno	pag.	101 e segg.
Evento ottobre 1992 - Confronto tra i livelli idrometrici misurati e calcolati	pag.	96
Bacino dell'Arno - Idrogrammi in diverse sezioni (eventi dal 1943 al 1993)	pag.	104
Bacino dell'Arno - Misure di portata al colmo in diverse sezioni (eventi dal 1924 al 1993)	pag.	105
Confronto fra gli idrogrammi di piena degli eventi del 4 Novembre 1966 e del 31 Ottobre 1992	pag.	106
Servizio Idrografico e Mareografico di Pisa - Misure di portata al colmo in diverse stazioni del bacino dell'Arno (in m ³ /sec) (eventi dal 1924 al 1993)	pag.	107
Servizio Idrografico e Mareografico di Pisa - Sezioni nel tratto cittadino di Firenze rilevate nel 1990 (planimetria)	pag.	108-109
Scala di deflusso idrometro degli Uffici (Firenze)	pag.	111
Curve inviluppo per il calcolo delle portate degli affluenti dell'Arno	pag.	115
Scheda utilizzata per la verifica urbanistico-ambientale delle aree da destinare a casse di esondazione controllata	pag.	145
Tratti critici lungo l'Arno (tratti 1 - 20)	pag.	216-218-
Ubicazione delle casse di laminazione previste lungo il corso dell'Arno	pag.	220 e segg.
Diga ENEL di La Penna (AR) - Planimetria generale	pag.	230-231
Idrogrammi di piena e idrogrammi laminati sugli affluenti in sx dell'Arno	pag.	243
		260 e segg.

Idrogrammi di piena e idrogrammi laminati sugli affluenti in dx dell'Arno	pag.	285 e segg.
Idrogrammi di piena evento tipo 1992 in varie sezioni dell'Arno	pag.	320 e segg.
Idrogrammi di piena evento tipo 1966 in varie sezioni dell'Arno	pag.	324 e segg.
Idrogramma di piena evento tipo 1992. Arno a Rovezzano: confronto fra il progetto generale e le varie ipotesi di variante	pag.	339
Idrogramma di piena evento tipo 1966. Arno a Rovezzano: confronto fra il progetto generale e le varie ipotesi di variante	pag.	340

TABELLE

Esondazioni dell'Arno in Firenze dal 1177 al 1966	pag.	41
Frequenze delle esondazioni dell'Arno in Firenze dal 1177 al 1966	pag.	42
Regime pluviometrico in alcune località caratteristiche	pag.	57
Precipitazioni massime da 1 a 120 ore per tempi di ritorno di 25 anni	pag.	57
Eventi di piena significativi e relative precipitazioni medie sul bacino dell'Arno (periodo 1946-1993)	pag.	73
Sezioni fluviali lungo l'Arno, rilevate prima del 1966	pag.	74
Sezioni fluviali lungo l'Arno, rilevate tra il 1966 e il 1978	pag.	76
Sezioni fluviali lungo l'Arno, rilevate dopo il 1978	pag.	76
Opere trasversali lungo il corso dell'Arno	pag.	89
Bacini afferenti all'asta principale dell'Arno	pag.	90
Evento Novembre 1966 - Variabili idrologiche dei bacini afferenti all'asta principale dell'Arno	pag.	91
Confronto tra livelli idrometrici misurati e calcolati per l'evento del Novembre 1966	pag.	92
Confronto tra livelli idrometrici misurati e calcolati per l'evento dell'Ottobre 1992	pag.	93
Evento Novembre 1992 - Variabili idrologiche dei bacini afferenti all'asta principale dell'Arno	pag.	93
F. Arno: simulazione dell'evento di piena 1966 (portate)	pag.	98
F. Arno: simulazione dell'evento di piena 1966 (livelli idrometrici)	pag.	98
F. Arno: simulazione dell'evento di piena 1992 (portate)	pag.	99
F. Arno: simulazione dell'evento di piena 1992 (livelli idrometrici)	pag.	99
F. Arno: tratto urbano in Firenze. Elenco sezioni rilevate nel 1990 e principali opere in alveo	pag.	112
Sottobacini dell'Arno e loro estensione	pag.	121
Distribuzione delle briglie nei vari sottobacini dell'Arno e loro stato di conservazione (tabelle varie)	pag.	124-127 e segg.
Opere di correzione dei torrenti (briglie) censite ed entità dei danni	pag.	131
Estensione delle aree di pertinenza fluviale individuate su base geomorfologica: asta del fiume Arno	pag.	134
Estensione delle aree di pertinenza fluviale individuate su base geomorfologica: affluenti del fiume Arno	pag.	134
Casse di laminazione lungo il corso dell'Arno: verifica urbanistico-ambientale	pag.	146
Casse di laminazione lungo gli affluenti: verifica urbanistico-ambientale	pag.	147 e segg.
Riordino delle competenze idrauliche nel bacino dell'Arno (D.M. LL.PP. 1.12.1993)	pag.	152-153
Prospetto dei territori comunali allagati e delle aree urbanizzate allagate a seguito degli eventi alluvionali più significativi dell'ultimo trentennio	pag.	175
Stazioni idrometriche della rete di monitoraggio del bacino dell'Arno	pag.	186
Rete di monitoraggio idropluviometrica ENEL	pag.	201
Bacino dell'Arno - Rete pluviometrica tradizionale del Servizio Idrografico e Mareografico	pag.	202
Stazioni e sensori della rete in telemisura idrometeorologica del bacino dell'Arno	pag.	204
Ampliamento rete monitoraggio idrometeorologica in telemisura del bacino dell'Arno	pag.	205
Stazioni della rete idrometeorologica A.R.S.I.A. ricadenti nel bacino dell'Arno	pag.	206
Stazioni idrometeorologiche ex Consorzio Idraulico dell'Ombro Pistoiese	pag.	207
Stazioni idropluviometriche Consorzio di Bonifica del Padule di Fucecchio	pag.	207
Stazioni idrometeorologiche della Provincia di Pisa (in progetto)	pag.	207
Serbatoio di Levane e La Penna - ampliamento a quote diverse	pag.	237
Riepilogo delle opere di sistemazione idraulico - forestale censite nel bacino dell'Arno e stato della loro manutenzione	pag.	301
Sintesi del piano e strutturazione in fasi realizzative	pag.	308

Portate al colmo (m ³ /s) in varie sezioni dell'Arno secondo il progetto	pag.	319
di piano e secondo le varianti.	pag.	310-352
Casse di espansione sul corso del fiume Arno: dimensioni e costi	pag.	
Prospetto riepilogativo dei volumi necessari alla laminazione delle piene	pag.	356-358
lungo gli affluenti principali dell'Arno e dei relativi costi di realizzazione	pag.	
Casse di espansione (e/o altri interventi alternativi) sugli affluenti,	pag.	357
con indicazione della percentuale di realizzazione nelle singole fasi e dei relativi costi	pag.	357
Invasi esistenti e di progetto sull'Arno e sugli affluenti: volumi per la laminazione delle piene	pag.	
Comuni interessati dagli interventi proposti per la riduzione del	pag.	360
rischio idraulico nell'Arno. Superficie impegnata in Km ²	pag.	
Sintesi degli interventi previsti dal progetto di piano e dalle varianti e strutturazione in fasi	pag.	361
realizzative: raffronto dei costi e fabbisogno finanziario.	pag.	362
I° Programma triennale di intervento		

SCHEDE TECNICHE

Scolmatore dell'Arno	pag.	45
Serbatoio ENEL di Levane	pag.	236
Serbatoio ENEL di La Penna	pag.	238
Invaso di Bilancino	pag.	258

RICERCHE ESTERNE E PROGETTI DI SUPPORTO AL PIANO DI BACINO

1

CARATTERISTICHE CLIMATICHE DEL BACINO DEL FIUME ARNO

Consiglio Nazionale delle Ricerche - Centro Studi Geologia Strutturale e Dinamica dell'Appennino - Pisa
Dott. Franco Rapetti - Dott. Sebastiano Vittorini

2

RILIEVO AREOFOTOGRAMMETRICO DELL'ASTA DEL FIUME ARNO (1993) E DEGLI AFFLUENTI (1995)

Evidenziazione delle situazioni di rischio connesse ad interventi di urbanizzazione e sviluppo dell'edificato nei centri urbani lungo l'Arno e gli affluenti attraverso il confronto tra le riprese aeree 1954 - 1974 - 1993 - 1995
(SCALA 1:10.000)

Compagnia Generale Riprese Aeree - Parma

3

AREE DESTINABILI ALLA REGIMAZIONE DELL'ARNO E DEGLI AFFLUENTI E AREE DI PERTINENZA FLUVIALE

GEOMAP - Firenze - Dott. Carlo Conedera e Dott. Paolo Facibeni

4

QUADRO CONOSCITIVO DI TRATTI A RISCHIO IDRAULICO DEGLI AFFLUENTI DEL 1° ORDINE DELL'ARNO, FINALIZZATO ALLA INDIVIDUAZIONE DEGLI INTERVENTI NECESSARI

Universita' di Pisa, Istituto di Idraulica della Facolta' di Ingegneria
Prof. Ing. Valerio Milano - Prof. Ing. Samuele Cavazza - Ing. Enzo Buffoni - Ing. Carlo Viti

5

REALIZZAZIONE DI INVASI DI LAMINAZIONE DELLE PIENE DELL' ARNO NEL VALDARNO SUPERIORE

Studio di fattibilità'

Enel S.p.A. - Direzione Produzione e Trasmissione Servizio Opere Idrauliche e Civili
Firenze

6

EFFETTI DELLE AREE DI ESPANSIONE SULLA LAMINAZIONE DELLE PIENE DEL FIUME ARNO SOTTO LA SOLLECITAZIONE DI TIPI DI EVENTO SIGNIFICATIVI

Modifica degli afflussi all'asta principale sulla base degli interventi da realizzare sugli affluenti -
Verifica in moto vario dell'onda di piena di progetto - Massima piena contenuta nell'alveo dell'Arno in tratti significativi
Prof. Ing. Enio Paris - Ing. Claudio Lubello - Ing. David Settesoldi

7

VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE DEGLI INTERVENTI PER LA REGOLAZIONE E LA REGIMAZIONE DELLE ONDE DI PIENA DELL'ARNO

Universita' di Firenze, Fac. di Architettura - Prof. Arch. Mario Preti - Prof. Marco Jodice - Arch. Enrico Novelli - Arch. Giovanni Pratesi - Prof. Carlo Alberto Garzonio

8

STATO ATTUALE DELLE OPERE DI SISTEMAZIONE IDRAULICO FORESTALE NEL BACINO DELL'ARNO

Individuazione degli interventi piu' urgenti per la riduzione del rischio idrogeologico

Universita' di Firenze - Dipartimento di Ingegneria Agraria e Forestale
Prof. Ing. Silvano Grazi

9

TECNOLOGIE E METODOLOGIE PER LA GESTIONE DEI DATI TERRITORIALI

Consiglio Nazionale delle Ricerche - C.N.U.C.E. - Pisa
Prof. Ing. Stefano Trumphy - Prof. Paolo Mogorovic - Ing. Guglielmo Cresci - Dott. Marco Redini

La complessità orografica del bacino dell'Arno, l'intensa urbanizzazione di aree delicate di fondovalle, particolarmente lungo l'asta principale, e il loro ruolo strategico, ormai consolidato, per lo sviluppo e l'economia della regione, hanno comportato la necessità di individuare una strategia generale che da un lato stabilisse le necessità d'intervento per far fronte a eventi calamitosi tipo 1966, dall'altro, ma in connessione, anche gli interventi atti a restituire condizioni di equilibrio e controllabilità della dinamica fluviale nei diversi affluenti.

Ciò al fine di concorrere alla messa in sicurezza dell'asta principale, ma anche a superare, nei diversi sottobacini, le condizioni di criticità in relazione a fenomeni meteorologici più circoscritti rispetto a quelli verificatisi nel novembre 1966, ma ricorrenti e localmente disastrosi.

Per questo motivo, stabilito l'evento di riferimento rispetto al quale il piano intende operare (1966), si è proceduto a individuare i contributi massimi ammissibili per gli affluenti principali, intendendo con ciò la necessità di interventi di trattenimento e rallentamento delle acque nei rispettivi sottobacini, e le opere fattibili lungo l'asta principale; su tale complesso di interventi si sono sviluppate approfondite verifiche, e contemporaneamente si è delineata la strategia d'intervento sulle aste secondarie in funzione anche di esigenze locali, legate a eventi più ricorrenti ma circoscritti (es. 1992).

Il piano opera quindi sugli affluenti come strumento che, individuando la strategia generale, permette l'attivazione coordinata di azioni tese alla specifica definizione degli interventi e alla loro realizzazione, garantendo la non occasionalità degli stessi, ovvero la loro efficacia anche in termini complessivi.

Nell'ambito della strategia proposta, perciò, il dimensionamento degli interventi sulle aste secondarie si perfezionerà con ulteriori verifiche e approfondimenti, previsti specifici studi idraulici di "dettaglio", da realizzare anche in funzione delle capacità di intervento dei diversi Enti interessati e degli strumenti disponibili.



Evento alluvionale del 4 Novembre 1966 - Firenze: l'Arno alla Pescaia di Santa Rosa (da U. Losacco, 1967).

Evento alluvionale del 4 Novembre 1966 - Firenze: l'Arno contro il ponte Amerigo Vespucci (da U. Losacco, 1967).



1 - Considerazioni generali sul problema del rischio idraulico nel bacino dell'Arno

La situazione critica di gran lunga più rilevante nel bacino dell'Arno è rappresentata dal rischio idraulico che, con connotazioni diverse, investe gran parte del territorio.

Il sistema idraulico dell'Arno, in termini generali, risulta infatti inadeguato a contenere, senza esondazioni disastrose, le portate di piena di eventi caratterizzati da un tempo di ritorno che sulla base di dati storici, è compreso tra qualche decennio e oltre i 200 anni, ma il rischio si evidenzia in vaste aree del territorio del bacino anche per eventi il cui tempo di ritorno si colloca entro pochi anni.

Dall'anno 1177 Firenze ha subito 56 piene con allagamento dell'area urbana: tra le più rovinose si ricordano quelle degli anni 1333, 1547, 1557, 1589, 1740, 1758, 1844 e 1966.

Nel 1966 alla sezione di Firenze l'asta principale del fiume subì una piena di oltre 4000 mc/sec a fronte di una capacità di transito di poco superiore ai 2500 mc/sec. Si consideri che l'onda di piena aveva già subito laminazioni per esondazioni a monte, avvenute specialmente nel Casentino e nel Valdarno, dove si stima siano usciti dall'alveo complessivamente alcune decine di milioni di mc di acqua.

L'esondazione in Firenze di oltre 70 milioni di mc di acqua laminò la punta di piena nelle zone più a valle, con il risultato di una sua forte attenuazione che tuttavia provocò ugualmente gravi danni anche nella parte inferiore del bacino, sia per i problemi connessi al mancato funzionamento di opere allora non terminate, quali lo scolmatore di Pontedera, sia per i problemi indotti sul sistema idraulico affluente all'asta principale, dovuti al rigurgito generato dall'eccessiva altezza dell'acqua in Arno.

Gli interventi operati dopo il 1966 nel tratto cittadino (abbassamento delle platee tra il Ponte Vecchio e il Ponte Santa Trinità e rialzo delle spallette), che permettono oggi il transito in Firenze di 3100 mc/sec (fino a 3400 mc/sec senza franco), mantengono comunque la città in una situazione a rischio ed espongono per di più le zone a valle ad una portata di piena che, nell'ipotesi di un evento tipo quello del 1966, potrebbe raggiungere, in mancanza degli effetti di laminazione dovuti alle esondazioni in Firenze e nei tratti più a monte, punte di portata, specialmente nelle sezioni tra Fucecchio e Pontedera, ben oltre le capacità di contenimento delle difese arginali.

Ne consegue che, sotto questo profilo, le zone a rischio prioritario di esondazione in presenza di un evento eccezionale sono quelle del Casentino, del Valdarno superiore, di Firenze e del medio - basso Valdarno e che la stessa città di Pisa, pur in presenza dello Scolmatore di Pontedera, presenta aspetti residui di rischio.

La principale causa di questa situazione è evidentemente dovuta alla inadeguatezza delle difese idrauliche ed alla totale assenza di opere di regimazione e di laminazione delle piene.

Peraltro i diffusi, seppure non sufficienti, interventi di sistemazione idraulica che progressivamente hanno interessato il fiume in tempi storici, con l'obiettivo di accelerare la velocità di transito delle piene, hanno finito per essere essi stessi causa di una negativa modificazione dell'idrogramma di piena con un forte innalzamento delle portate di colmo.

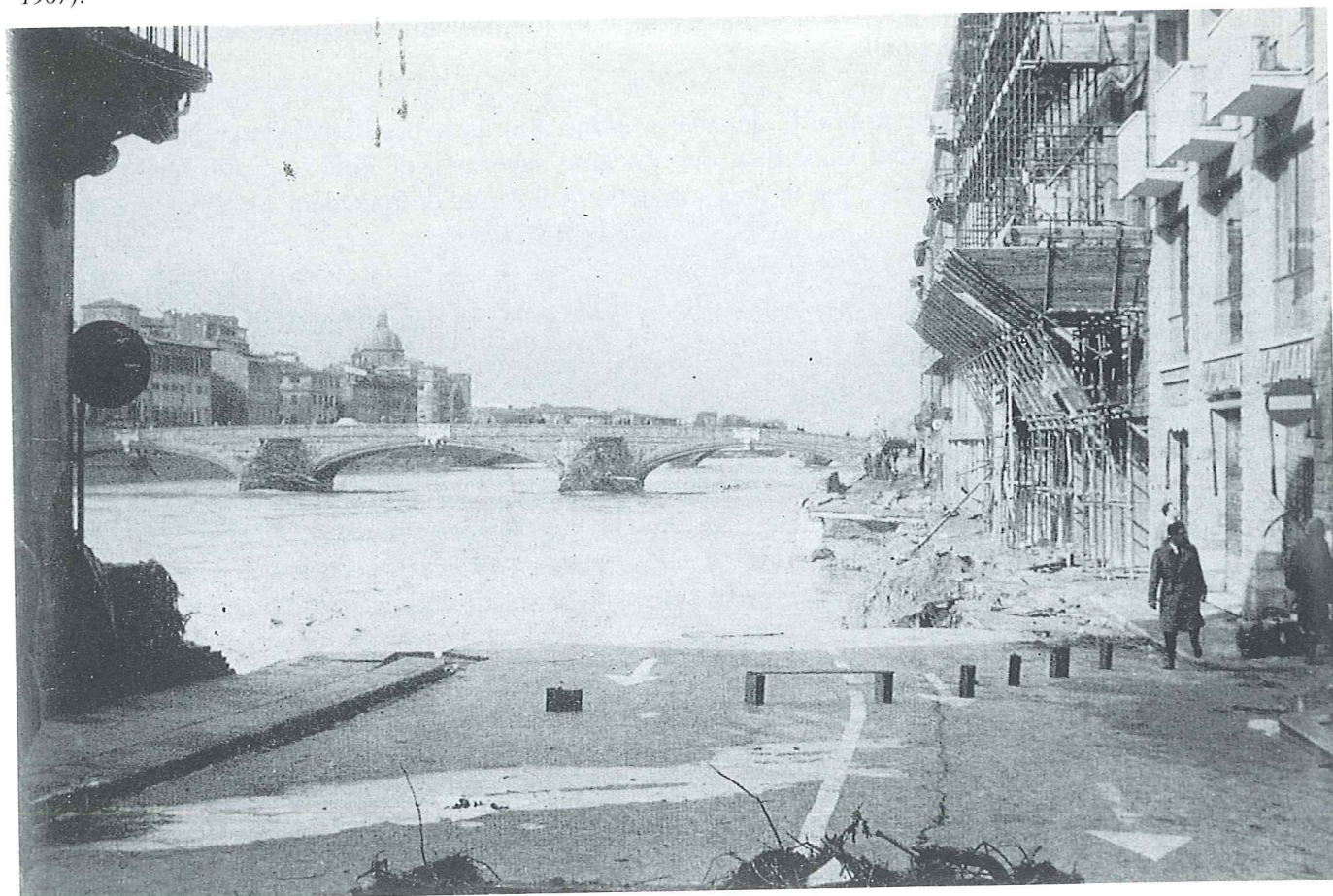
Oltre a questo tipo di situazione, che si riferisce pur sempre ad eventi eccezionali, sono diffuse nel bacino, specialmente lungo gli affluenti dell'Arno, situazioni di rischio e di dissesto idraulico che si manifestano ormai con frequenza anche solo in presenza di eventi piovosi il cui tempo di ritorno è solo di qualche anno, se viene superata una soglia critica di pioggia, che è stata localmente stimata intorno ai 150 mm.

In generale questo tipo di rischio è caratteristico di aree dove nel passato è stata forte l'azione di bonifica per scopi agricoli e dove all'attività agricola si sono sostituite forti urbanizzazioni, senza che parallelamente si attivassero opere idrauliche capaci di garantire la necessaria sicurezza agli abitati (come è avve-



Evento alluvionale del 4 Novembre 1966 - Firenze: l'Arno al ponte della Vittoria (da U. Losacco, 1967).

Evento alluvionale del 4 Novembre 1966 - Firenze: l'Arno dal Lungarno Acciaiuoli, la mattina del 5 Novembre (da U. Losacco, 1967).



nuto dopo il 1966 in diverse zone lungo le sponde dell'Arno e nella parte di pianura lungo molti affluenti).

Nel Casentino, nella Val di Chiana, ma particolarmente nel Valdarno Superiore, nell'area di bassa pianura tra Firenze, Prato e Pistoia, nell'area di Fucecchio e S. Croce, fino alla zona fra Pontedera, Pisa e Livorno i sistemi idraulici locali sono in fortissima crisi per la profonda modificazione del regime di afflusso provocato dalle urbanizzazioni che hanno sostituito l'attività agricola con il duplice effetto di rendere inadeguata la capacità di deflusso del reticolo e di produrre un diffuso inquinamento dovuto al recapito delle fognature urbane.

A partire dagli anni Cinquanta, infatti, è stata progressivamente alterata la sistemazione del territorio che - iniziata nei secoli precedenti - si era sviluppata specialmente tra il 1700 e il 1800, attraverso interventi di natura idraulica, idraulico - forestale e di bonifica agraria. Essi avevano creato, per ritardare gli eventi di piena, un reticolo idraulico minore molto articolato ed efficace che oggi, ormai, è quasi completamente distrutto e non più riattivabile.

Parallelamente lo sviluppo edilizio nelle zone di pertinenza fluviale, occupando anche le naturali aree di esondazione, ha aggravato ulteriormente il rischio dovuto alle esondazioni fluviali.

Tale urbanizzazione in aree a rischio si è sviluppata soprattutto dopo il 1967, come è documentato dalle riprese aeree del territorio, ed era già abbondantemente realizzata nel 1974: oggi non è ancora esaurita. Inoltre l'abbandono diffuso o la trasformazione delle sistemazioni idraulico - forestali ed idraulico - agrarie delle zone di collina hanno aggravato sensibilmente la sistemazione del territorio a valle.

A quanto sopra detto si deve aggiungere anche che il rischio è aumentato per scarsa e insufficiente manutenzione delle opere idrauliche e delle sponde a causa di vari motivi, fra cui certamente quello riguardante il succedersi nel tempo di diverse competenze idrauliche e la mancanza di finanziamenti adeguati.

A conferma di quanto sopra si ricorda che negli ultimi anni (1990 - 1996) si sono verificate nel bacino e in aree limitrofe le seguenti alluvioni:

- *25 Novembre 1990*: evento alluvionale con danni nel medio - basso bacino del Serchio e in parte della zona occidentale del basso Valdarno;
- *10 Dicembre 1990*: evento alluvionale che ha danneggiato specialmente la Val di Nievole, il Valdarno inferiore in provincia di Pisa, la piana di Lucca (Guamo, etc.) e la Versilia;
- *11 Ottobre 1991 e 15 - 16 Novembre 1991*: evento che ha colpito l'area intorno a Prato, l'Ombrone, il Bisenzio, l'area pisana, la zona meridionale della piana di Lucca con allagamenti, esondazioni, rottura di argini e gravissimi danni;
- *9 e 13 Giugno 1992*: rotture di argini, esondazioni e gravi danni nella piana di Lucca a Nord Ovest della città;
- *11 Luglio 1992*: Valle del Serchio e esondazioni particolarmente gravi in Versilia;
- *20 - 21 Ottobre e 30 - 31 Ottobre 1992*: alluvione generalizzata su tutto il bacino dell'Arno con esondazioni e danni notevoli specialmente nell'Aretino, nella Val di Sieve, nella piana di Firenze - Pistoia (esondazione del fiume Ombrone), nel Valdarno Inferiore in provincia di Pisa, etc.
- *8 e 9 Ottobre 1993*: alluvione che ha interessato l'area livornese (anche fuori bacino: Val di Fine, Rosignano, etc.), il Valdarno e il Casentino con gravissimi danni;
- *22 Settembre, 2 Ottobre e 6 Novembre 1994*: alluvioni che hanno interessato marginalmente il bacino dell'Arno, ma direttamente la piana di Lucca e/o la parte costiera del bacino del Serchio e la parte a mare dei bacini della Versilia e della provincia di Massa.
- *19 giugno 1996*: gravissima alluvione, che ha interessato prevalentemente il bacino regionale del F. Versilia (Stazzema, Seravezza, etc.) e marginalmente quello del Serchio (Fornovolasco, etc.) con piogge eccezionali concentrate in poche ore, che hanno raggiunto il valore complessivo di 474 mm. al pluviometro di Pomezzana (dei quali, in un'ora, 152 mm).

2 - Esondazioni nel bacino dell'Arno: analisi storico critica

Il territorio del bacino dell'Arno per la costituzione litologica della sua parte collinare e montana (per il 30% formata da terreni e rocce franose o facilmente erodibili) e per l'abbondanza e la distribuzione delle precipitazioni, concentrate in particolari periodi dell'anno, risulta un'area molto esposta a eventi di natura idrogeologica in generale e idraulica in particolare.

La coltre dei sedimenti delle zone di pianura, originatisi in tempi preistorici e storici, sono d'altronde la testimonianza di numerosi episodi alluvionali del passato che, negli ultimi 3500 anni, hanno determinato l'estensione delle pianure oggi esistenti (Casentino, Val di Chiana, Valdarno, pianura tra Pistoia, Prato e Firenze, pianura della Nievole, delle Pescie e del Padule di Fucecchio, piana di Lucca e padule di Bientina, pianura pisana e del litorale).

Delle esondazioni dell'Arno avvenute a Firenze si hanno varie notizie, riportate nelle antiche cronache e il livello raggiunto dall'acqua nella città è indicato in numerose targhe in vari punti del centro cittadino.

Nella pubblicazione dell'Ing. F. Moroni: *"Dello stato antico e moderno del fiume Arno"*, stampata nella seconda metà del secolo XVIII, si parla di 56 alluvioni, di cui 30 molto gravi, avvenute tra il 1177 ed il 1761 (tab. 2.1 - 2.2).

Vi sono poi ampie testimonianze della disastrosa alluvione del 3 Novembre 1844 ed infine è nel ricordo più recente la piena del 4 Novembre 1966, che colpì, in modo catastrofico, buona parte del bacino.

Le esondazioni dell'Arno non sono un fenomeno che riguarda unicamente Firenze, ma interessano, in forma più o meno grave, tutta la parte valliva dell'asta fluviale, come testimoniano le importanti opere idrauliche ancor oggi esistenti lungo il fiume stesso.

Già dal Trecento, ad esempio, nel tentativo di evitare alluvioni alla città di Pisa, furono previsti dei trabocchi che consentivano alle piene dell'Arno di defluire verso le zone periferiche, ma solo nel 1558, in epoca medicea, furono realizzate le "bocchette" di Putignano, ancor oggi visibili lungo la via Tosco Romagnola, e dieci anni dopo il "trabocco" di Fornacette.

Le bocchette deviavano le acque dell'Arno in piena verso il Padule Maggiore di Coltano attraverso il Fosso delle Bocchette appositamente scavato; il trabocco di Fornacette, realizzato quando il primo si era mostrato insufficiente a contenere le acque di piena, collegava l'Arno al Padule di Stagno tramite un nuovo canale, detto Arnaccio.

Il trabocco, ancora verso il 1745, assolveva la sua funzione, ma nel dilemma tra il danno per gli abitanti e quello per i campi, tra il pericolo per una città e l'utile da ricavare da una maggiore estensione di terreni da coltivare, per il regime granducale prevalse quest'ultimo aspetto, cosicché nel 1761 il fosso d'Arnaccio venne colmato per dar luogo alla strada ancor oggi transitata.

Sempre per proteggere la città di Pisa dalle inondazioni (e la foce dell'Arno dall'interrimento) nel 1606 venne terminato il così detto "taglio ferdinando", con il quale la foce fu spostata verso Nord, disponendola da Libeccio a Maestrale, per permettere un più regolare deflusso delle acque durante le mareggiate.

Già a partire dal secolo XIV, inoltre, l'Arno, compresi alcuni dei suoi affluenti, fu canalizzato e rettificato col taglio di vari meandri naturali: l'alveo fu ridotto in molti casi da qualche Km di larghezza a poche decine di metri, sia per agevolare il trasporto fluviale, sia per permettere un più rapido deflusso delle acque di piena, sia per utilizzarlo anche come via di trasferimento del legname dalle foreste del Casentino e del Valdarno verso valle. Le carte storiche mostrano infatti che la larghezza dell'alveo dell'Arno era una volta di 1 - 2 chilometri (per esempio nelle zone tra Montelupo - Empoli - Fucecchio, come è ancora evi-

dente anche dall'esame delle fotografie aeree), mentre attualmente da Firenze fino alla foce, essa si aggira mediamente sugli 80 - 100 metri.

E' da ricordare che già all'inizio del Trecento i Camaldolesi avevano infatti iniziato i tagli delle loro foreste e il trasporto del legname avveniva principalmente per via fluviale, legato in zattere, da Poppi fino al mare, specialmente nei mesi di marzo - aprile. Il trasporto fluviale durò in maniera massiccia fino al 1863.

L'aumentata possibilità di esondazione dell'Arno a causa della sua canalizzazione era però allora compensata dal fatto che il fiume poteva estendersi senza danno, in caso di piena, nelle aree circostanti, specialmente nel Valdarno Inferiore, dove il territorio era utilizzato per l'agricoltura.

In corrispondenza dei centri abitati allora esistenti, l'alveo dell'Arno era stato talvolta suddiviso in due o tre rami (i cosiddetti "bisarni") che si ricongiungevano nell'alveo principale a valle degli stessi centri. Questi interventi erano, ovviamente, mirati a mettere in sicurezza gli antichi insediamenti abitativi, suddividendo la portata di piena che poteva transitare localmente senza esondazione.

A partire dal XIV - XVI secolo, ma specialmente con la fine del 1700, il sistema idraulico fu aggravato dal convogliamento verso l'Arno delle acque della Val di Chiana senese e aretina, che prima affluivano al Tevere, con la bonifica degli acquitrini intorno agli attuali laghi di Chiusi e Montepulciano, possedimenti prima dei Medici e poi dei Lorena, incrementando in tal modo le portate verso l'Arno fino a valori compresi tra 350 e 650 mc/sec nel caso degli eventi alluvionali consistenti.

Infatti già dal 1342 gli aretini avevano cominciato a scavare la soglia rocciosa che separava la valle dell'Arno dalla valle della Chiana, portando in tal modo l'origine della Chiana che riversava le sue acque nell'Arno circa 8 Km verso Arezzo, all'altezza di Policiano.

A metà del 1500, le acque della Chiana da Brolio andavano verso il Tevere, da Broglio a Pigli erano quasi stagnanti, mentre da Pigli scendevano verso l'Arno.

I Medici iniziarono allora la bonifica della Val di Chiana.

Verso il 1780 le acque che andavano verso l'Arno iniziavano già dalla valle del Tresa, sotto Chiusi, con il canale della Chiana lungo oltre 50 Km.

Parallelamente, per aumentare i tempi di corrivazione e per ridurre i colmi delle onde di piena fu sistemata la montagna e imbrigliata la parte valliva, mentre nella parte di pianura fu creato un reticolo idraulico - agrario minore, ancora perfettamente conservato nel 1954.

Oggi tale reticolo è totalmente alterato o non più esistente e l'edificazione nelle aree di pertinenza fluviale costringe a tenere l'Arno e gli affluenti entro i limiti di capacità del suo alveo o dei suoi argini, attraverso la realizzazione di alcuni invasi, dove ancora è possibile, ma soprattutto per mezzo di esondazioni controllate in casse di espansione o aree di pertinenza fluviale, ancora libere.

* * *

Dai dati precedentemente esposti si desume perciò che, nel caso di un evento analogo a quello del 4 novembre 1966 (pioggia su quasi tutto il bacino, mediamente sull'ordine dei 160 mm di altezza, con punte, in determinate aree, di 250 - 300 mm, terreno interessato da piogge da più giorni, etc.), l'acqua che raggiunge l'Arno e gli affluenti non può essere contenuta entro le difese spondali. Ciò accade anche quando il bacino è interessato da piogge non nella sua totalità: in questo caso a essere impegnati con le stesse conseguenze sono gli affluenti relativi a quella parte del territorio.

E' inoltre da tener presente che, a valle delle dighe ENEL di Levane e La Penna (AR) e fino alla foce, entro l'Arno possono essere contenuti 2.500 - 2.600 mc/sec (tranne che in alcune zone critiche dove la portata è minore, potendosi ridurre anche a 1.600 - 1.700 mc/sec) fino a circa 3.000 in certi tratti arginati a valle della confluenza con l'Elsa e che la portata contenibile a Pisa è di circa 2.280 mc/sec; in questo ultimo caso

interviene però positivamente lo Scolmatore di Pontedera che può ridurre la portata dell'Arno di circa 1.000 mc/sec.

A Firenze, solo per un breve tratto cittadino, la portata contenibile nel fiume sale a 3.100 - 3.400 mc/sec senza franco in conseguenza dello sbassamento delle platee di fondazione di alcuni ponti e l'adeguamento degli argini col rialzo delle spallette, operato dopo l'alluvione del 1966.

A fronte di quanto sopra, si stima che le portate che interessarono l'Arno il 4 novembre 1966 raggiunsero:

- a Subbiano (AR) i 2.000 mc/sec (i valori stimati variano tra 1.900 e 2.250 mc/sec), dopo che erano già avvenute esondazioni nel Casentino, stimabili in oltre 10 ML di mc di acqua;
- a Nave di Rosano, dopo la confluenza con la Sieve, i 3.540 mc/sec, dopo che erano avvenute esondazioni nel Valdarno di alcune decine di Mmc di acqua;
- a Firenze i 4.100 - 4.200 mc/sec di portata con esondazione di 70 - 80 Mmc di acqua;
- a valle della Gonfolina vaste esondazioni interessarono tutto il territorio del Valdarno inferiore, con rigurgito delle acque fino nel Padule di Fucecchio e la fuoriuscita dagli alvei di oltre 100 Mmc di acqua non impedirono esondazioni e allagamenti anche nella città di Pisa.

Per avere un'idea delle portate che gli affluenti possono raggiungere (o anche superare) si consideri che nell'evento del 1966:

- alla confluenza del Canale Maestro della Chiana con l'Arno (Chiusa dei Monaci) la portata superò 300 mc/sec (nel 1921 la portata fu però di 663 mc/sec);
- l'Ambra, poco prima della confluenza con l'Arno, raggiunse i 1.000 mc/sec;
- sulla Sieve a Fornacina (a monte di Pontassieve) si raggiunsero i 1.340 mc/sec.;
- sul Bisenzio a monte di Prato, cioè molto prima della confluenza con l'Arno, la portata superò i 300 mc/sec;
- circa a metà asta della Greve furono stimati 300 mc/sec;
- sull'Elsa a Castelfiorentino, cioè circa 18 Km a monte della confluenza con l'Arno, si raggiunsero 612 mc/sec;
- sull'Era a monte di Capannoli si ebbero 380 mc/sec, e, dopo la confluenza col Cascina, 12 Km più a valle, la stima è stata di 560 mc/sec.

In conclusione, sono le esondazioni lungo il percorso dell'Arno a laminare un colmo di piena che teoricamente potrebbe raggiungere a Pisa valori di quasi 7.000 mc/sec, contenendone l'alveo, a valle delle dighe Enel, al massimo circa 2500 - 3000.

In caso di evento catastrofico, potrebbe essere necessario contenere su tutto il bacino dell'Arno circa 350 - 400 ML di mc di acqua, dei quali circa 200 ML a monte di Firenze, per permettere il deflusso delle acque entro le difese spondali.

Questo obiettivo, cui è necessario mirare, è oggi ancora perseguibile attuando strumenti e interventi adeguati secondo un piano pluriennale, descritto di seguito, che prevede principalmente la trasformazione di alcune aree di espansione naturale del fiume e degli affluenti in casse di laminazione arginate, nelle quali l'acqua viene fatta affluire attraverso una soglia di stramazzo laterale, l'adeguamento degli strumenti legislativi, interventi gestionali, monitoraggi e piani di emergenza e di protezione civile nel periodo transitorio.

* * *

Come già ricordato, dall'esame degli eventi di piena che hanno interessato l'Arno ed i suoi affluenti emerge che il sistema idraulico dell'intero bacino risulta attualmente inadeguato a contenere non solo piene di carattere eccezionale ma, soprattutto lungo gli affluenti, anche quelle prodotte da precipitazioni caratterizzate da modesti tempi di ritorno.

Per sua natura infatti l'Arno è un fiume a regime "torrentizio", caratterizzato da portate fortemente variabili nel tempo (basti pensare che nella sezione di Firenze le portate possono variare da 3 - 4 mc/s, in estate, ad oltre 2.000 mc/s in tardo autunno e primavera, fino oltre 4.000 mc/s negli eventi disastrosi), strettamente dipendenti dal regime delle piogge in quanto, avendo il bacino una morfologia essenzialmente declive e di natura impermeabile, si ha una risposta impulsiva alle piogge stesse, con tempi di corrivazione molto bassi.

La superficie del bacino imbrifero dell'Arno, pari a 8.228 Km², in base ai caratteri morfologici, può essere così suddivisa:

- pianura	Kmq 1.410
- collina	Kmq 5.643
- montagna	Kmq 1.175

Si nota quindi che la tipologia di gran lunga predominante è quella collinare e che circa 6.800 Km² di superficie, sui poco più degli 8.000 del bacino imbrifero, costituiscono aree declivi. Queste, a causa della loro natura geologica, sono per la maggior parte soggette a naturali processi erosivi in atto o potenziali, talora di rilevante entità per gli effetti che sono in grado di provocare.

Le formazioni geologiche, in prevalenza di natura impermeabile, sono costituite da argille, marne, siltiti argillose, calcari marnosi ed arenarie compatte e coprono circa il 70% del territorio, mentre quelle prevalentemente permeabili sono presenti su aree non superiori al 5% dell'intera superficie. I sedimenti alluvionali recenti coprono invece il 23% dell'intero territorio.

Per quanto riguarda le precipitazioni (cfr. 5.1), il bacino può essere classificato come "appenninico" per la maggior parte del territorio e "mediterraneo" e "submediterraneo" nella fascia più prossima alla costa. Le precipitazioni sono distribuite, nell'arco dell'anno, in due periodi distinti:

nel primo, compreso tra gennaio e maggio inclusi, le precipitazioni sono abbondanti e di norma regolari; nel secondo, che va da ottobre a dicembre, le precipitazioni sono rilevanti ed intense ed irregolarmente distribuite nel tempo.

Essendo il bacino prevalentemente impermeabile, i deflussi seguono l'andamento delle precipitazioni con uno sfasamento, rispetto a queste, che dipende dalle condizioni stagionali del terreno e dalle portate di esaurimento.

A partire dal XIV secolo, come è stato già accennato, gli interventi e le modificazioni operate dall'uomo hanno aggravato la situazione idraulica del bacino, già naturalmente soggetta al verificarsi di piene anche imponenti.

Questi interventi sono stati realizzati con estese opere di bonifica, disboscamenti, modifiche dell'uso del suolo e delle pratiche agricole, sia direttamente sul corso di fiumi, attraverso rettificazioni, inalveazioni, arginature e sottrazioni di aree golenali.

E' nota l'importanza che fin dai secoli passati fu attribuita alla copertura forestale nell'azione di difesa dalle alluvioni e dai fenomeni franosi: già nel XVIII secolo da parte del Targioni Tozzetti e del Morozzi fu ritenuto che i tagli boschivi, avvenuti in forma estesa e disorganica, fossero stati la causa delle disastrose piene dell'Arno dell'epoca. Tuttavia le utilizzazioni forestali proseguirono con crescente intensità fino ai primi anni del '900 con un forte aumento durante la prima guerra mondiale.

La causa della distruzione di molti boschi fu dovuta alla messa a coltura agraria o alla trasformazione a pascolo di grandi estensioni già occupate da complessi forestali.

Nel Casentino, ad esempio, fu soltanto in virtù dell'attività svolta dai monasteri, dagli asili eremitici, da pochi privati e da alcuni funzionari dei governi granducali che si riuscì a conservare molte abetine e fagete di alto fusto in gran parte situate nell'alto bacino dell'Arno e che ancora oggi costituiscono un fondamentale presidio contro il dissesto idrogeologico.

In epoche più recenti l'incremento dell'agricoltura pedemontana e soprattutto collinare, con conseguenti interventi per il governo della circolazione delle acque superficiali, attraverso la realizzazione di canalizzazioni e drenaggi, terrazzamenti e muretti, attenuò in parte il dissesto idrogeologico. Ma il seguente massiccio abbandono dell'agricoltura e la trasformazione delle tecniche agricole hanno comportato quasi sempre la perdita di gran parte dei benefici effetti sul "governo delle acque" precedentemente determinati dalle sistemazioni idraulico - agrarie che, quasi ovunque, si trovano ormai in stato di completo abbandono, quando non siano state addirittura eliminate per esigenze di una più economica attività agricola.

L'abbandono dell'agricoltura ha comportato inoltre la progressiva impermeabilizzazione del suolo non più lavorato, con conseguente riduzione del tempo di corrivazione, perdita della capacità di invaso, aumento dell'erosione.

Le bonifiche idrauliche di ampie zone di pianura, realizzate per ottenere territorio destinato allora a fini agricoli, oggi divenuto spesso urbanizzato, comportarono la creazione di un sistema idraulico fortemente canalizzato, in origine disegnato e calcolato per avere un'inerzia limitata delle correnti, in modo particolare per il reticolo delle acque basse o per quello a scolo meccanico, che permetteva l'invaso di un certo quantitativo d'acqua.

Negli ultimi decenni la trasformazione socio-economica ha coinvolto e radicalmente mutato il livello di sviluppo italiano in generale e del bacino dell'Arno in particolare.

Gli effetti di tale trasformazione sono legati all'aumento della popolazione, agli inurbamenti e agli sviluppi di infrastrutture portanti attività non agricole: ciò ha determinato radicali sottrazioni di suolo all'agricoltura, alterazioni sostanziali degli assetti idraulici nonché immissioni diffuse di carichi inquinanti nelle acque e nel terreno.

Questa trasformazione ha portato così il territorio a non sopportare più senza danno gli effetti di eventi piovosi anche non eccezionali rispetto al passato; a parità di eventi, si hanno oggi cioè maggiori volumi d'acqua che si raccolgono con possibilità di esondazione nella rete, a sua volta anche questa spesso modificata, sottoposta a maggiori portate, causate dalla maggior rapidità con la quale le acque vi affluiscono per la diminuzione della capacità di contenimento generale del sistema terreno coltivato - canali, che ovviamente preservava in misura notevole da tale rischio.

Questa variazione dell'uso del suolo ha comportato problemi ambientali, sociali ed economici assai diversi, giacché, ad esempio, il danno legato all'alluvionamento di terreni agricoli, anche di durata di uno o più giorni, non è comparabile con quello conseguente all'allagamento anche di poche ore di centri abitati o di insediamenti industriali o commerciali.

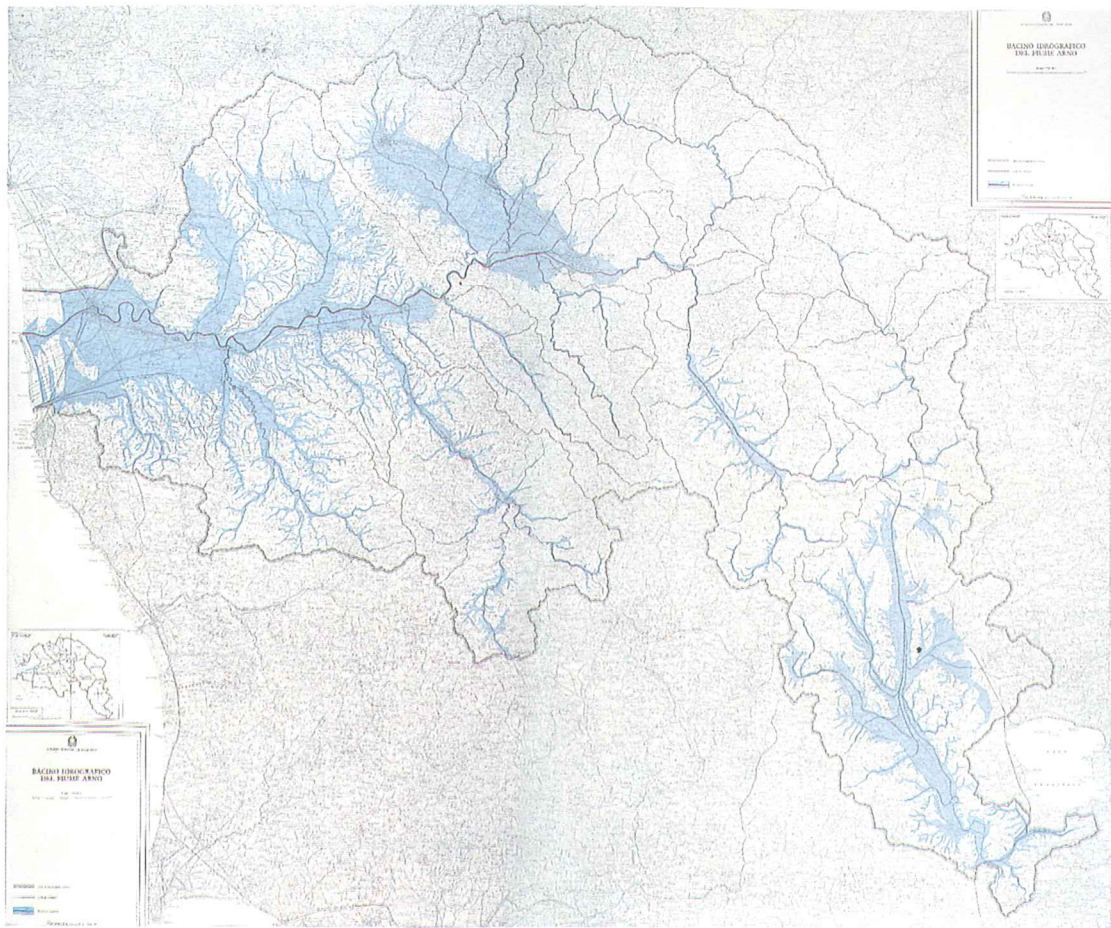
L'utilizzazione impropria di queste aree, naturalmente soggette ad esondazione, ha stimolato inoltre e reso indispensabile tutta una serie di pesanti interventi di "confinio" del fiume entro le difese arginali.

Tali interventi, ponendosi come scopo la difesa locale dal fiume, hanno condotto al restringimento degli alvei, alla ricerca della massima velocità di scorrimento e delle massime pendenze motrici, con soppressione delle anse ed in definitiva hanno ridotto l'effetto di regimazione e di invaso del sistema idraulico.

La crescente antropizzazione del territorio ha sicuramente contribuito alla riduzione della capacità di invaso naturale, sia attraverso interventi a grande scala, quali le modifiche nell'uso del suolo e nelle pratiche agricole, l'abbandono dei territori montani, sia con interventi effettuati direttamente sui corsi d'acqua, mediante inalveazioni, arginature e sottrazione delle aree golenali.

Per il bacino dell'Arno, Becchi stima in 200 Mmc il deficit complessivo di capacità di invaso negli ultimi venti anni, mentre un calcolo svolto da Paris e Rubellini per il sottobacino del F. Greve indica una riduzione media del 20 % delle aree golenali avvenuta tra il 1950 e il 1990.

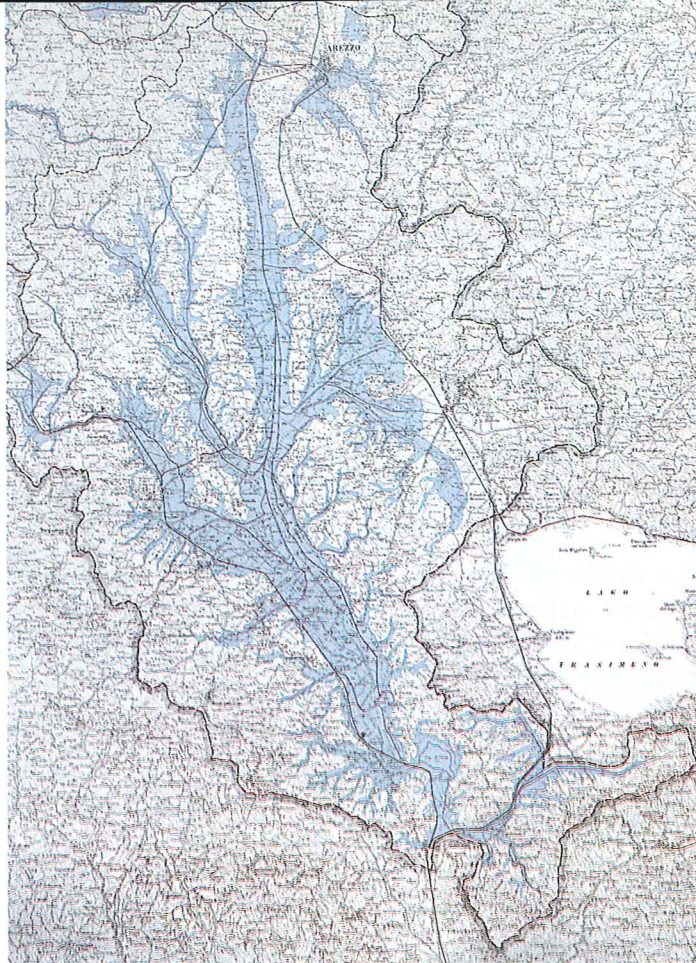
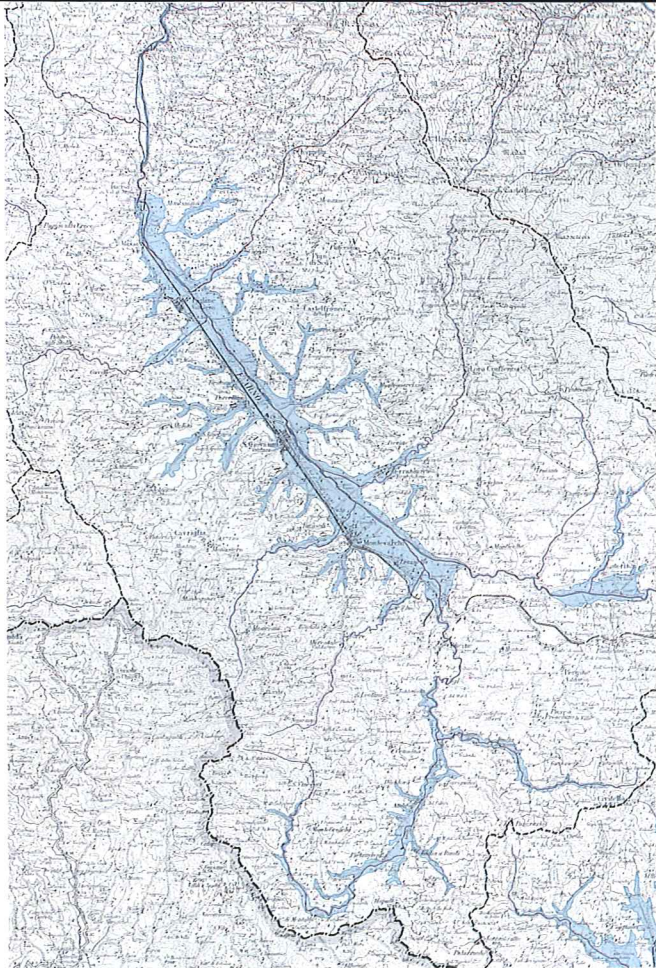
Si comprende la gravità di quanto sopra, ricordando che la modalità di propagazione di un'onda di piena è caratterizzata da due fenomeni di base: il fenomeno del *trasferimento*, cioè la velocità con cui la forma d'onda, e quindi il volume liquido ad essa associato, si sposta all'interno dell'alveo ed il fenomeno



Le pianure dell'Arno - I limiti del bacino e, in azzurro, le pianure, testimonianza degli eventi alluvionali avvenuti quando i corsi d'acqua erano liberi di esondare dall'alveo naturale e divagare nel territorio, deponendo e disponendo i materiali erosi e trasportati dai rilievi.

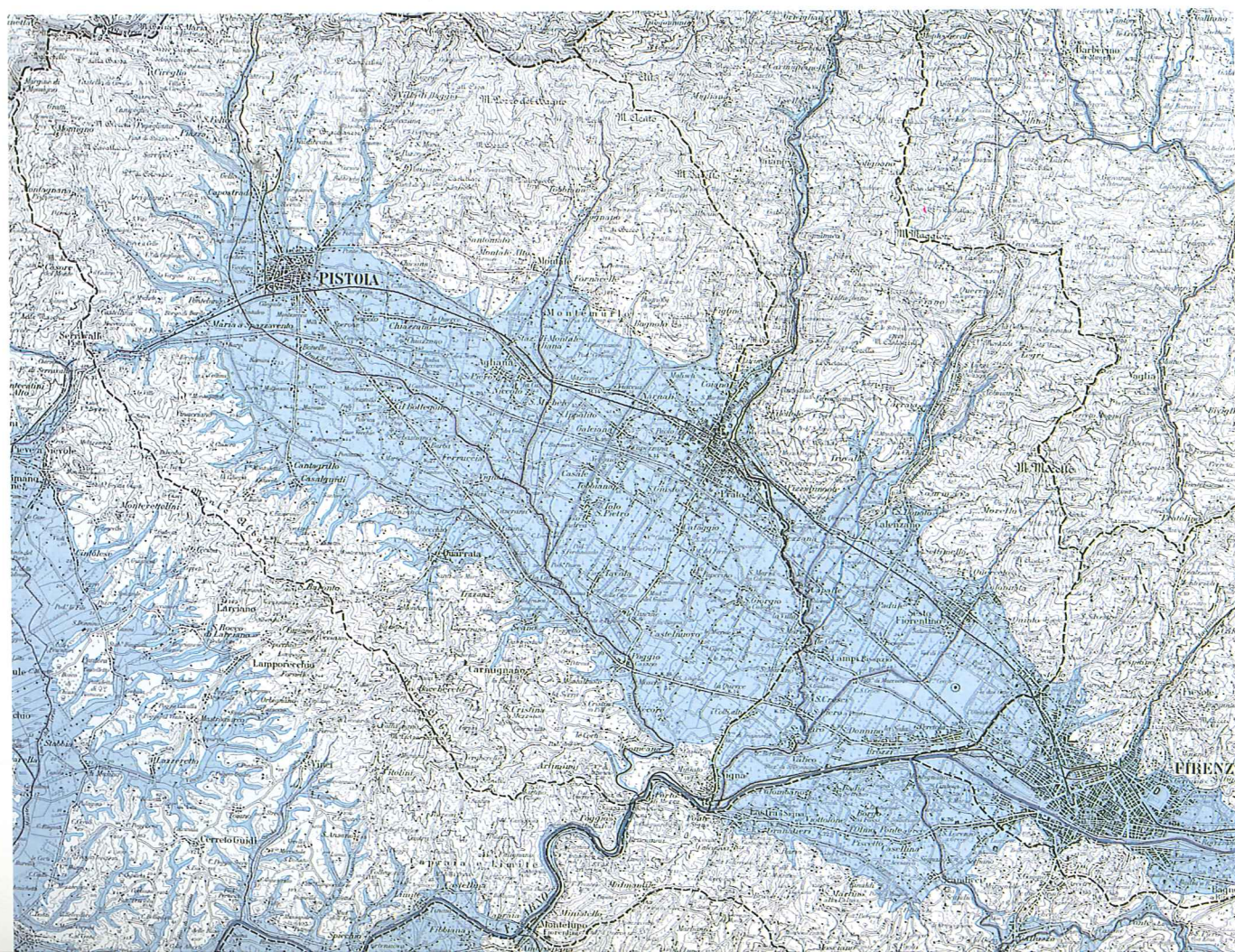


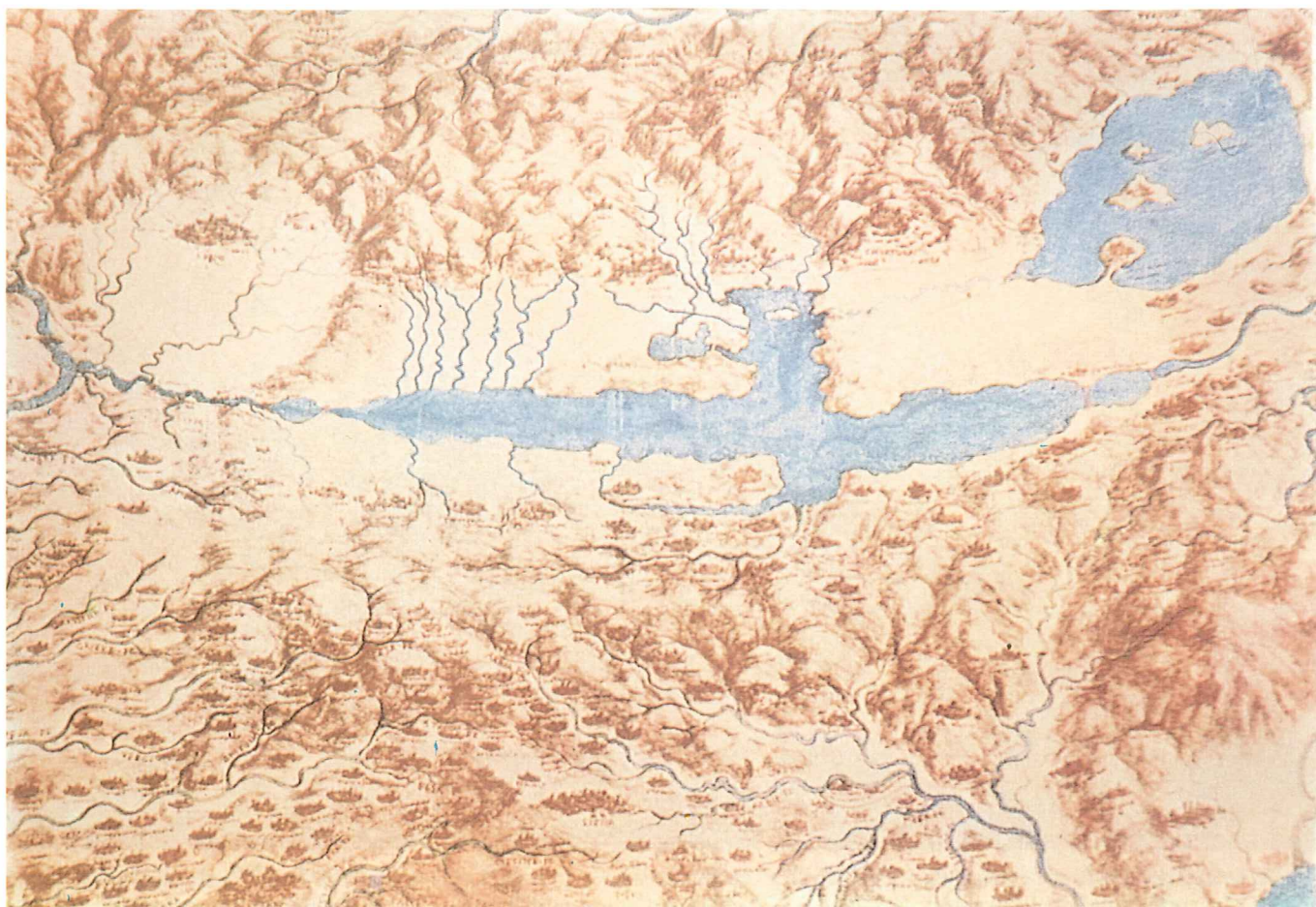
Le pianure dell'Arno - Il basso Valdarno, il Padule di Fucecchio, del Bientina, i principali affluenti in sinistra d'Arno (Elsa, Egola, Cascina e Tora) e la zona costiera pisano-livornese.



Le pianure dell'Arno - Il Valdarno inferiore tra Montevarchi e S. Giovanni (a sinistra). A destra la Val di Chiana e il lago Trasimeno. Solo in tempi storici, con importanti interventi di bonifica avvenuti specialmente tra il 1500 e il 1700, le acque della Val di Chiana, che andavano verso il Tevere, sono state convogliate verso l'Arno, aggravandone il sistema idraulico.

Le pianure dell'Arno - La pianura compresa tra Firenze, Prato e Pistoia, attraversata - oltre che dall'Arno - dall'Ombrone e dal Bisenzio.





La Valdichiana in un disegno di Leonardo Da Vinci - La Val di Chiana ai primi del XVI secolo. Il tratto centrale della valle era ampiamente impaludato e le acque si dirigevano in parte verso l'Arno e in parte verso il Tevere. In alto, a destra, il Lago Trasimeno; a sinistra la pianura e la città di Arezzo. (Da M. Baratta, 1941).



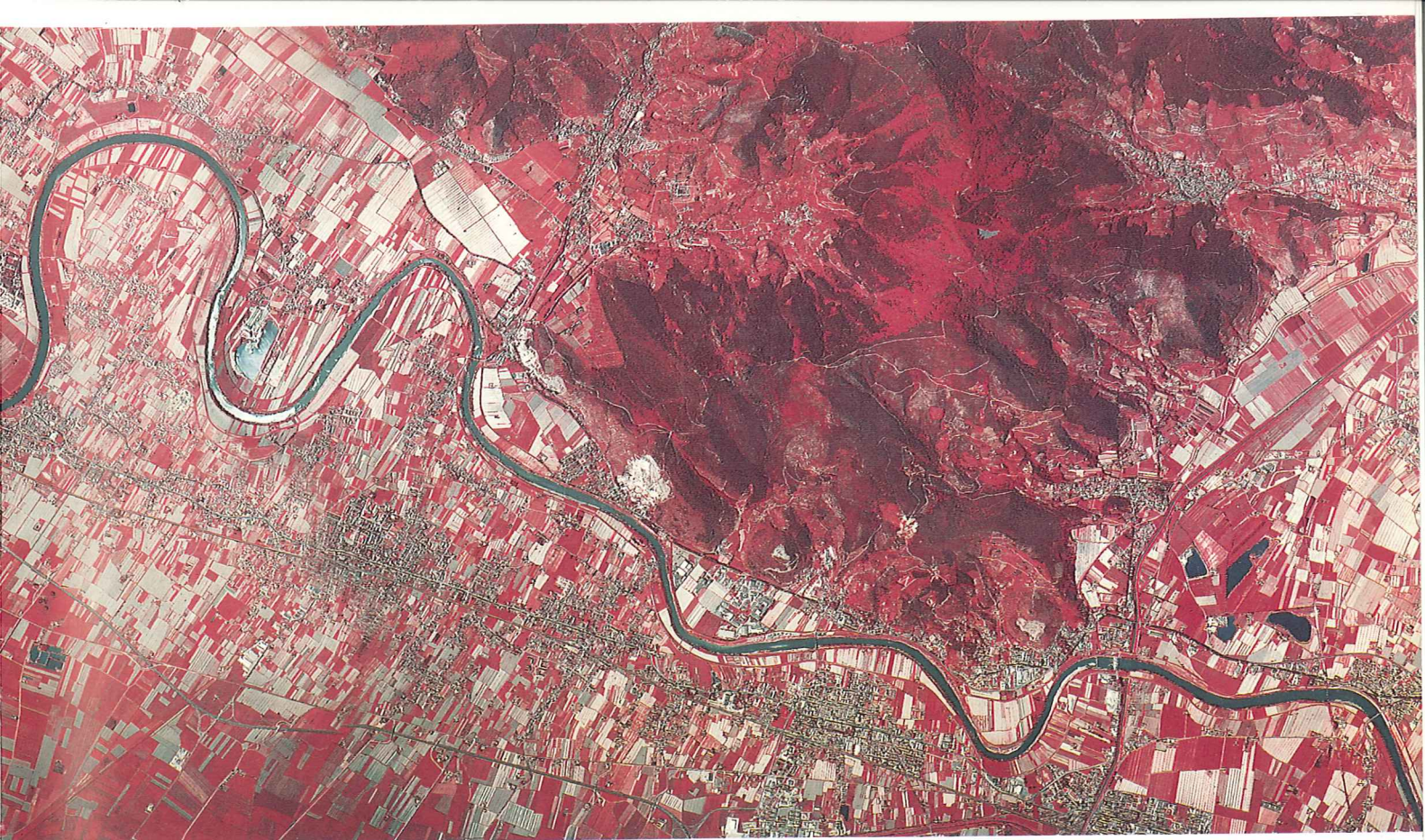
Il corso dell'Arno a valle di Firenze in una carta di Leonardo da Vinci - Ben riconoscibili i meandri, allora presenti a valle di Firenze e della Gonfolina e il canale che avrebbe dovuto congiungere Firenze con Prato e Pistoia; da qui, tagliando la collina di Serravalle, il canale sarebbe dovuto sboccare nel padule di Fucecchio, o direttamente in Arno presso Vico Pisano (da M. Baratta, 1941).



L'ARNO: tratto dalla foce a Cascina (Pi) - Sul litorale è visibile, a sinistra della foce, l'abitato di Marina di Pisa e, sul lato destro, l'erosione della costa nei pressi di S. Rossore. A valle della città di Pisa (al centro della foto), si nota la retifica dell'Arno dovuta al taglio dei meandri di Barbaricina (1770) e lo spostamento verso nord della foce ("taglio ferdinando", iniziato nel 1606). All'altezza di Pisa si evidenzia il restringimento dell'alveo nel centro della città. Tra Pisa, la zona di Cascina e fino alla valle di Bientina (sulla destra della foto), si notano i meandri del fiume, di varia ampiezza, in parte modificati. La costruzione degli argini e delle attigue strette golene, pre-



L'ARNO: tratto da Cascina a S. Miniato (Pi) - Sono visibili le golene lungo il fiume e le vaste aree di pertinenza fluviale, in parte edificate, nonché antichi meandri abbandonati (località Le Piagge - S. Donato). Da sinistra: il Canale Emissario del Padule di Bientina, che sottopassa l'Arno a S. Giovanni alla Vena; ad Ovest di Pontedera, lo Scolmatore, in grado di smaltire una portata di circa 1000 m³/s; l'immissione dell'Era nell'Arno e al centro, in destra d'Arno, il Canale Allacciante dell'Usciana, proveniente dal Padule di Fucecchio, che si immette nell'Arno nei pressi di Pontedera; la confluenza del T. Egola in sinistra d'Arno, di fronte a S. Croce. Sulla destra, l'ampio invaso artificiale in loc. Roffia, dovuto alle escavazioni di sabbia. Durante l'evento alluvionale dei giorni 20-21 ottobre 1992, la rot-



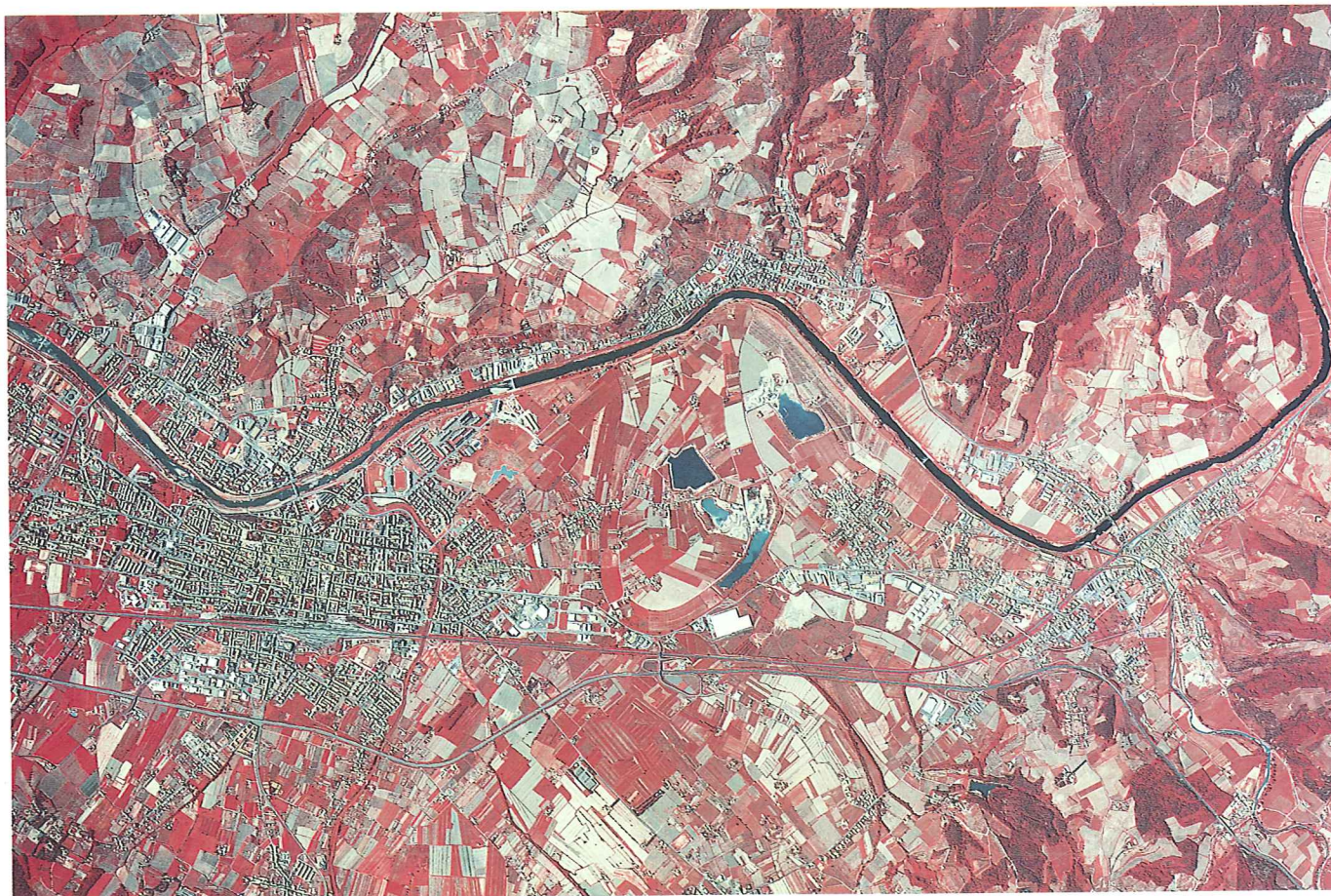
senti fino a valle di Pisa, hanno reso il fiume canalizzato e pensile sulla pianura. I principali centri abitati (nella parte destra della foto), lungo l'asse della "via fiorentina", sono, nell'ordine: Putignano, Riglione, Navacchio, S. Benedetto, Cascina e Fornacette. In riva destra, ai margini meridionali del Monte Pisano, sono visibili gli abitati di Calci, Caprona, Uliveto T.me, Cucigliano, S. Giovanni alla Vena, Vicopisano e Calcinaia. Anticamente, per difendere dalla piene la città di Pisa, le acque allagavano le aree più depresse della pianura (in grigio-azzurro nella foto), sia in sinistra che in destra del fiume, per mezzo dei cosiddetti "trabocchi" e "bocchette".



tura dell'argine laminò l'onda di piena, abbassando il livello dell'acqua nel fiume, a valle, di oltre un metro e mezzo. In tale occasione si realizzò localmente, anche se in maniera limitata, l'effetto di laminazione che il Piano di bacino si ripropone di ottenere mediante le casse di espansione dislocate lungo il corso del fiume e dei suoi affluenti. Al centro della foto, tra l'Arno e l'Usciana, si sviluppavano anticamente i canali detti "bisarni", che permettevano il transito di portate di piena sufficienti a mettere in sicurezza i centri abitati di Fucecchio, S. Croce e Castelfranco di Sotto, visibili in destra del fiume. A destra, al limite della foto, si nota l'immissione del fiume Elsa nell'Arno.



Antichi interventi di aggravamento del sistema idraulico dell'Arno - Canalizzazione e rettifica del fiume con taglio dei meandri di S. Piero a Grado e di Cascine Nuove di Barbaricina (1770-1774), a valle di Pisa. Nella foto è riconoscibile l'antico tracciato dei meandri ed è visibile la foce dell'Arno presso Marina di Pisa, difesa dalle scogliere a mare e l'erosione del litorale di S. Rossore, iniziata nel 1850. Lo spostamento verso Nord della foce dell'Arno, che fino al XV° secolo si trovava in corrispondenza della terminazione meridionale dell'attuale abitato, fu realizzata mediante il cosiddetto "taglio ferdinando", iniziato nel 1606.



Antichi interventi di aggravamento del sistema idraulico dell'Arno - L'Arno tra Montelupo ed Empoli, ristretto negli argini attuali nella prima metà dell'800. E' ben visibile l'antico ampio corso del fiume, oggi in parte edificato, e il taglio del meandro, il cosiddetto Arno Vecchio, eseguito intorno al 1550 (foto aerea all'infrarosso falsocolore - maggio 1993).



Antichi interventi di aggravamento del sistema idraulico dell'Arno - L'Arno tra Empoli e Fucecchio. Al centro della foto, in corrispondenza delle escavazioni in loc. "Roffia", si riconosce l'antico percorso a meandri e le ampie fasce di pertinenza fluviale, prima delle modifiche e delle arginature della metà dell'800.



Antichi interventi di aggravamento del sistema idraulico dell'Arno - L'attuale corso dell'Arno tra Figline (FI) e S. Giovanni Valdarno (AR). L'andamento rettilineo del fiume e il suo restringimento sono il risultato della canalizzazione e del taglio di numerosi meandri, iniziata nei primi anni del 1700. La pianura alluvionale circostante è oggi intensamente urbanizzata.

ESONDAZIONI DELL'ARNO IN FIRENZE

DAL 1177 AL 1966

Tabella 2.1

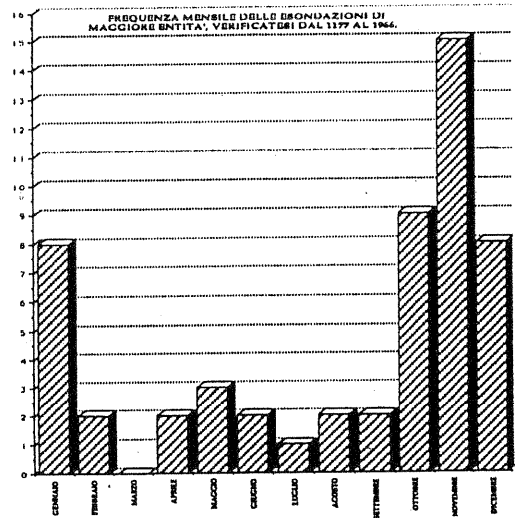
DATA	ENTITA' DEL DANNO	DATA	ENTITA' DEL DANNO
		08.11.1550	XX
		13.09.1557	XXXXXX
04. 11.1177	XXXX	31.10.1589	XXXXXX
?? 10.1261	XX	?? 01.1621	XX
01.10.1269	XXXX	09.11.1641	XX
15.12.1282	XXXX	06.11.1646	XXXX
02.04.1284	XXXX	?? 01.1651	XX
05.12.1288	XXXX	04.11.1660	XX
		11.05.1674	XX
?? 01.1303	XX	11.10.1676	XXXX
?? 01.1305	XX	19.02.1677	XXXX
01.11.1333	XXXXXX	18.05.1680	XXXX
05.12.1334	XXXX	20.04.1683	XX
06.11.1345	XXXX	26.01.1687	XXXX
?? 11.1362	XX	08.12.1688	XXXX
01.11.1368	XX	02.06.1695	XX
21.07.1378	XX	?? 01.1698	XX
20.10.1380	XXXX		
		11.10.1705	XXXX
?? 05.1406	XX	28.02.1709	XXXX
?? 12.1434	XX	22.10.1714	XXXX
18.10.1456	XXXX	06.09.1715	XX
16.01.1465	XXXX	?? 11.1719	XXXX
19.01.1490	XX	03.12.1740	XXXXXX
10.06.1491	XX	19.10.1745	XX
		01.12.1758	XXXXXX
08.01.1515	XXXX	15.11.1761	XX
28.08.1520	XX		
15.12.1532	XXXX	03.11.1844	XXXXXX
?? 01.1538	XX	06.11.1864	XXXX
06.11.1543	XXXX		
15.11.1544	XXXX		
13.08.1547	XXXXXX	04.11.1966	XXXXXX

A Firenze, a partire dal XII° secolo sono documentati 56 eventi di piena con allagamento del centro storico, 8 dei quali eccezionali. La tabella, fino al 1761, è desunta dai dati di F. Morozzi (1762). Anche la città di Pisa ha subito esondazioni negli anni 1454, 1539, 1685, 1866, 1904, 1916, 1949 e 1966 (C. Caciagli, 1970). Le (X) indicano la gravità dell'inondazione.

Tabella 2.2

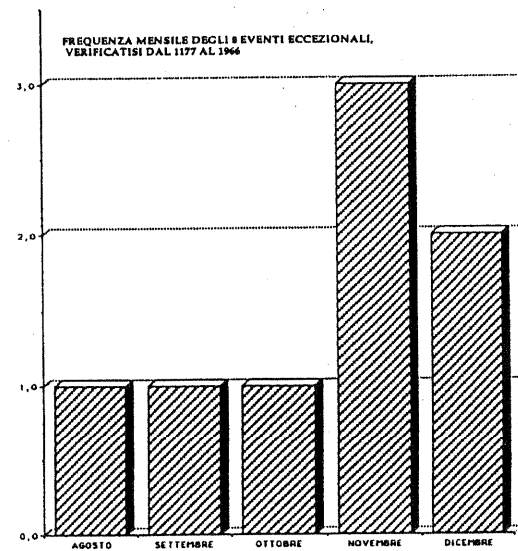
FREQUENZA MENSILE DELLE ESONDAZIONI DI MAGGIORE ENTITA', VERIFICATE DAL 1177 AL 1966

GENNAIO	XXXXXXXX
FEBBRAIO	XX
MARZO	
APRILE	XX
MAGGIO	XXX
GIUGNO	XX
LUGLIO	X
AGOSTO	XX
SETTEMBRE	XX
OTTOBRE	XXXXXXXXXX
NOVEMBRE	XXXXXXXXXXXXXXXXXX
DICEMBRE	XXXXXXXX



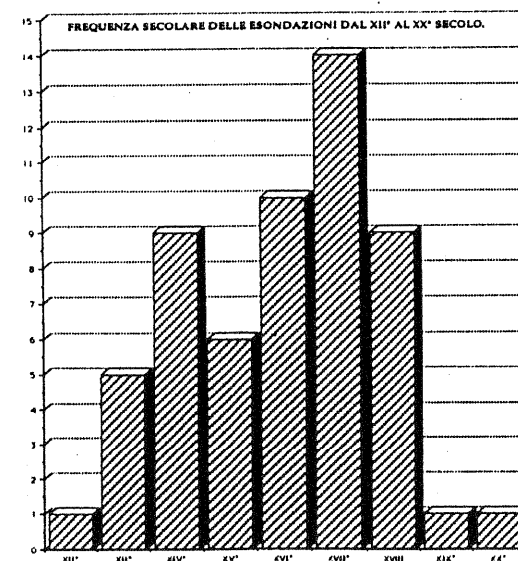
FREQUENZA MENSILE DEGLI 8 EVENTI ECCEZIONALI, VERIFICATISI DAL 1177 AL 1966

AGOSTO	X
SETTEMBRE	X
OTTOBRE	X
NOVEMBRE	XXX
DICEMBRE	XX



FREQUENZA SECOLARE DELLE ESONDAZIONI DAL XII° AL XX° SECOLO

XII°	X
XIII°	XXXXX
XIV°	XXXXXXXXXX
XV°	XXXXXX
XVI°	XXXXXXXXXX
XVII°	XXXXXXXXXXXXXXXXXX
XVIII°	XXXXXXXXXX
XIX°	X
XX°	X



della *laminazione*, che consiste in una progressiva riduzione del valore massimo causata dalla capacità di invaso disponibile nella rete idrografica.

Da questo si desume che il manifestarsi di situazioni a rischio può essere causato e/o amplificato da due motivi sostanziali, che consistono essenzialmente in quanto prima esposto e cioè :

- degrado del potere di regimazione del bacino, dovuto alla modificata condizione di uso del suolo, con estensione di superfici ad alta impermeabilità, che provocano una riduzione della capacità di invaso ed un minor tempo di corrivazione;
- utilizzazione impropria di aree soggette ad esondazione e comunque di pertinenza fluviale, con conseguente alterazione del rapporto con il sistema idraulico naturale.

Ne consegue che allo stato attuale il bacino dell'Arno, sia per sua natura che per modificazioni apportate dall'uomo, è un territorio estremamente a rischio da un punto di vista idraulico.

Nelle tabelle 2.1 e 2.2 sono indicate le principali esondazioni dell'Arno verificatesi in circa otto secoli, che, con le altre considerazioni già esposte, dimostrano tra l'altro che:

- 1 - l'alveo dell'Arno e l'alveo di molti affluenti anche anticamente non erano in grado di contenere l'onda di piena, se la pioggia raggiungeva certi valori ed interessava tutto o buona parte del bacino;
- 2 - negli ultimi due secoli era stato faticosamente raggiunto un equilibrio idrogeologico - idraulico più o meno stabile, attraverso la somma degli interventi antropici (sistemazioni idraulico forestali ed agrarie, bonifiche, etc.) che nell'insieme aveva sortito effetti più positivi che negativi; infatti tra le gravi alluvioni del dicembre 1758, del novembre 1844 e del novembre 1966 erano trascorsi rispettivamente 86 e 122 anni. Tale equilibrio era ancora sostanzialmente esistente nel 1954.

3 - Analisi dei progetti proposti e degli interventi recenti realizzati per il contenimento del rischio idraulico

A seguito del disastroso evento di piena del 1966, fu istituita la Commissione Interministeriale per lo Studio della Sistemazione Idraulica e della Difesa del Suolo, nota anche come "Commissione De Marchi", con la finalità di individuare le strategie di difesa dagli eventi alluvionali per tutto il territorio nazionale. Nell'ambito di tale Commissione, il Prof. Supino presiedeva il gruppo di lavoro per l'Arno e il Serchio, così che la proposta di interventi elaborata da tale commissione è nota come "Piano Supino".

In tale piano si individuava la fattibilità di un progetto di sistemazione del bacino dell'Arno basato sull'evento del 1966, prevedendo il recupero di una certa capacità di invaso con la realizzazione di 23 serbatoi sull'asta principale e sugli affluenti, di cui 17 a monte di Firenze, per una capacità totale di circa 240 Mmc.

Il progetto comprendeva anche la possibilità di diversivi, uno a monte di Firenze dall'Arno verso il fiume Greve, l'altro sul fiume Elsa, e l'impiego di casse di espansione sull'Elsa e nel Padule di Fucecchio.

Nel frattempo, sia per la realizzazione di alcuni interventi di regimazione, sia per il soddisfacimento di nuove esigenze (approvvigionamento idrico per usi civili, irrigui ed industriali, qualità dell'acqua) venne sviluppato dallo Studio Lotti di Roma, per conto del Ministero del Bilancio e della Programmazione Economica, d'intesa con la Regione Toscana, il Progetto Pilota per la sistemazione del Bacino dell'Arno, che prevedeva la realizzazione di 11 serbatoi a scopo multiplo, per una capacità complessiva di circa 400 Mmc di cui 117 destinati alla laminazione delle piene.

Il progetto era impostato sul grado ottimale di difesa, ottenuto tramite un'analisi costi-benefici, pur stabilendo di evitare, in ogni caso, danni ritenuti intollerabili. Nel caso di Firenze e Pisa era previsto un

grado di protezione totale nei confronti della piena del 1966, ma non per piene maggiori.

Il progetto ipotizzava anche la realizzazione di un canale scolmatore Arno-Trasimeno con scarico nel lago. La fattibilità di questa opera è stata ripresa in considerazione in quanto essa, pur essendo ritenuta di difficile attuazione sia per la lunghezza del canale (oltre 50 Km) e conseguente sezione idraulica necessaria, sia per l'urbanizzazione presente oggi in tratti di un possibile tracciato, rappresenterebbe un ulteriore futuro intervento di garanzia a favore delle soluzioni del progetto di piano.

Altri studi e progetti (Grazi, Evangelisti, Collegio degli Ingegneri di Firenze) individuano come interventi di difesa efficaci la realizzazione di invasi, eventualmente da integrare con casse di espansione e diversivi.

Più recentemente è stata valutata la possibilità di contribuire alla riduzione del rischio idraulico (ENEL per conto dell'Autorità di bacino) attraverso l'innalzamento delle dighe di La Penna e di Levane con un incremento del volume invasato di circa 40 Mmc da destinarsi interamente alla regimazione delle piene. In tali condizioni l'evento del '66 produrrebbe a Firenze una portata di picco pari a 3500 mc/sec.

La Provincia di Arezzo (ipotesi redatta dall'ing. Chiarini) in alternativa propone interventi comprendenti:

- la ristrutturazione degli scarichi di fondo della diga di La Penna per raggiungere una portata scaricata senza invaso di 1700 mc/sec, in modo da utilizzare completamente il volume d'invaso per la laminazione del picco di piena;
- il rialzamento delle dighe di Levane a quota 171 m.s.m. (un metro inferiore al progetto Enel) per poter laminare la piena in arrivo da La Penna e smaltire un picco di portata dell'ordine di 1550 mc/sec (contro i 1300 del progetto Enel).
- la realizzazione di un invaso sul fiume Sieve a Dicomano, della capacità di 15 Mmc, per abbattere il colmo di piena del 1966 da 1340 a 940, recuperando in tal modo i 300 mc/sec rilasciati in più a Levane rispetto alla soluzione Enel;
- la realizzazione dell'invaso sull'Ambra a Castello di Montalto, con un volume di invaso di 8 Mmc, per la riduzione del rischio di quel sottobacino.

Tutte queste proposte sono state valutate nella predisposizione del progetto di piano di bacino.

Nell'intento di far fronte al crescente livello di rischio idraulico nel bacino dell'Arno le numerose proposte, studi e progetti che si sono succeduti nel tempo solo in piccolissima parte si sono a tutt'oggi concretizzati in interventi strutturali effettivi per la difesa dalle piene.

Tra quelli realizzati dopo l'evento di piena del 1966, come già accennato, ricordiamo:

- il completamento dello Scolmatore d'Arno a Pontedera, concepito e iniziato prima dell'alluvione del 1966, in grado di smaltire una portata massima nominale di 1400 mc/sec, oggi utilizzate per circa 1000 mc/sec (cfr. la Scheda Tecnica allegata);
- l'abbassamento delle platee di Ponte Vecchio e di Ponte alle Grazie e l'innalzamento delle spallette del lungarno, tali da incrementare la portata massima in quel tratto urbano di Firenze, portandola da 2500 (1966) a 3100 - 3400 mc/sec senza franco, secondo i dati ufficiali (si ricorda, come è giustificato in seguito, che verifiche effettuate per l'elaborazione del progetto di piano danno portate di circa 2.800 mc/sec in corrispondenza del Ponte alle Grazie);
- la risagomatura del tratto fluviale a monte di Firenze, fino alla zona dell'Albereta;
- la stabilizzazione del fondo mediante la realizzazione di quattro traverse nel tratto tra Montelupo e Pontedera;
- la realizzazione dell'invaso di Bilancino sul Fiume Sieve (in fase di completamento - previsione 1997/99), a uso multiplo, efficace specialmente per raggiungere la "portata minima vitale" nell'Arno durante il periodo estivo (cfr. 6.5.4.1.);
- il diversivo di Castelfiorentino, sul fiume Elsa.

SCHEMA TECNICA

SCOLMATORE DELL'ARNO

E' un'opera idraulica preposta alla salvaguardia dal rischio di piena delle zone adiacenti al tronco del fiume Arno a valle di Pontedera, con particolare riferimento a Pisa città.

L'opera, iniziata nel 1953 (su progetto redatto dall'Ufficio del Genio Civile di Pisa), è stata completamente terminata per una portata di calcolo pari a 1.400 mc/sec nel 1987, pur essendo il canale già funzionante per una portata pari a 500 mc/sec nel 1972.

Oltre al canale scolmatore ed a tutte le opere complementari (opere di presa, arginature, ponti, etc.) è stato realizzato il canale allacciante dell'Usciana, che tramite una botte a sifone che sottopassa l'Arno convoglia le acque di piena provenienti dal Padule di Fucecchio direttamente nello Scolmatore; è stato inoltre modificato il percorso originale del Fiume Tora, che sboccava direttamente al mare, facendolo confluire nello scolmatore, diminuendone la lunghezza di circa 10 Km e compensandone la pendenza con la realizzazione di quattro briglie di altezza media pari a m. 1,70.

Il costo relativo ai lavori, terminati nel 1972, fu di 17 MLD, quello delle opere di ampliamento, sostanzialmente completate nel 1987, pari a 47 MLD.

- Ubicazione		In un punto di flesso dell'Arno immediatamente a valle di Pontedera e dell'immissione del Fiume Era	
- Lunghezza canale		32,20 Km	
- Sezione		Trapezia con savanella centrale per le portate di magra	
- Pendenza media		0,19%	
- Quota soglia sfiorante		+12 m.l.m.	
- Quota sommità paratoia per cui inizia automaticamente lo scolmo		+16 m.l.m	
- Q max tot. *		Q max Arno	900 mc/sec
		<	
		Q max Usciana	500 mc/sec
- Q min		75 mc/sec	
- Altezze liquide nello scolmatore			
		a valle delle opere di presa	alla foce
per Q = 75 mc/sec	h = 2,50		h = 0,00
per Q = 500 mc/sec	h = 6,16		h = 0,70
per Q = 1.400 mc/sec	h = 7,38		h = 0,70
- Principali affluenti			
- Il Fosso Reale (Q _{max} 76 mc/sec) in sx alla progressiva 19,600.			
- Il F. Tora (Q _{max} 350 mc/sec) in sx alla progressiva 20,794.			
- La Fossa Nuova (Q _{max} 24 mc/sec) in dx alla progressiva 25,000.			
- Il Fosso Torretta (Q _{max} 13 mc/sec) in sx alla progressiva 27,100.			
- Il Canale del Navicelli e l'emissario di Bientina in dx in prossimità della foce.			

* La portata effettivamente scolmabile risulta essere pari a 1.200 mc/sec e non a 1.400, in quanto la portata del Canale di Usciana risulta inferiore a quella di calcolo e pari a 300 mc/sec.

4 - Obiettivi generali del Piano stralcio sul rischio idraulico

[Riduzione della frequenza e della portata dei fenomeni - Contenimento dei danni]

Obiettivo del Piano stralcio è quello del massimo contenimento del rischio idraulico, nell'ambito delle possibilità consentite da una valutazione realistica della situazione attuale.

Il contenimento del rischio idraulico è inteso sia in termini di riduzione della frequenza e della portata dei fenomeni di esondazione ed allagamento, che di contenimento dei danni alle persone, all'ambiente ed al contesto economico sociale del bacino.

Tali obiettivi sono perseguiti con un concerto di strumenti di natura conoscitiva (ricerca ed informazione), strutturale (opere idrauliche, sistemi di monitoraggio e di controllo) e gestionale (normative, sistema di vincoli, criteri di gestione, organizzazione territoriale, piani di monitoraggio, etc.).

L'individuazione degli obiettivi specifici discende da una analisi delle cause generali che hanno condotto nel tempo all'incremento del rischio idraulico nel bacino. Tali cause sono riconducibili a grandi linee in:

- incremento del coefficiente di deflusso (rapporto tra deflussi e afflussi), ovvero "impermeabilizzazione" progressiva del bacino idrografico;
- riduzione del tempo di corrivazione, tempo necessario alle acque meteoriche che cadono nel punto più lontano del bacino per raggiungere la sezione di interesse;
- riduzione della capacità di invaso nel bacino, ovvero riduzione di tutte quelle aree che sono, naturalmente o a seguito dell'intervento dell'uomo, in grado di contenere momentaneamente le acque di piena e consentire un rilascio graduale;
- assenza di un completo ed efficace sistema informativo territoriale e di una rete coordinata di strutture gestionali in grado di garantire una utilizzazione appropriata e tempestiva.

L'insieme delle cause sopradette dipende da una serie di situazioni ambientali che riguardano in generale:

- lo stato delle opere di sistemazione idraulica nelle zone montane e di regimazione nelle zone a valle. Il cattivo funzionamento delle sistemazioni (per carenza di manutenzione o per mancato raggiungimento degli obiettivi progettuali) è infatti causa della velocizzazione delle acque e, quindi, della diminuzione dei tempi di corrivazione e della maggiore energia delle piene. La riduzione degli invasi a valle provoca ostruzioni e possibilità di rigurgito delle piene;
- il cambiamento di uso dei suoli (abbandono delle terre coltivate in montagna, disboscamento ed assenza di manutenzione delle sistemazioni idraulico - forestali, l'urbanizzazione e la coltivazione delle aree golenali e di "pertinenza" dei corsi d'acqua). Tali modifiche inducono conseguenze sul coefficiente di deflusso e sul tempo di corrivazione e riducono l'efficienza delle opere.

Le cause, di cui ai punti precedenti, sono state individuate e verificate dall'Autorità di bacino attraverso una serie di studi affidati ad istituzioni scientifiche (università, enti di ricerca, etc.) e professionisti, competenti nelle diverse discipline. Ciò ha consentito di pervenire ad un quadro esauriente della situazione ambientale di cui si dà conto nel capitolo 5.

Sulla base delle conoscenze circa la situazione ambientale esistente sono state formulate ipotesi di intervento, la cui articolazione individua diversi livelli di contenimento del rischio idraulico, così come descritte nel capitolo 7, riguardante la strategia di piano.

Tale strategia prevede, nell'arco di tempo complessivo di 15 anni, il raggiungimento di obiettivi specifici in termini di:

- aumento della capacità di laminazione
- aumento della capacità di invaso

- aumento della capacità di smaltimento
- miglioramento delle opere di difesa arginale
- miglioramento della capacità di controllo e di intervento.

L'obiettivo complessivo è il contenimento di eventi di piena significativi, quale quello del 1992 e quello, ben più importante, del 1966.

Gli obiettivi generali del piano sul rischio idraulico saranno verificati ed eventualmente adeguati almeno ogni tre anni.

5 - Elementi conoscitivi alla base della formulazione delle ipotesi di intervento

Al fine di elaborare il progetto di piano stralcio relativo al rischio idraulico, si è operato per mezzo di studi specifici, coordinati dalla Segreteria Tecnico Operativa e dal Comitato Tecnico attraverso le apposite Commissioni, confronti con i Dipartimenti Ambiente della Regione Toscana e della Regione Umbria, con gli Uffici del Genio Civile e del Provveditorato alle OO.PP., etc..

E' stato coinvolto anche il Dipartimento Agricoltura e Foreste della Regione e il Dipartimento di Urbanistica.

Infine si sono svolti numerosi incontri tecnici a livello di Province, di Comuni e di Comunità Montane per valutare situazioni particolari e locali.

Per avere conferma delle situazioni rilevate o indicate, l'Autorità di bacino ha fatto eseguire periodicamente (1993 e 1995) riprese aerofotogrammetriche dalla foce dell'Arno (Marina di Pisa) fino alla sorgente (Capo d'Arno - Arezzo), sia in bianco e nero sia in falso colore, con restituzione cartografica dei vari tematismi rilevati.

Durante gli eventi alluvionali, od immediatamente dopo, sono stati documentati, attraverso foto e riprese aeree stereoscopiche, parte delle zone interessate dagli eventi stessi, attraverso la disponibilità del Ministero Difesa Aeronautica, del Ministero dell'Interno (Reparto di Volo della Polizia di Stato) e della Guardia di Finanza (Sezione Volo di Pisa).

Si è provveduto ad un esame dei numerosi progetti e studi predisposti negli anni per la riduzione del rischio idraulico dell'Arno, sintetizzando i dati nella cartografia allegata e, con la collaborazione del CNR - CNUCE di Pisa, si è proceduto alla informatizzazione dei dati rilevati.

Infine è stata messa in atto una collaborazione a titolo gratuito con l'Enel, sia a livello compartimentale di Firenze sia con la Direzione Centrale di Roma, che ha permesso la predisposizione del progetto di fattibilità di sovrizzo delle dighe di Levane e La Penna (AR) per la laminazione delle piene dell'Arno nel Valdarno superiore, come uno dei possibili interventi di attenuazione del rischio.

* * *

Come accennato, ai fini di elaborare un quadro conoscitivo sufficientemente ampio ed articolato su cui basare la formazione delle ipotesi di intervento, l'Autorità di Bacino ha fatto eseguire, tra l'altro, una serie di studi che hanno riguardato:

- il comportamento idrologico dell'Arno nelle situazioni degli eventi meteorologici maggiormente significativi e gli effetti delle aree di espansione sulla laminazione delle piene, oltre alla verifica idraulica degli interventi di regimazione (Prof. Ing. Enio Paris, ordinario di Costruzioni Idrauliche presso il

Dipartimento di Idraulica dell'Università di Firenze, Ing. Claudio Lubello e Ing. David Settesoldi);

- la individuazione dei tratti a rischio idraulico degli affluenti del 1° ordine dell'Arno, finalizzata alla determinazione degli interventi necessari (Proff. Ingg. Valerio Milano e Samuele Cavazza, Ingg. Enzo Buffoni, Carlo Viti dell'Istituto di Idraulica dell'Università di Pisa);
- lo stato attuale delle opere di sistemazione idraulico - forestali nel bacino dell'Arno con individuazione e valutazione degli interventi urgenti per la riduzione del rischio idraulico (prof. Silvano Grazi, Dipartimento di Ingegneria Agraria e Forestale dell'Università di Firenze);
- un quadro conoscitivo generale delle caratteristiche climatiche del bacino, in particolare con l'esame della piovosità e del regime pluviometrico (dott. Sebastiano Vittorini, dott. Franco Rapetti - C.N.R., Centro per la Geologia strutturale e Dinamica dell'Appennino, Pisa);
- la valutazione di impatto ambientale degli interventi proposti (coordinata dal prof. Mario Preti - Dipartimento di Progettazione dell'Architettura dell'Università di Firenze);
- oltre a numerose altre indagini conoscitive di settore.

Dei risultati dei principali studi condotti si fornisce una rapida rassegna nei paragrafi che seguono.

5.1 - Piovosità e regime pluviometrico nel bacino dell'Arno

Il bacino dell'Arno, nei suoi tratti morfologici fondamentali, com'è noto, presenta a nord un ambiente di montagna, costituito dalla catena appenninica e, a sud del corso del fiume, un vasto ambiente pianiziario e collinare. Oltre alla catena principale sono presenti sistemi montuosi di minore importanza, come il Pratomagno, i Monti del Chianti e il Monte Pisano. La configurazione orografica, la continuità della valle principale fino a Pontassieve e la presenza di ampi bacini intermontani costituiscono importanti fattori geografici del clima. Infatti la direzione delle valli e dei crinali, l'acclività dei versanti e l'altitudine dei sistemi montuosi provocano deviazioni e sollevamenti forzati più o meno intensi delle masse d'aria che influiscono notevolmente sulla frequenza e sulla quantità delle precipitazioni nelle valli e sui rilievi.

La quantità delle precipitazioni dell'intero bacino mostra una stretta relazione con il rilievo poiché, dagli 800 mm (periodo 1956-1991) della costa e della Val di Chiana, si passa all'isoietta dei 1200 mm che borda l'Appennino e il Pratomagno. I valori più elevati si riscontrano nell'Appennino pistoiese e nell'alto bacino del Bisenzio, in cui si superano i 1900 mm. In anni particolari però le precipitazioni sono state anche maggiori di 2000 mm, come nel 1960 a Camaldoli (2451 mm), Cireglio (2757 mm), Boveglio (2765 mm), Cantagallo (2383) e Serra Pistoiese (2536 mm).

Il numero dei giorni piovosi medi annui segue lo stesso andamento della quantità delle precipitazioni, poiché i valori massimi si registrano nell'Appennino e nel Pratomagno (a Camaldoli si hanno 136 giorni l'anno). Nella parte centrale del bacino si oscilla tra i 90 e i 105 giorni, nella fascia costiera si hanno meno di 85 giorni, ma i valori più bassi si registrano nel Padule di Fucecchio e nella Val di Chiana, con meno di 75 giorni.

L'intensità media annua delle precipitazioni, dal Casentino, dalla Val di Chiana, dal Mugello alla costa, oscilla tra gli 11 e gli 8 mm/g.p (giorni di pioggia); sui rilievi supera i 12 mm/g.p., fino a raggiungere i 18 mm/g.p. nell'Appennino pistoiese. I valori mensili sono però superiori, poiché nelle località montane ed in particolare nei mesi autunnali, si registra un'intensità media di oltre 22 mm/g.p..