



*Università degli Studi di Firenze*



**Dipartimento di Ingegneria Agraria e Forestale**

*Sezione di Idronomia*

**Relazione finale sul progetto di ricerca:  
Stato delle Sistemazioni Idraulico - Forestali nel bacino dell'Arno.**

*Premessa*

A seguito dell'accordo quadro di collaborazione tra Autorità di Bacino del Fiume Arno e Facoltà di Agraria, la stessa AdB ha affidato al Dipartimento di Ingegneria Agraria e Forestale i fondi per una ricerca finalizzata all'analisi del materiale esistente riguardo ai censimenti e quindi allo stato delle opere di sistemazioni idraulico – forestali nel bacino dell'Arno.

Sulla base di quanto convenuto in sede di inizio attività i *work packages* del programma di ricerca prevedevano le seguenti attività:

Work package	Contenuto
1	Revisione Materiale
2	Raccolta dati
3	Indagine in situ
4	Creazione GeoDB
5	Alimentazione GeoDB
6	Analisi
7	Rapporto finale

**1) Attività connesse alle fasi 1, 2**

L'indagine è partita dall'analisi preventiva del materiale disponibile presso l'Autorità di Bacino del Fiume Arno (in seguito semplicemente AdB) al fine di valutare quantità e qualità dell'informazione attinente allo scopo della ricerca già disponibile presso tale ente. Il materiale consultato e ottenuto come copia elettronica è costituito da un lavoro già condotto dal prof. Silvano Grazi relativo alle opere idrauliche ed il geodatabase che costituisce il sistema informativo territoriale della AdB (noto ai tecnici come "Sistema Acque").

Il lavoro del prof. Grazi aveva l'obiettivo di quantificare lo stato di efficienza delle opere idrauliche nel bacino dell'Arno. Il materiale elettronico disponibile consisteva in un file con estensione .dbf che conteneva globalmente le opere censite con le relative caratteristiche ed un database in formato Access97 contenente gli stessi dati suddivisi in due tabelle e con alcune semplici queries di selezione. Oltre alla parte testuale erano disponibili dei files con estensione .dwg che riportavano il reticolo idrografico interessato dal censimento, ricavato con le sole aste principali dalle carte IGM 1:25.000. e caratterizzato da una bassa risoluzione spaziale (ossia erano indicate solo le aste di maggiore grado gerarchico).

Dalla relazione conclusiva di questo lavoro si evince che il bacino dell'Arno è stato suddiviso in 9 zone idrografiche:

- 1) Casentino
- 2) Val di Chiana
- 3) Valdarno superiore (esclusa Sieve)
- 4) Val di Sieve (Mugello)
- 5) Valdarno medio (bacini tra Sieve e Ombrone pistoiese esclusi)
- 6) Valdarno medio (in destra: Ombrone e affluenti minori dell'Arno fino all'Usciana)
- 7) Valdarno medio (in sinistra d'Arno: dalla Greve alla Pesa compresi)
- 8) Valdarno inferiore (in destra d'Arno: Val di Nievole)
- 9) Valdarno inferiore (in sinistra d'Arno: fra Pesa ed Era compresa)

Le informazioni necessarie alla formazione del codice univoco per ciascuna opera erano così gerarchizzate:

- zona idrografica (1 cifra)
- sottobacino principale interno alla zona idrografica (2 cifre)
- codice dell'asta interna al sottobacino principale (2 cifre)
- numero progressivo di opera (2 cifre)

La numerazione era progressiva da monte verso valle per le opere (con alcune eccezioni probabilmente dovute ad errori), i sottobacini e le aste.

Le opere sono state così censite attribuendo un codice di 7 o 9 cifre (almeno come intento iniziale dell'Autore) così composto scorrendolo da sinistra a destra: la prima cifra rappresenta la zona idrografica, le successive due il codice attribuito al sottobacino considerato, le ulteriori due il codice dell'asta affluente del corso d'acqua principale del sottobacino e le ultime due in numero d'ordine progressivo delle opere. Per il codice a 9 cifre viene aggiunto un ulteriore livello gerarchico relativo

al corso d'acqua. Il contenuto delle tabelle, riportanti 2086 record (opere) comprende un insieme di informazioni tra cui alcune di tipo geografico (coordinate UTM, zona idrografica di appartenenza, sottobacino, asta, etc...) e altre descrittive sulle caratteristiche qualitative e quantitative delle opere censite. A questo proposito si ricorda come la relazione conclusiva (in forma di file .doc) reperita nel materiale fornito dalla AdB affermi che il censimento deriva da una raccolta di materiale documentale sottoposto poi a verifica di campagna su un campione casualmente distribuito.

La localizzazione geografica delle opere è fornita dalle coordinate UTM o dalla loro posizione all'interno dei files grafici con estensione .dwg. Questi files riportano tre sistemi di coordinate utente differenti: Gauss – Boaga, UTM, catastali (Cassini – Soldner). Questi files sono stati unificati al fine di avere un quadro globale delle opere censite e coerente riguardo alle coordinate. In questi files le opere sono materializzate mediante un oggetto "blocco" di Autocad (insieme di oggetti elementari come polilinee, linee, poligoni, etc assemblati per definire un simbolo).

Come analisi preliminare del materiale costituente il database sono state formulate e applicate delle queries specifiche per la ricerca di dati duplicati. La risposta positiva della query ha permesso di identificare i record duplicati

Dall'analisi è emerso che tale duplicazione aveva origine fondamentalmente da due tipi di errori riconducibili a:

- record clonati (duplicati con informazione identica in tutti i campi)
- erronea attribuzione di codice con conseguente duplicazione

Questi errori sono stati corretti eliminando i record clonati oppure correggendo il codice nel caso di erronea attribuzione. Questa seconda correzione è stata condotta posizionando sul GIS le opere e confrontandole con il reticolo e le altre poste sulla stessa asta.

In questa fase sono stati corretti anche codici aventi un numero di cifre superiori alle nove previste eliminando degli zeri aggiuntivi presenti nella composizione del codice. I codici originali sono stati comunque conservati in un campo creato ex-novo.

Ottenuta quindi una tabella contenente solo codici univoci si è preceduto al posizionamento sul GIS delle opere sulla base del contenuto del campo delle coordinate. Purtroppo questo campo non risultava compilato per tutti i record portando a circa 1900 il numero delle opere posizionabili geograficamente. Quelle non posizionabili sono state cercate sui files grafici in base ai codici e quando sono state trovate, sono state materializzate con punti di disegno e quindi esportate su file di testo. Dai file di testo si è preceduto all'aggiornamento delle coordinate sul database per i record interessati. Dopo questa operazione il numero delle opere geograficamente posizionate è salito a 1994, le altre sono rimaste non localizzate.

## **2) Attività connesse alla fase 3**

Riguardo alle attività previste alla fase 3, d'intesa con i responsabili della ricerca per conto dell'Ente finanziatore (AdB), si è convenuto di caratterizzare mediante rilievo topografico di

dettaglio, condotto con stazione totale, l'andamento piano – altimetrico di alcuni corsi d'acqua situati in Mugello. La scelta di questi corsi d'acqua è motivata dal fatto che gli stessi sono stati sede, negli anni '70, di alcune campagne di misura sperimentali delle granulometrie di fondo, tese a confrontare e verificare alcune formule empiriche per il calcolo della pendenza di sistemazione. L'idea guida era quindi quella di confrontare lo stato attuale delle pendenze del fondo con quelle storiche misurate in occasione della progettazione delle opere e delle misure effettuate negli anni '70. Come primo corso d'acqua si è scelto il torrente Ensa, affluente di sinistra delle Sieve, sul quale è stato condotto durante il mese di luglio, un rilievo di dettaglio per un tratto lungo oltre 1km. Durante questo rilievo sono emerse delle difficoltà che andando avanti si sono manifestate in tutto il loro peso: a partire dalla situazione attuale dell'alveo, caratterizzata dalla abbondantissima presenza di vegetazione arborea e arbustiva che ha reso molto lento ed oneroso il procedere del rilievo, per concludere con la difficoltà di collegare le informazioni storiche alla situazione attuale. Nonostante queste difficoltà il rilievo piano – altimetrico, integrato con la misurazione delle opere incontrate e rilievo GPS delle coordinate, è stato restituito come file .dwg e confrontato con il profilo storico rilevato in fase di progetto della sistemazione idraulico – forestale del bacino effettuata nei primi anni '30.



Fig. 1 – Abbondante presenza di vegetazione lungo il percorso del torrente nell'estate 2006



Fig. 2 – Il torrente Ensa come appariva negli anni '30 presso la confluenza del Rio Morto

Il confronto mostra come la posizione delle opere nella realtà sia diversa dalla presunta posizione prevista (questo problema può essere in parte spiegato considerando che il rilievo storico è stato condotto in situazioni territoriali ben diverse dalla attuale, nella quale la abbondante vegetazione e alcune frane di sponde hanno obbligato ad affrontare una linea di rilievo con più curve rispetto a quella storica). Un'ulteriore spiegazione deriva dal fatto che le opere trasversali hanno indotto una diminuzione di pendenza e quindi probabilmente una più accentuata tortuosità della linea della corrente di magra che è stata quella seguita in fase di rilievo.

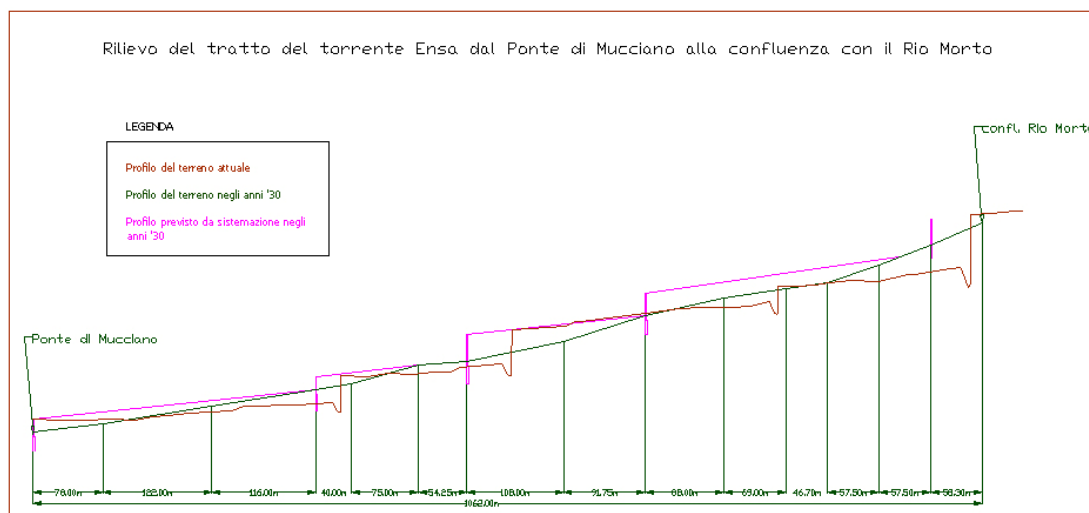


Fig. 3 – Rilievo piano – altimetrico di un tratto del torrente Ensa nel Mugello

Il rilievo viene allegato al materiale della consegna come file .dwg.

### 3) Attività connesse alle fasi 4, 5 e 6

Le operazioni descritte al paragrafo 1 sono state preliminari alla realizzazione del geodatabase sul quale confluiscono e convivono le informazioni di georeferenziazione e quelle descrittive di tipo alfanumerico.

Il geodatabase creato si compone di 27 tabelle (derivanti dai dati del censimento Grazi) più 13 necessarie per la compatibilità con le specifiche regionali sul database delle opere idrauliche per un totale di 40, 11 queries e 13 maschere e 2 reports. Il numero delle tabelle è lievitato per due motivi di cui uno di carattere squisitamente tecnico e l'altro di carattere pratico. Il motivo tecnico risiede nella necessità di creare un database relazionale basato sulla normalizzazione dei dati, che ha portato a dissociare le informazioni in tabelle correlate attraverso l'identificativo delle opere che definisce delle relazioni tra campi chiave interna ed esterna del tipo uno a uno, uno a molti, molti a molti. Il secondo motivo deriva dalla difficoltà per un operatore a ricordare il significato di codici attribuiti in sostituzione di testi estesi (tale operazione è caratteristica nei database quando è prevista una scelta fra un numero predefinito di voci di un elenco). Tali codici quindi necessitano di una tabella correlata che ne espliciti il significato. Nel database originale tanti campi contenevano informazioni di carattere semplificato (riassunte da codici) ma collocate su campi di tipo testo (pur rappresentando numeri). Questi campi sono stati trasformati in campi di tipo numerico (più economici in termini di risorse di memoria macchina) e affiancati da tabelle correlate esplicative. Questa operazione, se accompagnata da l'imposizione di una relazione caratterizzata da integrità referenziale, richiede la sostituzione dei valori nulli all'interno dei campi con una voce definita nella tabella correlata. Questa operazione è stata condotta mediante queries di aggiornamento per tutti i campi interessati.



In fase di preparazione delle tabelle si sono aggiunti oltre ai campi originariamente inseriti, anche quelli previste dal database delle opere idrauliche proposto dalla Regione Toscana come guida di riferimento per i lavori che affrontino la materia. Le tabelle proprie dei questo censimento sono indicate con le iniziali tb nel nome. La tabella principale del database è chiamata “Opere” e contiene 31 campi contenenti le informazioni previste dal censimento Grazi e quelle derivanti dalle elaborazioni condotte con il modello ALTO e dall’integrazione con i dati derivanti dalla feature class “Corso” del geodatabase del “Sistema Acque” con l’aggiunta di 21 campi contenenti le restanti informazioni previste nella tabella “Opera” del database regionale.

Fig. 4 – Finestra delle relazioni intercorrenti tra le tabelle

Si database si apre con una maschera di accesso che conduce alla form “*Ricerche generali*”. Questa maschera è stata pensata come maschera di ricerca e selezione delle opere in base ai seguenti attributi:

- Codice CSIBAPO derivato dalla feature class “Corso” del geodatabase “Arno”
- Nome del corso d’acqua secondo il “Sistema Acque”

La sottomaschera di riepilogo delle informazioni consente di visualizzare le opere filtrate e di accedere alle informazioni estese dopo avere selezionato il record interessato e aver cliccato sul pulsante “Visualizza opera selezionata”. Il tasto di stampa consente di stampare un report contenente l’elenco delle opere filtrate.

**Ricerche generali**

**Ricerche per attributi**

Torrente:  Bacino:  CSIBAPO:

Codice zona idrografica:  Codice ALTO:  Sist. "Acque":

Visualizza tutte

**Opere filtrate sul valore "Cod\_Zona\_Idrografica" = 1**

N_ORD	COD_ZON	S_BACINO	TORRENTE	NOME_ALTO	ORD_A
1010101	1	Arno a monte di Stia	Asta principale	ARNO	5
1010102	1	Arno a monte di Stia	Asta principale	ARNO	5
1010103	1	Arno a monte di Stia	Asta principale	ARNO	6
1010104	1	Arno a monte di Stia	Asta principale	ARNO	6
1010105	1	Arno a monte di Stia	Asta principale	ARNO	6
1010106	1	Arno a monte di Stia	Asta principale	ARNO	6
1010107	1	Arno a monte di Stia	Asta principale	ARNO	6
1010108	1	Arno a monte di Stia	Asta principale	ARNO	6
1010109	1	Arno a monte di Stia	Asta principale	ARNO	6
1010110	1	Arno a monte di Stia	Asta principale	ARNO	6
1010111	1	Arno a monte di Stia	Asta principale	ARNO	6
1010113	1	Arno a monte di Stia	Asta principale	ARNO	6

Record: 1 di 1040

Visualizza opera selezionata

Fig. 5 - Form “Ricerche generali”



**Opera**

**Inquadramento Territoriale Amministrativo**

Codice Elemento Censimento 1020108	Tipo Opera Briglia	Proprietà Legge/Decreto di Classifica
Nome Proprietario	Categoria RD523/1904-RD215/1933	Legge/Decreto di Classifica
Comune STIA	Località	Sezione CTR 1:10.000 265130
Anno di Realizzazione	Ente Attuatore	Ente Gestore
Norme Polizia Idraulica da applicare	Titolare rilascio concessione	

**Inquadramento Idrografico e Geografico**

Nome corso d'acqua Asta principale	Denominazione Utilizzata dal Compensorio
Autorità di Bacino Fiume Arno	Compensorio di Bonifica (DCR 315/96) 19 CASENTINO
Posizione Idrografica	Area Urbanizzata

**Stato di Manutenzione**

Accessibilità	Efficienza Idraulica	Stato di Conservazione
Ubicazione pista	Elenco elementi attualmente danneggiati	Entità dei danni grave
Notizie storiche di situazioni di pericolo o danni passati	Piano di Manutenzione	

Record: 1 di 1 (Filtrati)

Fig. 6 - Form "Opera"

**Briglia**

**Scheda Elemento Briglia**

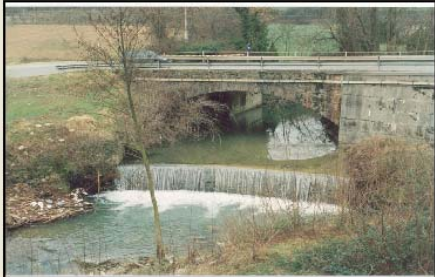
Codice Elemento 457000001	Tipo Briglia a gravità	Materiale di Costruzione pietrame e malta	Paramento a Valle verticale	Opere Accessorie
Lunghezza (m) 20	Spessore (m) 1	Altezza (m) 1.5	Larghezza media Gaveta (m)	Altezza cunetta

**Gestione Foto**

Data

Descrizione Foto

Path  
Foto\457000001.jpg



Record: 1563 di 1994

Fig. 7 - Form “Briglia”

**Caratteristiche opere**

N° ordine:

Tipo di opera	<input type="text" value="Briglia"/>	<b>Dimensioni (m)</b>	
Pianta	<input type="text" value="curvilinea"/>	Altezza	<input type="text"/>
Tipo strutturale	<input type="text" value="a gravità"/>	Larghezza max	<input type="text"/>
Paramento a valle	<input type="text" value="verticale"/>	Larghezza min	<input type="text"/>
Cunetta	<input type="text" value="0"/>	<b>Controbriglia</b>	
Rivestimento cunetta	<input type="text"/>	Distanza	<input type="text"/>
Rivest. cunetta A	<input type="text"/>	Altezza	<input type="text"/>
Faccia a vista	<input type="text"/>		
Faccia a vista A	<input type="text"/>		

n.d. Si No			n.d. Si No			n.d. Si No		
Fondazione			Muri d'ala			Opere accessorie		
visibile	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Valle destro	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Scoqliera	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Sottodimensionata	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Valle sinistro	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Platea	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Gorpo a valle	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Monte destro	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Vasca dissipazione	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
			Monte sinistro	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Controbriglia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Intestature visibili			Danni			Danni Opere accessorie		
Destra	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Paramento	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Controbriglia	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sinistra	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Corpo	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Scoqliera	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
			Coronamento	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Platea	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
			Ala destra	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Muri ala a monte	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
			Ala sinistra	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Muri ala a valle	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
			Acquiremento	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
			Sifonamento	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
			Scalzamento	<input checked="" type="checkbox"/>	(Si/No)			
<b>Interrimento</b>			<b>Entità (1:leggero 2:medio 3:grave)</b>					
Assente	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Entità	<input type="text" value="assente"/>				
Parziale	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
Totale	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						

Record:      di 1 (Filtrati)

Fig. 8 - Form “Caratteristiche opere”

**Dati ALTO**

COD\_ALTO:

NOME\_ALTO:

ORDINE ASTA:

COVERAGE:

$Q_{(T_r)} = a T_r^m$

$a$

$m$

**Portate**  
( $m^3 s^{-1}$ )

Q <sub>20</sub>	30.47	Q <sub>50</sub>	42.615	Q <sub>100</sub>	50.62
Q <sub>150</sub>	58.59	Q <sub>175</sub>	61.2	Q <sub>200</sub>	62.3

**Principali parametri morfometrici**

N_ORD	AREA_POR	QMIN	QMAX	QMED
▶ 030100000	7.568	260	721	475.07
*				

Record:      di 1

Record:      di 1994

Fig. 9 - Form “Dati ALTO”

COD_ALTO_P	RB	RL	NSEG1
BAC_ARNO_9798	5.4592	2.96147	
*			

Record: 1 di 1 (Filtrati)

Fig. 10 - Form “Parametri morfometrici”

Nell’ambito dell’armonica integrazione di basi dati di origine diversa si è anche proceduto alla integrazione dei risultati della metodologia AlTo con i dati riguardanti le opere. Il sistema AlTo, ora anche disponibile in rete per il download gratuito, è una integrazione di una procedura di calcolo per la portata di piena con assegnato tempo di ritorno con i dati idrologici e geografici necessari e contenuti in un GIS, in uso presso la Regione Toscana. Il calcolo della portata può essere condotto su una qualsiasi delle aste costituenti il grafo del reticolo idrografico integrato dentro il sistema. Il fatto che AlTo utilizzi un proprio reticolo strutturalmente molto diverso rispetto a quello del “Sistema – Acque”, ha comportato la necessità di dover scindere in due parti la procedura di riferimento delle opere alle aste corrispondente:

- riferimento delle opere alle aste di AlTo mediante il criterio della minima distanza euclidea
- ulteriore e indipendente riferimento delle opere alle aste del “Sistema – Acque” mediante il criterio della minima distanza euclidea

Stante il numero delle opere (1994), si è manifestata la necessità di automatizzare per quanto possibile le operazioni di calcolo della portata e questa operazione ha richiesto l’uso di codice VbA specificatamente scritto. I parametri geomorfici calcolati e quindi i valori di portata sono stati aggiunti nel database e resi facilmente accessibili e filtrabili tramite delle maschere. I valori di portata sono stati usati per costruire le curve di crescita (relazione portata – tempo di ritorno) delle

sezioni interessate dalla opere, calcolando i parametri della curva con il metodo dei minimi quadrati (1).

$$Q_{(Tr)} = aTr^m \quad (1)$$

I valori dei parametri  $a$  ed  $n$  delle curve di crescita sono indicati nella form “Dati ALTO” (Fig. 9)

Il passaggio successivo è stato di calcolare a ritroso la portata di progetto delle opere. Questa operazione è stata possibile solo per quelle opere che avevano tra i campi compilati quelli relativi alle dimensioni della gavetta ossia 190 e tutte ricadenti nel bacino della Sieve. Considerando la gavetta come uno stramazzone in parete grossa si può scrivere:

$$Q = 1.71lh^{3/2} \quad (2)$$

dove  $l$  è la larghezza (media aritmetica delle basi) della sezione trapezia ed  $h$  è l'altezza. Questo modo di calcolare  $l$  fornisce un valore approssimato di portata ma più che sufficiente per lo scopo proposto.

Nota la portata, la disponibilità delle curve di crescita consente quindi di calcolare il tempo di ritorno corrispondente alla portata di progetto.

Nel materiale costituente il lavoro del Grazi erano presenti anche delle foto di opere ricadenti nel bacino della Sieve e scansionate e consegnate dal dott. Sassaroli. Tali foto sono state riferite alle opere tramite il codice del nome del file e sono visibili all'interno della maschera “Briglia” e visionabili anche con un browser internet in quanto presenti anche come collegamento ipertestuale.

#### **4) Conclusioni**

Questo progetto di ricerca ha mostrato come sia importante per un ente quale l'AdB la conoscenza della localizzazione geografica e della funzionalità statica ed idraulica delle opere in alveo e ha fornito all'Autorità uno strumento potente per la gestione integrata delle informazioni. I rapporti avuti con la Comunità Montana del Mugello hanno permesso di visionare un censimento delle opere idrauliche indipendente e caratterizzato da elevata precisione spaziale (condotti con rilievo GPS di precisione centimetrica) ma scarsa quantità di informazioni riguardo alle caratteristiche geometriche delle opere. I due censimenti considerati appaiono quindi complementari dal punto di vista delle informazioni anche se non immediatamente integrabili vicendevolmente. Le elaborazioni condotte

con ALTO consentono una veloce interazione con il sistema di calcolo delle portate della Regione Toscana e permettono di condurre simulazioni di portata con diversi scenari di uso del suolo o di precipitazioni mentre il calcolo del tempo di ritorno di dimensionamento delle opere unito alla conoscenza dello stato di conservazione può consentire un'analisi statistica dei fattori territoriali più facilmente collegabili al danneggiamento delle opere.

Firenze, 02/02/2007

L'assegnista  
dott. Maurizio Barneschi

Il responsabile della ricerca  
prof. Federico Preti