

## **Utilizzo dei sistemi informativi territoriali per il monitoraggio della funzionalità ecologica dei corsi d'acqua sistemati: un esempio applicativo in Calabria**

Bombino G., Denisi P., Fortugno D., La Fauci A., Manti F., Tamburino V., Zimbone S.M.

Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-Forestali ed Ambientali (DISTAFA)  
Università degli Studi "Mediterranea" di Reggio Calabria, IT 89100 – e-mail: francesco.manti@unirc.it

### **Riassunto**

In Calabria, la necessità di contrastare gli eventi idro-geologici ha richiesto la realizzazione di numerosi interventi intensivi di sistemazione dei bacini idrografici. A distanza di molti anni dalla loro realizzazione non si conoscono, tuttavia, lo stato di conservazione, la funzionalità e gli effetti sul reticolo idrografico di tali interventi.

Un primo contributo in tal senso è stato recentemente fornito da un gruppo di ricercatori operante presso il Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-forestali ed Ambientali dell'Università Mediterranea di Reggio Calabria, che in collaborazione con il Settore della Protezione Civile della Regione Calabria, ha messo a punto un Sistema Informativo Territoriale per la catastazione informatizzata delle opere di sistemazione idraulica denominato ARCH.I.M.E.DE.

Mentre in passato efficacia delle opere di sistemazione idraulica veniva valutata prevalentemente in termini idro-geomorfologici oggi, in seguito al rinnovato interesse nei confronti delle problematiche ambientali ed ecologiche, anche per tenere conto delle implicazioni delle opere sul sistema fluviale si è registrata la nascita di numerosi indici ed indicatori ecologici che consentono di valutare gli effetti degli interventi antropici sull'intero ecosistema ripale. Tra gli indici di nuova concezione ampia diffusione ha avuto l'Indice di Funzionalità Fluviale (IFF), capace di descrivere il grado di funzionalità ecologica dell'ecosistema fluviale.

Nel presente lavoro il livello di funzionalità di alcuni corsi d'acqua calabresi, ottenuto mediante l'applicazione dell'IFF, è stato, in via sperimentale, integrato all'archivio informatizzato delle opere di sistemazione idraulica per consentire una più facile "lettura" delle interazioni (nel lungo periodo) tra interventi sistematori ed ecosistema ripale e supportare le attività di monitoraggio ambientale e di pianificazione del territorio.

### **Abstract**

In order to control hydrological risk, several engineering control works have been built in Calabria. Even though they have been built many years ago, their efficiency and state of preservation is still unknown. Studies have been provided by the researchers of Department of Agro-forestry and Environmental Science and Technology of Mediterranean University of Reggio Calabria in cooperation with Civil Protection of Regione Calabria which have carried out a engineering control works database named ARCH.I.M.E.DE.

In the past, the efficiency of engineering control works was assessed in terms of hydro-geomorphology only. Today, in order to take into account engineering control works effect on fluvial ecosystem, ecological indexes such as fluvial function index (FFI) are used.

In this work the FFI has been evaluated in Calabrian water courses and experimentally integrated to the ARCH.I.M.E.DE. engineering control works database, in order to understand the interaction between engineering control works and fluvial ecosystem and to support environmental monitoring and landscape planning.

## **Introduzione**

La Calabria, come è noto, è una delle regioni italiane che registra il più alto numero di dissesti idrogeologici, le cui cause vanno ricercate in una complessa relazione tra fattori naturali (tettonici, idrogeologici, geomorfologici e climatici), che ne hanno determinato l'attuale assetto strutturale, e antropici, responsabili, in molti casi, dell'accelerazione dei processi di degradazione del suolo.

La complessa morfologia del territorio (interessato da sistemi collinare e montano per circa il 90%) e la particolare conformazione geografica (stretta e lunga) della regione hanno impedito la formazione di sistemi fluviali evoluti, dando luogo ad una idrografia costituita per lo più da torrenti o fiumare, con breve corso (qualche decina di km), bacini imbriferi di modesta estensione (nella gran parte dei casi inferiore a 100 km<sup>2</sup>) e pendenze accentuate che si riducono significativamente a breve distanza dal mare. In coincidenza di eventi di precipitazione intensa (con tempi di ritorno di poche decine di anni) questi corsi d'acqua possono fornire risposte idrologiche estremamente severe con portate idriche che possono assumere valori anche di due ordini di grandezza superiori rispetto a quelli medi annuali.

In passato, la necessità di contrastare i catastrofici eventi idro-geologici che con eccezionale frequenza hanno interessato gran parte dei bacini idrografici calabresi ha richiesto la realizzazione di numerosi interventi intensivi di sistemazione dei bacini idrografici (avviati grazie ad un *Corpus* normativo appositamente emanato contenente "Leggi e Provvedimenti Speciali per la Calabria"), sia nei tronchi montani (attraverso la realizzazione di briglie finalizzate alla correzione del profilo plano-altimetrico degli alvei e, quindi, alla riduzione della velocità ed erosività della corrente), sia nei tratti terminali (attraverso la realizzazione di argini, per contenere le piene, controllare la divagazione degli alvei e ridurre, quindi, il rischio idraulico nelle aree più densamente popolate e con maggiore presenza di patrimonio pubblico e privato).

A distanza di molti anni dalla loro realizzazione, l'assenza di qualsiasi strumento di monitoraggio delle opere rende tuttora problematica la conoscenza dello stato di conservazione, funzionalità e consistenza del patrimonio presente, propedeutica rispetto ad ogni azione di gestione e di pianificazione futura.

Un primo contributo alla definizione di criteri per la rilevazione e catastazione delle opere di sistemazione idraulica è stato fornito da un gruppo di ricercatori operante presso il Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agroforestali e Ambientali dell'Università Mediterranea di Reggio Calabria, nell'ambito di una Convenzione di Ricerca, utilizzando ed integrando le metodologie disponibili, ha messo a punto un *ARCHivio territoriale inforMatizzato delle opEre idrauliche* (ARCH.I.M.E.DE) in collaborazione con il Dipartimento della Presidenza - Settore Protezione Civile - della Regione Calabria. La disponibilità di un archivio informatizzato implementato in ambiente GIS e in grado di interfacciarsi con i Sistemi Informativi Territoriali utilizzati dal Settore Regionale della Protezione Civile consente di monitorare lo stato del dissesto idrogeologico dei bacini idrografici, la tendenza dei corsi d'acqua e l'eventuale fabbisogno di manutenzione o integrazione delle opere esistenti rappresentando un valido strumento di supporto alle azioni di pianificazione dei bacini idrografici e per la valutazione dell'efficacia degli interventi sistematori.

A differenza di quanto accadeva in passato in cui l'efficacia veniva valutata solo in termini idro-geomorfologici oggi prevale un approccio di tipo "olistico" grazie al quale si è registrata la nascita di numerosi indici ed indicatori ecologici che consentono di valutare gli effetti degli interventi antropici sull'intero ecosistema ripale. Tra gli indici di nuova concezione ampia diffusione ha avuto l'Indice di Funzionalità Fluviale (IFF) che attraverso l'analisi delle componenti morfologiche, biotiche e strutturali dell'ecosistema fiume, permette di valutare lo stato complessivo e la funzionalità di un corso d'acqua. Il concetto di funzionalità può essere definito come il risultato della sinergia e dell'integrazione dei fattori biotici ed abiotici che caratterizzano un determinato ambiente di acque correnti e quello terrestre ad esso connesso (Siligardi *et al.*, 2007). Tale strumento trova perciò utile applicazione nella gestione degli ambienti fluviali in quanto permette di individuare i tratti maggiormente degradati e di identificare le componenti ecosistemiche sulle quali è opportuno intervenire ai fini del ripristino ambientale.

Nel presente lavoro, in via sperimentale, il livello di funzionalità del tratto montano di un corso d'acqua calabrese, ottenuto mediante l'applicazione dell'IFF, è stato integrato all'archivio informatizzato delle opere di sistemazione idraulica, al fine di consentire una più facile "lettura" delle interazioni (nel lungo periodo) tra interventi sistematori ed ecosistema ripale.

### Metodologia

Ai fini della integrazione dei dati di funzionalità fluviale in ARCH.I.M.E.DE è stato preso in esame il caso studio del tratto montano della fiumara S.Agata, che rappresenta uno dei principali corsi d'acqua del versante occidentale dell'Aspromonte (Tabella 1). Il tratto che sottende una superficie di circa 954 ha, si origina a 1593 m s.l.m. e si estende per circa 9 km fino ad una quota di 940 m s.l.m. (Figura 1)

Parametro	Dati
Superficie del bacino (km <sup>2</sup> )	61
Ordine secondo Strahler	IV
Pendenza media dell'asta principale (%)	6.67
Pendenza media del bacino (%)	29
Altitudine media del bacino (m s.l.m.)	893
Altitudine massima del bacino (m s.l.m.)	1.610
Lunghezza dell'asta principale (km)	24
Lunghezza totale della rete idrografica (km)	105
Numero totale di briglie	130
Densità di drenaggio (km <sup>-1</sup> )	1.7
Precipitazione media annua (mm) – Zone montane	1.351
Precipitazione media annua (mm) – Zone vallive	621

Tab 1 – Principali parametri morfometrici e climatici del bacino della fiumara Sant'Agata.

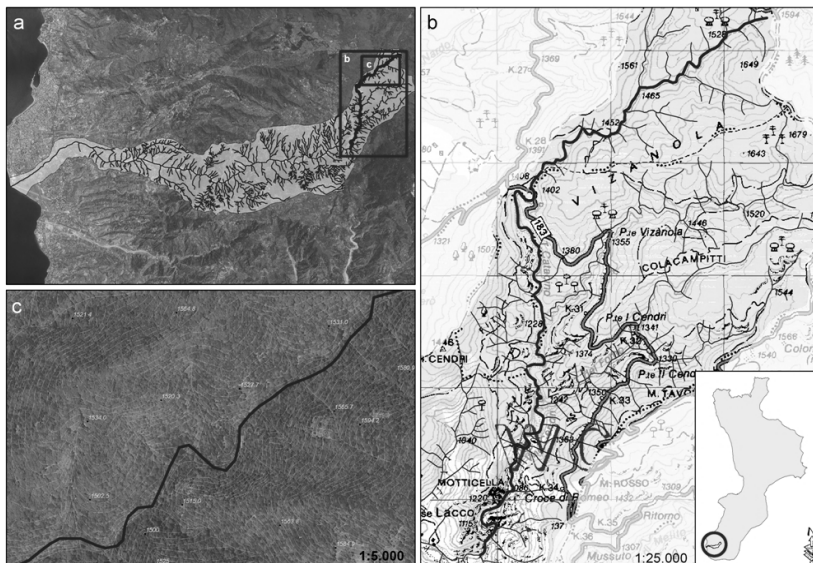


Fig. 1 – Localizzazione del bacino<sup>(a)</sup>, del tratto montano<sup>(b)</sup> e di un sub-tratto oggetto di studio<sup>(c)</sup> della fiumara Sant'Agata, Reggio Calabria, Italia.

### *Struttura dell'archivio informatizzato delle opere di sistemazione idraulica*

Il SIT ARCH.I.M.E.DE, strutturato in strati, è costituito da diversi tematismi, alcuni dei quali, già predisposti (cartografia di base, limiti topografici del bacino, reticolo idrografico ecc.), altri, forniti dai diversi enti territoriali che a vario titolo hanno competenze nell'ambito del bacino idrografico, altri ancora, appositamente creati per le finalità di cui alla presente indagine. Le entità territoriali digitalizzate e le loro interrelazioni, strutturate in appositi file ed archiviati in un sistema che ne garantisce la gestione, hanno costituito il Geodatabase. L'archivio informatizzato consente di visualizzare uno o più livelli informativi e interrogare i singoli elementi in essi contenuti (es. tronco idrografico, briglia, argine, ecc.) a cui sono associate le relative informazioni quali-quantitative (ad esempio, nel caso di una briglia, coordinate geografiche, caratteristiche costruttive e geometriche, funzionalità idraulica, stato di conservazione e fabbisogno di manutenzione, viabilità di accesso, ecc.).

### *Valutazione della funzionalità fluviale*

La valutazione del livello di funzionalità fluviale del tronco montano di corso d'acqua in istudio, è stato effettuato rilevando in apposite schede (Siligardi *et al.* 2007) le principali componenti ecologiche di un corso d'acqua (territorio circostante, condizioni vegetazionali delle zone perfluviali, struttura e morfologia dell'alveo e delle aree ad esso connesse, caratteristiche delle comunità biologiche). A tal fine è stata applicata una metodologia articolata nelle seguenti 2 fasi:

1. Suddivisione del corso d'acqua in sub-tratti. Lungo il tratto in esame sono state individuate complessivamente 15 aree omogenee (sub-tratti) aventi caratteristiche tendenzialmente omogenee sia dal punto di vista geomorfologico che dal punto di vista ecologico e ambientale; a tal proposito ci si è avvalsi anche di criteri già messi a punto da Bombino *et al.* (2006; 2007b; 2007c; 2008).

La suddivisione in sub-tratti è stata condotta attraverso una fase preliminare su base cartografica (utilizzando cartografie CTR a scala 1:10.000 e ortofoto georiferite) e in corrispondenza di punti in cui si interrompe la continuità morfologica dell'alveo (ponti, strade o attraversamenti vari), mentre la seconda fase si è sviluppata totalmente in campo al fine di confermare o modificare i tratti già individuati sulla cartografia.

2. Applicazione dell'IFF. Per ogni sub-tratto delimitato è stata compilata la scheda di rilevamento IFF rispondendo alle 14 domande, secondo le indicazioni descritte nel manuale di riferimento (Siligardi *et al.*, 2007).

Il punteggio totale, ottenuto sommando i punteggi parziali relativi ad ogni domanda e differenziato per le due sponde fluviali, ha permesso di classificare l'ecosistema fluviale del tratto secondo 5 livelli di funzionalità (dal I che indica la situazione migliore al V che indica quella peggiore), ai quali corrispondono i relativi giudizi di funzionalità. Tali indici sono stati infine trasposti graficamente in ambiente GIS rappresentandoli secondo una scala colorimetrica a cinque colori.

### **Risultati e conclusioni**

L'elaborazione dei dati rilevati in campo ha condotto all'attribuzione di precisi livelli di funzionalità per ciascun sub-tratto omogeneo considerato. I valori dell'indice di funzionalità fluviale sono stati integrati all'interno di ARCH.I.M.E.DE consentendo, quindi, la realizzazione di mappe tematiche che mostrano in corrispondenza di opere di sistemazione idraulica i diversi livelli di funzionalità dei tratti in cui essi sono presenti mediante campiture differenziate per colore (secondo la codifica dei colori riportata in Siligardi *et al.*, 2007)

I vari layer costruiti possono essere sovrapposti tra loro per effettuare analisi multicriteriali, essendo possibile associare agli oggetti della cartografia numerosi attributi qualitativi e quantitativi. I risultati ottenuti dall'analisi possono venire visualizzati in differenti forme, sia graficamente che come dati numerici.

La disponibilità di dati su consistenza, stato di conservazione, efficienza, effetti su reticolo idrografico ed ecosistema ripario, delle opere di sistemazione idraulica, unitamente ai valori di funzionalità fluviale, può costituire un utile strumento per:

- supportare le attività di monitoraggio della qualità ambientale dei corsi d'acqua;
- fornire indicazioni per orientare gli interventi di riqualificazione o progetti di ripristino e recupero ambientale e stimarne (anche preventivamente) l'efficacia;
- fornire criteri di valutazione a supporto della pianificazione territoriale;
- identificare le cause dell'eventuale deterioramento fluviale;
- valutare l'accettabilità di proposte pianificatorie ed esprimere giudizi di compatibilità ambientale ( VIA, VAS, valutazioni di incidenza).

Sarebbe auspicabile inoltre che tale archivio, interfacciato con i SIT utilizzati dalla Protezione Civile e consultabile tramite GIS dagli Enti deputati alla gestione e pianificazione del territorio, fosse utilizzato a scala regionale al fine di supportare la predisposizione dei piani di intervento per la minimizzazione del rischio sia idraulico-idrogeologico, sia ecologico e ambientale.

### **Bibliografia**

Azienda Forestale della Regione Calabria A.F.O.R., 1997 Attività di ricerca su “*Le opere di sistemazione idraulico-forestali e la formazione del relativo catasto*”, Convenzione tra l'Azienda Forestale della Regione Calabria e il Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agroforestali e Ambientali (ex istituto di Genio Rurale) dell'Università Mediterranea di Reggio Calabria.

Bertolaso M., Dallafior V., Ghetti P. F., Negri P., Minciardi M. R., Rossi G. L., Siligardi M., 2009, *La funzionalità fluviale relativa per la gestione degli ecosistemi fluviali*. Società italiana di Ecologia, Dottorandi in Ecologia 3° incontro nazionale. Parma, 23-25 febbraio 2009.

Bombino G., 2009, *La difesa del suolo in Calabria dopo l'Unità d'Italia*. Atti del Convegno “La Scienza nel Mezzogiorno dall'Unità d'Italia ad Oggi”. Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL. 16-17 Ottobre 2008, Reggio Calabria. In Stampa.

Bombino G., Manti F., Tamburino V., Zimbone S.M., 2009, *Un archivio informatizzato delle opere di sistemazione idraulica in Calabria*. Atti della 13° Conferenza Nazionale ASITA (Federazione Italiana delle Associazioni Scientifiche per le Informazioni Territoriali e Ambientali), 1 – 4 Dicembre, Fiera del Levante, Bari.

Bombino G., Denisi P., Fortugno D., La Fauci A., 2009, *Problematiche e prospettive dell'applicazione dell'IFF in fiumare calabresi*, Atti del convegno l'indice di funzionalità fluviale: strumento di gestione e pianificazione. Trento 19.20 novembre 2009

Bombino G., Denisi P., Fortugno D., La Fauci A., Manti F., Tamburino V., Zimbone S.M., 2009, *Messa a punto di un Sistema Informativo Territoriale per la catastazione delle opere di sistemazione idraulica ai fini del monitoraggio e la prevenzione del rischio idrogeologico: un esempio applicativo in Calabria*. Convegno “frane e dissesto idrogeologico: consuntivo”. X giornata mondiale dell'acqua. Accademia nazionale dei lincei (22 Marzo 2010).

Canepel R., 2009, *Uso dell' IFF come strumento di gestione dei corsi d'acqua trentini*. Atti del convegno l'indice di funzionalità fluviale: strumento di gestione e pianificazione. Trento 19.20 novembre 2009.

Siligardi M., Avolio F., Minciardi M.R., Baldaccini G., Monauni C., Bernabei S., Negri P., Bucci M.S. Pineschi G. Cappelletti C., Pozzi S., Chierici E., Rossi G. L., Ciutti F., Sansoni G., Floris B., Spaggiari R., Franceschini A., Tamburro C., Mancini L., Zanetti M., 2007, *IFF 2007 Indice di funzionalità fluviale - Nuova versione del metodo revisionata e aggiornata*. APAT, Trento.