

IL CONTRIBUTO DEI GIS NELLA REDAZIONE DEI CONTRATTI DI FIUME: IL FIUME CRATI

*F. Colosimo*¹, *G. Mendicino*², *P. Rizzuto*³ e *B. Scazziotà*⁴

¹ Libero professionista – Ingegnere

² Università della Calabria – Dipartimento di Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio e Ingegneria Chimica

³ Avvocato esperto ambientale – Coordinatrice Contratto di Fiume Crati

⁴ Consorzio di Bonifica Integrale dei Bacini dello Ionio Cosentino – Dirigente area tecnica agroforestale ambientale

1. Introduzione

Il Contratto di Fiume per disposto normativo nazionale, oggi, è uno strumento VOLONTARIO di programmazione strategica e negoziata nella logica del *bottom-up*. Ciò significa che esso diventa espressione di pratiche inclusive che partono dal basso, segnando un percorso di partecipazione democratica ed attiva alle scelte riguardanti lo sviluppo del territorio con il coinvolgimento continuativo dei portatori di interessi locali e dei fruitori del corso d'acqua inteso come bene pubblico. I Contratti di Fiume sono un riferimento importante per la loro efficacia nel coinvolgere la società locale nei processi di costruzione di nuovi paesaggi sostenibili, superando approcci settoriali in una visione olistica ed integrata, che consente di gestire in maniera intersettoriale ed interscalare la gestione dei paesaggi fluviali.

A fronte dell'evoluzione ed instabilità dei fenomeni meteorologico-climatici è necessario un sostanziale ripensamento anche in termini di evoluzione della cultura insediativa perciò il Contratto di Fiume può e deve essere inteso anche come strumento di resilienza ovvero come capacità di un sistema sociale ed ecologico di assorbire e di far fronte agli effetti negativi dei cambiamenti climatici.

Ci si rende conto, pertanto, che risulta necessario affrontare le problematiche che riguardano i fiumi e le risorse idriche in una maniera articolata ed integrata al fine di consentire una ricostruzione di una visione condivisa del bacino idrografico ed elaborare un progetto coerente con le reali potenzialità che il territorio esprime. Affinché tutto ciò possa avere effetti concreti sul territorio è necessario che le strutture tecniche siano dotate di strumenti, informazioni e conoscenze tali da poter promuovere un efficace quadro conoscitivo del territorio oggetto in analisi così da poter redigere efficaci piani/programmi di azione. La realizzazione di un GIS (Sistema Informativo Geografico) riveste pertanto un ruolo di rilevanza strategica al fine di rendere incisivo il compito degli enti e dei tecnici nell'elaborare un progetto coerente con le reali potenzialità che il territorio esprime e garantire quindi l'equilibrio tra i molteplici usi delle acque, del suolo ed il raggiungimento di obiettivi convergenti, come la qualità ambientale, paesaggistica, la difesa idraulica ecc.

Alla luce di quanto detto, nel presente lavoro viene presentato il database cartografico implementato all'interno del Sistema Informativo Geografico per le analisi sul Bacino del Fiume Crati che sarà utilizzato nell'ambito del percorso operativo del Contratto di Fiume Crati per la costruzione del *quadro conoscitivo* in ragione del Piano di Azione del Contratto.

Il database cartografico implementato consente non solo una visione statica delle numerose cartografie presenti ma consente anche di omogeneizzare i differenti strati informativi ottenendo *layer* di sintesi e di effettuare valutazioni più spinte per mezzo di procedure e modelli specifici consentendo di risolvere in pieno tutte le problematiche del bacino idrografico in analisi.

Il sistema realizzato risulta un efficace strumento di supporto ai Contratti di Fiume oltre che uno strumento operativo e decisionale per una pianificazione strategica integrata a scala di bacino idrografico.

2. Inquadramento giuridico e definizione dei Contratti di Fiume

Le nuove norme a favore della *green economy* e per il contenimento dell'uso eccessivo delle risorse naturali, il cosiddetto Collegato Ambientale alla Legge di Stabilità 2016, entrato in vigore il 2 febbraio *u.s.*, all'art. 59 hanno inserito i Contratti di Fiume con l'aggiunta dell'art. 68 *bis* al D.lgs 152/06.

L'introduzione dell'art. 68 *bis* del D.lgs 152/06 ha definito nuove regole cui si accompagnano nuove indicazioni per la pianificazione del territorio dove il rapporto tra la forma urbana e lo sviluppo sostenibile si caratterizza per la grande attenzione che la pianificazione deve dedicare alla questione ambientale. Le modalità da adottare devono corrispondere a programmi di rigenerazione funzionale che diano soluzioni positive riconducibili ad una identità economica, produttiva e sociale, con ampia riqualificazione delle aree dismesse e con impegnativi progetti di riqualificazione urbana.

Il riconoscimento formale della valenza dei Contratti di Fiume nell'ordinamento giuridico nazionale ha stabilito una "*disciplina uniforme sull'intero territorio nazionale*" pur nel rispetto delle specificità territoriali di cui tale strumento è espressione, riconoscendolo come "*strumento volontario di programmazione strategica e negoziata*". In tale direzione grande spinta propulsiva ha avuto il Documento del Tavolo Nazionale dei Contratti di Fiume - Gruppo di Lavoro 1 sul "*Riconoscimento del Contratto di Fiume a scala nazionale e regionale e definizione dei criteri di qualità*", del 12.03.15, documento di indirizzo che ha stabilito delle linee guida per la definizione del percorso operativo. Il riconoscimento dei Contratti di Fiume nell'ambito degli strumenti ordinari di governo del territorio, conferisce una maggiore efficacia esterna di implementazione allo strumento, pur mantenendo il carattere della volontarietà.

La Regione Calabria, apportando modifiche ed integrazioni al testo della Legge Regionale n. 19/02 (Legge Urbanistica della Calabria), ha inserito l'art. 40 bis, comma 5, sul Contratto di Fiume, il cui Regolamento di attuazione è stato approvato dalla Giunta Regionale nella seduta del 28/07/2016 ed ha aderito alla "Carta Nazionale dei Contratti di Fiume" in coerenza con la Convenzione Europea del Paesaggio e le più recenti impostazioni.

Tale strumento di *governance* e di gestione dei processi integrati per il recupero e la tutela dei bacini idrici e del territorio è strettamente connesso all'attuazione della Direttiva Quadro 2000/60/CE che prefigura politiche sistemiche di riqualificazione delle acque dei corpi idrici superficiali e sotterranei, creando obiettivi comuni con altre normative europee che promuovono l'utilizzo di strumenti di *governance* e sussidiarietà per attuare le politiche ambientali, quali: la Direttiva Habitat 92/42/CEE, che prevede la creazione di una Rete ecologica europea; la Direttiva 2007/60/CE, relativa alla gestione del rischio alluvioni, e la Proposta di Direttiva Quadro per la Protezione del Suolo, SFD (Soil Framework Directive), avente l'obiettivo di "*proteggere il suolo dall'erosione e dall'inquinamento*".

Il Contratto di Fiume è stato definito nel corso del II Forum Mondiale dell'Acqua (L'Aja, Marzo 2000) come "*strumento che permette di adottare un sistema di regole in cui i criteri di utilità pubblica, rendimento economico, valore sociale e sostenibilità ambientale intervengono in modo paritario nella ricerca di soluzioni efficaci per la riqualificazione di un bacino fluviale*". Orbene, è solo considerando i quattro criteri di cui sopra in modo integrato che diventa possibile configurare il Contratto di Fiume come un nuovo strumento della programmazione negoziata, inserito all'interno di processi di sviluppo locale fondati su una logica di tipo integrativo che eleggono il bacino idrografico anche quale unità di riferimento per le politiche di sostegno alla biodiversità.

I Contratti di Fiume possono, quindi, essere identificati come un *accordo volontario* tra Pubbliche Amministrazioni e soggetti privati, strumenti di *governance* multilivello e di gestione multisettoriale e multiscale, caratterizzati dalla volontarietà e dalla flessibilità di processi integrati di programmazione negoziata e partecipata per la riqualificazione e valorizzazione ambientale con la riduzione dell'inquinamento delle acque, la messa in sicurezza idraulica e protezione dal dissesto idrogeologico, la tutela dei bacini/sottobacini idrografici e dei territori circostanti, per il contenimento del degrado eco-paesaggistico e la riqualificazione dei sistemi insediativi afferenti ai corridoi fluviali, per favorire lo sviluppo locale. Essi, propongono, sostanzialmente, un nuovo modello culturale e si compongono di attività finalizzate alla costruzione di una *comunità fluviale resiliente* che mette intorno ad un tavolo decisionale pubbliche amministrazioni, privato sociale ed associazionismo categoriale, tutti i portatori di interesse per una gestione il più possibile trasparente dei conflitti.

L'elemento centrale del processo, rappresentato dal corso d'acqua, rappresenta un elemento catalizzatore del territorio in grado di stimolare la creazione di sinergie e favorire un approccio partecipativo, rendendo di conseguenza il Contratto di Fiume uno strumento molto forte.

L'esperienza ha evidenziato il valore dell'accordo preliminare (*Protocollo di Intesa*) da sottoscrivere in fase di avvio del percorso operativo che conduce alla sottoscrizione di un Contratto di Fiume, quale

elemento aggregante della partecipazione e catalizzatore degli altri interessi diffusi sul territorio. La costruzione e la condivisione del *quadro conoscitivo*, completo delle criticità e dei valori ambientali, paesistici e sociali del territorio, delle politiche e dei progetti locali (*Dossier preliminare*), rappresenta il documento essenziale di discussione che permette ai tavoli di partecipazione di costruire uno scenario strategico di medio-lungo periodo, visione di riferimento per la costruzione del Piano di Azione del Contratto.

3. Area di studio

L'area in analisi è costituita dall'intero bacino idrografico del fiume Crati, e nello specifico, dai comuni che ricadono in esso primi sottoscrittori del "PROTOCOLLO DI INTESA PER LA REALIZZAZIONE DEL CONTRATTO DI FIUME CRATI" (fig. 1) del 14 dicembre 2015. E' il primo processo avviato per la sottoscrizione di un Contratto di Fiume in Calabria, di rilevanza strategica per la portata del corpo idrico interessato ed il numero dei Comuni che compongono la *cd.* Valle del Crati, nonché per essere stato il primo percorso operativo strutturato in coerenza con il documento "*definizioni e requisiti qualitativi di base dei Contratti di Fiume*" elaborato dal Tavolo Nazionale dei Contratti di Fiume, sotto il coordinamento del MATTM e di ISPRA. Il Protocollo che è sempre aperto a nuove adesioni, ad oggi, conta la formale presenza di 64 attori tra soggetti pubblici e privati, di cui 35 Comuni della Valle del Crati, oltre al GAL Valle del Crati (che ricomprende, a sua volta, altri Comuni).

Il bacino idrografico del fiume Crati è una realtà territoriale importante, nei suoi vari aspetti che vanno dalla tutela ambientale, alla gestione delle emergenze, alla valorizzazione del patrimonio culturale, storico e naturalistico. Sito nell'Italia meridionale ricade interamente nel territorio della Provincia di Cosenza estendendosi dalla fascia più settentrionale della Calabria fino a sud, quasi al confine tra la Provincia di Cosenza e Catanzaro. Il bacino idrografico del Crati è il più importante, per estensione, per valenza storica e per prospettive di sviluppo nel sistema idrografico calabrese, la sua estensione planimetrica è circa pari a 2431 km², la lunghezza è di circa 81 km, nasce in Sila a quota 1742 m s.l.m. e sfocia, con foce a conformazione deltizia, nel mare Ionio. Gli affluenti più importanti, in ordine di percorrenza da Sud a Nord, sono il Busento, il Mucone, il Follone, l'Esaro e il Coscile. L'altitudine media è di circa 600 metri.

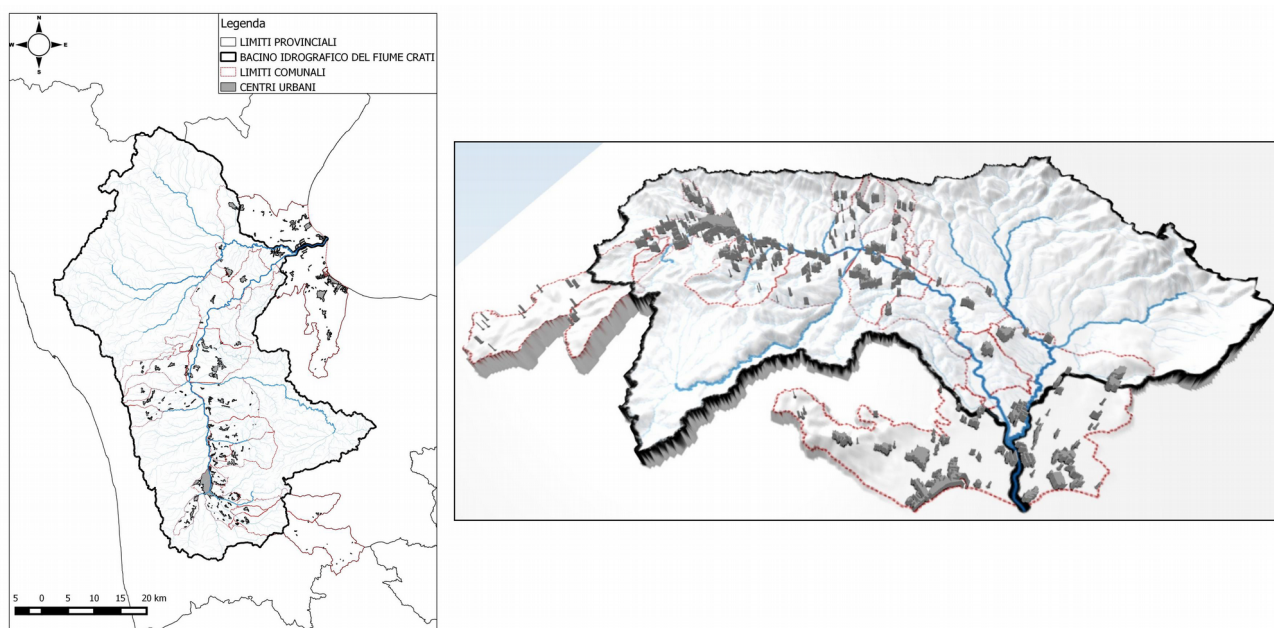


Fig. 1 – Inquadramento del bacino e del reticolo del fiume Crati

4. Metodologia

Le basi metodologiche e le fasi tecniche di lavoro che caratterizzano i Contratti di Fiume sono orientate a sviluppare i seguenti passi chiave:

- un processo decisionale partecipato, inclusivo e collaborativo,
- una base conoscitiva strutturata, integrata, condivisa e aggiornabile,
- una visione strategica comune e identitaria,
- un sistema di valutazione integrata multi-obiettivo trasparente,
- un Programma di Azione che stabilisca il paniere delle decisioni e le modalità attuative,
- un Contratto di Fiume per l'impegno formale all'azione.

Il database cartografico implementato risulta essere uno strumento di supporto fondamentale per l'espletamento delle fasi sopra citate concretizzando tutti quelli che sono gli obiettivi principali di un Contratto di Fiume, in funzione a ciò le cartografie ed i geodati risultano essere organizzati secondo le seguenti macro categorie:

- Aspetti fisiografici e naturali,
- Vincoli ambientali e paesaggistici,
- Utilizzo e gestione delle acque,
- Aspetti di carattere naturale,
- Analisi sui materiali (scavo e deposito fluviale),
- Qualità delle acque.

Obiettivo è stato quello di creare per le singole macro categorie una banca dati completa che consenta non solo l'immagazzinamento dei dati, ma anche la loro elaborazione e successiva rappresentazione su carte tematiche, creando un valido supporto per la valutazione e la revisione dei programmi e degli interventi sul territorio e per il monitoraggio delle azioni che saranno intraprese.

Il software di gestione dei dati è QGIS (www.qgis.org) software open source facilmente rinvenibile in rete, ottimo strumento per la creazione di banche dati ed archivi, per la gestione dinamica dei processi di governo del territorio e per l'implementazione di analisi di tipo multicriteriale.

4.1. *Aspetti fisiografici e naturali*

Le cartografie di riferimento per la seguente macro categoria risultano essere: il modello digitale del terreno, la rete idrografica, i complessi idrogeologici, la carta geologica, la carta litologica, la carta della permeabilità dei suoli e la carta dell'uso del suolo (Corine Land Cover IV livello). A partire dal modello digitale del terreno del bacino con risoluzione pari a 20 o a 5 m è possibile estrarre per l'area in analisi la curva ipsografica del bacino, la carta delle pendenze, la carta delle esposizioni e diversi parametri morfometrici.

La carta dell'idrografia riporta il database contenente la classificazione regionale dei bacini e sottobacini idrografici ed il reticolo idrografico dei corsi d'acqua naturali.

La carta dei complessi idrogeologici risulta essere caratterizzata dall'insieme di termini litologici simili, aventi unità spaziale e giaciturale, permeabilità prevalente in comune e un grado di permeabilità relativa che si mantiene in un campo di variazione piuttosto ristretto; per tanto tale carta dà indicazione delle aree con omogenea permeabilità.

La carta geologica rappresenta i diversi tipi di rocce che affiorano sulla superficie terrestre, a partire dalla carta geologica sono stati assemblati i complessi litologici (carta Litologica) che non tengono conto delle classiche suddivisioni geologiche né di un preciso ordine stratigrafico, bensì di analogie della storia geologica, delle caratteristiche litologiche, mineralogiche, petrografiche, sedimentologiche, delle condizioni idrogeologiche, di quelle morfologiche ecc.

La carta della permeabilità è una carta che dà indicazione sulle classi di permeabilità dei suoli tale carta risulta essere elaborata a partire dalla carta di tessitura dei suoli.

Dalla carta degli usi del suolo è possibile analizzare le diverse coperture di suolo indispensabile alla programmazione, alla pianificazione e alla gestione dei vari livelli territoriali. Per mezzo di essa con un dettaglio di approfondimento al 4° livello è possibile constatare le differenziazioni tra tessuto urbano

continuo e discontinuo, aree industriali/commerciali, aree portuali, aeroporti, aree estrattive, seminativi, vigneti, frutteti, oliveti, latifogli, conifere, bosco, pascolo, prati, ecc.

Le cartografie descritte in questa sezione sono alla base di qualsiasi analisi e valutazione sul bacino del fiume Crati nonché fondamentali per ricavare parametri e tematismi indispensabili al fine dell'applicazione di modelli previsionali (modello di stabilità di versanti, modelli idraulici, modelli idrologici, ecc.).

4.2. Vincoli ambientali e paesaggistici

Le cartografie presenti raccolgono i vincoli ambientali-paesaggistici, d'interesse storico, artistico e archeologico che insistono sull'area in esame. Tali dati costituiscono uno strumento di supporto per lo studio del territorio e per la pianificazione territoriale.

I vincoli presi in considerazione sono:

- territori coperti da foreste e boschi art.1 lett. g) L.431/85,
- territori alpini ed appenninici art.1 lett.d) L.431/85,
- territori contermini ai laghi art.1 lett.b) L.431/85.

Sono identificati inoltre i siti di interesse comunitario così come approvati dal Ministero dell'Ambiente attraverso il progetto Rete Natura 2000, ai sensi della Direttiva "Habitat", costituita dalle Zone Speciali di Conservazione (ZSC) e dalle Zone di Protezione Speciale (ZPS). A livello regionale la Rete Natura 2000 viene integrata dai Siti d'Interesse Nazionale (SIN) e dai Siti d'Interesse Regionale (SIR).

Per quanto concerne le aree protette (L.R. 10/2003) come si evince dalla fig. 2 il bacino del fiume Crati è caratterizzato da due importanti Riserve Regionali: il Bacino di Tarsia e la Foce del Crati istituite con legge regionale n. 52/90, modificata con L.R. 16/92 e 12/96. In tali riserve valgono le misure di salvaguardia previste negli articoli 3 e 4 della L.R. 16/92. Sono presenti anche le Riserve Naturali Biogenetiche ossia boschi da seme e boschi sperimentali, per i quali valgono le prescrizioni di rigorosa tutela dell'art. 2 del D.M. 13 luglio 1977.

Il database, per le citate cartografie, offre le informazioni di base (denominazione, codice, tipo sito) inoltre è presente la localizzazione puntuale e areale dei siti archeologici e architettonici con una tabella associata che fornisce la denominazione, è presente la localizzazione dei centri storici, degli immobili di interesse pubblico, la localizzazione delle architetture militari e monumenti bizantini riconosciuti dal DL 22/01/2004.

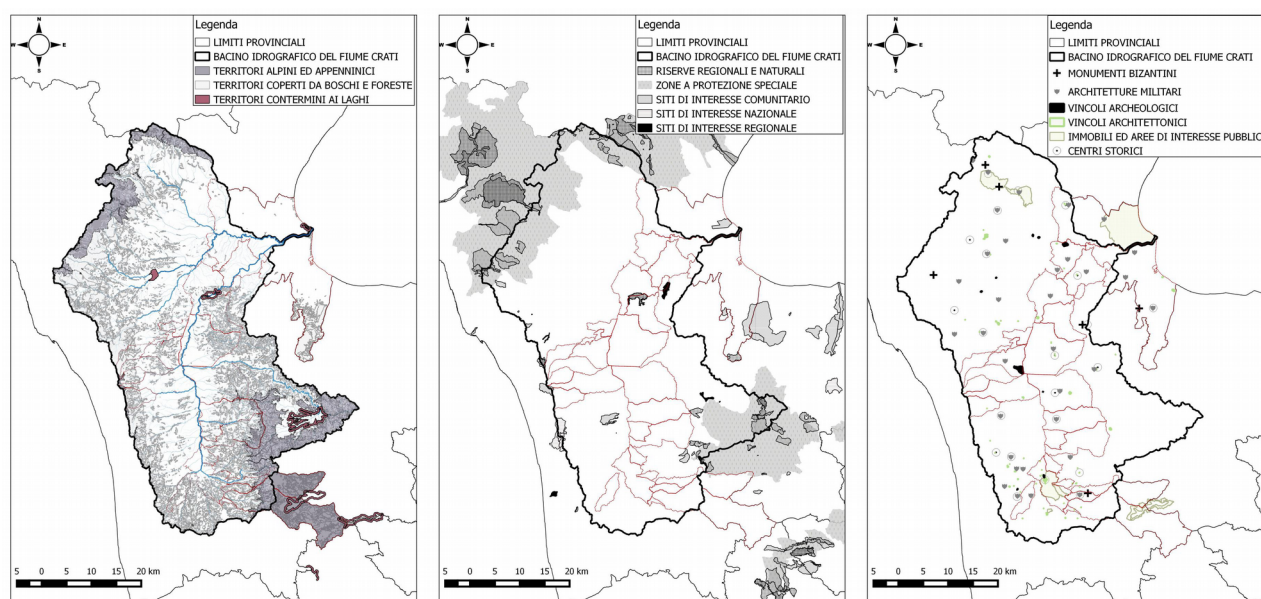


Fig. 2 – Alcuni dei vincoli ambientali e paesaggistici presenti nella banca dati

4.3. Utilizzo e gestione delle acque

Le cartografie implementate per questa macro categoria sono a loro volta suddivise in categorie tematiche in modo da ottenere un quadro completo inerente le risorse idriche da tutelare. Per cui le cartografie risultano essere organizzate in funzione degli utilizzi della risorsa idrica in: Usi Irrigui, Usi Potabili ed Uso Idroelettrico. Tali informazioni è possibile correlarle attraverso un indice che consente di valutare l'alterazione del regime idrologico (indice IARI).

Usi irrigui

Per quanto concerne gli usi irrigui, sono presenti nel database cartografico gli impianti irrigui (gestiti dai Consorzi di Bonifica) che interferiscono con il reticolo idrografico del bacino del fiume Crati. In particolare è possibile ottenere la localizzazione degli impianti irrigui, le opere di captazione, le vasche di accumulo, le reti di distribuzione principali e secondarie. Per ciascun impianto irriguo è possibile avere informazioni sulla superficie dominata, superficie attrezzata e sulla superficie irrigata, per le opere di captazione è inoltre possibile conoscere per mezzo del database associato allo shapefile le dotazioni idriche captate, la quota e la località.

All'interno del bacino del fiume Crati ricadono parte degli schemi irrigui di tre Consorzi di Bonifica: il Consorzio di Bonifica Integrale dei Bacini Meridionali del Cosentino, il Consorzio di Bonifica Integrale dei Bacini Settentrionali e il Consorzio di Bonifica Integrale dei Bacini dello Ionio Cosentino (fig. 3).

Attraverso tali informazioni è possibile avere reale contezza di quelli che sono gli invasi e di quelle che sono le portate prelevate ai fini agricoli così da poter realizzare una disamina dei reali fabbisogni in agricoltura.

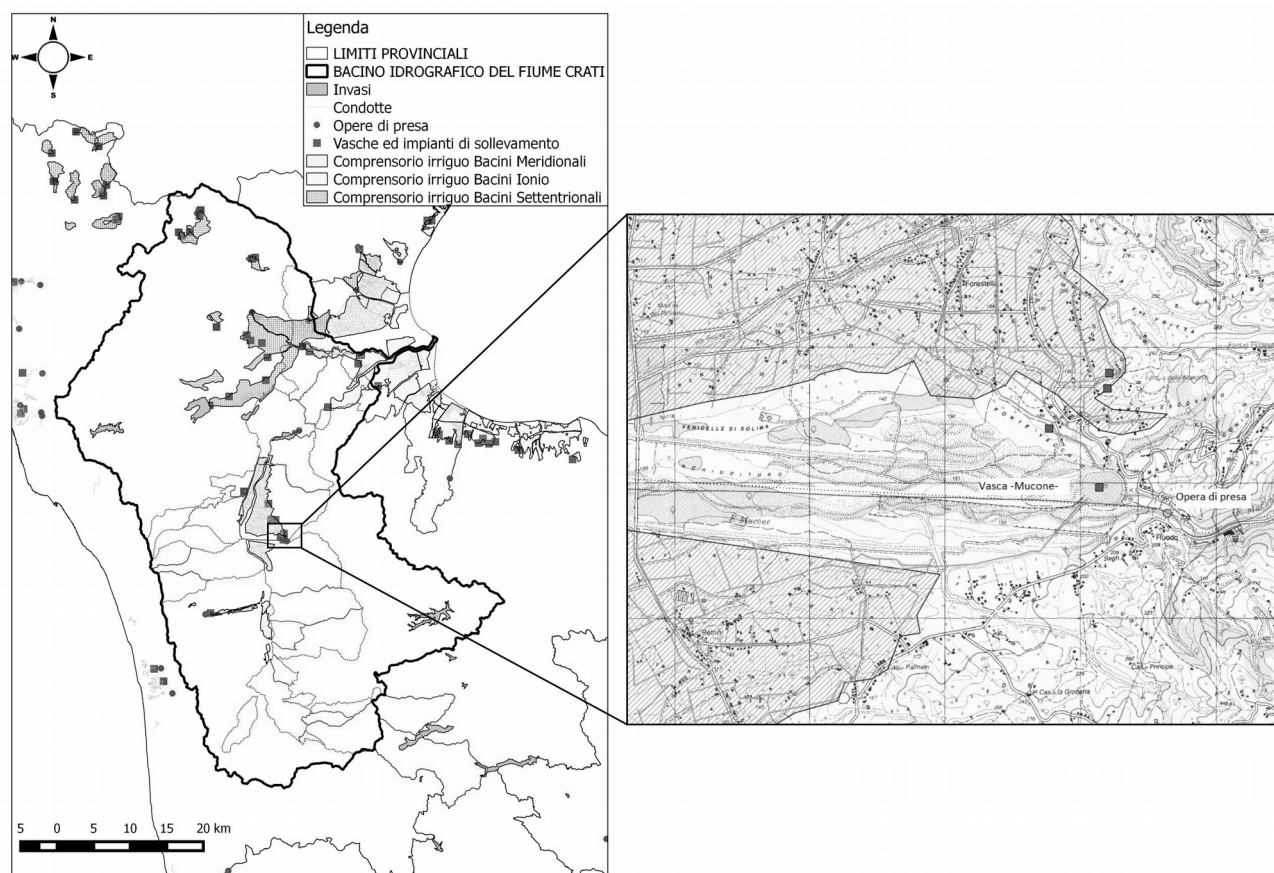


Fig. 3 – Comprensori e schemi irrigui

Usi Potabili

Nel GIS sono riportate per l'intero bacino del Crati le infrastrutture acquedottistiche ossia le condotte adduttrici, i serbatoi, i potabilizzatori e le captazioni rispettivamente da pozzi e sorgenti. E' possibile

così ottenere informazioni sull'approvvigionamento potabile da acque superficiali e sull'approvvigionamento potabile da acque sotterranee.

La fig. 4a mostra gli schemi relativi all'approvvigionamento da acque superficiali (potabilizzatori) e quelli relativi all'approvvigionamento da acque sotterranee (captazione da pozzi e sorgenti). Per le acque sotterranee oltre alla localizzazione puntuale delle captazioni con informazioni sulla Denominazione, Ente gestore, Acquedotto che riforniscono, nel database sono presenti anche i valori delle portate immesse in condotta.

Sono inoltre presenti nel database la localizzazione dei depuratori che ricadono nell'area in esame con informazioni associate quali: Tipologia impianto, Abitanti equivalenti, Località, Stato ed Esercizio. Come si evince in fig. 4b è possibile conoscere i collettori fognari esistenti, i collettori in progetto, l'individuazione delle zone dotate di rete e delle zone non dotate di rete di collettamento.

Tali informazioni consentono di poter fare analisi integrate sul sistema idrico a partire dai fabbisogni idrici fino alle problematiche legate all'approvvigionamento potabile. La localizzazione puntuale dei depuratori consente di eseguire analisi sulle potenziali fonti di inquinamento e principali agenti inquinanti relativamente ai rispettivi corpi idrici ricettori.

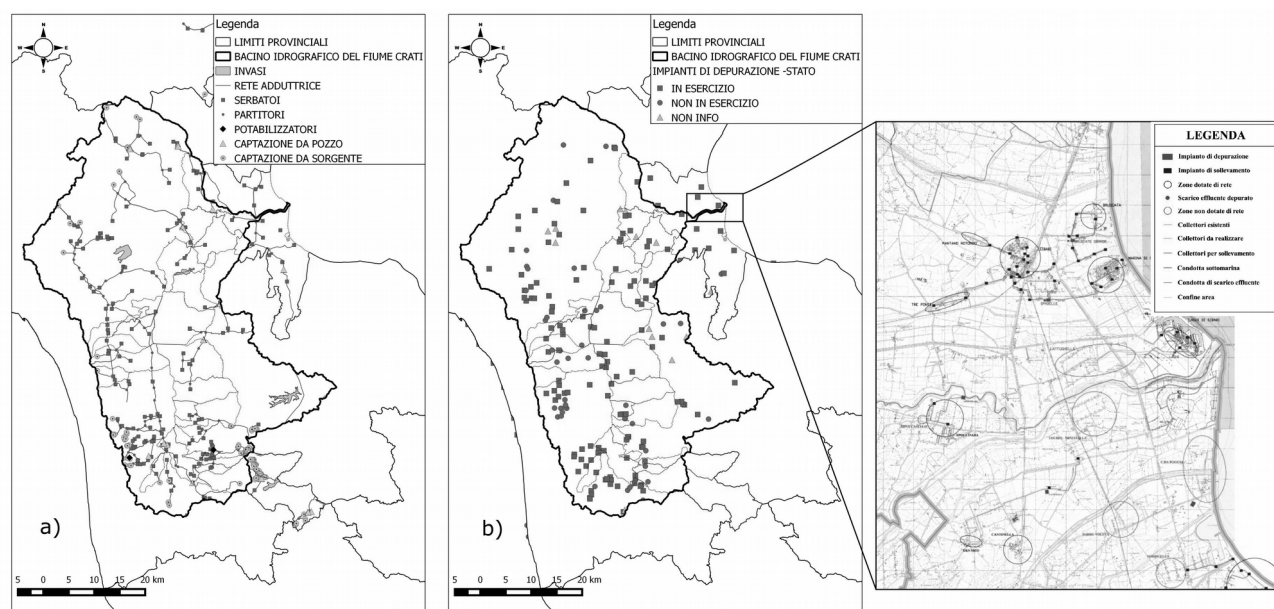


Fig. 4 – Localizzazione dei principali schemi idropotabili a) Localizzazione impianti di depurazione b)

Uso Idroelettrico

Sono presenti nel database gli schemi dei principali impianti idroelettrici che ricadono nel bacino del fiume Crati ossia:

- Schema Idroelettrico Vaccarizzo-Mucone I° salto e Mucone II° salto,
- Schema Idroelettrico Coscile I° salto e Coscile II° salto.

Degli schemi è possibile conoscere l'esatta localizzazione delle opere ed ottenere informazioni inerenti le portate, la tipologia di turbina, le potenze degli impianti ed i salti sfruttati.

Come è possibile desumere dagli schemi presenti nel GIS (fig. 5) la centrale di Vaccarizzo è regolata dal bacino di modulazione Arimacina ed utilizza le acque del fiume Neto. Le acque turbinate vengono poi restituite nel serbatoio di Cecita, ottenuto sbarrando il fiume Mucone. Gli impianti idroelettrici sul fiume Mucone utilizzano due salti secondo lo schema classico di derivazione e restituiscono le acque sul fiume Mucone prima della confluenza con il Crati.

Lo schema idroelettrico Coscile sfrutta due salti: il primo con derivazione a pelo libero e il secondo con derivazione forzata. La presa del primo salto è posta in località Ponte Umberto e presenta una presa sussidiaria sul torrente Garga. Il salto complessivo dei due impianti è pari a circa 300 m e le acque vengono restituite al fiume Coscile.

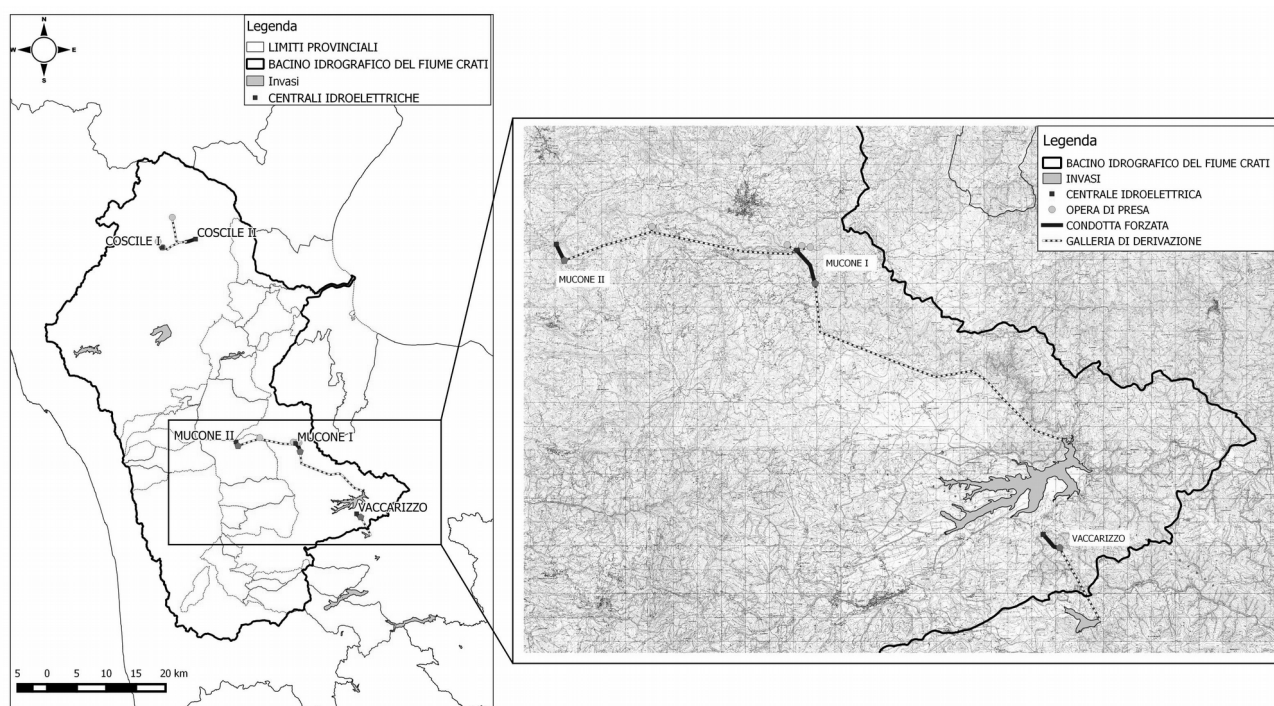


Fig. 5 – Principali schemi idroelettrici presenti nel bacino del fiume Crati

Tali informazioni risultano fondamentali al fine di limitare l’impatto delle opere idroelettriche sul funzionamento e sulle portate naturali dei fiumi, consentendo di elaborare una strategia di gestione delle portate tra monte e valle del corpo idrico, inoltre la presenza di grandi invasi comporta una variazione nelle caratteristiche sedimentologiche del corso d’acqua a valle degli sbarramenti.

Indice LARI

L’analisi dell’alterazione del regime idrologico di un corso d’acqua viene effettuata in corrispondenza di una sua sezione trasversale sulla base dell’Indice di Alterazione del Regime Idrologico, IARI, che fornisce una misura dello scostamento del regime idrologico, valutato a scala giornaliera e/o mensile, osservato rispetto a quello naturale di riferimento che si avrebbe in assenza di pressioni antropiche. Il metodo fornisce lo stato di alterazione del regime idrologico che varia da Elevato a Buono a Non Buono permettendo la classificazione del tratto di corso d’acqua in esame così da evidenziare eventuali elementi di criticità.

4.4. Aspetti di carattere naturale

Le cartografie base per la seguente macro categoria risultano le cartografie del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) integrate ed aggiornate da ulteriori carte tematiche. Le carte PAI mostrano lo studio relativo allo stato del dissesto idrogeologico con la definizione degli elementi a rischio tramite l’individuazione delle pericolosità connesse ai dissesti sui versanti e alle pericolosità idrauliche e geomorfologiche. Nello specifico le cartografie del PAI possono essere suddivise in rischio Idraulico e rischio Frane. Oltre alle carte PAI del rischio Idraulico, all’interno della banca dati è possibile avere indicazione delle ipotetiche aree allagate in caso di collasso delle dighe (Cecita, Tarsia e Farneto del Principe), ricavate dagli studi redatti dal Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale della Provincia di Cosenza (2004). Qualora si vogliano eseguire valutazioni più approfondite inerenti il rischio idraulico è possibile applicare modelli numerici che consentono di valutare in modo dettagliato lo stato di rischio del territorio in funzione della vulnerabilità degli elementi esposti. Tale analisi è possibile eseguirle con il software HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center) che consente di eseguire modellazioni idrauliche di corsi d’acqua e, nella sua ultima versione, consente anche modellazioni di tipo bidimensionale per la perimetrazione delle aree soggette ad allagamento (fig. 6). Il grande vantaggio offerto da questo tipo di modellazione consiste nella possibilità di poter confrontare in tempi molto

rapidi l'efficacia di diverse alternative di intervento nonché l'impatto di molteplici scenari idrologici riuscendo a quantificare l'entità dei fenomeni ed a verificare preventivamente l'efficacia della specifica soluzione adottata. I dati implementati si completano con la carta del perimetro del Beneficio Idraulico (fig. 7a) che dà indicazione delle aree in cui sono presenti infrastrutture primarie legate al bacino idrografico, ossia il complesso di opere idrauliche (reti di scolo) che contribuiscono alla sicurezza idraulica del territorio in cui ricadono, garantendo la possibilità di insediamento di attività produttive agricole ed extragricole per l'area in esame.

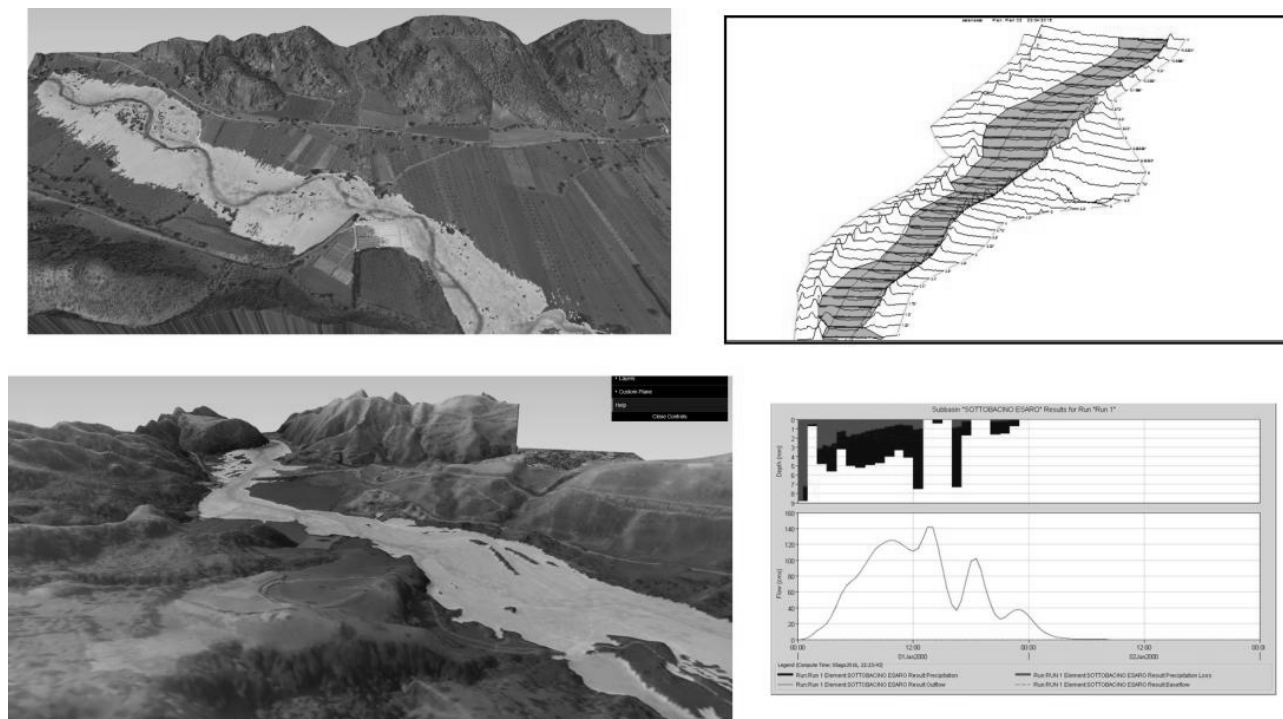


Fig. 6 – Applicazione di HeC-Ras su di alcuni affluenti del fiume Crati per l'individuazione delle aree soggette ad allagamento

Il rischio Frana è rappresentato dalla catalogazione delle frane censite dal PAI ed individuate incrociando la pericolosità dei luoghi con la relativa vulnerabilità, considerando solo quelle aree in cui sono presenti elementi a rischio quali agglomerati urbani e zone di espansione urbanistica, con un numero di abitanti superiore a 200, e le vie di comunicazione strategica.

Oltre alle frane censite dal PAI il database contiene anche la catalogazione delle frane del progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia) che costituisce il primo inventario omogeneo e aggiornato dei fenomeni franosi sull'intero territorio nazionale (fig. 7b) all'interno del quale le frane sono classificate secondo la loro tipologia (crolli/ribaltamenti, scivolamento rotazionale/traslativo, espansione, colamento lento, colamento rapido, sprofondamento, complesso ecc.). E' presente inoltre la banca dati delle frane censite al fine della realizzazione del QTRP (Quadro Territoriale Regionale a valenza Paesaggistica) in questo caso le informazioni risultano la tipologia e lo stato (attiva o quiescente).

Tali cartografie sono implementate da mappe ottenute attraverso l'applicazione di modelli di stabilità di versanti quali SHALSTAB (Montgomery e Dietrich,1994). SHALSTAB è un modello atto all'analisi di stabilità in coltri detritiche superficiali che, sulla base di semplici elementi fisici, topografici ed idrologici, permette l'individuazione di aree potenzialmente suscettibili a frane superficiali. Il modello richiede in input dati che è possibile desumere dalle cartografie presentate nella prima macro categoria (aspetti fisiografici e naturali). I risultati che restituisce SHALSTAB (fig. 7c) consistono in classi di pioggia critica, vale a dire degli intervalli di pioggia per i quali si ha un'elevata probabilità che si verifichi un fenomeno di innesco; per un valore elevato di pioggia critica si osserva una minore suscettività al dissesto, poiché è necessaria una pioggia di intensità superiore per determinare l'innesco di un movimento franoso. Tale modello risulta di fondamentale importanza per l'individuazione delle

possibili aree a rischio frana (non censite) ma anche per l'individuazione di aree "sorgenti" (scenari di innesco) e quindi per l'applicazione di ulteriori modelli Gis-based tipo Flow-R (Horton et al., 2013) che consentono di simulare la propagazione delle colate lungo i versanti ed i canali della rete idrografica consentendo la perimetrazione e la mappatura delle aree a pericolosità di frana (fig.7d).

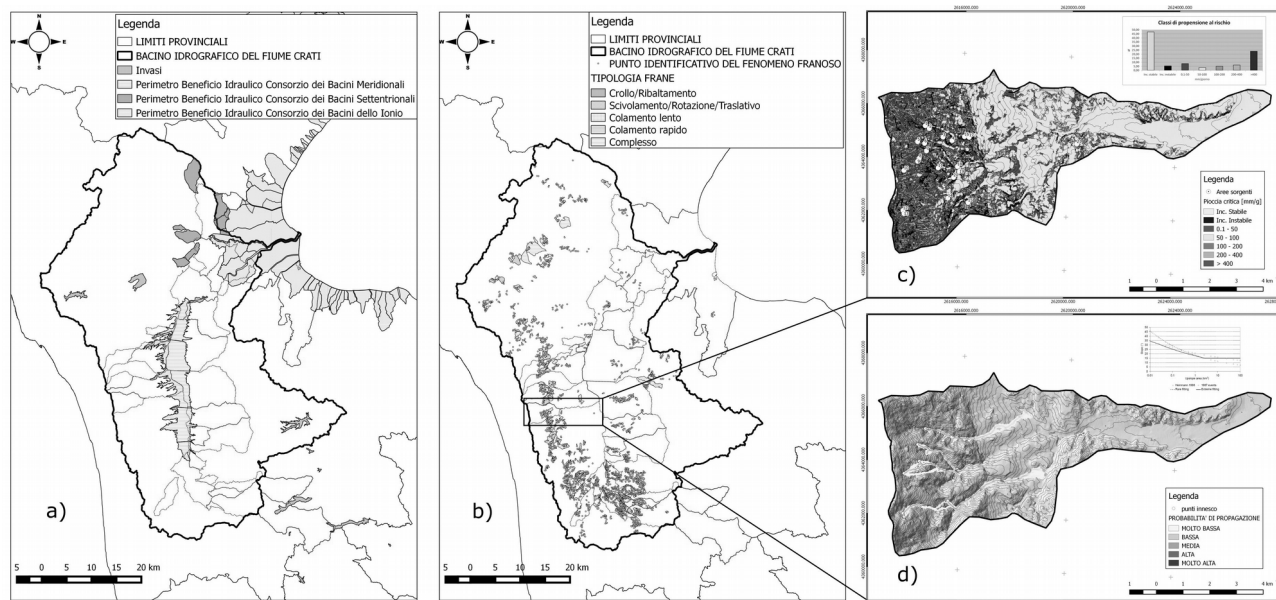


Fig. 7 – Perimetro del Beneficio Idraulico a) Frane progetto IFFI b) Applicazione di SHALSTAB su di un sottobacino del Fiume Crati c) Applicazione di FLOW-R per l'individuazione delle aree con probabilità di propagazione frane d)

4.5. Aspetti sui materiali

La conoscenza dei processi fisici che regolano la dinamica dei sistemi fluviali è la base di partenza imprescindibile per una corretta gestione dei sistemi stessi, sia in termini di utilizzo della risorsa sia in termini di mantenimento della loro funzionalità ambientale. Troppo spesso è proprio la mancata conoscenza delle modalità con cui si svolgono tali processi a determinare comportamenti approssimati o addirittura dannosi per l'equilibrio dei sistemi fluviali. In tale fase l'utilizzo del GIS risulta fondamentale al fine di eseguire analisi sui fenomeni che governano la dinamica fluviale. Il tracciato fluviale ai fini delle analisi risulta il principale elemento discriminante al fine dei processi di dinamica dell'alveo.

Per poter eseguire le corrette valutazioni e modellazioni per questa macro categoria i dati presenti nella banca dati risultano essere:

- Dati lidar DTM (fig. 8) dai quali è possibile eseguire il rilevamento morfologico dell'alveo, estraendo dai tratti fluviali rappresentativi la larghezza delle sezioni di deflusso, la profondità, la pendenza, l'altezza delle sponde, effettuare analisi sulle zone golenali ecc. Attraverso l'impiego di dati lidar, acquisiti in periodi di tempo diversi, è possibile effettuare analisi sui volumi mobilitati nel corso d'acqua, con l'aiuto anche di foto aeree scattate in anni diversi, e poter evidenziare le modifiche morfologiche dell'alveo. Attraverso i dati lidar DSM (fig. 8) è possibile eseguire analisi delle comunità vegetali, ossia la vegetazione ripariale del fiume Crati. Nello specifico è possibile redigere mappe sull'altezza della vegetazione ripariale (copertura vegetale in classi di altezza rispetto al terreno) e mappe della densità della vegetazione ripariale (distribuzione spaziale della biomassa) che dà indicazione sul vigore degli alberi e sulla loro capacità di crescita. Integrando le informazioni con dati inerenti la granulometria del corso d'acqua è possibile fornire valide indicazioni sulla dinamica di trasporto dei sedimenti e la loro interazione con il flusso consentendo inoltre la definizione della scabrezza idraulica del corso d'acqua. Tali dati costituiscono gli input di modelli idraulici (vedi sezione Aspetti di Carattere Naturale) che permettono analisi accurate sul fenomeno del trasporto solido dei corsi d'acqua fluviali.

- Localizzazione delle aree estrattive e dei cantieri: sono presenti informazioni inerenti la presenza di cantieri e zone estrattive all'interno del bacino del Crati.
- Indice IQM (Indice di Qualità Morfologica) proposto dall'ISPRA. Questo sistema di valutazione morfologica dei corsi d'acqua ha recepito la Direttiva quadro europea "Acque" 2000/60/CE, che ha introdotto la necessità di considerare proprio gli aspetti idromorfologici, oltre a quelli chimico-fisici e biologici, come elementi di valutazione per la classificazione dello stato ecologico dei corsi d'acqua. Per definire l'indice bisogna valutare aspetti quali: continuità, configurazione delle sezioni, configurazione e struttura dell'alveo, vegetazione della fascia perifluviale attraverso un approccio integrato di analisi GIS e attività in campo per analisi e misure dettagliate. Sulla base dei valori ottenuti dall'applicazione del metodo si ottengono delle classi di qualità morfologica (pessimo o cattivo, scadente o scarso, modesto o sufficiente, buono ed elevato) che danno indicazione sullo stato di alterazione del corso d'acqua.

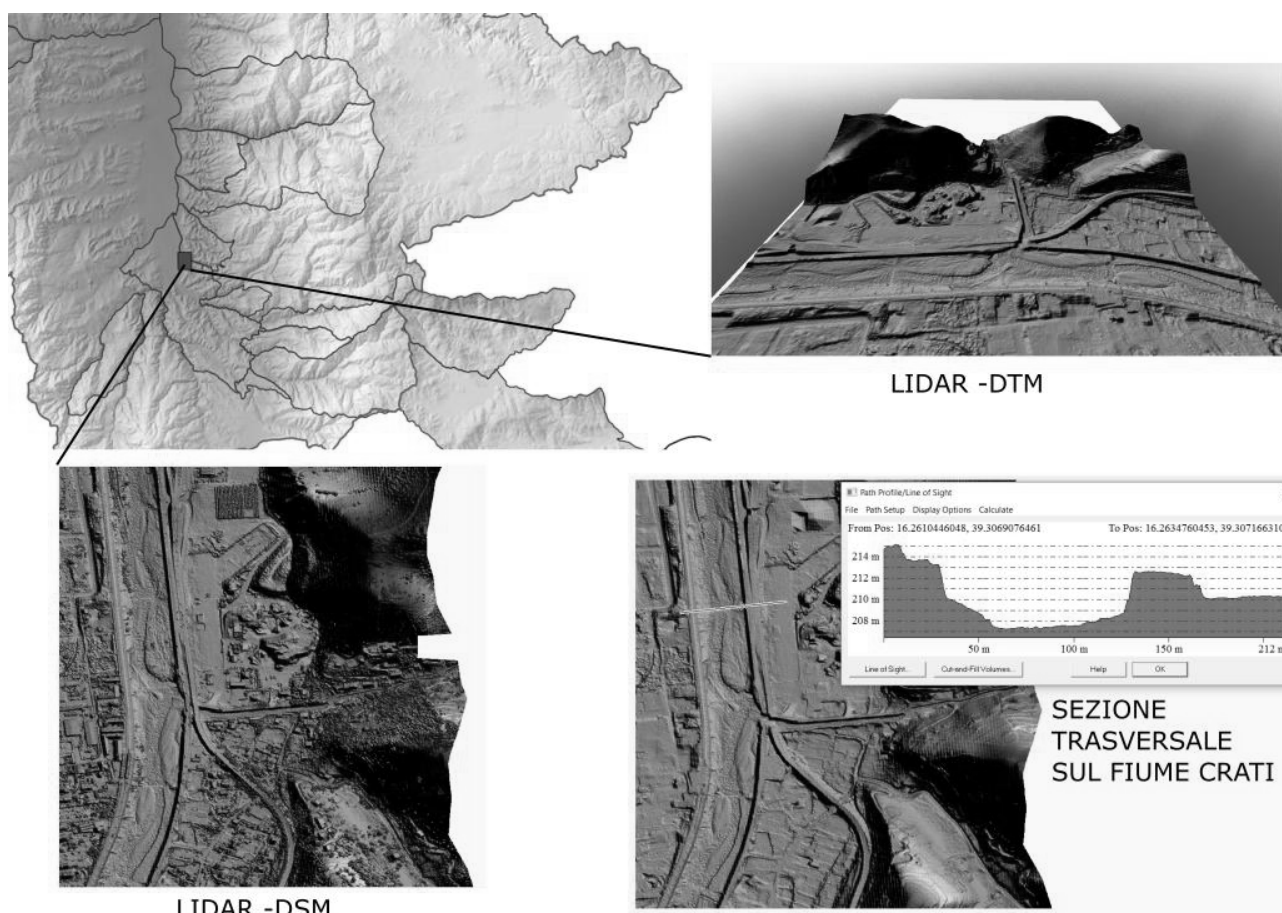


Fig. 8 – Esempio di dati Lidar per una porzione del bacino del fiume Crati

Il database geo-informativo presentato in questa macro categoria consente agevolmente di effettuare analisi quali:

- valutazioni del rischio di erosione o interrimento lungo le aste fluviali,
- valutazioni preventive degli effetti di sistemazione idrauliche,
- valutazione degli effetti dell'estrazione di inerti dall'alveo,
- definizione della corretta quantità di prelievi idrici ai fini irrigui,
- previsione sulle tendenze evolutive del corso d'acqua.

4.6. *Qualità delle acque*

Al fine di poter attuare un'ideale politica di gestione delle acque e di controllo delle criticità (sovra sfruttamento, depauperamento, inquinamento) in relazione agli usi è necessario che si abbia un rilevamento quali-quantitativo della risorsa.

La banca dati GIS consentirà di poter implementare per il bacino del fiume Crati misure quantitative (valori di portata, larghezza dell'alveo, sezione liquida, profondità della sezione, velocità media, ecc.) e qualitative (parametri fisici misurati in campo e parametri generali quali Azoto Ammoniacale, Azoto Nitrico, Azoto Totale, Fosforo Totale, ecc.).

Tali informazioni possono essere integrate alla modellistica, utilizzando modelli di qualità ampiamente diffusi, anche perché gratuitamente distribuiti, quali QUAL2E (Brown e Barnwell, 1987) e WASP (Ambrose, Wool e Martin, 1993) che consentono di simulare il flusso idrico ed il trasporto di sostanze inquinanti nei corpi idrici e quindi restituire i valori dei parametri di qualità in modo continuo su tutta l'asta fluviale. Le cinetiche di reazione dei due software sono le stesse, basate sui cicli dell'ossigeno, del carbonio, dell'azoto, del fosforo e della clorofilla. Sono invece diversi per quanto concerne gli aspetti idraulici e la geometria della loro configurazione. QUAL2E è un modello monodimensionale adatto per la simulazione del flusso in alveo, WASP invece è bidimensionale orientato alle acque basse per cui è adatto soprattutto alla simulazione di ambienti lagunari, laghi poco profondi e ampi estuari.

L'impiego di tali software consente di creare scenari predittivi in quanto gli output prodotti permettono di aiutare gli enti incaricati al controllo del territorio nella progettazione delle campagne di monitoraggio grazie alla immediata individuazione delle sezioni critiche. Inoltre la possibilità di generare in tempi brevi scenari per il futuro offre agli operatori del settore degli strumenti utili alla pianificazione territoriale per uno sviluppo sostenibile e la possibilità di verifica del raggiungimento degli obiettivi di qualità ambientale.

5. Il GIS come strumento di supporto alle decisioni

Tutte le cartografie presenti nella banca dati possono essere integrate attraverso tecniche di Analisi Multicriteriale (AMC) finalizzate all'implementazione di un sistema spazialmente distribuito di supporto alle decisioni. L'analisi multicriteriale è una disciplina orientata a supportare il decisore qualora si trovi ad analizzare problemi complessi caratterizzati da una molteplicità di punti di vista e da un limitato livello di strutturazione consentendo di analizzare e valutare diverse alternative, monitorandone l'impatto sui differenti attori del processo decisionale.

Attraverso le potenzialità offerte dal GIS è possibile strutturare per il bacino del fiume Crati un modello gerarchico e risolverlo con tecnica di analisi multicriteriale di tipo AHP (Analytic Hierarchy Process), che consente di estrarre la cartografia di sintesi (Obiettivo) attraverso una struttura gerarchica composta da una serie di cartografie base (Indicatori di base) da cui dipende l'Obiettivo. Attraverso gli indicatori di base è possibile ottenere in cascata ulteriori cartografie (Temi) che concorrono alla generazione della cartografia Obiettivo finale. Il metodo si basa su una serie di confronti a coppie fra gli elementi dei gruppi, che costituiscono la scala gerarchica, attribuendo ad essi un punteggio di importanza (scala di valori di Saaty) tra due fattori, e termina con l'assegnazione di un peso percentuale.

Calcolati i pesi, il valore di ogni elemento si calcola moltiplicando il valore per il peso. Tale fattore peso fornisce una misura dell'importanza relativa di ogni elemento per il decisore. L'applicazione del metodo AHP avviene inizialmente per ciascun indicatore di base ed in seguito è applicata in cascata per temi e indici primari, ottenendo i pesi relativi con l'applicazione ciclica della procedura. L'applicazione della metodologia al bacino del fiume Crati consente, attraverso i layer presentati, di valutare ad esempio eventuali variazioni in base sia alle dinamiche sociali, ambientali ed economiche connesse alla gestione delle risorse idriche, sia all'ampliarsi delle informazioni disponibili relative alle caratteristiche intrinseche dei suoli, consentendo la comparazione di più alternative. Tale metodologia si è particolarmente sviluppata nell'ambito della pianificazione territoriale e nelle problematiche di valutazione di impatto ambientale per determinare la soluzione più idonea in un insieme di alternative progettuali.

La metodologia ha fornito già buoni risultati nel lavoro che ha riguardato la stima dell'Indice Tecnico sui Consorzi di Bonifica che ricadono nella provincia di Cosenza (fig. 9); l'Indice Tecnico costituisce una misura sia dell'entità del rischio idraulico a cui sono soggetti gli immobili del Consorzio di Bonifica

nell'ipotesi in cui mancasse o venisse a cessare l'attività di bonifica, sia del diverso comportamento idraulico dei suoli per le loro caratteristiche intrinseche.

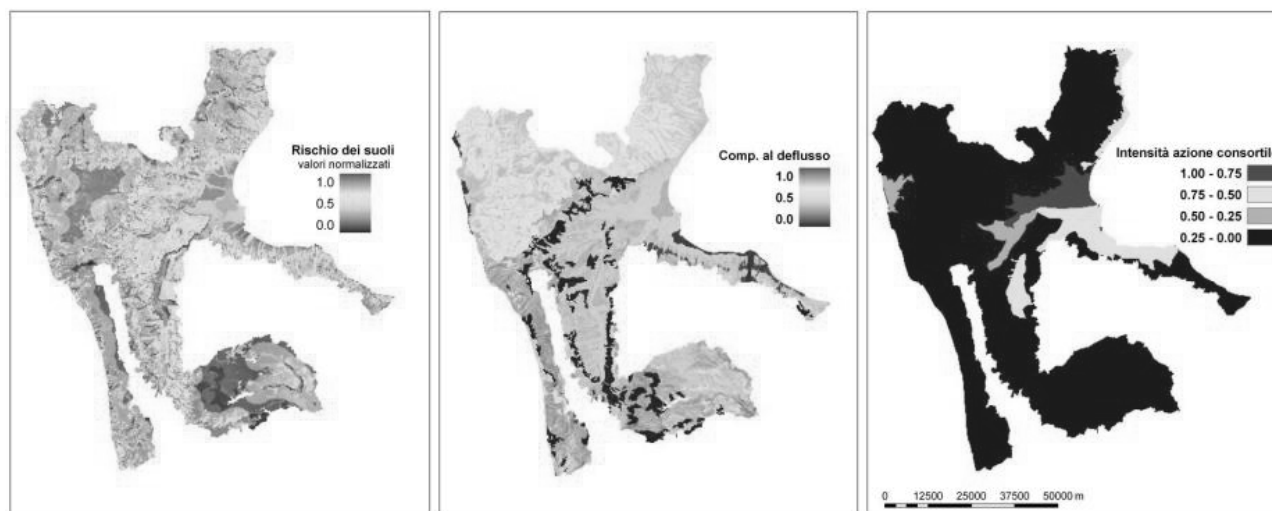


Fig. 9 – Esempio di Indici Primari che concorrono alla determinazione dell'Indice Tecnico nello studio redatto sui Consorzi di Bonifica della provincia di Cosenza

6. Conclusioni

Il presente lavoro ha mostrato una panoramica relativa alla banca dati cartografica implementata per la definizione e lo sviluppo del Contratto di Fiume del Crati.

Da quanto emerso ci si rende conto che i Contratti di Fiume si collocano in un quadro che risulta ampio e complesso nel quale intervengono molte componenti coinvolte in un medesimo processo che è dinamico, aperto, relazionale così come lo sono tutti i processi evolutivi. Il database cartografico realizzato consente di gestire una grande quantità di dati riferiti al territorio in esame, mettendoli in relazione gli uni con gli altri in modo tale da attuare scelte in modo rapido e di analizzare problematiche e fenomeni intrinseci del territorio.

E' facile comprendere che nel caso dei Contratti di Fiume non è possibile applicare protocolli precostituiti o limitarsi a ripercorrere esperienze già maturate in altri contesti, per cui risulta necessario eseguire percorsi personalizzati a seconda delle situazioni. Per tale motivo il database geografico implementato risulta aperto ed integrabile con nuovi dati e cartografie a seconda degli obiettivi che si vorrà perseguire in qualsiasi contesto a scala di bacino idrografico calabrese.

Inoltre la possibilità di un uso combinato delle funzioni di analisi spaziali tipiche dei GIS con quelle di analisi multicriteriali tipiche dei sistemi di supporto alle decisioni restituisce una piattaforma ideale per l'analisi e la strutturazione di procedure gerarchiche che consentono tramite la suddivisione di un problema complesso in una sequenza di problemi più semplici di semplificare i processi decisionali e di restituire un percorso analitico trasparente e ripercorribile in ogni sua parte al fine di poter realizzare un processo decisionale partecipato, inclusivo e collaborativo.

Bibliografia

Autorità di Bacino Regionale (Regione Calabria), 2001, *Piano di Assetto Idrogeologico (PAI)*.

Bastiani M., 2011, *Contratti di Fiume – Pianificazione strategica e partecipata dei bacini idrografici*, Dario Flacovio Editore, Palermo.

Mendicino G. *et al.*, 2012, «Procedure di valutazione dell'indice tecnico nei Piani di Classifica dei Consorzi di Bonifica per il calcolo dei contributi consortili. Il caso dei Consorzi del Cosentino» in *L'Acqua – Rivista bimestrale dell'Associazione Idrotecnica Italiana*, n°03, pp. 9-20, Roma.

Mendicino G., 2015, «Sistemi Informativi Geografici per il preannuncio dei rischi ambientali» in *Gis Day Calabria*, VI edizione, pp. 3-35, Rende.

Provincia di Cosenza, 204, *Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale*, Cosenza.

Regione Calabria Assessorato Urbanistica e Governo del Territorio, 2013, *Quadro Territoriale Regionale Paesaggistico*.

Regione Lombardia, 2010, *Carta nazionale dei contratti di fiume*, Milano.

Rizzuto P., 2016, *Piano d'Azione Contratto di Fiume Crati*, Cosenza.