

Studio di un corso d'acqua cementificato e proposte per la sua rinaturazione: il caso del Sangro in Abruzzo

Schipani Ileana

Via M. Prepositurale 78 - 20017 Rho (MI); Fax 02 93180583; ileanaschi@libero.it

Pervenuto il 17.6.2002; accettato il 9.5.2003

Riassunto

L'opera di cementificazione di un tratto del fiume Sangro (ca. 6 km) è stata realizzata all'inizio degli anni '80 con la costruzione di un canale costituito da due ordini di difese spondali in cemento armato, in cui è stato abbassato e incassato il letto del fiume a scopi di difesa idrogeologica. A tal fine il corridoio di vegetazione riparia è stato annientato e l'alveo naturale è stato spianato e più volte deviato.

Oggi, a causa del drastico restringimento dell'alveo, oltre al pessimo stato di conservazione della struttura del canale e alla distruzione di alcune opere idrauliche, dovuta alle piene, è da evidenziare una serie di problematiche riguardanti le condizioni ambientali della piana alluvionale e lo stato di funzionalità ecologica del fiume. Tali impatti sono stati oggetto di uno studio condotto a diverse scale spazio-temporali, mediante analisi tradizionali di ecologia e applicazioni di indici di ecologia del paesaggio. In particolare, con l'obiettivo di effettuare una sintesi ecologica del tratto canalizzato del Sangro e delle fasce alluvionali adiacenti, nel presente lavoro si è concentrata l'attenzione sugli elementi direttamente interessati dall'opera di cementificazione del fiume: le indagini hanno riguardato il rilevamento della composizione floristica e della vegetazione, la valutazione della qualità delle acque e della funzionalità del corridoio fluviale e lo studio delle caratteristiche di tipo strutturale e funzionale di alcune porzioni dell'area di studio con l'utilizzo di metodi grafici.

I risultati di tali analisi hanno evidenziato gli squilibri conseguenti alla concentrazione del flusso d'acqua in un canale artificiale, testimoniati dall'innesco di una serie di effetti sfavorevoli, non solo di ordine ecologico, quali la perdita di funzionalità fluviale, l'impoverimento delle comunità biotiche, la riduzione della diversità ambientale e le trasformazioni delle fitocenosi ripariali, ma anche di carattere geomorfologico e idraulico nell'intera piana alluvionale. L'individuazione di priorità d'intervento, derivanti dallo studio dell'ambiente fluviale, ha permesso la formulazione di alcuni possibili scenari evolutivi del Sangro cementificato, tra cui quelli volti alla rinaturazione del tratto di fiume modificato.

PAROLE CHIAVE: fiume Sangro / canalizzazione / ecologia fluviale / scenari evolutivi / rinaturazione

Abstract

Investigation of a channelized river and proposals for its rehabilitation: the Sangro case-study in Abruzzo, Italy

This paper illustrates the significant man-made changes of the morphology and ecology of the Sangro river stretch (Abruzzo mountains, Italy) in recent years. At the beginning of the 1980s a 6 km long section of the Sangro river was channelized in order to improve flood protection. The river bed (between 840 and 790 m a.s.l.) was straightened, paved and embanked with an inner and outer concrete wall. Most of the braided river was cleared of vegetation and levelled, which gave rise to a surface without soil, over which, even nowadays, plants hardly grow. At present the ecological situation has become severe as a result of different factors: the morphological modifications of the river and riparian zones and the bad channel maintenance, partly destroyed by floods, have caused damages to the alluvial plain, flow dynamic and water environment.

Within the present study the alteration of the river corridor has been investigated through ecological analysis and landscape ecology applications at different spatial and temporal scales. In particular, in order to estimate the ecological status of the straightened stretch of the river and the riparian areas, attention has been focused on the elements directly influenced by the channelization: investigation concerning the flora, the vegetation and the water quality and assessment of the integrity of the ecological functions have been carried out. The outcomes of the field surveys have pointed out the negative effects resulting from the concentration of the stream power into an artificial channel, which involve not only the ecological aspects (reduction of freshwater ecosystem functions, loss of spatial heterogeneity of habitats, changes in the aquatic community structure, alterations of the riparian plant communities), but also the geomorphological and hydraulic characteristics of the whole alluvial plain. The paper also provides some hypothetical scenarios, which have been developed on the basis to demonstrate how different possibilities of the future evolution of the studied section could occur. Some guidelines concerning the rehabilitation of the channelized watercourse are suggested.

KEY WORDS: Sangro river / channelization / freshwater ecology / scenarios / rehabilitation

INTRODUZIONE

Lo sviluppo della società ha accresciuto la domanda di servizi richiesti ai corsi d'acqua: produzione di energia elettrica, prelievo di acqua per l'irrigazione e le attività civili ed industriali, smaltimento degli scarichi. Nel contempo, per consentire lo sviluppo delle attività agricole e degli insediamenti urbani e industriali negli ambiti fluviali, i corsi d'acqua sono stati rettificati e canalizzati, le sponde cementificate e la vegetazione riparia distrutta.

L'impatto fisico e biologico delle opere di artificializzazione fluviale è stato spesso amplificato dalla combinazione di più interventi (es. rettifiche + risagomature e/o difese spondali e/o arginature e/o briglie), con una serie di conseguenze indesiderabili, tra le quali l'aumento dei rischi idraulici, il deterioramento della qualità ambientale e l'impennata dei costi di manutenzione.

La rettifica, ad esempio, eliminando la sinuosità del tracciato, comporta un accorciamento del percorso e quindi un aumento di pendenza, cui conseguono una maggiore velocità della corrente e una maggiore forza erosiva: l'abbassamento dell'alveo si estende progressivamente verso monte (erosione retrograda) mentre a valle, a causa della ridotta pendenza, si verifica il deposito dei sedimenti così mobilizzati, con rischi d'esondazione (SANSONI, 1993).

L'aumento di pendenza conseguente alla rettifica del tracciato fluviale e alla riduzione della scabrosità induce erosione verticale e laterale, instabilità dell'alveo, torbidità delle acque e sedimentazione nei bacini o nelle pozze a valle. La maggior velocità di corrente allontana più rapidamente le acque riducendo la capacità autodepurante e aumentando l'apporto di nutrienti al mare. La perdita di buche e raschi riduce gli habitat differenziati vitali per i macroinvertebrati e le aree di ovodeposizione per i pesci.

La perdita della vegetazione riparia e delle zone umide circostanti accresce il dilavamento del terreno e riduce l'efficacia della funzione di "filtro ecologico" per sedimenti e nutrienti svolta dalle fasce riparie; il maggior carico di nutrienti e il più intenso irraggiamento solare, non più schermato dalle chiome degli alberi spondali, stimolano la crescita di alghe e di macrofite acquatiche alimentando processi eutrofici e danneggiando ulteriormente la fauna acquatica. (PETERSEN *et al.*, 1992).

L'alterazione degli ambienti fluviali provoca di frequente il depauperamento di una risorsa fondamentale per molte specie animali, che non è disponibile altrove nell'ambiente; esempi di tale alterazione sono la frammentazione dei corridoi fluviali utilizzati come rotte di transito per gli uccelli migratori e la scomparsa di ecotoni ripari quali zone di rifugio per la fauna selvati-

ca. Gli ambiti ripariali giocano infatti un ruolo importante nel mantenere un'elevata biodiversità di tutti i gruppi di vertebrati: la composizione faunistica presente lungo un corso d'acqua è funzione dell'interazione tra disponibilità di cibo, acqua, rifugi e distribuzione nello spazio dei diversi habitat (THOMAS, 1979).

La giustificazione addotta per gli interventi di sistemazione idraulica è l'esigenza di tenere sotto controllo i corsi d'acqua, l'andamento delle piene, del trasporto solido e di altri fenomeni naturali che interferiscono con la sempre maggiore artificializzazione del territorio. Tuttavia gli interventi fluviali sopraelencati presentano evidenti aspetti negativi, sia da un punto di vista idraulico che ambientale e si rivelano sempre più spesso una scelta controproducente. Tutto ciò pone l'obbligo di riconsiderare i metodi sin qui seguiti ed evidenzia l'esigenza di ricondursi ad un approccio ecosistemico nella gestione delle acque superficiali.

A livello internazionale sono state avviate numerose esperienze di rinaturazione dei corsi d'acqua, con smantellamento di sistemazioni rigide realizzate in passato, ricostituzione di fasce di vegetazione riparia, restituzione della sinuosità e creazione di una struttura a mosaico differenziato degli habitat acquatici e di quelli terrestri adiacenti (BROOKES, 1988; MADSEN, 1995). Se all'estero gli interventi di rinaturazione in ambito fluviale hanno acquisito un carattere di continuità, recentemente anche in Italia sono state realizzate le prime esperienze e la necessità di una gestione naturalistica dei fiumi sta acquisendo una crescente considerazione.

Le principali finalità di questa ricerca, svolta negli anni 1999 e 2000 su un tratto fortemente artificializzato del fiume Sangro, possono essere così riassunte: 1) individuazione e analisi dell'ecomosaico della pianura alluvionale e delle sue trasformazioni (NAVEH e LIEBERMANN, 1984; FORMAN e GODRON, 1986; INGEGNOLI, 1993); 2) diagnosi ecologica dell'area di studio mediante l'utilizzo di indici ecologici tradizionali ed altri propri dell'Ecologia del Paesaggio (INGEGNOLI, 1995, 1996); 3) previsione di possibili scenari evolutivi del Sangro, sia spontanei che orientati alla sua rinaturazione.

MATERIALI E METODI

Oggetto di studio del presente lavoro è un tratto di 6 km del fiume Sangro, rettificato e canalizzato. Ubicata nella parte terminale della valle dell'Alto Sangro, la pianura alluvionale in cui scorre il fiume si apre sul margine orientale del Parco Nazionale d'Abruzzo, Lazio e Molise, a partire dalla confluenza con il torrente Rio Torto, e si allunga per circa 8 km fino alla confluenza col fiume Zittola, in corrispondenza dell'abitato di Castel di Sangro (Fig. 1).

Negli anni '80, in tale area, un tratto del Sangro lungo circa 6 km –tra Villa Scontrone e Castel di Sangro (AQ)– è stato rettificato e racchiuso in due ordini di difese spondali in cemento. L'alveo pluricursale è stato ridotto ad uno monocursale e si è proceduto alla rimozione totale della vegetazione riparia e allo spianamento del letto, delle fasce golenali e dei terreni ripari, così che l'aspetto del fiume è stato ironicamente descritto come una "acquastrada", per la sua somiglianza con un'autostrada (Fig. 2 e 3). L'intervento, oltre all'alterazione dell'ecosistema fluviale, ha innescato una marcata instabilità morfologica che ha condotto a gravi danni alle difese spondali più interne, permettendo al fiume di riacquistare spazio e una certa sinuosità, pur all'interno dei muri spondali.

Le indagini si sono ispirate, come criterio guida, al principio di gerarchia degli ecosistemi (O'NEILL *et al.*, 1986), secondo il quale l'analisi di ogni livello di organizzazione (ecosistema, ecotopo, paesaggio) –nelle sue interrelazioni reciproche e nelle adeguate scale spaziotemporali– va condotta in relazione ai livelli di ordine inferiore e superiore.

L'indagine nell'unità di paesaggio contenente il tratto di fiume cementificato è stata perciò condotta sulla base di tre livelli della scala spaziale. Al livello di

riferimento (scala di sintesi 1:25.000) sono stati effettuati l'inquadramento biogeografico e bioclimatico, la caratterizzazione idrologica, geologica e geomorfologica del sistema paesistico dell'Alto Sangro e lo studio delle trasformazioni avvenute negli elementi del paesaggio nell'ultimo secolo. Il livello di interesse (mesoscala, 1:5.000-1:10.000) ha riguardato la lettura e la rappresentazione grafica del mosaico ambientale della pianura alluvionale sangritana, l'individuazione del regime di disturbi e il rilevamento di altri indici strutturali di ecologia del paesaggio. Al livello di controllo (scala di dettaglio, < 1:2.000), sono state studiate le componenti biotiche e i processi che le caratterizzano. Le indagini riferibili a quest'ultima scala hanno preso in considerazione gli elementi direttamente interessati dall'opera di cementificazione del fiume, principalmente flora, vegetazione e corpo idrico, valutandone gli impatti locali.

Con l'obiettivo di effettuare una sintesi ecologica del tratto canalizzato del Sangro e di evidenziare gli aspetti applicativi legati alla riqualificazione di un corso d'acqua cementificato, nel presente lavoro si è concentrata l'attenzione su quest'ultimo livello dell'organizzazione strutturale (livello di controllo), limitando l'esposizione alle analisi e ai risultati scaturiti dallo

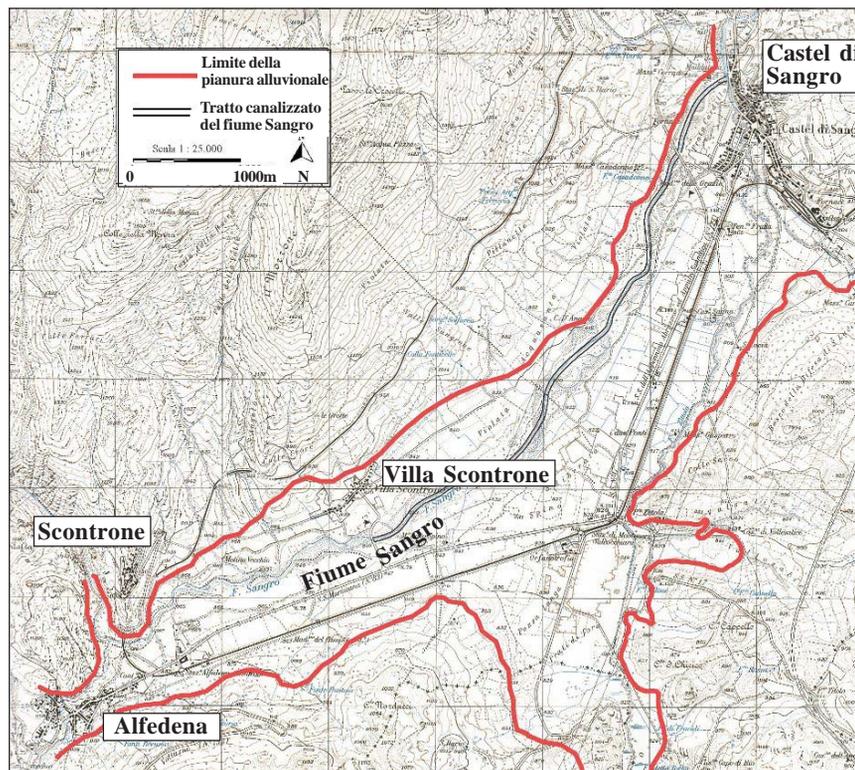


Fig. 1. La piana del Sangro si apre alla confluenza tra il fiume omonimo ed il torrente Rio Torto e si chiude a Castel di Sangro, al punto di incontro con il fiume Zittola. L'unità di studio è ubicata nella porzione sud-occidentale del bacino del fiume Sangro.



Fig. 2. Aspetto della canalizzazione del fiume Sangro al termine della sua realizzazione (1984).



Fig. 3. Il fiume Sangro prima e dopo la "cura": il ponte evidenzia il confine tra lo stato naturale (in alto) e gli interventi di sistemazione idraulica con muri in calcestruzzo (in basso). (Foto tratta da una pubblicazione del WWF Italia).

studio di dettaglio dell'area comprendente il fiume canalizzato e le fasce adiacenti.

La flora dell'area di studio è stata censita compilando un elenco floristico, secondo l'ordine sistematico delle famiglie indicato nella Flora d'Italia di PIGNATTI (1982). È seguito il raggruppamento delle specie secondo la forma biologica e distribuzione geografica (corotipi), inquadrando le entità censite in uno spettro biologico ed in uno corologico. L'analisi integrata della risposta adattativa delle piante all'ambiente (spettro biologico) può, infatti, fornire utili informazioni sulle peculiarità ecologiche del territorio studiato, mentre lo studio degli areali delle specie (spettro corologico) apporta conoscenze fondamentali sulle influenze fitogeografiche presenti nella zona.

Per la caratterizzazione strutturale della vegetazione nelle aree con formazioni ad arbusteti e boscaglie igrofile delle alluvioni è stato utilizzato il metodo fitosociologico di BRAUN-BLANQUET (1928), il cui schema sintassonomico raggruppa le associazioni vegetali in alleanze, ordini e classi.

Questa classificazione gerarchica consente di utilizzare livelli gerarchici adeguati al livello di dettaglio dell'analisi: in questo lavoro l'unità vegetazionale ben rappresentata sul territorio è stata inquadrata fino al livello di maggior dettaglio (associazione), mentre nei casi di comunità azonali o legate a habitat particolari ci si è limitati all'alleanza o alla classe.

Nell'area di interesse sono stati effettuati 25 rilievi fitosociologici: a tal fine si è proceduto all'individuazione di alcune tessere (unità omogenee in cui è suddivisibile un ecotopo), sia lungo il corso canalizzato del fiume che nei terreni circostanti. Queste aree sono state selezionate in funzione di alcuni attributi rappresentativi dell'ambiente fluviale, per poterle poi utilizzare anche come base per specifici rilievi (es. di fitomassa) e per metodi grafici (trasetti di vegetazione).

Sono stati inoltre eseguiti trasetti vegetazionali, rilevando *in continuum* le specie arbustive ed erbacee e ricostruendo sezioni trasversali della pianura alluvionale (estensione di 60 m dai muri spondali) e della sezione artificiale (40 m), nonché le proiezioni in pianta di fasce larghe circa 6 metri.

Sulla base del modello a gravità, mutuato dalla fisica e trasformato dall'ecologia del paesaggio per l'analisi di alcune realtà territoriali (INGEGNOLI, 1993), è stato condotto uno studio sull'interazione tra le macchie di vegetazione riparia, mediante il confronto di foto aeree tra la situazione antecedente e quella successiva alla canalizzazione.

Nel caso in esame si è mantenuto un approccio qualitativo rispetto al modello a gravità classico, utilizzabile quando i nodi di una rete o una distribuzione di ecotopi presentano differenze nette di cui si vuole

conoscere, con una formula, la loro interazione rispetto ad un'area:

$$I_{ij} = k \frac{P_i \times P_j}{d^2} \quad \text{dove:}$$

I = interazione fra i nodi i e j
 P = area dell'ecotopo
 d = distanza tra gli ecotopi
 k = costante

L'individuazione di due tipi di ecotopi, i e j , corrispondenti rispettivamente a macchie boscate rade e fitte (prima della canalizzazione) e arbusteti radi e fitti (dopo la canalizzazione), è avvenuta considerando la superficie di copertura boschiva o arbustiva rispetto alla dimensione dell'ecotopo (per macchia boscata/arbustiva fitta è da intendersi una copertura di vegetazione $\geq 50\%$ dell'area dell'ecotopo). Sia per la situazione naturale che per quella artificializzata è stata applicata la formula relativa al modello, considerando due ecotopi alla volta (a cui corrispondono i nodi i e j) e la distanza tra di essi: si è così pervenuti alla possibilità di verificare il grado di interazione tra le aree vegetate e di osservare la distribuzione di queste ultime rispetto al corso d'acqua.

Per la valutazione della qualità delle acque correnti è stato applicato l'Indice Biotico Esteso (GHETTI, 1997) –sia in condizioni di morbida (primavera) che di magra (tarda estate)– a 4 stazioni di campionamento: una in alveo naturale e tre in alveo cementificato (la prima delle quali con parziale recupero ecologico spontaneo per distruzione delle difese spondali).

Lo stato di salute del corridoio fluviale è stato infine valutato con l'Indice di funzionalità, I.F.F. (ANPA, 2000) che, mediante la descrizione di parametri morfologici, strutturali e biotici dell'ecosistema, rileva la funzione ad essi associata, nonché l'eventuale grado di allontanamento dalla condizione di massima funzionalità.

RISULTATI

I risultati delle analisi a scala di dettaglio, riguardanti il corso d'acqua e le aree di pertinenza fluviale, evidenziano che gli impatti più significativi della canalizzazione si verificano a questo livello di organizzazione strutturale (livello di controllo), con forte influenza sulle componenti biotiche e abiotiche e sui processi che le caratterizzano.

Flora

L'analisi dell'elenco floristico (160 specie) ha permesso di calcolare uno spettro biologico e uno spettro corologico. Lo spettro biologico (Fig. 4) mostra elevate percentuali di emicriptofite (52 %) e di terofite (15

%), attribuibili all'aridità e al suolo poco profondo che caratterizzano il territorio esterno ai muri in calcestruzzo; le fanerofite (12 %) e le geofite (10 %), invece, con specie a carattere igrofilo, sono maggiormente distribuite all'interno della sezione artificiale in cui scorre il fiume. Nello spettro corologico (Fig. 5) risultano preponderanti le specie eurasiatiche (45 %) e quelle con areale di distribuzione mediterraneo (18 %); anche il contingente di specie della componente boreale risulta rappresentato (12 %). L'incidenza delle entità policore ed avventizie (17 %), nel suo complesso, indica che l'integrità ecologica dell'ambiente fluviale è a rischio.

Purtroppo non è stato possibile comparare lo spettro biologico e corologico con quelli precedenti la canalizzazione, per mancanza di dati pregressi.

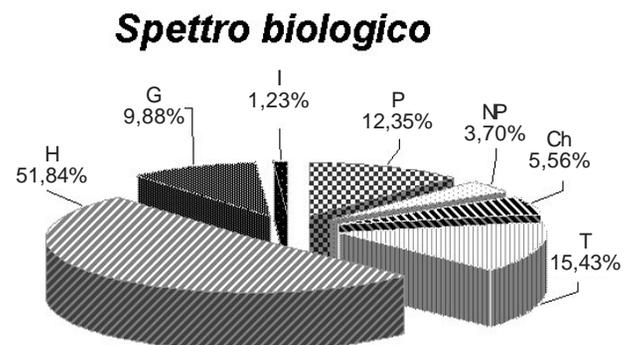


Fig. 4. Spettro biologico derivante dall'elaborazione dell'elenco floristico (calcolato su 160 specie) (H = Emicriptofite; G = Geofite; I = Idrofite; P = Phanerofite; NP = Nanofanerofite; Ch = Camefite; T = Terofite).

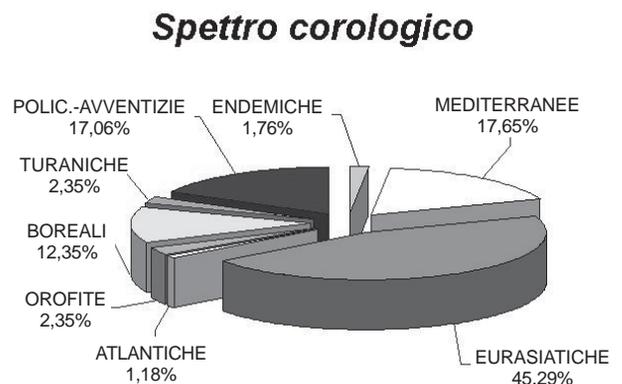


Fig. 5. Spettro corologico derivante dall'elaborazione dell'elenco floristico (calcolato su 160 specie)

Vegetazione

La cementificazione delle sponde e il taglio del bosco ripariale, oltre a determinare un forte degrado estetico del paesaggio, hanno compromesso tutte le fitocenosi autoctone legate all'ambiente fluviale, dalle comunità di idrofite alveali ed elofitiche di sponda, a quelle ripariali e retroripariali dei salici e dei pioppi.

Come riportato nei quadri sintassonomici (Fig. 6 e 7), le tipologie rilevate hanno riguardato la vegetazione legnosa (saliceti arbustivi ed arborei, boscaglie miste mesofile) e alcuni aspetti di quella erbacea (popolamenti nitrofilo perenni su detrito alveale). Non è stata considerata la vegetazione acquatica sommersa ed elofitica.

Dall'elaborazione dei rilievi fitosociologici effettuati è emersa la necessità di caratterizzare la vegetazione arboreo-arbustiva rinvenuta nell'area di interesse, distinguendo quella presente all'interno della sezione artificiale, a contatto diretto con l'acqua, da quella delle zone circostanti, non più soggetta a frequenti inondazioni e con umidità del suolo controllata dalle sole precipitazioni.

All'interno dei muri spondali in calcestruzzo le condizioni idriche consentono la permanenza di vegetazione di tipo ripariale e paludosa, mentre nei terreni alluvionali esterni, pur permanendo alcuni saliceti, ad essi si affiancano –com'è tipico per i biotopi artificiali– specie diverse: xerotermofile nei biotopi asciutti e mesofile negli ambienti più freschi.

Se quindi è risultato semplice inquadrare la vegetazione ripariale della sezione artificiale nell'ordine *Salicetalia purpureae* e giungere fino all'associazione *Salicetum incana-purpureae*, la vegetazione dei terreni alluvionali è stata classificata ad un livello gerarchico superiore, quello della classe *Quercus-Fagetalia*, per la difficoltà oggettiva di suddividere ulteriormente il popolamento vegetale riscontrato (Fig. 6).

Per quanto riguarda la vegetazione erbacea (Fig. 7), le fitocenosi all'esterno della sezione artificiale sono state ricondotte all'alleanza *Bromion erecti*, con un contingente principale di specie xerotermofile ed uno secondario di specie più mesofile. All'interno della canalizzazione, in quei biotopi caratterizzati da rinaturazione spontanea per effetto della nuova dinamica fluviale che ha distrutto le difese spondali, le comunità erbacee sono rappresentate dalla tipica vegetazione delle acque poco profonde, ferme o a lento corso, ad elofite prevalenti (classe *Phragmitetalia*), disposta in nuclei o fasce con comunità floristicamente più ricche.

Transetti

Le rappresentazioni grafiche dei transetti eseguiti nelle aree alluvionali (estensione di 60 m) e all'interno

Saliceti ripariali e boscaglie miste mesofile

Cls. *Quercus-Fagetalia* Braun-Blanquet et Vlieger 1937

Subcls. *Salici purpureae-Populenea nigrae* Rivas-Martinez et Cantò 1987

Ord. *Salicetalia purpureae* Moor 1958

All. *Salicion eleagni* Aich 1933

Salicetum incano-purpureae Sillinger 1933

Aggruppamenti a *Salix purpurea*

All. *Salicion albae* Soò 1930 em. Moor 1958

Fig. 6. Schema sintassonomico della vegetazione arboreo-arbustiva

Vegetazione erbacea dei terreni alluvionali

Cls. *Festuco-Brometalia* Br.-Bl. & Tx. 1943 ex Klika & Hadac 1944

Ord. *Brometalia erecti* Br.-Bl. 1936

Subord. *Leucanthemo vulgaris-Brometalia erecti* subord. novo

All. *Bromion erecti* W. Koch 1926

Vegetazione erbacea della sezione artificiale

Cls. *Phragmitetalia* Tx. et Prsg. 1942

Fig. 7. Schema sintassonomico della vegetazione erbacea

della sezione artificiale (40 m) illustrano la morfologia del substrato e riportano la distribuzione e struttura (strato erbaceo e arbustivo) degli elementi di vegetazione presenti oggi lungo il tratto canalizzato del Sangro. Tali rappresentazioni evidenziano inoltre l'assetto dato a questa parte del fiume dall'opera di artificializzazione.

Le situazioni più emblematiche rilevate lungo il tratto rettificato del Sangro sono illustrate dai due esempi delle figure 8 e 9. La prima mostra un transetto eseguito nei terreni alluvionali adiacenti al fiume, in sinistra idrografica: il substrato è costituito da ciottoli del vecchio alveo, con scarsa lettiera; lo strato erbaceo è composto per lo più da specie xerotermofile (es. *Thymus longicaulis*, *Echinops ritro*, *Chamaecytisus spinescens*) riunite in piccole macchie, tra cui affiorano i ciottoli calcarei; lo strato arbustivo è rappresentato da poche specie, distribuite in aggruppamenti radi, con la compresenza –già descritta– di specie xerotermofile e mesofile. Al margine del muro spondale, una strada sterrata si snoda lungo l'intero tracciato del canale in calcestruzzo.

In Fig. 9 è illustrata la sezione artificiale, delimitata da due ordini di muri spondali in calcestruzzo (quelli interni alti circa 1 metro e gli esterni circa 3 metri, sottofondazioni comprese). All'epoca della canalizza-

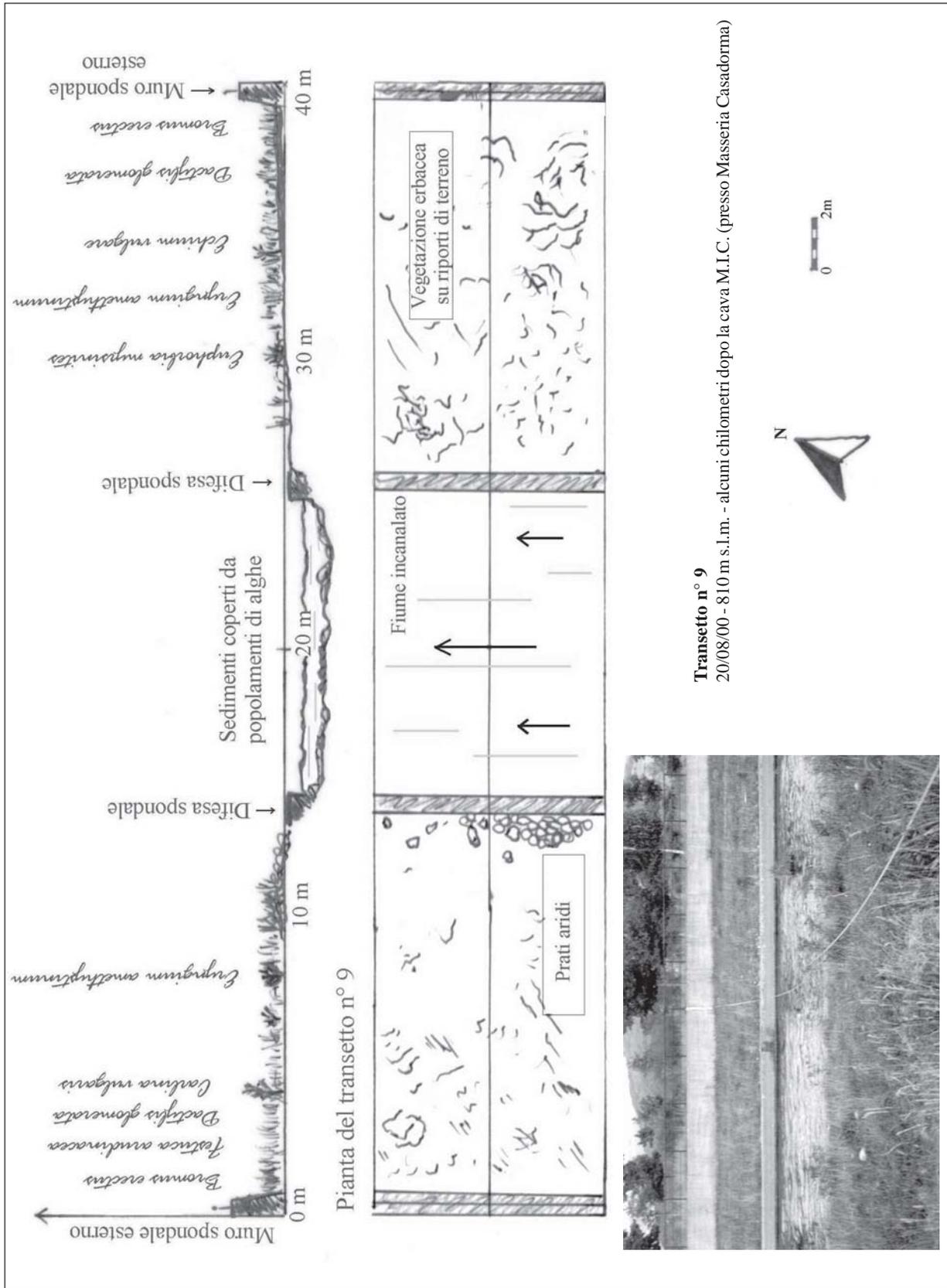


Fig. 9. Transetto all'interno della sezione artificiale.

zione, nello spazio tra i due ordini di difese spondali, con funzione di golena, fu deposto terreno di risulta sul quale, ancora oggi, la vegetazione stenta a svilupparsi.

Interazione tra le macchie di vegetazione e loro distribuzione rispetto al deflusso idrico

I risultati del modello a gravità, basato sull'interazione tra le macchie di vegetazione e sulla loro distribuzione rispetto al fiume, indicano che l'alterazione causata dalla cementificazione ha avuto un duplice effetto: ha definitivamente "slegato" le fasce vegetate del corridoio fluviale dalla superficie del corpo idrico e ha fortemente pregiudicato l'interazione tra le comunità vegetali stesse, riducendone fortemente l'estensione.

Il confronto tra una foto aerea del 1978 (prima della canalizzazione) ed una del 2000 (sedici anni dopo di essa) ha permesso, infatti, di ricostruire la distribuzione e la dimensione delle aree di vegetazione riparia presenti nei due momenti. In seguito alla costruzione del canale, la vegetazione naturale, costituita prevalentemente da bosco, è stata sostituita da arbusteti. Prima della cementificazione la superficie delle macchie di bosco era molto estesa e i popolamenti vegetali si presentavano in forma aggregata, spesso delimitati dai canali del fiume lungo il suo tracciato. Oggi le fitocenosi hanno una superficie notevolmente ridotta e sono distribuite in macchie distanti tra loro.

Poiché l'interazione tra i nodi degli ecotipi *i* (macchie con vegetazione rada) e i nodi degli ecotipi *j* (macchie con vegetazione fitta) è direttamente proporzionale all'area degli ecotipi stessi e inversamente proporzionale al quadrato della loro distanza, ne consegue che in passato il grado di interazione tra le macchie di vegetazione era più elevato dell'attuale: gli ecotipi avevano dimensioni maggiori e la distanza tra i loro nodi era inferiore.

Dal confronto tra le due foto aeree sono inoltre evidenti notevoli mutamenti nell'assetto dell'alveo, sia per la struttura della vegetazione che per l'andamento del tracciato (Fig. 10). Prima dell'intervento la distribuzione delle aree boscate rispetto al deflusso delle acque aveva un aspetto tipico: l'alveo a canali intrecciati, ricoperto dalla foresta, era caratterizzato da numerose diramazioni, con canali che lambivano le superfici alluvionali ricoperte dalla vegetazione, alternando zone di acqua corrente a zone di acqua stagnante. La lunghezza totale del Sangro tra Villa Scontrone e Castel di Sangro era di gran lunga maggiore dell'attuale, in funzione della sinuosità e delle ramificazioni lungo il suo percorso; l'alveo boscato, in alcuni punti, si estendeva centinaia di metri trasversalmente al fiume.

Con la canalizzazione e la rettifica, il Sangro è stato incassato nella struttura in calcestruzzo e la foresta

riparia è andata distrutta; ancora oggi – a causa del dislivello provocato dall'abbassamento del letto del fiume all'atto della canalizzazione e dalla successiva azione erosiva di fondo – manca completamente il collegamento tra la vegetazione pioniera adiacente al canale e il corpo idrico. Nelle aree alluvionali esterne al canale le formazioni ad arbusteti, per lo più saliceti, rimangono frammentate e rade, poco estese e ben lontane dalla struttura di un bosco ripariale.

Qualità dell'acqua (I.B.E.)

Le 4 stazioni di campionamento del macrobenthos rientrano tutte nella classe di qualità I, corrispondente ad un ambiente non inquinato (Tab. I). Tuttavia nella stazione posta a monte, in alveo naturale (S1), il valore di I.B.E. è 12 per entrambe le raccolte (magra e morbida, rispettivamente con 30 e 26 unità sistematiche), mentre in S2 e S3 scende a 11 nella raccolta estiva (24 unità sistematiche in S2 e 21 in S3) e a 10 nella raccolta primaverile (18 unità sistematiche in entrambe le stazioni). Nell'ultima stazione (S4), in prossimità del termine del tratto canalizzato, l'I.B.E. scende ulteriormente a 10 in entrambi i campionamenti (con 18 e 16 unità sistematiche). Il decremento del numero di taxa, in assenza di apporti inquinanti, testimonia la banalizzazione degli habitat indotta dalla canalizzazione.

Da segnalare, inoltre, che nel tratto cementificato a morfologia monotona e fondo melmoso si ha un'esplosione numerica dell'Efemerottero *Baetis*, dei Ditteri delle famiglie Chironomidae e Simuliidae, del genere *Dina* per gli Irudinei e delle famiglie Lumbricidae e Lumbriculidae per gli Oligocheti.

Indice di Funzionalità Fluviale

Nella valutazione della funzionalità fluviale mediante l'I.F.F., la varietà di situazioni venutasi a creare all'interno del canale artificiale (tratti con canalizzazione rimasta intatta e altri in cui è avvenuto un processo di rinaturalizzazione spontaneo) ha reso necessario un rilievo particolarmente dettagliato, con la compilazione di numerose schede (Fig. 11).

L'I.F.F. ha consentito di distinguere due situazioni principali: nei tratti che, grazie alla nuova dinamica erosiva, hanno subito un processo di "rivitalizzazione" si raggiunge il II livello di funzionalità, mentre in quelli in cui l'assetto delle doppie difese spondali è rimasto integro si oscilla tra il III e il IV livello di funzionalità (mediocre-scadente). Il quadro riassuntivo dei livelli di funzionalità è mostrato nella figura 12.

DISCUSSIONE

Lo studio del corridoio fluviale del Sangro ha evidenziato due tipi di "patologie" conseguenti alla cana-

lizzazione (alterazioni strutturali e funzionali di natura ecosistemica e squilibri delle dinamiche fluviali e territoriali), suggerendo l'opportunità di prospettare scenari di riqualificazione fluviale.

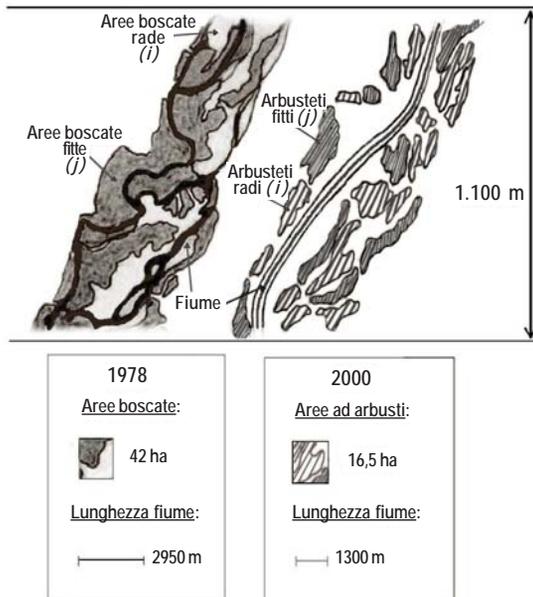


Fig.10. Confronto tra l'anno 1978 (prima della canalizzazione) e l'anno 2000 (16 anni dopo la canalizzazione) dell'estensione delle superfici coperte da vegetazione e del tracciato descritto dal percorso del fiume, nell'ambito di un tratto di uguale lunghezza di 1.100 m (scala 1:10.000)

Alterazioni strutturali e funzionali degli ecosistemi fluviali

La distruzione della foresta di ripa e l'asportazione dello strato di suolo fertile, avvenute all'atto della canalizzazione, hanno comportato un impatto duraturo: a sedici anni dall'intervento la vegetazione è ancora costituita prevalentemente da arbusteti pionieri e non ha più contatto con le acque del fiume. L'approfondimento dell'alveo e l'impermeabilità dei muri spondali e delle loro fondamenta hanno determinato un abbassamento della falda nei terreni circostanti nei quali, assieme a lembi residui di fitocenosi igrofile (prevalentemente saliceti), si sono insediate comunità vegetali xerofile, ascrivibili ad un mesobrometo (Fig. 13).

Un carattere igrofilo presentano invece le comunità che vegetano nell'alveo canalizzato, in contatto diretto con il corso d'acqua ove, sulle cospicue barre di sedimentazione formatesi, ha attecchito in pochi anni una rigogliosa vegetazione (Fig. 14). In entrambi i casi siamo in presenza di biotopi artificiali, suscettibili all'insediamento di specie vegetali tipiche di ambienti asciutti o esotiche.

Nei terreni alluvionali, a tutt'oggi, la scarsa connessione tra le macchie di arbusteti e l'assenza di interazione tra queste ultime e il corso d'acqua riducono grandemente le funzioni usualmente svolte dalle fasce di vegetazione riparia (ostacolo al dilavamento del terreno, "filtro ecologico" per sedimenti e nutrienti, fonte di apporti energetici, termoregolazione idrica, habitat per specie animali e vegetali, corridoio ecologico, ecc.).

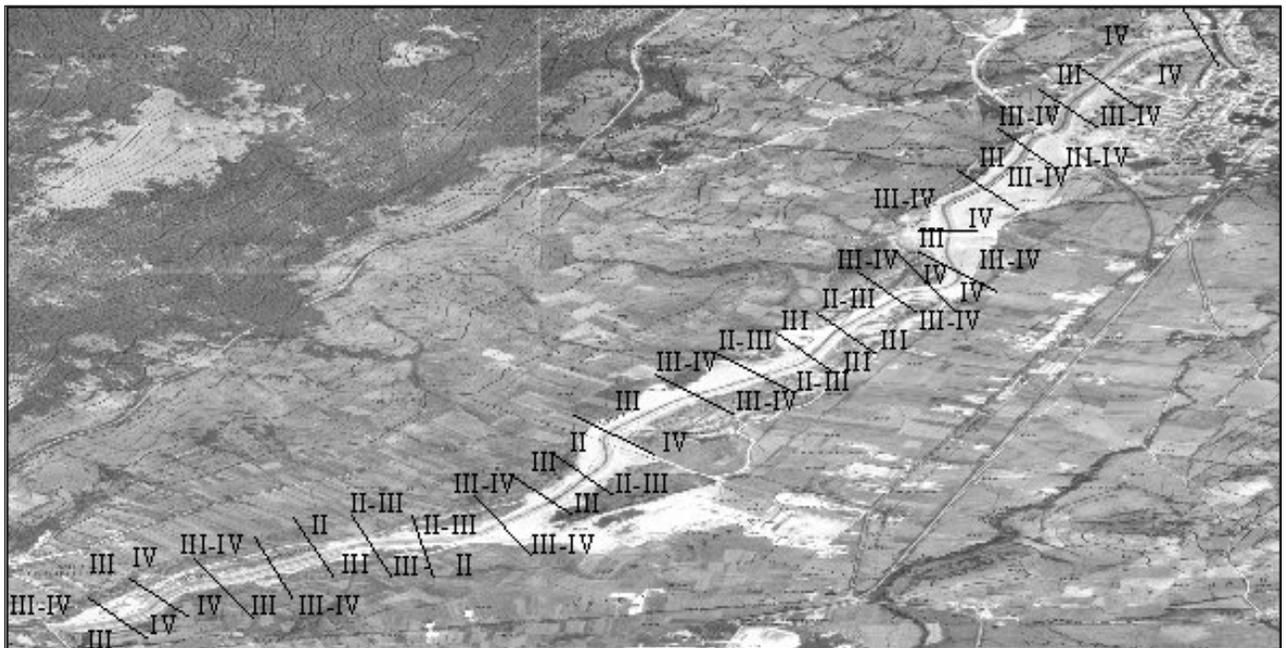


Fig. 11. Valutazione della funzionalità fluviale attraverso i risultati forniti dalla compilazione delle apposite schede I.F.F.

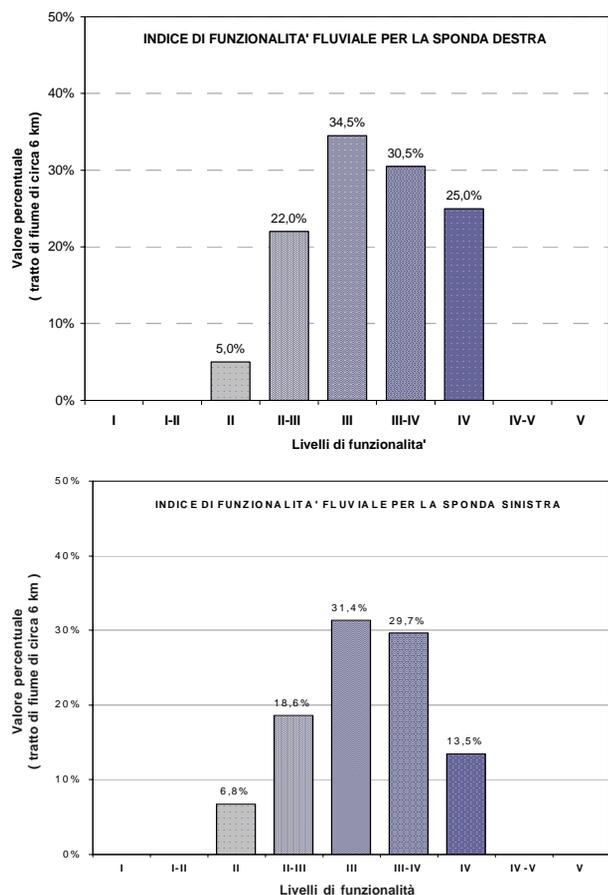


Fig. 12. Grafico dei livelli di funzionalità registrati per la sponda sinistra e la sponda destra

La frammentazione della vegetazione riparia, inoltre, comporta un incremento delle zone di margine, col rischio di favorire le specie che si insediano nei margini a discapito delle specie di interno (che richiedono macchie estese e continue).

È noto che la frammentazione porta effetti negativi sull'abbondanza e distribuzione delle specie esigenti in termini di estensione e qualità degli habitats (WILCOVE *et al.*, 1986; SAUNDERS *et al.*, 1991) e che le trasformazioni nella distribuzione spaziale delle comunità vegetali rappresentano sicuramente un fattore critico per la fauna selvatica. Nel caso del Sangro, la presenza di interruzioni lungo il corridoio di vegetazione riparia nei terreni alluvionali e l'isolamento dal corso d'acqua rischiano di portare ad un decremento della ricchezza in specie delle comunità animali (anfibi, rettili, uccelli e mammiferi), poiché tale ambiente non è più in grado di supportare fitocenosi diversificate che dispensano fonti di cibo (nettare, amenti, germogli, semi e frutti) né di fornire un facile accesso alla risorsa idrica.



Fig. 13. Compresenza tra comunità vegetali xerofile e igrofile nelle aree alluvionali



Fig. 14. Comunità vegetali e barre di sedimentazione all'interno della sezione artificiale in calcestruzzo

La caduta dell'I.B.E. nel tratto canalizzato, in assenza di scarichi di rilievo (non vi sono scarichi di natura industriale nel fiume e il sistema di fognature degli abitati è quasi interamente collettato a valle delle stazioni di campionamento), testimonia l'impatto a carico delle comunità macrobentoniche, conseguente alla riduzione della diversità ambientale indotta dall'intervento.

Oltre all'inquinamento, infatti, anche le alterazioni della componente abiotica di un ecosistema possono indurre cambiamenti nella struttura delle comunità macrobentoniche, poiché i diversi organismi sono adattati sia da un punto di vista comportamentale che morfologico a microhabitat diversi. L'elevata diversità biologica presente in S1, oltre allo scarso apporto di sostanze inquinanti, sembra dunque riconducibile all'elevata eterogeneità ambientale presente in questa stazione, caratterizzata da tratti con corrente turbolenta, zone di ristagno dell'acqua e sponde ricoperte da vegetazione. Per contro, nelle stazioni in alveo cementificato ed in

particolare in S3 e S4, ubicate nel tratto rettificato, a forte monotonia morfologica e non rinaturalizzato spontaneamente per effetto delle piene come avviene invece in S2, il numero di taxa rinvenuti si riduce rispetto alle stazioni precedenti e anche i tipi di taxa vengono influenzati dalle condizioni presenti.

I risultati dell'I.F.F. evidenziano un pesante impatto sulla funzionalità fluviale che, dal I livello che presumibilmente caratterizzava l'intero tratto prima della canalizzazione, scende quasi ovunque al III-IV livello. I tratti con un II livello di funzionalità, rinvenuti laddove le dinamiche erosive sono riuscite a scalzare e demolire i muri spondali, indicano in maniera illuminante la strada da seguire per un pieno recupero della funzionalità fluviale.

Allo stato attuale, infatti, il recupero della funzionalità è in gran parte limitato dall'esistenza di barriere artificiali, i muri spondali, che costringono il fiume in una sezione fissa; la presenza della canalizzazione non lascia lo spazio fisico sufficiente per l'espressione della dinamica fluviale e inibisce gli scambi tra la falda e il corso d'acqua, condizioni che agiscono entrambe negativamente sulla funzionalità fluviale.

Squilibri delle dinamiche fluviali e territoriali

Studi idrogeologici e geomorfologici sulla piana del Sangro hanno messo in evidenza, mediante il confronto di planimetrie, come l'asse dell'alveo attivo –grazie ad una estesa ed intensa erosione laterale– abbia recuperato negli anni una, seppur modesta, sinuosità (CAPPELLI *et al.*, 1997).

Come già accennato, l'innescò dell'erosione verticale e laterale è una delle conseguenze più frequenti delle canalizzazioni; sebbene permetta un graduale recupero di naturalità, essa rappresenta un effetto indesiderato dai progettisti, poiché genera l'instabilità dell'alveo e dinamiche evolutive imprevedibili che possono minacciare gli insediamenti adiacenti.

In effetti, negli ultimi quaranta anni la piana di Castel di Sangro è stata sede di numerosi insediamenti industriali e commerciali, accompagnati da un vistoso sviluppo edilizio. L'urbanizzazione di queste aree esondabili, il restringimento e la canalizzazione del Sangro e la realizzazione di ponti con luce insufficiente al transito di piene eccezionali, hanno creato un accentuato rischio idraulico per gli insediamenti, inducendo la necessità di interventi correttivi. Tra questi ultimi, assumono particolare importanza l'ampliamento e la restituzione della sinuosità all'alveo del Sangro e il recupero di aree inondabili. Tale strategia consentirebbe di conseguire contestualmente più obiettivi: riduzione della capacità erosiva ed innescò di un processo di riequilibrio sedimentario; reinnalzamento dell'alveo e, conseguentemente, della falda; riduzione della frequenza e

violenza delle piene; aumento della capacità di laminazione delle piene; recupero ecologico dell'ambiente fluviale e planiziale.

Al fine di apportare un contributo a tale esigenza pianificatoria, si riportano una cronistoria schematica dell'evoluzione recente del Sangro (Fig. 15) e si prendono in esame le principali caratteristiche di alcuni possibili scenari evolutivi, sia spontanei che orientati (Fig. 16).

Scenario I: nessun intervento. I processi indotti dalla canalizzazione si accentueranno; l'erosione verticale comporterà un ulteriore abbassamento della falda e lo scalzamento dei ponti e delle difese spondali; l'erosione laterale incontrollata –associata all'aumento dei picchi di piena– metterà a rischio le aree urbanizzate; nella pianura si instaurerà un processo di inaridimento (per l'abbassamento della falda), accentuando la tendenza alla scomparsa della vegetazione igrofila e all'affermazione di una copertura erbacea xerofila; l'accresciuta pendenza delle sponde renderà più brusca la transizione tra ambiente acquatico e terrestre, con conseguenze particolarmente gravi a carico delle fasce di vegetazione riparia; il complesso di effetti ecologici si estenderà –per erosione retrograda– anche a monte del tratto canalizzato.

Scenario II: aumento dell'urbanizzazione. Avranno luogo gli stessi processi negativi descritti nello scenario I, con alcune aggravanti: aumento dei beni collocati in aree a rischio idraulico (maggiori danni in caso d'inondazione), necessità di nuove opere fluviali per contenere i rischi, ulteriore alterazione dei biotopi della piana, rischio di pregiudicare del tutto le possibilità future di rinaturazione.

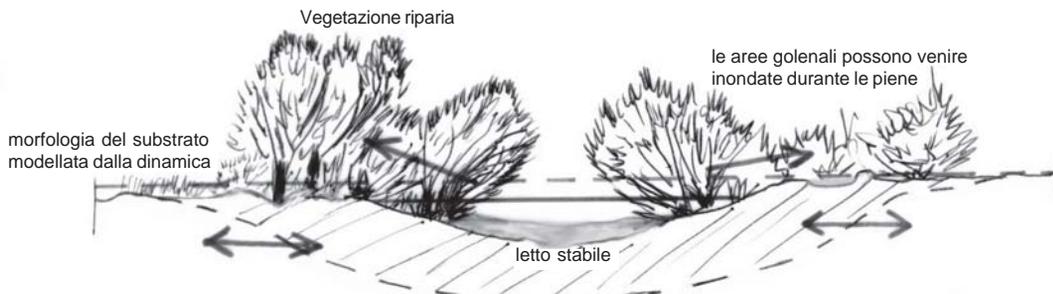
Scenario III: consolidamento con interventi di ingegneria naturalistica. Sebbene interventi quali i rivestimenti spondali con gabbionate rinverdite o con astoni di salice siano preferibili a quelli in calcestruzzo, il mantenimento dell'alveo monocursale non modificherebbe in maniera sostanziale le situazioni di vulnerabilità sopra esposte (erosione verticale, inaridimento, rischi).

È essenziale, infatti, tenere in considerazione che, originariamente, il vasto alveo del Sangro presentava in questo tratto una fisionomia a canali intrecciati che testimonia una forte attività idrodinamica. Appare perciò decisamente inopportuno (e destinato al fallimento) ogni tentativo –sia pure di ingegneria naturalistica– di consolidarne l'attuale sezione artificiale.

Scenario IV: rinaturazione "leggera" per indirizzare l'evoluzione della dinamica fluviale. La demolizione delle difese spondali interne, pur mantenendo il Sangro confinato tra i muri spondali esterni, consentirebbe la ripresa di processi di riequilibrio:

Illustrazione della situazione pregressa, delle modifiche apportate dalla cementificazione con doppie difese spondali e della proposta di rinaturazione

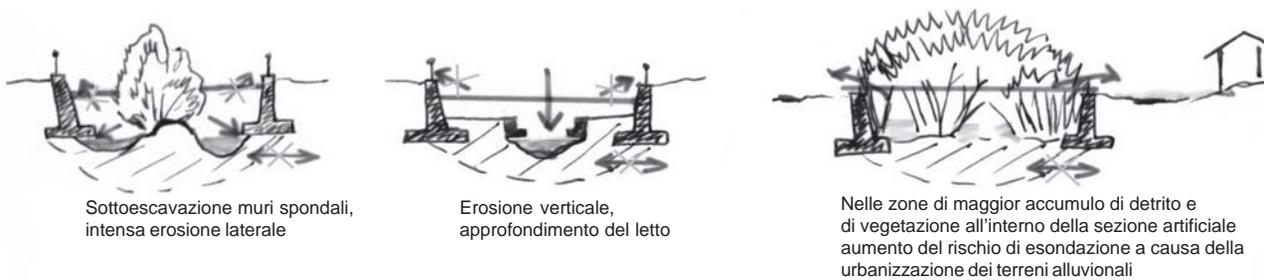
CONDIZIONI NATURALI (fino al 1981)



CEMENTIFICAZIONE CON DOPPIE DIFESE SPONDALI (1984)



ULTERIORE EVOLUZIONE DOVUTA ALLA DINAMICA FLUVIALE (situazione attuale, con diversi esempi)



INTERVENTI DI RINATURAZIONE (scenario futuro)



— Livello dell'acqua durante le piene ordinarie
 - - - Livello dell'acqua durante le piene straordinarie

Fig. 15. Cronistoria schematica del fiume Sangro nel tratto di interesse e proposta di rinaturazione.

Scenario I: nessun intervento

Questo scenario non prevede interventi sull'ambiente acquatico e sulle aree circostanti, né di ulteriore artificializzazione, né di rinaturazione. Il Sangro è lasciato alla sua evoluzione, così come, di fatto, avviene oggi. Non è uno scenario auspicabile, né praticabile: a lungo termine, infatti, il progressivo aggravarsi dell'erosione verticale e dei suoi effetti indotti sulla piana urbanizzata imporrebbero interventi correttivi. In ogni caso, i tempi del riequilibrio sedimentologico e geomorfologico sarebbero lunghissimi.

**Scenario II: aumento dell'urbanizzazione**

Come nello scenario I, è esclusa l'attuazione di interventi sull'ambiente acquatico. È però prevista un'espansione dell'urbanizzazione nella piana alluvionale, pregiudicando la possibilità futura di recuperarne le funzioni ecologiche e di utilizzarla per l'espansione e la laminazione delle piene. È lo scenario meno auspicabile (massimo danno ecologico e massimo rischio idraulico).

**Scenario III: consolidamento con interventi di ingegneria naturalistica**

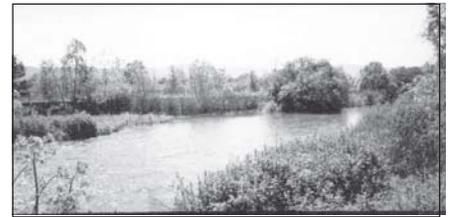
Questo scenario tende a mantenere l'attuale assetto strutturale del fiume, attenuando –mediante interventi di ingegneria naturalistica– l'impatto paesaggistico delle difese spondali in calcestruzzo, sostituite dall'impianto di vegetazione consolidante.

Nonostante un evidente miglioramento paesaggistico, permarranno gli squilibri geomorfologici e l'assetto artificiale, impedendo il recupero della funzionalità fluviale.

Scenario IV: rinaturazione "leggera" per indirizzare l'evoluzione della dinamica fluviale

Prevede l'avvio di interventi di rinaturazione leggera, attraverso il trasporto e la distribuzione del materiale alluvionale accumulato, in maniera localizzata, nel canale di magra della sezione artificiale e la demolizione delle difese spondali in calcestruzzo più interne, senza necessità di largo impiego di macchinari pesanti e con costi contenuti.

Per contenere il rischio idraulico nella piana urbanizzata, è prevista la realizzazione di casse di espansione, ovvero di bacini laterali al fiume capaci di contenere volumi più o meno importanti di acque di piena.

**Scenario V: rinaturazione estesa**

Preso atto del complesso di impatti della canalizzazione, si prevedono interventi di rinaturazione miranti a ripristinare gli equilibri preesistenti: si rimuovono non solo le difese spondali interne, ma anche quelle esterne, ricostruendo le connessioni tra il fiume e vaste porzioni di piana, rese nuovamente inondabili.

A tal fine è necessario attenuare la pendenza delle scarpate spondali, ricordando il fiume con il territorio circostante. Lavori di scavo delle zone riparie consentono di ripristinare la sinuosità e un alveo pluricursale, oltreché di disporre di materiale ciottoloso per elevare il letto del fiume nei punti dove esso appare maggiormente approfondito dall'azione erosiva. Si ripristinano il processo sedimentario e la funzionalità ecologica e il ruolo di laminazione della piana alluvionale.



Fig. 16. Scenari evolutivi potenziali del corso d'acqua e degli ambienti ad esso adiacenti

recupero di una certa sinuosità, riduzione della pendenza, ripresa della sedimentazione, con inversione dell'erosione verticale e costruzione spontanea, in diversi tratti, di biotopi acquatici e semiacquatici ben strutturati. Questo intervento, caratterizzato da un bilancio costi-benefici particolarmente favorevole, potrebbe essere accompagnato dalla realizzazione di casse di laminazione o dal recupero di aree di esondazione.

Scenario V: rinaturazione estesa. Attraverso la rimozione di entrambi gli ordini di difese spondali e consistenti lavori di rimodellamento dell'alveo –volti a favorire il recupero dell'andamento a canali intrecciati– si avvierebbe il Sangro e la sua piana verso un recupero ecologico e funzionale di vasta portata. I costi elevati non dovrebbero rappresentare un impedimento insuperabile, considerato che sarebbero probabilmente inferiori a quelli investiti a suo tempo nella canalizzazione e tenuto conto dei rilevanti vantaggi ambientali. L'intervento dovrebbe essere accompagnato da una difesa arginale a ridosso degli insediamenti della piana.

Bibliografia

- ANPA, 2000. *I.F.F. Indice di Funzionalità Fluviale*. Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (ANPA), 221 pp.
- BRAUN-BLANQUET J., 1928. *Pflanzensoziologie*. Grundzüge der Vegetationskunde, Springer, Berlin.
- BROOKES A., 1988. *Channelized rivers. Perspectives for environmental management*. J. Wiley & Sons, 326 pp.
- CAPELLI G., MICCADEI E., RAFFI R., 1997. Fluvial dynamics in the Castel di Sangro plain: morphological changes and human impact from 1875-1992. In: *International Symposium on Dynamics of Fluvial-Coastal System and Environmental Changes* – S. Benedetto del Tronto – Italy, 1993, Elsevier, Catena **30**: 245-309.
- CIRF, 2001. *Manuale di riqualificazione fluviale*. Mazzanti Ed., Venezia, 108 pp.
- FORMAN R.T.T., GODRON M., 1986. *Landscape Ecology*. J. Wiley & Sons, New York, 619 pp.
- GHETTI P.F., 1997. *Indice biotico esteso (I.B.E.). I macroinvertebrati nel controllo della qualità degli ambienti di acque correnti. Manuale di applicazione*. Provincia Autonoma di Trento, Agenzia Provinciale per la Protezione dell'Ambiente, 222 pp.
- INGENOLI V., 1993. *Fondamenti di Ecologia del Paesaggio*, CittàStudiEdizioni, Milano, 278 pp.
- INGENOLI V., 1995. Note sull'ecologia dei paesaggi fluviali. In: Maione U. e Brath A. (Ed.), *Moderni criteri per la sistemazione degli alvei fluviali*. Edit. Bios., Cosenza: 407-424.
- INGENOLI V., 1996. Caratteri ecologici dei paesaggi fluviali. In: Maione U. e Brath A. (Ed.) *La sistemazione dei corsi d'acqua naturali*. Edit. Bios., Cosenza: 537-558.
- MADSEN B.L., 1995. *Danish Watercourses. Ten years with the new Watercourse Act*. Ministry of Environment and Energy, Danish Environmental Protection Agency, Copenhagen, 207 pp.
- NAVEH Z., LIEBERMAN A.S., 1984. *Landscape Ecology: theory and application*. Springer-Verlag, New York, 338 pp.
- O'NEILL R.V., DE ANGELIS D.L., WAIDE J.B., ALLEN T.F.H., 1986. *A Hierarchical Concept of Ecosystems*, Princeton Univ. Press, Princeton, NJ.
- PETERSEN R.C., PETERSEN L.B.-M., LACOURSIÈRE J., 1992. A building block model for stream restoration. In *River conservation and management*, P.J. Boon, P. Calow, G.E. Petts (eds.). J. Wiley and Sons, pp. 293-309.
- PIGNATTI S., 1982. *Flora d'Italia*, Edagricole, Bologna, 3 voll.
- SANSONI G., 1993. *La rinaturalizzazione degli ambienti fluviali*. Lezione tenuta presso l'Istituto Agrario di S. Michele all'Adige (TN), 78 pp.
- SAUNDERS D.A., HOBBS R.J., MARGULES C.R., 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: A review. *Conservation Biology*, **9**: 1072-1084
- THOMAS J.W. (ed.), 1979. *Wildlife habitat in managed forests: the Blue Mountain of Oregon and Washington*. U.S. Department of Agriculture and Forest Service. Ag. Handbook, 553 pp.
- WILCOVE D.S., McLELLAN C.H., DOBSON A.P., 1986. Habitat fragmentation in the temperate. In M.E. SOULÉ (a cura di) *Conservation Biology*, Sinauer Associates: 237-256.

CONCLUSIONI

Lo studio del Sangro ha mostrato le molteplici conseguenze negative della canalizzazione. In particolare, l'enorme restringimento subito dall'alveo, insieme alla rettifica, all'aumento della pendenza e della velocità della corrente, alla regolarizzazione delle sponde e alla rimozione totale della vegetazione riparia, hanno conferito al fiume una potenza erosiva molto spiccata, innescando una lunga serie di effetti sfavorevoli di ordine ecologico, geomorfologico e idraulico che hanno interessato non solo l'alveo, ma anche l'intera piana alluvionale.

I lunghissimi tempi prevedibili per un recupero naturale e gli insediamenti che, nel frattempo, hanno invaso la piana impongono una pianificazione territoriale particolarmente attenta, volta a proteggere gli insediamenti ormai esistenti ed a ripristinare nel medio periodo l'andamento pluricursale del Sangro e le sue tendenze evolutive naturali. In quest'ottica, l'approccio concettuale e le tecniche di rinaturalizzazione e riqualificazione fluviale (SANSONI, 1993; CIRF, 2001) appaiono strumenti particolarmente promettenti.