

Metodologia per l'analisi ecologica della regione fluviale: l'indice dello Stato Ambientale (SA) di corpi idrici soggetti a Piano di Gestione dei Sedimenti (PGS)

Lucio Graziano^{1*}, Enrico Rivella²

1 Corso Casale, 114 – 10132 Torino

2 ARPA Piemonte, Via Pio VII, 9 – 10135 Torino

** Referente per la corrispondenza: lucio graziano@libero.it*

Pervenuto il 16.5.2012; accettato il 14.12.2012

Riassunto

Nell'ambito della predisposizione del Programma Generale di Gestione dei Sedimenti dei corsi d'acqua piemontesi, sviluppato dal Settore Pianificazione Difesa Suolo della Regione Piemonte in ottemperanza alla Direttiva tecnica n. 9 del 05/04/2006 dell'Autorità di Bacino del Po (ADBPO), è stata elaborata una metodologia per l'analisi dello stato ecologico dell'ecosistema fluviale. Il prodotto finale è un indice di Stato Ambientale (SA), articolato in 6 subindici, che si presta ad indicare lo stato dell'ecosistema su tratti fluviali estesi, a supporto dell'analisi degli scenari di Piano e della previsione e monitoraggio degli effetti del Piano stesso. Oltre agli indicatori chiave già richiesti dalla Direttiva Acque 2000/60/CE, l'indice include nella valutazione componenti legate alla rilevanza naturalistica dell'ecosistema fluviale, quale quella faunistica (ittiofauna e avifauna), la varietà biotipica e la presenza di aree protette.

Il presente lavoro propone un metodo speditivo di analisi su larga scala, aggiornabile senza ripetere l'intero monitoraggio e supportabile da GIS per l'analisi e la rappresentazione dei dati. Esso trae ispirazione da metodi e schemi concettuali già coerenti con la Direttiva 2000/60/CE e mira a soddisfare le esigenze di conoscenza dell'integrità ecologica dei fiumi, secondo quanto richiesto dalla direttiva tecnica dell'ADBPO.

Il metodo è stato applicato sperimentalmente nell'ambito della definizione del Piano Gestione Sedimenti di 4 corsi d'acqua in provincia di Cuneo (Maira, Varaita, Tanaro e Stura di Demonte).

PAROLE CHIAVE: stato ecologico dei fiumi / Piano di Gestione dei Sedimenti / Direttiva Acque 2000/60/CE

Methodology for a river area ecological analysis: Environmental Status Index (SA) of water bodies subject to Sediment Management Plan (PGS)

A methodology for the analysis of the ecological status of fluvial ecosystem was developed as part of the Piedmont's River Sediments General Management Program planning, developed by the Planning and Soil Defense Section of Piedmont Region, in accordance with 05/04/2006, n. 9 Technical Guidelines from the Po River Basin Authority (ADBPO). The final output is an Environmental State Index (SA), comprised of 6 sub-indexes, which is useful for assessing ecosystem status of huge river stretches, in order to support the analysis of Plan scenarios, and forecasting and monitoring Plan effects. In addition to the key indicators required by the EU Water Framework Directive 2000/60, the evaluation includes components related to river ecosystem's natural significance, such as wildlife (birds and fish fauna), biotypes diversity and the presence of protected areas. This work presents a rapid method for large scale analysis, that can be updated without repeating the entire monitoring and is supportable by GIS for data analysis and representation. It draws on methods and conceptual frameworks consistent with the EU Directive 2000/60 and aims to meet river ecological integrity objectives, as required by the Technical Guidelines of ADBPO.

KEY WORDS: Rivers'ecological status, Sediment Management Plan, EU Water Directive 2000/60

INTRODUZIONE

La Direttiva tecnica dell'Autorità di Bacino del fiume Po per la programmazione degli interventi di gestione dei sedimenti dei corsi d'acqua (delibera C.I. n. 9/2006 del 5/4/2006), richiedendo una valutazione dell'integrità ecologica di regioni fluviali omogenee dal punto di vista morfologico e l'individuazione di aree sensibili e vulnerabili da tenere in considerazione in vista di eventuali interventi di sistemazione degli alvei, ha dato un forte impulso allo sviluppo di metodologie di indicizzazione sintetica dell'ecosistema perifluviale sia con tecniche di rilievo in campo che di fotointerpretazione, oggetto di varie ricerche negli anni precedenti (PETERSEN, 1992; BELTRAME, 1993; BRAIONI e PENNA, 1998; GRAZIANO e RIVELLA 2000; KEMPER, 2001, MUNNÈ *et al.*, 2003; BADINO *et al.*, 2003; GONZÁLES DEL TÁNAGO e GARCÍA DE JALÓN, 2006).

Anche il D.M. Ambiente 8 novembre 2010, n. 260, che norma le attività di monitoraggio dei corpi idrici, al punto A.4.1.3 dell'Allegato 1 prevede tra le informazioni statiche sul corso d'acqua la definizione di un Indice di Qualità dell'Habitat (IQH) che deve tener conto, per i singoli tratti di corso d'acqua, tra gli altri aspetti, della diversificazione e qualità degli habitat fluviali e ripariali.

Nell'ambito delle attività legate alla predisposizione per stralci funzionali del Programma Generale di Gestione dei Sedimenti dei corsi d'acqua piemontesi, sviluppato dal Settore Pianificazione Difesa Suolo della Regione Piemonte in ottemperanza alla citata Direttiva tecnica, è stata elaborata una metodologia per l'analisi dello stato ecologico dell'ecosistema fluviale specifica per tratti omogenei di corsi d'acqua, adeguata ai fini dell'analisi degli scenari di Piano e complementare alla definizione dello stato geomorfologico del corpo idrico.

L'importanza della qualità biologica dell'ambiente fluviale, intesa nelle sue componenti faunistiche e vegetazionali (macroinvertebrati, fauna ittica, vegetazione acquatica e di greto e vegetazione terrestre) è sancita dalla Direttiva 2000/60/CE che la considera come uno degli aspetti che concorrono alla definizione dello stato ecologico dei corsi d'acqua.

In tal senso essa è stata, negli ultimi anni, presa a riferimento in Italia da alcuni contributi scientifici finalizzati all'espressione di giudizi utili nei processi di decisione e pianificazione (ROSSI e MINCIARDI, 2009; FERNANDES *et al.*, 2011).

Nel 2003 ARPA Piemonte aveva elaborato un metodo per lo Screening delle Risorse ecosistemiche delle fasce fluviali a supporto del Piano di Tutela delle Acque della Regione Piemonte (CIRIO *et al.*, 2003) esplicitamente volto a realizzare una valutazione quantitativa preliminare dei fattori ecologici correlati all'am-

biente ripariale, basato sull'uso della fotointerpretazione accompagnata da controlli a terra.

Nel 2006 il Centro Italiano per la Riqualficazione Fluviale (CIRF) ha elaborato il *Fluvial Ecosystem Assessment* (FLEA). FLEA è uno schema concettuale aperto, pienamente rispondente alle richieste della Direttiva 2000/60/CE, che fornisce la base per la costruzione di metodi operativi per la valutazione dello stato ecologico dei corsi d'acqua. Si presta per monitoraggi su larga scala, aggiornabili ad ogni nuovo dato senza bisogno di ripetere l'intero monitoraggio, ed utilizza piattaforme GIS per l'elaborazione e la rappresentazione geografica dei dati (CIRF, 2006).

Esso non definisce operativamente formulazioni di indici ma fornisce un percorso concettuale da seguire per realizzare metodiche di indicizzazione che riguardino le componenti biologiche, chimiche ed idromorfologiche dei corsi d'acqua misurandone le condizioni della naturalità, oltre che della funzionalità e della distanza dallo "stato di riferimento".

Il presente metodo riprende il lavoro sviluppato da ARPA Piemonte e contemporaneamente si ispira allo schema concettuale FLEA, limitatamente alle componenti della qualità fisico-chimica e della qualità biologica dell'ambiente fluviale, mentre riguardo alla componente idromorfologica, si integra, senza sovrapposizioni, all'Indice di Qualità Morfologica – IQM (RINALDI *et al.*, 2010), che si sta affermando come strumento di routine nelle analisi geomorfologiche preliminari relative al Piano di Gestione dei Sedimenti, in sintonia e in attuazione della Direttiva 2000/60/CE.

Il metodo è stato applicato sperimentalmente nell'ambito della definizione del Piano Gestione Sedimenti di 4 corsi d'acqua della provincia di Cuneo: Maira, Varaita, Tanaro e Stura di Demonte (al momento l'applicazione è ancora in corso per gli ultimi due).

Il prodotto finale è un indice di Stato Ambientale (SA), articolato in subindici, che si presta a classificare lo stato dell'ecosistema su tratti fluviali estesi, valutare impatti di opere che ne comportano la modificazione, servire da supporto per l'analisi degli scenari di Piano, orientare studi locali successivi più dettagliati e azioni di gestione dell'ecosistema fluviale ed infine, fornire uno schema per il monitoraggio degli effetti del Piano stesso.

Una caratteristica peculiare del metodo è che propone di integrare nella valutazione dello stato ecologico del territorio perifluviale, componenti solitamente messe in secondo piano, ma che in realtà consentono di fornire indicazioni basilari sulla rilevanza naturalistica dell'ecosistema fluviale, soprattutto in chiave di monitoraggio degli effetti ambientali e di relative formulazioni di proposte di mitigazione di interventi, quali quelli che possono essere previsti in un Piano di Ge-

stione dei Sedimenti.

Un esempio è la comunità avifaunistica, che annovera numerose specie strettamente legate all'ambiente fluviale e sensibili alle sue perturbazioni e la cui qualità viene espressa come probabilità di contattare le specie di uccelli che frequentano il territorio di riferimento. Un altro esempio è la varietà biotipica (RIVELLA, 2003; MINCIARDI *et al.*, 2005) ovvero la compresenza e addensamento di unità ecosistemiche complementari per struttura e funzione, che fornisce un'informazione sullo stato della diversità di microhabitat disponibili lungo l'asta fluviale e nel suo immediato intorno.

Inoltre, anche la presenza di aree protette è valutata, di per sé, come contributo positivo all'indice di Stato Ambientale, considerato che lo status di protezione è istituito a tutela di presenze naturalistiche rilevanti, e quindi si tratta di aree a minor disturbo antropico e con un buono stato ecologico.

MATERIALI E METODI

Ambito di applicazione

Il metodo proposto è adatto prevalentemente all'applicazione su tipologie fluviali di pianura, collinari e pedemontane, con fondovali relativamente ampi. Il limite di efficacia a monte coincide con una certa approssimazione con il limite più elevato della zona salmonicola bassa, con alvei a substrati prevalentemente di ciottoli e ghiaia, talvolta a fondo mobile. La sua efficacia nel valutare la qualità ambientale si riduce in ambiti vallivi di alta montagna, laddove le caratteristiche dell'ecosistema fluviale e perifluviale perdono completamente i connotati dell'ecomosaico golenale per acquistare maggiore variabilità a livello di scala di mesohabitat dell'alveo.

L'ambito di studio delle componenti ecologico-ambientali viene definito dall'intersezione tra i confini trasversali dei tratti e una fascia longitudinale di territorio rilevante ai fini del Piano, che comprende un limitato intorno dell'alveo fluviale.

Gli strumenti utilizzati per le ricognizioni a questo livello sono: la fotointerpretazione su GIS, la cartografia dell'uso del suolo, proveniente dai Piani territoriali Forestali della Regione Piemonte (REGIONE PIEMONTE, 2005), le Carte Tecniche Regionali, per la lettura topografica del territorio, la cartografia del Piano di Assetto Idrogeologico del Bacino del fiume Po, per l'individuazione delle fasce di pertinenza fluviale.

L'analisi ecologica interviene già nella fase di suddivisione in tratti omogenei dell'ambito di studio, dove vengono utilizzati, accanto a criteri idrologici e morfologici, anche la ricerca di discontinuità macroscopiche di aspetti quali il tipo eco-morfologico dell'alveo, l'uso

del suolo prevalente nelle adiacenze del corso d'acqua e la presenza estensiva di formazioni vegetazionali fortemente caratterizzanti. Poiché le variazioni dei parametri ecologici e paesaggistici si svolgono sovente lungo gradienti progressivi è possibile adattare la posizione dei limiti ecologici, in modo da farla coincidere con i limiti delle discontinuità idrauliche, che invece corrispondono a cambiamenti fissi e più agevolmente misurabili dei parametri di riferimento, questo anche per evitare un eccesso di frazionamento dell'area di studio.

Per identificare la fascia longitudinale di analisi, si procede considerando, per la zona nella quale è disponibile la cartografia del Piano di Assetto Idrogeologico del Bacino del Fiume Po, quindi prevalentemente le aree di pianura, le fasce B del PAI stesso. Per quanto riguarda il settore montano i riferimenti morfologici ai quali ancorare i limiti della fascia sono i profili dei terrazzi fluviali, utilizzando come confini le scarpate del secondo ordine dei terrazzi. Laddove le scarpate non sono presenti o facilmente individuabili da foto aerea, attraverso la lettura delle curve di livello sono individuate le variazioni di pendenza visibili, ma meno accentuate, o i chiaro-scuro dovuti alle alternanze luce-ombra delle foto aree. A titolo conservativo si può considerare come riferimento il fondovalle, individuato, attraverso l'osservazione della prossimità tra le curve di livello sulla carta, come la superficie a bassa acclività compresa tra le linee longitudinali che delimitano le rotture di pendenza tra i versanti, a medio-alta acclività e il fondovalle stesso. Spesso tale limite è segnato da strade, in tal caso queste vengono utilizzate per l'individuazione della fascia.

Metodologia

L'indice di Stato Ambientale (SA) deriva dalla somma di 2 macrocategorie di indici ambientali, a loro volta articolati complessivamente in 6 subindici:

- indice di valore intrinseco dell'ecosistema fluviale (I-VF);
- indice di funzionalità ripariale (I-FR).

Il Valore intrinseco dell'ecosistema fluviale (I-VF) è fornito dalla somma dei valori dei seguenti sottoindici:

- I-nv – Indice di naturalità vegetazionale;
- I-vb – Indice di varietà biotipica;
- I-fa – Indice faunistico;
- I-qa – Indice di qualità ambientale.

I-nv – Indice di naturalità vegetazionale

L'Indice di Naturalità vegetazionale viene derivato dall'analisi dell'intera area di studio (ecomosaico golenale, ripariale escludendo l'alveo attivo) eseguendo

una somma pesata sulla percentuale di copertura delle macrocategorie di tipi vegetazionali o coperture del suolo. Nell'ambito dell'elaborazione e applicazione del presente metodo ai Piani di Gestione Sedimenti dei fiumi della Provincia di Cuneo, le coperture del suolo sono state individuate principalmente mediante l'analisi dei Piani Territoriali Forestali (PTF), integrata da fotointerpretazione e verifiche sul campo. Le coperture del suolo considerate con i rispettivi valori sono riportati in tabella I.

La cartografia del "Piano territoriale forestale e delle altre coperture del suolo" (REGIONE PIEMONTE, 2005), per ogni tratto, limitatamente all'ambito di studio di cui al paragrafo precedente, è stata aggiornata, tramite foto interpretazione e controlli in campo, rispetto ai più rilevanti cambiamenti territoriali avvenuti dall'epoca di pubblicazione del Piano, sino all'epoca delle più recenti foto aeree disponibili (2008), dovuti alle migrazioni laterali più recenti del corso d'acqua e ai più rilevanti cambiamenti di uso del suolo, soprattutto nella parte pianeggiante, dove da un anno all'altro le trasformazioni agricole potevano essere decisamente marcate.

L'indice viene determinato, per ogni tratto, a partire da una procedura di calcolo che consiste in un semplice rapporto, in cui al denominatore compare l'area totale dell'ambito di studio, al numeratore si trova la sommatoria delle sub-aree a diverso uso del suolo, pesate tramite moltiplicazione con i punteggi di naturalità da 1 a 5 assegnati per ciascuna categoria (formula [1]).

$$I-nv_{TRATTO} = \left[\sum_{i=1}^n AREA_i * P_i \right]_{TRATTO} / AREA_{TOT_TRATTO} \quad [1]$$

Il valore dell'indice va da un minimo di 1, corrispondente alla condizione nella quale tutta l'area del tratto è occupata da coperture del suolo di naturalità minima, ad un massimo di 5, corrispondente alla condizione opposta. Il punteggio finale dell'indice si ricava per arrotondamento all'intero del valore calcolato.

Tab. I. Tipi vegetazionali considerati per l'indice I-nv.

| Copertura del suolo i | Punteggio P_i |
|--|-----------------|
| Superfici forestali (ad esempio, boschi alluvionali ad <i>Alnus glutinosa</i> , Acero-tiglio-frassineti, formazioni ripariali a salici, formazioni mesofile a <i>Quercus robur</i> , <i>Fraxinus excelsior</i> e <i>Ulmus minor</i>), Zone Umide naturali con vegetazione palustre | 5 |
| Formazioni erbacee naturali, bosco d'invasione, aree coperte da vegetazione arborea, arbustiva dispersa | 4 |
| Greti, macereti e rocce, prato-pascoli | 3 |
| Formazioni ruderali in evoluzione, prevalentemente erbacee, boschi di <i>Robinia pseudoacacia</i> | 2 |
| Aree antropizzate (seminativi, pioppeti, aree ruderali rimaneggiate, aree estrattive, ecc.) | 1 |

I-vb – Indice di varietà biotipica

L'indice è orientato alla valutazione della diversità ecosistemica degli ambienti fluviali valorizzando le situazioni di compresenza e addensamento di tipi ecosistemici diversi. I biotipi considerati sono riportati nel Box dell'Appendice A.

In relazione ai cambiamenti che un insieme pianificato di interventi legati alla gestione dei sedimenti può provocare, la visione a lungo termine è quella di mantenere, o eventualmente ricreare, per ciascun tratto una rete di biotipi complementari dal punto di vista strutturale

Si attribuisce a ciascun tratto di indagine del corso d'acqua un valore derivante dalla presenza di più unità ecosistemiche (formazioni) a dinamica naturale o seminaturale e, in funzione del numero di unità ecosistemiche di diverse tipologie, si calcola il valore da attribuire al tratto. L'indice viene valutato sull'intero ecosistema fluvio-golenale della fascia di studio; il rilievo dei biotipi avviene da foto interpretazione con verifica successiva sul campo (si veda il box in appendice A per verificare le tipologie di biotipi considerati e i criteri usati per la loro individuazione su foto aerea): ciascuno di essi viene identificato da un simbolo puntiforme diverso a seconda della categoria di unità ecosistemica.

Nella figura 1 è riportato un esempio di rilievo della varietà biotipica su un tratto fluviale, per rendere l'idea del risultato ottenuto applicando il metodo descritto.

Per convenzione l'analisi delle foto su GIS si effettua mantenendo costante l'ingrandimento ad una scala approssimativa di 1:3.000, allo scopo di consentire una lettura di dettaglio adeguato e in modo da dare la giusta considerazione agli elementi rilevati, secondo un sistema esperto.

Una volta identificati come elementi puntuali i biotipi, l'indice viene determinato attraverso una operazione di calcolo che prevede la moltiplicazione del numero di elementi per il numero delle categorie di biotipi diviso la lunghezza del tratto (formula [2]).

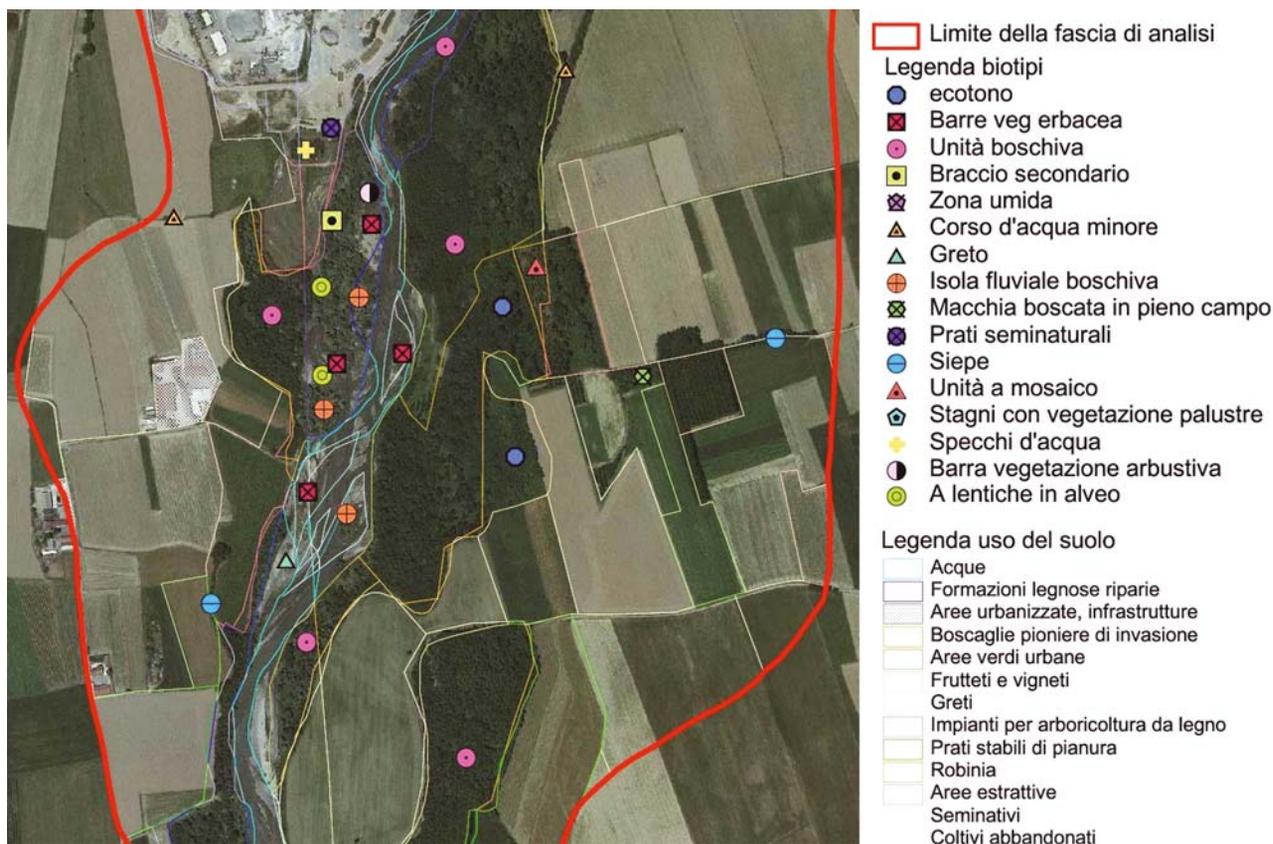


Fig. 1. Esempio di rilievo degli elementi di varietà biotipica da fotointerpretazione con successivo controllo in campo; nella figura sono riportate anche le campiture dell'uso del suolo ricavate dalla cartografia del Piano Territoriale Forestale (Regione Piemonte, 2005) modificate attraverso fotointerpretazione.

L'intervallo dei valori calcolati viene suddiviso in 5 classi corrispondenti al giudizio/punteggio finale di varietà biotipica del tratto nella maniera indicata in tabella II.

$$I\text{-vb}_{\text{TRATTO}} = n \text{EL}_{\text{TRATTO}} \cdot n\text{CAT}_{\text{TRATTO}} / L_{\text{TRATTO}} \quad [2]$$

Il valore dell'indice, quindi, è direttamente proporzionale al numero di categorie di biotipi complementari, che rappresenta la varietà assoluta di biotipi presenti, e al numero di elementi totali che concorre a quanti-

ficare l'addensamento di tali elementi.

La valutazione di varietà/abbondanza dei biotipi non è stata basata sull'area, ma sulla lunghezza del tratto, in maniera da ottenere un valore di frequenza di punti a km. Tale astrazione è giustificata dal fatto che l'obiettivo principale non era una valutazione areale e dimensionale, già in qualche modo espressa e tradotta in giudizio di qualità dall'indice di naturalità della vegetazione, ma più specificatamente una valutazione della compresenza e addensamento di elementi diversi lungo l'asta fluviale.

Tab. II. Attribuzione di punteggio dell'indice I-vb.

| Presenza di biotipi complementari | Punteggio |
|--|-----------|
| N. elementi x N. biotipi/lunghezza tratto > 4/5 (Valore massimo-Valore minimo) | 5 |
| N. elementi x N. biotipi/lunghezza tratto > 3/5 (Valore massimo-Valore minimo) | 4 |
| N. elementi x N. biotipi/lunghezza tratto > 2/5 (Valore massimo-Valore minimo) | 3 |
| N. elementi x N. biotipi/lunghezza tratto > 1/5 (Valore massimo-Valore minimo) | 2 |
| N. elementi x N. biotipi/lunghezza tratto < 1/5 (Valore massimo-Valore minimo) | 1 |

I-fa – Indice faunistico

L'Indice faunistico si basa principalmente sulla raccolta di informazioni relative alla presenza/assenza di specie di interesse lungo il corso d'acqua considerato, reperite da letteratura, da banche dati faunistiche e dalla consultazione di esperti specializzati nei vari gruppi faunistici.

Al fine di quantificare l'Indice faunistico si è scelto di dare un punteggio in funzione del valore dell'Indice dello Stato Ecologico delle Comunità Ittiche (ZERUNIAN, 2004) ricavato dalla Carta Ittica Regione Piemonte (indice ISECI applicato ai rilievi effettuati nel 2009; Tab. III) e del punteggio di un parametro che valuta l'interesse avifaunistico del tratto, che può variare tra 1 e 3 (si veda il Box in Appendice B per la descrizione dettagliata del metodo di calcolo del Parametro Avifaunistico del Tratto).

Riguardo alla componente ittica è ormai diffuso l'utilizzo di indici per la determinazione di qualità dei popolamenti in funzione di analisi di qualità ambientali dei corpi idrici. L'indice ISECI (ZERUNIAN, 2004) definisce lo stato ecologico in base a composizione, abbondanza e struttura delle comunità ittiche e rappresenta, in coerenza con lo spirito della Direttiva 2000/60/CE, la misura della distanza tra lo stato della comunità ittica rilevato e lo stato della comunità di riferimento per la corrispondente tipologia di corpo idrico. Per quanto riguarda la componente avifaunistica, questa è stata considerata per la disponibilità di dati e studi sulla componente e per il noto valore degli uccelli come indicatori di integrità dell'habitat sia terrestre che acquatico e per la presenza di una cospicua comunità faunistica legata specificatamente agli ambienti fluviali.

Non essendoci dati riferiti ad ogni tratto occorre interpolare i dati disponibili in maniera da coprire le zone non indagate. Nel caso dell'indice ISECI ad esempio si è operato assegnando il dato di ogni stazione al tratto in cui è stata effettuata la misurazione più tutti i tratti a monte di esso. Chiaramente si tratta di una approssimazione, ma d'altronde valutazioni più approfondite sarebbero state possibili solo in presenza di rilievi di campo *ad hoc*, non previsti per la redazione del Piano di Gestione dei Sedimenti cui è stato applicato il presente metodo.

La presenza nel tratto di siti appartenenti alla Rete Natura 2000 (SIC e ZPS) o di Siti di interesse regionale e Aree naturali protette, con specie in allegato della Direttiva Habitat e della Direttiva "Uccelli" consente di aumentare di 1 punto il punteggio attribuito ad ogni tratto interessato.

Il valore finale dell'indice faunistico è quindi definito dalla media aritmetica tra l'indice ittico e l'indice di interesse avifaunistico, incrementato di un valore fisso pari a 1 in caso di presenza di aree protette nel tratto o nelle immediate vicinanze (formula [3]).

$$I\text{-fa}_{\text{TRATTO}} = (ISECI_{\text{TRATTO}} + AVI_{\text{TRATTO}}) / 2 + AP \quad [3]$$

L'attribuzione dei punteggi è tale che il valore massimo raggiungibile è 5. I valori finali dell'indice vengono ricalcolati in modo da riportare l'intervallo da 1 a 5.

I-qa – Indice di qualità ecologica dell'ambiente idrico (applicabile solo per l'alveo attivo)

L'indice di qualità dell'alveo coincide con il valore di Stato Ecologico dei Corsi d'Acqua (SECA). Al momento della elaborazione del metodo era ancora in uso l'indice SECA previsto per il monitoraggio della qualità dei corpi idrici dal decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152 (Tab. IV) determinato dall'incrocio dei dati del livello di inquinamento dei parametri macrodescrittori (LIM) e delle classi di Indice Biotico Esteso (IBE). Ciò non impedirà che nei futuri Piani e soprattutto per il monitoraggio si adottino le nuove metriche introdotte con il recepimento della Direttiva 2000/60/CE.

L'indice di qualità ecologica per i corsi d'acqua cui è stato applicato il presente metodo, è solitamente discretizzato, in quanto i dati SECA utilizzati, sono quelli del monitoraggio routinario della regione Piemonte, effettuato in alcuni casi su poche stazioni di campionamento. I dati regionali, essendo legati ad un monitoraggio routinario, hanno il vantaggio di poter generare serie storiche, ma indubbiamente necessiterebbero, ai fini delle analisi implementate nel presente metodo, dell'integrazione di più stazioni di misura per rendere più precisa la valutazione tratto per tratto. Nel caso specifico, non potendosi effettuare ulteriori misure dell'indice SECA, si è ovviato, per convenzione,

Tab. III. Punteggi dei parametri che concorrono al calcolo dell'indice I-fa.

| Classe di qualità ISECI | Punteggio | Interesse avifaunistico del tratto AVI | Presenza aree Natura 2000, aree protette, segnalazione di specie di interesse conservazionistico |
|----------------------------|-----------|---|---|
| V | 1 | 1 | 1 |
| IV | 2 | 2 | |
| III | 3 | 3 | |
| II | 4 | | |
| I | 5 | | |

assegnando la classe di qualità rilevata in una stazione, allo stesso tratto in cui ricade e a tutti i tratti a monte.

Valutazione dell'indice di valore intrinseco dell'ecosistema fluviale

Il punteggio complessivo dell'indice di valore intrinseco dell'ecosistema fluviale I-VF è dato dalla combinazione dei singoli sub-indici parziali, calcolato come somma: $I-VF = I-nv + I-vb + I-fa + I-qa$.

I-FR – Indice di funzionalità ripariale

La vegetazione ripariale costituisce l'interfaccia tra il fiume e il territorio circostante. La zona ripariale, infatti, agisce come "filtro" nei confronti degli apporti superficiali e sotterranei (nutrienti, inquinanti solubili) provenienti dal territorio, come fonte di sostanza organica per la comunità biotica sia acquatica che riparia e come habitat (riparo e corridoio di transito per la fauna selvatica). D'altra parte, una copertura vegetale di tipo arboreo e arbustivo con apparati radicali ben sviluppati è essenziale per il consolidamento e la stabilità delle rive del fiume, che saranno più resistenti ai fenomeni di erosione.

L'indice di funzionalità ripariale (I-FR) è pertanto l'espressione di quanto la vegetazione arboreo-arbustiva della fascia di studio considerata possa svolgere le sue funzioni. Esso si calcola attraverso la determinazione dei seguenti subindici:

I-ef – Indice di effetto filtro della vegetazione riparia;
I-iv – Indice di integrità della vegetazione arborea riparia.

I-ef – Effetto filtro della vegetazione arborea riparia

Coincide con l'ampiezza della vegetazione arborea. Si valuta tramite fotointerpretazione la larghezza media della zona riparia arborea naturale.

L'indice viene determinato, per ogni tratto, individuando delle sezioni lungo il torrente con passo di 250 m in corrispondenza delle quali viene misurata la fascia arborea ripariale naturale, sia in sponda destra che sinistra; quindi, per ogni tratto, viene calcolata la media matematica delle misurazioni della fascia arborea di entrambe le sponde ed infine viene calcolato un valore medio unitario tra le due sponde. In tabella V si riporta-

Tab. IV. Punteggio I-qa secondo le classi SECA corrispondenti.

| SECA | Punteggio I-qa |
|----------|----------------|
| Classe 1 | 5 |
| Classe 2 | 4 |
| Classe 3 | 3 |
| Classe 4 | 2 |
| Classe 5 | 1 |

no i punteggi di I-ef in base alle classi di ampiezza a seconda che l'alveo sia o meno confinato. L'intervallo di ampiezza delle fasce è stato determinato interpretando le indicazioni in letteratura. Nel manuale di applicazione dell'Indice di funzionalità Fluviale (SILIGARDI *et al.*, 2007) si afferma che per il pieno espletamento delle funzioni biologiche della fascia ripariale è necessaria una larghezza fino a 100 m della fascia stessa. Si è deciso di far coincidere questo limite con il limite superiore della 2° classe di punteggio per premiare nella 1° classe, quella con ampiezza superiore al limite di 100 m, anche la valenza eco-paesaggistica (riduzione dell'effetto margine dell'unità ecosistemica boschiva) degli ambiti ripariali particolarmente estesi in ampiezza.

I-iv – Integrità della vegetazione arborea riparia

L'integrità della zona riparia è legata alla continuità lungo le sponde della vegetazione ripariale seminaturale. Essa viene valutata unicamente attraverso la componente vegetazionale arboreo/arbustiva, mentre non è considerata la vegetazione erbacea. In particolare, per ogni tratto omogeneo, viene calcolata la percentuale dei tratti privi di vegetazione arboreo/arbustiva (Tab. VI).

Questo parametro fornisce indirettamente le informazioni sulla capacità della riva di resistere all'erosione. La presenza di vegetazione nelle rive è un fattore positivo per i pesci ed i macroinvertebrati rispetto ad una situazione in cui le rive risultano senza protezione vegetativa o consolidate con calcestruzzo o riporto di massi.

Nelle zone dove le attività agricole, residenziali e di sviluppo urbano interrompono la zona ripariale, è impedita la crescita delle comunità vegetali e viene com-

Tab. V. Determinazione dell'indice I-ef.

| Ampiezza vegetazione arborea riparia in alveo non confinato | Punteggio | Ampiezza formazione arborea in alveo confinato | Punteggio |
|---|-----------|--|-----------|
| Zona riparia arborea >100 m | 5 | Formazioni arboree > 100m | 5 |
| Zona riparia arborea 60-100 m | 4 | Formazioni arboree 50-100 m | 4 |
| Zona riparia arborea 30-60 m | 3 | Formazioni arboree 30-50 m | 3 |
| Zona riparia arborea 10-30 m | 2 | Zona riparia arborea 10-30 m | 2 |
| Zona riparia arborea < 10 m | 1 | Formazione riparia < 10 m | 1 |

Tab. VI. Valutazione del parametro I-iv.

| Continuità della vegetazione riparia | Punteggio |
|--|-----------|
| Zona riparia intatta (sviluppo sul 100-80% del tratto considerato) | 5 |
| Zona riparia con qualche interruzione (sviluppo sul 79,9-60% del tratto considerato) | 4 |
| Zona riparia con interruzioni marcate (sviluppo sul 59,9-30% del tratto considerato) | 3 |
| Zona riparia quasi assente (sviluppo inferiore al 30% del tratto considerato) | 2 |
| Zona riparia del tutto assente | 1 |

promessa la funzionalità della fascia riparia come corridoio ecologico.

Valutazione dell'indice di funzionalità ripariale

Il punteggio complessivo dell'indice di funzionalità ripariale I-FR è dato dalla combinazione dei singoli sub-indici parziali come somma dei valori dei singoli sub-indici I-FR = I-ef + I-iv.

Valutazione sintetica finale dell'indice di Stato Ambientale

Il punteggio complessivo dell'indice di Stato Ambientale SA è dato dalla somma dei valori dei singoli sub-indici SA = I-VF + I-FR.

I valori dell'indice di stato ambientale, ricadenti in un intervallo da un minimo di 6 a un massimo di 30 punti formano una scala di giudizio a 5 livelli. Per la loro rappresentazione cartografica, ad ogni livello è stato fatto corrispondere un colore come evidenziato nella tabella VII.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Applicazione del metodo ai casi studio in Provincia di Cuneo

Il metodo illustrato è stato elaborato, come già affermato in premessa, per l'applicazione a quattro corsi d'acqua della Provincia di Cuneo: Maira, Varaita, Tanaro (quest'ultimo anche parzialmente nel territorio della provincia di Asti), Stura di Demonte. Nel caso degli ultimi due l'applicazione è attualmente ancora in fase di ultimazione, pertanto i risultati non sono riportati nel presente lavoro.

Il torrente Maira è stato suddiviso in 16 tratti omogenei, dei quali: i primi 4 pedemontani, con alveo confinato o semiconfinato e monocursale intercalato a tratti più ampi a fondo mobile e gli altri di pianura. Soltanto il primo tratto più a monte ha ottenuto un giudizio ottimo. In tutto il segmento vallivo del corso d'acqua, fino allo sbocco in pianura il giudizio è risultato buono, mentre tutto il tratto di pianura ha ottenuto un giudizio medio, con la sola eccezione dei tratti di attraversamento dei centri abitati più prossimi all'alveo, ovvero Savigliano (tratto 10) e Cavallermaggiore (tratto 12), nei quali il torrente risulta banalizzato e di

qualità scadente, così come nell'ultimo tratto, più prossimo alla confluenza (tratto 16).

Il torrente Varaita è stato suddiviso in 11 tratti, i primi 4 in ambito pedemontano, nel corridoio vallivo con fondovalle a tratti ampio a tratti più stretto, gli altri dallo sbocco in pianura fino alla confluenza. Tutti i tratti hanno ottenuto un giudizio medio, tranne il secondo tratto più a monte (tratto 02), cui corrisponde un giudizio buono e gli ultimi due prima della confluenza, con giudizio scadente.

Di seguito si confrontano tre tratti del torrente Varaita, che a seguito dell'applicazione dell'indice SA hanno ottenuto tre diversi livelli di giudizio: un tratto buono, un tratto medio e un terzo tratto scadente; ciò dà modo di verificare come l'indice risponda nei diversi contesti ambientali indagati.

Il torrente Varaita è un affluente primario del fiume Po, il cui bacino idrografico ha una superficie complessiva di circa 600 km² (1% del bacino del Po), di cui il 74% in ambito montano. La Valle Varaita ha direzione WE e termina nella pianura cuneese a Costigliole Saluzzo (CN). Con un'ampia conversione verso N il Varaita si porta a confluire nel Po in prossimità di Polonghera (CN). Il tratto considerato del Varaita ai fini dell'applicazione del presente metodo è suddivisibile in una parte pedemontana e nel tronco di pianura con confluenza finale nel Po.

Il paesaggio nella parte montana è caratterizzato da rilievi elevati, con valli laterali di scarsa entità, mentre la valle principale presenta uno spazioso e pianeggiante fondovalle antropizzato, ricco nel primo tratto di vigneti e frutteti, a cui succedono boschi di castagni, frassini e querce inframmezzati da pascoli vastissimi nel tratto superiore.

Tab. VII. Corrispondenza tra intervalli di valore dell'Indice di Stato Ambientale e giudizio di valore ecologico ambientale.

| Intervallo di valori dell'indice SA | Giudizi di valore Ecologico Ambientale |
|-------------------------------------|--|
| 6 - 10 | Pessimo (rosso) |
| 11 - 15 | Scadente (arancio) |
| 16 - 20 | Medio (giallo) |
| 21 - 25 | Buono (verde) |
| 26 - 30 | Ottimo (azzurro) |

Nel tratto planiziale il corso d'acqua scorre in un ambito con scarse variazioni altimetriche e la componente naturale viene decisamente ridimensionata a causa dell'attività agricola incentrata, nella parte più alta della pianura, nel tratto Costigliole Saluzzo-Savigliano, sulla frutticoltura intensiva.

Torrente Varaita – Tratto (01)

Frassino – Brossasco

Alveo situato a quote comprese fra i 750 e i 590 m circa, caratterizzato da un regime fluviale torrentizio e dal flusso turbolento con un profilo sinuoso e un andamento prevalentemente monocursale, con esigui tratti a substrato ciottoloso/ghiaioso, con depositi di greto alternati lateralmente all'alveo bagnato. Il fiume scorre in un fondovalle stretto, con prevalenza di prato-pascoli e con la caratteristica diffusione delle formazioni forestali mesofile degli acero-tiglio frassineti, che circondano il fiume fino anche al limite delle sponde, misti ad essenze più igrofile.

Le formazioni ripariali sono di un certo pregio (alneti planiziali e montani) e tendono gradualmente a prevalere in estensione sugli acero-tiglio-frassineti man mano che si procede verso valle. Sono presenti insediamenti, oltre che urbanizzazioni puntuali lungo la strada provinciale della Val Varaita. I risultati dell'applicazione dell'indice SA sono sintetizzati in tabella VIII.

L'assetto vegetazionale del fondovalle, pur mantenendo una matrice dominante a prato-pascoli, vede una certa sottrazione di suolo per urbanizzazione e questo è confermato dal fatto che, per essere un tratto in ambiente montano, la naturalità della vegetazione è

solo media ($I-nv=3$). La varietà biotipica ha un valore medio ($I-vb=3$): se l'aumento dell'antropizzazione del fondovalle provoca infiltrazioni di coperture del suolo artificializzate, rispetto ad un soprassuolo per lo più di boschi ed ecotoni e una conseguente diminuzione di naturalità, è anche vero che le aree urbanizzate poco estese e abitate come quelle montane, sono circondate da mosaici di orti, giardini, campi e frutteti familiari, che aumentano la varietà ambientale, introducendo nuove strutture di habitat e nuove disponibilità trofiche. Inoltre la varietà biotipica in questo caso si deve anche alla variabilità morfologica del fiume con le sue aree deposizionali.

Il valore basso dell'indice faunistico è dovuto al punteggio dell'indice ittico ISECI (Classe ISECI V, punteggio=1), questo a sua volta è stato falsato dal fatto che il campionamento della fauna ittica, eseguito per il monitoraggio regionale, era stato effettuato, in un punto più a valle, durante un periodo di magra. Tale circostanza rivela come l'utilizzo in questo metodo di dati di monitoraggio routinario, che hanno una cadenza temporale rigidamente programmata e talvolta incorrono in imprevisti di questo tipo, possa essere un limite e dunque conferma l'utilità di rilievi ad hoc. Non di meno, a conferma di tale necessità, il valore dell'indice ISECI, per questo tratto, si ripete in tutti i tratti a valle (compreso quello descritto al paragrafo seguente) fino a quello dove ricade il punto di campionamento (si veda il par. *I-qa*), a causa della disponibilità di dati su poche stazioni e della già citata necessità di estenderli alle altre.

Per quanto riguarda il parametro sull'interesse avifaunistico, che contribuisce all'indice faunistico ($I-fa$),

Tab. VIII. Punteggi dei subindici e risultati dell'indice di Stato ambientale (SA) per il Tratto Frassino-Brossasco del Torrente Varaita (Provincia di Cuneo).

| TRATTO (01) Frassino-Brossasco | |
|---|------------------|
| Indice di valore intrinseco dell'ecosistema fluviale – I-VF | Punteggio |
| I-nv Indice di naturalità vegetazionale | 3 |
| I-vb Indice di varietà biotipica | 3 |
| I-fa Indice faunistico | 2 |
| I-qa Indice di qualità ecologica dell'ambiente idrico (applicabile solo per l'alveo attivo) | 4 |
| Totale I-VF | 12 |
| <hr/> | |
| Indice di funzionalità ripariale I-FR | |
| I-ef Effetto filtro della vegetazione arborea riparia | 4 |
| I-iv Integrità della vegetazione riparia | 5 |
| Totale I-FR | 9 |
| <hr/> | |
| Totale INDICE STATO AMBIENTALE (SA) | 21 |

il valore del subindice rivela come per il tronco fluviale pedemontano che comprende il presente tratto, la comunità avifaunistica di specie nidificanti e migratrici regolari sia caratterizzata da una minor abbondanza relativa di specie dipendenti dall'ambiente acquatico fluviale, ma da un maggior numero relativo di specie nidificanti stanziali rispetto a quelle non nidificanti ma regolari.

Il valore alto dell'indice di effetto filtro della vegetazione riparia (I-ef=4) è legato al valore medio di ampiezza della fascia ripariale: in questo tratto infatti, i boschi ripariali sono talora larghi al punto da formare un continuum con le aree boscate sui versanti. L'integrità della vegetazione è massima (I-iv=5) in quanto non si registrano significative interruzioni della bordura ripariale.

Torrente Varaita – Tratto (02)

Confine Verzuolo-Villafalletto – Savigliano

Quote alveo tra 402 e 340 m circa, tratto di alta pianura, con morfologia fluviale transizionale; l'alveo scorre con andamento sinuoso tra barre alluvionali ghiaiose entro sponde piuttosto incassate e talvolta difese con scogliere in massi. Fasce ripariali strette con allargamenti alle estremità del tratto; contesto agrario molto intensivo con copertura uniforme di vigneti e frutteti in sponda sinistra; a destra condizione mista con colture arboree miste a seminativi. I risultati dell'applicazione dell'indice SA e dei suoi subindici sono sintetizzati in tabella IX.

Il crollo di I-nv sino ad un punto soltanto è dovuto al contesto agricolo intensivo (frutteti della piana saluzzese, alternati ai seminativi). La varietà biotipica

invece si mantiene su livelli medi, grazie all'aumento sia del numero sia delle categorie di biotipi complementari: il morfotipo fluviale transizionale favorisce in questo caso una varietà maggiore di microhabitat acquatici ed ecotonali rispetto ad una configurazione monocursale.

L'indice faunistico rimane a 2 punti per l'anomalia, già illustrata, dovuta all'indice ISECI, (cfr. par. precedente). Riguardo al parametro di interesse avifaunistico, questo tratto appartiene ad un tronco fluviale di pianura nel quale la comunità di specie nidificanti e migratrici regolari è caratterizzata da una buona abbondanza e da una altresì maggior abbondanza relativa di specie dipendenti dall'ambiente acquatico fluviale. Al contrario, è minore il numero relativo di specie nidificanti stanziali rispetto a quelle non nidificanti ma regolari.

Rispetto al tratto precedente si nota come, a fronte del mantenimento dei livelli di continuità della fascia riparia, testimoniati dal valore dell'indice di integrità della vegetazione (I-iv=5), il dato sull'effetto filtro della vegetazione riparia stessa registra un calo (I-ef=3): l'indice infatti rileva il restringimento delle fasce, dovuto all'incalzare degli usi agricoli del suolo, particolarmente intensivi nel settore di pianura cuneese attraversato dal fiume nel tratto in esame.

Torrente Varaita – Tratto (03)

Polonghera – confluenza Varaita-Po

Tratto nel quale la quota del pelo libero è compresa tra 240 e 235 m circa, la morfologia del corso d'acqua è a canale monocursale con sponde piuttosto incassate, il territorio è caratterizzato dalla cerealicoltura in-

Tab. IX. Punteggi dei subindici e risultati dell'indice di Stato ambientale (SA) per il Tratto Confine Verzuolo-Villafalletto – Savigliano del Torrente Varaita (Provincia di Cuneo).

| TRATTO (02) Confine Verzuolo-Villafalletto – Savigliano | |
|--|------------------|
| Indice di valore intrinseco dell'ecosistema fluviale – I-VF | Punteggio |
| I-nv Indice di naturalità vegetazionale | 1 |
| I-vb Indice di varietà biotipica | 3 |
| I-fa Indice faunistico | 2 |
| I-qa Indice di qualità ecologica dell'ambiente idrico (applicabile solo per l'alveo attivo) | 4 |
| Totale I-VF | 10 |
| I-FR - Indice di funzionalità ripariale | |
| I-ef Effetto filtro della vegetazione arborea riparia | 3 |
| I-iv Integrità della vegetazione riparia | 5 |
| Totale I-FR | 8 |
| Totale INDICE STATO AMBIENTALE (SA) | 18 |

tensiva, con pochissimo spazio lasciato ad unità semi-naturali. La fascia ripariale è estremamente discontinua e mai estesa in ampiezza. Inoltre esso attraversa il concentrico di Polonghera. Verso la confluenza si trova una grosso lago di cava ancora attiva e parzialmente recuperata. Nonostante il contesto ambientale paesistico estremamente scadente, l'area è parzialmente compresa nel SIC IT1160013 "Confluenza Po-Varaita", istituito a protezione di specie ittiche e ornitiche di pregio (martin pescatore nidificante su rive sabbiose del Po e del Varaita, abbondanza di specie ittiche autoctone). Va detto che il SIC comprende anche un tratto di fascia fluviale del Po, tuttavia studi faunistici hanno dimostrato la penetrazione anche nel tratto terminale del Varaita di alcune comunità di pregio (MORISI, 2004). I risultati dell'applicazione dell'indice SA e dei suoi subindici sono sintetizzati in tabella X.

Come si vede l'indice SA conferma con i numeri le informazioni sopra fornite circa le condizioni pessime di naturalità e varietà biotipica ($I-nv=I-vb=1$). Anche la funzionalità ripariale è molto ridotta rispetto ad altri tratti più a monte, come confermato dai valori di $I-ef$ e $I-iv$. Invece l'indice faunistico ($I-fa=4$) registra un aumento rispetto a tutti i tratti precedenti, sia grazie al valore più alto dell'indice ittico ISECI (Classe IV), sia per il valore massimo del parametro di interesse avi-faunistico del tratto, il cui valore ripete quello del tratto precedente. Ma soprattutto è la presenza dell'area protetta che aumenta in maniera decisiva questo indice, con l'aggiunta di un punto: l'istituto di protezione in questo caso non è associato ad una qualità paesistico ambientale elevata, ma testimonia comunque la rilevanza naturalistica dell'area.

CONCLUSIONI

Il metodo è stato elaborato nell'ambito del Piano Gestione Sedimenti per delineare un primo set di indirizzi generali e fornire la valutazione dei tratti in cui è suddiviso il corso d'acqua. Per i tratti con più alto punteggio di indice SA l'indicazione generale è quella di minimo disturbo delle componenti ambientali, con l'obiettivo di mantenere il punteggio di SA, anche in caso di interventi. Per tratti con valori inferiori dell'indice SA le indicazioni di salvaguardia o di intervento sono più puntuali e sono state risolte nell'individuazione successiva, tramite ulteriori ricerche e sopralluoghi in campo, di aree di attenzione e di salvaguardia, destinate a specifiche prescrizioni di intervento.

Il metodo descritto produce una scala relativa di valori di stato ecologico, utile per il confronto tra diversi tratti di un medesimo corso d'acqua; tuttavia la possibilità di applicare il medesimo metodo a ben 4 corsi d'acqua della Provincia di Cuneo, rappresenterà l'occasione per una prima "auto-taratura" del valore dell'indice, che scaturirà dal loro confronto.

Sicuramente per consentire all'indice di esprimere una scala di valori assoluti di qualità, affidabile almeno a livello regionale, occorrerà estendere l'applicazione ad ulteriori corsi d'acqua, in modo da coprire il più possibile le casistiche piemontesi.

In generale si può affermare che i risultati dell'applicazione del metodo sembrano corrispondere alle situazioni reali osservate a livello empirico e rilevate dai dati sulle diverse componenti eco-morfologiche, presenti in letteratura sui rispettivi alvei fluviali.

Quindi, fatto salvo l'obiettivo di fornire un inquadramento generale dell'assetto ecologico diverso da

Tab. X. Punteggi dei subindici e risultati dell'indice di Stato ambientale (SA) per il Tratto Polonghera – confluenza Varaita-Po del Torrente Varaita (Provincia di Cuneo).

| TRATTO (02) Polonghera - confluenza Varaita - Po | |
|--|------------------|
| Indice di valore intrinseco dell'ecosistema fluviale – I-VF | Punteggio |
| I-nv Indice di naturalità vegetazionale | 1 |
| I-vb Indice di varietà biotipica | 1 |
| I-fa Indice faunistico | 4 |
| I-qa Indice di qualità e ecologia dell'ambiente idrico (applicabile solo per l'alveo attivo) | 3 |
| Totale I-VF | 10 |
| I-FR - Indice di funzionalità ripariale | |
| I-ef Effetto filtro della vegetazione arborea riparia | 2 |
| I-iv Integrità della vegetazione riparia | 3 |
| Totale I-FR | 5 |
| Totale INDICE STATO AMBIENTALE (SA) | 15 |

quello di un'analisi approfondita dello Stato Ecologico di un fiume, il metodo di analisi proposto costituisce una griglia metodologica idonea al contesto applicativo del PGS. Per alcune componenti, andrebbe implementata con dati di maggior dettaglio alla scala dei tratti omogenei di corso d'acqua.

Sicuramente per il subindice faunistico (I-fa) e per

quello della qualità ambientale (I-qa) la valutazione dello stato delle componenti potrebbe essere resa più precisa e circostanziata da specifiche campagne di misura e/o osservazioni a scala di tratto, non sempre disponibili o basate su reti di rilevamento della qualità ambientale troppo rarefatte rispetto alle necessità del PGS.

BIBLIOGRAFIA

- BADINO, G., BONA, F., ISAIA, M., MAFFIOTTI, A., 2003. I.D.R.I. (Image Derived Riparian Index): un metodo per valutare l'integrità dei corridoi ecologici fluviali basato sulla fotointerpretazione. *Studi Trent. Sci. Nat., Acta Biol.*, **80**: 139-145.
- BELTRAME V., SPAGGIARI R., TURINA G., 1993. Prima definizione di una scheda per l'Inventario delle caratteristiche ambientali dei corsi d'acqua mediante fotointerpretazione. *Biologia ambientale*, **7** (6): 5-17.
- BRAIONI M.G., PENNA G., 1998. I Nuovi Indici Ambientali sintetici di valutazione della qualità delle rive e delle aree riparie: Wild State Index, Buffer Strip Index, Environmental Landscape Indices: il metodo. *Biologia Ambientale*, **12** (6): 3-48.
- CIRIO M., FERRARATO M., VAZZOLA S., 2003. Sperimentazione di modelli valutativi per la definizione della qualità ambientale: Metodo per lo screening delle risorse ecosistemiche delle fasce fluviali a supporto della pianificazione. *APAT NEB-T-RAP-03-17*, 61 pp.
- CIRF, 2006. La riqualificazione fluviale in Italia. Linee guida, strumenti ed esperienze per gestire i corsi d'acqua e il territorio. A. Nardini, G. Sansoni (curatori) e collaboratori, *Mazzanti Editori Venezia*, 832 pp.
- FERNANDES M.R., AGUIAR F.C., FERREIRA M.T., 2011. Assessing riparian vegetation structure and the influence of land use using landscape metrics and geostatistical tools. *Landscape and Urban Planning*, **99**: 166-177.
- GONZÁLES DEL TÁNAGO M., GARCÍA DE JALÓN D., 2006. Attributes for assessing the environmental quality of riparian zones. *Limnetica*, **25**: 389-402.
- GRAZIANO L., RIVELLA E., 2000. Analisi ambientale dei siti sede di casse di espansione. In: *Linee guida per la progettazione delle casse di laminazione*. Autorità di Bacino del Fiume Arno – Quaderni n° 9, Felici Editore, Firenze pp. 207-248.
- KEMPER N.P., 2001. Riparian Vegetation Index. *Water Research Commission Report No. 850/3/01*.
- MINCIARDI M.R., GARGINI V., POMA S., 2005. *La valutazione del territorio fluviale. Indicatori per lo sviluppo sostenibile*. Parco Fluviale del Po e dell'Orba – ENEA Saluggia 240 pp.
- MUNNÈ A., PRAT N., SOLÀ C., BONADA N., RIERDEVALL M., 2003. A simple field method for assessing the ecological quality of riparian habitat in rivers and streams: QBR index. *Aquatic Conservation: Marine And Freshwater Ecosystems* **13**: 147-163.
- MORISI A., 2004. Qualità Ecologica e regimazione fluviale, il Caso del Varaita a Polonghera, in *Arpainforma n°3 maggio-giugno 2004*: 8-11, ARPA Piemonte.
- PETERSEN R.C., 1992. The RCE: a riparian, channel, and environmental Inventory for small streams in the agricultural landscape. *Freshwater Biology* **27**: 295-306.
- RINALDI M., SURIAN N., COMITI F., BUSSETTINI M., 2010. *Sistema di Valutazione Morfologica dei corsi d'acqua, Manuale tecnico-operativo per la valutazione ed il monitoraggio dello stato morfologico dei corsi d'acqua*. ISPRA, Manuali e linee guida /2010 ISBN 978-88-448-0438-1.
- REGIONE PIEMONTE, 2005. *Piano Territoriale Forestale Regionale*. Regione Piemonte, Torino
- RIVELLA E., 2003. *La valutazione dell'ecosistema fluviale e la progettazione delle casse d'espansione*. *Ingegneria Naturalistica: dal progetto ai Risultati*. CNR GNCDI n. 2817. Edizioni CUSL, Milano.
- ROSSI G.L., MINCIARDI M.R., 2009. Proposta di subindici derivati dall'IFF 2007 per la caratterizzazione e il monitoraggio degli ambienti fluviali. *Atti del Convegno "L'Indice di Funzionalità Fluviale: strumento di gestione e pianificazione"*. Trento, 19-20 nov.
- SILIGARDI M., AVOLIO F., BALDACCINI G., BERNABEI S., BUCCI M.S., CAPPELLETTI C., CHERICI M., CIUTTI F., FLORIS B., FRANCESCHINI A., MANCINI L., MINCIARDI M.R., MONAUNI C., NEGRI P., PINESCHI G., POZZI S., ROSSI G.L., SANSONI G., SPAGGIARI R., TAMBURRO C., ZANETTI M., 2007. I.F.F. 2007. *Indice di Funzionalità Fluviale*. Nuova versione del metodo revisionata e aggiornata. *Manuale APAT*.
- ZERUNIAN S. 2004. Proposta di un Indice dello Stato Ecologico delle Comunità Ittiche viventi nelle acque interne italiane. *Biologia Ambientale*, **18** (2): 25-30.

APPENDICE A

Tipologie di biotipi considerati per il calcolo dell'Indice di varietà biotipica, criteri usati per la loro individuazione su foto aerea.

L'identificazione dei biotipi avviene su foto aerea e la loro digitalizzazione su GIS avviene mediante apposizione di simboli puntiformi essendo lo scopo di questo parametro la valutazione dell'addensamento di elementi di funzionalità ecosistemica diversa lungo lo sviluppo del tratto. Di seguito si illustrano i criteri per il rilievo dei biotipi.

Unità boschiva. Le unità boschive vengono individuate in base ad aspetti strutturali e funzionali. I primi si fondano sulla tipologia di formazione forestale, distinta in base alla Carta Forestale del Piano Territoriale Forestale. La seconda in base alla dimensione, selezionando solo i boschi che raggiungono una dimensione tale da poter ospitare specie esclusive di ambiente forestale ripariale. Da quest'ultimo aspetto si deduce che solo nel caso di presenza di formazioni tipicamente ripariali potrà applicarsi il criterio dimensionale, mentre nei tratti dove la fascia di studio contiene anche formazioni non prettamente ripariali, come nei settori vallivi in cui il corso d'acqua scorre confinato tra due versanti acclivi coperti da boschi, l'informazione importante per la varietà ecosistemica è esclusivamente il cambio di tipologia del bosco e quindi delle comunità ad esso associate. Pertanto la valutazione dovrà differenziarsi a seconda che l'ambiente sia confinato (tratto montano) o non confinato (tratto pianiziale o pedemontano).

In ambiente confinato:

si individuano gli elementi di tipologia forestale diversa e si attribuisce un punto a ciascuna tipologia. In caso di tratto semiconfinato in zona montana in cui compare accanto al corso d'acqua uno spazio alluvionale, si applicano gli stessi criteri dimensionali del tratto non confinato.

In ambiente non confinato:

si individuano gli elementi di tipologia forestale diversa (saliceto, bosco mesoigrofilo, alneto, robinieto) e si selezionano quelle superiori a 1,5 ha o quelle che si estendono sulla golena o sul piano campagna con dimensione trasversale al corso d'acqua almeno 3 volte la dimensione della fascia ripariale o 2 volte, se la formazione è in contatto diretto con la sponda, mediato da formazioni arbustive. In piena campagna coltivata a distanza dal fiume si individuano come elementi anche macchie boschive isolate, purché superiori a 0,5 ha, in quanto ambienti relittuali e di rifugio di specie che utilizzano gli habitat forestali in complementarità con altri tipi di habitat.

Barra con vegetazione arbustivo-arborea: barre con arbusteti pionieri o formazioni pioniere sia arbustive che arboree di salici (generalmente distinguibili per la firma spettrale tendente al verde-grigio) in zone perfluviali direttamente nell'alveo a piene rive (*bankfull*) o entro una fascia di 10 metri dal ciglio di sponda dell'alveo inciso. Nel caso di barre con più macchie di vegetazione arbustiva, si considera come unico punto l'unità della barra, che va distinta in base ai canali di flusso principali.

Barra con vegetazione erbacea: barre con copertura erbacea anche in alternanza ad aree di greto nude. Si considerano solo le barre consolidate confrontando eventualmente la presenza di barre tra riprese in periodo di magra ed in periodo di morbida.

Greti ciottolosi: elementi pressoché privi di vegetazione con dimensioni maggiori di 0,5 ha, per escludere greti avventizi poco consolidati.

Braccio secondario: canale diversivo rispetto al corso principale, con sviluppo longitudinale considerevole tale da escludere l'appartenenza ad una fisionomia a canali intrecciati fortemente dinamici. La presenza di acque a flusso lento o tracce di passaggio frequente (presenza di zone umide in alveo anche in periodo di magra), con presenza di vegetazione consolidata arbustiva-erbacea lungo la sponda costituiscono elementi importanti per la loro individuazione.

Bracci intrecciati: tratti con presenza di estrema libertà di divagazione del corso d'acqua e con diversi alvei intrecciati in uno spazio concentrato, in alcuni tratti spesso periodicamente ripetuti a distanze quasi regolari lungo il corso d'acqua.

Corso d'acqua minore: affluente o anche canale derivato dallo stesso fiume con sponde seminaturali (contorni irregolari, sinuosi) o vegetate, tali da supporre la presenza di un ecosistema ripariale.

Isola fluviale: considerare solo quelle con vegetazione consolidata boschiva o arbustiva, anche solo a macchie. La loro distinzione dai precedenti greti ciottolosi è data dall'azione consolidante della vegetazione arborea che stabilizza nel tempo l'isola e consente a molte specie di trovare, in questi ambienti circondati su tutti i lati da acqua, un habitat indisturbato da presenza antropica e predatori.

Prati seminaturali: vi appartengono sia i pratelli aridi (aree in cui la copertura erbacea risulta discontinua, in generale con toni di colore verde meno intenso o decisamente giallastro) che praterie umide di bordo ad alte erbe, che le praterie mesofile ad alte erbe, o anche i prati stabili, con estensione maggiore di 0,5 ha. Nel caso le radure fossero circondate su almeno tre lati da bosco e si fosse in una situazione prossima al limite dimensionale, diventa prevalente l'attribuzione alla classe successiva dell'ecotono.

Ecotono: questa tipologia intende rappresentare quelle situazioni ecologiche in cui il paesaggio vegetale è frammentato in formazioni molto eterogenee ma di tipo seminaturale, in cui si alternano boscaglie o arbusteti slegati dall'ambiente spondale, zone a rada

copertura arboreo-arbustiva, radure e prati da sfalcio circondati su almeno 3 lati da vegetazione arbustiva. Considerato il carattere misto, si tratta di una tipologia ecologicamente importante ma di facile confondimento. In generale occorre individuare solo quelle formazioni con criteri dimensionali simili o addirittura maggiori di quelle boschive, almeno ampie quindi 2 ha. La distinzione tra due porzioni adiacenti va fatta in base all'individuazione di discontinuità dovute all'interposizione di altre tipologie.

Zone umide con acque lentiche in alveo: acque lentiche con sponde vegetate in canali privi di flusso idrico in periodo di magra. Necessaria verifica su foto in periodo di magra.

Lanche e stagni con vegetazione palustre: aree ad acque lentiche con sponde sufficientemente irregolari e presenza di variazioni nel colore dell'acqua che indicano presenza di fondali con acque basse, evidenti se presenti formazioni di canneto anche solo in un punto del bacino.

Siepi e fasce arborate: elementi di collegamento nella piana coltivata non appartenenti all'ecosistema fluviale, ma utili come connettività con altri settori ecologici. Sono quindi principalmente individuati quei sistemi di collegamento con la piana coltivata o con i versanti.

Specchi d'acqua anche di origine artificiale con rive naturaliformi: bacini di cava a contorni non regolari su almeno due lati.

Unità a mosaico: zone con piccoli appezzamenti coltivati chiusi da siepi e frammisti a complessi arboreo-arbustivi.

APPENDICE B

Parametro: interesse avifaunistico del tratto (AVI)

L'obiettivo di questa analisi è ricavare un parametro sufficientemente rappresentativo di qualità ornitologica per ogni tratto, basato su un approccio probabilistico.

Si ricava un valore non quantificato sulla reale presenza, ma sull'esistenza o meno, in ogni tratto, di una probabilità di contattare un certo numero di specie, sulla base di dati di distribuzione desunti da studi e precedenti segnalazioni. Per gli stralci del PGS regionale ai quali è stato applicato il presente metodo, l'esistenza di tale probabilità è stata stabilita interpretando i dati della *check list* degli uccelli della Provincia di Cuneo, che fornisce informazioni sulla distribuzione delle specie identificate sul territorio provinciale. Ovviamente in caso di necessità di applicazione del metodo ad altri contesti provinciali piemontesi sarà necessario reperire sorgenti di dati che includano almeno la stessa tipologia e livello di dettaglio delle informazioni che la *check list* cuneese fornisce. Ai fini del presente studio, sono stati ritenuti pregnanti i dati relativi alla fenologia e alla distribuzione e i commenti degli autori sulle osservazioni e i contatti e sull'estensione dell'areale.

La fenologia è stata analizzata per limitare l'indagine alle specie nidificanti e a quelle migratrici regolari, scartando le accidentali e le migratrici irregolari, limitando l'interesse alle specie che in qualche modo frequentano regolarmente il territorio.

Riguardo alla distribuzione, nella *check list* sono riportate, per le sole specie nidificanti regolari, delle cartine con indicazione stimata dell'areale di riproduzione, i dati derivano dall'integrazione di quelli disponibili dall'Atlante degli Uccelli Nidificanti in Piemonte e Valle d'Aosta aggiornati con osservazioni inedite e dati bibliografici. Per le specie migratrici regolari che non hanno carta di distribuzione sono state utilizzate, dove presenti e sufficientemente indicative, le informazioni sulla distribuzione nelle note di commento degli autori. Le cartine della *check list* permettevano di riportare con una buona approssimazione la distribuzione delle specie se non nei singoli tratti almeno in tronchi di alta valle, bassa valle, pianura, collina, ecc., corrispondenti, nel nostro caso di applicazione, a raggruppamenti dei tratti omogenei individuati. È ovvio che dalla disponibilità quantitativa di dati e segnalazioni di presenza e dallo stato delle conoscenze sul comportamento di utilizzo dell'habitat delle specie dipende la possibilità di disporre di dati di distribuzione ad una scala sempre più di dettaglio, pertanto l'accuratezza del parametro avifaunistico è una questione aperta che, auspicabilmente, vedrà un'evoluzione positiva in futuro, data la presenza diffusa sul territorio piemontese di segnalatori esperti e appassionati e di un'attività continua, anche se non sempre sistematica, di monitoraggio avifaunistico. Anche per questo motivo è apparso significativo fare tesoro di questa pubblicazione riferita ad un ambito provinciale, utilizzandone i dati nel tentativo di costruire una griglia di valutazione della componente faunistica, che è spesso esclusa dai processi di indicizzazione della qualità ambientale, proprio per mancanza di dati riferiti a monitoraggi continui e standardizzati. Ai fini della adeguata considerazione della componente faunistica negli studi per i PGS, come in altri studi fluviali, sarebbe ideale giungere ad una *check list* sul modello di quella utilizzata nel presente studio, ma riferita alla scala di asta fluviale e di bacino idrografico.

Metodo

La base dati per la costruzione del parametro di interesse ornitologico del tratto è stata approntata assegnando ciascuna delle specie nidificanti e migratrici regolari della *check list* al gruppo o ai gruppi di unità fisiografiche (alta, media, bassa valle, pianura, collina)

dove è più probabile che queste specie siano contattabili, ottenendo alla fine per ciascun tratto un numero di specie che si ripete per tutti i tratti ascrivibili ad una medesima unità fisiografica.

Per ogni tratto viene calcolato il rapporto tra specie nidificanti e quelle totali del tratto. Le specie nidificanti hanno presenze più consolidate, risultato di un adattamento definitivo al territorio, il quale comprende tutte le caratteristiche ideali per il mantenimento del ciclo biologico.

Per le specie migratrici non nidificanti o per quelle accidentali questo adattamento non c'è stato ancora o non ci sarà mai, pertanto la fruizione del territorio è prevalentemente legata ad aree puntuali, di passo o di sosta, che devono essere mantenute integre il più possibile. La presenza di specie nidificanti o migratrici regolari, assieme al rapporto tra specie di ambiente acquatico e non acquatico consente di fare un bilancio sulla vocazionalità avi-faunistica del corridoio fluviale.

Operativamente quindi il calcolo dell'indice si svolge in questo modo:

- si inseriscono per ogni specie i dati di fenologia, distinguendo tra specie nidificanti e non e tra specie affini o meno all'ambiente acquatico (fluviali, zone umide, risaie);
- si considera il numero di specie totale, il rapporto tra specie nidificanti e numero totale di specie, il rapporto tra specie strettamente legate agli ambienti acquatici e specie non strettamente legate ad essi;
- il totale delle specie per ogni tratto viene ponderato sul numero totale delle specie considerate;
- il totale delle specie nidificanti viene ponderato sul numero delle specie per ogni tratto;
- il totale delle specie ponderato ed il rapporto tra sedentarie e specie totali del tratto, avendo a denominatore un numero fisso e teoricamente tendente al valore 1 viene mantenuto tal quale, mentre il rapporto tra numero di specie legate all'acqua per ogni tratto e numero di specie non legate all'acqua viene normalizzato.

Riassumendo, il calcolo del parametro di interesse avifaunistico del tratto è dato dalla somma dell'abbondanza di specie in ogni tratto + il rapporto tra specie nidificanti e specie totali di ogni tratto + il rapporto tra i numeri di specie legate all'ambiente acquatico e di specie non legate all'ambiente acquatico, normalizzato.

$$AV_{\text{TRATTO}} = (\text{NUM SP}_{\text{TRATTO}}/\text{NUM SPTOT}) + (\text{NUM SP}_{\text{NID}}/\text{NUM SPTOT})_{\text{TRATTO}} + (\text{NUM SP}_{\text{ACQ}}/\text{NUM SP. NON ACQ.})_{\text{TRATTO}} \text{ Norm.}$$

APPENDICE C

Tabelle con i risultati dei singoli subindici dell'indice di Stato Ambientale per i 3 tratti esemplificativi del Torrente Varaita.

Indice di naturalità della vegetazione I-nv

| TRATTO 01 | | Area tot. tratto (ha) | 324,7120 | | |
|-------------------------------------|-----------|-----------------------|-----------------|--|--|
| Categoria | Punteggio | Sub_area (ha) | Sub_area pesata | Rapporto Sub_area pesata/ Area tot. tratto | |
| Aceri-tiglio-frassineti | 5 | 16,154 | 80,77 | 0,248743502 | |
| Alneti planiziali e montani | 5 | 67,871 | 339,355 | 1,045095346 | |
| Aree urbanizzate, infrastrutture | 1 | 42,396 | 42,396 | 0,130564931 | |
| Castagneti | 5 | 25,922 | 129,61 | 0,399153712 | |
| Frutteti e vigneti | 1 | 6,570 | 6,57 | 0,020233314 | |
| Greti | 3 | 0,726 | 2,178 | 0,006707482 | |
| Impianti per arboricoltura da legno | 1 | 5,909 | 5,909 | 0,018197664 | |
| Prato-pascoli | 3 | 133,238 | 399,714 | 1,230980068 | |
| Querceti di rovere | 5 | 18,812 | 94,06 | 0,289672079 | |
| Rimboschimenti | 4 | 0,531 | 2,124 | 0,006541181 | |
| Rocce e macereti | 3 | 0,495 | 1,485 | 0,004573283 | |
| Seminativi | 1 | 6,088 | 6,088 | 0,018748922 | |
| Totale I-nv | | | | 3 | |

| TRATTO 02 | | Area tot. tratto (ha) | 1002,3420 | |
|-------------------------------------|------------------|------------------------------|------------------------|---|
| Categoria | Punteggio | Sub_area (ha) | Sub_area pesata | Rapporto Sub_area pesata/ Area tot. tratto |
| Alneti planiziali e montani | 5 | 18,670 | 93,35 | 0,093131885 |
| Aree urbanizzate, infrastrutture | 1 | 9,763 | 9,763 | 0,009740188 |
| Aree verdi urbane | 2 | 0,063 | 0,126 | 0,000125706 |
| Formazioni legnose riparie | 5 | 14,464 | 72,32 | 0,072151022 |
| Frutteti e vigneti | 1 | 693,326 | 693,326 | 0,691706024 |
| Greti | 3 | 29,420 | 88,26 | 0,088053778 |
| Impianti per arboricoltura da legno | 1 | 14,751 | 14,751 | 0,014716534 |
| Prati stabili di pianura | 3 | 7,603 | 22,809 | 0,022755706 |
| Prato-pascoli | 3 | 1,620 | 4,86 | 0,004848644 |
| Robinia | 2 | 17,822 | 35,644 | 0,035560717 |
| Seminativi | 1 | 194,840 | 194,84 | 0,194384751 |
| Totale I-nv | | | | 1 |

| TRATTO 03 | | Area tot. tratto (ha) | 407,1128 | |
|-------------------------------------|------------------|------------------------------|------------------------|---|
| Categoria | Punteggio | Sub_area (ha) | Sub_area pesata | Rapporto Sub_area pesata/ Area tot. tratto |
| Aree estrattive | 1 | 12,28 | 12,2752 | 0,03015184 |
| Aree urbanizzate, infrastrutture | 1 | 7,78 | 7,7833 | 0,019118289 |
| Aree verdi urbane | 2 | 8,13 | 16,2524 | 0,039921123 |
| Coltivi abbandonati | 4 | 0,09 | 0,3588 | 0,000881328 |
| Formazioni legnose riparie | 5 | 17,64 | 88,194 | 0,216632835 |
| Greti | 3 | 1,16 | 3,4701 | 0,008523682 |
| Impianti per arboricoltura da legno | 1 | 22,09 | 22,0913 | 0,054263339 |
| Robinia | 2 | 8,92 | 17,8396 | 0,043819796 |
| Seminativi | 1 | 329,03 | 329,0318 | 0,808207946 |
| Totale I-nv | | | | 1 |

Indice di varietà biotipica I-vb

| Tratto | Numero Elementi | Numero Categorie | Lungh. tratto (m) | Lungh. (km) | El x Cat / km | Punteggio finale |
|---------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|-------------------------|
| 01 | 76 | 10 | 9263,798 | 9,3 | 82 | 3 |
| 02 | 52 | 11 | 6248,458 | 6,2 | 92 | 3 |
| 03 | 20 | 8 | 5014,679 | 5,0 | 32 | 1 |

Indice di qualità ambientale I-qa

| Tratto | Indice I-qa (da Classe SECA) | Punto di rilevamento |
|---------------|-------------------------------------|-----------------------------|
| 01 | 4 | Ponte Savigliano-Saluzzo |
| 02 | 4 | Ponte Savigliano-Saluzzo |
| 03 | 3 | Polonghera |

Indice di effetto filtro della vegetazione riparia I- ef

| Tratto | Ampiezza fascia ripariale media sponda dx e sx | Punteggio I-ef |
|--------|---|-------------------|
| 01 | 86,09 | 4 |
| 02 | 38,56 | 3 |
| 03 | 13,61 | 2 |

Indice di integrità della vegetazione riparia I-iv

| Tratto | Interruzioni media % | Sviluppo vegetazione media % | Punteggio I-iv |
|--------|-------------------------|---------------------------------|-------------------|
| 01 | 15,59 | 84,41 | 5 |
| 02 | 15,72 | 84,28 | 5 |
| | 45,78 | 54,22 | 3 |

Indice Faunistico I-fa

| Tratto | Classe ISECI | Punteggio ISECI | Punteggio Interesse avifaunistico | media | correzione Aree prot. | somma | Indice I-fa |
|--------|-----------------|--------------------|--------------------------------------|-------|--------------------------|-------|----------------|
| 01 | V | 1 | 2 | 1,5 | | 1,5 | 2 |
| 02 | V | 1 | 3 | 2 | | 2 | 2 |
| 03 | IV | 2 | 3 | 2,5 | 1 | 3,5 | 4 |

Quadro riassuntivo della distribuzione delle specie

| | Numero specie | nidificanti | migratrici non nidificanti | legate all'amb. acquatico | non legate all'amb. acquatico |
|--------------------|------------------|-------------|-------------------------------|------------------------------|----------------------------------|
| Totale | 161 | 117 | 44 | | |
| Alta Valle | 82 | 70 | 12 | 22 | 60 |
| Valle | 83 | 71 | 12 | 22 | 61 |
| Bassa Valle | 84 | 72 | 12 | 22 | 62 |
| Pianura | 139 | 96 | 43 | 74 | 66 |