Biologia Ambientale, **24** (1): 349-366, 2010. Atti XVIII congresso S.It.E., Parma 1-3 settembre 2008, sessione speciale "Aggiornamento delle conoscenze sul bacino idrografico Padano", a cura di P. Viaroli, F. Puma e I. Ferrari.

La gestione conservativa del fiume Po: valutazione dell'assetto ecologico e definizione di linee guida per la redazione di piani di monitoraggio ai sensi della Direttiva 2000/60/CE

Rossano Bolpagni[1]*, Chiara Spotorno[1], Matteo Gualmini[2], Paola Gallani[1], Fernanda Moroni[3], Christian Farioli[3], Francesco Puma[3], Antonio Bodini[1], Ireneo Ferrari[1]

1 Dipartimento di Scienze Ambientali, Università di Parma, V. le G.P. Usberti 33/A - 43100 Parma

2 Dipartimento di Biologia Evolutiva e Funzionale, V.le G.P. Usberti 11/A - 43100 Parma

3 Autorità di bacino del fiume Po, Via Garibaldi 1 - 43100 Parma

** Referente per la corrispondenza: rossano@dsa.unipr.it*

Riassunto
La Direttiva 2000/60/CE (WFD: *Water Framework Directive*) è finalizzata alla protezione della risorsa acqua e si pone come obiettivo il raggiungimento di un buono stato ecologico per gli ecosistemi acquatici attraverso la definizione di Piani di gestione e di monitoraggio. La redazione dei Piani richiede una suddivisione dei sistemi acquatici in unità funzionali (i corpi idrici, WB) caratterizzandone il grado di alterazione a partire dall'analisi di dati chimico-fisici, idraulici e idrobiologici. Il livello di compromissione dei WB del Po è stato valutato attraverso descrittori di pressione e stato, selezionati secondo le indicazioni della WFD (All. II e III), e riconoscendo un peso determinante alle aree umide e agli ambienti lentici perifluviali posti nella *floodplain* e alle forme di fondo (barre, depositi, isole fluviali, ecc.) del *bankfull*. Sono state individuate 10 tipologie fluviali e 21 WB: 10 di questi presentano uno stato di conservazione pessimo e nessuno si caratterizza per uno stato ecologico buono. Questo giudizio è influenzato in maniera determinante dal livello di alterazione della fauna ittica, selezionato come indicatore chiave per la valutazione dello stato di conservazione del tratto potamale del fiume. Sulla base di conoscenze relative al regime idrologico e ai più rilevanti processi di dinamica fluviale, e con attenzione ai problemi di tutela delle biocenosi dei diversi comparti ambientali, sono state individuate 24 azioni prioritarie ascrivibili a tre distinti ambiti tematici (caratteristiche abiotiche, biologiche e gestionali) di riferimento. Lo sviluppo di ricerche ad approccio ecoconservazionistico e la rinegoziazione delle concessioni per garantire un aumento della disponibilità idrica per i servizi ecosistemici emergono come aspetti prioritari.

PAROLE CHIAVE: Direttiva 2000/60/CE / fiume Po / tipologie fluviali / corpi idrici / pressioni / stato ecologico / piano di gestione / programmi di monitoraggio

A conservative management plan for the Po River: ecological status assessment and guidelines definition
The 2000/60 CE Directive (WFD) establishes a framework for the Community action as for water policy. The main objective is a long-term sustainable water management based on a high level of protection of the aquatic environment. To achieve this objective accurate management plans and associated monitoring activities must be developed. A requirement is the subdivision of rivers in segments or fundamental units defined as "water bodies": for each and every WB ecological conditions must be accurately assessed using chemical, physical, hydro-biological data. This work focuses on the Po river and describes how WBs have been identified using pressure and state indicators selected according to criteria set up in the Directive. As a result of this investigation as many as 10 different riverine typologies and 21 WBs have been described: 10 out of 21 resulted heavily compromised and none of them present good ecological status. This outcome is heavily affected by the fish community, used as main descriptor. Combining the information about hydrodynamic processes and posing particular focus on the biodiversity and the need to protect it, as many as 24 policy actions have been defined to improve the ecological status of the WBs. They embrace three specific domains: abiotic features, biological components and management options. Priority emerges as for conservation efforts and reduction of water withdrawal to guarantee an increased quota of water for ecological services.

KEY WORDS: Directive 2000/60/EC / Po River / fluvial typologies / water bodies / pressures / environmental status / management plan / monitoring programmes

INTRODUZIONE

Il reticolo idrografico padano centro-occidentale, principalmente nel corso degli ultimi 50 anni, ha visto ridursi drasticamente il proprio ambito di libera divagazione; l'intenso sfruttamento della risorsa idrica (a scopo civile, energetico e/o industriale), gli effetti di lungo termine delle antiche opere di bonifica e la sostituzione generalizzata delle pratiche agro-zootecniche tradizionali con colture industriali hanno concorso a determinare, almeno per i corsi principali (dati ADB PO, 2006), una netta semplificazione della complessità strutturale delle golene e degli alvei fluviali e un'evidente disconnessione tra fiume e fascia di mobilità laterale. Si sono acutizzati, di conseguenza, gli effetti degenerativi, già di per sé rilevanti, cagionati dall'elevato carico di inquinanti che hanno anzitutto compromesso pesantemente la conservazione delle biocenosi idro-igrofile (MARCHETTI, 1993). La graduale contrazione spaziale e l'impoverimento qualitativo delle superfici naturaliformi nei contesti planiziali (ALESSANDRINI e BONAFEDE, 1996; CASALE, 2000; FARIOLI *et al.*, 2007) sono da attribuire in primo luogo alla condizione di degrado sociale e ambientale seguita allo spopolamento delle comunità umane per lungo tempo stabilmente insediate nelle aree di pertinenza fluviale (ambito territoriale inscritto all'interno della fascia C PAI; ADB PO, 2001). Negli ultimi decenni, per altro, sono diventate macroscopicamente rilevanti le alterazioni dovute al cambiamento climatico e all'inarrestabile processo di diffusione di taxa alloctoni: maggiore incidenza degli eventi estremi di portata (magre estreme e piene catastrofiche con elevati tempi di ritorno; ZANCHETTIN *et al.*, 2008), tempi di corrivazione sempre più accelerati, abbassamento generalizzato dell'alveo e insorgenza di processi di eutrofizzazione fluviale (FERRARI *et al.*, 2006), scadimento complessivo del valore naturalistico degli ambienti perifluviali.

Il restringimento delle golene, la loro spinta pensilizzazione e il disaccoppiamento tra i processi di erosione, deposizione e trasporto si traducono in una profonda banalizzazione dei processi evolutivi fluviali (ROSSARO, 1993; BOLDREGHINI, 1993; ADB PO, 2007); l'alveo attivo e le fasce di mobilità laterale mostrano per lo più assetti strutturali che possono essere rimodulati parzialmente solo in concomitanza di eventi catastrofici.

Al persistere di questi processi degenerativi si oppone energicamente la *Water Framework Directive* (Direttiva Quadro Europea sulle Acque, 2000/60/CE; nel seguito WFD), che ambisce ad istituire un quadro legislativo finalizzato alla protezione della risorsa acqua, imponendo il raggiungimento di un buono stato, sotto il profilo sia chimico e chimico-fisico sia ecologico, per tutti i corpi idrici (*Water Bodies*, WB) individuati a scala comunitaria. La direttiva si ispira agli approcci recentemente seguiti dall'eco-idrologia (ZALEWSKI *et al.*, 1997; ZALEWSKI, 2000), una disciplina che si occupa della valutazione integrata dell'assetto ecologico dei sistemi acquatici (lotici e lentici) e dell'individuazione di criteri minimi per la delineazione di strategie mirate al loro recupero. In tale ottica, si è operato sul fiume Po con l'obiettivo di promuoverne una gestione conservativa. Sono state riprese e sviluppate le indicazioni concettuali e metodologiche di MARCHETTI (1993) e MALCEVSCHI (1993), procedendo all'integrazione della molteplicità di approcci tradizionalmente adottati nelle indagini sugli ambienti fluviali e puntando alla sperimentazione di nuove procedure analitiche su basi aggiornate di dati conoscitivi.

In questa nota l'attenzione è rivolta soprattutto ai metodi e alle procedure per la valutazione dell'assetto ecologico fluviale e per la predisposizione di piani integrati di gestione e monitoraggio coerenti con le linee d'azione proposte per il raggiungimento di obiettivi di qualità cogenti.

MATERIALI E METODI

Area di studio

L'ambito di studio è rappresentato dal tratto "interno" del fiume Po, delimitato tra la sorgente, posta in località Pian del Re (2.020 m s.l.m.) nelle Alpi Cozie (Provincia di Cuneo, Piemonte), e l'incile del Delta, collocato in corrispondenza della progressiva chilometrica 604 (Provincia di Ferrara, Emilia-Romagna), e dalla fascia di mobilità laterale associata (Fig. 1). Tale ambito è stato delineato come lo spazio fisico demarcato esternamente dal limite della fascia B PAI, individuata ai sensi della L. 183/89 (ADB PO, 2001) e definita come l'area interessata da un evento di piena il cui tempo di ritorno è stimabile in circa 200 anni; tale settore può essere ampliato inglobando le aree sede di forme fluviali relitte non fossili potenzialmente riattivabili e/o di nuclei di elevato pregio naturalistico e ambientale, nonché aree di interesse storico, artistico e culturale strettamente collegate, comunque, all'ambito fluviale. Si è tralasciato l'ambito deltizio che rientra, ai sensi della WFD, nelle acque di transizione e necessita, perciò, di specifiche procedure di caratterizzazione e di monitoraggio.

Metodologia di indagine

Approccio generale

I metodi e i modelli applicati al Po sono mirati alla valutazione complessiva della struttura e delle funzioni del fiume e del suo ambito golenale e sono stati elabo-

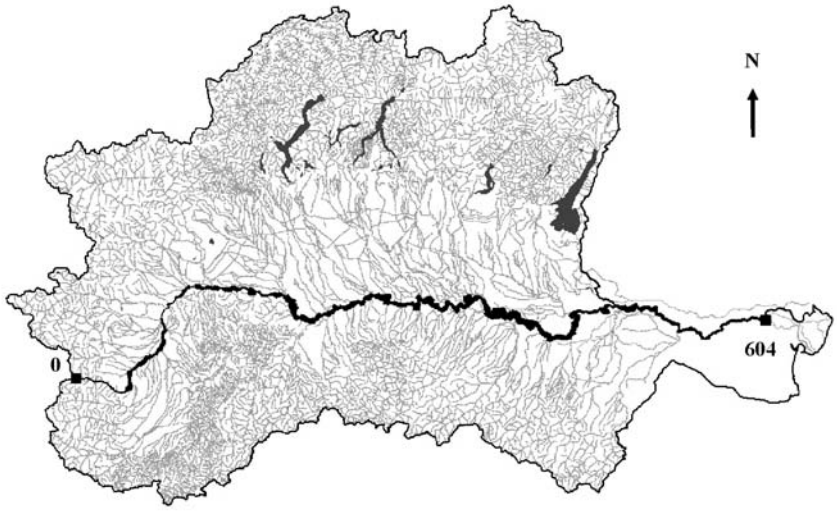


Fig. 1. Area di studio: il tratto interno del fiume Po dalla sorgente all'Incile del Delta (corrisponde all'area evidenziata in nero all'interno del bacino idrografico complessivo; i limiti spaziali del tratto analizzato, corrispondenti alle prog. km 0 e 604, sono individuati da due quadratini).

rati in base alle indicazioni contenute nella WFD e nel D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. Per delineare le procedure di tipizzazione si è fatto riferimento al DM 131/08 (11 agosto 2008). A partire da dati di diversa attinenza disciplinare (di ambito ecologico-naturalistico, ma anche socio-economico e gestionale) è stato possibile ricostruire il quadro conoscitivo necessario a caratterizzare le diverse componenti del sistema fluviale, rispetto alle quali deve essere valutato l'effetto delle azioni di riequilibrio funzionale. Tale obiettivo è stato perseguito predisponendo specifici protocolli di monitoraggio, coerentemente con le indicazioni contenute nell'All. V della Direttiva Quadro e nelle linee guida redatte durante il percorso di implementazione della WFD, in particolare nei documenti *Guidance* n. 5, 7 e 10 (WDF-CIS, 2003a, 2003b, 2003c). L'applicazione di analisi a criteri multipli (*Multi Criteria Analysis*, MCA) ad alcuni WB scelti come campione nel settore potamale del fiume, ha permesso, infine, di elaborare specifiche valutazioni "di merito" riferite a scenari gestionali alternativi mirati al conseguimento degli obiettivi di qualità indicati dalla WFD. Il ricorso alla MCA è motivato dalla necessità di riconoscere in termini standardizzati e condivisi l'opzione di governo migliore tra quelle proposte al fine del raggiungimento degli obiettivi sovraordinati (ambientali, ecosistemico-funzionali, socio-economici, ecc.).

Gli obiettivi specifici del progetto sono stati perseguiti operando, in sequenza, su cinque distinti livelli: tipizzazione del fiume Po (1); valutazione delle pressioni e individuazione dei WB (2); valutazione dell'assetto ecologico (3); applicazione della MCA (4); definizione degli scenari gestionali alternativi, delle priorità di intervento e dei protocolli di monitoraggio (5).

Individuazione delle tipologie fluviali

La tipizzazione del fiume Po è stata condotta, coerentemente con le prescrizioni del DM 131/08 e le indicazioni contenute nei documenti tecnici di riferimento (BUFFAGNI *et al*., 2006; WASSON *et al*., 2007), seguendo una procedura articolata in tre passaggi operativi: livello 1 - Regionalizzazione, livello 2 - Definizione di tipologie di massima e livello 3 - Definizione di tipologie di dettaglio.

Il livello 1 regola l'individuazione delle Idro-Ecoregioni (IER) a scala comunitaria sulla base di descrittori il più possibile indipendenti dalle modificazioni antropiche subite dai sistemi fluviali in tempi recenti. I descrittori utilizzati sono riconducibili a quattro classi di parametri: geografici (altitudine, latitudine, longitudine), morfometrici (pendenza media del corpo idrico), meteo-climatici (precipitazioni, temperatura dell'aria) e geologici (struttura geologica del substrato). Il livello 2 è direttamente implicato nell'individuazione delle tipologie di massima presenti all'interno di ciascuna IER. Per questa fase di indagine sono stati utilizzati descrittori idromorfologici (distanza dalla sorgente, morfologia dell'alveo, perennità e persistenza) e idrologici (origine del corso d'acqua e influenza del bacino a monte sul corpo idrico, ICM). Il livello 3 dovrebbe consentire un affinamento della tipizzazione attraverso l'individuazione di tipologie di dettaglio, ma per ora non sono disponibili indicazioni specifiche su descrittori idonei. Il DM 131/08 limita l'obbligatorietà dell'attribuzione tipologica ai primi due livelli. Come appurato da BOLPAGNI *et al.* (2009), la procedura ministeriale (il riferimento è al Ministero Ambiente Tutela Territorio Mare, MATTM) è in larga misura condizionata dall'applica-

zione di un descrittore idromorfologico, la "distanza dalla sorgente", che è ritenuto "insoddisfacente". Tale descrittore, infatti, proposto come indicatore *proxy* della dimensione del bacino idrografico sotteso (in accordo con il Sistema A di classificazione della WFD) (BUFFAGNI *et al.*, 2001), mostra una validità unicamente "locale" e comunque non estensibile a tutto il bacino padano (dati non pubblicati, ADB PO). D'altra parte, la distanza dalla sorgente non coglie che in piccola parte l'eterogeneità strutturale di tipo geologico e litologico degli ambiti territoriali attraversati dal fiume, confliggendo con il significato delle IER. Si è ritenuto, pertanto, di poter escludere il descrittore "distanza dalla sorgente" dal processo di tipizzazione, recuperando a tale scopo un descrittore di assetto morfologico: la "configurazione dell'alveo principale". La scelta di questo fattore, in alternativa a descrittori di portata come l'energia di flusso, è motivata dalla sua intrinseca rappresentatività dell'assetto complessivo del sistema fluviale; infatti, se la portata individua una "grandezza" gerarchicamente rilevante del fiume, la conformazione dell'alveo si configura come espressione finale delle dinamiche interattive tra le variazioni del flusso di energia e i processi metabolici che connotano le risposte delle biocenosi a tali variazioni. L'interesse applicativo di questo descrittore di struttura e composizione dell'alveo è avvalorato dalle più recenti acquisizioni delle ricerche ad approccio eco-idrologico (GURNELL e PETTS, 2006; CORENBLIT *et al.*, 2007).

Valutazione delle pressioni

Gli elementi necessari per procedere al monitoraggio delle pressioni antropiche esercitate su un sistema fluviale, secondo le indicazioni della WFD (All. II, par. 1.4), sono riconducibili a due categorie distinte: caratteri chimico-fisici e caratteri fisici; queste categorie sono di rilievo preminente per la caratterizzazione di un corso d'acqua, includendo sia le proprietà chimico-fisiche dell'acqua sia l'assetto morfologico del *bankfull* e della *floodplain*. Sono stati individuati quattro distinti macro-ambiti di analisi: qualità chimica e chimico-fisica delle acque (secondo quando previsto dall'All. V della WFD)(1); caratteri idro-geomorfologici e tendenze evolutive del sistema fluviale (includendo le modificazioni indotte sul regime idrologico, sui processi di dinamica fluviale e sull'assetto strutturale del *bankfull*)(2); uso del suolo all'interno della fascia B PAI (3); livello di protezione (presenza di vincoli ambientali)(4) (Tab. I).

La procedura di valutazione delle pressioni assegna importanza prioritaria alla caratterizzazione della mobilità funzionale residua di un fiume e della forma e struttura dell'alveo, aspetti che sono, di fatto, definiti dall'interazione dei fattori ambientali (meteo-climatici, geologici, ecc.), capaci di influenzare il regime delle portate liquide e solide, con le pressioni antropiche. Per esempio, in corrispondenza della confluenza di un tributario o di un'opera di regolazione (traversa, captazione, ecc.), si osservano rilevanti modificazioni del regime idrologico e dei processi di deposizione/erosione che si riflettono sulla struttura potenziale delle biocenosi del tratto sotteso e sulla capacità del corso d'acqua di sostenere ulteriori pressioni esterne (ingressione di agenti inquinanti, prelievo di materiale inerte, ecc.). Per valutare correttamente le alterazioni indotte sul flusso idrico di un sistema fluviale si devono pertanto considerare la naturalità della sezione alveale (in termini di larghezza e profondità) e la presenza ed estensione lineare delle protezioni spondali (argini, opere di difesa, ecc.), che possono ridurre significativamente lo spazio di mobilità funzionale laterale residua del corpo idrico e, in definitiva, la sua capacità di interagire con il proprio contesto golenale.

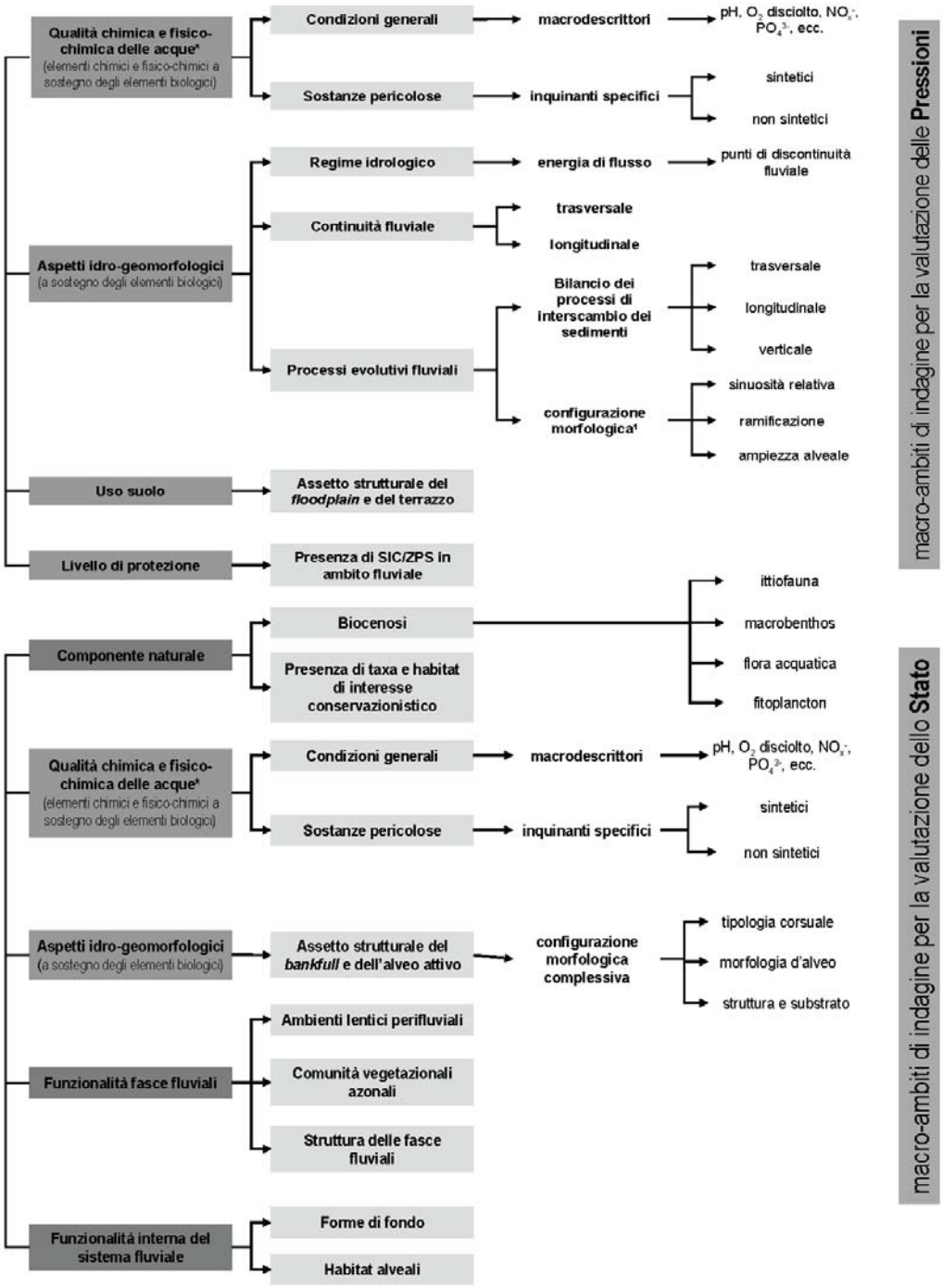
La valutazione delle pressioni ha permesso di stimare sistematicamente i livelli di compromissione (chimico-fisico, idro-geomorfologico e strutturale) associati ad ognuna delle tipologie fluviali individuate. L'aggregazione dei sub-indici di pressione è stata condotta sulla base di una matrice sinottica costruita a partire dai dati relativi ai singoli descrittori: ciascuno di questi ha consentito di connotare partizioni del fiume riconducibili ad un determinante specifico. L'analisi della matrice ha permesso di individuare i punti di discontinuità più rilevanti, rispetto ai quali è stato possibile derivare la successione spaziale dei WB. Sui dati di pressione sono state svolte, relativamente alle diverse componenti biologiche di riferimento ai sensi della WFD (All. V), considerazioni preliminari, riprese poi più in dettaglio nella fase di valutazione dell'assetto ecologico.

Valutazione dell'assetto ecologico

La valutazione dell'assetto ecologico è mediata dal calcolo di due attributi principali: lo stato ambientale, che assomma le *performance* dei sotto-attributi specificamente inerenti agli aspetti funzionali del sistema fluviale, e le pressioni, che descrivono l'impatto antropico sul sistema fluviale. L'integrazione dei due attributi ha permesso di definire l'assetto ecologico di ciascuno dei WB individuati. Il computo complessivo dell'assetto ecologico è stato condotto sui risultati della valutazione delle pressioni, già utilizzati nella procedura di definizione dei WB. Sono stati indagati cinque differenti macro-ambiti conoscitivi (in accordo con la WFD; All V, par. 1.1; figura 3.3): componente naturale (elementi biologici)(1); stato chimico e chimi-

co-fisico delle acque (condizioni generali e sostanze pericolose)(2); assetto idro-geomorfologico (3); funzionalità delle fasce fluviali (4) e funzionalità interna del sistema fluviale (5)(Tab. I).

Se i primi tre macro-ambiti sono annoverabili tra gli elementi di qualità richiesti esplicitamente dalla WFD, la funzionalità delle fasce fluviali e la funzionalità interna del sistema fluviale rappresentano un'estensione di particolare interesse della procedura comunitaria, essendo mirate all'approfondimento delle metodiche di



Tab. I. Schema concettuale dei descrittori utili alla valutazione delle pressioni e dello stato.
* Nella fase della valutazione delle pressioni si è considerata la qualità chimica e chimico-fisica dei principali affluenti (corpi idrici significativi del bacino padano) nella stazione di monitoraggio a chiusura del bacino sotteso.

valutazione attraverso il recupero di approcci riconducibili al *River Continuum Concept*, al *Flood Pulse Concept* e alla biogeomorfologia (VANNOTE *et al.*, 1980; JUNK *et al.*, 1989; JUNK e WANTZEN, 2004; CORENBLIT *et al.*, 2007). La WFD limita il proprio ambito valutativo al grado di conservazione (fisionomico-strutturale) del sistema fluviale; in termini generali, procede alla valutazione attraverso la descrizione puntuale dell'integrità ecologica degli elementi (abiotici e biotici) costitutivi del sistema fluviale, tra i quali si includono i descrittori di rilevanza naturalistica. Questo approccio prevede, in sostanza, la caratterizzazione dei soli caratteri ecosistemici "manifesti" partendo dall'assunto che se la struttura fluviale macroscopica è in un buono stato di conservazione, anche le funzioni ad essa sottese lo debbano essere. Ma i progressi compiuti negli ultimi decenni nel campo delle ricerche sui sistemi lotici (TOWNSEND, 1989; PETTS e AMOROS, 1996; WARD, 1989, 1998; NAIMAN e DECAMPS, 1997; POFF *et al.*, 1997) impongono di esplorare anche i processi che avvengono tra i diversi comparti strutturali (l'alveo attivo, la piana inondabile, gli ambienti ecotonali, la zona iporreica e la falda freatica sottesa), con l'intento di ricostruire le relazioni trofiche che modulano le tendenze evolutive a scala ecosistemica. Lo sviluppo delle indagini in questa direzione renderebbe più coerenti le procedure di valutazione dell'assetto ecologico, vincolandole all'aggregazione delle *performance* dei singoli descrittori di pressione e stato. La WFD impone di derivare un indice di sintesi secondo una procedura "non integrata", cioè prevede di attribuire all'assetto ecologico complessivo lo stato dell'elemento in peggiori condizioni presente all'interno dell'unità analizzata. La WFD riconosce il principio "vinca il peggiore" (*OO-AO: One Out - All Out principle)*; ne consegue che l'assetto ecologico deve essere classificato coerentemente con il più basso dei giudizi di qualità associati ai descrittori biologici e chimico-fisici (WFD, All. V, par. 1.4.2.i)(NARDINI *et al.*, 2008). Questa metodologia sembra eccessivamente drastica ai fini di una valutazione realistica dello stato di qualità dei WB (tanto più se si pensa alla modesta disponibilità di conoscenze di dettaglio sugli ambienti fluviali) e ai fini di una classificazione su cui basare strategie gestionali efficaci (si pensi al problema della definizione di status "altamente modificato").

Analisi a criteri multipli

L'Analisi a Criteri Multipli (MCA) consta di una serie di metodi che sono stati concepiti al fine di selezionare la migliore possibile tra una serie di alternative (progetti, piani di gestione, ecc.) pensate per il raggiungimento di un determinato obiettivo. La particolarità della MCA consiste nel fatto che la scelta emerge considerando l'impatto o le conseguenze che le alternative a disposizione generano su una serie di criteri, i quali rappresentano aspetti ambientali, sociali ed economici salienti della realtà sulla quale si interviene nell'intento di raggiungere l'obiettivo per il quale le alternative sono state pensate. A differenza dell'Analisi Costi Benefici, tecnica di valutazione monocriteriale che esprime il giudizio di convenienza in funzione del solo criterio monetario, l'analisi multicriterio cerca di razionalizzare il processo di scelta attraverso l'armonizzazione e l'ottimizzazione di più fattori che sono di pertinenza di ambiti variegati, includendo anche l'aspetto economico: dunque, un unico procedimento valutativo permette di considerare sia i criteri di carattere economico, monetizzabili, sia i criteri extra economici misurabili solo in termini fisici o qualitativi.

L'importanza di questo tipo di analisi è sancita dalla difficoltà di associare un valore economico ad attributi di natura ambientale o sociale, difficoltà che non è soltanto metodologica ma anche filosofico-concettuale. La possibilità di inglobare in uno stesso studio comparativo aspetti ambientali e sociali, senza che questi perdano la loro identità per lasciare il posto a una precaria traduzione in termini economici, rende l'analisi muticriteriale particolarmente versatile e accettabile come metodo di valutazione comparativa. In letteratura vengono descritti molti metodi di MCA, che sono però riferibili a una "procedura tipo", che funge da nucleo per quasi tutti gli algoritmi sviluppati (VAN DELFT e NIJKAMP, 1977). Il procedimento su cui si fonda richiede una prima fase di definizione delle alternative (elaborazione di scenari gestionali alternativi), un secondo momento finalizzato alla definizione dei criteri valutativi, che prevede la costruzione di una matrice di valutazione e, infine, l'adozione di un sistema di ponderazione. Queste informazioni costituiscono l'input per l'algoritmo di calcolo, che restituisce una classifica di preferenza che consente di selezionare la migliore alternativa tra quelle poste a confronto. Nel caso in esame, la matrice degli effetti, cioè l'insieme degli impatti che le alternative determinano sui criteri scelti, e il vettore dei pesi, cioè i valori di importanza dati a questi criteri, sono stati utilizzati nell'ambito del software DEFINITE. L'algoritmo di calcolo usato è impostato a partire dalla procedura EVAMIX (VOOGD, 1983; JANSSEN e VAN HERWIJINEN, 2003) che consente di trattare anche dati qualitativi.

I corpi idrici costituiscono l'ambito precipuo per la messa in atto di azioni volte al raggiungimento degli obiettivi della WFD. Scopo di questo studio è stato quello di applicare in via preliminare la metodologia multicriteriale a due corpi idrici specifici, il WB 17 e il WB 19, per evidenziare da un lato gli elementi strate-

gici di un percorso metodologico da estendere a tutti i corpi idrici e anche per ottenere indicazioni preliminari, e tuttavia utili, per la costruzione di scenari di gestione. L'architettura del metodo multicriteriale può essere sintetizzata nella maniera seguente: le caratteristiche che hanno portato alla definizione dei corpi idrici sono state utilizzate per definire i criteri, cioè gli aspetti rilevanti della realtà dei corpi idrici su cui testare le azioni di scenario; queste ultime sono state pensate in accordo con gli obiettivi della WFD e identificate tra quelle già previste negli ambiti di intervento prioritari.

Definizione degli scenari gestionali alternativi e dei protocolli di monitoraggio

Il Piano di gestione di un distretto idrografico deve indicare le attività necessarie a garantire il raggiungimento degli obiettivi di qualità ambientale e deve fondarsi su una coerente programmazione e messa in opera di protocolli di monitoraggio utili a ricostruire l'assetto idro-geomorfologico, lo stato quali-quantitativo delle acque (naturale o indotto artificialmente) e le pressioni che insistono sui WB individuati a scala di distretto e ne alterano lo stato ecologico e chimico.

La redazione del Piano di gestione richiede inoltre l'elaborazione di diverse opzioni progettuali ritenute idonee al raggiungimento degli obiettivi ambientali, tenendo conto delle indicazioni strategiche della WFD e dei risultati ottenuti dall'applicazione delle procedure di MCA. Si tratta di uno spettro di opzioni che privilegiano un approccio ecosistemico-funzionale e la cui individuazione è stata condotta a partire dal modello di scenari alternativi proposto da MALCEVSCHI (1993). Si è ritenuto necessario, infine, superare i limiti di una mera analisi delle alternative gestionali, puntando alla esplicitazione e definizione delle azioni che connotano i programmi di intervento in relazione agli obiettivi del Piano Strategico Speciale (PSS) "Valle del fiume Po" elaborato dall'Adb Po.

Secondo le indicazioni della WFD, il processo di elaborazione dei piani di monitoraggio prevede, anzitutto, la caratterizzazione di tutti i WB al fine di riconoscere quali tra questi sono a rischio di non conformità con gli obiettivi ambientali imposti (art. 5 e All. II e III); la classificazione conseguente è fondamentale per definire il sub-set di WB da sottoporre ad ulteriori indagini qualitativo-funzionali (WFD-CIS, 2003b). La procedura si articola schematicamente in tre fasi distinte. Una prima campagna è mirata alla caratterizzazione generale rivolta a tutti i WB (monitoraggio di sorveglianza). La seconda fase (monitoraggio operativo) è orientata sui segmenti fluviali classificati "a rischio" ed è finalizzata alla ricostruzione delle pressioni associate ai descrittori idro-geomorfologici e chimico-fisici (concentrazioni dei micro-inquinati, sistema di immissioni laterali alteranti, ecc.). La terza fase è rivolta alla definizione delle cause del degrado qualora si rilevi la presenza di alterazioni riconducibili a fenomeni di inquinamento accidentale o non si disponga di una base informativa adeguata a descrivere i processi di degrado in atto (monitoraggio di indagine). Queste procedure vanno integrate con l'analisi delle aree protette insistenti sui WB. I protocolli devono, comunque, conservare un sufficiente grado di adattabilità sia durante le fasi di progettazione dei piani di monitoraggio che in quelle di rilevamento.

Considerazioni di sintesi

È importante chiarire come la base informativa necessaria per procedere alla sequenza proposta di fasi analitiche non si discosti significativamente dalla quantità e qualità di informazioni richieste dalle norme vigenti a livello nazionale e regionale. Le metodiche e le metriche proposte, infatti, non necessitano di un grado di specializzazione tecnica superiore alle competenze attualmente in possesso degli enti preposti all'attuazione della WFD. Sulla base dei risultati delle analisi di pressioni e stato, si procederà alla redazione delle linee guida per la programmazione dei monitoraggi di indagine. La base informativa utilizzata è stata fornita dall'ADB PO (2006; 2007; 2009a); il dataset chimico-fisico si riferisce al periodo 1999-2006 ed è stato integrato con i dati acquisiti da PASCALE *et al.* (2005) per il tratto piemontese del fiume; la documentazione cartografica copre circa 120 anni di storia del Po, dal 1882-1889 (primo impianto I.G.M.) al 2003-2004.

Per ulteriori approfondimenti relativi alle procedure di tipizzazione, alla definizione e all'analisi dei singoli descrittori di pressione e stato, alle procedure di analisi multicriteriale e di definizione degli scenari gestionali alternativi e dei protocolli di monitoraggio, si rimanda ai documenti tecnici del progetto "Valutazione dell'assetto ecologico del fiume Po" (ADB PO, 2009b).

RISULTATI

Individuazione delle tipologie fluviali

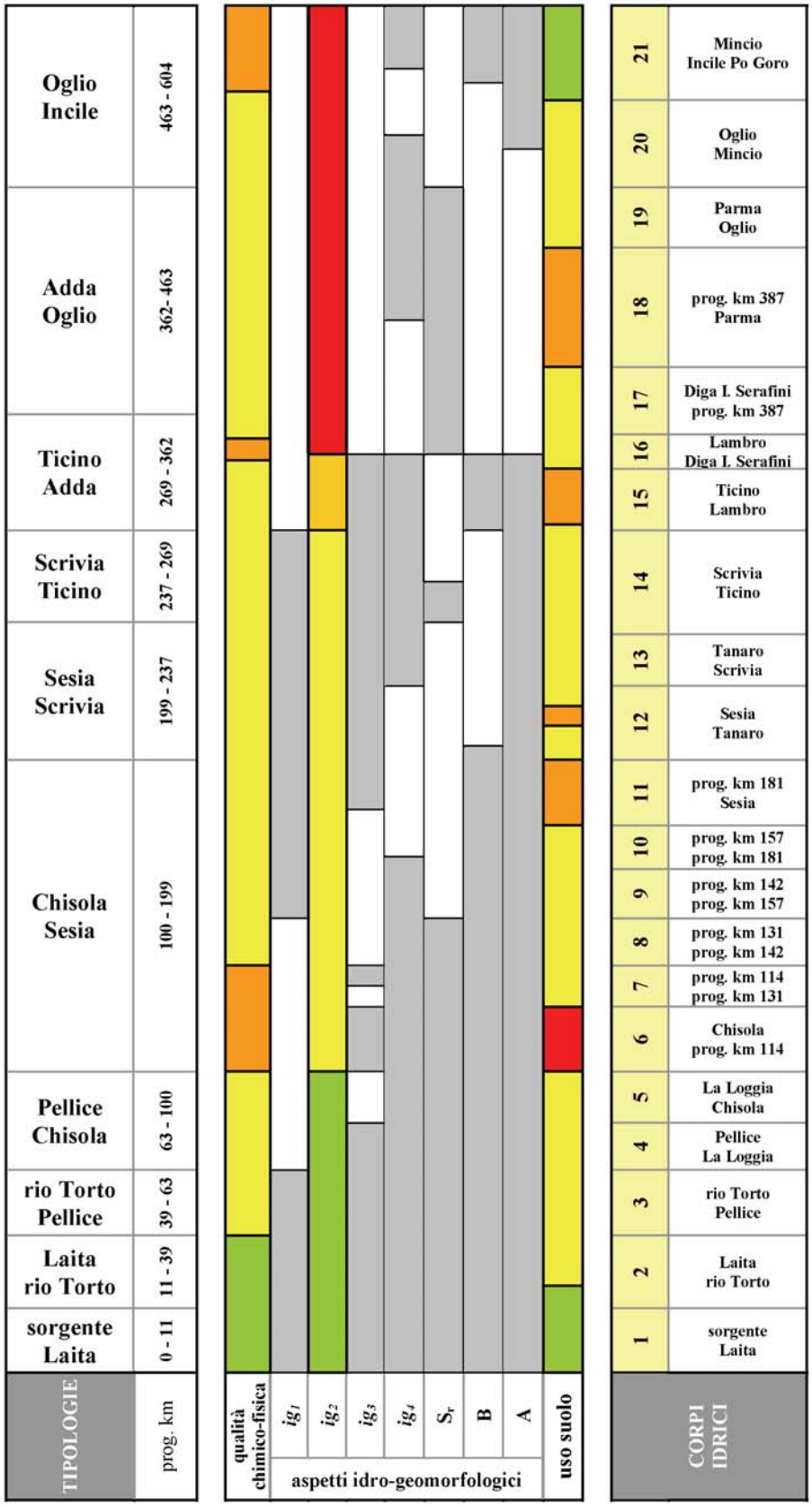
L'applicazione delle linee guida definite nel DM 131/08 permette di identificare 7 differenti tratti omogenei corrispondenti ad altrettante ipotetiche tipologie di massima (tipologie di massima[a], Tab. II). Data l'intrinseca debolezza e la scarsa significatività del descrittore "distanza dalla sorgente", si suggerisce di non utilizzarlo nel processo di tipizzazione: esso risulta utile, infatti, unicamente per definire l'ordine di grandezza del corso d'acqua ma non per zonizzarlo.

Questa opzione determina, però, una semplificazione procedurale che riduce il numero di tipologie individuabili applicando il metodo MATTM da 7 a 4 (tipologie di massima[b], Tab. II). Schematicamente, possiamo sintetizzare i passi procedurali utili all'individuazione delle tipologie di massima per il fiume Po nella maniera seguente: il fiume Po è un corso d'acqua perenne originato da scorrimento superficiale (1); la delimitazione delle IER porta alla suddivisione del fiume in due distinti tratti rispettivamente appartenenti alle IER 4 (0-39 km) e 6 (39-604 km)(2); il descrittore ICM porta alla suddivisione del solo tratto di valle (incluso nella IER 6 di pianura) in tre ulteriori tipologie in funzione dell'intensità dell'influenza ("forte", "moderata" e "trascurabile") del tratto fluviale montano (3). È evidente che questa suddivisione non è in grado di cogliere la complessa struttura funzionale del fiume; l'analisi del materiale cartografico chiarisce la necessità di integrare il *set* di descrittori previsti dalla metodologia ministeriale per giungere ad una suddivisione coerente del fiume. Un'accurata ispezione della cartografia storica (primo impianto I.G.M. 1882-1889) ha evidenziato la presenza di ampi tratti omogenei di fiume per morfologia d'alveo e tipologia corsuale. Specificatamente, per il tratto piemontese del fiume incluso nell'ambito di pianura (da rio Torto alla confluenza del fiume Scrivia) sono state individuate quattro tipologie di assetto storico differenti. La caratterizzazione storica della forma dell'alveo del Po permette di riconoscere 10 tratti geomorfologicamente distinti (Tab. II).

L'aggregazione dei descrittori ha permesso di individuare una partizione (esplicitata dalle intersezioni dell'insieme di tronchi) che recupera elementi significativi anche per una definizione delle tipologie di dettaglio. Al fine di scongiurare una proliferazione eccessi-

tributari	Sbarrone	Laita	rio Torto	Pellice	Meletta	Chisola	Dora Baltea	Sesia	Scrivia	Ticino	Adda	Oglio	Incile Po Goro
prog. km fine tratto	5	11	39	63	77	100	147	199	237	269	362	463	604
IER	4 - Alpi meridionali			6 - Pianura Padana									
distanza dalla sorgente (km)	0 - 5	5 - 39		39 - 77		77 - 147		> 147					
perennità e persistenza	fiume perenne												
origine del corso d'acqua	scorrimento superficiale												
influenza del bacino a monte (IMC)				IMC > 2			1,25 < IMC ≤ 2		IMC < 1,25				
TIPOLOGIE DI MASSIMA[a]	1	2		3		4	5	6	7				
TIPOLOGIE DI MASSIMA[b]	1			2			3		4				
forma e configurazione storica dell'alveo	confinato - rettilineo		canali intrecciati - rettilineo	monocursale - sinuoso		monocursale - meandriforme	anastomizzato - sinuoso		canali intrecciati - sinuoso	*wandering*	monocursale - meandriforme	*braided* - sinuoso	monocursale - sinuoso
TIPOLOGIE DI DETTAGLIO[c]	1		2	3		4	5		6	7	8	9	10

Tab. II. Tipologie di massima del fiume Po individuate secondo le procedure contenute nel DM 131/08, e tipologie di dettaglio definite applicando la metodologia DSA. [a]: suddivisione in tipologie di massima utilizzando tutti e quattro i descrittori previsti dalla procedura ministeriale; [b]: suddivisione in tipologie di massima trascurando il descrittore: distanza dalla sorgente; [c]: suddivisione in tipologie di dettaglio applicando la metodologia DSA.



Tab. III. Matrice decisionale sinottica utilizzata per la definizione dei WB del Po tra la sorgente e l'Incile del Po di Goro (prog. km 0-604) [descrittori: ***ig***$_1$, regime idrologico; ***ig***$_2$, continuità fluviale trasversale; ***ig***$_3$, continuità fluviale longitudinale; ***ig***$_4$, equilibrio geomorfologico; **S**$_r$: sinuosità relativa; **B**: ramificazione (*braided index*) *sensu* VAN DER NAT *et al.* (2003); **A**: larghezza alveale]; per "qualità chimico-fisica, ***ig***$_2$, e uso suolo le gradazioni di colore individuano le classi di qualità dei singoli descrittori: rosso = pessimo/cattivo; arancio = scarso/scadente; giallo = sufficiente; verde = buono; per i restanti descrittori le partizioni (alternanza di bande grigio-bianca) individuano i punti di discontinuità.

va delle tipologie, in base alla considerazione del ruolo preminente svolto dalla forma dell'alveo nell'influenzare e modulare la struttura potenziale delle biocenosi, nel processo decisionale è stata assegnata la prevalenza al descrittore "forma e configurazione storica dell'alveo". Le dieci tipologie sembrano in grado di interpretare adeguatamente la successione dei tipi fluviali in assenza di profonde manomissioni esogene e appaiono coerenti con le linee del PAI "Interventi sulla rete idrografica e sui versanti - 3. Linee generali di assetto idraulico e ideologico - 3.1. Asta Po" (ADB PO, 2001), così come con le sollecitazioni di autorevoli studiosi di geomorfologia e dinamica fluviale del Po (GOVI e TURITTO, 1993).

Valutazione delle pressioni

L'applicazione della metodologia ha permesso di individuare 21 WB distinti (Tab. III e IV). La valutazione delle pressioni ha permesso, inoltre, di stimare sistematicamente il livello di compromissione chimico-fisico, idro-geomorfologico e strutturale associato ad ognuna delle tipologie fluviali individuate.

La Tab. V ricostruisce lo stato di conservazione dei tipi e fornisce una valutazione del loro assetto complessivo e del grado di compromissione associato alle pressioni preminenti; sono aggiunte alcune sintetiche annotazioni, in particolare relativamente alle componenti biologiche di riferimento ai sensi della WFD (All. V), che sono state valutate distintamente per ciascun WB. Tutte le tipologie fluviali, e di conseguenza i WB sottesi, sono caratterizzate da un livello non trascurabile di pressione. Gli stessi tratti montano e pedemontano alto (corrispondenti ai 2 tipi iscritti nell'IER di monte, IER 4 "Alpi meridionali") rivelano una significativa compromissione del proprio assetto in termini idro-geomorfologici a fronte di livelli chimico-fisico, strutturale e biologico complessivamente buoni. Sulla base dei parametri chimico-fisici, solo

TIPOLOGIE		prog. km	CORPI IDRICI		prog. km
1	Sorgente - Foce Laita	0 - 11	1	Sorgente - Foce Laita	0 - 11
2	Foce Laita - Foce rio Torto	11 - 39	2	Foce Laita - Foce rio Torto	11 - 39
3	Foce rio Torto - Foce Pellice	39 - 63	3	Foce rio Torto - Foce Pellice	39 - 63
4	Foce Pellice - Foce Chisola	63 - 100	4	Foce Pellice - Traversa della Centrale di "La Loggia"	63 - 92
			5	Traversa della Centrale di "La Loggia" - Foce Chisola	92 - 100
5	Foce Chisola - Foce Sesia	100 - 199	6	Foce Chisola - Foce Stura di Lanzo	100 - 114
			7	Foce Stura di Lanzo - Traversa del C. Cavour	114 - 133
			8	Traversa del C. Cavour - ambito della foce della Dora Baltea	133 - 142
			9	Ambito della foce della Dora Baltea	142 - 157
			10	Ambito della foce della Dora Baltea - Traversa del C. Lanza	157 - 181
			11	Traversa del C. Lanza - Foce Sesia	181 - 199
6	Foce Sesia - Foce Scrivia	199 - 237	12	Foce Sesia - Foce Tanaro	199 - 224
			13	Foce Tanaro - Foce Scrivia	224 - 237
7	Foce Scrivia - Foce Ticino	237 - 269	14	Foce Scrivia - Foce Ticino	237 - 269
8	Foce Ticino - Foce Adda	269 - 362	15	Foce Ticino - Foce Lambro	269 - 305
			16	Foce Lambro - Traversa della Diga di "I. Serafini"	305 - 357
			17	Traversa della diga di "I. Serafini" - Foce Arda	357 - 387
9	Foce Adda - Foce Oglio	362- 463	18	Foce Arda - Foce Parma	387 - 429
			19	Foce Parma - Foce Oglio	429 - 463
10	Foce Oglio - Incile del Delta	463 - 604	20	Foce Oglio - Foce Mincio	463 - 495
			21	Foce Mincio - Incile Po Goro	495 - 604

Tab. IV. Tabella sinottica dei WB del fiume Po (corrispondenza tra tipologie di dettaglio e corpi idrici); si riportano i limiti fisici e le progressive definite rispetto all'asse di progetto.

tipologia	Stato chimico-fisico	Aspetti idro-geomorfologici	Assetto dell'uso del suolo	WB	FA	MB	FI
1	Sulla base della valutazioni chimico-fisiche (LIM) la tipologia iniziale del Po va considerata in uno stato **buono**	Il tratto presenta pressioni rilevanti per le numerose opere di regimazione presenti, anche in prossimità della sorgente (ad es. presso Crissolo)	All'interno della tipologia la struttura dell'eco-mosaico è dominata da nuclei naturaliformi; nel complesso va valutato in uno stato **buono**	1	no	1	4
2	Sulla base delle valutazioni chimico-fisiche (LIM) la tipologia 2 va considerata in uno stato **buono**	Analogamente a quanto detto per il tratto precedente (1), la tipologia 2 è caratterizzata dalla presenza di opere di regimazione rilevanti	Il tratto presenta un assetto misto, prevalentemente agricolo solo nella parte terminale ove si rileva una forte riduzione della naturalità della fascia di mobilità laterale (**sufficiente**)	2	no	1	2
3	Sulla base delle valutazioni chimico-fisiche (LIM) la tipologia va considerata in uno stato **sufficiente**	Analogamente a quanto detto per il tratto precedente (2), la tipologia 3 è caratterizzata dalla presenza di opere di regimazione rilevanti	Il tratto presenta un assetto misto, prevalentemente agricolo con una forte riduzione della naturalità della fascia di mobilità laterale (**sufficiente**)	3	no	3	2
4	Sulla base delle valutazioni chimico-fisiche (LIM) la tipologia va considerata in uno stato **sufficiente**	Il tratto è caratterizzato dalla presenza di una cesura completa del corso fluviale: la Diga di "La Loggia"; nel complesso si rileva una profonda artificializzazione degli ambiti ripari	Il tratto presenta un assetto misto, prevalentemente agricolo con una forte riduzione della naturalità della fascia di mobilità laterale (**sufficiente**)	4	no	3	3
				5	no	3	4
5	La tipologia mostra un progressivo miglioramento dello stato chimico-fisico procedendo verso valle: i primi due WB sono **scadenti**, i rimanenti quattro presentano uno stato **sufficiente** – l'immissione del Chisola è riconosciuta come un punto di forte discontinuità chimico-fisica	Il tratto presenta una forte frammentazione longitudinale dovuta alle opere di presa e restituzione delle centrali AEM e di S. Mauro T.se, alle briglie dei Canali Cavour e Lanza – il WB 10 è caratterizzato da una profonda manomissione dell'equilibrio nei processi d'erosione-deposizione e trasporto	Il primo segmento del tronco (WB 6) rivela un assetto complessivamente **pessimo** (profondamente artificializzato), il segmento terminale (WB 11) ne mostra uno **scadente**; il settore centrale è caratterizzato da una struttura dell'eco-mosaico nel complesso **sufficiente** (WB 7-10)	6	no	3	3
				7	no	4	3
				8	no	4	3
				9	no	3	3
				10	no	3	4
				11	no	3	5
6	La tipologia mostra uno stato chimico-fisico complessivamente **sufficiente**	Il tratto conserva un assetto comparabile con quello storico - in corrispondenza della foce Tanaro si individua un punto di discontinuità morfologico: si passa da un segmento caratterizzato da processi di erosione e abbassamento del fondo ad un tratto in equilibrio	Il tratto presenta un livello di conservazione del mosaico ambientale **sufficiente**, escluso l'area di fascia AB posta nelle vicinanze del nucleo di Valenza Po (AL) ove l'assetto è complessivamente **scadente**	12	no	3	5
				13	no	4	5
7	La tipologia mostra uno stato chimico-fisico complessivamente **sufficiente**	Il tratto conserva un assetto comparabile con quello storico – il sistema delle opere di difesa impatta in termini non trascurabili la funzionalità laterale del fiume	Il tipo presenta un livello di conservazione del mosaico ambientale **sufficiente** – vi sono alcuni attraversamenti viari significativi	14	no	4	4
8	La tipologia è ripartita in due tratti distinti dalla confluenza del f. Lambro che rappresenta un punto di forte discontinuità chimico-fisica (complessivamente i tratti sono **sufficienti**)	Il tratto è caratterizzato dalla presenza della Diga di Isola Serafini che interrompe completamente la continuità longitudinale del Po con conseguenze importanti sugli equilibri dei processi di deposizione-erosione e trasporto e sulla mobilità funzionale dell'alveo attivo	Il settore iniziale del tratto, fino alla confluenza del f. Lambro, evidenzia un assetto dell'eco-mosaico significativamente compromesso (stato **scadente**)	15	no	2	4
				16	no	3	5
				17	no	3	5
9	La tipologia mostra uno stato chimico-fisico complessivamente **sufficiente**	Il tratto è caratterizzato da una pesante interferenza tra il sistema delle opere di difesa e accessorie alla navigazione e la funzionalità fluviale – non trascurabile è l'impatto della cesura della Diga di Isola Serafini su quasi tutta la tipologia di valle (almeno fino alla confluenza del f. Oglio)	In termini di assetto, il settore iniziale (WB 18) mostra un livello "importante" di interferenza antropica che si manifesta in un eco-mosaico di **scadente** livello	17	no	3	5
				18	no	3	5
				19	no	3	5
10	La tipologia mostra uno stato chimico-fisico complessivamente **scadente** – il f. Mincio rappresenta un punto di forte discontinuità chimico-fisica	Il tratto è caratterizzato da una pesante interferenza tra il sistema delle opere di difesa e accessorie alla navigazione e la funzionalità fluviale – in corrispondenza del f. Mincio non tanto l'intensità delle pressioni associate quanto la tipologia del sistema di messa in sicurezza si modifica profondamente portando il fiume ad assumere una conformazione rettilineo-sinuosa a canale unico	Il tipo mostra un **buon** livello di assetto dell'eco-mosaico – il ridotto livello di interferenza antropica rilevato va, comunque, ricondotto al profondo stato di manomissione in cui il fiume si trovava già in epoca storica (opere di bonifica e messa in sicurezza del tratto pre-deltizio del Po si susseguirono a partire dal XVI secolo – bonifiche estensi)	20	no	3	5
				21	no	4	5

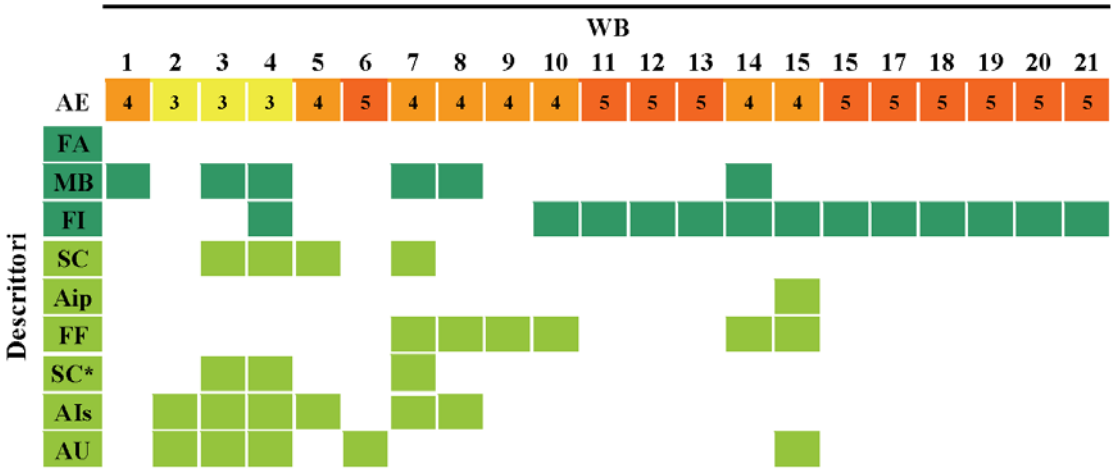
Tab. V. Analisi delle Pressioni dei WB del Po su base tipologica; ai dati di pressione si acclude una preliminare caratterizzazione del livello di conservazione delle biocenosi di riferimento per WB (**FA**: flora acquatica; **MB**: macrobenthos; **FI**: ittiofauna; per le biocenosi di riferimento è riporta la valutazione di qualità secondo le cinque classi definite dalla WFD, vd. Tab. III; azzurro = classe elevata).

la tipologia terminale mostra uno stato di conservazione scadente; i rimanenti segmenti fluviali manifestano uno stato sufficiente. Quanto all'assetto dell'uso del suolo, il segmento maggiormente impattato corrisponde all'ambito urbano di Torino (WB 6); meno alterati, ma comunque caratterizzati da un livello mediamente scadente dell'assetto strutturale dell'eco-mosaico, sono i tratti di attraversamento del nucleo urbano di Casale Monferrato (AL)(WB 11), il segmento posto immediatamente a valle dell'immissione del f. Ticino (WB 15) e l'ambito urbano di Cremona (WB 18). I rimanenti WB manifestano un assetto sufficiente, ad esclusione dei segmenti iniziale e terminale (WB 1 e 21) che evidenziano uno stato di conservazione buono. Quanto alle biocenosi di riferimento, secondo quanto stabilito dalla WFD, non si hanno dati conoscitivi adeguati per valutare lo stato di conservazione della flora acquatica (macrofite, fitoplancton e fitobenthos); un buon livello conoscitivo è disponibile per l'ittiofauna, mentre relativamente povera è la base di dati relativi alle comunità macrozoobentoniche. Escludendo i primi tre WB e il WB 6, tutti gli altri sono caratterizzati da comunità ittiche assai destrutturate (ADB PO, 2009a); a valle della Diga di "La Loggia" prevale uno stato di conservazione scadente, mentre a valle dell'immissione del f. Lambro la comunità si mostra costantemente pessima fino all'incile del Delta. I giudizi sulla comunità macrozoobentonica mostrano una maggiore variabilità rispetto alle valutazioni espresse per l'ittiofauna: le differenze rilevate lungo il corso fluviale sono, con ogni probabilità, riconducibili in larga misura alle diverse tecniche impiegate localmente per i campionamenti; le difficoltà associate alla raccolta dei campioni nei settori non guadabili del fiume possono, in effetti, influenzare pesantemente l'affidabilità e la comparabilità dei dati di struttura del macrobenthos (ADB PO, 2009a).

Quanto al descrittore "livello di protezione", la modalità con cui le aree SIC/ZPS sono state individuate a livello nazionale, regionale o provinciale non ne garantisce la rappresentatività in termini funzionali e/o conservazionistici. L'analisi del *dataset* ministeriale delle aree Rete Natura 2000 comprese nelle fasce A e B PAI del Po ha evidenziato un modesto standard conoscitivo delle cenosi vegetazionali (dalle formazioni boscate alle comunità terofitiche) e delle comunità animali che le popolano. Si è pertanto convenuto di escludere questo descrittore nella procedura di individuazione dei WB.

Valutazione dell'assetto ecologico

Nessuno dei 21 WB individuati mostra un assetto buono, anzi un numero significativo di essi è classificabile in stato "pessimo". La Tab. V, in cui sono riportati i descrittori che determinano il giudizio secondo la procedura *OO-AO*, mostra che ben 10 WB presentano almeno un descrittore in stato pessimo; solo tre WB (2, 3 e 4) sono classificabili come sufficienti; i rimanenti 8 si collocano in uno stato scadente. La Tab. VI chiarisce l'importanza relativa di ciascun descrittore nel determinare lo stato di conservazione dei WB. I descrittori biologici (le comunità di riferimento) influenzano in maniera decisiva il giudizio: in particolare, il livello di alterazione della fauna ittica appare determinante nell'assegnare



Tab. VI. Valutazione dell'AE dei WB del fiume Po (i numeri e i colori si rifanno alle classi di qualità, vd. Tab. III e V); con l'indicazione dei descrittori che determinano il giudizio secondo la procedura *OO-AO* (**FA**: flora acquatica; **MB**: macrobenthos; **FI**: ittiofauna; **SC**: qualità chimico-fisico del Po; **AIp**: assetto idro-geomorfologico di pressione; **FF**: assetto delle fasce di funzionalità laterali; **SC***: qualità chimico-fisica dei tributari; **AIs**: assetto idro-geomorfologico di stato; **AU**: assetto di uso del suolo; in verde scuro sono evidenziati i descrittori biologici; in verde chiaro i descrittori di pressione e stato).

al tratto potamale un giudizio di stato pessimo o scadente. Dall'area di confluenza della Dora Baltea fino all'incile del Po di Goro (dal WB 10 al WB 21) è la qualità della fauna ittica a condizionare lo status dell'assetto ecologico complessivo del fiume. In realtà, il giudizio espresso sulla base di questo indicatore maschera il grado di alterazione associato ad altri descrittori (quali l'assetto idro-geomorfologico o la funzionalità delle fasce fluviali), cui può essere attribuito un ruolo anche più rilevante per la conservazione di un assetto di buona qualità. I descrittori di pressione risultano determinanti nel sostenere la valutazione di assetto solo in due casi (WB 2 e 6, contesto pedemontano alto e tratto di attraversamento di Torino, rispettivamente) tra tutti quelli analizzati.

Analisi a criteri multipli

I criteri utilizzati per il confronto coincidono con categorie funzionali: la configurazione dell'alveo, la qualità chimico fisica delle acque, i caratteri idromorfologici, l'assetto uso suolo, il livello di protezione, la componente naturalistica, la funzionalità delle fasce fluviali. Inoltre sono stati aggiunti criteri legati alla compatibilità economica, con attenzione ai settori rilevanti del tessuto produttivo rivierasco, a quella sociale, attraverso gli elementi di conflittualità e fruibilità, e a quella paesaggistica, espressa con criteri di tipo percettivo e funzionale.

Il disegno multicriteriale è stato impostato in maniera non convenzionale. Anziché definire a priori scenari ipotetici di gestione (MALCEVSCHI, 1993) da porre a confronto utilizzando il loro impatto sui criteri sopra citati, si è preferito articolare il confronto considerando singole azioni come alternative. Considerati gli obiettivi della WFD, ai quali è necessario attenersi, era facile intuire che il confronto avrebbe fornito una gerarchia di preferenze con al primo posto le opzioni a riequilibrio ecologico spinto, relegando in coda gli scenari a maggiore vocazione economico-tecnologica. Date queste premesse, la semplice comparazione

Obiettivi generali		Azioni prioritarie		Azioni identificate
Qualità delle acque	a1	Adeguamento degli impianti per il trattamento delle acque reflue	a1a	x
		Realizzazione di ecosistemi-filtro in aree sensibili	a1b	x
Regime idrologico	a2	Adeguamento del DMV alle esigenze funzionali dell'ecosistema fluviale	a2a	x
		Implementazione delle conoscenze ai fini della gestione conservativa della risorsa	a2b	x
Continuità fluviale laterale	a3	Adeguamento delle opere laterali di messa in sicurezza mediante interventi di ingegneria naturalistica	a3a	x
Continuità fluviale longitudinale	a4	Adeguamento delle opere di presa in alveo in ottica eco-idrologica	a4a	x
		Realizzazione di rampe per la risalita dell'ittiofauna	a4b	x
Configurazione morfologica	a5	Riattivazione dei processi laterali attraverso il recupero delle aree ruderali/incolte	a5a	x
		Smantellamento delle opere di difesa non strategiche	a5b	x
		Aumento dello spazio destinato all'espansione delle piene	a5c	x
Artificialità delle coperture	b1	Recupero funzionale e ripristino ambientale delle aree di cava	b1a	x
		Ricostruzione della continuità delle fasce laterali boscate	b1b	x
		Adeguamento delle pratiche agro-zootecniche e produttive in ambito golenale (buone pratiche agricole)	b1c	x
Sistema delle aree umide laterali	b2	Riattivazione delle forme fluviali relitte con TR< 10/15 anni	b2a	x
		Ricostruzione di micro-habitat acquatici retro-ripariali	b2b	x
Vulnerabilità ai carichi diffusi	b3	Uso generalizzato di ecosistemi-filtro	b3a	x
		Recupero funzionale del reticolo idrografico secondario	b3b	x
Assetto floristico-vegetazionale	b4	Eradicamento delle specie aliene/divieto di introduzione	b4a	x
		Promuovere il recupero dell'eterogeneità morfologica fluviale	b4b	x
Assetto faunistico	b5	Eradicamento delle specie aliene/divieto di introduzione	b5a	
		Promuovere il recupero dell'eterogeneità morfologica fluviale	b5b	
Aspetti economici	c1	Economizzazione dei prelievi – rinegoziazione delle concessioni	c1a	x
		Aumento della disponibilità idrica per usi ambientali	c1b	
Livello di protezione	c2	Introduzione di specifici vincoli di tutela per le aree di elevato interesse ambientale	c2a	

Tab. VII. Obiettivi generali, azioni prioritarie e identificate a sostegno della redazione del Piano di gestione del tratto "interno" del fiume Po.

di scenari con obiettivi diversi non si delineava come meritevole di una analisi multicriteriale, data la prevedibilità del risultato.

Le azioni sono state scelte tra quelle già identificate nei programmi di intervento prioritari, che erano state concepite sulla base di considerazioni di merito rispetto agli obiettivi della WFD, ma non erano state sottoposte a un giudizio comparativo. Le azioni spaziavano da quelle meramente tecnico-ingegneristiche, quali "l'adeguamento degli impianti per il trattamento delle acque reflue" (codice a1a) ad azioni incisive di bonifica ambientale, come l'adeguamento delle pratiche agro-zootecniche e produttive in ambito golenale ("buone pratiche agricole") (codice b1c), fino a interventi attivi per il recupero funzionale del sistema fluviale e delle relazioni multidimensionali che ne connotano i processi evolutivi (per esempio la "riattivazione delle forme fluviali relitte con TR< 10/15 anni", codice b2a). La Tab. VII riporta l'elenco delle azioni identificate. Queste sono state confrontate con i criteri definiti in precedenza attraverso una tipizzazione qualitativa dell'impatto potenziale, che utilizza una scala di segni che definiscono compatibilità alta (++) e moderata (+), incompatibilità moderata (-) e compatibilità bassa (- -), oltre ad un giudizio neutro (0). Tra tutte le azioni poste a confronto il *ranking* prodotto ha visto primeggiare opzioni quali la realizzazione generalizzata di ecosistemi filtro in ambiti sensibili, la riattivazione del reticolo idrografico secondario e l'adeguamento degli impianti di trattamento delle acque reflue. Tutte queste azioni sono funzionali alla depurazione delle acque. Nel gruppo delle azioni migliori, dunque, è possibile intravedere uno scenario preferibile che si potrebbe definire scenario "depurazione acque". Esso combina aspetti tecnologici (adeguamento depuratori) con aspetti di conservazione e ripristino naturale (ecosistemi filtro). In questo scenario il tema della qualità chimico-fisica delle acque si esprime, sulla base delle azioni che lo compongono, solo in termini del "porre rimedio" (la depurazione, appunto). Esistono altre azioni impostate attorno al tema della depurazione in ottica di prevenzione (es. buone pratiche agricole, continuità fasce boscate); esse appaiono tuttavia scorporate dalle precedenti in quanto appartenenti al gruppo delle azioni a bassa preferenza.

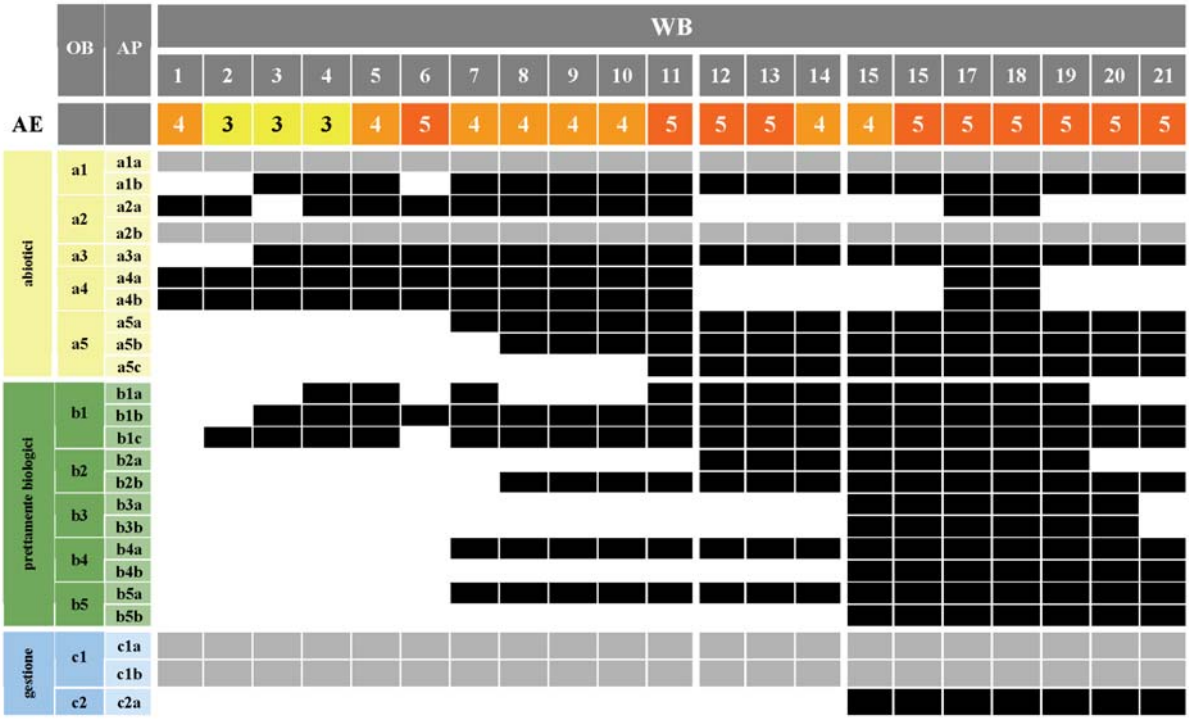
Definizione delle linee guida utili alla redazione del piano di gestione del fiume Po e dei piani di monitoraggio

Le opzioni progettuali sono riconducibili a tre distinti ambiti di intervento (finalità e obiettivi generali): abiotico (A, stato chimico-fisico delle acque e caratteri idro-geomorfologici del sistema fluviale); prettamente biologico (B, assetto uso suolo, componente naturale e funzionalità) e gestionale (C, aspetti economici e livello di protezione)(Tab. VII).

Complessivamente sono state previste 24 azioni prioritarie, riconducibili a 12 obiettivi generali (a loro volta ripartiti in tre ambiti generali di riferimento, relativamente a caratteristiche abiotiche, prettamente biologiche e gestionali). Le proposte progettuali coprono, com'è stato rilevato nel paragrafo precedente, un ampio spettro di azioni, da quelle di ambito ingegneristico fino ad interventi per il recupero funzionale del sistema fluviale. Non si entra nel merito delle singole azioni e, per ulteriori approfondimenti, si rimanda alla relazione sui risultati dell'applicazione dell'analisi a criteri multipli (ADB PO, 2009b). Ci si limita a delineare la struttura degli scenari gestionali associando ad ogni WB le azioni da intraprendere per il conseguimento degli obiettivi di qualità sovraordinati (Tab. VIII). I risultati del progetto "Valutazione dell'assetto ecologico del fiume Po" (ADB PO, 2009b), in cui rientra la presente indagine, hanno evidenziato il livello assolutamente prioritario di alcune azioni: "l'implementazione delle conoscenze ai fini della gestione conservativa della risorsa" (azione a2b); "l'economizzazione dei prelievi associata ad una rinegoziazione delle concessioni" (azione c1a); "un aumento della disponibilità idrica per gli usi ambientali" (azione c1b). L'insuccesso di anche una sola di queste azioni precluderebbe la possibilità di perseguire gli obiettivi della WFD (art.1).

Sulla base della loro struttura e delle azioni prevalenti, i singoli programmi di intervento possono essere ricondotti a tre distinti macro-gruppi, corrispondenti ad una esplicita zonazione territoriale del fiume in tre ambiti: ambito montano, pedemontano e dell'alta pianura (che include i primi 11 WB, dalla sorgente alla confluenza del f. Sesia, prog. km 0-199); ambito di transizione (che aggruppa i WB 12, 13 e 14, delimitati a monte dalla foce del fiume Sesia e a valle dall'immissione del f. Ticino, prog. km 199-269); ambito della bassa pianura (cui sono ricondotti gli ultimi 7 WB del Po, dal WB 15 al WB 21, demarcati dall'immissione del f. Ticino a monte e dall'incile del Po di Goro a valle, prog. km 269-604).

Quanto alle procedure di monitoraggio, i risultati della caratterizzazione dell'asta fluviale hanno sottolineato la necessità di implementare le conoscenze su processi e funzioni associabili ai caratteri idro-geomorfologici e alle tendenze evolutive (1), all'uso del suolo (2), alla componente naturale (3) e alla qualità chimico-fisica delle acque (4). I monitoraggi di base (sorveglianza e ordinario) prevedono l'acquisizione di dati utili all'analisi di alcuni di questi comparti (in particolare flora acquatica e morfologia, cfr. Tab. VIII). Si ritiene necessario, comunque, dato il basso



Tab. VIII. Programmi di intervento WB specifici (OB: obiettivi specifici; AP: azioni prioritarie) (si riporta il giudizio di assetto ecologico complessivo, AE; secondo la classi di qualità della WFD; per approfondimenti si rimanda ad ADB PO, 2009b) (in grigio chiaro le azioni prioritarie da attuare indistintamente su tutto il tratto interno del fiume Po).

livello informativo disponibile per il bacino idrografico padano, apprestare un piano di monitoraggio "straordinario" da associare a quanto viene operativamente suggerito dalla WFD. Il perseguimento degli obiettivi di qualità richiede, di fatto, il monitoraggio delle tendenze evolutive delle unità naturaliformi e artificiali dell'alveo attivo e della fascia di mobilità laterale e del grado di emerobia delle biocenosi. In tale ottica, le indagini relative alle comunità vegetazionali non si debbono limitare alle sole macrofite: appare indispensabile caratterizzare tutte le comunità (di habitat elofitici, ripari e retroripari) evolutivamente connesse ai processi fluviali. All'analisi delle tendenze evolutive degli elementi costitutivi del sistema fluviale (*bankfull* e *floodplain*) e delle biocenosi che li colonizzano, va accoppiata la definizione di una rete di monitoraggio di indagine quali-quantitativo delle acque del fiume in concomitanza con eventi estremi (fenomeni di piena catastrofica o di magra estrema). La Tab. VIII illustra, inoltre, la territorializzazione e la frequenza delle azioni di monitoraggio straordinario; tali indicazioni hanno valore unicamente indicativo (richiederanno una successiva fase di approfondimento e verifica nel corso della redazione del piano di gestione del distretto idrografico padano come previsto dalla WFD) e sono state proposte sulla base delle evidenze emerse nel corso delle analisi delle pressioni e dello stato.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Il fiume Po si presenta in uno stato di conservazione assai lontano dagli obiettivi imposti dalla WFD; ben 10 WB rivelano almeno un descrittore in stato pessimo e, quindi, vanno considerati essi stessi in stato pessimo, una condizione che difficilmente potrà essere recuperata entro il 2015. Tale evidenza non deve limitare l'impegno di progettazione ed esecuzione di interventi necessari per la protezione della risorsa idrica e per un suo utilizzo coerente con gli obiettivi della WFD. Il piano di gestione deve concorrere, di fatto, a ripristinare le condizioni funzionali dei WB superficiali e a preservarne le aree protette nell'intento di ricostruire l'originaria continuità fluviale (in ottica multidimensionale e funzionale, secondo un approccio eco-idrologico; cfr. ZALEWSKI *et al.*, 1997; ZALEWSKI, 2000).

Recentemente NARDINI *et al.* (2008) hanno chiarito le possibili distorsioni valutative implicitamente connesse alla procedura valutativa *OO-AO*, proponendo in alternativa l'utilizzo di approcci compensativi basati sull'applicazione di Funzioni di Valore che prevedono la possibilità di individuare coefficienti di ponderazione che possono moderare l'eccessiva severità dei giudizi di qualità. In base all'importanza relativa dei diversi attributi nel descrivere e rappresentare il livello di alterazione strutturale e funzionale di un WB, è possibile, infatti, costruire una matrice di ponderazione dei

diversi descrittori in modo da compensare la performance negativa di un solo descrittore tra quelli utilizzati nella procedura di indicizzazione. Una classificazione dei WB unicamente basata sullo stato di conservazione delle biocenosi può rivelarsi, per altro, fuorviante. Le comunità biologiche rispondono ad una pluralità di fattori ambientali: all'interno dei sistemi lotici dei contesti temperati europei esse sono caratterizzate da un'intrinseca predisposizione alla degradazione imputabile al fenomeno delle invasioni biologiche e/o al cambiamento climatico, fattori che possono favorire la destrutturazione delle comunità anche in contesti ambientali di pregio o ad elevato grado di conservazione funzionale. Alla luce di queste riflessioni, diventa essenziale promuovere programmi di ricerca e monitoraggio che consentano di colmare almeno in parte le amplissime lacune che ancora connotano il quadro conoscitivo presente su strutture, dinamiche e funzioni dell'ecosistema fluviale Po. L'assunzione di questa priorità può concorrere anche a limitare le deformazioni determinate dall'applicazione di procedure valutative che possono apparire eccessivamente rigide.

Lo stato di profondo disequilibrio morfologico in cui versa attualmente il Po, a partire dalla tipologia montana (tipologia 1, WB 1), impone una riflessione approfondita sulla rinegoziazione delle concessioni e sulla definizione di regimi di deflusso capaci di garantire la conservazione delle funzioni ecologiche del fiume e delle biocenosi che lo popolano. A questo riguardo, si rileva frequentemente un erroneo utilizzo semantico del concetto di deflusso minimo vitale (DMV, in altre parole "la minima quantità d'acqua fluente presente in alveo necessaria a consentire il perpetuarsi della comunità biologica"). Da più parti il DMV viene considerato come la portata utile a garantire la funzionalità di un corpo idrico lotico; esso rappresenta, in realtà, la portata al di sotto della quale possono innescarsi processi degenerativi irreversibili a carico delle biocenosi fluviali. Garantire il rilascio del DMV a valle di una captazione non può essere considerato, dunque, lo strumento gestionale capace di risolvere le "inefficienze e le criticità legate alla gestione delle risorse idriche ed allo stato qualitativo" dei sistemi fluviali (da Allegato 14, PTUA, REGIONE LOMBARDIA, 2006). L'inclusione, tra le variabili chiave per la definizione del DMV, di parametri di qualità ambientale e funzionalità ecosistemica (non solo quelli riferiti al comparto biologico), potrebbe consentire il superamento dei limiti concettuali ed operativi connessi all'applicazione standardizzata dei "quadri di riferimento unitario" elaborati ad oggi per il calcolo del DMV.

L'analisi dei descrittori di pressione e di stato e i risultati dell'applicazione dell'analisi a criteri multipli hanno permesso di prefigurare un sistema organico di azioni finalizzate al raggiungimento degli obiettivi della WFD. Le forme prevalenti di degrado ecosistemico-funzionale del Po rimarcano la pressante necessità di intervenire precipuamente a carico dei fattori abiotici. Si rileva l'esigenza di ricostituire la "continuità fluviale longitudinale" (obiettivo prioritario a4) attraverso "l'adeguamento delle opere di presa in alveo in ottica eco-idrologica" (a4a) e la "realizzazione di rampe per la risalita dell'ittiofauna" (a4b). Il tronco occidentale del fiume, in particolare, è caratterizzato dalla presenza della quasi totalità dei punti di discontinuità funzionale indotti dalla presenza di opere di difesa e presa in alveo e richiede, perciò, la progettazione ed esecuzione di interventi tesi a minimizzare la frammentazione indotta dalle cesure longitudinali alla continuità fluviale. Per i WB posti a valle della confluenza del f. Sesia (prog. km 199), i piani d'azione devono prevedere interventi finalizzati prevalentemente al miglioramento della "configurazione morfologica" (obiettivo prioritario a5) e al recupero di elementi di naturalità nei contesti golenali (obiettivi prioritari b1 e b2: "artificialità delle coperture" e "sistema delle aree umide laterali"). Questi obiettivi sono di rilievo essenziale per i segmenti del tronco centrale del fiume, corrispondente al macro-tratto di transizione, ove si prevede di intervenire con azioni mirate a: "recupero funzionale e ripristino ambientale delle aree di cava" (b1a); "riattivazione delle forme fluviali relitte con TR< 10/15 anni" (b2a); "ricostruzione dei micro-habitat acquatici retro-ripariali" (b2b); "ricostruzione della continuità delle fasce laterali boscate" (b1b); "adeguamento delle pratiche agro-zootecniche e produttive in ambito golenale (buone pratiche agricole)" (b1c). Il tronco orientale del Po, posto a valle della confluenza del f. Ticino (prog. km 269), include i WB caratterizzati dallo stato peggiore di conservazione, che si manifesta anzitutto nella profonda disconnessione tra l'alveo attivo e la fascia di mobilità laterale associata. Qui si rendono necessari interventi diretti a ridurre la "vulnerabilità dell'ecosistema fluviale ai carichi diffusi" (obiettivo prioritario b3), mediante "l'uso generalizzato di ecosistemi-filtro" (b3a) e il "recupero funzionale del reticolo idrografico artificiale" (b3b), e inoltre interventi mirati al recupero della naturalità dell'ambito golenale (obiettivo prioritario b1) e alla valorizzazione delle biocenosi naturali (obiettivi prioritari b4 e b5) (Tab. VII). Quanto al livello di protezione, l'analisi della struttura della rete Natura 2000 insistente sulle fasce A e B PAI del Po in questo tronco evidenzia la necessità di armonizzare le scelte vincolistiche operate dalle singole regioni interessate per passare alla progettazione e realizzazione di una più coerente rete ecologica fluviale.

Ringraziamenti

Il presente progetto è stato finanziato dall'Autorità di bacino del fiume Po.

BIBLIOGRAFIA

AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO, 2001. Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI). Parma.

AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO, 2006. Caratteristiche del bacino del fiume Po e primo esame dell'impatto ambientale delle attività umane sulle risorse idriche. Parma.

AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO, 2007. Aggiornamento delle analisi morfologiche e del bilancio del trasporto solido dell'asta del fiume Po, dalla confluenza dello Stura di Lanzo all'incile del Delta (2002-2005) e report di valutazione. Parma.

AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO, 2009a. Monitoraggio dell'ittiofauna e redazione della Carta ittica del fiume Po. Parma.

AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO, 2009b. Valutazione dell'assetto ecologico del fiume Po. Parma.

ALESSANDRINI A., BONAFEDE F., 1996. Atlante della flora spontanea protetta della Regione Emilia-Romagna. Regione Emilia-Romagna, Servizio Paesaggio, Parchi e Patrimonio naturale. Bologna.

BOLDREGHINI P. 1993. Uccelli e Mammiferi del bacino del Po: stato delle conoscenze, problemi e misure di conservazione. *Aqua-Aria*, **7**: 721-726.

BOLPAGNI R., SPOTORNO C., GUALMINI M., GALLANI P., BODINI A., MORONI F., FERRARI I., 2009. Progetto di fattibilità per la gestione conservativa del fiume Po: individuazione delle tipologie fluviali. *Studi Trent. Sci. Nat.*, **86**: 11-15.

BUFFAGNI, A., KEMP J.L., ERBA S., BELFIORE C., HERING D., MOOG O., 2001. A Europe wide system for assessing the quality of rivers using macroinvertebrates: the AQEM project and its importance for southern Europe (with special emphasis on Italy). *J. Limnol*., **60** (suppl.1): 39-48.

BUFFAGNI A., MUNAFÒ M., TORNATORE F., BONAMINI I., DIDOMENICANTONIO A., MANCINI L., MARTINELLI A., SCANU G., SOLLAZZO C., 2006. Elementi di base per la definizione di una tipologia per i fiumi italiani in applicazione della Direttiva 2000/60/EC. *Not. metodi analit. Ist. Ric. Acque*, Dicembre: 2-19.

CASALE F., 2000. Cause di perdita e di degrado delle zone umide in Europa. In: Atti Conv. Zone umide d'acqua dolce, Tecniche e strategie di gestione della vegetazione palustre. Regione Lombardia e Comune di Ostiglia. *Quad. Ris. Nat. Paludi di Ostiglia*, **1**: 21-28.

CORENBLIT D., TABACCHI E., STEIGER J., GURNELL A.M., 2007. Reciprocal interactions and adjustments between fluvial landforms and vegetation dymanics in river corridors. A review of complementary approaches. *Earth-Science Reviews*, **84**: 56-86.

VAN DELFT A., NIJKAMP P., 1977. Multi-Criteria Analysis and Regional Decision-Making. Springer, New York .

FARIOLI C., PILERI P., ASSINI S., 2007. Progetto di rinaturazione delle fasce fluviali del Fiume Po. *Alberi e Territorio*, **7/8**: 17-23.

FERRARI I., VIGLIOLI S., VIAROLI P., ROSSETTI G., 2006. The impact of the drought event of summer 2003 on the zooplankton of the Po River (Italy). *Verh Internat Verein Limnol.*, **29**: 2143-2149

GOVI M., TURITTO O., 1993. Processi di dinamica fluviale lungo l'asta del Po. *Acqua-Aria*, **6**: 575-588.

GURNELL A., PETTS G., 2006. Trees as riparian engeneers: The Tagliamento River, Italy. *Earth Surface Processes and Landforms*, **31**: 1558-1574.

JANSSEN R., VAN HERWIJNEN M., 2003. DEFINITE - a system to support decisions on a finite set of alternatives. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht.

JUNK W.J., BAYLEY P.B., SPARKS R.E., 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci*., **106**: 110-127.

JUNK W.J., WANTZEN K.M., 2004. The Flood Pulse Concept: new aspects, approaches and applications, an upadate. In R.L. Welcomme, and T. Petr (eds.): Proceedings of the Second International Symposium on the Management of Large Rivers for Fisheries: Vol. 2. Food and Agriculture Organization & Mekong River Commission. FAO Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok: 117-140 pp.

MALCEVSCHI S., 1993. Scenari ecosistemici di riferimento per il sistema fluvio-golenale del fiume Po e dei suoi principali affluenti. *Acqua Aria*, **7**: 790-794.

MARCHETTI R., 1993. Quadro di sintesi. *Acqua e Aria*, **7**: 775-789.

NAIMAN R.J., DÉCAMPS H., 1997. The ecology of interfaces, riparian zones. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **28**: 621-658.

NARDINI A., SANSONI G., SCHIPANI I., CONTE G., GOLTARA A., BOZ B., BIZZI S., POLAZZO A., MONACI M., 2008. Problemi e limiti della Direttiva Quadro sulle Acque. Una proposta integrativa: FLEA (FLuvial Ecosystem Assessment). *Biologia Ambientale*, **22** (2): 3-18.

PASCALE M., PEROSINO G.C., ZACCARA P., 2005. Idrobiologia e popolazioni ittiche degli ecosistemi fluviali nei parchi naturali regionali e portate idriche minime per la tutela dei corsi d'acqua. INTERREG IIIA 2000-2006 Progetto Aqua. Regione Piemonte, 77 pp.

PETTS G.E., AMOROS C., 1996. Fluvial Hydrosystems, Chapman and Hall, London.

POFF N.L., ALLAN J.D., BAIN M.B., KARR J.R., PRESTERGAARD K.L., RICHTER B.D., SPARKS R.E., STROMBERG J.C., 1997. The natural flow regime, *Bioscience*, **47**: 769-781.

REGIONE LOMBARDIA, 2006. Programma di Tutela e Uso delle Acque.

ROSSARO B., 1993. La fauna della Padania: considerazioni sui popolamenti a macroinvertebrati. *Acqua-Aria*, **7**: 705- 713.

TOWNSEND C.R., 1989. The patch dynamics concept of stream community ecology. *Journal of the North American Benthological Society*, **8**: 36-50.

VANNOTE R.L., MINSHALL G.W., CUMMINS K.W., SEDELL K.R., CUSHING C.E., 1980. The River Continuum Concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **37**: 130-137.

VOOGD H., 1983. *Multicriteria Evaluation for Urban and Regional Planning*. Taylor & Francis, Londra.

WARD J.V., 1989. The four-dimensional nature of lotic ecosystems. *Journal of the North American Benthological Society*, **8**: 2-8.

WARD J.V., 1998. Riverine landscapes: biodiversity patterns, disturbance regimes, and aquatic conservation. *Biological Conservation*, **83**: 269-278.

WASSON J.W., CHANDESRIS A., GARCIA-BAUTISTA A., VILLENEUVE B., 2007. Relationships between ecological and chemical status of surface waters. European Hydro-Ecoregions. EU 6th Framework Programme Contract No. SSPI-CT -2003-502158, Cemagref, Lyon.

WFD Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC) N.° 5, 2003a. Rivers Transitional and coastal waters. Typology, reference conditions and classification systems. Published by the Directorate General Environment of the European Commission, Brussels. ISBN 92-894-5125-4, ISSN 1725-1087.

WFD Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC) N.° 7, 2003b. Monitoring under the Water Framework Directive. Published by the Directorate General Environment of the European Commission, Brussels. ISBN 92-894-5127-0, ISSN 1725-1087.

WFD Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC) N.° 10, 2003c. Rivers and Lakes - Typology, Reference Conditions and Classification Systems. Published by the Directorate General Environment of the European Commission, Brussels. ISBN 92-894-5614-0, ISSN 1725-1087.

ZALEWSKI, M., JANAUER, G.S., JOLANKAI G., 1997. Ecohydrology – A new Paradigm for the Sustainable Use of Aquatic Resources. International Hydrological Programme UNESCO. Tec. Doc. On Hydr. No 7, Paris, 58 pp.

ZALEWSKI, M. 2000. Ecohydrology - the scientific background to use ecosystem proprieties as management tools toward sustainability of water resources. Guest Editorial. *Ecological Engineering*, **16**: 1-18.

ZANCHETTIN D., TRAVERSO P., TOMASINO M., 2008. Po River discharges: a preliminary analysis of a 200-year time series. *Earth-and-environmental-science*, **89**: 411-433.