

Gli invasi ad uso idroelettrico del Piemonte: normativa per una gestione sostenibile

Anna Marino^{1,2*}, Alberto Doretto^{2,3}, Elisa Falasco^{1,2}, Luca Ridolfi^{2,4}, Stefano Fenoglio^{1,2}, Francesca Bona^{1,2}

1 DBIOS, Università di Torino, Via Accademia Albertina 13, I- 10123 Torino, Italia

2 ALPSTREAM – Centro per lo studio dei fiumi alpini, I-12030 Ostana, Italia

3 DISIT, Università del Piemonte Orientale, Viale Teresa Michel 11, I-15121 Alessandria, Italia

4 DIATI, Politecnico di Torino, Corso Duca degli Abruzzi 24, I- 10129 Torino, Italia

* Referente per la corrispondenza: anna.marino@unito.it

Pervenuto il 18.4.2021; accettato il 29.6.2021

Riassunto

Negli ultimi decenni c'è stato un incremento delle acque invase per uso energetico. Il Piemonte è uno dei maggiori produttori in Italia di idroelettrico. Questo tipo di energia è preziosa e rinnovabile ma è urgente una gestione molto più sostenibile (da un punto di vista ambientale) degli impianti esistenti. Questo è possibile solo attraverso la formulazione e l'attuazione di un piano di monitoraggio ambientale in particolare biologico, che valuti gli impatti sulle componenti ecologiche significative. L'articolo presenta una sintesi degli impatti, delle pressioni sui corpi idrici derivati e delle possibili mitigazioni, all'interno del quadro normativo presente, con un focus regionale sul Piemonte, al fine di redigere un piano di monitoraggio efficace.

PAROLE CHIAVE: idroelettrico/ gestione sostenibile/ piani di monitoraggio ambientale biologico/ fiumi alpini

Abstract

In recent decades there has been an increase in the amount of water stored for energy use. Piemonte is one of the largest producers in Italy of hydroelectricity. This type of energy is precious and renewable but a much more sustainable management (from the environmental point of view) of existing hydropower plant is urgent. This is possible only through the formulation and implementation of environmental monitoring plans, in particular considering ecological aspects, which allows the impacts that insist on the significant ecological components to be evaluated. The aim of this paper is to summarise, with a focus on Piemonte, within the current regulatory framework, the possible impacts and mitigation actions for the protection of the waterbodies, in view of the drawing up of an efficient biological environmental monitoring plan.

KEY WORDS: hydroelectricity / sustainable management / biological environmental monitoring plan / alpine streams

INTRODUZIONE

Le Alpi sono la riserva d'acqua dolce più consistente d'Europa. Tuttavia, l'interferenza delle attività umane e il riscaldamento globale hanno messo a rischio tale risorsa e gli ecosistemi che la contengono, con le loro peculiari biodiversità e funzionalità ecologiche. Per secoli, ma soprattutto negli ultimi

decenni, le attività umane hanno esercitato pressioni sull'ambiente fluviale alpino, influenzandone le condizioni chimico-fisiche, modificandone in buona misura i caratteri morfologici ed il regime idrologico naturale. Quasi tutti i bacini fluviali europei sono fortemente interessati dalle attività dell'uomo e tra

quelle che maggiormente incidono sulle alterazioni idro-morfologiche vi sono le opere che comportano la creazione di bacini artificiali per uso idroelettrico, irriguo e di protezione dal rischio idraulico. In particolare, l'idroelettrico gioca un ruolo chiave in tutto l'arco alpino, sia nei grandi impianti che in quel-

li piccoli. La produzione di energia elettrica ha permesso di soddisfare un consistente fabbisogno e tuttora fornisce un importante contributo alla produzione elettrica nazionale. In particolare le energie rinnovabili coprono il 28% del fabbisogno italiano e di questo il 16% viene prodotto dall'idroelettrico (Terna, 2018). I maggiori produttori sono rappresentati dalle regioni del nord Italia: rispetto al totale della produzione data da fonti rinnovabili, la quota dell'idroelettrico vale il 70% in Piemonte, il 98% in Valle D'Aosta, il 60% in Lombardia, il 52% in Veneto, il 92% in Trentino Alto Adige e il 55% nel Friuli Venezia Giulia (Terna, 2018).

L'idroelettrico sfrutta quindi molte delle acque dei fiumi alpini. Quasi tutti i grandi impianti sono stati costruiti nel secolo scorso. Le installazioni più recenti sono esclusivamente ad acqua fluente, con potenza inferiore a 1 MW e producono solo il 2% dell'energia elettrica complessiva consumata in Italia (Terna, 2018). Poiché lo spazio a disposizione per la realizzazione di nuovi grandi impianti è molto ridotto, nei prossimi anni l'interesse sarà orientato soprattutto alla manutenzione dei grandi impianti, in modo da fronteggiare la diminuzione della loro efficienza; diminuzione avente diverse ragioni, tra le quali il progressivo interrimento dei serbatoi.

A seconda degli impianti e della conformazione del territorio, la produzione di energia idroelettrica causa modifiche che possono variare dalla canalizzazione dei piccoli torrenti a grandi sbarramenti, dighe e bacini artificiali. A causa dell'elevato potenziale idroelettrico presente nelle Alpi, da un lato, e del valore di biodiversità, ecosistema e paesaggio dall'altro, la costruzione di nuovi impianti spesso fa emergere il conflitto tra l'uso di fonti rinnovabili e la difesa degli ecosi-

stemi acquatici. Non solo è messa in pericolo l'integrità ecologica dei fiumi alpini di maggior dimensione, ma anche i corsi d'acqua minori sono minacciati. Sebbene i piccoli impianti (mini idro) provochino alterazioni limitate, la tendenza alla loro proliferazione sin quasi alle sorgenti rappresenta un pericolo ecologico importante (Ridolfi *et al.*, 2011). Guardando all'intero sistema fluviale alpino, la scala e le entità degli impatti risultano quindi molto rilevanti.

Tra i maggiori impatti che l'idroelettrico esercita sui fiumi alpini, sicuramente l'alterazione del regime dei sedimenti occupa un posto di rilievo. Infatti, l'accumulo e il rilascio di sedimento fine a seguito di svasi dovuti a manutenzione ordinaria e straordinaria generano spesso impatti ambientali sia cronici che acuti. In particolare, le operazioni di pulizia e manutenzione degli invasi prevedono il rilascio di ingenti quantità di solidi sospesi che, depositando nei tratti a valle, provocano una completa alterazione dell'alveo fluviale interessato. Appare dunque necessaria una gestione sostenibile di tali impatti. Ciò è possibile solo attraverso la formulazione e l'attuazione di un piano di monitoraggio biologico, che valuti gli impatti che insistono sugli Elementi di Qualità Biologica e che abbia alla base un quadro normativo chiaro.

ASSETTO NORMATIVO

L'energia idroelettrica svolge un ruolo fondamentale nell'attuazione della direttiva sulle energie rinnovabili e nel raggiungimento degli obiettivi energetici dell'Unione Europea (UE) per il 2020-2030. Al pari di ogni altra attività di sfruttamento idrico, la produzione idroelettrica deve rispettare le disposizioni della normativa ambientale dell'UE adottate al fine di proteggere e rinaturalizzare i fiumi

e i laghi europei. Tali disposizioni sono contenute nella direttiva quadro Acque (2000/60/CE), nella direttiva Alluvioni (2007/60/CE), nelle direttive Uccelli (2009/147/CE) e Habitat (92/43/CEE), nonché nelle direttive sulla valutazione dell'impatto ambientale-VIA e sulla valutazione ambientale strategica-VAS, come evidenziato nella Comunicazione della Commissione «Guida alla produzione di energia idroelettrica nel rispetto della normativa UE sulla tutela della natura», 2018/C 213/01.

Tali direttive sono state recepite in Italia, in connessione con la normativa in materia di dighe. Le principali norme sono elencate nella Tab. I e descritte di seguito.

Le norme di carattere regolamentare e amministrativo riguardano i seguenti aspetti: classificazione delle dighe; definizione delle grandezze geometriche; caratteristiche; iter di approvazione dei progetti; adempimenti del concessionario/gestore. Appartengono a questo gruppo le seguenti norme: Regolamento dighe di cui al D.P.R. 1° novembre 1959, n. 1363 (di cui sopravvive la prima parte, contenente norme generali per la progettazione, costruzione ed esercizio) e diverse disposizioni successive emanate a integrazione del Regolamento medesimo. In particolare: la Circolare Min. LL.PP. 28 agosto 1986, n. 1125; la Circolare Min. LL.PP. 4 dicembre 1987, n. 352; la Legge 21 ottobre 1994, n. 584; la Circolare P.C.M. 13 dicembre 1995, n. DSTN/2/22806;

Tra le norme tecniche che integrano le norme di carattere generale si annoverano: le Norme tecniche di cui al Decreto Min. II.TT. 26 giugno 2014, e le precedenti Norme tecniche di cui al Decreto Min. LL.PP. 24 marzo 1982, sostituite dalle norme del 2014 ma ancora oggi applicabili limitatamente alle dighe in costruzione già inizia-

te o con lavori già affidati, nonché ai progetti definitivi o esecutivi già approvati prima dell'entrata in vigore delle norme 2014.

Alle disposizioni normative predette se ne aggiungono altre che disciplinano l'attività dell'Autorità tutoria nazionale (prima Servizio Nazionale Dighe, poi Registro Italiano Dighe, oggi Direzione Dighe del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti) oppure impartiscono direttive ai fini di protezione civile o di carattere ambientale. Queste ultime sono presenti, nel Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 anche detto "Testo Unico Ambientale" in particolare nell'art. 114 che disciplina le regioni in materia di restituzione delle acque usate per la produzione dell'idroelettrico. Inoltre "al fine di assicurare il mantenimento della capacità di invaso e la salvaguardia sia della qualità dell'acqua invasata sia del corpo ricettore, le operazioni di svasso, sghiaimento e sfangamento delle dighe sono effettuate sulla base di un progetto di gestione di ciascun invaso. Il progetto di gestione è finalizzato a definire sia il quadro previsionale di dette operazioni connesse con le attività di manutenzione da eseguire sull'impianto, sia le misure di prevenzione e tutela del corpo ricettore, dell'ecosistema acquatico, delle attività di pesca e delle

risorse idriche invasate e rilasciate a valle dell'invaso durante le operazioni stesse. I criteri per la redazione del progetto di gestione (o Piano di Gestione) degli invasi sono stati stabiliti dal Decreto Ministeriale 30 giugno 2004.

La normativa italiana, in materia di dighe, di carattere ambientale e con particolare attenzione alla tutela degli ecosistemi acquatici, è inserita nell'ambito di norme riferite al distretto idrografico, tra le quali: 1) il Piano di Tutela delle Acque individua e caratterizza come fortemente modificati i fiumi sui quali vi è uno sbarramento, che subiscono significativi cambiamenti fisici e/o idrologici fino a rendere il tratto a monte dello sbarramento assimilabile a un ecosistema lacustre. Inoltre, all'interno del bilancio idrico finalizzato alla tutela quantitativa e qualitativa della risorsa, in modo da consentire un consumo idrico sostenibile e da concorrere al raggiungimento degli obiettivi di qualità ambientale (art. 145, comma 1 del dlgs. 152/06 e s.m.i.; DM 28/07/2004), viene data una grande importanza agli invasi, ritenuti fondamentali per il riequilibrio del bilancio idrico; 2) il Piano di Gestione del distretto idrografico del fiume Po (PdG Po) è stato redatto ai sensi della legge 27 febbraio 2009 n. 13 e in attuazione della direttiva 2000/60/

CE, a partire dai Piani di Tutela regionali delle acque. Si propone i seguenti obiettivi: (i) impedire un ulteriore deterioramento, proteggere e migliorare lo stato degli ecosistemi acquatici, (ii) agevolare un utilizzo idrico sostenibile (grande rilievo viene dato agli invasi), (iii) proteggere e migliorare l'ambiente acquatico, attraverso misure specifiche per la graduale riduzione degli scarichi, delle emissioni e delle perdite di sostanze prioritarie, (iv) assicurare la graduale riduzione dell'inquinamento delle acque e contribuire a mitigare gli effetti delle inondazioni e della siccità.

Nonostante gli sforzi significativi fatti finora nel distretto padano, l'attuazione di quanto programmato nel PdG Po rappresenta una sfida alquanto impegnativa; per tale ragione l'attuazione di norme regionali ne garantiscono una maggiore integrazione. In particolare per la regione Piemonte, la Legge regionale 6 ottobre 2003, n. 25 "Norme in materia di sbarramenti fluviali di ritenuta e bacini di accumulo idrico di competenza regionale", abrogando le leggi regionali 11 aprile 1995, n. 58 e 24 luglio 1996, n. 49, disciplina la costruzione, l'esercizio e la vigilanza degli sbarramenti di ritenuta e relativi bacini di accumulo secondo le attribuzioni trasferite alle regioni (art. 1, comma 1 del L.R.

Tab. I. Regolamentazioni, leggi e decreti in materia di dighe

Normativa nazionale	Distretto idrografico Po	Normativa regione Piemonte
<ul style="list-style-type: none"> - D.P.R. 1° novembre 1959, n. 1363; - Circolare Min. LL.PP. 28 agosto 1986, n. 1125; - Circolare Min. LL.PP. 4 dicembre 1987, n. 352; - Decreto Min. II.TT. 26 giugno 2014; - Legge 21 ottobre 1994, n. 584; - Circolare P.C.M. 13 dicembre 1995, n. DSTN/2/22806; - Decreto Min. II.TT. 26 giugno 2014; - Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 anche detto "Testo Unico Ambientale". 	<ul style="list-style-type: none"> - Piano di Tutela delle Acque; - Piano di Gestione del distretto idrografico del fiume Po (PdG Po) 	<ul style="list-style-type: none"> - Legge regionale 06 ottobre 2003, n. 25: Norme in materia di sbarramenti fluviali di ritenuta e bacini di accumulo idrico di competenza regionale; - Regolamento regionale 9 novembre 2004, n. 12/R; Regolamento regionale n. 1/R del 29 gennaio 2008.

25/2003). Tale legge viene attuata dal Regolamento regionale 9 novembre 2004, n. 12/R che tratta le classificazioni, esclusioni e valutazione del rischio degli sbarramenti fluviali. Questo regolamento è stato successivamente integrato con il Regolamento regionale n. 1/R del 29 gennaio 2008 dove vengono date le definizioni di invaso, sfangamento o sghiaimento, spurgo e svaso. Inoltre definisce le modalità e le prescrizioni sia tecniche che di monitoraggio ambientale (Tab. II) per le operazioni di svaso o sfangamento e spurgo che vengono descritte all'interno del Piano di Gestione. Le linee guida per la valutazione e il monitoraggio della compatibilità ambientale degli impianti idroelettrici con l'ecosistema fluviale sono invece state approvate dal D.G.R. 16 Marzo 2015, n. 28-1194.

RUOLO DEI PIANI DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

Alterando il regime idrologico nel corso d'acqua, queste opere causano impatti notevoli sui corpi idrici che vengono sbarrati per la loro costruzione. Le principali conseguenze di questi sbarramenti sono: variazioni della morfologia dei fiumi e degli habitat fluviali, barriere alla migrazione e alla distribuzione delle specie ittiche, perturbazione delle dinamiche di sedimentazione, variazioni della portata fluviale, dei cicli alluvionali stagionali, dello stato chimi-

co e della temperatura dell'acqua, fermenti e mortalità della fauna selvatica, spostamento e perturbazione dei cicli vitali delle specie più sensibili, effetti sugli habitat e sulle specie terrestri (Commissione europea, 2018). Quindi le dighe possono avere un impatto significativo sugli ecosistemi lotici, alterando i regimi idrologici e i processi evolutivi naturali (Van Cappellen e Maavara, 2016; Arheimer *et al.*, 2017). Gli sbarramenti interrompono i meccanismi naturali di dispersione degli organismi acquatici, causando l'isolamento delle popolazioni e la scomparsa della fauna migratoria (Olden, 2015); trasformano gli habitat lotici a monte in ambienti lentici, con un forte impatto sulla composizione strutturale e funzionale delle cenosi acquatiche (Guareschi *et al.*, 2014; Rothenberger *et al.*, 2017) e interrompono il trasporto a valle dei sedimenti. Inoltre, la qualità dell'acqua rilasciata dagli invasi è spesso alterata dal punto di vista fisico-chimico. Generalmente queste opere intrappolano tutto il trasporto solido di fondo (ghiaia e sabbia grossolana) e gran parte di quello in sospensione, inducendo effetti dannosi su molti processi naturali (Brandt, 2000). A monte dello sbarramento questo provoca una perdita di eterogeneità del substrato causata dalla trasformazione dell'ambiente lotico in lenticico, che non permette la deposizione delle uova da parte dei pesci e

una variazione nelle biocenosi che vivono negli interstizi e sul letto del fiume. Invece a valle dello sbarramento il sedimento fine ostacola gli scambi di ossigeno tra il fondo e la colonna d'acqua, provocando condizioni di anossia, ostruisce e provoca abrasioni sugli apparati respiratori degli organismi.

Per gestire in modo sostenibile un invaso idroelettrico, diventa cruciale redigere un Progetto di Gestione che tenga conto dei possibili impatti e del monitoraggio dell'opera. Le operazioni di svaso, sghiaimento e sfangamento delle dighe, infatti, devono essere effettuate sulla base di progetti di gestione specifici per ciascun invaso, al fine di assicurare il mantenimento della capacità d'invaso e la salvaguardia della qualità dell'acqua invasata e del corpo idrico recettore, nonché per garantire il funzionamento degli organi di scarico e presa dello sbarramento (D.Lgs. 152/2006, DM 30/6/2004). Questo è possibile attraverso la redazione, al suo interno, di un Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA), che descriva in maniera dettagliata strumenti, tempistiche, indici e indicatori necessari per dare un quadro della situazione ante-operam, in corso d'opera e post-operam. Dall'analisi dell'attuale letteratura grigia è emersa la presenza di innumerevoli parametri da monitorare, che per semplicità suddividiamo in quattro gruppi: 1) elementi idro-morfolo-

Tab. II. Schema cronologico per il rilevamento dei parametri idrologici, chimici fisici e biologici nel corso d'acqua recettore dell'invaso a valle dello sbarramento. (Artt. 21 quinquies e 21 sexies del Regolam. Reg. Piemonte 1/2008, allegato B bis).

	Prima dell'operazione	Durante l'operazione	Entro 3-4 settimane dal termine dell'operazione	7 giorni dopo il termine dell'operazione	4 mesi dall'operazione
Portata rilasciata (m ³ /s)		x			
Misura dell'ossigeno disciolto e dei solidi sospesi		x		x	
a) Monitoraggio del macrobenthos e delle eventuali componenti biologiche aggiuntive	x		x		x

gici; 2) elementi chimico-fisici; 3) monitoraggio delle portate; 4) monitoraggio biologico. Per quest'ultima categoria, è previsto il monitoraggio degli elementi biologici di qualità (EQB) che si configura come un monitoraggio d'indagine e la cui frequenza può essere anche superiore rispetto a quella prevista dai monitoraggi biologici periodici previsti dalla direttiva quadro acque (ARPA Lombardia, 2020).

Risultano sensibili alla tipologia di pressione che insistono sui corpi idrici recettori dell'opera i seguenti EQB:

1) *Macroinvertebrati*; premesso che i periodi di campionamento adatti sono legati al tipo fluviale in esame e alla stagionalità di impatti e o pressioni, quelli migliori sono la fine dell'inverno (febbraio/marzo), la tarda primavera (maggio) e la tarda estate (settembre). Questo perché la maggior parte delle popolazioni di invertebrati bentonici è soggetta a cicli stagionali e il ripetersi del campionamento dei tre periodi permette di definire un quadro completo della composizione della comunità biologica (ARPA Lombardia, 2020). Il campionamento dei macroinvertebrati dovrà esser sempre previsto in quanto ritenuto il più sensibile alla pressione di tipo idrologico e morfologico (ARPA Veneto, 2017).

2) *Macrofite*; il loro campionamento può esser considerato facoltativo per i fiumi che ricadono nelle idroecoregioni alpine e per i fiumi grandi e molto grandi (ARPA Veneto, 2017).

3) *Fauna ittica*; il campionamento ittico non deve interferire con il periodo riproduttivo delle specie presenti nel corso d'acqua (ARPA Lombardia, 2020). Poiché i grandi invasi sono localizzati nelle aree alpine e montane, sicuramente la maggior attenzione dovrà essere rivolta al periodo riproduttivo

dei Salmonidi. Si consiglia lo studio della composizione biologica in termini di ricchezza, abbondanza e struttura in classi d'età.

4) *Diatomee*; gli indici attualmente disponibili non sono stati elaborati per valutare gli impatti di tipo fisico. Sarebbe opportuno testare nuove metriche tra cui quelle di tipo funzionale come la clorofilla bentonica e le *guilds* ecologiche.

Altri elementi biologici possono esser presi in considerazione in rapporto a particolari caratteristiche dell'opera e sito-specifiche del tratto di corpo idrico interessato (ARPA Lombardia, 2020). Qualora dalle indagini si accertino modificazioni delle comunità sensibili, è opportuno indicare modalità e tipologie di interventi che si intendono mettere in atto (ARPA Toscana, 2009).

CRITICITÀ E POSSIBILI SOLUZIONI

Nella gestione sostenibile di dighe o traverse usate a scopo idroelettrico è fondamentale stilare un PMA biologico, che abbia lo scopo di verificare le condizioni ambientali di riferimento, utili per un confronto nelle fasi successive del monitoraggio (condizioni ante-operam). Nel caso di impianti datati non sempre è possibile definire tale situazione, ma con il rinnovo delle nuove concessioni è utile descrivere lo stato attuale del corpo idrico interessato e/o lo storico dell'andamento della qualità dello stesso attraverso un'analisi dettagliata dei dati presenti negli archivi regionali. Inoltre è fondamentale verificare le previsioni degli impatti ambientali e degli effetti ambientali in corso d'opera e post-operam, in modo da valutare le misure di mitigazione o la presenza di eventuali impatti ambientali non previsti, garantendo il mantenimento dello stato ambientale.

La redazione del PMA può

però risultare difficoltosa per la mancanza di linee guida che consentano una sua corretta stesura. Altre difficoltà derivano dal fatto che l'Autorità competente alla valutazione del Piano di Gestione di un impianto spesso non dispone di strumenti affidabili per la valutazione rigorosa degli effetti delle centrali idroelettriche sui corsi d'acqua montani.

Dal quadro sopra delineato emerge come vi siano diversi aspetti critici da tenere in considerazione, i cui principali sono i seguenti (Tab. III).

– **Piano di Monitoraggio Ambientale biologico e indici biologici.** Attualmente nei Piani di Monitoraggio inseriti all'interno dei Piani di Gestione di opere in materia di dighe e traverse viene usato lo STAR_ICMi come indice che studia la struttura della comunità macrobentonica, fondamentale nella descrizione dello stato ecologico dei corpi idrici in questo caso derivati. Tale indice però non risulta specifico per la valutazione di impatti fisici. Doretto *et al.* (2019) hanno indagato la relazione tra i macroinvertebrati e il tipo di sedimento proponendo un indice multimetrico stressor-specifico, denominato SILTES. Tale studio è un primo tentativo volto a sviluppare e validare un indice multimetrico avente un fattore di stress specifico, con un approccio sperimentale, finalizzato alla valutazione degli effetti del sedimento fine sui macroinvertebrati nei torrenti alpini (Doretto *et al.*, 2019, 2021). Questo indice potrà essere ulteriormente sperimentato su altri casi studio e quindi usato per integrare le valutazioni dello stato di qualità dei corpi idrici derivati da centrali idroelettriche in riferimento all'accumulo di sedimento fine.

– **Manutenzione.** La sedimentazione nei bacini artificiali,

Tab. III Misure più comuni per attenuare gli effetti dello stoccaggio idrico. Adattamento della tabella 3 contenuta nella relazione del gruppo di lavoro ECOSTAT sull'interpretazione comune dell'uso di misure di attenuazione per conseguire un buon potenziale ecologico dei corpi idrici fortemente modificati, parte 2: l'impatto dello stoccaggio idrico (Commissione europea, 2018).

Alterazioni idromorfologiche	Principale impatto ecologico	Impatto da attenuare	Possibili misure di attenuazione
Interruzione o riduzione della continuità fluviale per la risalita dei pesci a monte e a valle dello sbarramento	Pesci: popolazioni di pesci migratori e di altri pesci fluviali assenti o ridotte	Interruzione della continuità a monte e a valle per i pesci	Rampa; passaggio per pesci; canale di aggiramento; turbine meno pericolose per i pesci; griglie per pesci
Portate di magra artificialmente basse o prolungate	Riduzione e alterazioni della composizione delle specie vegetali e animali	Portata di magra	aumentare la portata; modificare la morfologia del fiume
Perdita o riduzione della portata sufficiente ad attivare e favorire la migrazione dei pesci	Assenza o riduzione dei pesci migratori	Assenza della portata minima per la migrazione dei pesci	Favorire la portata minima per la migrazione dei pesci
Perdita, riduzione o assenza di portate variabili sufficienti a impedire il ristagno dell'acqua	Assenza o riduzione delle specie di pesci e invertebrati	Portata variabile	Variabilità passiva della portata; variabilità attiva della portata
Variazioni rapide della portata (incluso hydropeaking)	Riduzione delle specie animali e vegetali a causa di arenamenti e trascinamento	Variazioni rapide della portata	Serbatoio/serbatoi di compensazione (interni); riposizionare lo scarico; ridurre la velocità; modificare la morfologia del fiume; serbatoio/serbatoi di compensazione (esterni)
Alterazione delle condizioni fisico-chimiche generali sia a monte che a valle (ad esempio temperatura, sovrassaturazione ecc.)	Composizione alterata, modificazione della comunità di macroinvertebrati prediligendo specie più tolleranti a questo tipo di pressione, mortalità dei pesci	Alterazione fisico-chimica	Imbocco flessibile; imbocchi multipli; gestione del livello dei serbatoi
Interruzione o riduzione della continuità fluviale per i sedimenti, con conseguenti alterazioni della composizione del substrato	Riduzione della comunità di macroinvertebrati e pesci in termini di abbondanza e diversità	Alterazioni dei sedimenti	Rottura meccanica della corazza dell'alveo; rimozione dei sedimenti; reintroduzione dei sedimenti (strutture di imbocco, serbatoi); ripristino dei processi di erosione laterale; introduzione di portate di mobilizzazione
Cambiamenti artificiali estremi del livello dei laghi, riduzione della qualità e dell'estensione degli habitat di acque poco profonde e degli habitat ripariali	Riduzione e alterazioni della composizione delle specie animali e vegetali a causa di arenamenti e dilavamento	Alterazione del livello dei laghi	Ridurre i prelievi; aumentare gli afflussi; creare insenature; gestire gli habitat ripariali/di acque poco profonde; connettività con gli affluenti; isole galleggianti artificiali
Rive in secca e portata ridotta-fiume stagnante	Alterazioni della composizione delle specie vegetali e animali (ad esempio condizioni favorevoli alle specie intolleranti alle perturbazioni/specie di acque ferme)	Fiumi stagnanti	Canale di aggiramento; riduzione del livello di stoccaggio; miglioramenti degli habitat all'interno dei canali; riconnessione laterale

vale a dire il loro progressivo riempimento da parte di materiale solido trasportato dai corsi d'acqua, impone una corretta gestione dei serbatoi allo scopo di recuperare il volume di invaso andato perduto e assicurare la funzionalità degli organi di scarico che, essendo i principali presidi di sicurezza, devono poter essere manovrati in condizioni di emergenza. Una modalità di intervento per rimuovere il materiale sedimentato è quella di svasare il bacino nell'alveo naturale dell'emissario, riversando l'acqua contenuta ed il sedimento trasportato attraverso gli scarichi di fondo. Per mitigare gli impatti sulle comunità biologiche, possono essere effettuati ripetuti rilasci di acqua al fine di simulare piene artificiali. Questa operazione, se nel breve periodo può determinare impatti significativi sulla qualità delle acque e sulle biocenosi in esso presenti, a causa del forte aumento della portata e del materiale in sospensione (Garric *et al.*, 1990; Gerster e Rey 1994; Ciutti *et al.*, 2000; Morisi e Battegazzore, 2002), a lungo termine contribuisce a ripristinare l'habitat naturale per gli invertebrati bentonici, facilitando il recupero delle comunità (Doretto *et al.*, 2019).

– **Alterazioni idromorfologiche.** In particolare l'*hydropeaking*. Con questo termine ci si riferisce alle brevi e brusche alterazioni della portata del fiume che si verificano nell'arco di una giornata a causa dell'avvio e dell'arresto delle turbine per produrre energia elettrica in funzione della domanda di mercato. Questo fenomeno è spesso associato al *thermopeaking*, ovvero ai bruschi cambiamenti della temperatura dell'acqua che, transitando nelle turbine, subisce un riscaldamento (o un raffreddamento, se l'acqua scaricata è stata prelevata a una certa profondità dell'invaso). Ne consegue una modificazione

dell'idrologia del fiume, delle sue caratteristiche idrauliche, della qualità dell'acqua, della morfologia del fiume e, in definitiva, dell'ecosistema fluviale. La mitigazione degli effetti del *thermopeaking* è possibile e si può ottenere sfruttando la stratificazione dell'acqua nel bacino (variando il livello del prelievo) o destratificando la colonna d'acqua (Bruno *et al.*, 2012).

– **Nuove opere.** Per verificare se i progetti di derivazione idrica sui corsi d'acqua superficiale garantiscano la sostenibilità ambientale e siano in accordo con gli obiettivi della Direttiva 2000/60/CE e del D.lsg 152/2006 –che prevedono il mantenimento della capacità naturale di autodepurazione dei corpi idrici, nonché la capacità di sostenere comunità animali e vegetali ampie e ben diversificate– è fondamentale la gestione della qualità della VIA e la revisione della stessa (Abaza *et al.*, 2004). Per semplificare questi processi revisionali è possibile sfruttare software come MATLAB che usino il Fuzzy Logic Toolbox, efficace per ottenere un punteggio quantitativo, quindi numerico, per la qualità dei rapporti VIA di tipo soggettivo. Con questo metodo, sperimentato da Sarmah *et al.* (2020), vengono scelti degli attributi la cui qualità viene valutata da regole aventi precisi criteri. Attraverso vari software quali Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) e Analytic Network Process (ANP), è possibile calcolare il peso per ogni singolo attributo che verrà poi analizzato con il Fuzzy Logic Toolbox che darà alla fine un punteggio di qualità relativa alla VIA evidenziando anche quali sono le criticità da dover migliorare. Sulla base dell'analisi multicriterio (MCA), il progetto di cooperazione SHARES (Sustainable Hydropower in Alpine Rivers Ecosystems), propone l'analisi finalizzata anch'essa ad incrementa-

re la qualità delle decisioni relative a idroelettrico e alla conservazione dei corsi d'acqua questa volta alpini (ARPA Valle D'Aosta, 2013). La MCA è utilizzata come una sorta di "bilancia" per valutare i vantaggi e gli svantaggi (misurati da uno o più indicatori) di diverse alternative di gestione degli impianti.

CONCLUSIONI

Il *Green Deal* europeo prevede un piano d'azione volto a promuovere l'uso efficiente delle risorse passando ad un'economia pulita e circolare, ripristinando la biodiversità e riducendo l'inquinamento. L'UE intende raggiungere entro il 2050 quella che viene definita neutralità climatica, attraverso la proposta di una legge europea per il clima, che trasforma questo impegno politico in un obbligo giuridico. All'interno del piano d'azione sono stati inclusi numerosi settori politici su cui intervenire, tra cui la Biodiversità. In particolare, è previsto il ripristino di almeno 25000 km di fiumi privi di sbarramento, in concomitanza con il raggiungimento del buono stato di salute dei corpi idrici superficiali entro il 2027, obiettivo introdotto dalla politica dell'acqua che ha istituito la Direttiva Quadro Acque. Ad oggi siamo fermi al 40%, per cui appare necessario aumentare ulteriormente gli sforzi fatti finora per il raggiungimento di tale obiettivo. È quindi fondamentale l'individuazione degli impatti che maggiormente insistono sui fiumi. L'attuale gestione degli impianti idroelettrici contribuisce a diffondere il degrado negli ambienti fluviali alpini. Principalmente, ciò è causato da una età elevata delle opere idrauliche, da una loro concezione datata, da leggi lacunose sulla gestione dei sedimenti e dalla formulazione di piani di monitoraggio biologico non adeguati. Ne consegue che gli ecosistemi acquatici fluviali appa-

iono non correttamente tutelati, a causa di piani di monitoraggio biologici che non riescono a descrivere in maniera efficace gli impatti degli impianti idroelettrici e di conseguenza, mancano piani di manutenzione compatibili con l'ambiente fluviale.

RINGRAZIAMENTI

Questo studio è stato finanziato dalla borsa di studio di ricerca: "Attività di ricerca sugli invasi idrici nel Parco del Monviso" grazie al contributo della Camera di Commercio, Industria, Artigianato e Agricoltura di Cuneo, al Piano Integrato Transfrontaliero

"Terres Monviso" (Interreg ALCO-TRA 2014-2020) e al Parco del Gran Paradiso.

Si ringraziano inoltre il Parco del Monviso, la Regione Piemonte, la Provincia di Cuneo, l'ARPA Piemonte, la Fondazione Edmund Mach di San Michele all'Adige e il Gestore Enel S.p.A.

BIBLIOGRAFIA

- Abaza H., Bisset R., Sadler B., 2004. *Environmental impact assessment and strategic environmental assessment: towards an integrated approach*. United Nations Environment Programme, UNEP/Earthprint, 163 pp.
- Arheimer B., Donnelly C., Lindström G., 2017. Regulation of snow-fed rivers affects flow regimes more than climate change. *Nature Communications*, **8** (1): 62.
- ARPA Friuli Venezia Giulia 2015. *Linee guida piani di monitoraggio VIA delle centraline idroelettriche - componente acquatica*. LG 21.04. Rev.0-23.11.15.
- ARPA Lombardia, 2020. *Criteri per la predisposizione di piani di monitoraggio ambientale (PMA). Derivazioni a scopo idroelettrico*. Rev.1-1.01.2020.
- ARPA Piemonte, 2015. *Impatti ambientali delle Derivazioni idroelettriche*. Norme Tecniche.
- ARPA Veneto, 2017. *Linee guida per la predisposizione del piano di monitoraggio e controllo dei corsi d'acqua interessati da impianti idroelettrici*. Rev. 1-2017.
- ARPA Toscana, 2009. *Gli invasi artificiali. Elementi per una gestione sostenibile*. Firenze, 48 pp.
- Barberini M., Rubboli M., 2015. Il rilievo fotogrammetrico con il Drone alla Diga di Ridracoli. *GEOmedia*, **19** (6): 369-379.
- Barzaghi R., Gaetani M.E., Pinto L., Pozzoli A., 2007. In: Monitoraggio strutturale e ambientale con serie temporali GPS. *Atti della 11^a Conferenza Nazionale ASITA*, Torino, Italy: 295-300.
- Brandt S. A., 2000. Classification of geomorphological effects downstream of dams. *Catena*, **40** (4): 375-401.
- Bruno M.C., Maiolini B., Carolli M., 2012. *Effetti e mitigazione dell'hydropoaking sugli ecosistemi fluviali alpini*. In: II Convegno italiano sulla riqualificazione fluviale: riqualificazione fluviale e gestione del territorio. Bozen-Bolzano University Press: 369-379.
- Ciutti F., Cappelletti C., Monauni C. e Pozzi S., 2000. Effetti dello svaso controllato di un bacino idroelettrico sulla comunità dei macroinvertebrati. *Rivista di Idrobiologia*, **39**: 165-184.
- Comitato istituzionale dell'Autorità di Bacino distrettuale del fiume Po, deliberazione n° 1 del 17 dicembre 2015 concernente il *Piano di Gestione del distretto idrografico del fiume Po*.
- Commissione europea, 2018. *Guida alla produzione di energia idroelettrica nel rispetto della normativa UE sulla tutela della natura*. Lussemburgo: Ufficio delle pubblicazioni dell'Unione europea, 97 pp.
- D.G.R. Dighe 13 febbraio 2018, n. 3356 Grandi dighe - Fogli di condizioni per l'esercizio e la manutenzione - Modifica delle procedure relative alle misure idrologico-idrauliche da effettuare in caso di piena.
- D.G.R. 28 Febbraio 2011, n. 80-1651: Linee guida per la redazione del programma di rilascio del deflusso minimo vitale, sensi dell'art. 7 del Regolamento regionale 17 luglio 2007 n. 8.
- D.G.R. 16 Marzo 2015, n. 28-1194: Linee guida per la valutazione e il monitoraggio della compatibilità ambientale degli impianti idroelettrici con l'ecosistema fluviale. Approvazione del documento".
- D.G.R. 14 giugno 2018, n. 28-7049: Direttiva per la determinazione dei deflussi ecologici a sostegno del mantenimento/raggiungimento degli obiettivi ambientali fissati dal Piano di Gestione del distretto idrografico e successivi riesami e aggiornamenti.
- D.G.R. 14 Dicembre 2018, n. 64-8118: Proposta al Consiglio regionale di approvazione del Piano di Tutela delle Acque ai sensi dell'art. 121 del d.lgs. 152/2006 e dell'art. 7 della l.r. 56/1977 e modifica dell'art. 23 delle Norme di piano del Progetto di revisione del PTA adottato con D.G.R. 20 luglio 2018, n. 28-7253.
- Direttiva 92/43/CEE del Consiglio del 21 maggio 1992 concernente la conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche.
- Direttiva 2000/60/CE del parlamento Europeo e del Consiglio del 23 ottobre 2000 che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque.
- Direttiva 2001/42/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 27 giugno 2001 concernente la valutazione degli effetti di determinati piani e programmi sull'ambiente.
- Direttiva 2007/60/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 23 ottobre 2007 concernente la valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni.
- Direttiva 2009/147/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 30 novembre 2009 concernente la conservazione degli uccelli selvatici.

- Direttiva 2011/92/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 13 dicembre 2011 concernente la valutazione dell'impatto ambientale di determinati progetti pubblici e privati.
- D. Lgs. 3 aprile 2006, n. 152: Norme in materia ambientale.
- D. Lgs. 14 dicembre 2018, n. 135: Disposizioni urgenti in materia di sostegno e semplificazione per le imprese e per la pubblica amministrazione.
- D.M. 24 marzo 1982: Norme tecniche per la progettazione e la costruzione delle dighe di sbarramento.
- D.M. 30 giugno 2004: Criteri per la redazione del progetto di gestione degli invasi, ai sensi dell'articolo 40, comma 2, del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152, e successive modifiche ed integrazioni, nel rispetto degli obiettivi di qualità fissati dal medesimo decreto legislativo.
- D. M. II.TT. 26 giugno 2014 Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse).
- Doretto A., Piano E., Bona F., Fenoglio S., 2018. How to assess the impact of fine sediments on the macroinvertebrate communities of alpine streams? A selection of the best metrics. *Ecological Indicators*, **84**: 60-69.
- Doretto A., Bo T., Bona F., Apostolo M., Bonetto D., Fenoglio S., 2019. Effectiveness of artificial floods for benthic community recovery after sediment flushing from a dam. *Environmental monitoring and assessment*, **191**: 88.
- Doretto A., Piano E., Fenoglio S., Bona F., Crosa G., Espa P., Quadroni S., 2021. *Beta-diversity and stressor specific index reveal patterns of macroinvertebrate community response to sediment flushing*. *Ecological Indicators*, **122**, 107256.
- D.P.C.M. 27 febbraio 2004 Indirizzi operativi per la gestione organizzativa e funzionale del sistema di allertamento nazionale, statale e regionale per il rischio idrogeologico ed idraulico ai fini di protezione civile.
- D.P.C.M. 8 luglio 2014, n. 256 Indirizzi operativi inerenti all'attività di protezione civile nell'ambito dei bacini in cui siano presenti grandi dighe.
- D.P.C.M. 6 novembre 2019, n. 138 Regolamento di organizzazione del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare.
- D.P.R. 1° novembre 1959, n. 1363 Approvazione del regolamento per la compilazione dei progetti, la costruzione e l'esercizio delle dighe di ritenuta.
- Garric J., Migeon B. e Vindimian E., 1990. Lethal effects of draining on brown trout: a predictive model based on field and laboratory studies. *Water Research*, **24** (1): 59-65.
- Gerster S., Rey P., 1994. *Conséquences écologiques des curages dans les bassins de retenue*. Cahier de l'environnement n° 219, Office fédéral de l'environnement, des forests et du paysage (OFEPF), Berne, 47 pp.
- Ghinami L.A., 2013. Dighe e traverse, storia. From www.dighe.eu.
- Gray L.J., Ward J.V., 1982. Effects of sediment releases from a reservoir on stream macroinvertebrates. *Hydrobiologia*, **96** (2): 177-184.
- Guareschi S., Laini A., Racchetti E., Bo T., Fenoglio S., Bartoli M., 2014. How hydromorphological constraints and regulated flows govern macroinvertebrate communities along an entire lowland river. *Ecology*, **7**: 366-377.
- Legge 21 ottobre 1994, n. 584 Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 8 agosto 1994, n. 507, recante: Misure urgenti in materia di dighe.
- Legge regionale 06 ottobre 2003, n. 25: Norme in materia di sbarramenti.
- Morisi A., Battegazzore M., 2002. Valutazione dell'effetto delle operazioni di svuotamento di un invaso idroelettrico sulle comunità bentoniche di un torrente alpino (Torrente Kant, Cuneo, Piemonte). *Studi Trent. Sci. Nat., Acta Biol.*, **78** (1): 43-48.
- Olden, J., 2015. Challenges and opportunities for fish conservation in dam-impacted waters. In G. Closs, M. Krkosek, & J. Olden (Eds.), *Conservation of Freshwater Fishes (Conservation Biology)*, pp. 107-148). Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9781139627085.005
- P.C.M. 13 dicembre 1995, n. DSTN/2/22806 Raccomandazioni per la mappatura delle aree a rischio di inondazione conseguente a manovre degli organi di scarico o ad ipotetico collasso delle dighe.
- P.C.M. 7 aprile 1999, n. DSTN/2/7311 Legge 584/1994. Competenze del Servizio nazionale dighe. Precisazioni.
- Ridolfi L., Boano F., Camporeale C., Cavagnero P., Fenoglio S., Revelli R., 2011. *Mini Hydro e impatti ambientali. Sintesi organizzata dello stato dell'arte scientifico*. Regione Piemonte, 330 pp.
- Regolamento regionale 09 novembre 2004, n. 12/R: Attuazione della legge regionale 6 ottobre 2003, n. 25.
- Regolamento regionale n. 8 del 17 luglio 2007: Disposizioni per la prima attuazione delle norme in materia di deflusso minimo vitale.
- Regolamento regionale n. 1/R del 29 gennaio 2008: Modifiche ed integrazioni al regolamento regionale 9 novembre 2004, n. 12/R, di attuazione della legge regionale 6 ottobre 2003, n. 25.
- Rothenberger M.B., Hoyt V., Germanoski D., Conlon M., Wilson J., Hitchings J., 2017. A risk assessment study of water quality, biota, and legacy sediment prior to small. *Environmental Monitoring and Assessment*, **189**: 344-363.
- Sarmah P., Nema K.A., Sarmah R., 2020. An approach to determine the quality of EIA reports of hydropower plants using analytic network process and fuzzy logic toolbox. *Environmental Impact Assessment Review*, **85**: 106462.
- Sherman B., 2000. *Scoping Options for Mitigating Cold Water Discharges from Dams*. CSIRO Land and Water, Canberra, 46 pp.
- TERNA S.p.A., Gruppo TERNA, 2018. *Dati statistici sull'energia elettrica in Italia. Annuario statistico 2018*. TERNA PER SISTAN. Lavori inseriti nel: PSN - Programma Statistico Nazionale 2017-2019 Approvato con D.P.R. del 31 dicembre 2018.
- Van Cappellen P., Maa vara T., 2016. Rivers in the Anthropocene: global scale modifications of riverine nutrient fluxes by damming. *Ecology and Hydrobiology*, **16** (2): 106-111.