

Gli invasi artificiali

Elementi per una gestione sostenibile

Gli invasi artificiali

Elementi per una gestione sostenibile



Regione Toscana
Diritti Valori Innovazione Sostenibilità



ARPAT
Agenzia regionale
per la protezione ambientale
della Toscana

Firenze, luglio 2009

Gli invasi artificiali
Elementi per una gestione sostenibile

Documento di indirizzo per la analisi istruttoria di progetti di gestione (DM n.269 del 2004) di invasi idrici e delle problematiche ambientali attinenti alla conduzione e manutenzione degli stessi invasi con particolare riferimento allo svaso parziale o completo per manutenzione o ripristino della capacità utile d'invaso.

A cura di
Gilberto Baldaccini, Alberto Doni, Stefano Rossi, *ARPAT*

Documentazione fotografica
Gilberto Baldaccini, Alberto Doni

Si ringraziano per le indispensabili indicazioni e per l'utile scambio di informazioni:

Gilda Ruberti e Mario Mattei, *Direzione Generale delle Politiche Territoriali - Settore Tutela delle Acque Interne e del Mare - Servizi Idrici della Regione Toscana*
Antonio Bertolucci, *Responsabile UOC Caccia e Pesca della Provincia di Lucca*

© ARPAT 2009

Coordinamento editoriale: Silvia Angiolucci, ARPAT
Redazione: Silvia Angiolucci, Gabriele Rossi, ARPAT
Copertina: ALTA srl
Realizzazione editoriale e stampa: Litografia IP, Firenze, luglio 2009

Stampato su carta che ha ottenuto il marchio di qualità ecologica dell'Unione Europea - Ecolabel

Per suggerimenti e informazioni: ARPAT, A.F. Comunicazione e informazione,
via N. Porpora, 22 - 50144 Firenze - tel. 055.32061 - fax 055.3206464

Presentazione

La Toscana è tra le regioni italiane con maggior presenza di grandi invasi idrici sul proprio territorio.

Queste strutture garantiscono importanti aspetti di utilizzo della risorsa idrica per scopi idroelettrici, irrigui e acquedottistici.

In base alla normativa vigente (D.Lgs 152/2006) è obbligo dei gestori produrre un progetto per la gestione degli invasi idrici nell'ambito del quale gli aspetti ambientali assumono un ruolo rilevante, in particolare per le operazioni di svaso periodico dei bacini, finalizzate a garantirne la capacità d'invaso e, quindi, la loro funzionalità.

Da alcuni anni è in corso a livello internazionale un dibattito scientifico sugli impatti ambientali che la gestione degli invasi idrici comporta, in particolare sullo stato ecologico dei corsi d'acqua; il sistema agenziale ha attivato un processo di aggiornamento e sintesi delle conoscenze maturate in tale ambito in previsione anche di futuri aggiornamenti normativi.

A livello nazionale, su mandato del Ministero dell'Ambiente, della tutela del territorio e del mare, ISPRA sta coordinando la redazione di linee guida finalizzate a individuare i contenuti tecnico-informativi minimi da inserire, da parte dei gestori, nei progetti di gestione degli invasi, attività che vede la nostra Agenzia partecipare in maniera attiva, di concerto con il competente settore della Regione Toscana.

ARPAT ha, infatti, accumulato una esperienza ormai decennale nel monitoraggio ambientale in ambito fluviale durante e dopo le operazioni di svaso, ed è inoltre stata chiamata recentemente dalla Regione Toscana a offrire il proprio contributo tecnico e conoscitivo nell'analisi istruttoria di alcuni progetti di gestione di invasi.

Si è così deciso di presentare un documento che propone specifici indirizzi per la gestione sostenibile dell'attività di svaso periodico dei bacini. Il documento raccoglie le conoscenze e le esperienze ad oggi maturate all'interno dell'Agenzia, cercando di rendere coerenti con la specificità delle caratteristiche geomorfologiche, idrogeologiche, idrologiche e ambientali del reticolo idrografico toscano indicazioni tecniche di carattere generale.

Frutto di una sinergia tra strutture territoriali dell'Agenzia e Direzione tecnica, lo sforzo compiuto, suscettibile di futuri aggiornamenti e approfondimenti, raccoglie anche i suggerimenti pervenuti da altri enti quali la Regione Toscana e la Provincia di Lucca ed è indirizzato agli operatori sia dell'Agenzia che di altre istituzioni pubbliche e di imprese e a operatori privati, interessati alla problematica degli svassi e a una gestione davvero efficace di queste opere.

Sonia Cantoni
Direttore generale ARPAT

Sommario

In questo documento si riassumono le esperienze maturate in ARPAT nell'ambito dell'analisi dei progetti di gestione degli invasi idroelettrici e delle problematiche ambientali connesse al loro svaso. Prendendo in considerazione quanto previsto dalla normativa di riferimento e le conoscenze tecnico-scientifiche disponibili, si analizzano gli impatti ambientali connessi all'esistenza e alla gestione degli invasi, in modo da elencare i contenuti minimi dei progetti di gestione. Si propongono modalità gestionali per le operazioni di svaso, basate sulle nostre esperienze tratte da casi reali sul territorio regionale, allo scopo di contenere tali impatti. In particolare, in modo da limitare il trasporto solido e i conseguenti effetti a carico del tratto di valle dei corsi d'acqua, si propone l'attuazione di svasi parziali con cadenze più ravvicinate, nonché di svasi totali a intervalli temporali maggiori.

1 Premessa	9
2 Introduzione	10
3 Contesto ambientale	12
4 La normativa	13
5 Gli impatti ambientali	15
5.1 <i>Impatti ambientali dovuti alla presenza degli invasi</i>	15
5.2 <i>Implicazioni ambientali dovute alla gestione degli invasi</i>	16
6 Contenuti del Progetti di Gestione dell'invaso (PdG)	19
7 Indicazioni per la gestione degli svasi	23
8 Considerazioni finali	29
Bibliografia di riferimento	31
Glossario	33
Appendice - Nomenclatura degli invasi e delle dighe	35
Documentazione fotografica	41

1 Premessa

La crescente e diffusa sensibilità e conoscenza riguardo ai temi della tutela ambientale ha oggi reso ancor più necessario affrontare gli aspetti connessi alla gestione degli invasi idrici con un approccio più complessivo.

Questo documento riassume le conoscenze e il contributo dell'Agenzia in merito alle problematiche ambientali connesse alla gestione degli invasi idroelettrici e dedicati ad altri usi, con particolare riguardo alle operazioni di svaso e/o di asportazione dei sedimenti di interrimento, considerate le più gravose per l'ecosistema fluviale.

Il testo nasce, quindi, con l'intento di riassumere e sistematizzare le pregresse esperienze istruttorie e di controllo di ARPAT sul campo, relative alle operazioni di svaso di bacini idrici, con l'obiettivo di proporre indicazioni finalizzate a contenerne gli effetti ambientali. I temi con i quali ci siamo confrontati sono quelli di competenza dell'Agenzia e riguardano l'ecologia fluviale, la qualità delle acque e gli aspetti geomorfologici connessi a quelli propriamente di natura ecologica.

Gli elementi più significativi dei contenuti di questo stesso documento sono stati peraltro proposti all'interno del contributo fornito dall'Agenzia alla più ampia trattazione svolta sul tema in sede di Gruppo di Lavoro Sedimenti, Sottogruppo di lavoro 1 - Dighe, coordinato da ISPRA. In questo ambito è in corso, infatti, la definizione di linee guida per la redazione del progetto di gestione dighe, che sarà proposto come documento di riferimento su scala nazionale per la problematica in questione.

Allo stesso tempo, questa pubblicazione rappresenta un primo contributo nella prospettiva della redazione di apposite linee guida regionali.

2 Introduzione

Le problematiche connesse alla gestione dei sedimenti di interrimento dei bacini artificiali assumono un'importanza non trascurabile in una regione come la Toscana che, in ambito nazionale, si colloca tra le prime (dietro alla Lombardia e molto prossima a Piemonte e Sardegna) per la presenza di grandi invasi artificiali sul proprio territorio. Infatti, tralasciando i bacini minori, in Toscana i grandi bacini ammontano a 49 (Tabella I).

In base alla normativa vigente, che prende avvio a partire dal 1999 con il Decreto Legislativo n. 152, è stata regolamentata l'attività di gestione degli sbarramenti e degli invasi anche non soggetti al DPR n. 1363 del 1959 (dighe o traverse la cui altezza non superi i 10 metri e quelli che determinino un invaso inferiore ai 100.000 m).

In particolare, con il Decreto 30 giugno 2004 si scrivono i criteri per la redazione dei progetti di gestione degli invasi. Gli strumenti normativi a oggi disponibili per affrontare correttamente la problematica in questione forniscono, tuttavia, indirizzi generali che lasciano un ampio margine discrezionale nella redazione dei progetti di gestione. Le problematiche scaturite dai rilasci di acque da invasi artificiali, a causa dei loro effetti sull'ambiente, hanno stimolato da alcuni anni momenti di approfondimento tecnico-scientifico sull'argomento, a livello nazionale e internazionale, che hanno fornito contributi per la individuazione di modalità gestionali ottimali e delle possibili mitigazioni.

L'esperienza di ARPAT è maturata in occasione di operazioni di svaso e/o di asportazione dei sedimenti di interrimento, che hanno coinvolto competenze interne riguardanti il controllo e la vigilanza sul rispetto della normativa ambientale e il monitoraggio relativo allo stato dell'ecologia fluviale, dalla qualità delle acque agli aspetti connessi alla funzionalità fluviale e alla caratterizzazione chimico-fisica dei sedimenti di interrimento. Parallelamente alle attività sul campo, per i progetti di gestione di invasi, è stata condotta l'attività istruttoria nell'ambito delle procedure di VIA.

A seguito delle richieste di contributi istruttori da parte della Regione Toscana a questa Agenzia, in merito agli aspetti ambientali correlati con la gestione degli invasi, si è ritenuto di raccogliere elementi utili per una corretta gestione ambientale degli invasi, con il principale intento di fornire uno strumento complementare alla normativa vigente che sia di pratico utilizzo per la verifica istruttoria dei progetti o per orientare la scelta delle eventuali richieste a carattere integrativo e/o prescrittivo, come primo contributo alla futura redazione di linee guida regionali.

	Numero Bacini	Volume (Mmc)	Distribuzione per provincia Volume (Mmc)								
Utilizzo			AR	FI	GR	LI	LU	MS	PI	PT	SI
Potabile	6	70.76		69.56						0.85	0.35
Irriguo	21	12.44	8.81	0.96	0.79	0.35				0.14	1.39
Idroelettrico	17	77.50	20.90		4.79		45.69	5.15		0.97	
Industriale	2	8.48	3.20						5.28		
Altro utilizzo	3	0.15		0.03					0.03		0.09
Totale	49	169.33	32.91	70.55	5.58	0.35	45.69	5.15	5.31	1.96	1.83
<i>Elaborazione da dati della Presidenza del Consiglio dei Ministri per i Servizi Tecnici Nazionali Servizio Nazionale Dighe -Ufficio periferico di Firenze</i>											

Tabella I - *Presenza e distribuzione in Toscana dei bacini connessi a grandi dighe destinati ad usi plurimi.*

3 Contesto ambientale

La realizzazione dei bacini idrici artificiali è generalmente riscontrabile in territori di montagna o collinari dove sussistono le condizioni naturali di reperibilità idrica in termini di portata idrometrica totale e di continuità della stessa. Tali ambiti devono essere caratterizzati da condizioni geomorfologiche che consentano la realizzazione di uno sbarramento e del relativo bacino artificiale; queste condizioni sono solitamente individuabili in valli fluviali ampie e/o lunghe, terminanti con una strettoia morfologica. Ciò in genere si realizza in zone a elevata energia di rilievo che permettono anche sufficienti altezze di caduta per ottimizzare la produzione di energia elettrica.

Da questi elementi si comprende come gli invasi interessino ambiti fluviali montani o collinari a cui solitamente si associa un'elevata qualità ambientale. In genere si tratta di alvei in parte incassati e di elevata pendenza, con substrato roccioso o a fondo mobile ciottoloso-ghiaioso-sabbioso.

La qualità delle acque è, in genere, di elevato valore per la collocazione remota di tali siti, che spesso sono ubicati nelle parti sommitali dei bacini idrografici, in condizioni di bassa pressione antropica e con peculiari aspetti ecosistemici.

Come spiegato nel seguito, l'inserimento di un intervento antropico di grande importanza quale un bacino artificiale incide fortemente sugli equilibri idrogeologici e sull'ecologia fluviale non solo del tratto direttamente interessato, ma, in generale, a scala ben più ampia. Le problematiche ambientali affrontate in questo documento sono relative ai soli effetti della gestione degli svasi.

4 La normativa

La normativa di riferimento per la tematica in oggetto è rappresentata dal D.Lgs. n.152 del 1999 e successive modifiche e integrazioni, in particolare in riferimento all'art. 40, commi 2, 3 e 4, e il Decreto 30 giugno 2004, che detta i criteri per la redazione del *progetto di gestione degli invasi*, ai sensi dell'art. 40, comma 2, del D.Lgs. n.152 del 1999, nel rispetto degli obiettivi di qualità fissati dal medesimo decreto legislativo.

Il Decreto 30 giugno 2004 è applicato a dighe di altezza superiore a 10 m e volume superiore a 100.000 mc. Successivamente, il D.Lgs. n. 152 del 2006 riprende la stessa tematica all'art. 114 (Dighe) ricalcando i contenuti del D.Lgs. n.152 del 1999. Con la L. R. n.11 del 21 febbraio 2008 la Regione Toscana attribuisce alle Province le funzioni in materia ambientale riguardo ai progetti di gestione degli invasi.

Norme connesse, ma non direttamente inerenti all'argomento sono le seguenti:

- Decreto del Presidente della Repubblica 1° novembre 1959, n. 1363, Approvazione del regolamento per la compilazione dei progetti, la costruzione e l'esercizio delle dighe di ritenuta.
- Legge 8 luglio 1986, n. 349 Istituzione del Ministero dell'ambiente e norme in materia di danno ambientale.
- 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.
- Decreto Legislativo 30 luglio 1999, n. 300, Riforma dell'organizzazione del Governo, a norma dell'articolo 11 della legge 15 marzo 1997, n. 59.
- Legge Regionale Toscana 3 gennaio 2005, n.7 , Gestione delle risorse ittiche e regolamentazione della pesca nelle acque interne.
- Legge Regionale Toscana n.11 del 21 febbraio 2008, Modifiche alla legge regionale 1 dicembre 1998 n.88.

5 Gli impatti ambientali

La presenza e la gestione degli invasi artificiali (non si considerano gli impatti legati alla fase di realizzazione) comportano una serie di impatti ambientali (Tabella II), in particolare sulla qualità e la quantità delle acque superficiali, delle acque sotterranee e, soprattutto, sull'assetto degli ecosistemi fluviali. Gli impatti più evidenti sono da correlare con le modifiche al regime dei corsi d'acqua interessati da sbarramenti e dighe, legate anche a particolari fasi della gestione di tali opere quali le operazioni di svasso delle acque. Di seguito si analizzano in sintesi le diverse tipologie di impatto connesse a tali operazioni.

Parametro ambientale	Influenza
Idrologia	Cambiamento stagionale del deflusso, riduzione delle piene, variazioni giornaliere di portata, deflusso minimo, modificazioni del livello di falda acquifera, variazioni dell'idraulica interna dei laghi eventualmente presenti a valle delle dighe.
Trasporto di sostanza solida	Ritenzione delle sostanze in sospensione, sfasamento temporale della torbidità, nonché del trasporto di particolato organico ed inorganico, intasamento degli interstizi tra i ciottoli, alterazione della dinamica morfologica, erosione a valle dello sbarramento.
Cicli fisici e geochimici	Modifiche della temperatura e della qualità delle acque, anossia delle acque in uscita dai bacini, liberazione di sostanze maleodoranti, di metalli e di metano dai sedimenti anaerobici dei bacini.
Ecologia	Modifiche della produzione primaria, cambiamenti della comunità biologica, perdita di ambienti umidi e zone rifugio, impedimenti migratori, frammentazione delle popolazioni, alterazione dei parametri biologici ottimali.

Tabella II (tratto da *World Commission of Dams, 2000 in Cirf, 2006*)

5.1 Impatti ambientali dovuti alla presenza degli invasi

Alcune delle principali problematiche ambientali connesse alla presenza degli invasi (Tabella II) sono rappresentate da sostanziali alterazioni delle portate in alveo, ridotte, nel migliore dei casi, al solo "Deflusso minimo vitale" (DMV), con possibile peggioramento della qualità delle acque, diminuzione della capacità di trasporto solido e della funzionalità dell'ecosistema fluviale. Inoltre, la realizzazione di uno sbarramento trasforma una parte dell'asta del corso d'acqua in un sistema intermedio tra il fluviale e il lacustre, in funzione del tempo di residenza delle acque.

Una sintesi delle implicazioni ambientali indotte è di seguito elencata:

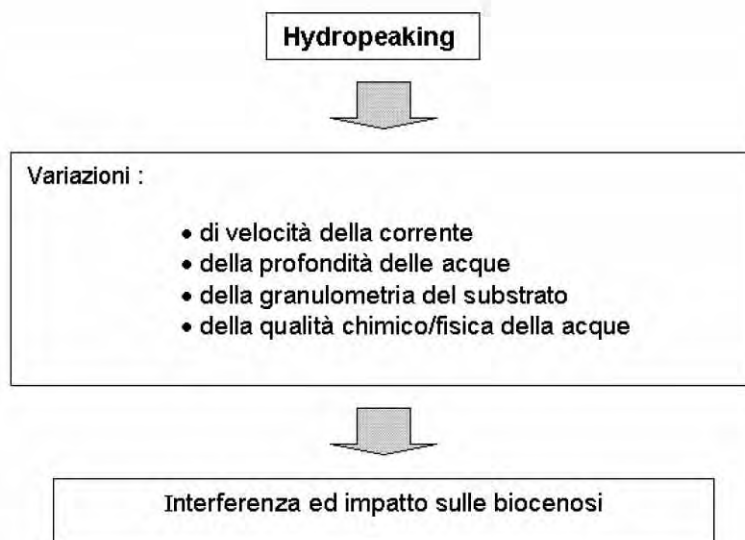
- interruzione della continuità idraulica e della connettività ecologico-funzionale, con impedimento delle migrazioni trofiche e riproduttive;
- alterazione del regime idrologico, della diversità idraulica e del trasporto solido, con incidenza sulla composizione e stabilità del substrato dell'alveo, sui cicli vitali delle comunità acquatiche e sui livelli di biodiversità;
- aumento, a valle dell'invaso, della vulnerabilità all'inquinamento, amplificazione del carico inquinante per diminuita capacità di diluizione, conseguente alla diminuzione di portata e del potere autodepurante, e aumento dello stress sui popolamenti ittici;
- riduzione, a valle dell'invaso, della profondità e ampiezza dell'alveo bagnato con conseguente riduzione di habitat e possibili variazioni della funzionalità delle fasce riparie e degli ambienti di transizione;
- alterazione del chimismo e dei regimi termici delle acque all'interno del bacino;
- erosione, instabilità e variazioni morfodinamiche, a valle dell'invaso e delle sponde fluviali a seguito della rapida variazione delle portate di svasso.

5.2 Implicazioni ambientali dovute alla gestione degli invasi

La gestione degli invasi, in particolare di quelli a uso idroelettrico, genera ulteriori problematiche riconducibili agli effetti della bacinizzazione delle acque, considerati come una delle principali cause del declino ecologico dei corsi d'acqua.

Timing e hydropeaking

La prima problematica è rappresentata dalla modulazione dei rilasci idrici, ovvero il *timing* definito anche come "momento dell'anno in cui si manifesta una fissata condizione di deflusso". Per esigenze produttive si tende, infatti, a immagazzinare la risorsa nel periodo in cui questa è più abbondante e rilasciarla in funzione della produzione idroelettrica massimale e in concomitanza dei periodi di magra o di siccità. Inoltre, generalmente, a seguito dei rilasci artificiali le portate subiscono brusche variazioni, fenomeno definito come *hydropeaking*, dovute ad accumulo nel periodo di minima richiesta energetica (ore notturne e fine settimana) e utilizzo produttivo con scarico delle acque turbinate nelle ore diurne settimanali, quando la richiesta energetica è considerevole.



Interrimento dei bacini

Unitamente alle problematiche connesse con le finalità produttive, ve ne sono altre connesse alla sicurezza e alla protezione civile - riguardanti la perdita di efficienza degli scarichi e delle opere di presa - e all'incremento delle sollecitazioni sul corpo diga - legate all'accumulo di materiali e all'usura delle componenti meccaniche per il passaggio dei sedimenti attraverso le opere di presa. A causa delle variazioni del flusso, le operazioni di rimozione possono indurre alterazioni sulla qualità delle acque, sui processi geomorfologici d'alveo, sulla classazione degli alvei ghiaiosi, sulla vegetazione riparia, sulle comunità bentoniche e sulla connettività laterale e verticale dei corsi d'acqua.

Il naturale processo di interrimento dei bacini, dovuto a fenomeni erosivi e al trasporto solido, tende a ridurre la capacità utile d'invaso e, conseguentemente, i livelli di produzione, nel caso di bacini idroelettrici. Gli interventi possibili per contrastare il fenomeno comportano la riduzione dei quantitativi dei materiali di interrimento attraverso la loro rimozione. Solitamente, le operazioni di rimozione dei sedimenti all'interno del bacino avvengono mediante rilascio dallo scarico di fondo o spurgo (*flushing*) con attivazione di meccanismi di trasporto quali correnti dense sul fondo, moto in sospensione di materiali fini secondo il flusso idrico e rimozione per deflusso nel canale di fondo, che si forma per erosione al centro

dell'invaso. Manovre parziali e temporanee di apertura dello scarico di fondo possono essere messe in atto per la rimozione periodica di sedimenti (*sluicing*) e per manutenzione degli scarichi stessi. In alternativa, la rimozione dei sedimenti può essere effettuata con mezzi meccanici in condizioni di basso livello idrico nel bacino, con dragaggio oppure mediante pompaggio (sorbonaggio, idrosuzione o drenaggio idraulico), quando il livello idrico d'invaso è mantenuto elevato.

Nella redazione dei progetti di gestione degli invasi, quindi, possono essere presenti quattro tipologie di metodi per l'asportazione di sedimenti dagli invasi:

1. Spurgo o sghiaimento per fluitazione con svaso controllato.
2. Manovre di esercizio degli scarichi.
3. Svaso completo (o messa in asciutto) per manutenzione e/o ispezione.
4. Asportazione meccanica dei sedimenti a serbatoio pieno o vuoto.

In genere i gestori eseguono, dopo lo svaso completo, lo spurgo o sghiaimento per fluitazione quando esiste una sufficiente portata dell'immissario a monte dell'invaso che permette di ripulire dai sedimenti l'interno del bacino per azione erosiva del corso d'acqua, mantenendo lo scarico di fondo aperto. Questa operazione è considerata quella di maggior efficacia e, spesso, di maggior impatto sul tratto di corso d'acqua a valle del bacino. L'asportazione meccanica di sedimenti sicuramente si presenta come una scelta di minor impatto a carico del corso d'acqua, ma apre scenari diversi connessi alla caratterizzazione, classificazione e destinazione temporanea e finale dei materiali, nonché di mancato apporto di sedimenti nella dinamica fluviale e costiera.

6 Contenuti del Progetto di Gestione dell'invaso (PdG)

Il PdG ha la finalità di prevedere e pianificare tutte le operazioni necessarie a gestire l'invaso ai fini dell'utilizzo, unitamente alla salvaguardia delle componenti ambientali interessate, in particolare delle acque invase e del corpo recettore, e alla minimizzazione degli impatti possibili. Deve, quindi, essere uno strumento conoscitivo comprensivo di una caratterizzazione di base e di programmazione flessibile; deve poter essere aggiornato in base ai risultati degli approfondimenti integrativi richiesti e ai nuovi dati di monitoraggio acquisiti e attuare le operazioni di svasso mediante successivi piani operativi, aggiornati al variare degli scenari.

Si elencano, in sintesi, i contenuti minimi del progetto di gestione di un vaso, per la maggior parte attinenti all'aspetto della caratterizzazione di base, su cui viene esercitata l'attività istruttoria degli enti preposti:

- Dati del gestore titolare, tecnico responsabile e concessionario.
- Ubicazione sbarramento e bacini su cartografia 1:50.000 e 1:25.000 IGMI e CTR 1:10.000 e 1:5000, coordinate geografiche del baricentro dello sbarramento.
- Dati dello sbarramento: tipo sbarramento, altezza, quota di massimo vaso, portata di piena di progetto, quota massima di regolazione, altezza di massimo vaso, franco, volumi (totale, utile di regolazione, di laminazione e morto), schema idraulico del sistema, organi di scarico di fondo e di superficie, opere di presa e derivazione, perimetro del bacino in condizioni di massimo vaso.
- Dati del bacino imbrifero sotteso dalla diga: topografia, geomorfologia, geologia, idrogeologia, pedologia e uso del suolo, centri abitati, attività agricole, industriali e minerarie, loro influenza sulla qualità dei sedimenti e delle acque. Dati su alluvionamenti pregressi e rischio associato. Caratterizzazione idrologica, climatologica e meteorologica.
- Dati del corso d'acqua interessato a valle della diga: dati morfologici, idrobiologici e ittici, usi specifici delle acque, indicazione di aree protette e classificazione dei corpi idrici in base alla pianificazione in materia di acque (es. PAI, PTA). L'estensione dell'indagine a valle dello sbarramento deve essere di almeno 5 km.
- Misurazione o stima del volume di sedimento di interrimento del bacino attuale, specifica del metodo utilizzato (es. RUSLE, SWAT, rilievi batimetrici di dettaglio, misure di trasporto solido o altro).

- Modalità esecutive dei rilievi morfo-batimetrici, risultati, loro georeferenziazione ed elaborazione.
- Descrizione delle pressioni antropiche che gravano sul bacino.
- Valutazione del trasporto solido del corso d'acqua in assenza dello sbarramento, stima dell'erosibilità del bacino e calcolo dell'interrimento medio annuo.
- Caratterizzazione qualitativa dei sedimenti (metodi di campionamento e analisi chimica, standard analitici di riferimento, criteri per la scelta del numero rappresentativo di campioni, analisi granulometrica, analisi chimico-fisica, classificazione in base alla normativa sui rifiuti, analisi dell'eluato del sedimento, fluitabilità dei sedimenti, analisi mineralogiche).
- Concentrazioni-soglia di riferimento per le sostanze presenti nei sedimenti dell'invaso, a seconda delle modalità di gestione previste o da prevedere per lo stesso (fluitazione, dragaggio e riutilizzo, smaltimento ecc..).
- Caratterizzazione qualitativa delle acque del bacino (metodi di campionamento e analisi, caratterizzazione della colonna d'acqua alle varie profondità, risultati delle analisi). Dati riferiti a ripetuti campionamenti in base alla stagionalità in relazione al rimescolamento/stratificazione. Standard di riferimento per campionamento e analisi. I parametri minimi sono: PH, temperatura, ossigeno disciolto, conducibilità elettrica specifica in situ, SST, BOD₅, COD, azoto ammoniacale, azoto nitrico e nitroso, fosforo totale, Mg, As, Cd, Cr esavalente, Hg, Ni e Pb disciolti, altri contaminanti rappresentativi delle pressioni presenti nel territorio a monte del bacino.
- Livelli e persistenza delle concentrazioni che non possono essere superate durante le operazioni di spurgo, con particolare riferimento alle concentrazioni di solidi sospesi.
- Regime dei rilasci idrici dovuti alla gestione del bacino.
- Caratterizzazione quali-quantitativa del corpo idrico recettore, idrologica e bioecologica attraverso studi sulla fauna ittica, sui macroinvertebrati (IBE), la vegetazione acquatica, l'Indice di Funzionalità Fluviale (IFF) il DMV, gli obiettivi di qualità PTA ecc..
- Modalità di caratterizzazione e descrizione dei corsi d'acqua impattati, per la comprensione delle diverse problematiche nel caso di rilascio di sedimenti a valle; modalità di quantificazione degli impatti, modalità di previsione degli stessi.
- Modalità e tempi di ripristino della capacità utile del bacino.

- Scelta delle modalità operative di gestione del serbatoio basata su analisi tecnico/economica.
- Indicazioni metodologiche relative ai monitoraggi da eseguirsi ante, durante e post opera.
- Per le principali tipologie di interventi finalizzati alla ripulitura dai sedimenti e manutenzione del bacino (fluitazione, spurgo, dragaggio, pompaggio ecc.) deve essere chiarito quanto segue:
 - descrizione dell'attività
 - eventuali attività preliminari
 - azioni di prevenzione e mitigazione
 - monitoraggio del corpo idrico recettore
 - volume del materiale rimovibile
 - modalità di stoccaggio e/o smaltimento
 - vincoli autorizzativi o normativi.
- Allegati cartografici (ubicazione topografica, idrografia, geologia-geomorfologia, batimetria, punti di monitoraggio)
- Certificati analitici.
- Curva ipsografica e curva di invaso.
- Bibliografia (tecnico-scientifica, normativa, norme di enti di certificazione UNI EN ISO, EPA, IRSA, CNR, APAT-ISPRA).

7 Indicazioni per la gestione degli svasi

L'esperienza maturata da ARPAT su scala regionale ha mostrato come l'operazione più impattante dal punto di vista ambientale sia, ovviamente, rappresentata dallo svaso completo, effettuato sia senza soluzione di continuità fino allo svuotamento totale, sia con fluitazioni ripetute. Queste ultime, se non effettuate in concomitanza con particolari situazioni idrologiche, quali ad esempio le fasi terminali degli eventi di piena, in alcuni casi possono essere peggiorative per la preservazione della qualità dell'ecosistema rispetto allo svaso totale continuo. Esse infatti, per intervalli di tempo significativi, possono alternare parziali rinvasi a svasi, che attivano veloci correnti con notevole capacità di trasporto solido.

Nella normativa riguardante la risorsa idrica, nei piani regionali/provinciali di tutela delle acque o in linee guida tecniche, sono spesso previsti dei valori limite di parametri chimico-fisici quali i solidi sospesi, la torbidità o l'ossigeno disciolto.

Sebbene a livello teorico tali limiti possano risultare come misure necessarie a mitigare gli effetti delle operazioni di svaso, mirate anche al rispetto di riferimenti normativi, subordinare la gestione di tali operazioni al rispetto di valori limite può rivelarsi ancora più rischioso per gli effetti ambientali che ne derivano. Infatti, la necessità di verificare il rispetto di valori limite a valle dello scarico può indurre la ripetuta interruzione delle operazioni di svaso, con soste più o meno prolungate, reinvaso del bacino e successivo svaso. In questo caso tale pratica si traduce nella reiterata azione erosiva dei sedimenti depositati all'interno dell'invaso e nell'inevitabile incremento del trasporto solido, determinando condizioni peggiorative nello stato del tratto fluviale di valle, specialmente se effettuata in periodo di magra.

Si evitano così, di fatto, valori di picco della torbidità, ma si determina un prolungato stato critico del corso d'acqua con effetti negativi sull'ecosistema fluviale. L'alternativa potrebbe essere quella di stabilire limiti riferibili alla media di valori rilevati in un arco di tempo predefinito.

L'asportazione di sedimenti dall'interno del bacino con mezzi meccanici, dragaggi, sorbonaggi o pompaggi, comporta invece l'oneroso problema dello stoccaggio, del trasporto e del conferimento finale dei materiali di scavo attualmente soggetti alla normativa in materia di rifiuti. A condizione di accollarsi tali oneri, l'asportazione meccanica consente di superare le implicazioni ambientali attinenti alla ecologia e alla dinamica fluviale del tratto di valle. Occorre sottolineare che questa pratica riduce, però, la restituzione di quote di sedimenti sottratte nel tempo dallo sbarramento al fiume.

In termini di un bilancio generale costi/benefici che tenga conto degli aspetti ambientali, la gestione che utilizza lo svaso rimane probabilmente, ad oggi, la soluzione maggiormente praticabile. E', però, necessario ipotizzare modalità operative più corrette.

La convinzione che si è sempre più consolidata nel tempo, anche in seguito alle pregresse esperienze, porta a gestire le operazioni di svaso totale facendole precedere da una serie di svasi parziali da effettuare in coda di piena.

La programmazione di svasi periodici, anche parziali, per la fluitazione dei sedimenti con intervalli di tempo più ravvicinati, rispetto alle cadenze temporali imposte dalle norme di sicurezza, consentirebbe di contenere l'accumulo di materiale all'interno dell'invaso.

Gli intervalli dovrebbero essere scanditi in funzione dei livelli di accumulo dei sedimenti, ovvero del tasso di sedimentazione all'interno del bacino. In tal modo si restituirebbero con maggiore gradualità i sedimenti al corso d'acqua e si eviterebbe un trasporto a valle di quantità eccessive degli stessi in lassi di tempo troppo brevi. Fanno eccezione gli eventi con apporto idrico e solido eccezionali, che richiedono caso per caso delle specifiche valutazioni.

Questo modo di operare consentirebbe, come detto, di tenere sotto controllo la quantità massima di sedimento da rimuovere con l'operazione di svaso totale che, per motivi di sicurezza, è in genere effettuato in periodo di magra, mitigando così gli effetti ambientali negativi su tutto il tratto a valle dell'invaso interessato dalle conseguenze di tale operazione.

Come suggerito nel presente documento, per i confortanti risultati che hanno mostrato in alcuni casi reali in termini di preservazione della qualità biologica delle acque e di integrità delle popolazioni ittiche, sono consigliabili svasi parziali da effettuare in coda di piena, laddove le caratteristiche del bacino idrografico lo facciano ritenere opportuno. Da un punto di vista bio-ecologico è infatti ipotizzabile che, di fronte a un evento di piena, le comunità si preparino istintivamente ai rischi di deriva cercando rifugi, laddove questi esistono. Vi sono comportamenti noti sia per la fauna ittica, che tende a ripararsi negli anfratti o nelle aree inondabili, sia per i macroinvertebrati, che cercano rifugio nel substrato fino a raggiungere il dominio iporreico.

Naturalmente, quanto descritto necessita di ulteriori verifiche in campo per una conferma dei risultati positivi rilevati.

Ciò che può contribuire a mitigare l'effetto dello svaso in coda di piena, inoltre, è che lo svaso stesso va a compiersi in un intervallo temporale in cui il reticolo idrografico di riferimento, con i corsi d'acqua dei vari ordini, è soggetto a un episodio di piena naturale, con un notevole incremento di portata delle acque, che riescono a diluire e trasportare a valle notevoli quantità di solidi sospesi, trascinandoli per lunghi tratti fluviali. Ciò può risultare significativo in quanto

l'effetto di uno svaso si può estendere anche molto al di là del tratto fluviale direttamente sotteso al bacino interessato.

Riassumendo, una possibile modalità di gestione per raggiungere tali finalità può prevedere svasi parziali con cadenze ravvicinate e svasi totali a intervalli temporali maggiori, eseguiti secondo le indicazioni di seguito riportate:

- la portata rilasciata dagli scarichi della diga di ritenuta ha un andamento nel tempo rappresentabile con un idrogramma la cui forma varia in funzione delle stesse modalità di rilascio. L'idrogramma di svaso deve essere rappresentativo delle uscite dal bacino di ritenuta, ovvero dello scarico di fondo, di superficie o della somma dei due nel momento in cui sono attivi contemporaneamente;
- in fase di piena naturale, i rilasci possono avvenire sia in fase di crescita della portata che in fase di decrescita (coda di piena), o in entrambi i casi, fatte salve le condizioni di fattibilità in relazione alla sicurezza dell'invaso;
- si può svasare una portata al colmo analoga a quella di piena naturale e per una durata che può essere maggiore, minore o uguale a quella della piena naturale in relazione alla gestione dei livelli invasati. Lo scopo è quello di svasare una quantità di acqua che simuli la piena naturale. Con un tale modo di operare si ipotizzano minori alterazioni sull'ecosistema fluviale rispetto a svasi realizzati in periodi di magra;
- lo svaso parziale del bacino si ritiene generalmente praticabile in periodo invernale in coda di piena. Indicativamente tale operazione dovrebbe avvenire *almeno ogni 3 anni*. Naturalmente, trattandosi di una indicazione operativa, se le portate di piena del corso d'acqua nel terzo anno non fossero sufficienti a garantire lo svaso in coda di piena, si potrà rimandare lo svaso all'anno successivo.
- Per quanto al punto precedente, lo svaso totale con finalità di spurgo potrà avvenire *ogni 10/15 anni*.

L'applicazione di quanto ora descritto è, ovviamente, subordinata alle esigenze di sicurezza, gestione e produzione degli impianti, ed è il gestore che ne deve valutare l'applicabilità e le modalità esecutive caso per caso, secondo modalità che dovranno essere evidenziate all'interno dei Progetti di Gestione.

Si elencano, inoltre, le specifiche a cui attenersi per una corretta gestione degli invasi e del monitoraggio ambientale in condizioni ante e post svaso.

- Per la corretta programmazione degli svasi è necessario avere le seguenti informazioni: regime idrologico naturale del corso d'acqua, regolazione delle portate di rilascio a valle della diga connesse alla produzione di energia elettrica, regime degli svasi qualora vengano realizzati (portata massima di

svaso, tabelle e/o grafici di modulazione delle portate di svaso nel tempo; chiare informazioni sulla durata degli svassi e dei periodi dell'anno in cui si realizzano).

- Nel caso i sedimenti residui dello svaso risultino presenti in alveo, a valle della diga, e siano da rimuovere, questi dovranno essere considerati rifiuti qualora si tratti fanghi e/o siano contaminati oltre i limiti previsti dalla vigente normativa e/o non abbiano destinazione. In tali casi sono assoggettati al regime normativo, autorizzativo e gestionale dei rifiuti. Di essi devono, inoltre, essere chiarite le eventuali modalità di stoccaggio temporaneo. Le operazioni di rimozione di fanghi dall'alveo dovranno essere condotte per l'intero tratto interessato dai depositi e dovranno tendere a ripristinare le condizioni originarie morfologiche, sedimentologiche ed ecologiche del corso d'acqua.
- Nella fase antecedente allo svaso, per operazioni di spurgo e successivamente allo stesso, deve essere realizzata un'analisi della comunità ittica e della comunità macrobentonica, con censimento qualitativo e quantitativo delle popolazioni presenti. Tali analisi dovranno essere integrate in uno studio che ricostruisca lo stato ecologico del tratto d'alveo interessato. Nel caso si accertino perdite di biomassa ittica a seguito dello svaso, si dovrà procedere alla reimmissione di ittiofauna in base alle risultanze delle indagini condotte sulle popolazioni presenti e, comunque, tenendo conto delle condizioni qualitative originarie. A tal fine si tenga conto della normativa specifica (L.R. n. 7/2005 art.14).
- Qualora dalle indagini si accertino modificazioni dei parametri chimico-fisici o della comunità dei macroinvertebrati, si devono indicare le modalità e tipologie di interventi che si intendono mettere in atto.
- Per un positivo effetto sugli ecosistemi fluviali, oltre che per il mantenimento del DMV, è consigliabile gestire i rilasci, anche nell'ordinaria fase di esercizio dell'impianto, in modo che simulino i cicli idrologici naturali.
- Lo svaso non deve avvenire nel periodo di deposizione delle uova e di riproduzione. Devono essere ricercate tutte le possibili soluzioni tecniche per ridurre l'impatto dei rilasci dallo scarico di fondo sull'ittiofauna. A tal fine, per ogni singolo caso si dovrà trovare la soluzione ottimale prendendo in considerazione, di volta in volta, provvedimenti finalizzati a non incrementare la moria dell'ittiofauna dovuta all'impatto meccanico conseguente al rilascio delle acque.
- Non si devono effettuare ripetute operazioni di svaso/rinvaso a breve termine reiterando il richiamo e il trascinamento dei materiali sedimentati all'interno del bacino, e aumentando così la portata solida di scarico e la torbidità del

corpo recettore. Tale modo di operare deve essere evitato anche quando si intende finalizzarlo alla riduzione dei superamenti dei limiti relativi a torbidità e parametri chimico-fisici monitorati.

- Nel periodo successivo agli svasi, ove tecnicamente ed economicamente possibile, devono essere condotte delle operazioni di risistemazione dell'alveo e delle sponde a valle dell'invaso, in modo da mantenere l'equilibrio geomorfologico.

8 Considerazioni finali

Le Agenzie sono chiamate per compiti istituzionali a vigilare sul rispetto della vigente normativa ambientale, ma anche a rispondere alle richieste di contributi istruttori da parte di Enti Pubblici, in merito agli aspetti ambientali della gestione degli invasi.

Per tale motivo gli Autori hanno elaborato un documento che può rappresentare un primo strumento, complementare alla normativa vigente, di pratico utilizzo per la redazione e la verifica istruttoria dei Progetti di gestione.

Il presente lavoro per la natura stessa dell'argomento è suscettibile di integrazioni e aggiornamenti, anche in seguito all'evolversi della normativa e delle conoscenze tecnico/scientifiche in materia.

I contenuti descritti nascono, infatti, da una serie di valutazioni e proposte scaturite dall'esperienza di ARPAT nel campo della gestione degli svasi, in particolare di bacini idroelettrici sul territorio regionale.

Gli autori sono consapevoli che la tematica trattata include un ampio scenario di problematiche, qui solo accennate o affrontate in modo parziale, che nascono dai molteplici aspetti presenti. Si sottolinea, quindi, come quanto scritto e proposto abbia un carattere introduttivo, finalizzato a richiamare l'attenzione riguardo alla problematica della gestione sostenibile delle operazioni di svaso dei grandi bacini e a stimolare il dibattito tra i portatori di interesse, col fine di giungere a una visione il più possibile condivisa del quadro tecnico/decisionale e con l'intento di fornire anche un contributo per una futura redazione di linee guida regionali.

Bibliografia di riferimento

- AA.VV., *Proposta di linee guida per la predisposizione dei dossier di compatibilità ambientale dei prelievi idrici dai corsi d'acqua naturali*. Regione Piemonte, 2001.
- AA.VV., *Atlante delle opere di sistemazione fluviale*. Manuali APAT, Roma, 2003.
- AA.VV., *La riqualificazione fluviale in Italia, Linee guida, strumenti ed esperienze per gestire i corsi d'acqua e il territorio*. CIRF, Mazzanti editori, Venezia, 2006.
- AA.VV., *I.F.F. 2007, Indice di funzionalità fluviale*. Manuale APAT, Roma, 2007.
- ARPAV, *La gestione sostenibile dei sedimenti*. Milano, 2006 .
- Baldaccini G., Doni A., Rossi S., *Invasi artificiali: proposta per una gestione sostenibile*, in "Acqua & Aria" n.4, 2009.
- Bianchini A., *Rimozione dei materiali sedimentati dagli invasi artificiali*. Workshop "Piccole dighe e bacini di accumulo" ERGA Spa. Gruppo ENEL. Torino, ottobre 2000.
- Bunn, S.E. & Arthington, A.H., *Basic principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity*, in "Environmental Management", 30 (4), 492-507, 2002.
- Castelli S., Tremolada L., *Aspetti normativi, metodologici e sperimentali della gestione dei sedimenti*, Progetto Alpreserv, Milano, 2006.
- Dello Vicario E., Setaccia A., Savanella V., *Caratteri descrittivi delle grandi dighe italiane*, in "L'Acqua", n. 5/1999.
- Di Silvio G., *Interrimento e riabilitazione degli invasi artificiali*, in "L'Acqua", n. 6/1996.
- Di Silvio G., *L'interrimento dei serbatoi artificiali problematiche e soluzioni*. CESI, UniPadova, Dip. IMAGE, Milano, 2006.
- Fasolato G., Ronco P., Tregnaghi M., *Operazioni di sghiaimento da un serbatoio alpino ed effetti sulla morfodinamica fluviale*. XXX° Convegno di Idraulica e Costruzioni idrauliche -IDRA, Roma, 2006.
- Garofano E., Gilli L., *Gestione dei serbatoi idroelettrici e tutela qualitativa dei corpi idrici. Utilizzo integrato di misure in continuo e modelli per simulazioni previsionali*, in "L'Acqua" 3/ 2007.
- Maffio A., *La gestione dei sedimenti negli invasi nell'ambito della "Ricerca di Sistema"*. CESI Ricerca, Progetto ALPRESERV, Milano, 2006.

Molino B., *Esperienze sulla gestione dei sedimenti nell'ambito del Progetto PRIN. Progetto ALPRESERV*, Milano, 2006.

Poff, N.L., Allan, D., Bain, M.B., Karr, J.R., Prestegard, K.L., Richter, B. D., Sparks, R.E. & Stromberg, J.C., *The natural flow regime: a paradigm for river conservation and restoration*, in "Bioscience", 47 (11), 769-784, 1997.

Prefecture de la Correze, *Arreté préfectoral autorisant la vindage par EDF de la retenue hydroelectrique des Chaumettes*. Département de la Corrèze, République Française, 2007.

Provincia di Cuneo, *Regolamento per l'utilizzazione della risorsa idroelettrica, I principali impatti*. Area funzionale del territorio settore risorse idriche ed energetiche - Ufficio concessioni di derivazione, 2007.

Raffio A., *La gestione dei sedimenti negli invasi nell'ambito della ricerca di sistema*. Progetto europeo ALPRESERV, Ricerca ed esperienze applicative nella gestione sostenibile dei sedimenti nei serbatoi, CESI, 2006.

Regione Lombardia, *Definizione dell'impatto degli svassi dei bacini artificiali sull'ittiofauna e valutazione di misure di protezione*. Quaderni della ricerca, n.90 - luglio 2008.

Regione Sardegna, *Linee guida per la predisposizione dei progetti di gestione degli invasi e per l'esecuzione delle operazioni*. Allegato Delib.G.R. n.13/12 del 4.3.2008, Boll. Uff. Reg. Aut. Della Sardegna, suppl. str. N.1 B.U. n.15 del 30 aprile 2007.

Rinaldi M., Casagli N., Dapporto S. & Gargini A., *Monitoring and modelling of pore water pressure changes and riverbank stability during flow events*, in "Earth Surface Processes and Landforms", 29(2), 2004, 237-254.

Rinaldi M., *La prospettiva geomorfologica e le applicazioni nella gestione degli alvei fluviali*. Atti delle giornate di studio, 39-58, 2006, www.adbmagra.it.

Siti internet

<http://www.registroitalianodighe.it/imagemap/firenze.html>

<http://www.alpreserv.eu/>

<http://www.bafu.admin.ch/gewaesserschutz/04851/index.html?lang=en>

<http://www.cirf.org/>

<http://www.bacino-adige.it> (in particolare per: AA.VV., *Regolazione delle portate: linee guida per la gestione eco-compatibile degli ecosistemi e della dinamica fluviale*, Progetto RePort/Workshop20071018)

Appendice

Nomenclatura degli invasi e delle dighe

Glossario

Coda di piena: tratto dell'idrogramma del singolo evento di piena compreso tra il valore massimo della portata e il raggiungimento della portata di morbida.

DMV: minimo deflusso vitale di un corso d'acqua. Si tratta della portata residua, immediatamente a valle delle opere di derivazione e/o ritenzione idrica, da concedere ai corsi d'acqua interessati dallo sfruttamento idrico, al fine di mantenere vitali, seppure ridotti rispetto alle condizioni naturali, i processi fisici, chimici e biologici necessari a mantenere l'autodepurazione e a conservare quindi buone condizioni di qualità dell'acqua.

Dragaggio: rimozione di sedimenti da un bacino pieno mediante le macchine dette draghe, che consistono in dispositivi per il sollevamento o l'aspirazione del materiale, di solito azionati da motori diesel montati su barconi.

Flushing: rimozione idraulica dei sedimenti all'interno di un bacino mediante apertura dallo scarico di fondo in presenza di una portata a monte sufficiente. Sinonimo di spurgo per fluitazione.

Gestore: il titolare della concessione di derivazione o richiedente la stessa oppure, se soggetto diverso, il gestore dello sbarramento.

Hydropeaking: brusche variazioni dei rilasci delle portate causate dall'esercizio di impianti idroelettrici.

IBE: Indice Biotico Esteso, è un metodo basato sullo studio della comunità dei macroinvertebrati che vive nell'alveo dei fiumi e che valuta gli effetti che su di essa hanno la qualità chimica e chimico-fisica delle acque.

Idrosuzione: operazione di prelievo dei sedimenti sul fondo di un bacino pieno operato per pompaggio o con draga aspirante.

I.F.F.: Indice di Funzionalità Fluviale, è un metodo di valutazione dello stato ecologico degli ambienti fluviali, basato sull'analisi speditiva dei parametri morfologici, strutturali e biotici dell'ecosistema preso in considerazione.

Interrimento: deposito di sedimenti all'interno di un bacino artificiale che ne provoca la diminuzione del volume d'invaso.

Macroinvertebrati: sono animali invertebrati di dimensioni superiori al millimetro e visibili a occhio nudo, che vivono nei corsi d'acqua, colonizzando tutti i substrati disponibili.

Organo di presa: complesso di apparecchiature e strutture atte a consentire, con comando volontario o automatico, la derivazione dell'acqua accumulata nell'invaso.

Organo di scarico: complesso meccanico e strutture che consentono il rilascio di acque a valle dello sbarramento.

Scarichi delle dighe: la normativa prevede che gli scarichi annessi alle dighe siano dimensionati per smaltire la massima portata di piena sul bacino e siano automatici e manuali; si prevede che soprattutto i piccoli bacini con piene improvvise possano essere gestiti manualmente. In sintesi le diverse tipologie di scarico sono le seguenti:

- **Scarichi di superficie a pelo libero:** rappresentati da sfioratori di superficie a stramazzo, a calice, a sifone, con paratoie anche automatiche che si aprono in funzione del carico idraulico.
- **Scarichi in pressione:** rappresentati dallo scarico di fondo posizionato sul fondo del bacino (diametro=3.5-5 m), costituito da una galleria in pressione con più paratoie di chiusura. Serve a smaltire la portata di piena e a svuotare il serbatoio.
- **Scarico di mezzofondo:** con diametro di 3-5 m, posizionato a un'altezza maggiore rispetto a quello di fondo.
- **Scarico di esaurimento:** con diametro di 1.5-2 m, serve a smaltire i residui idrici al di sotto dello scarico di fondo.

Sfangamento: operazione di rimozione del materiale sedimentato all'interno di un bacino. Anche sghiaimento. Realizzato a bacino pieno o a bacino vuoto.

Sluicing: manovre temporanee di apertura dello scarico di fondo.

Sorbona: sistema di prelievo dei sedimenti di fondo associato a draga aspirante.

Spurgo: operazione di svuotamento del bacino che fa trasportare dalla corrente idrica i sedimenti di interrimento del bacino. Anche svaso per spurgo.

Svaso: operazione di svuotamento completo o parziale di un bacino mediante l'apertura degli organi di scarico.

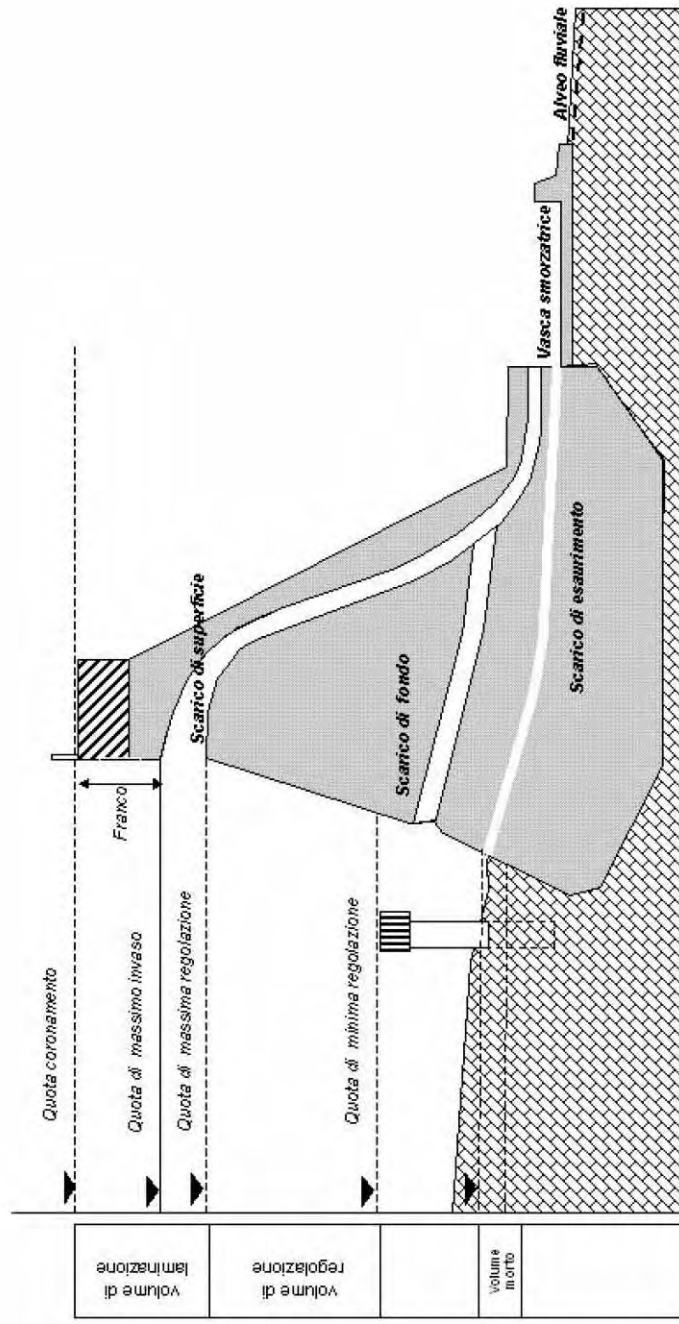
Timing: modulazione dei rilasci idrici nel tempo; anche momento dell'anno in cui si manifesta una fissata condizione di deflusso.

Appendice

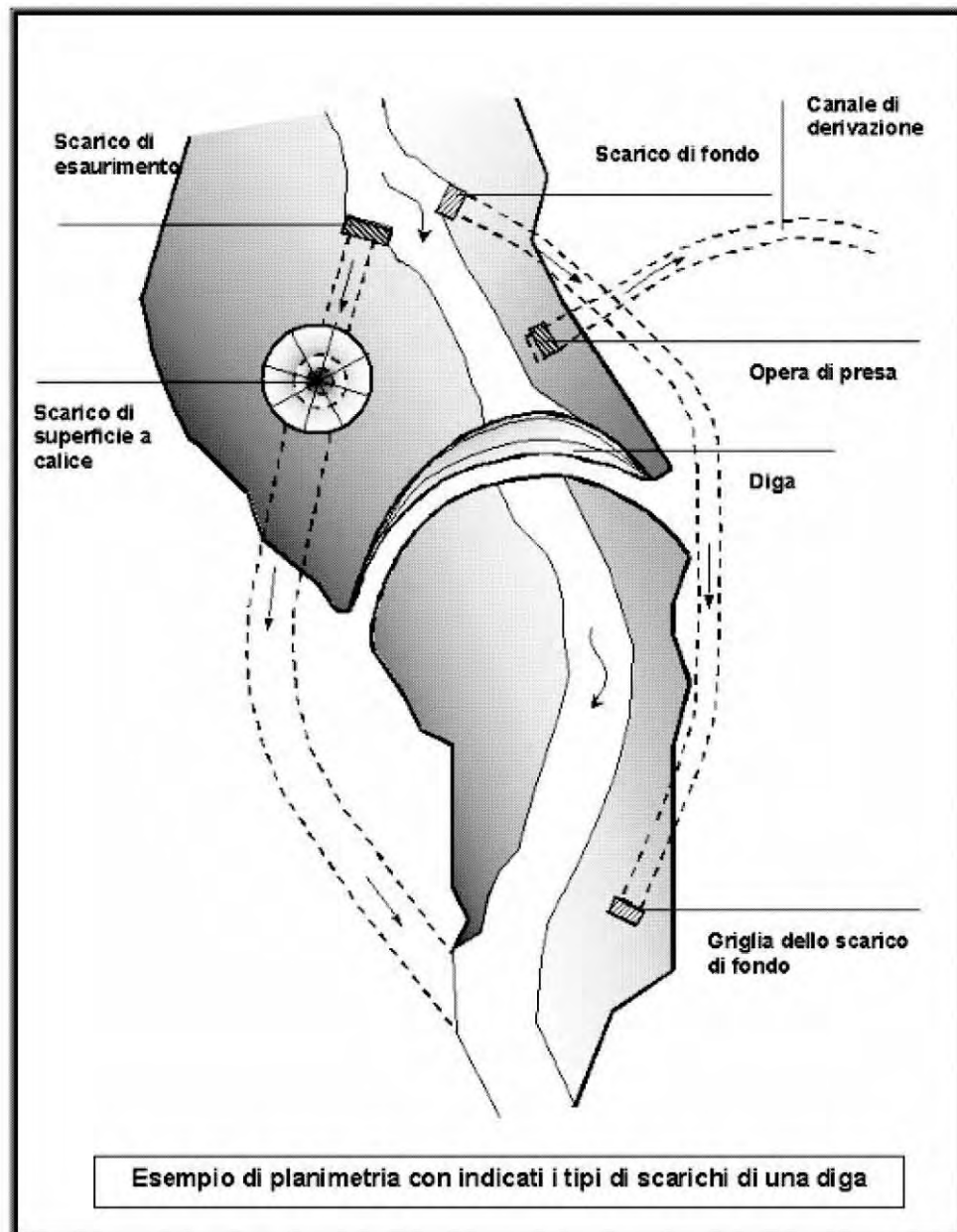
Nomenclatura degli invasi e delle dighe

- **(1) Altezza della diga:** e' il livello tra la quota del piano di coronamento (esclusi parapetti ed eventuali muri frangi onde) e quella del punto piu' basso della superficie di fondazione (escluso eventuali sottostrutture di tenuta).
- **(2) Quota di massimo invaso:** e' la quota massima a cui puo' giungere il livello dell'acqua dell'invaso ove si verifichi il piu' gravoso evento di piena previsto, escluso la sopraelevazione da moto ondoso.
- **(3) Quota massima di regolazione:** e' la quota del livello d'acqua al quale ha inizio, automaticamente, lo sfioro degli appositi dispositivi.
- **(4) Altezza di massima ritenuta:** e' il dislivello tra la quota di massimo invaso e quella del punto piu' depresso dell'alveo naturale in corrispondenza del parametro di monte.
- **(5) Franco:** Dislivello tra la quota del piano di coronamento e quella di massimo invaso.
- **(6) Franco netto:** dislivello tra la quota del piano di coronamento e quella di massimo invaso, aggiunta a questa la semiampiezza della massima onda prevedibile nel serbatoio.
- **(7) Volume totale di invaso:** capacità del serbatoio compresa tra la quota di massimo invaso e la quota minima di fondazione; per le traverse fluviali è il volume compreso tra il profilo di rigurgito più elevato, indotto dalla traversa, ed il profilo di magra del corso d'acqua sbarrato.
- **(8) Volume utile di regolazione:** quello compreso fra la quota massima di regolazione e la quota minima del livello d'acqua alla quale può essere derivata, per l'utilizzazione prevista, l'acqua invasata.
- **(9) Volume di laminazione:** quello compreso fra la quota di massimo invaso e la quota massima di regolazione ovvero, per i serbatoi specifici per laminazione delle piene, tra la quota di massimo invaso e la quota della soglia inferiore dei dispositivi di scarico.
- **(10) Altezza diga:** L'altezza della diga è data dalla differenza tra la quota del piano di coronamento e quella del punto più depresso dei paramenti.
- **(11) Volume di invaso:** Il volume d'invaso è pari alla capacità del serbatoio compreso tra la quota più elevata delle soglie sfioranti degli scarichi o della sommità delle eventuali paratoie e la quota del punto più depresso del paramento di monte.

(fonte : Registro Italiano Dighe)



Modificato da : *Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento per i Servizi Tecnici Nazionali*
 SERVIZIO NAZIONALE DIGHE – UFFICIO di FIRENZE



Documentazione fotografica



Foto 1 - Diga La Lima, (Comune di S. Marcello Pistoiese e Piteglio – Pistoia) Torrente Lima, Bacino del Fiume Serchio



Foto 2 - Diga La Lima, particolare del paramento di valle e degli sfioratori di superficie



Foto 3, Diga La Lima, particolare della vasca di smorzamento a valle della diga



Foto 4, Diga La Lima, dissesto in sponda sinistra subito a valle della diga



Foto 5, Diga di Vicaglia, (Comune di Sillano – Lucca), Torrente Fosso a Corte, Bacino del Fiume Serchio, vista del bacino svasato con accumulo dei materiali di interrimento



Foto 6, Diga di Vicaglia , particolare dell'opera di derivazione con griglia



Foto 7, Diga di Vicaglia, vista dell'interno del bacino svasato con parziale asportazione dei sedimenti



Foto 8, Diga di Vicaglia, sfioratore di superficie



Foto 9, Diga di Vicaglia, paramento di monte con scarico aperto

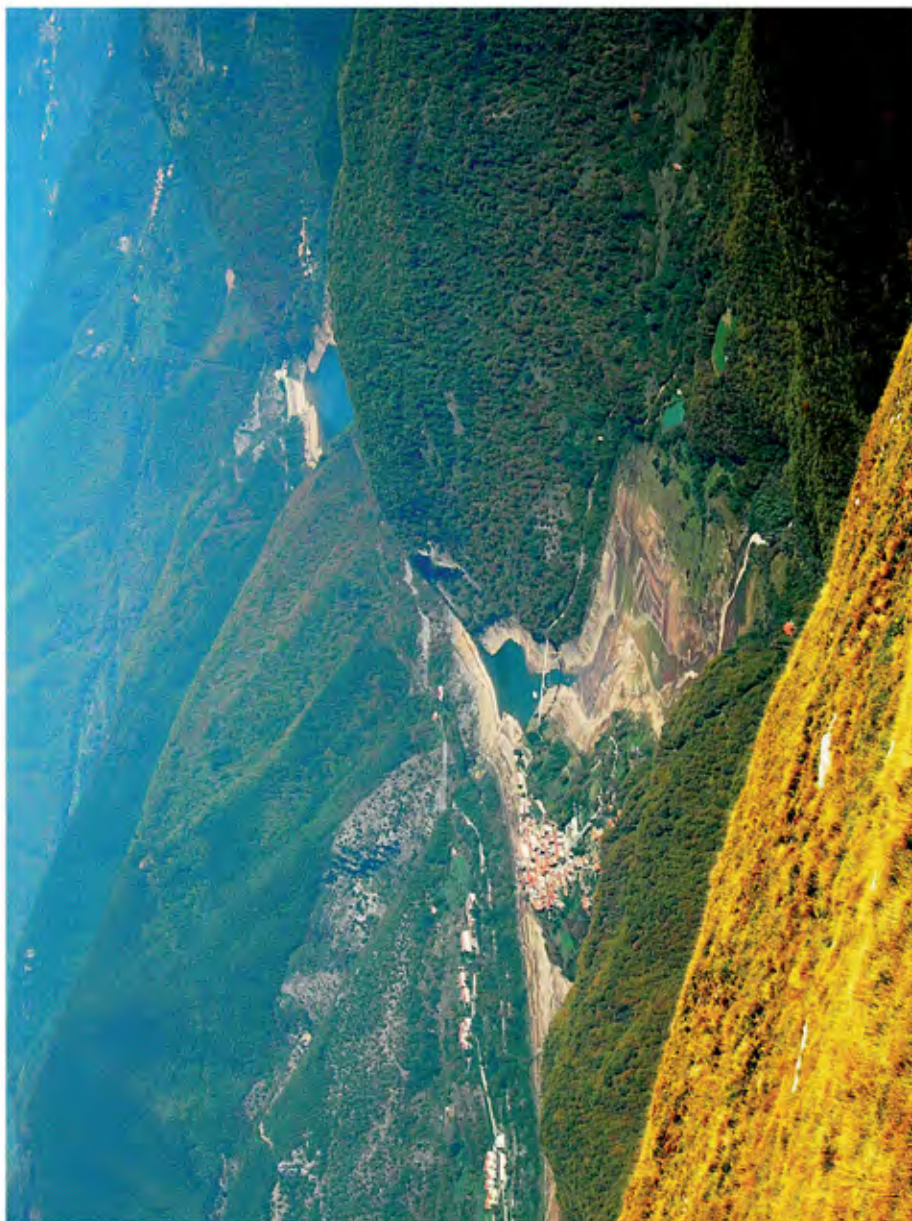


Foto 10, Diga di Vagli, (Comune di Vagli di Sotto – Lucca), Torrente Edron Bacino del Fiume Serchio, vista panoramica del bacino e della diga di ritenuta da monte



Foto 11, Diga di Ponteconsi, (Comune di Pieve a Fosciana – Lucca), Fiume Serchio, vista del paramento di valle con scarichi parzialmente attivi



Foto 12, Diga di Gangheri –Trombacco, (Comune di Vergemoli – Lucca), Torrente Turrite di Galliciano, Bacino del Fiume Serchio, rilasci dallo scarico di fondo



Foto 13, Diga di Pontecosi, rilasci dagli scarichi di superficie



Foto 14, Diga di Turríte Cava, (Comune di Borgo a Mozzano - Lucca), Torrente Turríte Cava, Bacino del Fiume Serchio, vista del bacino svasato, dei sedimenti di interrimento disseccati e delle opere di derivazione



Foto 15, Diga di Turríte Cava, vista del bacino svasato e dei sedimenti di interrimento disseccati

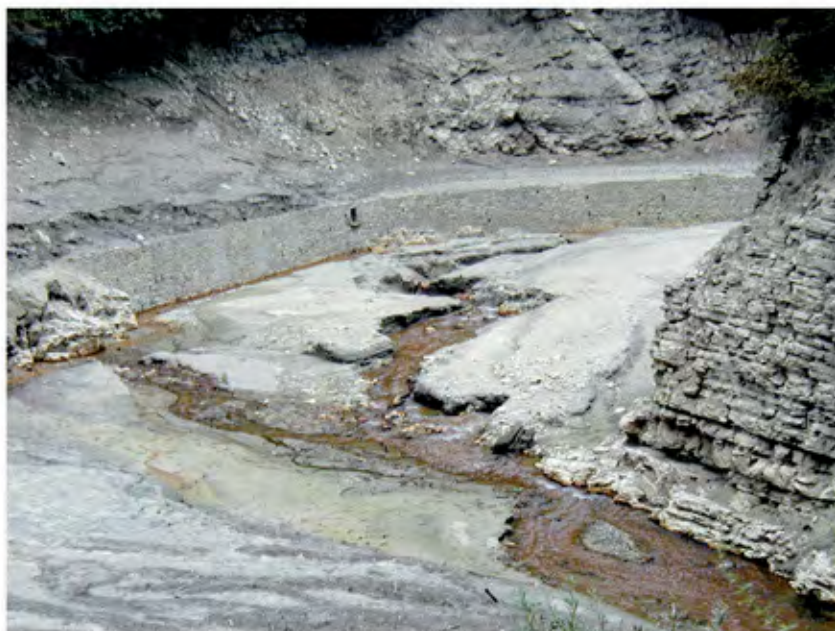


Foto 16, Diga di Turrite Cava, vista del fondo del bacino svasato con i sedimenti di varia granulometria erosi dal canale di deflusso



Foto 17, Diga di Turrite Cava, vista del fondo del bacino svasato, dei materiali di interrimento e del canale di deflusso



Foto 18, Diga di Borgo a Mozzano (Comune di Borgo a Mozzano – Lucca), Fiume Serchio, vista da valle



Foto 19, Diga di Borgo a Mozzano, particolare degli organi di scarico



Foto 20, Diga di Bilancino (Comune di Barberino di Mugello - Firenze), vista del paramento di valle sullo sfondo e del canale scolmatore in primo piano



ARPAT

Agenzia regionale
per la protezione ambientale
della Toscana

Via Nicola Porpora, 22 - 50144 Firenze - tel. 055.32061