



La salvaguardia dei serbatoi artificiali in Italia

Gestione della risorsa, mantenimento opere, ampliamento capacità

Roma, 28 ottobre 2010

IL PROBLEMA DELL'INTERRIMENTO DEI SERBATOI ITALIANI

AUTORI

Fabio Bizzini, Consorzio Bonifica 7, Caltagirone (CT);

Rosella Caruana, Enel SpA, Roma;

Pantaleone De Vita, Università di Napoli, Napoli;

Giancarlo Fanelli, Enel SpA, Roma;

Francesco Gallerano, Università la Sapienza di Roma Ingegneria Idraulica;

Calogero Gambino, A.R.R.A., Settore Infrastrutture per le Acque, Palermo;

Tommaso Granata, CESI SpA, Piacenza;

Giovanni La Barbera, Centro Iside S.r.l., Salerno, Coordinatore del Gruppo di Lavoro;

Marianna Marchitelli, Consorzio di Bonifica Vulture–Alto Bradano;

Valentina Passeri, CESI SpA, Piacenza;

Daniele Tiddia, Centro Iside S.r.l., Salerno

La memoria¹ si propone di effettuare una valutazione della situazione di interrimento dei serbatoi delle grandi dighe italiane e dei riflessi economici che ne derivano alla produzione.

La memoria passa inoltre in rassegna la normativa italiana e la sua evoluzione evidenziando le criticità determinate nel tempo all'esercizio degli impianti.

Viene effettuata una stima dei costi derivanti dalla rigida applicazione delle norme attuali mettendo in evidenza come il loro rispetto potrebbe pregiudicare il mantenimento dell'esercizio.

Infine vengono indicati aspetti e punti critici che richiedono attenzione affinché la gestione dei sedimenti possa essere efficacemente svolta.

Parole chiave: Diga, Scarico di fondo, Invaso artificiale, Interrimento, Fluitazione.

1. LA CAPACITÀ D'INVASO DELLA GRANDI DIGHE ITALIANE

La normativa stabilisce che le grandi dighe sono quelle che superano i 15 metri di altezza e/o con un volume di invaso superiore ad 1 hm³.

Sulla base dei dati ufficiali pubblicati dal Ministero delle Infrastrutture, aggiornati al marzo 2007, le grandi dighe in Italia sono circa 540, delle quali 15 sono fuori esercizio per motivi tecnici.

La capacità d'invaso complessiva dei circa 540 serbatoi di accumulo italiani è stimata in 13,35 km³.

Con riferimento alla *Figura 1*, l'età media delle grandi dighe italiane è di circa 66 anni. L'evoluzione temporale della realizzazione dei serbatoi artificiali in Italia, sia dal punto di vista costruttivo che da quella dei diversi usi delle acque invasate, risulta abbastanza articolata e complessa accompagnandosi in modo non sempre sincrono con lo sviluppo economico, sociale e tecnologico dell'Italia nel ventesimo secolo.

A partire dall'inizio del secolo ventesimo e fino agli anni 50/60 la tipologia costruttiva prevalente era di tipo murario ed il corrispondente uso prevalente dell'acqua invasata era per la produzione idro-elettrica.

Nella seconda metà del secolo la tipologia costruttiva che si è andata via via affermando è stata quella delle dighe in materiali sciolti, e contemporaneamente si è avuta una più vasta gamma di utilizzazioni degli invasi con l'affermarsi di una preponderante domanda per uso irriguo.

¹ A cura del gruppo di lavoro ITCOLD sul tema: *Progetto di gestione degli invasi - per operazioni di svasso, sghiaimento e sfangamento delle dighe (Art. 114 del D.lgs 152/2006): Fabio Bizzini, Consorzio Bonifica 7, Caltagirone (CT); Rosella Caruana, Enel SpA, Roma; Pantaleone De Vita, Università di Napoli, Napoli; Giancarlo Fanelli, Enel SpA, Roma; Francesco Gallerano, Università la Sapienza di Roma Ingegneria Idraulica; Calogero Gambino, A.R.R.A., Settore Infrastrutture per le Acque, Palermo; Tommaso Granata, CESI SpA, Piacenza; Giovanni La Barbera, Centro Iside S.r.l., Salerno, Coordinatore del Gruppo di Lavoro; Marianna Marchitelli, Consorzio di Bonifica Vulture-Alto Bradano; Valentina Passeri, CESI SpA, Piacenza; Daniele Tiddia, Centro Iside S.r.l., Salerno. La presente memoria è già stata pubblicata sulla Rivista L'Acqua.*

2. STIMA DELL'INTERRIMENTO PER I SERBATOI DELLA GRANDI DIGHE ITALIANE

E' stata effettuata una stima dell'entità complessiva dell'interrimento dei serbatoi italiani utilizzando le informazioni di n. 285 serbatoi pari a circa il 52% del parco totale e corrispondenti ad un volume complessivo di invaso potenziale di 7,35 km³, pari a circa il 55% del volume totale di accumulo potenziale di tutte le grandi dighe italiane. Sono stati considerati privi di interrimento i serbatoi per i quali è stata stimata una variazione del volume di invaso inferiore al 5% del volume originario di progetto e ciò per motivi legati agli errori di misura e alla corrispondente incertezza della stima del volume di invaso.

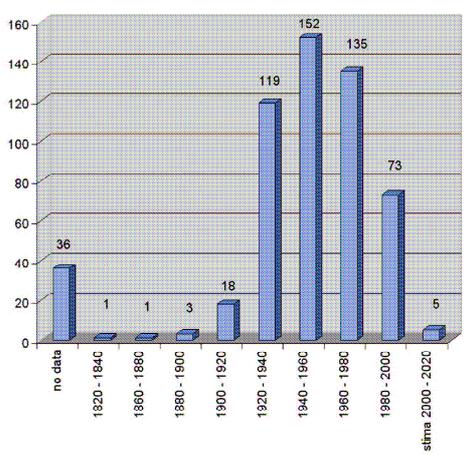


Figura 1 - Cronologia storica della costruzione delle grandi dighe in Italia.

I dati sono stati aggregati per due macroaree omogenee: quella alpina e quella appenninica.

Dal punto di vista geologico la catena alpina è costituita prevalentemente da rocce metamorfiche ed ignee mentre quella appenninica da rocce sedimentarie di tipo torbiditico e carbonatico.

Il grado di interrimento è trascurabile per gli invasi a quota più alta con bacino imbrifero di più ridotte dimensioni e di norma caratterizzato da terreni poco erodibili; cresce per gli invasi a quote minori e con bacini progressivamente maggiori e caratterizzati da terreni più erodibili, determinando riduzioni anche significative dell'invaso, fino in alcuni casi più critici ad annullarlo.

Risulta innanzitutto che quasi la metà dei serbatoi analizzati (47%, 134 su 285) sono privi di un apprezzabile interrimento. Per quelli interrimenti (53%, 151 su 285) risulta una riduzione media del volume di invaso del 47%.

Un'analisi più di dettaglio (vedi *Figura 2*) ha consentito di evidenziare che:

per la macroarea alpina:

- l' 88% dei serbatoi al di sopra di 2000 metri sono privi di interrimento;

- il 66 % dei serbatoi tra 1000 e 2000 metri sono privi di interrimento;
- per i serbatoi al di sotto dei 1000 metri solo il 24 % sono privi di interrimento.

per la macroarea appenninica:

- il 50 % dei serbatoi tra 1000 e 2000 metri sono privi di interrimento;
- solo il 41% dei serbatoi al di sotto di 1000 metri sono privi di interrimento.

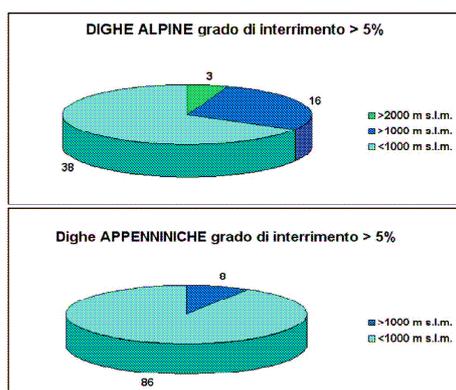


Figura 2 - Serbatoi con interrimento > 5% in funzione della quota suddivisi per macro-aree omogenee

A completamento dell'indagine è stato predisposto un istogramma delle frequenze assolute delle percentuali d'interrimento sempre con riferimento al campione analizzato ed alle due macroaree alpina ed appenninica. In area appenninica la percentuale dei serbatoi interrirti al di sotto dei 1000m è inferiore rispetto all'area alpina ma si riscontra un numero più elevato di serbatoi con grado di interrimento > del 50 % (vedi *Figura 3*).

E' stata valutata una riduzione complessiva del volume di invaso pari al 30%, come riportato in *Tabella I*. Estendendo tale risultato a tutti i serbatoi italiani si stima una perdita totale del volume invasabile pari a circa 4 km³ (30% di 13,350 km³).

TABELLA I - Interrimento dei serbatoi analizzati per macro-aree e altitudine

	Quota m.s.l.	SERBATOI ESAMINATI Numero	Interrimento > 5%			Interrimento < 5%	
			Serbatoi Numero	Volume d'invaso m ³	Volume interrato m ³	Serbatoi Numero	Volume d'invaso m ³
ALPI	>2000	26	3	4,40E+07	4,67E+06	23	2,65E+08
	>1000	47	16	1,22E+08	1,32E+07	31	4,18E+08
	<1000	50	38	3,33E+08	7,41E+07	12	3,31E+08
APPENNINI	>1000	16	8	4,18E+08	3,37E+07	8	1,61E+08
	<1000	146	86	3,84E+09	2,11E+09	60	1,44E+09
TOTALE		285	151	4,75E+09	2,24E+09	134	2,62E+09

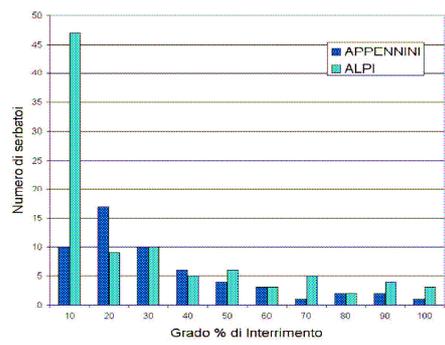


Figura 3 - Distribuzione delle frequenze assolute del grado di interrimento dei serbatoi analizzati.

3. EVOLUZIONE DELLA NORMATIVA TECNICA SULLA GESTIONE DEI SEDIMENTI E CONSEGUENZE SULLA GESTIONE DEI SERBATOI

Fino agli anni '70 i serbatoi venivano periodicamente vuotati per favorire la rimobilizzazione dei sedimenti depositatisi ed il loro rilascio a valle diga (erosione, fluitazione e spurgo). Tale esercizio era di norma reso possibile e conveniente dalle non rilevanti dimensioni dei serbatoi italiani.

Ciò ha consentito di limitare la crescita dell'interrimento nel tempo; per taluni invasi con morfologia più favorevole e con opere di scarico più adatte è stato possibile fronteggiare totalmente l'interrimento.

Nel 1976 è stata promulgata la Legge Merli (legge 10 maggio 1976 n. 319), che aveva lo scopo di regolamentare gli scarichi industriali per porre rimedio al grave problema dell'inquinamento indotto dagli stessi sui corpi idrici ricettori. Essa imponeva soglie di ammissibilità di concentrazione di una serie di parametri che caratterizzavano il liquido scaricato nel corpo ricettore.

In un'interpretazione restrittiva della legge anche gli scarichi delle dighe sono stati assimilati agli scarichi industriali; in particolare la legge fissava un valore di torbidità limite del liquido allo scarico di 80 mg/l che di fatto era incompatibile con i valori che solitamente si riscontrano sia durante le piene naturali dei corsi d'acqua e sia in occasione dell'apertura degli scarichi di fondo.

Da ciò è risultato che la grande maggioranza dei gestori di dighe, per non incorrere in sanzioni, ha cessato l'apertura degli scarichi, che pure avevano rappresentato fino a tale momento una normale pratica per l'evacuazione dei sedimenti, per il mantenimento della funzionalità delle paratoie e per la conservazione della capacità utile dell'invaso.

Questa situazione, che si è protratta per più di un ventennio, ha prodotto un incremento incontrollato dell'interrimento.

In particolare 36 dei 285 serbatoi esaminati hanno subito una riduzione del volume di invaso superiore al 50%; inoltre in alcuni casi gli scarichi di fondo sono risultati inagibili a causa del loro interrimento totale o parziale. In alcuni di tali casi l'organo di vigilanza sulla sicurezza delle dighe,

ha imposto pesanti limitazioni alle quote di invaso con la conseguenza di un'ulteriore grave danno economico per l'intera collettività.

Il Dlgs 152/99 ha finalmente, almeno concettualmente, posto fine a questa grave stortura legislativa, riconoscendo che gli scarichi delle dighe non devono essere assoggettati alla disciplina degli scarichi industriali e che le operazioni di svasso, sghiaimento e sfangamento sono finalizzate ad "assicurare il mantenimento della capacità di invaso", e quindi riconoscendo ai gestori di dighe la possibilità di evacuare i sedimenti anche attraverso gli organi di scarico sulla base di un "Progetto di Gestione" approvato dalle Regioni.

L'emanazione del Decreto 30 giugno 2004 da parte del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, ha poi definito i criteri che devono essere seguiti per la redazione del Progetto di gestione degli invasi.

Il "progetto di gestione" contiene le indagini conoscitive effettuate sul bacino idrografico, sulle caratteristiche chimico- fisiche delle acque dell'invaso e dei sedimenti al fondo del serbatoio; sulla base di queste informazioni definisce sia il quadro previsionale delle operazioni di apertura degli scarichi per l'evacuazione dei sedimenti finalizzate a mantenere nel tempo l'efficienza funzionale degli organi di scarico e recuperare la capacità utile del serbatoio persa per interrimento.

Il progetto di gestione definisce anche le misure di prevenzione e tutela del corpo idrico a monte e a valle che devono essere messe in atto durante le operazioni stesse.

In base all'interpretazione corrente di tale norma al termine della concessione per l'utilizzazione delle acque i serbatoi devono essere riconsegnati allo Stato con l'invaso utile completamente privo di interrimento.

Quest'ultima richiesta costituisce un onere aggiuntivo per i Concessionari che fino ad allora erano tenuti al rispetto del RD n. 1775 /1933, in base al quale le opere devono essere restituite al termine della concessione "in stato di regolare funzionamento"; ciò significa che un invaso può essere riconsegnato anche interrato, a condizione che l'interrimento non impedisca o comunque ostacoli il regolare funzionamento delle opere di scarico e di presa.

Si osserva che la prescrizione di disinferro al termine della concessione è un obbligo fissato per tutti i serbatoi, indipendentemente dalle conseguenze di tipo economico ed ambientale che da tale obbligo potrebbero scaturire. A titolo di esempio si evidenzia che spesso nei serbatoi si sono venute a creare situazioni di particolare pregio ambientale/ paesaggistico/ turistico con la nascita di ecosistemi di particolare valore che verrebbero irrimediabilmente perduti o seriamente danneggiati rimuovendo i sedimenti.

Inoltre un recupero del volume di invaso determinerebbe automaticamente l'aumento della capacità del serbatoio di trattenere nuovi sedimenti, alterando equilibri ormai stabili e sottraendo quindi

maggiori volumi di sedimento all'alveo di valle ed alle coste. Si ritiene perciò che una norma così drastica spesso non rappresenti la soluzione migliore; sarebbe opportuno valutare con la necessaria flessibilità ogni singolo caso tenendo presente che l'unico volume di interrimento che necessariamente deve essere rimosso è quello che impedisce il regolare funzionamento delle opere (scarichi, presa). Vale anche la pena osservare, che l'onere economico necessario per ottemperare alla prescrizione di disinterro totale è spesso insostenibile in relazione alle reali dimensioni del business correlato. Ciò significa che molti impianti si troverebbero per questo fuori mercato.

Infine occorre anche osservare che nei casi con apporti solidi molto rilevanti (come ad esempio per il serbatoio di Quarto più avanti citato) l'eventuale disinterro risulterebbe un'operazione senza fine, con effetti molto limitati nel tempo o praticamente nulli, essendo i tempi necessari alla rimozione paragonabili a quelli che sono sufficienti al fiume per vanificare l'operazione.

Il Dlgs n. 152/1999 è stato sostituito dal Dlgs n. 152 /2006 (anche esso peraltro in fase di permanente revisione) che a proposito di operazioni di svaso, sghiaimento e sfangamento ripete quanto prevedeva il precedente Dlgs. n. 152 /99 e demanda ad un successivo DM (non ancora emesso) la definizione delle modalità. Transitoriamente resta perciò in vigore il DM 30/06/2004.

Nonostante, come si è visto, esista una normativa di riferimento dal 2004, le attività di gestione dei sedimenti dei serbatoi stentano ancora a riprendere e finora si contano solo episodici interventi sperimentali di modesta rilevanza.

Ciò dipende principalmente dal fatto che l'approvazione dei progetti di gestione è demandata ad Uffici Territoriali che in questa loro attività non trovano aiuto e sostegno nella normativa esistente, che si limita a definire solo regole di tipo generale. Ciò determina in molti casi tempi molto lunghi ed esiti imprevedibili delle pratiche autorizzative, nonché la frequente adozione di prescrizioni e limitazioni molto pesanti, in alcune casi tali da snaturare e vanificare il progetto.

Occorrerebbero raccomandazioni tecniche di riferimento che stabilissero o suggerissero standard e parametri tecnici di riferimento, quanto meno per i casi ordinari, che poi rappresentano la quasi totalità, e che offrano adeguato supporto ai funzionari degli uffici preposti.

Le uniche indicazioni di carattere tecnico sono attualmente fornite dai Regolamenti Regionali emanati da pochissime Regioni italiane per gli sbarramenti non soggetti alle norme del DPR 01/11/59, n. 1363, come previsto dall'art.1, comma 2 del DM 30/06/04. In tali documenti si esplicita, ad esempio, come devono essere caratterizzati le acque e il sedimento, quali sono le sue potenziali destinazioni in caso di asportazione; nel caso di svaso o sfangamento fissano i limiti di solidi sospesi che non devono essere superati nel corpo idrico di valle, stabiliscono le misure di mitigazione e prevenzione e il piano di monitoraggio; distinguono tra operazioni specifiche e operazioni ordinarie o prevedono diversi contenuti del Progetto di gestione per le diverse tipologie

di bacino, illustrano l'iter autorizzativo del progetto di gestione. Purtroppo, ciascun regolamento regionale è diverso dagli altri, pur facendo riferimento allo stesso problema, e ciò determina ulteriore incertezza e confusione.

Altro aspetto negativo emerso dall'applicazione della normativa deriva dal fatto che l'approvazione del progetto di gestione è sufficiente, a termini di legge, per rendere operativo il gestore, mentre nella realtà gli Uffici Territoriali considerano necessaria l'approvazione di ogni singolo intervento da parte di tutti gli Enti che hanno competenza sul territorio, cosicché il progetto di gestione risulta oggi un adempimento che non si sostituisce ad altri rendendo più semplice la gestione dei sedimenti, come nelle intenzioni dei Decreti legislativi 152/99 e 152/06, ma che invece, sommandosi agli altri, rende più lungo e complesso l'iter di approvazione di qualunque attività di gestione dei sedimenti.

In conclusione, nonostante la iniziale presa di coscienza del problema con l'emissione del D.Lgs 152/1999 che ha consentito di superare quelle norme che avevano impedito di operare per un quarto di secolo, l'Autorità Pubblica nei dieci anni successivi fino ad oggi non è ancora riuscita ad emanare adeguate norme tecniche di riferimento, rendendo di fatto impossibile una effettiva e sistematica gestione dei sedimenti.

4. STIMA DEI COSTI CONNESSI ALLA PERDITA DI CAPACITÀ D'INVASO PER INTERRIMENTO DEI SERBATOI ITALIANI

Sono di seguito presentate alcune valutazioni economiche, riferite alla situazione attuale, connesse con l'esigenza del ripristino dei volumi originari, così come prescritto dal Decreto 30 giugno 2004. Appare chiaro da queste valutazioni che il vincolo per il gestore del completo ripristino della originaria capacità di invaso, entro la scadenza della concessione, per un serbatoio interrto non dovrebbe essere affrontato sulla base di regole generali ma dovrebbe essere valutato come caso specifico, tenendo conto dei vincoli effettivi dei costi specifici e delle reali possibilità di ricavo a fronte dei cospicui investimenti necessari. Un approccio diverso si tradurrebbe fatalmente nella dismissione di molti impianti esistenti.

I costi connessi alla perdita di capacità utile d'invaso derivano fondamentalmente da due contributi: uno è dato dal mancato utilizzo della risorsa idrica e l'altro è connesso al recupero della capacità d'invaso.

4.1 Costi dovuti al mancato utilizzo della risorsa idrica

Nel caso di serbatoi per usi acquedottistici potabili o per irrigazione la riduzione di invaso causata dall' interrimento si traduce in una perdita di produzione che generalmente è direttamente proporzionale. Per i serbatoi ad uso idroelettrico invece occorre innanzitutto distinguere tra impianti ad acqua fluente ed impianti ad accumulo (bacino o serbatoio).

- Nel primo caso la riduzione del volume di invaso per interrimento non determina conseguenze per la produzione idroelettrica;
- Nel secondo caso la perdita di invaso non determina apprezzabile diminuzione della produzione complessiva di energia; piuttosto la perdita si manifesta nella ridotta produzione di energia pregiata in quanto si riduce la capacità di regolazione e modulazione dell'invaso. Complessivamente perciò l'impatto sulla produzione idro-elettrica è meno che proporzionale rispetto alla variazione del volume d'invaso.

Sulla base del campione statistico presentato precedentemente, che consente di stimare in 4 km^3 l'interrimento totale dei serbatoi italiani, e tenendo conto del valore economico medio del m^3 di acqua per le differenti utilizzazioni risulta una perdita economica annua di circa 300 milioni di euro associata alla riduzione di invaso presente attualmente nei serbatoi italiani. In particolare per quanto riguarda l'ambito irriguo la riduzione di volume corrisponde ad una minore area irrigata di circa 500.000 ettari.

4.2 Stima dei costi connessi al recupero della capacità d'invaso

Con riferimento alla valutazione del volume di interrimento complessivo dei serbatoi italiani pari a circa 4 km^3 , nel seguito si propone una stima, ampiamente orientativa, del costo necessario per la rimozione totale di tali sedimenti. Si precisa che nelle valutazioni esposte nel seguito non si è tenuto conto di eventuali riutilizzi dei sedimenti quali ammendanti agricoli o altri usi per mancanza di dati reali significativi.

Per la valutazione si sono fatte le seguenti ipotesi semplificative di ripartizione percentuale delle metodologie di intervento per la rimozione dei sedimenti che prescindono dalla reale fattibilità degli interventi (ad esempio ricollocazione dei sedimenti, disponibilità di acqua, ecc.):

- Il 30%, pari a $1,2 \text{ km}^3$ viene rimosso per fluitazione; considerando una torbidità media complessiva pari a 4-5 g/l tale operazione richiede un consumo di acqua di 500 km^3 con una perdita di produzione del valore di oltre 40.000 M€
- Il 20%, pari a 800 hm^3 costituito da materiale di pregio (ghiaia e sabbia) riutilizzabile in buona parte, è considerato rimosso solo al costo dello scavo (5 €/m^3) ritenendo compensati

dal valore di mercato tutti gli oneri di trasporto, lavaggio e selezione. Il costo complessivo è quindi di 4000 M€.

- Il 16%, pari a 640 hm³ costituito da materiale inerte, viene rimosso con dragaggio in acqua, prosciugato e sistemato a discarica in prossimità del serbatoio, con un costo medio unitario di circa 28 € ed un costo complessivo di circa 18.000 M€; Si considera tale operazione priva di riflessi sulla produzione.
- Il 30%, pari a 1,2 km³ costituito da materiale inerte, viene rimosso con scavo all'asciutto con mezzi meccanici e sistemato a discarica in prossimità del serbatoio, con un costo medio unitario di circa 25 € ed un costo complessivo di circa 30.000 M€ di cui orientativamente 10.000 M€ dovuti a perdita di produzione.
- Il 4%, pari a 160 hm³ costituito da materiale inquinato, viene conferito a discariche speciali ovvero reso inerte al costo unitario di 176 € per un totale di circa 28.000 M€ di cui circa 4000 M€ dovuti a perdita di produzione.

Complessivamente perciò nello scenario ipotizzato l'ordine di grandezza dell'onere di rimozione dei 4 km³ ad oggi accumulati nei serbatoi italiani ammonterebbe a circa 120.000 M€ (milioni di Euro). Di questi, circa 66.000 M€, pari al 55%, riguardano le attività di rimozione dei sedimenti e circa 54.000 M€, pari al 45%, la perdita di produzione associata.

Risulta in evidenza che tra le operazioni di rimozione quella del flushing non risulta tra le più economiche in quanto essa comporta un elevato consumo d'acqua con conseguente perdita di produzione. Assumendo il costo del flushing pari ad 1 di seguito sono indicati i costi delle altre operazioni di rimozione:

- il dragaggio in acqua costa circa 0,84
- lo scavo all'asciutto costa circa 0,75
- il conferimento a deposito di materiale inquinato costa circa 5.

Depurando i costi della perdita di produzione ipotizzata risulta che il costo dell'attività di dragaggio è circa 1,5 volte più alto di quello dello scavo all'asciutto.

Infine, nella seguente *Tabella II* si evidenziano le incidenze percentuali sui costi complessivi dei diversi metodi di recupero della capacità d'invaso, con le rispettive quantità riportate.

Va peraltro rilevato che la stima della produzione perduta ha significato solo come valore medio del parco impianti, essendo nei singoli casi fortemente dipendente dalla situazione specifica.

TABELLA II - Confronto metodi di disinterro

Metodi di rimozione	Quantità %	Incidenza sui costi complessivi %
fluitazione	30	34
materiale di pregio scavato	20	3
materiale inerte con dragaggio in acqua	16	15
materiale inerte con scavo all'asciutto	30	25
materiale inquinato conferito a discarica	4	23

4.3 Considerazioni finali

L'onere corrispondente al recupero del volume originario di invaso dei serbatoi, come richiesto dall'attuale normativa italiana, può essere stimato nell'ordine dei 120.000 M€ (milioni di Euro).

Il recupero del volume originario consentirebbe di recuperare una produzione che corrisponde ad un valore economico stimabile in circa 300 M€ (milioni di Euro).

La differenza di quasi tre ordini di grandezza fra i due importi sopra riportati evidenzia che il recupero del volume originario non potrebbe in nessun modo essere finanziato da recuperi di produzione, ma graverebbe come un onere aggiuntivo, peraltro molto rilevante, sui costi di produzione.

Ciò determinerebbe il trasferimento al cliente finale di tale onere, ovvero l'impossibilità per l'invaso e gli impianti da esso alimentati di continuare nell'esercizio.

Non vi è dubbio quindi che la salvaguardia delle opere idrauliche italiane richiede un approccio flessibile con valutazioni caso per caso senza imposizioni precostituite.

Un possibile canale di finanziamento per l'attenuazione dei costi di sfangamento è la ristorazione dei costi per lo svolgimento della funzione di protezione idraulica del serbatoio. In molti casi questo è un servizio reso alla collettività per l'uso sicuro dei territori di valle che, in assenza del serbatoio, avrebbero certamente avuto uno sviluppo diverso dall'attuale.

5. IL CASO DEL SERBATOIO DI QUARTO

5.1 Evoluzione nel tempo dell'interrimento del serbatoio di Quarto

Il bacino idrico di Quarto è situato in prossimità dell'abitato di Quarto Nuovo (FO) lungo la strada statale 71 Cesena - Bagno di Romagna, a valle della confluenza del torrente La Para con il fiume Savio, ad un'altitudine di ca. 320 m s.l.m..

La diga di ritenuta, costruita tra il 1923 e il 1925, è di tipo a gravità con 4 contrafforti centrali .

Nel bacino di Quarto si sono manifestati subito dopo la realizzazione dello sbarramento, importanti fenomeni di deposizione del materiale solido trasportato dai tributari Savio e Para, tali da modificare sensibilmente i contorni del lago e, soprattutto, la capacità di invaso.

Per tali motivi fino dal 1925 si sono effettuati diversi rilievi finalizzati allo studio del trasporto solido e del conseguente interrimento del lago (Servizio Idrografico Italiano nel 1933 e nel 1958; ENEL nel 1995; CESI nel 2006).

Nel tempo il deposito del sedimento all'interno del bacino a è andato a colmare progressivamente varie zone del lago favorendo la crescita di una fittissima vegetazione palustre oltre a varie essenze arboree, riducendone la caratteristica dell'invaso da lago a ramo fluviale.

In *Tabella III* si riportano, riferiti ai vari periodi in cui si sono effettuati i rilievi, i dati di capacità di invaso, volumi di interrimento tra due rilievi consecutivi e progressivi e la percentuale di interrimento progressiva. Da questa *Tabella III* si evince che dal 1925 al 2006 il bacino ha perso il 97% delle sue capacità di invaso (vedi *Figura 4*).

Dal confronto dei valori di profondità massima per un certo numero di sezioni lungo i rami del Savio e del Para, nel periodo 1925-2006, si rileva come il fondale in prossimità dello sbarramento si sia progressivamente innalzato fino al 2006.

TABELLA III - Variazione nel tempo della capacità di invaso del serbatoio di Quarto

Periodo	Capacità di invaso (m ³) a 317.8 m s.l.m.	Volume interrato parziale (m ³)	Volume interrato progressivo (m ³)	% riduzione capacità invaso
1925	4543000			
1933	2183000	2360000	2360000	52
1938	1737000	445000	2805000	62
1941	1404000	333000	3138000	69
1958	617000	787000	3925000	86
1995	372000	245000	4170000	92
2006	146000	226000	4396000	97

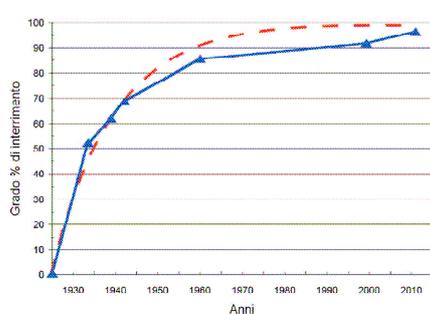


Figura 4 - Evoluzione nel tempo del grado di interrimento del serbatoio di Quarto.

Lungo i due rami invece i fenomeni di innalzamento si sono manifestati in modo evidente fino al rilievo del 1995 mentre la profondità è tornata ad aumentare tra il 1995 e il 2006.

Questo probabilmente è la conseguenza delle progressive modificazioni morfologiche dell'invaso che nella sua parte di monte si è progressivamente trasformato in un alveo fluviale in cui la corrente tende a scavare il fondo quando è libera di scorrere mentre nella parte più a valle, frenata dallo sbarramento, continua a determinare fenomeni di sedimentazione. Nella *Tabella IV* è riportato il tasso annuo dell'interrimento risultante dai rilievi eseguiti da cui è evidente come la capacità di invaso sia in continua riduzione.

TABELLA IV - Tasso annuo di interrimento del serbatoio di Quarto

PERIODO	Volume perso per interrimento (m ³)	Tasso annuo di interrimento (m ³ /anno)
1925-1938	2850000	215000
1938-1958	1120000	56000
1958-1995	245000	6600
1995-2006	226000	2200

I dati evidenziano una progressiva riduzione del gradiente di crescita dell'interrimento, a conferma della sempre minore capacità dell'invaso di intrappolare nuovi sedimenti. La conformazione morfologica dell'invaso ha ormai raggiunto una condizione di stabilità nella quale i fenomeni di erosione e di sedimentazione si bilanciano ed ove le zone umide interessate dal canneto sono state sottratte in maniera definitiva al serbatoio e si possono considerare come aree esterne all'alveo fluviale normalmente interessato dallo scorrimento dell'acqua.

6. CONCLUSIONI

Dall'analisi di un campione, pari ad oltre la metà dei grandi serbatoi italiani, la perdita complessiva di invaso determinata dall'interrimento di tutti i serbatoi è stata stimata pari a circa 4 km³, circa il 30% del volume totale originario.

La perdita di volume si traduce in una perdita di produzione annua che è stata stimata dell'ordine di 300 M€ e per quanto riguarda l'ambito irriguo nellaperdita di 500.000 ettari di aree irrigabili.

Occorre innanzitutto rilevare che, l'interrimento esistente, è certamente superiore a quello che si sarebbe verificato con una gestione degli impianti attenta al problema ed è principalmente la conseguenza delle leggi in vigore in Italia che per molti decenni non hanno consentito di effettuare alcuna gestione dei sedimenti.

In questi ultimi anni si è registrata una positiva presa di coscienza, almeno nei principi, da parte del legislatore italiano, che ha varato nuove leggi per superare la situazione determinata dalla

precedente normativa (Legge Merli). A tale positiva presa di coscienza stenta però ancora a fare seguito un'adeguata attività.

Si ritiene che ad una decisa spinta al riavvio delle attività possano contribuire in maniera determinante normative tecniche di riferimento per la progettazione ed effettuazione delle operazioni di gestione dei sedimenti nonché il monitoraggio ambientale delle stesse, fornendo un valido supporto agli uffici territoriali chiamati ad autorizzare ed a verificare sul campo tali operazioni.

E' inoltre auspicabile che i funzionari di tali uffici possano ricevere uno specifico addestramento in materia al fine di consentire loro una gestione non solo burocratica delle autorizzazioni.

Si ritiene anche necessario che venga consentita una gradazione che favorisca opportune semplificazioni negli interventi meno impegnativi e meno rilevanti.

Inoltre fra tutte le possibilità di gestione di sedimenti dovrebbero essere sempre preferite quelle che prevedono il rilascio dei sedimenti in alveo, al fine di favorire il riequilibrio delle dinamiche fluviali e costiere a valle dello sbarramento.

La collocazione a discarica di sedimenti rimossi dal serbatoio dovrebbe rappresentare l'ultima possibilità, da adottare solo quando nessun'altra fosse percorribile.

Le operazioni di rilascio in alveo dei sedimenti dovrebbero essere associate a valori medi di torbidità analoghi a quelli che si verificano naturalmente in occasione di rilevanti eventi di piena.

In Italia il problema della gestione dei sedimenti è stato certamente penalizzato dalle leggi vigenti o dalla loro distorta applicazione. Negli ultimi anni, lo stato ha finalmente preso coscienza degli errori normativi passati ed ha emanato nuove leggi che però ancora stentano ad essere applicate con efficacia.

BIBLIOGRAFIA

Barbagallo S., Cirelli G. L., Consoli S., "La gestione dei sedimenti in alcuni grandi serbatoi siciliani - Il processo di interrimento degli invasi; genesi, effetti ed interventi per la tutela dell'ambiente", *Edit. Autorità Interregionale di Bacino della Basilicata*, 2004, pp. 117-126.

Dello Vicario E., Petaccia A., Savanella V., "Caratteri descrittivi delle grandi dighe italiane", *L'Acqua*, n. 5, 1999, pp. 25-36.

Di Silvio G., "La sedimentazione dei serbatoi: nuovi approcci a un vecchio problema - Il processo di interrimento degli invasi; genesi, effetti ed interventi per la tutela dell'ambiente", *Edit. Autorità Interregionale di Bacino della Basilicata*, 2004, pp. 91-100, pp. 117- 126.

Gazzolo T., Bassi G., “Contributo allo studio del grado di erodibilità dei terreni costituenti i bacini montani dei corsi d’acqua italiani”, *Min. Lav. Pubbl. Gior. Gen. Civ.*, 1961, pp. 1, 9-19.

Ministero delle Infrastrutture, Conto Nazionale dei Trasporti e delle Infrastrutture, *Anno 2005 con elementi informativi per l’anno 2006*, Roma, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, pubbl. 2007.

Molino B., “Interrimento e recupero di capacità degli invasi artificiali - Il processo di interrimento degli invasi; genesi, effetti ed interventi per la tutela dell’ambiente”, *Edit. Autorità Interregionale di Bacino della Basilicata*, 2004, pp. 117-126.