

# LA CREAZIONE DI RISERVE IDRICHE TRAMITE SBARRAMENTI: IMPLICAZIONI AMBIENTALI E FINANZIARIE

Mario Fanelli, Michele Fanelli, Carlo Niccolai

## Resumen:

Los autores exponen algunas consideraciones sobre las necesidades de agua por diferentes usos posibles, los problemas ambientales y los problemas financieros y sociológicos asociados a la construcción de grandes presas. Se enfatiza la necesidad de planificar las grandes presas desde la óptica de la gestión integrada territorial de necesidades y recursos. Se defiende la realización de grandes presas debido, por un lado, a la irregularidad del ciclo hidrológico y por el otro, por el incremento de la demanda. Se citan en el texto algunos ejemplos de gestión ambiental apropiada.

**Parole chiave:** Grandi dighe, risorse in acqua, ambiente, schemi finanziari, bisogni in acqua, ciclo idrologico, sicurezza delle dighe, trasferimento di popolazioni, finanziamento dei progetti

## UNA PREMESA NECESSARIA: LA GESTIONE OCULATA DELLE RISORSE E LO SVILUPPO “SOSTENIBILE” RICHIEDONO UNA MIGLIORATA CAPACITÀ DECISIONALE.

Qualcuno potrebbe domandarsi perché mai una premessa preceda qui l'introduzione e in quale misura essa sia necessaria. Premessa e introduzione non sono suppergiù la stessa cosa? In generale è così, ma sta di fatto che qui ci sembra opportuno fornire in anticipo, distaccandolo dal contesto, qualche avvertimento col quale si renda più mirata e guardinga l'attenzione del lettore su argomenti non necessariamente circoscritti nell'oggetto di questo articolo e ai quali ci sembra peraltro di dover prestare particolare attenzione. Lo si invita così con discrezione ad accostarsi a una riflessione sulla quale si confida che egli abbia a ritornare volentieri. E ciò va fatto prima ancora che lo si induca, come accade appunto nell'introduzione e nelle pagine seguenti, in ragionamenti più strettamente aderenti

al tema di questo articolo. Per quanto riguarda quest'ultimo d'altronde, i riferimenti alle sue molte implicazioni specifiche, cioè a quelle di natura tecnica e operativa così come a quelle economiche e finanziarie, consentono di inquadrarne l'oggetto in modo sufficientemente completo, secondo un iter logico che si è cercato di percorrere nel seguito.

A questo proposito va francamente riconosciuto che oggi il rischio di non essere esaurienti è sicuramente cresciuto. Infatti non si può ignorare che, in modo molto più determinante di quanto non accadesse anni fa, temi simili a quello trattato nel nostro articolo vadano rapportati a un quadro sempre più ampio e addentellato di considerazioni e di esigenze, di valutazioni sottili e di procedure difficili. Tutto ciò accade in misura assai più rilevante di quanto ogni descrizione non riesca a fare trasparire dal suo contenuto specifico. Questo si verifica particolarmente - e capita sempre più spesso - quando i progetti di cui si parla, intervenendo nella gestio-

Mario Fanelli: ENEL.HYDRO, Milano

Michele Fanelli: retired CRIS-ENEL executive, now consultant in Milano

Carlo Niccolai: retired MONTEDISON executive, now consultant in Milano

michelle.fanelli@icenet.it

Pueden ser remitidas discusiones sobre el artículo hasta seis meses después de la publicación del mismo siguiendo lo indicado en las "Instrucciones para autores". En el caso de ser aceptadas, éstas serán publicadas conjuntamente con la respuesta de los autores.

ne delle risorse naturali presenti sul territorio, assumono anche i lineamenti significativi e i risvolti molteplici di una pianificazione territoriale. Già in passato ci si era resi conto di come ogni nuovo progetto o realizzazione di questo genere possedesse per sua natura una rilevanza polivalente, ricca di situazioni originali, per molti versi suggestive e intellettualmente stimolanti per il progettista, derivanti proprio dall'esistenza sul territorio di situazioni sempre variegata e differenti. Si tratta in genere di situazioni frequentemente caratterizzate da molteplicità di bisogni, di esigenze e quindi di interlocutori. In esse si è considerevolmente ampliato e reso complesso il concetto di utenza, assunto qui nella maggiore estensione del termine. Si tratta per di più di multiutenze con finalità assortite e diversamente congegnate. Questo, d'altronde, in parte dà ragione anche della raffinatezza dell'impianto disciplinare che presiede agli studi e alle realizzazioni. Ci si è anche resi conto di come il coinvolgimento di persone, perché utenti del territorio o perché utenti del progetto, rappresenti un primo assaggio, sul vivo, della capacità potenziale di pianificazione insita nel progetto stesso. L'impatto che ne deriva e che agisce più o meno direttamente e con modalità diversificate, è ai nostri giorni avvertito sollecitamente e discusso con enfasi progressiva nel tempo. Spesso, purtroppo, questo si verifica limitatamente agli aspetti meno gratificanti, oggetto come sono di una meccanismo informativo che, anche per giustificata vocazione, sta sempre sul chi vive e si dimostra tanto capillare e veloce, quanto, qualche volta, epidermico e affrettato nelle valutazioni. Si è sperimentato così come tutto venga a collocarsi nell'ambito di un regime di equilibri non facilmente configurabile e ricostituibile, ma per questo non meno essenziale, un regime di equilibri cui, da parte dei progettisti è doveroso guardare con impegno e fantasia, pur nel rispetto delle finalità progettuali.

E fin qui, forse, niente di veramente nuovo è stato detto al lettore. Peraltro da quanto è stato accennato a proposito delle attività nel campo delle risorse naturali presenti sul territorio emerge la circostanza che ci troviamo ormai a confrontarci, anche cercando di restare nei limiti del campo specifico in cui operiamo, con problemi che ci propongono interventi e decisioni che partecipano al necessario sviluppo di un più ampio sistema socio-economico. Lo si fa, come detto, in modo ancora circoscritto, ma dentro confini che la molteplicità degli interessi rende sempre più evanescenti, consentendoci di sentirci partecipi, assai più di quanto non avvenisse in un passato che è davvero assai vicino, di uno sforzo strategico globale in cui anche i

nostri progetti vengono a fare parte. L'obiettivo, ancora sottinteso, è uno sviluppo della società umana che, anche in virtù di questi sforzi, meriti la qualifica di "sostenibile".

"Sostenibile" è una neolocuzione anglicizzante alquanto disinvolta e davvero non bella, anche se ormai ufficializzata. Con essa ci si richiama a una strategia di sviluppo tecnologico e industriale che vuole tenere conto, nello sfruttamento delle risorse e nelle tecniche di produzione, delle condizioni e della compatibilità ambientale. Ma non è soltanto questo, perché in effetti si tende a molto di più, e cioè a uno sviluppo della società che sia tale da consentire al pianeta di sostenere anche in avvenire con le sue risorse e il suo ambiente la specie umana. In realtà il progresso tecnologico sembra essere la vera risorsa cui si affida la sopravvivenza e la crescita del genere umano. Si fa strada la persuasione che le risorse naturali, ancora più che un dono della natura da conservare in una cassaforte ideale per essere usato con parsimonia, siano anche il risultato dell'opera creativa dell'uomo il quale, in un processo continuo di invenzione e di sviluppo delle tecniche con cui interviene su di esse, ne moltiplica il rendimento e ne affina la qualità. L'uomo può apparirci in sostanza come l'inventore delle sue stesse risorse, un ruolo impegnativo che, a pensarci bene, egli ricopre da sempre, ma che gli impone in misura crescente una posizione etica rigorosamente improntata a prudente razionalità pur tendendo a ottenere una migliore e più diretta fruizione dell'ambiente in cui opera e vive. Questo porta a concludere che, con l'evoluzione della società umana l'aumento delle sue conoscenze scientifiche e la conseguente proliferazione delle sue tecnologie, il sistema socio-economico sembra considerarsi in grado di aumentare l'efficienza d'uso dei beni naturali a un tasso superiore a quello del loro consumo con un risultato tranquillizzante per quanto attiene al mantenimento, o all'aumento, delle disponibilità.

Per quanto si riferisce al nostro campo di attività, legato in particolare all'utilizzazione nel modo più generale delle risorse idrauliche, questo confrontarsi sia con la sostanza progettuale che con quella, non meno importante, situata al suo contorno, contempla da un lato un impiego significativo di disponibilità naturali (con accumulazione delle risorse in modi e misura adeguati alle successive trasformazioni o ai consumi) e, dall'altro, l'applicazione di procedimenti tecnologici che, in buona parte, abbiano di mira un aumento - in qualche caso una moltiplicazione - dell'effettivo rendimento

delle risorse stesse, incremento tale da risolversi, come detto, in un saldo positivo dell'operazione.

Il respiro che deve permeare progetti di questo tipo, anche dal punto di vista della scelta delle finalità progettuali, e non soltanto dei modi che le contraddistinguono, si va facendo perciò sempre più ricco di implicazioni schiettamente strategiche e, come già ricordato, adeguato a una pianificazione territoriale allargata negli interessi e contemporaneamente più attenta che nel passato ai bisogni e alle necessità dei microcosmi sociali e delle singole persone. La velocità con cui progredisce la tecnologia, moltiplicando le alternative d'indirizzo, pone peraltro anche qualche consistente ostacolo al lavoro del pianificatore in quanto riduce la leggibilità del futuro costringendola entro limiti che, per buona parte dei fenomeni socio-economici considerati, non eccedono il medio termine.

A noi importava soprattutto ritrovarci con il lettore a riflettere sulla circostanza che il raggiungimento e il mantenimento di uno sviluppo sostenibile impone un diligente impegno dell'uomo. In particolare non c'è dubbio che ha grande rilevanza proprio l'opera di quanti agiscono nei settori che riguardano lo studio, la gestione, la trasformazione e l'utilizzazione di risorse, come l'acqua, dalle quali dipende direttamente la vita umana e la sua qualità.

Si tratta dunque di un impegno realizzativo al quale non è lecito sfuggire. Non a caso ci siamo soffermati sull'ampia sfaccettatura che i progetti comportano con riferimento ai desideri, ai bisogni, agli interessi e ai sacrifici di quanti, per molteplici ragioni, vi si trovino coinvolti. È una realtà che oggi non si governa facilmente visto che purtroppo i diversi atteggiamenti nei riguardi delle opere di pubblica utilità derivano spesso da ragionamenti che sembrano prediligere il risolto polemico invece di ricercare un'amalgama soddisfacente di benefici e che rimangono perciò tenacemente ancorati a parametri differenti da persona a persona o da gruppo a gruppo. È una situazione che sovente si estrinseca nell'indiscriminata invocazione di diritti di veto che inducono ritardi e blocchi nella realizzazione delle opere. Ciascuno, non c'è dubbio, ha il diritto di vedere rappresentate le proprie opinioni e i propri interessi secondo una gerarchia di valori correttamente ordinati.

La soluzione di queste difficoltà va ovviamente ricercata nella competenza, serietà e completezza con cui vengono elaborate ed esaminate, nei tempi debiti, le soluzioni con le rispettive alter-

native, ma anche nella fermezza delle scelte e nella responsabile autorevolezza delle decisioni (e non bisogna poi dimenticare che, sia pure limitatamente all'aspetto tecnico e a quello economico, esistono qualche volta soluzioni progettuali praticamente equivalenti fra di loro che richiedono comunque la responsabilità di scelte ferme e autorevoli).

Si è arrivati così al punto chiave della nostra premessa perché, mentre da una parte si fa strada alla consapevolezza che non sarebbe sensato esimersi dall'impegno realizzativo di cui si è prima parlato, dall'altra, frequentemente, si è messi in difficoltà dalla crisi per molti versi grave che anche in paesi di avanzato livello socio-economico colpisce oggi il meccanismo delle scelte e delle decisioni in un contesto sempre più gremito di informazioni contrastanti e di reazioni contrastanti.

Una grande difficoltà del nostro tempo sta infatti nel disporre di autorevole capacità decisionale nella collocazione giusta e nei tempi giusti. Il trovare rimedio a tale situazione non sembri impresa da poco visto che presuppone la disponibilità, in numero consistente e distribuito di élites decisionali di alto livello per professionalità ed esperienza, cui il rispetto dei cittadini assicuri vigore autonomo e che, per dono naturale, dispongano in larga misura di quel buon senso che, delle tante risorse di cui dispone l'uomo, è forse la più preziosa e quella meno surrogabile.

### INTRODUZIONE

Sino ad un passato recente la costruzione di dighe veniva decisa e realizzata secondo criteri di pianificazione a raggio locale e con orizzonte temporale di breve-medio termine, a seconda delle necessità e talvolta senza particolare attenzione agli aspetti di impatto ambientale; il finanziamento d'altro canto veniva ricercato nella cerchia chiusa delle grandi società industriali e dei circoli finanziari ad esse collegati, o quando possibile col concorso delle finanze pubbliche sotto l'etichetta delle opere di pubblica utilità.

Tale ottica di corto respiro ha via via rivelato tutti i suoi limiti ed è entrata in conflitto sempre più aperto con movimenti di opinione che stavano acquistando crescente voce e peso nel condizionare le scelte programmatiche di pianificazione territoriale; d'altra parte, di fronte ai costi unitari esponenzialmente crescenti della mano d'opera, all'esaurirsi dei siti economicamente più favorevoli ed al lievitare delle dimensioni degli impianti, imposto

quest'ultimo sia dai ritmi dello sviluppo industriale e socioeconomico che dalle cosiddette "economie di scala", e per di più in un contesto di finanze pubbliche sempre più in affanno, anche i metodi tradizionali di finanziamento sono entrati progressivamente in crisi.

Si è così acquisita alla "cultura" odierna dei programmatori e degli organi decisionali la convinzione che la pianificazione delle nuove costruzioni idrauliche (e la gestione di quelle esistenti) non poteva essere realizzata che nell'ambito di una più generale pianificazione "strategica" dello sviluppo socioeconomico del territorio, su scala non solo locale ma regionale, nazionale (e sempre più spesso anche transnazionale), che tenesse conto in modo integrato degli usi plurimi della "risorsa acqua" nel massimizzare il rapporto benefici/costi sotto i numerosi vincoli accennati.

Non deve sorprendere perciò che le questioni di compatibilità ambientale e di pianificazione finanziaria siano oggi tra le problematiche più importanti e complesse che pongono vincoli al processo decisionale cui i costruttori di dighe sono chiamati a partecipare.

Prima di affrontare i vari aspetti di tali problematiche è però opportuno illustrare per sommi capi il contesto generale sul cui sfondo si situa la pianificazione territoriale della gestione della "risorsa acqua".

L'acqua è per ogni società umana una risorsa ed al tempo stesso una minaccia (le inondazioni e frane causate dalle piene dello Yangtze in Cina e dall'uragano Mitch in Centroamerica sono solo tra gli esempi più recenti). La società deve gestire sia la risorsa sia il rischio in modo ottimale: questa esigenza è stata presente sin dagli albori della civiltà, è imprescindibile oggi e lo sarà nel futuro, se non altro per ragioni biologiche legate in primo luogo alla chimica degli esseri viventi, animali e vegetali ("*corpora non agunt nisi soluta*"); non a caso gli agglomerati urbani con le annesse coltivazioni ed allevamenti sono sempre sorti in prossimità di fonti idriche. Ma oltre agli agglomerati urbani e alle colture anche le attività distinte dall'agricoltura e le industrie non chimiche, recenti acquisizioni del nostro tessuto socio-economico, sono grandi consumatrici di acqua.

La risorsa acqua è limitata nello spazio e nel tempo. Su circa 500 milioni di chilometri cubi di acqua esistenti sulla Terra, solo il 2% sono acque dolci, e di queste solo l'1 - 2% "gestito" o controllato in qualche modo. Popolazioni molto estese soffrono di cronica penuria d'acqua; altre sono esposte cronicamente a rischi idraulici.

Inoltre il rifornimento di acque sufficientemente pure da essere destinabili ad usi alimentari/igienici sta diventando sempre più oneroso in termini di trattamenti di potabilizzazione di acque naturali (di scorrimento superficiale o di falda) sempre più spesso inquinate; da ricordare che in alcuni Paesi a clima particolarmente arido (ad es. Arabia Saudita, Emirati Arabi) si è trovato accettabile ricorrere ai costosi processi di desalinizzazione dell'acqua di mare.

Il fabbisogno medio giornaliero pro capite si stima, per le società industrializzate, in 600-2000 litri (le stime variano a seconda che si includano o no gli usi agricoli ed industriali; nei paesi industrializzati indubbiamente c'è molto spreco e molto si può fare attraverso la conservazione per ridurre i consumi, ma in numerosi paesi in via di sviluppo, dove lo spreco viene accuratamente evitato per assoluta necessità imposta dalla penuria di fonti, non è a volte disponibile nemmeno il fabbisogno minimo assoluto, stimato intorno ai 40-80 litri/die/capite, con intollerabili limitazioni della qualità della vita)<sup>1</sup>.

Le proiezioni per il futuro prevedono, se non cospicui aumenti dei massimi fabbisogni pro capite, comunque sostanziali aumenti dei consumi globali, sia per l'aumento demografico che per l'auspicabile miglioramento della qualità di vita nelle zone depresse. Date le limitazioni delle disponibilità, si prevede che il crescere del rapporto domanda/offerta si tradurrà in un rapido aumento dei prezzi di vendita al pubblico; ad es., mentre oggi mediamente un metro cubo di acqua potabile costa alla distribuzione cittadina in Italia circa 1000 lire/mc, si pensa che a medio termine si possano raggiungere prezzi dell'ordine delle 10.000 lire/mc. Tenuto conto dei volumi annui in gioco, le cifre coinvolte sono astronomiche (e lasciano prevedere tra l'altro che a livello globale non vi saranno -almeno nei Paesi industrializzati- difficoltà sostanziali di finanziamento dei nuovi impianti).

<sup>1</sup> Il fabbisogno massimo giornaliero si stima in circa 1.5 volte il consumo medio

Tanto la richiesta come la disponibilità naturale (acque piovane raccolte in cisterne, prelievi diretti attingibili da sorgenti, fiumi, laghi, pozzi ecc.) sono variabili nello spazio e nel tempo in maniera sconsiderata tra loro: da qui l'assoluta necessità, soprattutto per i grandi centri di consumo, di interventi artificiali miranti alla realizzazione di capacità di accumulo che siano tali da non rendere mai negativo l'integrale nel tempo della differenza tra il ritmo istantaneo degli afflussi (disponibilità naturali) e quello dei deflussi (consumi). Tali capacità sono realizzabili nella pratica totalità dei casi essenzialmente con la creazione di invasi artificiali determinati da sbarramenti: appunto le dighe (per dare alcune cifre di orientamento, gli invasi attualmente disponibili in Italia ammontano a circa 15 miliardi di metri cubi, con la necessità nei prossimi 20-30 anni, secondo recenti stime, di realizzare ulteriori capacità di accumulo almeno per altri 9 miliardi di metri cubi; le grandi dighe esistenti nel nostro Paese sono circa 560, quelle in costruzione una trentina)<sup>2</sup>.

E' inoltre da tenere presente che le dighe e gli invasi esistenti sono sottoposti a processi rispettivamente di invecchiamento e di interrimento; qualora tali processi non possano essere neutralizzati o ritardati con appositi interventi (sempre notevolmente costosi e non sempre tecnicamente possibili), la funzionalità o la capacità degli invasi esistenti si ridurrebbe progressivamente, rendendo necessaria la creazione di nuovi invasi anche nell'ipotesi - peraltro lontana dal vero - di "crescita zero" del fabbisogno.

E' quasi superfluo osservare che le opere idrauliche necessarie ad un ordinato sviluppo territoriale debbano essere realizzate in maniera controllata rispettando per quanto possibile l'ambiente e minimizzando per quanto possibile i rischi. Mentre giustamente la pubblica opinione reclama di essere correttamente informata delle strategie, e coinvolta nelle decisioni, attraverso gli appropriati canali istituzionali, questo non giustifica gli irrazionali movimenti di opinione di tipo estremistico che si oppo-

gono indiscriminatamente, quasi per un riflesso condizionato, a qualsiasi realizzazione di nuove dighe (dibattito sotterraneo che viene in superficie per ogni nuovo progetto), pur in presenza della loro necessità per le ragioni sopra accennate; senza nuove costruzioni di sbarramenti si determinerebbe infatti nel lungo periodo un'involuzione dell'ecosistema antropizzato verso dinamiche alternative non controllate, in cui gran parte dell'umanità diverrebbe vittima di siccità, carestie, malattie, inondazioni ecc<sup>3</sup>.

Del resto il governo delle risorse idrauliche ha sempre accompagnato l'articolarsi delle società, sin dagli albori della storia; le strutture amministrative della risorsa "acqua" erano parte integrante della macchina statale di controllo del territorio (v. Magistrato alle acque a Venezia; le inondazioni parzialmente controllate del Nilo nell'antico Egitto; le imponenti realizzazioni acquedottistiche dell'Impero Romano; le sorprendenti opere idrauliche pianificate a livello interbacino nell'antica Cina ecc.). E ai nostri tempi non a caso i legislatori hanno sentito sempre più pressantemente la necessità di fornire un quadro normativo e di controllo sempre più stringente ai decisori ed ai tecnici coinvolti nella realizzazione e gestione delle opere idrauliche.

Dalle brevi considerazioni precedenti si può concludere con certezza che la costruzione di dighe ha un futuro di durata indefinita, cui gli ingegneri sono tenuti a partecipare come coautori di una necessaria strategia di governo idrogeologico del territorio (condizionata dai margini sempre minori tra necessità e disponibilità in senso lato), e non solo come portatori d'opera. Essi dovranno sempre più integrare le loro competenze con altre di carattere socio-economico, ed essere capaci sia di massimizzare i benefici, sia di valutare e minimizzare i rischi del resto inevitabili in qualsiasi decisione umana (anche nella decisione di non costruire una nuova possibile opera).

2 Si intende comunemente per "grande diga" un'opera di sbarramento di altezza superiore ai 15 m o il cui invaso sia superiore ad un milione di metri cubi; si stima che nel mondo vi siano dalle 30000 alle 40000 grandi dighe (v. Registro Mondiale delle Grandi Dighe curato dall' ICOLD, peraltro non completo).

3 Si può affermare paradossalmente che nei Paesi evoluti la tecnica degli approvvigionamenti idraulici ha avuto, in un certo senso, un successo troppo completo, tanto da condurre il prodotto finale (l'acqua) dalla fonte all'utilizzatore rendendo tutte le infrastrutture intermedie praticamente "invisibili" tranne che per chi vive nelle loro immediate adiacenze. Da qui la percezione e l'aspettativa irreflessa, nell' "uomo della strada", che "l'acqua venga dal rubinetto", dimenticando tutto ciò che sta a monte come premessa necessaria del recapito finale, anzi percependo queste infrastrutture, quando cadono sotto la sua attenzione, con fastidio perché slegate, nella percezione comune, dal beneficio su cui pur tutti fanno conto in modo rigido.

## IL RUOLO DELLE GRANDI DIGHE E IL LORO INSERIMENTO NEL TERRITORIO

### La “gestione integrata” dello sviluppo territoriale e del suo equilibrio idro-bio-geologico

Le capacità d’invaso create dagli sbarramenti hanno la funzione vitale, come accennato sopra, di consentire il trasferimento nel tempo delle eccedenze degli afflussi rispetto ai deflussi, caratteristiche dei periodi di piena (massima piovosità, scioglimento delle nevi...), ai periodi in cui gli afflussi sono deficitari rispetto ai consumi (periodi di magra dei corsi d’acqua dovuti a siccità), in modo da soddisfare ai bisogni del tessuto socio-economico del territorio attenuando, o al limite annullando, la dipendenza dalle irregolarità del ciclo naturale dell’acqua.

Questo per quanto concerne l’aspetto quantitativo; dal punto di vista del tipo di utilizzazione, i possibili usi finali delle capacità di accumulazione d’acqua negli invasi artificiali coprono una vasta gamma:

- approvvigionamento d’acqua per il rifornimento delle reti idriche urbane;
- approvvigionamento d’acqua per le reti irrigue ad uso agricolo;
- riserve d’acqua per usi industriali in genere;
- riserve d’acqua a scopo antincendio;
- mantenimento di una capacità non invasata per la difesa del territorio dalle inondazioni conseguenti a piene eccezionali;
- generazione di energia idroelettrica (quest’ultima utilizzazione, un tempo associata automaticamente e quasi esclusivamente, nell’immaginario collettivo, al concetto “diga”, ha perso negli anni recenti molta della sua importanza quantitativa rispetto alle altre utilizzazioni, ma conserva ancora notevole rilievo, nel quadro delle preoccupazioni di tutela ambientale, per il carattere di energia “rinnovabile” e “pulita” della generazione idroelettrica, ed accumulazione di energia per pompaggio allo

scopo di realizzare un compenso giornaliero della curva dei consumi elettrici impiegando all’ottimo economico le diverse fonti di generazione;

- creazione di laghi artificiali per attività sportive, per insediamenti turistici, per allevamenti ittici;
- miglioramento della navigabilità di aste fluviali in particolari condizioni orografiche;
- usi plurimi, cioè un mix di alcune, o magari tutte, le utilizzazioni precedenti; è questo ormai il caso più comune per le nuove costruzioni<sup>4</sup>.

E’ pertanto intuitivo che la necessaria pianificazione strategica delle nuove costruzioni di sbarramenti debba essere strettamente legata alle ipotesi ed ai piani di sviluppo del territorio, in particolare di tutte quelle attività economico-produttive o di puro e semplice consumo che richiedano l’impiego sistematico della risorsa acqua; ma anche alle ipotesi di difesa attiva e passiva del territorio dalle calamità naturali. Inoltre, dato che gli invasi possono occupare vaste aree di territorio, occorre considerare la redditività comparativa della destinazione ad invaso in confronto ai possibili impieghi alternativi, la compatibilità con le destinazioni delle altre aree e l’eventuale onere di trasferimento delle popolazioni residenti nell’area da sommergere (sempre che tale trasferimento sia ipotizzabile).

Naturalmente tale pianificazione è da effettuarsi sotto numerosi vincoli, e tra questi ci occuperemo brevemente, nel presente paragrafo, di quelli che sono i più rilevanti:

- il vincolo posto dalla limitatezza delle risorse economiche disponibili (e quindi la compatibilità delle nuove costruzioni di dighe con altre destinazioni della risorsa capitale);
- la compatibilità ambientale in senso lato;
- la cosiddetta “sicurezza” in senso lato, o con dizione che riteniamo assai più corretta, come cercheremo di giustificare nel seguito, la “gestione del rischio idrogeologico del territorio”.

Sotto il primo aspetto, è evidente che occorre-

4 Per completezza occorre aggiungere -visto il loro possibile impatto sul territorio- le dighe costruite non per il migliore sfruttamento della risorsa acqua, ma per immagazzinare e decantare fluidi o sospensioni nocivi, come ad es. le acque di trattamento dei minerali. E’ altresì importante ricordare le dighe costruite da secoli in Olanda per difesa dalle mareggiate e per bonificare terre coltivabili poste sotto il livello medio del mare. Se le previsioni sull’innalzamento del livello degli oceani a seguito del riscaldamento globale dovessero verificarsi, dighe analoghe dovrebbero essere costruite in futuro in molte delle zone costiere antropizzate.

rà ricorrere ai più sofisticati metodi di ottimizzazione globale sotto vincoli, e/o a programmi di simulazione sufficientemente potenti e flessibili. Nel rappresentare i riflessi economico-finanziari delle scelte che prevedono la costruzione di nuove dighe si dovrà tenere conto, nel bilancio costi-benefici, sia delle poste dirette, o certe, che di quelle indirette, o probabilistiche, secondo prassi ben consolidate (gli eventi incerti si vedranno attribuire un costo, o un ritorno, dato dal prodotto della relativa posta negativa o positiva per la probabilità che l'evento ha di verificarsi durante la "vita" dell'opera); altrettanto dovrà farsi, *mutatis mutandis*, per le alternative che escludono la realizzazione dell'opera stessa. In tale contesto, è utile sottolineare che alcuni eventi possibili (inondazioni, siccità) corrispondono a poste negative nell'eventualità che non si costruisca l'opera.

Il secondo aspetto coinvolge tematiche di particolare complessità, per le quali non si può tuttora, in generale, fare affidamento su comprovati metodi di modellazione/simulazione quantitativa di tipo deterministico; la ricerca ha in questo campo un non facile e non breve compito di sviluppo. Strumenti di I. A. (intelligenza artificiale) come i sistemi esperti, la "fuzzy logic" e le reti neurali sono stati impiegati, o potranno probabilmente trovare qui, nell'immediato futuro, fertile terreno di impiego; altri strumenti di tipo qualitativo, come le "matrici di incidenza", sono stati proposti nel recente passato con moderato successo. Resta il fatto che l'impiego di tali strumenti è a livello empirico, non codificato in una metodologia generalmente riconosciuta, e rappresenta probabilmente solo una tappa di passaggio verso tecniche più mature.

Si tratta infatti di prevedere l'impatto della costruzione (o, simmetricamente, della non costruzione) dell'opera sull'equilibrio fisiografico, idrografico, idrogeologico, microsismico, climatico o microclimatico, biologico non solo dell'area direttamente interessata, ma anche di quelle circostanti, sino ai limiti di quella che si può stimare essere la sfera d'influenza dell'invaso. Le interazioni in gioco sono numerosissime e sinora studiate in maniera prevalentemente naturalistico-empirica, da cui le difficoltà di rispondere alla domanda di previsioni quantitative con livelli di affidabilità comparabili a

quelli ormai "garantiti" dalle discipline ingegneristiche propriamente dette<sup>5</sup>.

Le tematiche della cosiddetta "sicurezza" (terzo aspetto) si situano ad un livello di modellabilità quantitativa intermedio tra quelli dei primi due aspetti; o per meglio dire le tecniche correntemente usate per stimare la "sicurezza" sono sì utili strumenti decisionali, ma prestano il fianco a critiche molto serie qualora le si voglia assimilare a stime oggettive, a "misure" intese nel senso proprio (scientifico) del termine. Deplorabilmente, si fa uso corrente di un termine ("sicurezza") carico di implicazioni emotive ed interpretato in maniera diversa dal senso comune e dai tecnici. Come uno degli Autori della presente nota ha esposto in più di una occasione, ed anche dalle pagine di questa Rivista, sarebbe assai preferibile, per evitare involontari equivoci di comunicazione tra i due mondi (quello della tecnica e il vasto pubblico), parlare di "gestione del rischio".

Rimandiamo per una discussione critica del tema all'articolo di Michele Fanelli già pubblicato su questa Rivista; basti qui ricordare le conclusioni principali, relative per semplicità di esposizione al solo rischio di cedimento strutturale, nella consapevolezza che il rischio globale si compone non solo di questo, ma anche di molti altri fattori (ad es. il rischio idraulico, il rischio idrogeologico, quello sismico...).

Il cosiddetto "fattore di sicurezza" o la "probabilità di cedimento" si rivelano, ad una attenta analisi, essere indici empirici senz'altro utili nel processo decisionale a scopo comparativo tra varie soluzioni, ma sprovvisti del requisito di "oggettività scientifica": in altre parole, non si tratta di attributi quantitativi del manufatto esistenti "là fuori" che in linea di principio, se si possedessero gli strumenti adeguati, si potrebbero "misurare" alla stessa stregua di altre proprietà fisiche, ma di stime sensibilmente influenzate dalle percezioni soggettive del tecnico: inoltre il concetto di "sicurezza" o di "probabilità di incidente" quali essi sono intesi dal senso comune sono largamente influenzati da aspettative e condizionamenti psicologici propri della cultura dell'ambiente socio-economico, tra cui quasi

5 E' da notare che tanto il primo quanto il secondo aspetto richiedono capacità di simulazione di un sistema dinamico (l'evoluzione del territorio) caratterizzato da interazioni interne fortemente non lineari. Si sa che sistemi di questo tipo possono presentare evoluzioni assai complesse, con biforcazioni ed instabilità dell'equilibrio, comportamenti "caotici", soluzioni multiple delle equazioni rappresentative; e che le possibilità di previsione "deterministica" sono limitate, per tali sistemi, ad un orizzonte temporale limitato. Tuttavia, se le equazioni rappresentative fossero note in maniera affidabile, i metodi di analisi propri della dinamica non lineare permetterebbero una esplorazione dello spettro delle molteplici possibilità di evoluzione e una più chiara percezione dei limiti delle previsioni stesse.

sempre la malintesa interpretazione della “sicurezza”, attesa e pretesa dal “pubblico” quale requisito dell’opera dei tecnici, nel senso di “garanzia assoluta di non-incidente” a meno di errori dei tecnici stessi: concetto tanto ingannevole quanto profondamente radicato nell’immaginario collettivo<sup>6</sup>.

Gli strumenti di gestione del rischio (“hazard management”) esistono o sono in via di sviluppo: controllo della qualità della progettazione, dell’esecuzione e della gestione delle opere, monitoraggio del loro comportamento in servizio mirato alla detezione tempestiva dell’evoluzione del rischio durante la cosiddetta “fase di incubazione dell’incidente”, “hazard auditing” periodici e sistematici seguiti dalle opportune azioni correttive quando richieste. Anche in questo campo i metodi di intelligenza artificiale (I. A.) possono fornire validi ausili operativi.

## Il problema della pubblica opinione

Il tema del difficile rapporto tra l’opinione pubblica e le strategie di soddisfacimento dei bisogni idrici mediante la costruzione di nuovi sbarramenti (o anche la gestione delle capacità di invaso esistenti) merita qualche considerazione aggiuntiva oltre ai brevi cenni sintetici dei paragrafi precedenti.

Non solo si verificano reazioni istintive contrarie alle nuove costruzioni, tanto più intense quanto più gli interessati sono coinvolti dalla vicinanza fisica delle opere, e stati d’animo di sospetto e di ostilità verso gli invasi già esistenti; negli ultimi anni si sono formati veri e propri movimenti organizzati, a livello nazionale ed internazionale, che mirano ad opporsi alle nuove costruzioni, e a criticare le opere esistenti, con tutte le amplificazioni fornite dalla cassa di risonanza dei media alle attività in questione.

Così, parallelamente all’ICOLD (International Commission On Large Dams, filiazione della World Energy Conference), attiva sin dagli anni trenta quale forum internazionale dei tecnici delle dighe, si è costituita da una decina di anni l’ICALD (International Commission Against Large Dams) che svolge un ruolo molto “vocale” di opposizione,

fiancheggiata in questo da altre associazioni come ad es. “Save the Rivers” ed altre minori.

Le critiche mosse da queste organizzazioni ai costruttori di dighe sono inerenti soprattutto ai due ultimi aspetti trattati nel paragrafo precedente: la salvaguardia ambientale e la “sicurezza”.

Per quanto riguarda il primo punto si sostiene che i grandi invasi causano dannose modificazioni climatiche, proliferazioni di parassiti acquatici (vegetali ed animali) e quindi di malattie, estinzioni di specie biologiche (in particolare attraverso la riduzione dei deflussi nell’alveo a valle dello sbarramento), danni economici ed ecologici all’alveo a valle attraverso il rilascio delle portate di piena e l’eventuale scarico dei sedimenti depositati sul fondo del bacino.... Numerosi casi sono citati a sostegno di queste tesi, come la proliferazione dei giacinti d’acqua (con drastica riduzione del tenore di ossigeno disciolto) nell’invaso di Kariba (Kenya), e di parassiti protozoici portatori di malattie in alcuni invasi africani; la riduzione dell’apporto di limo a valle della diga di Assuan (Egitto), con riduzione della fertilità e della pesca di sardine nel Mediterraneo; ecc<sup>7</sup>. A ciò si può obiettare:

- che gli inconvenienti lamentati dipendono da incompleta (non integrata) pianificazione, residuo di una cultura tecnica ormai superata: una accurata programmazione può certamente prevedere e prevenire, o curare a posteriori, inconvenienti di questo tipo, che comunque andrebbero valutati e messi in un bilancio globale confrontandoli con gli innegabili benefici che gli invasi hanno portato alle popolazioni interessate;

- che nei Paesi dotati di legislazione ad hoc si è imposto il concetto del “minimo deflusso vitale”, ossia dell’obbligo da parte del concessionario della derivazione di assicurare il deflusso permanente, nell’alveo a valle dello sbarramento, di una portata sufficiente a tutelare la conservazione dei biotipi acquatici (è anche da ricordare in un contesto analogo la pratica, frequente negli invasi nordamericani, di installare “scale” o “ascensori” per pesci onde permettere il passaggio intercettato dallo sbarramento)<sup>8</sup>;

6 A questo proposito riteniamo che si dovrebbe tentare di “educare” gradatamente l’opinione pubblica al concetto che il “rischio” è ineliminabile da qualsiasi attività umana e che l’ingegnere, o più in generale il tecnico ed il pianificatore, lungi dall’aver il ruolo di “detentori di certezze”, non possono essere visti correttamente che come professionisti aventi le capacità e la formazione specifica di “gestori dell’incertezza”.

7 Da citare, tra le obiezioni mosse al gigantesco progetto delle “Tre Gole” sullo Yang-Tze-Kiang in Cina, oltre allo spostamento di più di un milione di persone, la sommersione di siti di interesse archeologico e l’alterazione dell’aspetto estetico del paesaggio.

- che si può fare molto per associare agli invasi oasi naturalistiche di protezione e ripopolamento, migliorando addirittura le condizioni delle bioce-nosi acquatiche o palustri locali;

- che gli studi previsionali di impatto ambientale (ad es. in Italia il V. I. A., Valutazione Impatto Ambientale, prescritto dalla nostra legislazione per ogni nuova concessione di derivazione idraulica) e gli investimenti per la salvaguardia dell'ambiente fanno ormai parte integrante di ogni grande progetto e della cultura tecnica prevalente;

- e che comunque alcuni errori del passato devono sì costituire esperienza preziosa per evitarne la ripetizione, ma non possono costituire precedente atto ad impedire che si mettano in cantiere, con le necessarie salvaguardie, opere destinate a soddisfare necessità vitali.

Per quanto riguarda il secondo punto si sostiene da parte degli oppositori che ogni grande diga rappresenti un grave pericolo per gli insediamenti sottostanti, che sarebbero investiti dall'onda di sommersione in caso di crollo della diga; si citano in proposito casi storici come la diga del Gleno in Italia, quella del Teton negli Stati Uniti, ecc<sup>9</sup>. Si rivendica il principio "piccolo è bello" in favore di piccole dighe quali ad es. quelle per gli invasi collinari molto diffusi a scopo agricolo.

A ciò si può obiettare:

- che per le dighe recenti il rischio statistico di incidenti gravi, conducenti al rilascio di tutto o parte del volume invasato, si è ridotto a livelli molto minori che in passato (circa un incidente di questo tipo su 100000 anni-diga);

- che in pratica coi moderni sistemi di monitoraggio e controllo finalizzati ad un corretto "hazard management" la probabilità di incidenti si riduce ulteriormente;

- infine che solo per le grandi dighe si possono affrontare gli ingenti investimenti necessari ad implementare i controlli, e che in effetti il rischio maggiore deriva dai numerosissimi piccoli invasi non controllati<sup>10</sup> e spesso addirittura non censiti<sup>11</sup>.

Inoltre nelle Nazioni più evolute si elaborano per ogni grande diga piani di emergenza da attuare in caso di rischio di imminente crollo della diga, piani che coinvolgono i gestori, le autorità amministrative locali e la Protezione Civile, e che consentono di minimizzare le conseguenze di un improbabile evento catastrofico. Laddove l'educazione civica è più sviluppata (si veda il caso della Svizzera) si svolgono regolarmente esercitazioni di simulazione, cosicché i cittadini interessati sanno esattamente cosa fare al bisogno. Ciò dimostra che il rischio in questione è gestibile ed accettato, se lo si affronta in maniera razionale e con efficienti organizzazioni ad hoc.

Un esempio assai positivo di rapporto corretto tra gestori e pubblica opinione è quello della diga di Ridracoli nell'Italia centrale, destinata a rifornire l'Acquedotto della Romagna, in servizio da una quindicina d'anni. Qui si è adottato sin dall'epoca della progettazione e della costruzione un rapporto aperto del Consorzio promotore con gli enti locali e col "pubblico", aprendo centri di informazione e documentando quanto fatto per la salvaguardia dell'ambiente naturalistico. Dopo un periodo iniziale di diffidenza la pubblica opinione si è convinta dell'accettabilità del progetto e del suo impatto ambientale tutt'altro che negativo, ed ora la diga con le sue aree spondali si è addirittura trasformata in frequentato centro di attrazione turistico-naturalistica.

Analoghe esperienze si sono realizzate in alcuni invasi dell'ENEL, l'Ente Nazionale per l'E-

8 Da ricordare in un contesto analogo anche la pratica consistente nel rilasciare periodicamente, a valle dell'invaso, "piene artificiali" che consentano non solo di creare condizioni più "naturali" per gli ecosistemi esistenti nell'alveo, ma anche di produrre un ripascimento dei sedimenti nelle zone erose o depauperate in conseguenza della costruzione dello sbarramento.

9 Da notare che spesso si cita non del tutto a proposito il disastro del Vajont, causato non dal crollo della diga, che ancora esiste sostanzialmente integra, ma da una enorme frana nell'invaso a monte, di cui gli esperti avevano fornito stime inferiori di un ordine di grandezza a quanto poi avvenuto; è bensì vero che eventualità di questo tipo andrebbero attentamente valutate in sede di progettazione, nell'ottica già più volte richiamata di "progettazione territoriale integrata"; ed in effetti ad esse si pongono da allora una attenzione ed una cura molto particolari.

10 Si veda il recente caso della diga di Stava in Italia: da notare l'anomalia che in Italia il controllo delle dighe di sterili minerali è per legge di competenza del Corpo delle Miniere.

11 Da recenti rilevamenti aerofotogrammetrici si sono potuti censire in Italia più di 8000 invasi minori, di molti dei quali si ignorava addirittura l'esistenza ed in gran parte sprovvisti di ogni tipo di controllo, da confrontare con circa 560 grandi dighe accuratamente seguite e controllate sia dai gestori che dagli organi tecnici delle Autorità amministrative dello Stato: Servizio Dighe e IV° Sezione del Ministero dei Lavori Pubblici a livello centrale; Provveditorati alle Opere Pubbliche a livello regionale.

nergia Elettrica italiano, dove si sono istituite oasi faunistiche di ripopolamento, con l'appoggio ed il concorso del WWF.

In relazione alle attività degli oppositori, l'ICOLD, partita da una posizione iniziale difensiva, si è risolta nei recenti anni ad adottare un atteggiamento più positivo e propositivo, promuovendo iniziative volte ad informare la pubblica opinione in maniera più equilibrata: in particolare sono state edite a cura dell'ICOLD pubblicazioni per le scuole, materiale illustrativo e documentario sulle implicazioni ambientali, e si è pubblicato un "position paper" ufficiale che espone e documenta il punto di vista dell'ICOLD contrapponendosi dialetticamente alle tesi delle organizzazioni avverse.

Inoltre molti dei temi tecnici dei recenti Congressi dell'ICOLD sono stati dedicati ad argomenti inerenti all'ambiente e alla sicurezza, contribuendo a far crescere la consapevolezza dei problemi e la cultura specialistica in materia.

Considerazioni a parte merita la delicata questione del trasferimento e compensazione di persone ed insediamenti presenti nelle aree che verranno sommerse dall'invaso; di ciò tratteremo in uno dei paragrafi seguenti.

### **Riflessioni sulle problematiche della "sicurezza", o meglio "gestione del rischio" associato alle dighe**

Vogliamo qui entrare in qualche maggior dettaglio sulla questione fondamentale della "gestione del rischio" associato alle dighe. Per prima cosa notiamo che non si tratta solo del rischio di cedimento strutturale con rilascio massiccio delle acque invasate, associato a probabilità estremamente basse; vi sono altri rischi, connessi con la gestione ordinaria dell'invaso, aventi probabilità più elevate ed influenti sull'"ambiente" in senso lato, i quali vanno gestiti adeguatamente.

Il più importante aspetto è forse quello della gestione delle piene eccezionali. Si richiede giustamente che le portate rilasciate dall'invaso in tali occasioni non debbano superare quelle che scorrerebbero naturalmente nell'alveo, con il fine evidente di non causare danni all'ambiente vallivo maggiori di

quelli che si verificherebbero in assenza della diga. A tale scopo si ricorre ad accorgimenti tecnici che possono avere anche notevoli riflessi economici (elevati costi di investimento), tra cui:

- adeguato dimensionamento degli organi di scarico (la tendenza attuale è di dimensionarli per portate con periodi di ritorno compresi tra 1000 e 10000 anni, a seconda dell'importanza dell'opera e della consistenza degli insediamenti urbani a valle; ciò ha imposto il rifacimento degli organi di scarico di molte tra le dighe esistenti, con spese assai notevoli);

- preferenza da accordare, ove possibile, agli sfioratori a soglia fissa piuttosto che agli scarichi di superficie muniti di paratoie (infatti ciò garantisce, per l'effetto di laminazione della capacità di invasore, che le portate scaricate siano sempre inferiori alla portata di picco della piena naturale che da monte arriva all'invaso; per contro gli scarichi di superficie muniti di paratoie, se non provvisti di particolari dispositivi automatici, possono originare - se aperte quando il livello nell'invaso è salito oltre un certo limite - portate di scarico anche superiori al picco di quelle in arrivo). Inoltre si prescrive, da parte delle Autorità di tutela, che i rilasci di acqua da parte degli eventuali scarichi ad azionamento volontario (cioè muniti di paratoie), rilasci che possono coinvolgere portate notevoli ed elevazioni improvvise del pelo d'acqua a valle, debbano essere segnalati o meglio preavvertiti per un congruo tratto a valle per mezzo di segnalazioni acustiche (installando apposite sirene da mettere in funzione, sotto la responsabilità del gestore della diga, prima dell'apertura delle paratoie); e che nell'alveo a valle debbano essere predisposti cartelli monitori che rendano noto ai fruitori occasionali dell'alveo (pescatori, turisti ecc.) il rischio di rilasci improvvisi<sup>12</sup>.

Possono esservi altri eventi eccezionali (ad es. danni da eventi sismici a dighe in materiali sciolti che abbiano causato uno scoscendimento del coronamento, o minaccia di frana nell'invaso a monte) che richiedano uno svuotamento rapido dell'invaso attraverso gli scarichi di fondo. In tal caso in genere le portate rilasciate nell'alveo a valle sono inferiori alle massime "naturali", ma possono durare a lungo (giorni, settimane).

<sup>12</sup> E' bene notare che in molti Paesi, tra cui l'Italia, le aree golenali previste per lo smaltimento delle piene naturali vengono spesso occupate da insediamenti abusivi. Ciò rappresenta un illecito che va scoraggiato e represso attraverso ad es. gli organi di Polizia Idraulica; le relative opere abusive non possono essere in alcun caso addotte come argomento di protesta contro eventuali danni né, tanto meno, contro le dighe: tali insediamenti rappresenterebbero un abuso, ed un investimento a rischio per i loro promotori, anche qualora non si costruisse lo sbarramento.

Infine, per quanto riguarda l'evento estremo di cedimento strutturale con rilascio improvviso delle acque invase, la legislazione della maggior parte dei Paesi prescrive che per ogni invaso di una certa importanza si eseguano calcoli previsionali dell' "onda di sommersione" che conseguirebbe all'evento per un tratto a valle sufficientemente lungo (tale da ricondurre le portate a valle a entità comparabile con le piene naturali); tali calcoli vanno sottoposti alle Autorità di controllo ed alla Protezione Civile allo scopo di predisporre i piani di allerta e di emergenza (catena di comunicazione e di allertamento, studio delle vie di evacuazione e di afflusso dei soccorsi, organizzazione delle aree di raccolta e ricovero, ecc.).

E' da notare che il "rischio" inteso nel senso proprio del termine, cioè come prodotto del costo delle conseguenze per la probabilità dell'evento, dipende strettamente dall'importanza socioeconomica degli insediamenti e delle colture esistenti (o previsti) a valle della diga. Ciò conduce anche a differenziare la percezione del rischio a seconda che lo sbarramento sorga in regioni semidesertiche, scarsamente abitate, mediamente abitate o densamente urbanizzate. Se queste distinzioni possono avere scarsa rilevanza in Paesi come l'Italia, quasi ovunque assai densamente abitati, ha interesse tenerne conto in Paesi di esteso territorio e scarsa densità media di popolazione: infatti ad es. in Canada ed in Australia è esplicitamente previsto di tenere conto di tali fattori nelle "istruttorie" e consultazioni popolari che precedono e condizionano la concessione.

Nella monetizzazione del rischio si devono valutare economicamente tutte le conseguenze dell'improbabile evento estremo; tra queste vi è anche la probabilità di perdite di vite umane. Sino ad un recente passato ci si rifiutava di attribuire un valore economico alla vita umana, cioè si pretendeva che le perdite fossero assolutamente escluse, il che equivale ad attribuire alla vita umana un valore infinito; negli ultimi anni sono state avanzate alcune proposte che tendono a stabilire, sulla base di criteri ragionevoli e per analogia con altri rischi normalmente accettati dal pubblico, un equivalente economico anche per le vite umane. Tali tentativi sono certamente discutibili e vengono in effetti vivacemente dibattuti; ciò non toglie che la questione esiste, non solo per le dighe ma per numerosi esempi di altre installazioni industriali (v. gasometri, depositi di combustibili liquidi e di sostanze infiammabili od esplodenti, aeroporti, tunnel autostradali, industrie chimiche...) correntemente inserite nel te-

rritorio, e deve pertanto essere trattata in modo equilibrato, non essendovi ragioni sostenibili di penalizzare le dighe in confronto ad altre installazioni spesso meno indispensabili e statisticamente più pericolose per la vita umana.

Si è parlato sin qui di rischi che si possono considerare "creati" dall'invaso artificiale; è giusto però valutare adeguatamente quelli che sono i rischi "evitati" dall'esistenza della diga. Tra questi benefici si possono annoverare tra l'altro:

- l'attenuazione delle piene, ottenuta sia disponendo che nella gestione dell'invaso si lasci un volume non sfruttato nel quale immagazzinare almeno in parte i volumi veicolati dalle piene in arrivo, sia con l'accorgimento citato sopra di adottare scarichi di superficie costituiti da sfioratori a soglia libera;

- la difesa dai periodi di siccità, importante sia per gli insediamenti urbani che per l'agricoltura;

- infine la regolazione stagionale della producibilità idroelettrica, qualora la generazione di elettricità sia tra le funzioni assolute dall'invaso.

A tutti questi rischi evitati è relativamente agevole attribuire un valore economico.

### **Gli effetti sociali della costruzione di grandi dighe e il resettlement delle popolazioni**

Gli effetti sociali della costruzione di grandi dighe sono rilevanti, soprattutto in termini di spostamento delle popolazioni che risiedono nell'area del bacino; l'analisi che segue si riferisce soprattutto ad un contesto di economie in via di sviluppo, che peraltro sono quelle più coinvolte in grandi progetti di costruzione di dighe. Secondo la World Bank, la popolazione spostata a seguito della costruzione delle circa 300 grandi dighe che vengono costruite ogni anno nel mondo ammonta a più di 4 milioni di persone; nella sola Cina, più di 10 milioni di persone sono state spostate negli ultimi 10 anni ed una stima equivalente si fa per l'India. Le difficoltà più rilevanti attengono alla complessità del processo di rilocalizzazione, alla creazione di opportunità occupazionali ed al mantenimento nel tempo del livello di vita delle popolazioni spostate, ai potenziali conflitti tra le popolazioni rilocate e quelle già presenti sul territorio. Seguendo un modello di rilocalizzazione sviluppato negli anni 70, si possono considerare quattro fasi principali:

1. la pianificazione,
2. l'adattamento alle nuove condizioni,

3. lo sviluppo e la formazione della comunità,
4. l'incorporazione nell'ambiente ospite.

Tutto il processo non può ragionevolmente svolgersi in meno di due generazioni. Dopo la prima fase dello spostamento vero e proprio, la seconda si caratterizza per lo sforzo della comunità di adattarsi alla nuova situazione; durante questa fase è quasi certo che il reddito debba conoscere una diminuzione. Una volta avviato l'adattamento alla nuova realtà, lo sviluppo delle attività economiche può ricominciare e con esso la formazione di vincoli di comunità più stretti; molti dei progetti di rilocazione purtroppo non giungono mai a questa fase. La quarta fase comincia quando la generazione successiva è in grado di competere per tipo di lavoro con la popolazione già precedentemente presente sul territorio. A questo punto dovrebbe anche cessare ogni tutela sul gruppo sociale da parte di agenzie governative o NGO (organizzazioni non governative) che avessero seguito e indirizzato lo svolgersi delle precedenti fasi.

E' importante sottolineare come le conseguenze sulle popolazioni già presenti sul territorio oggetto dello spostamento non sono meno rilevanti di quelle sperimentate dalle popolazioni spostate: alcuni conflitti sono in qualche modo inevitabili, dato che i nuovi arrivati vanno a competere generalmente per una base di risorse già di per sé limitata. L'esperienza ha suggerito che il provvedimento migliore per mitigare le possibilità di conflitti è consentire alle popolazioni ospiti di accedere alle stesse opportunità (lavorative, abitative, ecc.) che sono offerte alle popolazioni spostate. Sfortunatamente, e per ragioni di calcolo di breve termine, ciò non viene sempre fatto.

Altro aspetto sociale importante sono gli effetti sulle popolazioni a valle delle grandi dighe. Spesso si tratta di economie di sussistenza basate sullo sfruttamento della risorsa idrica per irrigazione o per la pesca, sfruttamento che presuppone la disponibilità della risorsa così come si trova allo stato di natura o con forme modeste di intervento umano; la costruzione dell'impianto può a volte consentire uno sviluppo delle attività tradizionali, ma a volte anche sovvertirle completamente: ad esempio la regolazione delle piene può interferire con ambienti naturali ed ecosistemi complessi, rendendoli incapaci di offrire gli stessi livelli di produzione che potevano garantire prima della costruzione dell'opera. Infine, vale la pena segnalare come un grande impianto non solo allontani persone, ma ne attragga anche altre, sia in fase di cantiere che in fase di eser-

cizio, persone spesso se non esclusivamente provenienti da ambienti e contesti socioeconomici completamente differenti da quelli delle popolazioni autoctone. Si verifica addirittura che qualcuno si trasferisca nell'area da sommergere al solo scopo di ottenere un risarcimento dal governo! E' dunque evidente la complessità generale dei problemi sociali che la costruzione di una grande diga comporta.

Le misure che recentemente si stanno affermando, promosse anche dalla World Bank, per mitigare gli effetti e gli impatti negativi sono principalmente le seguenti:

1. Limitare il più possibile il numero delle popolazioni da spostare. Si tratta in questo caso di assegnare un maggior peso, in sede di progettazione, alle alternative progettuali che minimizzano lo spostamento necessario di popolazione, sia pur comportando oneri finanziari maggiori.

2. Coinvolgere la popolazione interessata nel processo di pianificazione dello spostamento. Ciò significa non solo informare, ma anche devolvere una parte delle risorse finanziarie disponibili per creare cooperative locali ed iniziative di sviluppo delle quali la popolazione coinvolta abbia almeno una parte di controllo. Ciò a sua volta implica la necessità di garantire alla popolazione un'assistenza tecnica, legale e finanziaria imparziale ed affidabile. Un esempio può essere quello di Hydro-Quebec, che mise a disposizione degli indiani Cree una somma per commissionare una valutazione d'impatto ambientale indipendente sugli effetti della costruzione dell'impianto di Grande Baleine nell'ambito del James Bay Project.

3. Utilizzare il più possibile mano d'opera locale sia in fase di cantiere che in fase d'esercizio, in modo da minimizzare l'arrivo di elementi esterni e coinvolgere il più possibile la popolazione locale.

4. Dare priorità ai locali per i progetti di sviluppo economico legati alla costruzione dell'impianto (irrigazione, piscicoltura). Spesso in passato ci si è rivolti ad elementi esterni, in grado di garantire capacità tecniche e gestionali più immediatamente fruibili rispetto a quelle disponibili presso i locali. Anche qui si tratta di fare una scelta al momento più costosa (corsi di formazione, credito agevolato, ecc.) in grado però di avviare un circolo virtuoso tra impianto e popolazione locale.

5. Infine, studiare modalità di gestione dell'impianto che massimizzino la sua capacità di in-

tegrazione con le attività economiche locali tradizionali, ad esempio consentendo piene artificiali periodiche necessarie per alcune attività agricole. A seguito di studi effettuati su un numero di anni significativo, è risultato che i benefici economici derivanti da piene di questo tipo nel bacino della diga di Manantali in Senegal hanno superato di gran lunga la perdita in termini di minore elettricità prodotta.

Quanto premesso rende evidente come una pianificazione attenta di tutti gli aspetti legati al ri-locamento di popolazioni consenta di indirizzare immediatamente le risorse disponibili verso gli utilizzi più redditizi in termini di minimizzazione degli impatti negativi; a sua volta, l'utilità marginale delle risorse economiche impiegate all'inizio del processo di spostamento è enormemente superiore a quella delle risorse impiegate successivamente. Infatti una volta che la comunità spostata abbia perso il senso di un proprio cammino di sviluppo, ricostruire la coesione sociale e la fiducia nel futuro è estremamente difficile ed impegnativo anche finanziariamente. Un esempio eclatante in questo senso potrebbe essere quello dei "native americans", che sebbene godano attualmente di un trattamento fiscale privilegiato e di opportunità non accessibili al resto della popolazione (sussidi, possibilità di aprire e gestire case da gioco, diritti di prelazione su terreni e case, ecc.) hanno grande difficoltà a recuperare il senso del proprio sviluppo come comunità, avendo subito in passato una cesura tra storia e presente ormai difficilmente sanabile.

Ancora una volta, come nel caso degli effetti ambientali, si giunge dunque a rilevare l'importanza cruciale di internalizzare (sia nella progettazione tecnica che nella valutazione economico-finanziaria) gli effetti della costruzione di una grande diga sull'ambiente socioeconomico nel quale si scaricano gli impatti dell'opera stessa.

### ASPETTI ECONOMICO-FINANZIARI DELLA COSTRUZIONE DI GRANDI DIGHE

#### Il finanziamento delle grandi opere infrastrutturali

La costruzione delle grandi dighe comporta un impegno finanziario dimensionalmente notevole, a fronte del quale i ritorni economici sono spostati assai in là nel tempo e spesso non quantificabili con sufficiente dettaglio nel momento in cui si dà inizio al processo di capitalizzazione dell'iniziativa da avviare. I rischi -in termini economici- connessi

ad opere così complesse sono infatti rilevanti; basti pensare al peso che possono avere pochi mesi di ritardo nella consegna di un'opera costata parecchie centinaia di milioni di euro (e il connesso ritardo nell'inizio dell'attività produttiva) sulla capacità dell'ente costruttore nell'onorare il servizio del debito contratto per costruire; oppure alla inconoscibilità dei prezzi di produzione dell'elettricità da fonti concorrenti all'idroelettrico, la cui variabilità futura può alterare drammaticamente le prospettive di redditività di un impianto in costruzione.

Questi fattori, riassumibili nel binomio "grande impegno finanziario/grande rischio" fanno sì che la costruzione delle grandi dighe sia stata fino ad un passato recente quasi esclusivamente finanziata da organismi statali, i soli in grado di mettere insieme i capitali necessari e di sostenere le eventuali perdite connesse all'insorgere di fattori che riducessero la redditività degli investimenti effettuati.

Col progressivo ritirarsi dello Stato dalla gestione diretta delle attività economiche si è assistito, negli ultimi vent'anni, ad una significativa inversione di tendenza e ad un rientro dei capitali privati anche nel finanziamento delle grandi opere infrastrutturali. Ciò consente da un lato allo Stato di diminuire il suo fabbisogno finanziario generale, dall'altro ai privati di trovare nuovi e significativi spazi di investimento, garantendo al tempo stesso all'opera da costruire il supporto delle competenze e del know-how che il settore privato può offrire nel campo dell'ingegneria economico-finanziaria e dell'ottimizzazione dell'uso delle risorse a disposizione.

Se dunque fino ad un passato relativamente recente l'attore quasi unico nel campo delle grandi opere infrastrutturali era lo Stato (o un pool di Stati), si può dire che il quadro si è fatto molto più complesso e gli attori in gioco sono diventati tanti, ognuno con le sue specifiche competenze, i suoi interessi, i suoi obiettivi e le sue vulnerabilità. La frammentazione delle competenze e delle responsabilità tra vari attori ha reso familiari termini quali BOO (Build, Operate and Own) e BOT (Build, Operate and Transfer) che individuano quali e quanti dei diversi ruoli (Costruzione, Gestione e Proprietà) competano ai diversi soggetti partecipanti all'impresa. Presi complessivamente, questi soggetti hanno comunque un impegno comune, costruire l'opera, ed un comune risultato, costituito dai ritorni economici dell'opera: si vedrà come le diverse tecniche di finanziamento consentano ai soggetti interessati di dividersi in maniera ottimale

i rischi e i ritorni dell'iniziativa, rischi e ritorni che in passato ricadevano in capo ad un solo soggetto, il committente pubblico.

### **Le fasi della realizzazione dell'opera; il bilanciamento risk-reward**

Per illustrare come i diversi soggetti coinvolti nella realizzazione di una grande opera infrastrutturale possano dividersi rischi e rendimenti di un progetto, è opportuno dividere quest'ultimo in quattro macrofasi:

- l'identificazione, ovvero la genesi intellettuale di un progetto e la stima dei suoi possibili costi e benefici;
- il finanziamento, ovvero la raccolta e l'erogazione dei capitali necessari alla costruzione dell'opera;
- l'implementazione, ovvero la progettazione, la costruzione, il collaudo e la consegna dell'opera;
- la gestione, ovvero l'avvio e la normale operatività a regime dell'impianto (compresa la manutenzione ed ogni altra attività necessaria).

### **La realizzazione in-house**

Il caso più semplice, e quello prevalente in passato, è quando il committente svolge in prima persona (in-house) tutte e quattro le fasi, dalla ideazione al finanziamento, dalla costruzione alla gestione dell'opera. In questo caso il rischio è interamente assunto dal committente, che -specularmente- sarà l'unico beneficiario dei proventi risultanti dalla gestione dell'opera. Il committente potrà, anzi in quasi tutti i casi dovrà avvalersi - almeno nella fase di costruzione- di fornitori esterni, ma la responsabilità generale risiederà sempre sul committente; la possibilità di trasferire ad altri soggetti parte del rischio d'impresa, delegando la responsabilità di almeno qualche aspetto delle quattro fasi sopra descritte, è molto limitata.

### **L'independent audit**

La variante più semplice del caso precedente si ha quando la prima delle quattro fasi, quella dell'identificazione del progetto, viene affidata dal committente ad un consulente esterno (independent audit). I vantaggi di operare in questo modo attoniscono alla maggiore capacità di un consulente esterno di valutare in maniera imparziale costi e benefici dell'opera, non avendo un interesse diretto alla sua realizzazione. Ciò consente, o dovrebbe consentire, una diminuzione dei rischi impliciti nella

decisione su se e come costruire, a fronte di un incremento marginale dei costi attribuibile all'onorario dell'independent audit.

### **Il finanziamento esterno ed il problema delle garanzie**

E' con la partecipazione di finanziatori esterni che il trasferimento del rischio assume le dimensioni più rilevanti. A fronte di ciò si avrà, ovviamente, un aggravio dei costi rappresentato dal servizio del debito contratto dal committente nei confronti dei finanziatori. Il grado di rischio che questi ultimi si prendono in carico è diverso a seconda delle condizioni del finanziamento stesso e dalle garanzie che vengono intorno ad esso costruite. Un cenno particolare merita la tecnica del project financing (PF), sempre più utilizzata nelle grandi opere infrastrutturali ed impiantistiche per la sua versatilità e la sua efficacia. Il concetto fondamentale del PF è isolare il progetto dal resto delle attività del committente, in modo tale che chi finanzia (di solito un pool di istituti di credito) lo faccia solo -o prevalentemente- sulla base delle potenzialità del progetto stesso e non sulla solidità di chi propone, come avviene di solito nei prestiti tradizionali. Ciò fa sì che nel PF le possibilità di rivalsa dei finanziatori sul debitore in caso di inadempimenti nel servizio del debito siano minori, e conseguentemente i tassi d'interesse richiesti siano più alti del normale. Si ha in sostanza un maggiore trasferimento di parte del rischio (e del risultato) d'impresa ai finanziatori, che vengono ad essere coinvolti in maniera significativa in molti aspetti della vita del progetto un tempo ad esclusiva competenza del committente; anche il processo di istruttoria che precede l'erogazione di un PF è assai complesso, con costi che fanno sì che tale tecnica finanziaria sia economicamente interessante solo per progetti di una certa entità.

Di fatto la soluzione più frequente è quella nella quale il futuro gestore dell'opera si accolla la gran parte della copertura del capitale proprio (di solito intorno al 30% del totale delle risorse finanziarie necessarie), mentre il resto è garantito da un finanziamento a lungo termine. Spesso sono le stesse società che forniscono gli impianti a presentare un pool di finanziatori che forniscano il finanziamento a lungo termine; questi ultimi entreranno nell'iniziativa tanto più facilmente quanto più sicuri saranno i margini di redditività della stessa. Un fattore che appare decisivo per garantire il finanziamento dell'opera è dunque l'esistenza di un compratore dell'energia (o dell'acqua) che verrà prodotta, il quale si impegni preventivamente a com-

prare ad un prezzo prestabilito i volumi che l'impianto produrrà una volta entrato in esercizio, sottoscrivendo un impegno contrattuale detto PPA (Purchasing Power Agreement).

Questo aspetto appare decisivo, tanto che la stessa World Bank si sta orientando a fornire, più che finanziamenti diretti, delle garanzie che coprano il rischio che il compratore non adempia agli impegni presi al tempo della decisione di costruire. Se dunque le configurazioni societarie possono essere assai differenti tra loro la base comune a quasi tutti i progetti è la garanzia che una volta costruito l'impianto abbia già un mercato a disposizione, in modo da poter cominciare subito a generare i flussi di cassa necessari a rimborsare i finanziatori.

### APPENDICE: Gli indici di redditività

A completamento dell'analisi svolta in precedenza diamo qui una breve descrizione dei principali indici utilizzati nelle analisi di redditività di progetti di investimento, limitandoci a quelli di più generale applicabilità, con i pregi e i difetti che qualsiasi generalizzazione porta sempre con sé.

Un'analisi di dettaglio che individui con una certa precisione la possibile redditività di un progetto richiederebbe infatti la costruzione di accurati bilanci previsionali, che tengano conto degli aspetti finanziari e fiscali, le politiche del personale, i diversi scenari dei costi e dei prezzi, ecc.; la descrizione di queste tecniche è tuttavia estranea agli scopi del presente articolo. Ci limiteremo dunque a indici assai più semplici, che mettano in relazione entrate ed uscite di un progetto senza troppo preoccuparsi della tipologia e della natura delle stesse. Per intenderci, dedurre il costo degli investimenti e dei costi di gestione da quello dei ricavi (ottenendo il cosiddetto cash-flow di un progetto) dà solo una idea di massima della sostenibilità del progetto, trascurando in realtà tutta una serie di fattori che l'entità e la natura di tali grandezze portano con sé: un investimento è sì un'uscita, ma di tutt'altra natura (contabile, fiscale, finanziaria) che l'acquisto di materie prime o lo stipendio di un dipendente, e tale differenza ha riflessi anche economici che vengono ignorati se si somma il tutto senza distinguere le diverse poste in gioco.

Ciò detto, e prendendo come rappresentazione del bilancio annuale di un progetto il suo cash flow (entrate - uscite), la redditività complessiva può essere rappresentata dai seguenti indici:

1. Valore Attualizzato Netto (net present value)
2. Tasso interno di rendimento (internal rate of return)
3. Periodo di rientro (payback period)

Nel primo caso, si tratta di sommare i cash flows previsti anno per anno, scontandoli ad un tasso prefissato; detto altrimenti, i flussi di cassa spostati in là nel tempo saranno diminuiti in ragione di una certa quota percentuale prima di poter essere sommati. Il motivo è che guadagnare 100 da un investimento fra dieci anni non è come guadagnare 100 oggi, si per l'incertezza connaturata agli eventi futuri, sia per la preferenza intertemporale assegnata al presente (meglio un uovo oggi che una gallina domani) ma soprattutto perché immobilizzare un capitale in un investimento costa, sia che lo si prenda a prestito (perché genera interessi passivi) sia che lo si abbia a disposizione (perché immobilizzandolo non crea interessi attivi). I guadagni futuri vanno dunque "scontati" ad un tasso che tenga conto del costo di immobilizzare un capitale, generalmente rappresentato dal tasso d'interesse sui finanziamenti ottenibili per quel tipo di progetto. Se sommiamo anno per anno i cash flows scontati che il progetto è in grado di generare, otteniamo un importo che rappresenta a grandi linee il "valore" generico del progetto stesso. Definito il VAN, gli altri due indici ne sono direttamente generati: il tasso interno di rendimento è infatti quel tasso che, se utilizzato come tasso di sconto nel calcolo del VAN, lo azzerava; serve dunque a vedere quale tasso di sconto massimo sia applicabile al progetto senza pregiudicarne la redditività. Infine, il payback period è semplicemente il periodo necessario per passare da un VAN negativo ad uno positivo, e misura dunque quando (in termini temporali) il progetto comincia a diventare redditizio. Generalizzando, VAN, TIR e Payback Period rispondono rispettivamente (e grosso modo) alle seguenti domande: Quanto mi renderà in tutto questo progetto? Quale sarà il rendimento annuo minimo del mio progetto? Quando andrò in pari?

## REFERENCIAL

- Buston, John. Alternative financing techniques for energy projects balancing risk and reward. OPET Central Unit
- R.A.Brealey, S.C.Myers, Principi di finanza aziendale - McGraw-Hill
- Thayer Scudder. Social Impacts of Large Dam Projects - In: Large Dams, learning from the past, looking at the future- Workshop proceedings (Gland, Switzerland, April 1997)Goldsmith & Hildyard - The Social and Environmental Effects of Large Dams -Sierra Club Books,
- Fanelli, Michele - Estimación del grado de seguridad en las presas: práctica y crítica  
Ingeniería del agua, Vol. 4, N° 2, Junio 1997
- ICOLD - "Position Paper", web-site <http://www.icold-cigb.org>
- WORLD COMMISSION ON WATER - Draft Report, 1999 (visible on the Internet at <http://www.icold-cigb.org/>)
- Bonnin, Jacques: "L'eau dans l'antiquité", ed. Eyrolles, Paris, 1984
- Fanelli M., Fanelli, M., C. Niccolai: Paper R 15, Q 72, XIX° Congresso ICOLD, Firenze, Maggio 1997
- L'Acquedotto della Romagna - Consorzio Acque per le Province di Forlì e Ravenna - Ed. Morandi, 1991
- Fanelli Michele - General Report on Q. 68 (Safety Assessment and Improvement of Existing Dams), ICOLD XVIIIth Congress on Large Dams, Durban, 1994
- Colombo, Umberto e Lanzavecchia, Giuseppe, Ecologia: sviluppo sostenibile, Saggio monografico in "Enciclopedia del Novecento", vol. X, Istituto Treccani, 1998
- Niccolai, Carlo, Dalla città necessaria alla città sostenibile? Appunti per qualche ragionamento conclusivo, in "Il tempo della qualità", Gr.Ed. Faenza Editrice, 1999
- Niccolai, Carlo, Gli affidamenti, le speranze e anche le sublimi ambiguità di una città "necessaria", in "La città necessaria", Fi Gr.Ed. Faenza Editrice, 1998
- Niccolai, Carlo, Il progresso tecnologico: un interlocutore obbligato nel dialogo essenziale e difficile fra acqua e città, in "Continuità, sperimentazione, innovazione", Gr.Ed. Faenza Editrice, 1997