



Internationales Symposion INTERPRAEVENT 2004 – RIVA / TRIENT

ANALISI COSTI-BENEFICI DELLE OPERE DI DIFESA DALLE PIENE

COSTS-BENEFITS ANALYSIS FOR FLOOD DEFENCE WORKS

P. Mazzalai¹, F. Garzon²

RIASSUNTO

I corsi d'acqua alpini mostrano un regime di deflussi che, in condizioni di piena, presenta portate decine o centinaia di volte maggiori di quelle mediamente osservabili; quindi, qualsiasi opera di regimazione idraulica progettata sui nostri fiumi deve tenere conto di questa incostanza, adeguandosi opportunamente.

Progettando un'opera di difesa, va però stabilito se convenga realizzarla in modo da contenere tutte le piene, anche quelle millenarie, o se basti contenere quelle con tempi di ritorno più bassi. Va inoltre studiato il limite oltre cui i costi dell'opera risulterebbero maggiori dei danni evitabili nel corso dell'intero periodo di durata del manufatto stesso.

Partendo dalle poche pubblicazioni trovate in bibliografia, è stato elaborato un metodo applicabile ad ogni lavoro di difesa dagli eventi alluvionali, che fornisce gli strumenti per confrontare i costi di un'opera di regimazione idraulica con i danni che essa può evitare, permettendo una valutazione completa del rapporto costi-benefici dell'opera e della sua convenienza.

Key-words: Analisi costi-benefici, opere di protezione, dighe.

ABSTRACT

This dissertation has been brought forth from the exigency of appraising the economic convenience of Valda dam (Trento, Italy) for the lamination of the floods of the Adige river (volume of storage 50,000,000 m³, cost 250,000,000 \$); despite the bibliographical research made on the subject also by some universities, it was not possible to find a methodology that appears suitable to the problem dealt with, and we therefore have started from the information collected to elaborate the method here described, applicable to each work that concerns the defence against alluvial events.

In fact, when we plan a floods-protection work as dams or embankments, it should be necessary to evaluate which dimensions give rise to the lowest costs-benefits ratio; this study gives an innovative analytic solution to this important and complex question.

Key-words: Costs-benefits analysis, risk protection works, dams.

¹ prof. ing P. Mazzalai – Dip. Territorio e Sistemi Agroforestali – Università di Padova.

² ing. F. Garzon – Dir. tecnico dip. idraulica e ambiente – SWS ENGINEERING S.p.A– Trento

LA VALUTAZIONE DEI DANNI DI UNA PIENA

La valutazione dei danni provocati al territorio ed all'economia provocati da una piena di un corso d'acqua può essere attuata con due diverse modalità.

La prima prende in considerazione eventi verificatisi in passato e per i quali esiste un'adeguata documentazione relativa alla stima di danni ed indennizzi erogati per quell'evento [1].

Tale base di valutazione verrà stimata in termini di spesa corrente attualizzando gli importi per il periodo trascorso dall'evento ad oggi ed applicando un tasso opportunamente definito.

Questo processo di rivalutazione monetaria dei danni non è evidentemente in grado di cogliere i mutamenti qualitativi e quantitativi nelle dotazioni infrastrutturali, nel tessuto produttivo e nel patrimonio privato, e come tale la valutazione risulta quindi spesso sottostimata.

La seconda modalità di valutazione dei danni invece, tenendo conto delle aree possibili di esondazione, della durata e dell'altezza della sommergenza e di dati che descrivono il processo fisico di un particolare evento di piena, ricostruisce le perdite economiche conseguenti a tale evento sulla base di una fotografia delle attuali dotazioni patrimoniali pubbliche e private e di redditività del tessuto produttivo.

L'ammontare dei danni viene calcolato per la perdita fisica dei manufatti di ogni tipo, dei raccolti, del patrimonio zootecnico ecc. e per la perdita di produzione legata alle interruzioni dei processi produttivi, anche in relazione ai danni causati alla viabilità ed a tutte le reti (metanodotti, elettrodotti, telefoni, acquedotti, ecc.).

Danni di difficile quantificazione ma che potrebbero avere forti impatti per l'uomo e per il territorio sono quelli legati alla salute pubblica (perdite umane, epidemie, ecc.) e all'ambiente (inquinamento, danni a fauna e flora, ecc.); in alcuni casi gravi una valutazione economica di questi eventi indotti sarà comunque necessaria.

LA STIMA DEI DANNI IN ASSENZA DELL'OPERA

Gli eventi di piena alluvionale che si verificano in un corso d'acqua causano generalmente tanti più danni quanto maggiore è la portata che transita in alveo.

In prima approssimazione si può supporre che il parametro unico al quale riferirsi sia la massima portata transitata nel corso della piena Q , che i danni D siano dipendenti unicamente da essa e che esista pertanto una funzione $D(Q)$ che esprima la relazione esistente tra danni possibili e massima portata defluente [2].

Per la corretta valutazione di questa funzione, si può procedere in vari modi, adottando funzioni logaritmiche, esponenziali, asintotiche, polinomi ecc., con adatte condizioni al contorno, il tutto secondo la sensibilità ed il buon senso del progettista.

Ad esempio, per quanto riguarda le condizioni al contorno, esisterà una portata Q_0 al di sotto della quale i deflussi avvengono senza esondazioni [danni $D(Q_0) = 0$], esisteranno una o più portate massime alluvionali Q_i avvenute in passato per le quali si conosca l'ammontare dei danni inflitti $D(Q_i) = D_i$, la funzione $D(Q)$ potrà tendere asintoticamente [2] ad un valore limite di danni ecc.; al termine della memoria è illustrato un esempio applicativo presentato nell'ambito dello studio di impatto ambientale di una diga di laminazione nel quale la funzione $D(Q)$ prescelta è un polinomio di terzo grado del tipo $D = A(aQ^3 + bQ^2 + cQ + d)$ dove i coefficienti A, a, b, c, d sono determinati a seconda dei casi studiati in base a determinate condizioni al contorno.

Operando uno studio idrologico e/o statistico dei deflussi nel corso d'acqua in esame è quasi sempre possibile determinare la relazione intercorrente tra le portate massime di piena Q ed i corrispondenti tempi di ritorno T con cui esse si possono presentare nella sezione in esame. Questa funzione $Q(T_r)$ potrà assumere connotazioni diverse a seconda del metodo di distribuzione probabilistico adottato; ad esempio, adottando il metodo di *Gumbel* [3], tale relazione si presenta nella forma seguente:

$$Q(T_r) = \alpha - \ln[-\ln(1 - 1/T_r)] / \beta \quad (1)$$

dove i coefficienti α e β sono caratteristici per quella sezione che si sta studiando.

Combinando questa seconda funzione $Q(T_r)$ con la precedente funzione $D(Q)$ si ottiene infine una funzione $D[Q(T_r)]$ che esprime la relazione tra i danni possibili di una alluvione D ed il tempo di ritorno T_r con cui ci si aspetta che tali danni si verifichino.

Si supponga ora, ad esempio, che ad una piena con tempo di ritorno $T_r = 100$ anni corrispondano una portata $Q(T_r) = 100 \text{ m}^3/\text{s}$ e ad essa una quantità di danni $D[Q(T_r)] = 100$ milioni di euro; considerare che nell'arco di 100 anni si verifichi una piena in grado di causare danni per 100 milioni equivale ad affermare che l'incidenza media annua [4] di quella piena risulti di 1 milione di euro all'anno (100 milioni/ 100 anni); più in generale, si può dire che l'incidenza media annua di una qualsiasi alluvione avente tempo di ritorno T_i è pari a $D[Q(T_i)]/T_i$ in miliardi all'anno, anche se nella realtà tali danni si verificano tutti in una volta sola.

Inoltre, la probabilità che in un generico anno si verifichi una piena con portata al colmo maggiore o uguale a quella succitata, avente 100 anni di tempo di ritorno, è pari all' 1 %, ovvero pari ad $1/T_r$.

Quindi, i danni che una qualsiasi piena Q_i avente tempo di ritorno T_i ed in grado di dare origine complessivamente ai danni D_i causa in un anno qualsiasi saranno dati dall'incidenza annua di tali danni $D[Q(T_i)]/T_i$ moltiplicata per la probabilità che quella piena venga superata, pari ad $1/T_i$ ovvero dal valore $D[Q(T_i)]/T_i^2$.

Ovviamente questa stima del danno medio atteso andrà esteso a tutte le piene possibili [5], ovvero con tempi di ritorno qualsiasi, e quindi esso sarà fornito dalla equazione seguente:

$$D_{\text{TOT}} = \sum_{i=1}^{\infty} D[Q(T_i)] / T_i^2 \cdot T_r \quad (2)$$

La (2) permette quindi in altre parole di valutare il danno che ci si può aspettare in media ogni anno a causa di tutti gli eventi alluvionali possibili in una certa sezione, per la quale il legame tra i danni D , la portata Q che li causa ed il tempo di ritorno T_r di tale portata è espresso da una certa funzione $D[Q(T_r)]$; ad esempio per il caso applicativo posto al termine della presente memoria si ha:

$$D = A (aQ^3 + b Q^2 + cQ + d) = D(Q) \quad (3)$$

$$Q (T_r) = \alpha - \ln [- \ln (1 - 1/ T_r)] / \beta = Q(T_r) \quad (4)$$

Inserendo la (4) nella (3) e quest'ultima nella (2) ed integrando per incrementi finiti (può essere utilizzato ad esempio il metodo di *Simpson* con $\Delta T_r = 10$ anni e $T_r^\infty = 10\,000$ anni) si ottiene il valore D_{TOT} cercato.

Il rapporto esistente tra danni D e tempi di ritorno T_r con cui essi si verificano può talvolta essere espresso senza considerare le portate Q sia nel caso in cui si adottasse al posto di Q un'altra grandezza (l'altezza idrometrica in una sezione, le precipitazioni ecc.) che comunque dovrà essere correlata tramite una relazione del tipo della (4) con i tempi di ritorno T_r e con una relazione del tipo (3) con i danni possibili, sia nel caso in cui si abbia un sufficiente numero di eventi di piena e di dati sui corrispondenti danni in modo da poter costruire statisticamente una relazione del tipo $D = D (T_r)$ che inglobi sia la (3) che la (4).

LA STIMA DEI DANNI IN PRESENZA DELL'OPERA

La stima dei danni ad opera realizzata avviene in maniera perfettamente analoga a quella da eseguirsi in assenza dell' opera, con la sola differenza che in questo caso la equazione (3) che collega i danni D con le portate Q sarà diversa, dal momento che si suppone che l'intervento sia in grado di contenere gran parte di tali danni e che solo portate con elevatissimo tempo di ritorno T_r siano in grado di provocare alluvionamenti e quindi danni.

Si dovrà quindi ricercare una seconda equazione $D(Q)$ che rappresenti le mutate condizioni dovute alla realizzazione dell'opera in progetto; essa potrà avere la medesima forma di quella valutata in assenza dell'opera, con la sola variazione dei coefficienti, oppure addirittura si potrà cambiare interamente la struttura dell'equazione se le nuove condizioni al contorno lo richiedessero.

LA STIMA DEL COSTO DELL'OPERA

Il costo dell'opera sarà dato dalla somma di tutti i costi di esecuzione (lavori a base d'asta e somme a disposizione, esclusi gli oneri fiscali) e dei costi di manutenzione ed esercizio dell'opera stessa.

Per quanto riguarda la corretta valutazione di questi ultimi, occorre prefissare due parametri fondamentali, quali la longevità dell'opera ed il tasso di sconto i da adottare.

Per le opere in calcestruzzo la longevità T_L di prassi è di circa 60-100 anni per le strutture sottili (telai, muri di sostegno in c.a. ecc.) e di 200 anni per le grandi strutture (muri a gravità,

dighe ecc.); per le strutture in terra (argini, dighe in materiali sciolti ecc.) potrebbe essere presa come riferimento una durata di 500 anni.

Nel caso applicativo la valutazione dei costi e dei benefici viene riferita ad un arco temporale T_L generalmente inferiore a quello della longevità dell'opera in quanto gli strumenti di previsione dello "stato della natura" (elementi socio-economici globali del territorio interessato) sono inattendibili se spinti oltre un periodo di qualche decennio; nel caso della diga di Valda trattato al termine, si è scelto ad esempio un orizzonte temporale pari a 50 anni, nonostante l'opera abbia una reale durata di almeno 200 anni. Per quanto riguarda infine il tasso di sconto i da adottare, si dovrà tenere conto della longevità reale dell'opera e dell'incertezza sul ritorno economico dell'investimento costituito dall'opera; per opere di durata superiore ai 100 anni, ad esempio, il tasso i potrebbe variare dallo 0,5 al 2 %, mentre per opere di durata inferiore si può salire al 3-4%.

I costi annui di esercizio e periodici di manutenzione (ogni 20-30 anni sarà necessaria la sostituzione delle opere elettromeccaniche e ogni 50-60 anni vi saranno interventi radicali in quelle civili) andranno stimati nel corso di tutto il periodo T_L di presunta durata dell'opera, e gli importi dovranno essere ricondotti all'anno zero (quello di entrata in funzione dell'opera) applicando un adeguato tasso di sconto.

Questo tasso di sconto dipenderà dallo Stato in cui si realizza l'opera, dall'andamento economico del periodo considerato, dal costo dell'opera stessa e da altri possibili fattori contingenti [6], ed andrà valutato *ad hoc* da tecnici competenti; orientativamente, nel caso di un'opera realizzata in Italia il tasso di sconto passa attualmente dal 3-4% per opere modeste (qualche milione di euro) al 2-3% per grandi opere (decine di milioni di euro) sino a valori tra lo 0 ed il 2% per opere di importo superiore.

IL RAPPORTO COSTI-BENEFICI DELL'OPERA

Giunti a questo punto si hanno a disposizione, per l'anno zero di entrata in funzione dell'opera, il costo totale dell'opera stessa ed il beneficio medio annuo che nelle attuali condizioni l'opera è in grado di fornire; esso sarà dato dalla differenza tra il valore medio annuo D_{TOT} dei danni possibili in assenza dell'opera ed il D_{TOT} valutato in presenza della stessa.

Per avere il valore complessivo del beneficio per tutti gli anni di durata dell'opera T_L che si considerano, ed il conseguente rapporto costi-benefici dell'opera, si dovranno studiare ora due scenari, il meno favorevole ed il più favorevole [7], visto che si sta trattando con fenomeni imprevedibili quali le piene che possono presentarsi sia con eventi rari e catastrofici sia con eventi meno dannosi ma più frequenti.

Il caso più sfavorevole e meno conveniente alla realizzazione dell'opera è che gli eventi siano concentrati al termine del periodo di longevità T_L considerato, nel qual caso il beneficio complessivo (pari a T_L volte il beneficio medio annuo di cui sopra) dovrà essere confrontato con il costo totale dell'opera moltiplicato per il coefficiente $(1+i)^{T_L}$ dove i è il tasso di sconto adottato, valore che, prendendo ad esempio $i = 2,5\%$ e $T_L = 50$ anni, è pari a circa 3,44 volte il semplice costo totale dell'opera.

C'è però da aggiungere che, qualora fosse provata con certezza l'esistenza di un *trend* di crescita del valore di mercato delle aree alluvionabili e quindi che il beneficio indotto dall'opera sia crescente nel tempo, anche il valore del beneficio sarà maggiore di quello di T_L volte l'attuale beneficio medio annuo appena considerato.

Il caso più favorevole per l'opera considera invece che gli eventi alluvionali siano concentrati all'inizio del periodo di T_L anni, ed il costo dell'opera da confrontare con il beneficio non subirà incrementi dovuti al tasso di sconto ma sarà semplicemente quello attuale valutato nel precedente capitolo.

Ovviamente questa metodologia può essere applicata in maniera meno rigorosa, adottando tempi di indagine maggiori (pari alla durata massima possibile dell'opera, ad esempio), ipotizzando più eventi alluvionabili distribuiti nel tempo anziché studiare solo i due casi limite succitati ecc.; questa valutazione comunque sarà consigliabile eseguirla avvalendosi anche dalla consulenza di un tecnico in materia economica.

VALUTAZIONE COSTI-BENEFICI DELLA DIGA DI VALDA

La diga di Valda dovrebbe essere realizzata sul torrente Avisio, affluente del fiume Adige presso la città di Trento, per laminarne le piene (figura 1).



Fig. 1: Diga di Valda sul torrente Avisio: localizzazione.

Fig. 1: Valda dam on Avisio river; localization.

Le aree alluvionabili per le quali si manifesterà il beneficio dell'opera sono state caratterizzate da due sezioni, una in città a Trento ed una a Boara Pisani a circa 15 km dalla foce; una sola sezione non sarebbe bastata poiché l'Adige ha un comportamento assai diverso tra Trento, dove l'ambiente è ancora alpino e semi-torrentizio, e la pianura veneta, con portate meno incostanti ed oltretutto modulate anche dallo scolmatore Adige-Garda situato poco oltre Trento.

A Trento ed a Boara Pisani le relazioni statistiche tra le portate Q ed i tempi di ritorno T_r secondo il metodo di Gumbel sono risultate le seguenti:

$$Q_T = 791,923 - \ln [-\ln (1-1/T_r)] / 2,568 * 10^{-3} \quad (5)$$

$$Q_B = 365,14 - \ln [-\ln (1-1/T_r)] / 3,064 * 10^{-3} \quad (6)$$

A Trento nel 1966 vi fu una alluvione che provocò molti danni e di cui si ha una ampia documentazione; con l'attuale situazione arginale si è stimato che la città subirebbe una alluvione analoga a quella del '66 qualora transitasse una piena con portata al colmo pari a $Q_{T1} = 2585 \text{ m}^3/\text{s}$, che secondo la (5) ha $T_{r1} = 100$ anni circa, e che tale alluvione causerebbe con l'attuale assetto cittadino danni per circa un importo pari ad $A = 1087$ milioni di euro.

Per le portate inferiori a $Q_{T0} = 2320 \text{ m}^3/\text{s}$ non si avrebbe tracimazione (danni $D = 0$), mentre all'opposto, per portate estreme, ad esempio $Q_{T2} = 3480 \text{ m}^3/\text{s}$ corrispondente a $T_{r2} = 1000$ anni, la superficie allagabile sarebbe presumibilmente la massima possibile, con danni che si stima raggiungerebbero il valore di $2A = 2174$ milioni di euro; per valori superiori si è supposto che i danni siano pari ad un valore massimo $D_{lim} = 2A$ non superabile. La funzione che correla danni possibili D e portate Q tra questi valori estremi 0 e $2A$ è stata scelta arbitrariamente ed è del tipo polinomiale seguente (vedasi fig. 2):

$$D[Q(T_r)] = A (aQ^3 + bQ^2 + cQ + d) \quad (7)$$

con le condizioni al contorno seguenti:

$$\begin{aligned} D(Q_T \leq 2320) &= 0; & D(Q_T = 2585) &= A; \\ D(Q_T \geq 3480) &= 2A; & (dD/dQ)(Q = 3480) &= 0. \end{aligned}$$

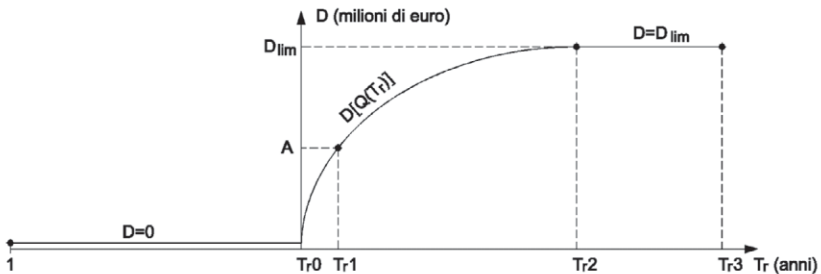


Fig. 2: Diagrammi danni D – Tempi di ritorno T_r in una sezione generica.

Fig. 2: Relation between damages D and Return time T_r , for a section of the river.

Si è ottenuto $a = 0,898 * 10^{-9}$; $b = -9,810 * 10^{-6}$; $c = 35,715 * 10^{-3}$; $d = -41,226$, mentre $A = 1087$ milioni di euro, come visto in precedenza.

Per la zona della pianura veneta si hanno informazioni sulla piena del 1882; da queste e da considerazioni sullo stato attuale degli argini e delle aree alluvionabili si è ricavato, analogamente a quanto visto per Trento: $A = 1012$ milioni di euro, ottenuto per $Q_{B1} = 2100$ m³/s e, per la (6), $T_{r1} = 200$ anni; $Q_{B0} = 2000$ m³/s con $T_{ra} = 140$ anni; $Q_{B2} = 2560$ m³/s, sempre per $T_{r2} = 1000$ anni ma con un importo massimo possibile dei danni $D_{lim} = 1,5 A$ in quanto, già con modeste tracamazioni, l'area allagata sarebbe quasi la massima possibile in quanto lì l'Adige scorre più in alto rispetto al piano campagna.

I coefficienti da porre nella (7) per il tratto di pianura sono perciò risultati i seguenti:

$$a = -0,7384 \cdot 10^{-9}; b = 3,8114 \cdot 10^{-6}; c = -4,644 \cdot 10^{-3}; d = 0,7822; A = 1012 \text{ mil. di euro.}$$

Nel caso che fosse realizzata la diga di Valda per la laminazione delle piene, si è calcolato che il suo effetto sarebbe, in prima approssimazione, quello di diminuire le portate di piena al colmo per un valore non minore di 435 m³/s a Trento e di 325 m³/s a Boara Pisani, valore minore del precedente in quanto tale sezione è molto più a valle.

Nelle condizioni al contorno relative alla (7) per Trento sarà $D(Q_T \leq 2755) = 0$; $D(Q_T = 3020) = A$; $D(Q_T > 3915) = 2A$; $(\angle D / \angle Q)(Q = 3915) = 0$, da cui: $a = 0,898 \cdot 10^{-9}$; $b = -10,99 \cdot 10^{-6}$; $c = 44,676 \cdot 10^{-3}$; $d = -58,694$.

Procedendo analogamente per Boara Pisani, si ottengono i seguenti nuovi coefficienti:

$$a = 18,974 \cdot 10^{-9}; b = -160,56 \cdot 10^{-6}; c = 451,538 \cdot 10^{-3}; d = -420,364.$$

Se ora si procede alla integrazione mediante la (2) della equazione (7) con gli opportuni coefficienti e con Q fornita dalla (5) e (6) a seconda che si tratti di Trento e Boara Pisani, si ottiene la tabella seguente:

Tab.1: Danni alluvionali attesi a Trento (milioni di euro).

Tab.1: Expected alluvional damages in Trento (milions of euro).

area	senza diga		con la diga	
	prob annua di esondazione	danno medio annuo atteso	prob. annua di esondazione	danno medio annuo atteso
	$1/T_{r0}$	D_{TOT}	$1/T_{r0}$	D_{TOT}
Trentino	2,0%	21,96	0.60%	7,07
Veneto	0,7%	8,30	0.25%	3,02
Totale	---	30,26	---	10.08

Il costo della diga è di circa 176 milioni di euro e per essa si prevede una spesa annua di quasi 100 mila euro per l'esercizio e di 7 milioni di euro ogni 30 anni per rifare le opere elettromeccaniche.

Fissando in 50 anni il periodo di riferimento T_L per il calcolo costi-benefici (cap. 5) e nel 2 % il tasso di sconto i , il valore all'anno zero delle spese di esercizio e di manutenzione saranno date da $0,098 * [(1+i)^{50} - 1] / [i(1+i)^{50}] + 7 * (1+i)^{-30} = 7$ milioni di euro circa, per cui il costo totale dell'opera risulterà pari a circa 182,5 milioni di euro.

Il beneficio totale dell'opera vale invece 50 volte il beneficio annuo, quest'ultimo ottenuto dalla tabella come differenza tra il danno medio annuo atteso senza la diga (30,26 milioni di euro) e quello con la diga realizzata (10,08 milioni di euro), e sarà quindi pari a 1009 milioni di euro circa.

Nell'ipotesi più sfavorevole, in cui gli eventi alluvionali siano concentrati nell'ultimo anno del periodo di 50 anni considerato, il beneficio di 1009 milioni di euro appena trovato andrà confrontato con la capitalizzazione a 50 anni con tasso di sconto del 2% del costo della diga, pari a $182,5 * (1+0,02)^{50} = 491,4$ milioni di euro, con un rapporto costi-benefici pari a quasi 0,5 (benefici pari a 2 volte i costi).

Nella ipotesi più favorevole, con eventi alluvionali all'inizio del periodo, il rapporto costi-benefici sarà dato da $182,5/1009 = 0,18$, con un valore (0,34) intermedio tra questo ed il precedente di 0,5 e decisamente accettabile (benefici pari a 3 volte i costi).

In questa trattazione inoltre sono state fatte le seguenti semplificazioni a favore della sicurezza che tendono a sottostimare i benefici: i danni sono stati valutati in base alla situazione attuale anche se si può ragionevolmente supporre che nel tempo le opere umane danneggiate sarebbero maggiori sia in qualità che in quantità; il tempo di operatività della diga, fissato in soli 50 anni, potrebbe essere presumibilmente elevato sino anche a 200 anni; il tasso di sconto del 2 % è probabilmente un po' elevato per opere di questo tipo; infine, nella stima dei danni non sono stati inseriti tutti quei danni non monetizzabili quali il disagio ed i lutti per la popolazione, l'inquinamento ambientale ecc., tutti fattori che però hanno certamente un loro grande peso sulle scelte da adottare.

BIBLIOGRAFIA

- [1] A. MASS et al. (1962). *"The Design of Water Resources Systems"*, Londra (Gran Bretagna).
- [2] *Proceedings of "Dam and extreme floods"* (1992). Granada (Spagna).
- [3] E. J. GUMBEL (1958). *"Statistic of extremes"*, New York (USA).
- [4] U. MOSIELLO, U. MAIONE (1980). *"Appunti di idrologia"*, Ed. La Goliardica, Pavia (Italia).
- [5] DASGUPTA PEARCE (1975). *"Analisi costi-benefici; teoria e pratica"* (1992), Ed. Isedi, Milano (Italia).
- [6] E.F. RENSHAW (1957). *"Toward Responsible Government: an Economic Appraisal of Federal Investment in Water Resources Programs"* Chicago (USA).
- [7] Quaderni regionali "Formez" (1983). *"L'analisi costi-benefici"*, Napoli (Italia).