Ri-Vista Ricerche per la progettazione del paesaggio
ISSN 1724-6768

Università degli Studi di Firenze
Dottorato di ricerca in Progettazione Paesistica
http://www.unifi.it/drprogettazionepaesistica/

Firenze University Press
anno 5 – numero 7 – gennaio-giugno 2007
numero monografico *Acque, fiumi, paesaggi. Chiavi di lettura, ambiti di ricerca, esperienze*
sezione: *Saggi* pagg. 26-37

CONSIDERAZIONI IDRAULICHE, *MA NON SOLO*, SULLA RINATURALIZZAZIONE DEI CORSI D'ACQUA

Giampaolo Di Silvio*

Summary
The paper discusses the most relevant engineering interventions carried out during the centuries in the European watercourses and considers the means and ways to bring them nearer to the pristine conditions. Although a total re-naturalization of the river is almost invariably impossible, an attempt is made to single out reasonable trade-off solutions between the requirements of safety and resources utilization and the reconstruction of a pleasant and congenial environment.

Key-words
Engineering, watercourses, pristine conditions, re-naturalization, landscape

Abstract
Si passano in rassegna gli interventi di ingegneria più significativi che hanno portato, nel corso dei secoli, ad un progressivo allontanamento dei corsi d'acqua europei dalla loro configurazione naturale e si esaminano i mezzi e i modi per riportarli verso la situazione pristina. Sebbene una completa rinaturalizzazione del fiume sia quasi sempre impossibile, si individuano ragionevoli soluzioni di "dialogo" fra le esigenze di sicurezza e di utilizzazione idrica e la ricostruzione di un ambiente e di un paesaggio più gradevole.

Parole chiave
Ingegneria, corsi d'acqua, situazione pristina, rinaturalizzazione, paesaggio

* Istituto di Idraulica "G. Poleni", Università degli Studi di Padova

PREMESSA

La relazione che segue è stata tenuta in occasione del Seminario dedicato ai "Nuovi sviluppi applicativi dell'idraulica dei corsi d'acqua", tenutosi il 27-31 gennaio 1997 a Bressanone (Bolzano) e organizzato dai colleghi padovani in onore del professor Claudio Datei, emerito di Costruzioni Idrauliche, che proprio in quell'anno compiva settantacinque anni.
Si è trattato dunque di un incontro, indubbiamente di carattere scientifico, al quale, accanto ai padovani, hanno partecipato gran parte degli idraulici italiani, provenienti sia dall'ambiente accademico, sia da quello della professione e della pubblica amministrazione.
Le relazioni e le memorie di quel Seminario hanno tutte carattere specialistico, compresa quella tenuta da chi scrive e riportata nel seguito. In effetti, sebbene quest'ultima relazione, per essere dedicata alla rinaturalizzazione dei corsi d'acqua, faccia necessariamente riferimento a numerose questioni concernenti altre discipline (geomorfologia, biologia animale e vegetale, ecologia, eccetera), il punto di vista con cui si affrontano i problemi resta quello dell'ingegnere idraulico. E ciò non soltanto perché, come già detto, appartenessero a questa disciplina i partecipanti al Seminario, ma soprattutto perché gli ingegneri idraulici erano (e sono ancora, nel nostro e negli altri Paesi) i principali responsabili della gestione dei corsi d'acqua maggiori. Negli ultimi decenni, a dire il vero, soprattutto dopo l'istituzione delle Autorità di Bacino e la ristrutturazione del Ministero dei Lavori Pubblici (articolato in Ministero delle Infrastrutture e Ministero dell'Ambiente), come pure dei corrispondenti Dipartimenti a livello regionale, numerosi giovani di nuove professionalità si sono felicemente inseriti nei quadri di queste amministrazioni. Tuttavia, come nei tempi d'oro del glorioso Corpo del Genio Civile (dove Genio, nell'italiano di una volta e ancor oggi in francese, indica in generale l'ingegneria, civile o militare che fosse), la progettazione, esecuzione e manutenzione degli interventi sui fiumi appartiene ancora alla "confraternita" dello scrivente.
Diciamo, quindi, che la presente relazione costituisce una sorta di pressante invito ai confratelli idraulici, da un lato a *riguardare con nuovi occhi* quanto è stato fatto in passato, dall'altro *a rispondere con equilibrio* alle emergenti, ma crescenti, domande di "naturalità" per i corsi d'acqua del nostro Paese. Si tratta insomma di abbandonare il rigido concetto di "regolazione" dei corsi d'acqua (dominante negli ultimi due secoli), e di restituire al fiume il maggiore grado possibile di libertà, compatibilmente con le prevalenti esigenze di sicurezza e con le legittime necessità di utilizzazione delle risorse. Senza cedere peraltro alle pressioni di alcuni gruppi ideologicamente polarizzati, per quanto rumorosi possano essere, verso soluzioni irragionevoli o semplicemente non realistiche. Sotto questo aspetto, sebbene da quel Seminario siano ormai passati dieci anni e l'atteggiamento degli ingegneri si sia alquanto modificato, la relazione mantiene una sua attualità, e potrebbe anzi utilmente raggiungere ambienti culturali e professionali diversi da quelli a cui era stata inizialmente destinata. Da un lato, infatti, grazie anche alle più profonde conoscenze di idromorfodinamica fluviale e alle moltiplicate possibilità di calcolo numerico, gli ingegneri stanno facendo proprie impostazioni progettuali assai diverse da quelle molto schematiche di un tempo. Dall'altro, le professionalità complementari sul piano biologico, ecologico, paesistico sono certamente più pronte ad accettare i vincoli di tipo strutturale, e più generalmente costruttivo, che l'ingegneria impone.

LA SITUAZIONE PRISTINA[1]

Qual'è un corso d'acqua "naturale"? Come è fatto? Dove si trova? Non dico un piccolo torrente di montagna in qualche valle remota delle nostre Alpi, certamente incontaminato ma di dimensioni tali che nella bella stagione si può scavalcare con qualche salto.

[1] Rielaborazione del documento presentato in occasione del Seminario "Nuovi sviluppi applicativi dell'idraulica dei corsi d'acqua", tenutosi il 27-31 gennaio 1997 a Bressanone (Bolzano).

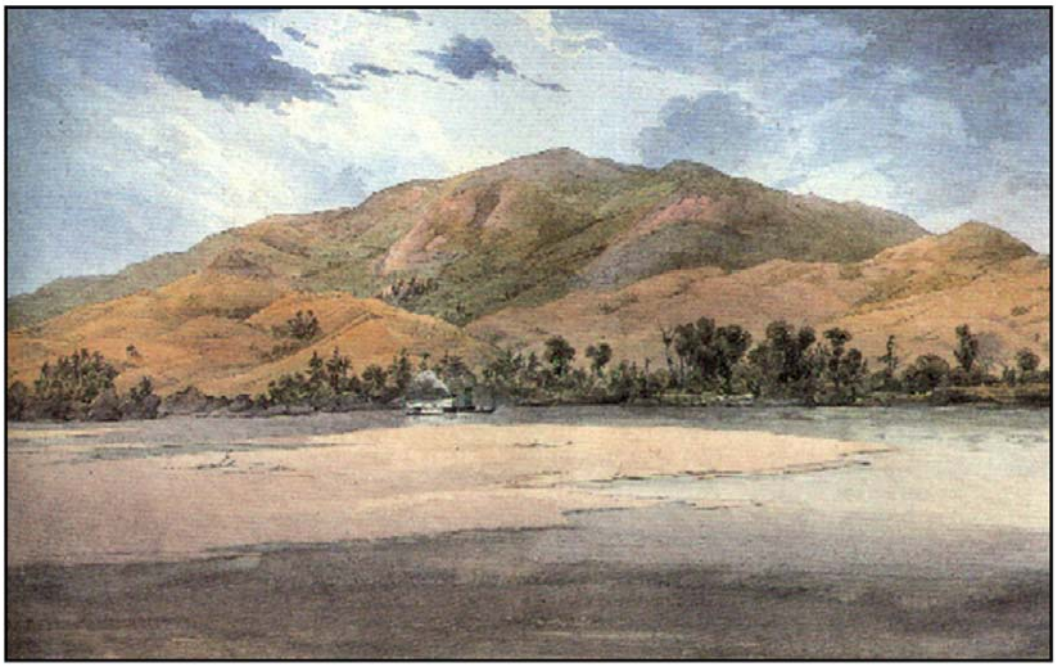

Figura 1. Un battello a vapore lungo il Missouri ancora in condizioni naturali all'inizio (1832-34).

Ma intendo un vero e proprio fiume, di dimensioni rispettabili, insomma da attraversare con una barca anche in condizioni di magra.
La prima idea che viene in mente a questo proposito sono i corsi d'acqua della foresta pluviale, in Africa o in Sud America, oppure quelli delle pianure settentrionali, in Siberia o in Canada. Le fotografie del *National Geographic* scattate in queste zone ci mostrano paesaggi fluviali dall'aspetto senza dubbio "naturale", ma anche eccessivamente "esotico", caratteristico di climi troppo diversi da quelli delle zone temperate a noi familiari.
Ma allora, visto che nella fascia temperata del pianeta, quella cioè più densamente abitata, i fiumi naturali sono stati da tempo sottoposti a modificazioni sostanziali, come si fa ad immaginare quello che doveva essere il paesaggio fluviale pristino di questi climi? Una possibilità veramente straordinaria è offerta dalla serie di acquerelli realizzata dal pittore svizzero Karl Bodmer nel corso del suo lungo viaggio in Nord America dal 1832 al 1834[2]. Poiché il suo viaggio si è sviluppato principalmente lungo il corso dell'Ohio e del Missouri, con una puntata fino a New Orleans lungo il corso del Mississippi, la maggior parte dei suoi acquerelli riguarda i paesaggi fluviali (corso principale ed affluenti grandi e piccoli) di uno dei maggiori bacini idrografici delle zone temperate. L'epoca poi è particolarmente felice: grazie all'accessibilità dei luoghi con confortevoli battelli a vapore, quelli che vengono rappresentati dal pittore svizzero sono paesaggi già visti e visitati da persone di tutti i ceti e nazionalità e non soltanto (come fino a pochi decenni prima) da una manciata di *trappers* francesi o di soldati spagnoli. Il pittore quindi non deve concedere, né concede, nulla al misterioso, al meraviglioso, all'incredibile. Talvolta, piccolissimo in una grande ansa fluviale, si riconosce uno *steamer* che faticosamente risale la corrente, appoggiato doverosamente sulla sponda concava (figura 1). In qualche altro acquerello compaiono, ancora più minuscoli e sperduti, alcuni esseri umani, a piedi o a cavallo, accompagnati dai loro animali. Qualche volta si vedono perfino, a rispettosa quota rispetto al livello dell'acqua, alcune costruzioni, oppure, più in basso, un traghetto per carri a cavalli. Questi minuscoli segni di "umanità" sono in qualche modo tranquillizzanti, ancorché chiaramente ininfluenti e perfino piuttosto incongrui rispetto alla maestosa ed innocente "naturalità" del grande fiume (figura 2).

[2] Joslyn Art Museum, *Karl Bodmer's America*, Dai Nippon Printing Co. Ltd., 1984.

Figura 2. Ambiente fluviale delle zone temperate e primi segni di antropizzazione: animali domestici all'abbeverata (1832-34).

Si tratta insomma dell'America intatta e incontaminata di Waldo Emerson e di Henry Thoreau, dalla quale sono in vario modo germogliati, per oltre un secolo, gran parte dei sogni e dei miti di quella nazione.
A parte le suggestioni letterarie, comunque, le numerose e dettagliate rappresentazioni del Bodmer danno un'idea abbastanza precisa delle condizioni pristine dei corsi d'acqua delle zone temperate. Le zone inondabili, estremamente estese, permettono lo sviluppo di una fauna ed una flora molto differenziata a seconda della maggiore o minore soggezione alle piene. Quello che colpisce particolarmente in questa scena sono i numerosi tronchi abbandonati alla corrente. Si tratta del così detto "trasporto solido galleggiante" che nel nostro Paese ha dato così gravi problemi in occasione delle piene più recenti (per esempio Tanaro), per la sua tendenza ad occludere le luci dei ponti. Nei grandi fiumi del *mid-west* americano nel 1832 il pericolo dei tronchi galleggianti o conficcati nel letto (*"snags*") era limitato alla navigazione, come richiamato nelle note di alcuni acquerelli di Bodmer (figura 3). Anche questi fiumi, peraltro, non dovevano restare inalterati ancora per molto tempo. Con lo sviluppo degli insediamenti rivieraschi a quote sempre più basse e con l'espandersi dell'agricoltura nelle zone d'inondazione, sono presto iniziati e si sono moltiplicati gli interventi da parte dell'*U.S. Army Corps of Engineers* (Genio Militare, responsabile della gestione dei maggiori fiumi) per garantire una certa sicurezza al territorio e per migliorare le utilizzazioni idriche. Già alla fine del secolo scorso, la gran parte dei fiumi americani non si trovava in situazione molto diversa da quella determinatasi più gradualmente nell'Europa occidentale.

LA SITUAZIONE ATTUALE

I fiumi dei Paesi sviluppati e più densamente popolati sono oggi per lo più organismi artificiali. Gli interventi si sono sviluppati nel corso dei secoli per conseguire le seguenti finalità, più o meno importanti a seconda del tempo e del luogo: difesa idraulica, con la costruzione delle arginature principali; trasporto, con la costruzione dei canali navigabili; utilizzazione dell'acqua, con la costruzione di derivazioni, dighe e traverse; utilizzazione del suolo, con la costruzione di arginature secondarie e con il restringimento dell'alveo principale; sistemazione del corso d'acqua con la regolarizzazione delle sezioni e del profilo. Nel seguito si esamineranno, brevemente, il primo e l'ultimo degli interventi sopraccitati.

Le arginature principali

Che le arginature fluviali e marittime fossero diffuse in gran parte d'Europa sin da tempi remoti è testimoniato, fra l'altro, dai versi di Dante: *"Quale i Fiamminghi fra Guizzante e Bruggia / temendo il fiotto che 'nver lor s'avventa, / fanno lo schermo perché 'l mar si fuggia; / e quale i Padovan lungo la Brenta, / per difender lor ville e lor castelli, / anzi che Chiarentana il caldo senta* […]*"* (Inf., XV, 4-9).

Dante fa riferimento a due regioni naturalmente esposte ad inondazione, ma anche particolarmente sviluppate dal punto di vista socio-economico: la zona costiera fra Wissant (sul passo di Calais) e Bruges esposta alle tempeste del mare del Nord e la zona di Padova soggetta alle piene del Brenta (stranamente attribuite da Dante allo scioglimento delle nevi in Carinzia). È verosimile che un sistema di arginature, costiero o fluviale, si sviluppi nel corso dei secoli a partire dalla linea di rilievo naturale rappresentata rispettivamente dal cordone dunale o dai depositi che si formano spontaneamente in fregio al corso d'acqua. A misura che gli argini diventano più robusti e più elevati si riduce la frequenza con cui le zone umide protette dalle arginature vengono inondate; questo determina una maggiore sicurezza idraulica per i residenti ed una più sicura utilizzazione delle zone d'inondazione a scopi agricoli. Per contro la flora e la fauna tipica delle zone umide tende a scomparire.

Figura 3. Trasporto solido galleggiante nei grandi fiumi americani dell'Ottocento: un pericolo solo per la navigazione (1832-34).

Regolarizzazione delle sezioni d'alveo
Molti corsi d'acqua dei Paesi industrializzati sono stati sottoposti alla regolarizzazione delle sezioni d'alveo. Questo significa che l'alveo irregolare del corso d'acqua originale è stato reso sostanzialmente uniforme, cioè trasformato in un lungo prisma a sezione per lo più trapezoidale, oppure, in presenza di golene, di forma composta ma sempre regolare; molto spesso le sponde sono rivestite mentre in qualche caso sono rivestite anche le golene (*quais*) e perfino il fondo (cunettoni). In molti casi la regolarizzazione (o, come anche si dice, la sistemazione) del corso d'acqua appare necessaria sia per aumentare la sicurezza idraulica, sia per realizzare questa o quella utilizzazione. In altri casi però si ha l'impressione che l'operazione sia stata dettata esclusivamente dal desiderio di rendere "prevedibile" il comportamento del corso d'acqua. In effetti, privi com'erano di mezzi di calcolo automatico, è ben comprensibile la preoccupazione dei vecchi ingegneri di evitare incertezze nelle valutazioni e la tendenza a tener tutto sotto controllo, come era loro in effetti possibile per i canali a moto uniforme. Quella che potrebbe essere chiamata *"sindrome di Chézy"*, è stata endemica per più di un secolo in tutto il continente. Perfino i termini tecnici utilizzati nei vari paesi riecheggiano tutti l'antica pulsione di noi ingegneri a porre sotto controllo il "disordine" della natura: *river regulation* (inglese), *Flußregulierung* (tedesco), *correction d'une rivière* (francese), *regularizaciòn de rio* (spagnolo), *rivier normalisatie* (olandese), *regularovanie reka* (russo).

RINATURALIZZARE: PERCHÈ?

Nei paragrafi precedenti si sono esaminati i motivi che hanno portato attraverso i secoli, quasi da per tutto nei Paesi industrializzati, a sostanziali modifiche della situazione pristina dei corsi d'acqua, attraverso interventi di vario genere. In questi stessi Paesi, soprattutto nell'ultimo decennio, si è sviluppato un movimento di opinione che richiede di ristabilire le condizioni preesistenti ("rinaturalizzazione") su questo o quel tratto di fiume.
A parte l'ovvio sostegno delle forze politiche di tipo ambientalistico, tale movimento di opinione è guardato con simpatia anche da alcuni esponenti di categorie professionali (come tecnici forestali, biologi, geologi, architetti, eccetera) i quali vedono con interesse l'aprirsi di nuove possibilità alle loro competenze disciplinari. Da parte degli ingegneri idraulici, per contro, si è manifestata un'iniziale riluttanza a considerare la rinaturalizzazione come strada tecnicamente percorribile se non sacrificando, in misura inaccettabile, le utilizzazioni idriche o mettendo addirittura a repentaglio la sicurezza idraulica.
Sebbene negli ultimi tempi ci sia stato un certo riavvicinamento delle posizioni, incoraggiato dalla presenza nelle stesse agenzie ed amministrazioni di tecnici di diversa formazione, pure i pareri intorno alla rinaturalizzazione dei corsi d'acqua sono ancora estremamente differenziati; ciò con riferimento sia ai motivi che richiedono l'azione di restauro, sia alle modalità con le quali la rinaturalizzazione del corso d'acqua debba essere di volta in volta effettuata.
Le motivazioni invocate per il restauro sono: ragioni estetiche o paesaggistiche; ragioni ecologiche o ambientali; ragioni ricreative o turistiche; ragioni funzionali o di sicurezza. Nel seguito si esamineranno una dopo l'altra tali motivazioni, facendo cenno sia pure sommariamente alle possibili risposte, soprattutto (ma non solo) in termini idraulici.

Le ragioni estetiche o paesaggistiche
Quello che viene subito richiesto, quando si parla di restauro di un corso d'acqua, è quasi sempre il ripristino della vegetazione. È interessante notare che tale richiesta, sebbene motivata in termini "ecologici", ha per lo più una motivazione "estetica": la nuda terra, la pietra o (Dio ne guardi) il cemento hanno ormai una connotazione negativa, che si pensa in qualche modo mitigata dalla presenza di erba, arbusti o alberi, a prescindere dagli effetti che tale presenza potrà avere sull'ecosistema. In realtà, quella che viene invocata come rinaturalizzazione si limita molto spesso a una generica "mano di verde" avente per scopo

l'abbellimento o l'occultamento di manufatti esistenti, con motivazioni quindi puramente estetiche. A tale riguardo, però, pur riconoscendo che la presenza di vegetazione conferisce sovente un aspetto gradevole al paesaggio, bisogna evitare che dalla *sindrome di Chézy* (Antoine, de; ingegnere idraulico. Chaˆ lon-sur-Marne, 1718) menzionata precedentemente si cada nella *sindrome di Cupiello* (Luca, don; costruttore di presepi. Napoli, 1931) tratteggiata nella famosa commedia di De Filippo. È facile infatti che interventi di rinaturalizzazione basati sul ripristino approssimato di boschi e cascate tendano a creare un paesaggio appunto da presepio. La qual cosa, oltre ad essere talvolta pericolosa, può essere discutibile anche sul piano estetico, soprattutto in certi casi. È chiaro che i criteri adottati - diciamo - per il passaggio dell'Ammer attraverso Oberammergau (alta Baviera), non possono essere quelli che presiedono alla sistemazione fluviale del Tevere a Roma, così come il castello di Neuschwanstein differisce da Castel Sant'Angelo o l'imperatrice Sissi da Giulio II.

Le ragioni ecologiche o ambientali

Ben diverse, ovviamente, sono le spinte verso la rinaturalizzazione generate dal desiderio di ripristinare, nel suo complesso, il sistema ecologico fluviale. Il corridoio fluviale, in effetti, costituisce un *ecotono*, cioè un sistema continuo caratterizzato però da gradienti biologici molto elevati. La diversità biologica, riguardata dagli ecologi come un indice positivo per la qualità dell'ambiente, è assicurata dalle variazioni tanto idrologiche (successione di piene e magre) che morfologiche (irregolarità geometriche dell'alveo); essa viene quindi tendenzialmente ridotta nei corsi d'acqua regimati e regolarizzati.

Per il mantenimento dell'ecotono, tuttavia, non solo sono necessarie importanti variazioni idrologiche e morfologiche, ma deve essere anche assicurata la continuità spaziale al sistema. In altre parole, si deve garantire la possibilità di flussi fisici e biologici nel corso d'acqua, sia in direzione trasversale sia in direzione longitudinale. A questo scopo si possono prevedere collegamenti acquei fra l'alveo principale e la parte più interna delle golene (canali secondari), come pure opportuni passaggi (scale a pesci) attraverso le strutture quali dighe e traverse che sbarrano il corso d'acqua. Va rimarcato a riguardo che è praticamente impossibile ricostituire la situazione pristina sull'intera rete fluviale, senza mettere a repentaglio la sicurezza o l'utilizzazione del fiume; d'altro canto interventi troppo limitati nello spazio non consentono lo sviluppo di un sistema ecologico complesso che sia stabile nello stesso tempo. Bisogna perciò concentrare gli sforzi su tratte del fiume opportunamente estese secondo i criteri del cosiddetto *nature building*[3].

Le ragioni ricreative o turistiche

A parte le motivazioni autenticamente e rigorosamente ecologiche, un certo tipo di rinaturalizzazione del corso d'acqua può essere richiesto da parte della popolazione anche per attività ludiche o sportive.

È chiaro però che queste attività oltre a presentarsi più o meno compatibili con altri obiettivi nell'uso delle risorse sono anche in competizione fra di loro. Nell'uso delle golene, ad esempio, le attività da svolgere all'asciutto (passeggiate, ciclismo, equitazione) appaiono più compatibili con lo sviluppo di un bosco planiziale rispetto ad un certo tipo di attività acquatiche (*birdwatching*, canoa, vela), le quali evidentemente convivono meglio con una golena soggetta a frequenti allagamenti. La soluzione va ovviamente trovata in accettabili compromessi di uso congiunto, per i quali l'idraulica può suggerire interessanti soluzioni.

Le ragioni funzionali o di sicurezza

Accade frequentemente di sentire che la rinaturalizzazione di un corso d'acqua sia necessaria per migliorarne la "funzionalità idraulica", ovvero per aumentare la "sicurezza" del territorio attraversato.

[3] M.E VAN BOETZELAR, J.K VRIJLING, *The come-back of nature in aquatic Netherlands*, in 1st Int. Symp. on Habitat Hydraulicus, Trondheim, Norway, 18-20 Aug. 1994.

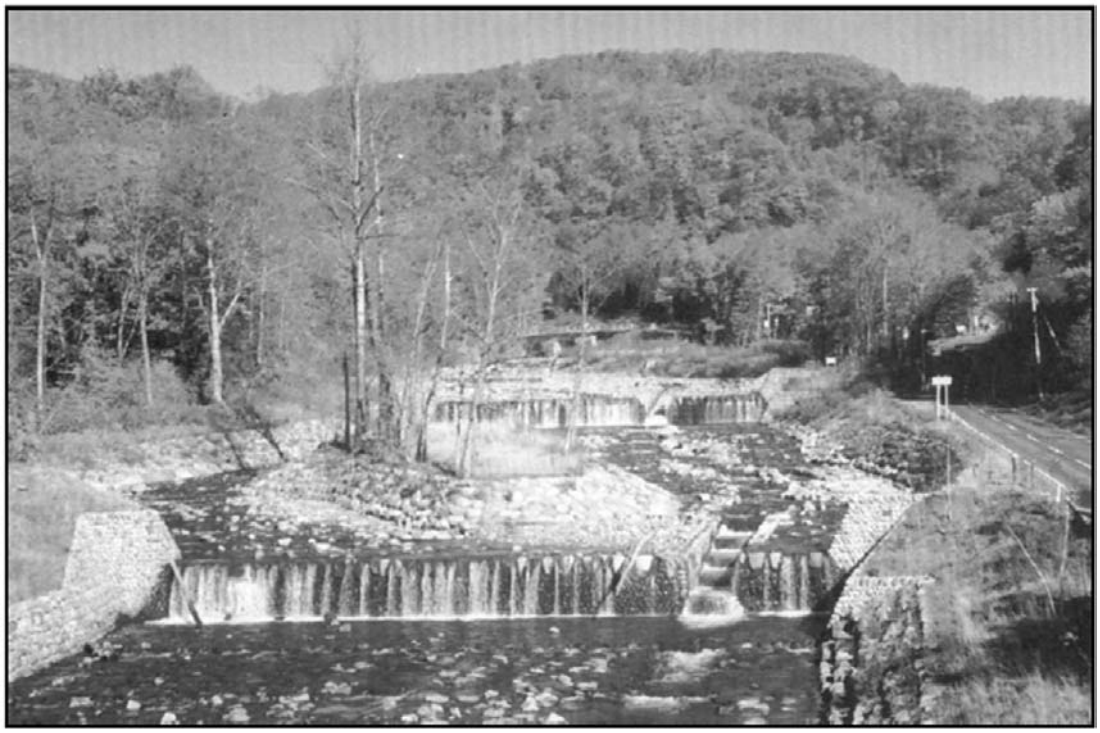

Figura 4. Sistemazione di un torrente giapponese con salti di fondo e protezione di sponda, l'inserimento di isole artificiali protette, scale a pesci e vie d'acqua differenziate.

Tali professioni di fede sono tutte sostanzialmente basate sul dogma che le condizioni naturali siano più "stabili", e quindi più "sicure", rispetto alle condizioni modificate dall'intervento dell'uomo. Tipici corollari che ne conseguono sono, ad esempio, che lo sviluppo della vegetazione fluviale non dev'essere ostacolato (in quanto le piante proteggono col loro apparato radicale le sponde dall'erosione), oppure che le golene vanno lasciate assolutamente libere (in quanto così attenuano più efficacemente i colmi di piena). Visioni teleologiche del mondo che assegnano obiettivi provvidenziali al libero gioco dei meccanismi della natura, come appunto il raggiungimento di configurazioni di equilibrio ottimale, sono molto antiche. In realtà l'equilibrio raggiunto in condizioni assolutamente naturali è solo talvolta stabile e quasi mai quello richiesto dalle necessità umane: basti pensare all'incessante divagare dei fiumi a meandri in condizioni naturali.

Al contrario, gli interventi antropici sono concepiti proprio per aumentare la stabilità dei sistema o quanto meno per far assumere al sistema una configurazione di equilibrio più accettabile di quella naturale. È vero che molti interventi antropici, stabilizzando la situazione in un certo tratto del corso d'acqua, rendono spesso più critica la situazione in un altro tratto. Come pure può accadere che un intervento di stabilizzazione sia efficace per eventi di piccola entità, ma dia luogo a situazioni ancora più pericolose per eventi molto gravi. Non è comunque sostenibile come regola generale che la natura lasciata a se stessa fornisca invariabilmente risultati migliori, dal punto di vista della stabilità e della sicurezza, di quanto non si ottenga con un opportuno controllo.

Per riprendere i due esempi precedentemente richiamati, è facile riconoscere che un eccesso di vegetazione incontrollata può essere pericoloso sotto vari aspetti (aumento della resistenza idraulica; trasporto a valle di tronchi e rami divelti; filtrazioni preferenziali attraverso il corpo arginale determinate dalle radici). Nello stesso modo, si può dimostrare che la massima efficacia delle superfici golenali al fine della riduzione del colmo di piena non si ottiene quando le golene sono lasciate libere, ma quando sono presidiate verso fiume da argini secondari che vengono tracimati (o intenzionalmente demoliti) per livelli di piena superiori ad un certo valore.

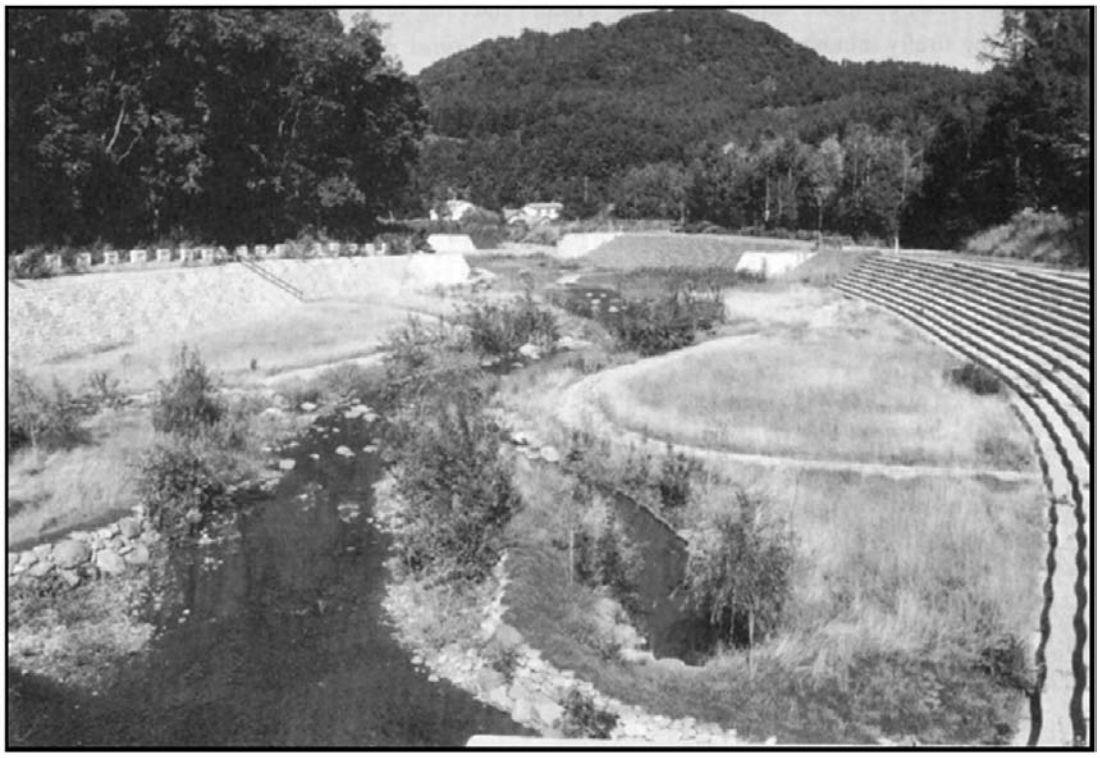

Figura 5. Sistemazione di un corso d'acqua giapponese a pendenza meno elevata. Al torrente è permesso di divagare all'interno di opere di protezione e di controllo, gradevoli all'aspetto ma ben resistenti.

Tale sistema viene utilmente applicato nelle ampie golene che si ritrovano lungo il corso medio del Po, ed è anzi da tempo riconosciuto come "Sistema Po" anche fuori del nostro Paese[4].

Del resto il problema di "decapitare" l'onda di piena lungo un importante corso d'acqua, utilizzando al meglio i volumi d'invaso disponibili, diventa ancor più complesso quando si mettano in conto gli sfasamenti (positivi o negativi) delle onde provenienti dagli affluenti, a loro volta legati alla distribuzione spazio-temporale dell'evento meteorologico.

Come si sa, infatti, le golene (libere o controllate che siano) agiscono non solo sulla riduzione del picco ma anche e soprattutto sulla sua celerità di propagazione[5]; non si vede come, quindi, la disposizione (necessariamente statica) delle golene naturali sia in grado di ottimizzare l'abbattimento del picco di piena per tutte le possibili combinazioni spazio-temporali delle piogge sul bacino idrografico.

Non si può escludere, è vero, che in assenza di perturbazioni antropiche la configurazione plano-altimetrica della rete idrografica e la distribuzione spaziale delle golene (parametri che controllano, in definitiva, i tempi di propagazione dell'onda) possano associarsi in modo tale da decapitare l'onda, diciamo, più "pericolosa" dal punto di vista meteorologico. Per quanto riguarda la rete idrografica, in effetti, sono stati individuati alcuni meccanismi morfologici che in ciascun istante del processo evolutivo danno luogo a configurazioni plano-altimetriche "ottimali", cioè corrispondenti a valori minimi per alcune grandezze di tipo energetico[6]. In linea di principio, quindi, questi meccanismi potrebbero ben coesistere con quelli che, lungo la stessa rete fluviale, definiscono tanto in senso trasversale che longitudinale la geometria "ottimale" delle golene, cioè quella che lamina le onde più pericolose.

[4] J. JENSEN ET AL., *Principles of River Engineering*, Pitman, 1979, pag. 399.

[5] GIAMPAOLO DI SILVIO, *Attenuazione delle onde di piena lungo corsi d'acqua provvisti di espansioni golenali*, Atti dell'Ist. Veneto di SS.LL.AA., 1969-70, Tomo CXXVII, Classe di scienze matematiche e naturali.

[6] A. RINALDO, *Recenti sviluppi della morfologia fluviale: approccio frattale*, *Nuovi sviluppi applicativi dell'Idraulica dei corsi d'acqua*, Bressanone 27-31 gennaio 1997.

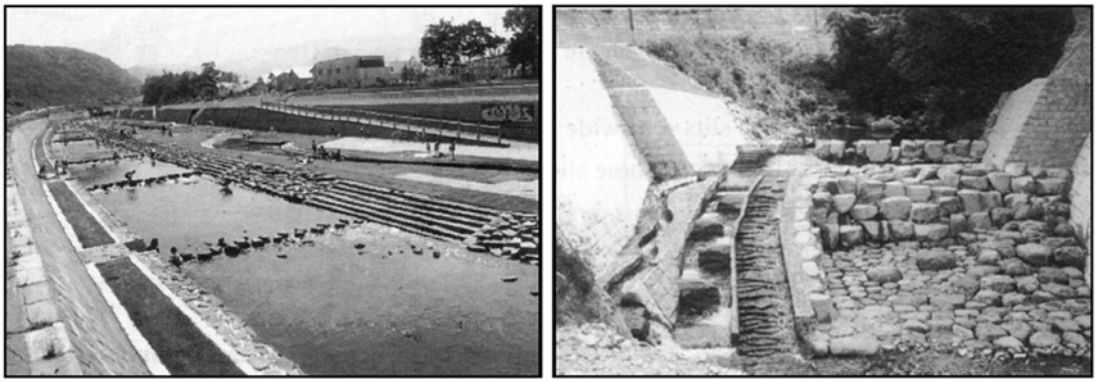

Figura 6. Sistemazione di corsi d'acqua giapponesi. Nell'esempio a sinistra la vegetazione è quasi totalmente assente, sebbene l'aspetto complessivo si presenti in certo modo "naturale". Nell'esempio a destra, il torrente in condizioni di magra presenta perfino una simulazione di corrente idrica "litoide".

Essendo però i meccanismi di modellazione della sezione trasversale dei corsi d'acqua ancora molto poco conosciuti è difficile andare al di là di pure speculazioni.
In ogni caso, pur ammettendo che in condizioni assolutamente naturali il fiume tenda ad assumere una configurazione tale da minimizzare i picchi di piena lungo tutto il suo corso, è molto probabile che tale configurazione non sarebbe oggigiorno accettabile per diversi motivi. Prima di tutto ad una riduzione dei livelli di piena ordinaria, dovrebbe corrispondere un'estensione molto più ampia delle golene rispetto alla situazione attuale; inoltre, gli argini maestri "naturali", destinati a contenere le piene maggiori, sarebbero molto più bassi di quelli attuali e soggetti perciò a tracimazione molto più frequente. In condizioni assolutamente naturali, quindi, la curva di durata delle zone allagate sarebbe troppo piatta, cioè interesserebbe superfici molto ampie per tempi molto lunghi, con risultati oggi assolutamente intollerabili. Nelle condizioni attuali, al contrario, risultato di una storia plurisecolare di interventi antropici consistenti nel restringere la zona golenale e nel rialzare gli argini maestri, la curva di durata delle superfici allagate si presenta molto ripida, con due marcate discontinuità in corrispondenza alla quota delle golene e alla quota degli argini maestri. In particolare, il sormonto degli argini maestri ha oggi una frequenza estremamente bassa, e c'è tutto l'interesse affinché tale frequenza diventi ancora più bassa. Ciò si ottiene appunto ritardando l'invasione delle golene per mezzo di argini secondari, cioè riservando tutto il volume disponibile per attenuare, con la loro tracimazione controllata, le onde di piena più pericolose nelle condizioni attuali.

CONCLUSIONI

All'emergente richiesta di rinaturalizzazione dei corsi d'acqua nel nostro Paese, ancora non molto forte ma destinata sicuramente ad aumentare, dovrebbe essere data da parte degli ingegneri idraulici una risposta equilibrata. Dare una risposta equilibrata significa rifuggire da chiusure preconcette nei confronti di interventi di questo tipo, ma nello stesso tempo significa respingere senza esitazioni proposte che possano determinare, anche nel lungo periodo, conseguenze tecnicamente inaccettabili soprattutto se riguardanti la sicurezza.
Va tenuto presente che in materia fluviale, pur in presenza di una crescente attenzione agli aspetti naturalistici, l'ultima parola spetterà comunque all'ingegnere.
La nostra corporazione possiede infatti, anche in questo campo, la giusta competenza professionale, e cioè la capacità di sintetizzare informazioni e conoscenze di vario tipo per pervenire a decisioni progettuali. Per far fronte al loro compito, però, è necessario che gli ingegneri siano pronti ad acquisire e a "metabolizzare" professionalmente nuovi atteggiamenti: e non mi riferisco tanto alla capacità di interloquire con esperti di altri settori

(la fin troppo celebrata interdisciplinarità), ma piuttosto alla necessità di rinunciare ad alcune comode schematizzazioni nell'ambito della stessa idraulica.
I problemi che abbiamo di fronte non possono essere più affrontati con le "regole dell'arte" che hanno guidato i nostri predecessori nella sistemazione della rete fluviale così come oggi la conosciamo. Tali regole, se ci si pensa, sono sostanzialmente basate sulla "semplificazione": semplificazione dei fenomeni ottenuta attraverso la semplificazione del sistema fisico. È questo il senso del termine tecnico *regolazione* che compare in varie forme in tutte le lingue europee quando si parla di corsi d'acqua. Un fiume regolato è un fiume che essendo stato sistemato geometricamente e stabilizzato morfologicamente si comporta in modo semplice, cioè in modo facilmente prevedibile.
Un fiume naturale o, ancor di più, da rinaturalizzarsi presenta invece un comportamento complesso, cioè difficile da prevedere.
A questo riguardo c'è da osservare che le capacità predittive a disposizione degli ingegneri sono oggigiorno molto superiori a quelle di un tempo. Ciò sia perché negli ultimi decenni c'è stato uno sviluppo di mezzi di calcolo e di tecniche computazionali che permette di risolvere numericamente problemi che una volta erano assolutamente fuori portata, sia perché sono accresciute le conoscenze su fondamentali processi idraulici e morfologici (meandri, alvei pluricursali, barre fisse e mobili, soglie naturali, eccetera) che hanno luogo nei corsi d'acqua. Tuttavia, sebbene la morfodinamica fluviale sia oggi meglio conosciuta, è bene riconoscere che la previsione quantitativa di numerosi fenomeni è ancora molto difficile.
In realtà quello che viene richiesto alla nostra professione non è tanto la capacità di anticipare, in tutti i suoi dettagli, il comportamento di un organismo naturale (o rinaturalizzato) estremamente complesso qual'è un corso d'acqua, ma piuttosto quella di stimare con sufficiente attendibilità i possibili campi di variazione di alcune grandezze fondamentali: livelli idrici in condizioni di piena; abbassamento o innalzamenti del fondo; erosioni o depositi di isole, barre, lanche, canali secondari, eccetera.
Molto spesso le stime richieste riguardano scale spaziali e temporali diverse, coinvolgono vari meccanismi e richiedono di volta in volta analisi particolari. È proprio questo il terreno dove l'ingegnere idraulico può mettere meglio a frutto le sue specifiche conoscenze di idrodinamica e di morfologia, sostenute dalle regole della prudente progettazione (ad ampi margini di incertezza devono far riscontro robusti coefficienti di sicurezza).
Certo può essere comprensibile la riluttanza di molti ingegneri ad abbandonare il concetto di *regolazione*: rinunciare, cioè, al comportamento affidabile di un fiume regolato per tornare all'inaffidabilità del fiume naturale. Dopotutto, trattare organismi inaffidabili è non solo più difficile, ma anche più costoso. Tuttavia, non si può negare il fascino, la bellezza e l'interesse emanato da una creatura vivente che si comporta come tale. Se in Italia, come spero, potremo economicamente permettercelo avremo anche noi fiumi rinaturalizzati. È bene dunque che la nostra corporazione si prepari per tempo ad assolvere questo nuovo compito, che potrà rappresentare la sfida alla nostra professione per i prossimi decenni.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

ABRAHAMS A.D., LI G. AND ATKINSON J.F., *Step-and-pool streams: Adjiustment to maximum flow resistance, Water Resources Research*, Vol. 31, n. 10, Oct. 1995, pagg. 2593-2602.
D'ALPAOS L., *Possibili soluzioni per la difesa dalle piene del fiume Brenta*, Consorzio di Bonifica Pedemontano Brenta, Atti del Convegno "Dopo l'alluvione per prevenire nuove alluvioni", Padova 7 luglio 1995.
DI SILVIO GIAMPAOLO, *Attenuazione delle onde di piena lungo corsi d'acqua provvisti di espansioni golenali*, Atti dell'Ist. Veneto di SS.LL.AA., 1969-70, Tomo CXXVII, Classe di scienze matematiche e naturali.

DI SILVIO GIAMPAOLO, R*elazione Generale su Trasporto solido e modellamento di fondo*, XXIV Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Napoli 20-22 settembre 1994.
Japan Society of Civil Engineers, Committee on Hydraulics, Journal of Hydroscience and Hydraulic Engineering, Special Issues 1993, No. SI-4, River Engineering.
JENSEN J. ET AL., *Principles of River Engineering*, Pitman, 1979, pag. 399.
Joslyn Art Museum, *Karl Bodmer's America*, Dai Nippon Printing Co. Ltd., 1984.
KLAASSEN G.J., MOSSELMAN E., MASSELINK G., BRÜHL H., HUISINK M., KOOMEN E. AND SEYMONSBERGEN A.C., *Planform changes in large braided sand-bed rivers*, December 1993, Publ. 480, Delft Hydraulics, Delft 1993.
RINALDO A., *Recenti sviluppi della morfologia fluviale: approccio frattale*, *Nuovi sviluppi applicativi dell'Idraulica dei corsi d'acqua*, Bressanone 27-31 gennaio 1997.
SEMINARA G., *Equilibrio morfodinamico, stabilità ed evoluzione di correnti a fondo mobile*, *Nuovi sviluppi applicativi dell'Idraulica dei corsi d'acqua*, Bressanone 27-31 gennaio 1997.
SEMINARA G., *River bars and non linear dynamics*, Int. Workshop on Fluvial Hydraulics of Mountain Regions, Trent, Italy, 3-6 Oct. 1989, also in *Lecture Notes in Earth Sciences*, n. 10, Spingler-Verlag 1991, pagg. 119-144.
TUBINO M., *Flume experiments on alternate bars in unsteady flow*, Int. Workshop on FLuvial Hydraulics of Mountain Regions, Trent, Italy, 3-6 Oct. 1989, also in *Lecture Notes in Earth Sciences*, n. 10, Spingler-Verlag 1991, pagg. 103-118.
VAN BOETZELAR M.E. AND VRIJLING J.K., *The come-back of nature in aquatic Netherlands*, in 1st Int. Symp. on Habitat Hydraulicus, Trondheim, Norway, 18-20 Aug. 1994.

RIFERIMENTI ICONOGRAFICI

Figure 1, 2, 3: Joslyn Art Museum, *Karl Bodmer's America*, Dai Nippon Printing Co. Ltd., 1984.
Figure 4, 5, 6: dalla relazione presentata dall'autore in occasione del Seminario "Nuovi sviluppi applicativi dell'idraulica dei corsi d'acqua", tenutosi il 27-31 gennaio 1997 a Bressanone (Bolzano).

Testo acquisito dalla redazione della rivista nel mese di novembre 2006.

© Copyright dell'autore. Ne è consentito l'uso purché sia correttamente citata la fonte.