

DINAMICA RECENTE ED ATTUALE DEGLI ALVEI FLUVIALI IN ITALIA: STATO DELL'ARTE E PROSPETTIVE

Nicola Surian¹ & Massimo Rinaldi²

¹Dipartimento di Geografia, Università di Padova, Via del Santo 26, 35123 Padova

²Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Università di Firenze, Via S. Marta 3, 50139 Firenze
e-mail: nicola.surian@unipd.it

RIASSUNTO: Surian & Rinaldi, *Dinamica recente ed attuale degli alvei fluviali in Italia: stato dell'arte e prospettive*. (IT ISSN 0394-3356, 2008).

Lo scopo del presente lavoro è quello di fare il punto sulle ricerche che riguardano le variazioni morfologiche degli alvei in Italia, evidenziando anche gli aspetti cruciali su cui le ricerche dovrebbero concentrarsi nell'immediato futuro. Il lavoro si basa su di un'analisi bibliografica di settanta pubblicazioni e sulle ricerche condotte nell'ambito di un progetto nazionale (PRIN 2005).

Considerando la distribuzione temporale delle pubblicazioni riguardanti le variazioni morfologiche degli alvei in Italia si può notare un aumento del numero di pubblicazioni nel corso del periodo in esame (1963 - 2007), ma comunque un numero relativamente basso di pubblicazioni per anno. Dal punto di vista metodologico si osserva un prevalente approccio qualitativo fino alla fine degli anni '90, quindi l'impiego di approcci più quantitativi, in particolare per la ricostruzione della variazione temporale di parametri come la larghezza dell'alveo o la quota del fondo.

La maggior parte dei fiumi italiani è stata interessata da simili variazioni per quanto riguarda la sequenza temporale, mentre l'intensità delle variazioni è dipesa da vari fattori, come, ad esempio, la morfologia originale dell'alveo. Inizialmente si è verificata una fase d'incisione e restringimento, iniziata verso la fine del XIX sec. e particolarmente intensa fra gli anni '50 e gli anni '80-'90 del XX sec. Quindi, negli ultimi 15-20 anni, processi di allargamento dell'alveo sono stati osservati nella maggior parte dei casi. Queste modificazioni morfologiche sono imputabili principalmente ad una serie di interventi antropici, quali il prelievo di sedimenti, la costruzione delle dighe, interventi di canalizzazione e variazioni di uso del suolo.

Un significativo miglioramento nella comprensione della dinamica degli alvei è derivato dalle ricerche più recenti, soprattutto attraverso la ricostruzione delle variazioni temporali della larghezza dell'alveo e più specifiche analisi sulle cause delle variazioni, ma vari aspetti richiedono ad oggi delle indagini più approfondite. Un punto cruciale è rappresentato dalle variazioni altimetriche, sia nel medio che nel breve termine. Per le variazioni nel medio termine, in mancanza di adeguati rilievi topografici, è determinante ricorrere a specifici rilievi geomorfologici dell'alveo, mentre per le variazioni più recenti è auspicabile l'impiego di tecniche quali GPS, LiDAR e fotogrammetria digitale. Infine si sottolinea l'importanza di trasferire le conoscenze acquisite con queste ricerche nella gestione e riqualificazione degli alvei.

ABSTRACT: Surian & Rinaldi, Present and recent dynamics of river channels in Italy: state of the art and perspectives. (IT ISSN 0394-3356, 2008).

During the last centuries, and particularly in the second half of the 20th century, many fluvial systems have been significantly affected by human interventions (e.g. dams, sediment mining and channelization). Such interventions have effects on flows, sediment regime and channel morphology, causing channel adjustments that are generally much larger than those that could be expected from natural channel evolution. For instance, most Italian rivers have experienced considerable channel adjustments in the last decades, e.g. channel incision up to 10 m or more and channel narrowing up to 85-90 %.

The aim of this work is to review the present state of knowledge on channel adjustments in Italian rivers and to analyse research needs and perspectives. The work is based on a review of published studies (seventy papers have been collected and analysed) and on the research carried out within a national project (PRIN 2005) over the last two years.

The first studies on channel adjustments in Italian rivers date back to the beginning of the 1960s. Considering the distribution of publications from such a period to the present (2007), an increase can be observed in the number of publications through time, however the number of publications remains quite low in each year (the highest value, 7 papers, was reached in 1994). Concerning the methodologies used in these studies, a qualitative approach was dominant up to the end of the 1990s, then a more quantitative approach. The latter has implied, for instance, the reconstruction of temporal trends for channel parameters such as channel width and bed elevation. Most Italian rivers have experienced almost the same processes as for temporal trends, though the magnitude of adjustments varies according to several factors (e.g. initial channel morphology). Initially, river channels underwent a long phase of narrowing and incision, which started in the late 19th century and was very intense after the 1950s. Then, during the last 15-20 years, channel widening has become the dominant process in several cases. Such channel changes have been induced mainly by a range of human interventions, specifically sediment mining, dam construction, channelization works and land use changes (e.g. reforestation).

A significant advance in the understanding of channel adjustments was obtained recently as for the reconstruction of evolutionary trends (in particular trends of channel width) and causes of channel adjustments, but several issues will require more efforts in the future. One crucial point will be, for instance, the analysis of past and present bed level adjustments. Reconstruction of past trends, in the absence or scarcity of topographic surveys, will need specific geomorphological field surveys, whereas the analysis of present trends should be supported by recent topographic technologies, such as GPS, LiDAR and digital photogrammetry. Last, but not least, there should be an increasing transfer and application of the results to river management. In fact, it is becoming more and more established among fluvial scientists and practitioners that knowledge of channel evolution in the medium-short term is a key ingredient for the sustainable management of fluvial systems.

Parole chiave: Alvei fluviali, variazioni morfologiche degli alvei, impatto antropico.

Keywords: Alluvial channels, channel adjustments, human impact.

1. INTRODUZIONE

Nel corso degli ultimi secoli, ed in particolar modo negli ultimi 50-60 anni, la morfologia e la dinamica della maggior parte dei fiumi italiani hanno subito delle profonde modificazioni, soprattutto a causa di vari interventi antropici (ad esempio costruzione di dighe, prelievo di sedimenti dagli alvei, interventi di canalizzazione, variazioni di uso del suolo). Tali interventi hanno infatti modificato il regime dei deflussi e delle portate solide, oltre ad altri aspetti, come la mobilità laterale, fondamentali nella dinamica di un alveo fluviale. L'entità delle variazioni subite dagli alvei è stata considerevole, in quanto in molti casi ha comportato una vera e propria trasformazione morfologica, ossia una modificazione della configurazione planimetrica (ad esempio da un alveo a canali intrecciati ad un alveo di tipo "wandering" o, addirittura, a canale singolo). I processi più diffusi sono stati il restringimento e l'incisione dell'alveo. La larghezza dell'alveo ha subito generalmente una riduzione superiore al 50 %, fino a valori dell' 85-90 %, mentre l'abbassamento del fondo è stato dell'ordine di alcuni metri ma, localmente, anche di 10-12 m (SURIAN & RINALDI, 2003; SURIAN *et al.*, 2008a). Generalmente queste modificazioni si sono realizzate nel corso di pochi decenni. Simili variazioni morfologiche dell'alveo si sono verificate anche in corsi d'acqua di altri paesi europei ed extra-europei, ma raramente l'intensità dei processi è stata così elevata come nei corsi d'acqua italiani (WILLIAMS, 1978; WILLIAMS & WOLMAN, 1984; SIMON, 1989; XU JIONGXIN, 1997; SEAR & ARCHER, 1998; WINTERBOTTOM, 2000; LIEBAULT & PIEGAY, 2001; LU *et al.*, 2007). Infatti se non sono rari fenomeni di restringimento come quelli osservati nei fiumi italiani, sono poco frequenti fenomeni di incisione dell'ordine di 10-12 m.

Le ricerche condotte in ambito nazionale ed internazionale sulle variazioni morfologiche degli alvei hanno lo scopo di quantificare queste variazioni, ma soprattutto di comprenderne i processi e le cause. Alcuni aspetti cruciali in queste ricerche sono: a) la ricostruzione temporale delle modificazioni, che implica non solo una valutazione quantitativa della modificazione morfologica, ma anche una valutazione dell'evoluzione temporale del processo; b) l'individuazione delle cause, ossia una dettagliata analisi delle possibili cause, naturali ed antropiche, e dei loro effetti sulle portate liquide, sulla portata solida e sulla morfologia dell'alveo; c) l'analisi delle relazioni spatio-temporali fra cause e variazioni morfologiche. Un ulteriore obiettivo della ricerca deve essere quello di fare delle previsioni sull'evoluzione futura di un alveo fluviale instabile. Tali previsioni, che si basano sulla conoscenza della dinamica fluviale nel breve e medio periodo, sono infatti fondamentali per la gestione e riqualificazione di un corso d'acqua (DOWNS & GREGORY, 2004; RINALDI, 2006; HABERSACK & PIEGAY, 2008).

Lo scopo del presente lavoro è quello di fare il punto sulle ricerche che riguardano le variazioni morfologiche degli alvei in Italia, evidenziando anche

gli aspetti cruciali su cui le ricerche dovrebbero concentrarsi nell'immediato futuro. Le considerazioni esposte di seguito si basano sull'analisi bibliografica di settanta pubblicazioni e sulle ricerche condotte nell'ambito di un progetto nazionale (PRIN 2005 "Dinamica recente ed attuale di alvei fluviali in Italia centro-settentrionale: tendenze evolutive, cause ed implicazioni applicative") conclusosi recentemente (gennaio 2008). Il lavoro prende spunto da una precedente sintesi sull'argomento (SURIAN & RINALDI, 2003), alla quale si rimanda per alcuni approfondimenti, e vuole pertanto mettere in evidenza anche i progressi di questi ultimi anni.

2. STATO DELL'ARTE: LA RICERCA IN ITALIA SULLE VARIAZIONI MORFOLOGICHE DEGLI ALVEI

Le seguenti considerazioni derivano dall'analisi dei lavori esistenti sull'argomento. Sono state reperite e consultate 70 pubblicazioni che comprendono un intervallo di oltre 40 anni (1963-2007). L'elenco completo delle pubblicazioni consultate è riportato in bibliografia. La distribuzione temporale di queste pubblicazioni mostra come, a partire dagli '60 del secolo scorso (si veda ad esempio ROVERI, 1965; PELLEGRINI & ROSSI, 1967) fino ad oggi, ci sia stato un crescente numero di ricerche (Fig. 1). Negli anni '60 e '70 le pubblicazioni sono state molto limitate, rispettivamente 4 e 5, quindi 11 negli anni '80, 33 negli anni '90 e 17 nel periodo 2000-2007. Nonostante l'incremento di pubblicazioni registrato negli ultimi 15-20 anni, il numero complessivo di pubblicazioni nell'intero periodo indica che si tratta di un tema di ricerca che ha suscitato un certo interesse, senza però raggiungere un vera e propria affermazione e collocazione in ambito nazionale.

L'analisi bibliografica consente anche alcune considerazioni sui gruppi di ricerca (o i singoli ricercatori) coinvolti e sulla tipologia dei progetti nei quali si inseriscono le indagini sulle variazioni morfologiche degli alvei. Alcune sedi universitarie (Camerino, Firenze, Modena, Padova, Parma, Pavia, Perugia) ed il CNR-

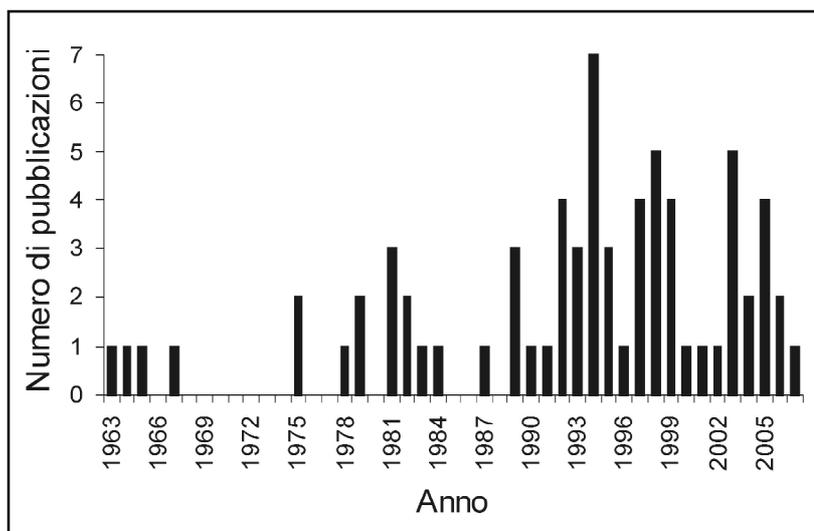


Fig.1 - Distribuzione temporale delle pubblicazioni riguardanti le variazioni morfologiche degli alvei in Italia.

Temporal distribution of the publications regarding channel adjustments in Italian rivers.

IRPI di Torino risultano aver affrontato queste ricerche con una certa continuità temporale. Per quanto riguarda la tipologia di progetti, la maggior parte delle pubblicazioni sono il risultato di singole iniziative ad eccezione delle ricerche che confluivano nel Progetto Finalizzato "Conservazione del Suolo" (Sottoprogetto "Dinamica Fluviale") (PELLEGRINI *et al.*, 1979b; CASTIGLIONI & PELLEGRINI, 1981a; 1981b), finanziato dal CNR, e di quelle connesse al progetto nazionale sopra citato (PRIN 2005), del quale cominciano ora ad essere pubblicati i primi risultati (SURIAN & CISOTTO, 2007; PELLEGRINI *et al.*, 2008; RINALDI *et al.*, 2008; SURIAN *et al.*, 2008a; 2008b).

Da un punto di vista metodologico le ricerche si sono basate fondamentalmente su osservazioni in campo, analisi di cartografia storica, di fotografie aeree e di rilievi topografici. Il cambiamento più significativo, percepibile solo nei lavori più recenti (ad esempio RINALDI *et al.*, 2005), è stato probabilmente l'impiego dei GIS che consentono un'analisi della cartografia storica e delle fotografie aeree molto più accurata e certamente più aggiornabile nel tempo. Come già evidenziato in un precedente lavoro di sintesi (SURIAN & RINALDI, 2003), complessivamente le ricerche sono state poco quantitative, mancando ad esempio, nella maggior parte dei casi, ricostruzioni temporali delle variazioni morfologiche. Ciò che emerse nel lavoro appena citato era la quasi totale assenza di ricostruzioni della variazione temporale di parametri come la larghezza dell'alveo o la quota del fondo e, pertanto, la definizione di precise relazioni fra le variazioni morfologiche e le relative cause.

Alcuni recenti lavori di sintesi, nei quali sono stati analizzati i dati relativi a più corsi d'acqua, hanno messo in evidenza la presenza di modificazioni morfologiche e processi molto simili nei fiumi italiani (RINALDI, 2003; SURIAN & RINALDI, 2003; 2004; SURIAN, 2006). Le variazioni che accomunano gli alvei fluviali sono un restringimento (in alcuni casi anche dell' 85-90 %) ed un abbassamento del fondo (in alcuni casi oltre i 10 m) molto marcati. Tali processi si sono manifestati in alcuni corsi d'acqua a partire dal XIX secolo, ma sono stati molto intensi per un periodo relativamente breve, ossia tra gli anni '50 e gli anni '80-'90 del secolo scorso. Le cause di variazioni così intense nella morfologia degli alvei sono state individuate nel prelievo di sedimenti dagli alvei, generalmente il fattore più rilevante, nella costruzione di dighe, in vari interventi di canalizzazione, in variazioni di uso del suolo a scala di bacino (in particolare l'aumento della copertura boschiva) e nelle sistemazioni idraulico-forestali.

Mentre la fase principale di aggiustamento, che ha comportato il restringimento e l'incisione degli alvei, è stata documentata in tutti i lavori, la successiva fase, cominciata generalmente alla fine degli anni '80 o nei primi anni '90, è stata individuata ed analizzata solo nelle ultime ricerche (SURIAN & RINALDI, 2004; RINALDI *et al.*, 2005; SURIAN, 2006; RINALDI & SIMONCINI, 2006; SURIAN & CISOTTO, 2007). Questa fase più recente (ultimi 15-20 anni) è stata caratterizzata in molti corsi d'acqua da un riallargamento dell'alveo e da stabilità del fondo o da aggradazione. Tali processi non hanno comunque "compensato" le variazioni indotte dalla fase precedente.

3. RICERCHE RECENTI E PROSPETTIVE FUTURE

Come accennato in precedenza, si è ultimamente concluso un progetto nazionale incentrato sulle variazioni morfologiche degli alvei in Italia (PRIN 2005 "Dinamica recente ed attuale di alvei fluviali in Italia centro-settentrionale: tendenze evolutive, cause ed implicazioni applicative"). Il progetto, che ha coinvolto tre sedi universitarie (Firenze, Padova e Pavia) ed il CNR-IRPI di Torino, si poneva i seguenti obiettivi:

1. Revisione delle metodologie comunemente impiegate per l'analisi delle variazioni morfologiche degli alvei fluviali. Alla luce degli studi realizzati sui fiumi italiani, è infatti auspicabile definire quali parametri morfologici utilizzare e come questi debbano essere misurati, in modo tale da rendere omogenei i dati provenienti da differenti casi di studio.
2. In riferimento al punto precedente, messa a punto di una metodologia di rilevamento sul terreno che consenta, soprattutto in assenza di dati altimetrici, di valutare le tendenze evolutive nel breve e medio termine.
3. Disponibilità di un maggior numero di casi di studio ben documentati rispetto a quelli esistenti (SURIAN & RINALDI, 2003; 2004), ossia di casi di studio per i quali si disponga delle variazioni temporali di alcuni parametri morfologici dell'alveo, quali quota del fondo, larghezza, ecc.
4. Monitoraggio e analisi della dinamica recente (ultimi 15-20 anni) ed in atto negli alvei fluviali.
5. Affinamento e sviluppo degli schemi/modelli evolutivi recentemente proposti da SURIAN & RINALDI (2003; 2004), al fine di definire un modello concettuale in grado di descrivere le tendenze evolutive dei fiumi italiani.
6. Individuazione delle cause, antropiche o naturali, che hanno determinato le variazioni morfologiche degli alvei e dei rapporti temporali di causa-effetto.
7. Previsione, seppure qualitativa, dell'evoluzione futura degli alvei fluviali; ciò sulla base sia delle tendenze evolutive passate ed in atto, sia di differenti scenari di gestione delle risorse (in particolare dei sedimenti e di uso del suolo) e di cambiamenti climatici.
8. Valutazione delle ricadute applicative della dinamica fluviale recente ed in atto; in particolare i riflessi sulla gestione dei corsi d'acqua (manutenzione degli alvei) e sui possibili interventi di riqualificazione fluviale.

Sulla base dei lavori finora pubblicati o in corso di pubblicazione (RINALDI & SIMONCINI, 2006; SURIAN & CISOTTO, 2007; PELLEGRINI *et al.*, 2008; RINALDI *et al.*, 2008; RINALDI, 2008; SURIAN *et al.*, 2008a; 2008b) si ritiene che per alcuni degli aspetti appena elencati c'è stato un sostanziale avanzamento nelle conoscenze, mentre per altri il contributo del progetto è stato più limitato. Riguardo agli aspetti metodologici sono stati fatti progressi su vari fronti (analisi storica da cartografia, foto aeree e immagini satellitari, analisi dei rilievi topografici, rilevamento geomorfologico in campo). Ad esempio si è posta molta attenzione nella valutazione degli errori associati alla stima dei vari parametri (ad esempio larghezza dell'alveo, grado d'intrecciamento, quota del fondo), e si è giunti alla definizione di procedure che debbono essere non solo accurate ma anche riproducibili. Novità importanti sono state introdotte anche per il rilevamento geomorfologico in campo, in quanto sono

state definite una serie di misure ed osservazioni finalizzate alla definizione delle tendenze evolutive di un alveo. Questi aspetti relativi al rilevamento geomorfologico e all'utilizzo di apposite schede, sono illustrati in un articolo contenuto in questo volume (RINALDI, 2008). Da parte dei ricercatori coinvolti nel progetto PRIN 2005 è prevista comunque una pubblicazione complessiva che riassume tutti questi aspetti metodologici, in modo tale da fornire delle "linee guida" per lo studio delle variazioni morfologiche degli alvei.

Il numero di casi di studio affrontati nel progetto amplia in modo significativo le conoscenze pregresse sulla dinamica recente ed attuale degli alvei (si veda in proposito PELLEGRINI *et al.*, 2008; RINALDI *et al.* 2008; SURIAN *et al.* 2008a; 2008b). Per alcune caratteristiche degli alvei, in particolar modo per la larghezza, si dispone infatti di accurate ricostruzioni temporali, mentre rimangono più problematiche le ricostruzioni delle variazioni altimetriche per vari corsi d'acqua. Ad esempio per quanto riguarda le variazioni di larghezza, non solo è ben documentata la fase principale di restringimento generalmente verificatasi tra gli anni '50 e gli anni '80-'90 del XX sec., ma anche le variazioni avvenute nel XIX sec., nella prima metà del XX sec., e quelle più recenti. Per gli ultimi 15-20 anni, come già anticipato, si è riscontrata in vari casi una tendenza all'allargamento dell'alveo, anche se non mancano tratti fluviali che continuano in un processo di restringimento (SURIAN *et al.*, 2008a). Anche sui fattori che hanno indotto l'instabilità degli alvei il grado delle conoscenze è progredito in modo significativo, sia attraverso l'acquisizione di maggiori informazioni sugli interventi antropici in alveo e a scala di bacino, che attraverso analisi delle serie idrologiche (precipitazioni e portate). Le conoscenze acquisite nel corso del progetto permetteranno quindi di affinare i modelli evolutivi attualmente esistenti (SURIAN & RINALDI, 2003; 2004).

Sulla base del contesto nazionale ed internazionale della ricerca (a questo ultimo si è fatto cenno nel capitolo introduttivo, ma si veda anche JAMES & MARCUS, 2006; BRASINGTON & RICHARDS, 2007; HABER-SACK *et al.*, 2008) gli aspetti sui quali dovrebbe mirare la ricerca nei prossimi anni sono, a nostro avviso, quelli qui di seguito elencati.

1. Tendenze evolutive in atto. Considerando che la fase principale di aggiustamento, ossia l'intenso restringimento ed incisione verificatisi generalmente fino agli anni '80-'90 del XX sec., è ormai generalmente esaurita, ed anche abbastanza bene documentata, è importante concentrare l'attenzione sull'ultima fase di aggiustamento in atto da alcuni anni. Le variazioni più recenti, molto probabilmente indotte da una forte riduzione dell'attività di prelievo di sedimenti in alveo, sono state analoghe in vari casi (allargamento e sedimentazione) ma è plausibile aspettarsi dinamiche d'alveo differenti in relazione anche ad altre condizioni esistenti a scala di bacino e lungo i corsi d'acqua stessi (ad esempio la presenza o meno di dighe), nonché alla sequenza ed intensità degli eventi di piena.
2. L'impiego del telerilevamento e di tecniche quali LiDAR e GPS. Per la ricostruzione delle tendenze evolutive più recenti e per il monitoraggio della dinamica in atto gli strumenti più idonei appaiono le fotografie aeree a grande scala, tecniche topografiche quali LiDAR, GPS e fotogrammetria, oltre al rilevamento geomorfologico in campo (per quest'ultimo aspetto si rimanda al punto successivo). Mentre l'impiego delle fotografie aeree è consolidato e consente un'accurata quantificazione delle caratteristiche planimetriche dell'alveo, LiDAR, GPS e fotogrammetria sono state impiegate nello studio della dinamica fluviale solo recentemente (LANE *et al.*, 2003; HICKS *et al.*, 2008; LOLLINO *et al.*, 2008; RUMSBY, *et al.*, 2008), ma hanno notevoli potenzialità. La possibilità di acquisire modelli digitali del terreno (DEM), non trascurando i problemi associati alla presenza di aree emerse e sommerse, rappresenta senz'altro un grande salto di qualità nella valutazione dei processi di erosione/sedimentazione in alveo, ma anche per la costruzione di bilanci di sedimenti (FULLER *et al.*, 2003; BRASINGTON *et al.*, 2003) e quindi per una migliore comprensione dei processi in atto.
3. Il rilevamento geomorfologico dell'alveo. Il rilevamento sul terreno, con l'impiego di schede specifiche (RINALDI, 2008), è un aspetto cruciale soprattutto per la valutazione delle variazioni altimetriche. Il metodo è essenziale per la ricostruzione delle variazioni passate, infatti raramente si dispone di una documentazione completa di rilievi topografici, ma anche per la valutazione delle tendenze attuali. Riguardo quest'ultimo aspetto, il rilevamento geomorfologico può affiancarsi ai rilievi topografici (ad esempio GPS e LiDAR) oppure sostituirsi completamente a questi quando non sussistano le condizioni per poterli realizzare.
4. I modelli e la previsione dell'evoluzione futura degli alvei. Le conoscenze acquisite sull'evoluzione passata ed in atto degli alvei fluviali e sulle relative cause consentiranno di mettere a punto dei modelli che dovranno essere impiegati per prevedere l'evoluzione futura degli alvei. Un primo passo sarà la messa a punto di modelli concettuali di evoluzione degli alvei, in grado di descrivere, seppure in termini di tendenza e quindi non quantitativi, la dinamica degli alvei italiani. Tali modelli andrebbero quindi supportati da una quantificazione delle principali variabili che possono avere influenza sulla dinamica fluviale (ad esempio pendenza del fondo, dimensioni granulometriche, ecc.), in modo da individuare risposte morfologiche diverse al variare di tali parametri. Oltre ai modelli concettuali, sarà importante l'utilizzo di modelli matematici, almeno per casi rappresentativi, per consentire una migliore comprensione dei rapporti tra cause ed effetti e per simulare possibili scenari di evoluzione. Ad esempio i modelli cellulari, recentemente piuttosto diffusi nell'ambito della geomorfologia fluviale (NICHOLAS *et al.*, 2006; COULTHARD *et al.*, 2007) potrebbero essere adatti a morfologie fluviali complesse (*braided* o transizionali) come quelle presenti in molti corsi d'acqua italiani. In ogni caso le previsioni dovranno tener conto di possibili scenari di impatto antropico e di condizioni climatiche.
5. Applicazione delle conoscenze alla gestione e riqualificazione dei corsi d'acqua. Nell'ottica di una gestione sostenibile dei corsi d'acqua e tenendo come riferimento i contenuti della Direttiva Quadro 2000/60, è evidente l'importanza di trasferire le conoscenze acquisite con queste ricerche nella

gestione e riqualificazione degli alvei. Da una parte è importante che la gestione/riqualificazione si basi sulle tendenze evolutive dei corsi d'acqua (si veda ad esempio DOWNS & GREGORY, 2004), dall'altra è essenziale che la gestione dei sedimenti assuma un ruolo più rilevante nei corsi d'acqua italiani considerando che l'alterazione nel regime del trasporto solido è stata una causa fondamentale delle modificazioni recenti ed in atto negli alvei fluviali. Una gestione efficace e sostenibile dei sedimenti può realizzarsi anche attraverso l'adozione di nuovi approcci, come la definizione di una fascia di mobilità fluviale (PIEGAY *et al.*, 2005; RINALDI, 2006; HABERSACK & PIEGAY, 2008).

4. CONCLUSIONI

La presente analisi della ricerca sulla dinamica recente ed attuale degli alvei fluviali in Italia suggerisce le seguenti considerazioni conclusive.

1. La dinamica recente ed attuale degli alvei ha destato l'interesse di un certo numero di ricercatori sin a partire dagli anni '60 del secolo scorso, in relazione al fatto che gli alvei italiani hanno subito delle notevoli modificazioni morfologiche con rilevanti implicazioni da un punto di vista applicativo.
2. Nel corso degli anni si è giunti ad una buona conoscenza delle variazioni morfologiche che hanno interessato gli alvei italiani e delle relative cause, anche grazie ad approcci sempre più quantitativi.
3. I recenti sviluppi della ricerca suggeriscono che in futuro si dovrebbe puntare sull'impiego di tecniche quali GPS, LiDAR, e fotogrammetria digitale per il monitoraggio, sulla modellazione (da quella concettuale a quella numerica), ma anche sul rilevamento geomorfologico dell'alveo che, per quanto problematico, e talvolta non risolutivo, deve comunque mantenere un ruolo di riferimento. Infine la ricerca dovrà trovare sempre maggiore applicazione nell'ambito della gestione e della riqualificazione dei corsi d'acqua.

RINGRAZIAMENTI

Ricerca realizzata nell'ambito del progetto PRIN 2005 "Dinamica recente ed attuale di alvei fluviali in Italia centro-settentrionale: tendenze evolutive, cause ed implicazioni applicative" (coordinatore nazionale: N. Surian). Si ringraziano Luisa Pellegrini e Ornella Turitto per i loro commenti e suggerimenti che hanno permesso di migliorare la stesura definitiva di questo articolo.

BIBLIOGRAFIA

ADAMOLI L. & BERTINI T. (1993) - *Evoluzione geomorfologica recente e processi erosivi in atto nell'alveo del F. Vomano* - Proceedings of the 4° Geological Day, L'impatto degli interventi antropici sulla dinamica fluviale e possibilità di recupero ambientale, Ordine Regionale dei Geologi dell'Abruzzo, SIGEA.

AGNELLI A., BILLI P., CANUTI P. & RINALDI M. (1998) -

Dinamica evolutiva recente dell'alveo del Fiume Arno - Monografia CNR-GNDICI, Pubblicazione n° 1739, Pacini Editore, Pisa, 191 pp.

AQUATER (1982) - *Regione Abruzzo. Studio generale per la difesa della costa: prima fase* - Rapporto interno, S. Lorenzo in Campo.

ARINGOLI D., BISCI C., FARABOLLINI P., FAZZINI M., GENTILI B., MATERAZZI M. & PAMBIANCHI G. (2003) - *Recent observations on erosional processes in the Potenza and Chienti River alluvial plains (Central Marche, Italy)* - In: CASTALDINI D., GENTILI B., MATERAZZI M. & PAMBIANCHI G. (Eds.), *Geomorphological sensitivity and system response, VIII Italian - Romanian Workshop on Geomorphology, Camerino- Modena, 4-9 July 2003*, pp. 21-34.

AUCELLI P.P.C. & ROSSKOPF C. (2000) - *Last century valley floor modifications of the Trigno River (Southern Italy): a preliminary report* - *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, **23**, pp. 105-115.

BECCHI I. & PARIS E. (1989) - *Il corso dell'Arno e la sua evoluzione storica*. Acqua Aria, **6**, pp. 645-652.

BEZOARI G., BRAGA G., GERVASONI S., LARCAN E. & PAOLETTI A. (1984) - *Effetto dell'estrazione di inerti sull'evoluzione dell'alveo del fiume Trebbia - 2° Convegno di Idraulica Padana, Parma, 15-16 giugno 1984*, pp. 165-182.

BIGGIERO V., FIORENTINO M. & PIANESE D. (1994) - *Evoluzione d'alveo del Fiume Volturno - XXIV Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche*, vol. II, T4-233 - T4-246.

BIGGIERO V., CARGNELUTTI M., FIORENTINO M. & OLESEN K.W. (1996) - *Indagini sperimentali sull'evoluzione dell'alveo del Volturno* - Proceedings of the XXV Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, vol. II, pp. 158-169.

BILLI P., CHIAVERINI I. & OSTUNI D. (1994) - *Studi preliminari su degradazione fisica e stabilità dell'alveo del F. Cecina* - *Il Quaternario*, **7**(1), pp. 311-316.

BILLI P. & RINALDI M. (1997) - *Human impact on sediment yield and channel dynamics in the Arno River basin (central Italy)* - In: WALLING D.E. & PROBST J.L. (Eds.), *Human impact on erosion and sedimentation*, Proceedings of Rabat Symposium, IAHS Publications No. 245, pp. 301-311.

BISCI C., DRAMIS F. & GENTILI B. (1992) - *Recent and present geomorphological evolution of river beds and mouths in central-southern Marche (Italy)* - *Geoko Plus*, **3**, pp. 83-96.

BONDESAN M., with a contribution by CASTALDINI D. (2001) - *Hydrography*. In: CASTIGLIONI G.B. & PELLEGRINI G.B. (Eds.), *Illustrative notes of the Geomorphological Map of Po Plain (Italy)*, Suppl. Geogr. Fis. Dinam. Quat., IV, pp. 33-44.

BRAGA G. & GERVASONI S. (1989) - *Evolution of the Po River: an example of the application of historic maps* - In: PETTS G.E., MOLLER H. & ROUX A.L. (Eds.), *Historical change of large alluvial rivers: Western Europe*, Wiley, pp. 113-126.

BRASINGTON J. & RICHARDS K. (2007) - *Reduced-complexity, physically-based geomorphological modelling for catchment and river management* - *Geomorphology*, **90**, pp. 171-177.

BRASINGTON J., LANGHAM J. & RUMSBY B. (2003) - *Methodological sensitivity of morphometric estimates of coarse fluvial sediment transport* -

- Geomorphology, **53**, pp. 299-316.
- BRUNELLI M. & FARABOLLINI P. (2005) - *Fenomeni di erosione e dinamica fluviale in alcuni fiumi delle Marche centro-meridionali* - In: BRUNELLI M. & FARABOLLINI P. (a cura di), *Dinamica fluviale*, Ordine dei Geologi delle Marche, Tipolitografia C. Bellabarba, pp. 31-63.
- CANUTI P., CENCETTI C., CONVERSINI P., RINALDI M. & TACCONI P. (1992) - *Dinamica fluviale recente di alcuni tratti dei fiumi Arno e Tevere* - Proceedings of the Conference "Fenomeni di erosione e alluvionamenti degli alvei fluviali", Univ. of Ancona, 14-15 October 1991, pp. 21-35.
- CANUTI P., CENCETTI C., RINALDI M. & TACCONI P. (1994) - *The fluvial dynamics of the Arno River. 2. Historical evolution of the Arno River bed* - Mem. Soc. Geol. It., **48**, pp. 851-864.
- CAPELLI G., MAZZA R., RAFFI R., AGOSTINI S. & DI BENEDETTO A. (1998) - *Rischio di piena e dinamica fluviale nella piana di Castel di Sangro (Appennino centrale - Abruzzo)* - Mem. Soc. Geol. It., **53**, pp. 585-607.
- CAPELLI G., MICCADEI E. & RAFFI R. (1997) - *Fluvial dynamics in the Castel di Sangro plain: morphological changes and human impact from 1875 to 1992* - Catena, **30**, pp. 295-309.
- CASTALDINI D. & PIACENTE S. (1995) - *Channel changes on the Po River, Mantova Province, Northern Italy* - In: HICKIN E.J. (Ed.), *River Geomorphology*, Wiley, pp. 193-207.
- CASTALDINI D., PIACENTE S. & MALMUSI S. (1999) - *Evoluzione del F. Secchia in pianura nel XIX e nel XX secolo (Province di Reggio Emilia, Modena e Mantova, Italia settentrionale)* - In: OROMBELLI G. (Ed.), *Studi geografici e geologici in onore di Severino Belloni, Glauco Brigati*, Genova, pp. 169-187.
- CASTIGLIONI G.B. & PELLEGRINI G.B. (1981a) - *Two maps on the dynamics of a river bed* - Erosion and sediment transport measurement, Proceedings of the IAHS Symposium, Florence, 22-26 June 1981, pp. 223-228.
- CASTIGLIONI G.B. & PELLEGRINI G.B. (1981b) - *Geomorfologia dell'alveo del Brenta nella pianura tra Bassano e Padova* - In: ZUNICA M. (Ed.), *Il territorio della Brenta*, Amm. Prov. di Padova - Università di Padova, pp. 12-32.
- CENCETTI C., CONVERSINI P., MARTANI C. & NEJAD MASSOUM M. (1992) - *Considerazioni sulla dinamica fluviale del F. Tevere nel tratto Tosco-Umbro compreso tra l'invaso di Montedoglio e S. Lucia* - Proceedings I Convegno Nazionale dei Giovani Ricercatori in Geologia Applicata, pp. 527-536.
- CENCETTI C., DURANTI A., FREDDUZZI A. & MARCHESINI I. (2004) - *Narrowing and bed incision of a cobble bed river in Central Italy* - Geophysical Research Abstracts, vol. 6.
- COCCO E., DE MAGISTRIS M.A. & DE PIPPO T. (1978) - *Studi sulle cause dell'arretramento della costa lucano-ionica: 1-L'estrazione degli inerti lungo le aste fluviali* - Mem. Soc. Geol. It., **19**, pp. 421-428.
- COLTORTI M., NANNI T. & VIVALDA P. (1991) - *La bassa valle del Fiume Musone (Marche): geomorfologia e fattori antropici nell'evoluzione della pianura alluvionale* - Geogr. Fis. e Dinam. Quat., **14**, pp. 101-111.
- CONTI A., DI EUSEBIO L., DRAMIS F. & GENTILI B. (1983) - *Evoluzione geomorfologica recente e processi in atto nell'alveo del Tenna (Marche Meridionali)* - Proceedings XXIII Congr. Geogr. It., Catania, vol. II, III, pp. 53-66.
- COULTHARD T.J., HICKS D.M. & VAN DE WIEL M.J. (2007) - *Cellular modelling of river catchments and reaches: Advantages, limitations and prospects* - Geomorphology, **90**, pp. 192-207.
- CREMONINI S. (2003) - *Alcune considerazioni sul profilo longitudinale del Fiume Reno (Italia)* - Ann. di Ric. e Studi di Geogr., LIX, pp. 1-29.
- DOWNES P.W. & GREGORY K.J. (2004) - *River channel management. Towards sustainable catchment hydrosystems* - Arnold, London, 395 pp.
- DUTTO F. & MARAGA F. (1994) - *Variazioni idrografiche e condizionamento antropico. Esempi in pianura padana* - Il Quaternario, **7**, pp. 381-390.
- FARAVELLI D. & MEISINA C. (1997) - *Incidenza dei fattori antropici sull'evoluzione naturale dell'alveo del T. Tidone (Appennino pavese-piacentino)* - Atti Tic. Sc. Terra, **39**, pp. 313-327.
- FULLER I.C., LARGE A.R.G., CHARLTON M.E., HERITAGE G.L. & MILAN D.J. (2003) - *Reach-scale sediment transfer: an evaluation of two morphological budgeting approaches* - Earth Surf. Process. Landforms, **28**, pp. 889-903.
- GENTILI B. & PAMBIANCHI G. (1987) - *Morfogenesi fluviale ed attività antropica nelle Marche centro-meridionali* - Geogr. Fis. e Dinam. Quat., **10**, pp. 204-217.
- GIAMBETTI S. (1964) - *Considerazioni sugli effetti provocati dall'estrazione di materiale litoide negli alvei di alcuni corsi d'acqua appenninici* - Atti 1° Conv. Ing. Idraulici del Corpo del Genio Civile, Parma, Memoria D12, 13pp.
- GIAMPANI C. & RAMASCO M. (1998) - *Analisi comparata dell'evoluzione storica dell'alveo del Fiume Sesia e delle piene del novembre 1968 e settembre 1993 finalizzata alla prevenzione degli effetti indotti da eventi alluvionali* - Atti del Convegno "La prevenzione delle catastrofi idrogeologiche: il contributo della ricerca scientifica", Alba, 5-7 novembre 1996, Pubbl. GNDCI n. 1600, vol. II, pp. 131-142.
- GOVI M. & TURITTO O. (1993) - *Processi di dinamica fluviale lungo l'asta del Po* - Acqua-Aria, **6**, pp. 575-588.
- HABERSACK H. & PIÉGAY H. (2008) - *River restoration in the Alps and their surroundings: past experience and future challenges*. In: HABERSACK H., PIÉGAY H. & RINALDI M. (Eds.), *Gravel-bed Rivers VI - From Process Understanding to River Restoration, Developments in Earth Surface Processes*, Elsevier, pp. 703-738.
- HABERSACK H., PIÉGAY H. & RINALDI M. (2008) - *Gravel-Bed Rivers 6, From Process Understanding to the River Restoration* - Series Developments in Earth Surface Processes, Elsevier, Netherlands.
- HICKS D.M., DUNCAN M.J., LANE S.N., TAL M. & WESTWAY R. (2008) - *Contemporary morphological change in braided gravel-bed rivers: new developments from field and laboratory studies, with particular reference to the influence of riparian vegetation* - In: HABERSACK H., PIÉGAY H. & RINALDI M. (Eds.), *Gravel-bed Rivers VI - From Process Understanding to River Restoration, Developments in*

- Earth Surface Processes, Elsevier, pp. 557-584.
- JAMES L.A. & MARCUS W.A. (2006) - *The human role in changing fluvial systems: retrospect, inventory and prospect* - *Geomorphology*, **79**, pp. 152-171.
- LAMBERTI A. (1993) - *Le modificazioni recenti verificatesi nell'asta principale del Po e problemi connessi* - *Acqua-Aria*, **6**, pp. 589-592.
- LAMBERTI A. & SCHIPPA L. (1994) - *Studio dell'abbassamento dell'alveo del Fiume Po: previsioni trentennali di abbassamento a Cremona* - *Navigazione Interna*, Suppl. of n. 3-4, 23 pp.
- LANE S.N., WESTWAY R.M. & HICKS M.D. (2003) - *Estimation of erosion and deposition volumes in a large, gravel-bed, braided river using synoptic remote sensing* - *Earth Surf. Process. Landforms*, **28**, pp. 249-271.
- LIEBAULT F. & PIEGAY H. (2001) - *Assessment of channel changes due to long-term bedload supply decrease, Roubion River, France* - *Geomorphology*, **36**, pp. 167-186.
- LOLLINO G., GIORDAN D., BALDO M., ALLASIA P. & PELLEGRINI F. (2008) - *L'uso di modelli digitali del terreno come strumento per lo studio dell'evoluzione morfologica dei corsi d'acqua: proposte metodologiche e primi risultati* - *Il Quaternario*, questo volume.
- LU X.X., ZHANG S.R., XIE S.P. & MA P.K. (2007) - *Rapid channel incision of the lower Pearl River (China) since the 1990s as a consequence of sediment depletion* - *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, **11**, pp. 1897-1906.
- MARAGA F. (1989) - *Ambiente fluviale in trasformazione: l'alveo-tipo pluricursale verso un nuovo modellamento nell'alta pianura padana* - *Proceedings of the International Congress on Geoengineering "Suolosottosuolo"*, Torino, 27-30 September 1989, pp. 119-128.
- MARAGA F. (1992) - *Riduzione del campo di attività fluviale e disponibilità di sedimento nei tratti d'alveo pluricursali: casi di studio nella Pianura Padana* - *Proceedings of the Conference "Fenomeni di erosione e alluvionamenti degli alvei fluviali"*, Univ. of Ancona, 14-15 October 1991, pp. 51-62.
- MARAGA F. (1999) - *Tagli di meandro sul Fiume Po* - *Geologia dell'Ambiente*, **7** (1), pp. 3-7.
- MARAGA F. & MORTARA G. (1981) - *Le cave per inerti lungo i corsi d'acqua: rapporti con la dinamica fluviale* - *Boll. Assoc. Miner. Subalpina*, **18**, 3-4, pp. 385-395.
- MARCHETTI M. (2002) - *Environmental changes in the central Po Plain (northern Italy) due to fluvial modifications and anthropogenic activities* - *Geomorphology*, **44**, pp. 361-373.
- MEISINA C. (1998) - *Analisi dei processi evolutivi dell'alveo del T. Staffora (affluente destro del F. Po)* - *Atti del Convegno "La prevenzione delle catastrofi idrogeologiche: il contributo della ricerca scientifica"*, Alba, 5-7 novembre 1996, Pubbl. GNDCI n. 1600, vol. II, pp. 157-167.
- NICHOLAS A.P., THOMAS R. & QUINE T.A. (2006) - *Cellular modelling of braided river form and process* - In: SAMBROOK SMITH G. H., BEST J. L., BRISTOW C. & PETTS, G. E. (Eds.), *Braided Rivers*, IAS Special Publication 36, Blackwell Science, pp. 137-152.
- PELLEGRINI L., MARAGA F., TURITTO O., AUDISIO C. & DUCI G. (2008) - *Evoluzione morfologica di alvei fluviali mobili nel settore occidentale del bacino padano* - *Il Quaternario*, questo volume.
- PELLEGRINI M. & ROSSI A. (1967) - *La variazione del profilo d'equilibrio del fiume Panaro e di alcuni affluenti* - *Estratto da Atti Soc. Nat. e Mat. di Modena*, **98**, 24 pp.
- PELLEGRINI M. & ZAROTTI L. (1975) - *Un esempio di erosione accelerata in alveo: il torrente Tiepido presso Maranello (Modena)* - *Atti Soc. Nat. e Mat. di Modena*, **106**, pp. 145-156.
- PELLEGRINI M., PEREGO S. & TAGLIAVINI S. (1979a) - *La situazione morfologica degli alvei degli affluenti emiliani del Po* - *Convegno di Idraulica Padana*, Parma, 19-20 October 1979, 9 pp.
- PELLEGRINI M., PEREGO S., TAGLIAVINI S. & TONI G. (1979b) - *La situazione morfologica degli alvei dei corsi d'acqua emiliano-romagnoli: stato di fatto, cause ed effetti* - *Proceedings of the Conference "La programmazione per la difesa attiva del suolo e la tutela delle sue risorse: i piani di bacino idrografico"*, Modena, 28-29 June 1979, pp. 169-195.
- PEREGO S., with collaboration of TELLINI C. (1994) - *Evoluzione naturale e antropica del medio e basso corso del F. Taro (Prov. di Parma)* - *Acta Naturalia de L'Ateneo Parmense*, **30**, pp. 5-27.
- PIEGAY H., DARBY S., MOSSELMAN E. & SURIAN N. (2005) - *A review of techniques available for delimiting the erodible river corridor: a sustainable approach to managing bank erosion* - *River Research and Applications*, **21**, pp. 773-789.
- RINALDI M. (1995) - *Dinamica di un alveo fluviale antropizzato: il Fiume Sieve (Toscana)* - *Unpublished PhD thesis, University of Perugia*, 223 pp.
- RINALDI M. (2003) - *Recent channel adjustments in alluvial rivers of Tuscany, Central Italy* - *Earth Surf. Process. and Landforms*, **28**, pp. 587-608.
- RINALDI M. (2006) - *La prospettiva geomorfologica e le applicazioni nella gestione degli alvei fluviali* - *Giornate di studio "Nuovi approcci per la comprensione dei processi fluviali e la gestione dei sedimenti - Applicazioni nel bacino del Magra"*, Sarzana (SP), 24-25 Ottobre 2006, Autorità di bacino interregionale del Fiume Magra, pp. 39-58.
- RINALDI M. (2008) - *Schede di rilevamento geomorfologico di alvei fluviali* - *Il Quaternario*, questo volume.
- RINALDI M. & RODOLFI G. (1995) - *Evoluzione olocenica della pianura alluvionale e dell'alveo del Fiume Sieve nel Mugello (Toscana)* - *Geogr. Fis. e Dinam. Quat.*, **18**, pp. 57-75.
- RINALDI M. & SIMON A. (1998) - *Bed-level adjustments in the Arno River, Central Italy* - *Geomorphology*, **22**, pp. 57-71.
- RINALDI M., SIMON A. & BILLI P. (1997) - *Disturbance and adjustment of the Arno River, Central Italy. II: Quantitative analysis of the last 150 years* - In: WANG S.S.Y., LANGENDOEN E.J., SHIELDS F.D. Jr. (Eds.), *Management of Landscapes Disturbed by Channel Incision, Stabilization, Rehabilitation, Restoration*, Center for the Computational Hydroscience and Engineering, University of Mississippi, Oxford, MS, pp. 601-606.
- RINALDI M., SIMONCINI C. & SOGNI D. (2005) - *Variazioni morfologiche recenti di due alvei ghiaiosi appenninici: il Fiume Trebbia ed il Fiume Vara* -

- Supplementi di Geogr. Fis. e Dinam. Quat., VII, pp. 313-319.
- RINALDI M. & SIMONCINI C. (2006) - *Studio geomorfologico del Fiume Magra e del Fiume Vara finalizzato alla gestione dei sedimenti e della fascia di mobilità* - Autorità di Bacino del Fiume Magra, Giornata di studio "Nuovi approcci per la comprensione dei processi fluviali e la gestione dei sedimenti", Sarzana (SP), 24-25 Ottobre 2006, pp. 93-109.
- RINALDI M. & SURIAN N. (2005) - *Variazioni morfologiche ed instabilità di alvei fluviali: metodi ed attuali conoscenze sui fiumi italiani* - In: BRUNELLI M. & FARABOLLINI P. (a cura di), *Dinamica fluviale, Ordine dei Geologi delle Marche, Tipolitografia C. Bellabarba*, pp. 203-238.
- RINALDI M., TERUGGI L., SIMONCINI C. & NARDI L. (2008) - *Dinamica recente ed attuale di alvei fluviali: alcuni casi di studio appenninici (Italia centro-settentrionale)*. Il Quaternario, questo volume.
- ROVERI E. (1965) - *Sul ciclo d'erosione rinnovatosi lungo i corsi d'acqua dell'appennino emiliano* - Boll. Soc. Geol. It., **84** (1), pp. 290-309.
- RUMSBY B.T., BRASINGTON J., LANGHAM J.A., McLELLAND S.J., MIDDLETON R. & ROLLINSON G. (2008) - *Monitoring and modelling particle and reach-scale morphological change in gravel-bed rivers: Applications and challenges* - *Geomorphology*, **93**(1-2), pp. 40-54.
- SABATO L. (1994) - *Human impact on alluvial environments in Calabria (southern Italy)* - Mem. Soc. Geol. It., **48**, pp. 935-941.
- SABATO L. (1999) - *Le fiumare: corsi d'acqua ad alto rischio ambientale* - *Geologia dell'Ambiente*, **7**, pp. 8-13.
- SEAR D.A. & ARCHER D. (1998) - *Effects of gravel extraction on stability of gravel-bed rivers: the Wooler Water, Nothumberland, UK* - In: KLINGEMAN P.C., BESCHTA R.L., KOMAR P.D., BRADLEY J.B. (Eds.), *Gravel-bed Rivers in the Environment*, Water Resources Publications, Highlands Ranch, Colorado, pp. 415-432.
- SIMON A. (1989) - *A model of channel response in disturbed alluvial channels* - *Earth Surf. Process. and Landforms*, **14**, pp. 11-26.
- SURIAN N. (1999) - *Channel changes due to river regulation: the case of the Piave River, Italy* - *Earth Surf. Process. Landforms*, **24**, pp. 1135-1151.
- SURIAN N. (2003) - *Impatto antropico sulla dinamica recente del Fiume Piave (Alpi orientali)* - In: BIANCOTTI A. & MOTTA M. (a cura di), *Risposta dei processi geomorfologici alle variazioni ambientali*, M.I.U.R., Glauco Brigati, Genova, pp. 425-440.
- SURIAN N. (2006) - *Effects of human impact on braided river morphology: examples from Northern Italy* - In: SAMBROOK SMITH G.H., BEST J.L., BRISTOW C. & PETTS G.E. (Eds.), *Braided Rivers*, IAS Special Publication 36, Blackwell Science, pp. 327-338.
- SURIAN N. & CISOTTO A. (2007) - *Channel adjustments, bedload transport and sediment sources in a gravel-bed river, Brenta River, Italy* - *Earth Surf. Process. and Landforms*, **32**, pp. 1641-1656.
- SURIAN N., PELLEGRINI G.B. & SCOMAZZON E. (2005) - *Variazioni morfologiche dell'alveo del Fiume Brenta indotte da interventi antropici* - *Suppl. Geogr. Fis. e Dinam. Quat.*, VII, pp. 339-345.
- SURIAN N. & RINALDI M. (2003) - *Morphological response to river engineering and management in alluvial channels in Italy* - *Geomorphology*, **50**, pp. 307-326.
- SURIAN N. & RINALDI M. (2004) - *Channel adjustments in response to human alteration of sediment fluxes: examples from Italian rivers* - In: GOLOSOV V., BELYAEV V. & WALLING D.E. (Eds.), *Sediment transfer through the fluvial system*, IAHS Publ. 288, pp. 276-282.
- SURIAN N., RINALDI M., PELLEGRINI L., AUDISIO C., MARAGA F., TERUGGI L., TURITTO O. & ZILIANI L. (2008a) - *Channel adjustments in northern and central Italy over the last 200 years*. Geological Society of America Special Paper (in revisione).
- SURIAN N., ZILIANI L., CIBIEN L., CISOTTO A. & BARUFFI F. (2008b) - *Variazioni morfologiche degli alvei dei principali corsi d'acqua veneto-friulani negli ultimi 200 anni* - Il Quaternario, questo volume.
- TACCONI P. & BILLI P. (1990) - *Indagine sull'abbassamento del fiume Po. Analisi morfometrica dello stato attuale e tendenza evolutiva dell'alveo* - Po AcquAgricolturaAmbiente, vol. II: L'alveo e il delta, Società Editrice Il Mulino, Bologna, pp. 15-111.
- TAGLIAVINI S. (1975) - *Aspetti e problemi geomorfologici connessi con l'attività estrattiva dell'Emilia occidentale* - *Atti Conv. "Cave e assetto del territorio"*, Regione Emilia Romagna, Studi e Documentaz., **7**, pp. 75-91.
- TAZIOLI G.S. (1982) - *Trasporto solido e fenomeni erosivi* - *Proceedings Convegno Conclusivo P.F. Conservazione del Suolo*, CNR, Roma, pp. 129-134.
- VEGGIANI A. (1963) - *Ancora un esempio di danni causati dalla ripresa del ciclo erosivo dei fiumi appenninici* - Estratto da Boll. Camera di Commercio I.A.A., Forlì, 8 pp.
- WILLIAMS G.P. (1978) - *The case of the shrinking channels - the North Platte and Platte Rivers in Nebraska* - U.S. Geological Survey Circular, 781, 48 pp.
- WILLIAMS G.P. & WOLMAN M.G. (1984) - *Downstream effects of dams on alluvial rivers* - U.S. Geological Survey Professional Paper, 1286, 83 pp.
- WINTERBOTTOM S.J. (2000) - *Medium and short-term channel planform changes on the Rivers Tay and Tummel, Scotland* - *Geomorphology*, **34**, pp. 195-208.
- XU JIONGXIN (1997) - *Evolution of mid-channel bars in a braided river and complex response to reservoir construction: an example from the middle Hanjiang River, China* - *Earth Surf. Process. and Landforms*, **22**, pp. 953-965.

Ms. ricevuto il 1° febbraio 2008
 Testo definitivo ricevuto il 12 maggio 2008

Ms. received: February 1, 2008
 Final text received: May 12, 2008