

NICOLA SURIAN (*), GIOVANNI BATTISTA PELLEGRINI (***) & ELISA SCOMAZZON (***)

VARIAZIONI MORFOLOGICHE DELL'ALVEO DEL FIUME BRENTA INDOTTE DA INTERVENTI ANTROPICI

ABSTRACT: SURIAN N., PELLEGRINI G.B. & SCOMAZZON E., *Channel changes in the Brenta River due to human interventions*. (IT ISSN 1724-4757, 2005).

Channel evolution was analysed along the Brenta River (Northern Italy) using historical maps, aerial photographs and cross sections. The study reach, from Bassano to S. Giorgio in Bosco, is in the Upper Venetian Plain and is 23 km long. The fluvial processes and channel adjustments that occurred in the Brenta River are strongly connected to various human interventions, such as sediment mining, which was very intense in the study reach between the 1950s and the beginning of the 1980s, dams and other interventions carried out both in the drainage basin and along the river. Notwithstanding some differences within the study reach, the following reconstruction can be drawn as for channel adjustments. During the first period, from the 1950s to the beginning of the 1980s, channel incision (up to 7-8 m) and narrowing (about 50%) were the dominant processes, whereas in the more recent period (approximately the last 20 years) bed-level changes have had a lower magnitude (besides aggradation has occurred more frequently than incision) and channel widening has taken place. From cross sections was estimated that 30.7 million m³ of sediments were removed/eroded from the river bed in the period 1932-1997, but most of that process took place from the early 1950s to early 1980s, when sediment mining was very intense.

KEY WORDS: Alluvial channels, Incision, Quantitative analysis of erosion, Human impact, Brenta River (Northern Italy).

RIASSUNTO: SURIAN N., PELLEGRINI G.B. & SCOMAZZON E., *Variazioni morfologiche dell'alveo del Fiume Brenta indotte da interventi antropici*. (IT ISSN 1724-4757, 2005).

L'evoluzione dell'alveo del Fiume Brenta è stata analizzata sulla base di cartografia storica, fotografie aeree e sezioni topografiche (queste ultime relative al periodo 1932-1997) in un tratto di 23 km compreso tra Bassano e S. Giorgio in Bosco (alta e media pianura veneta). I processi fluviali e le variazioni morfologiche che hanno interessato l'alveo del Brenta sono da mettere in relazione con vari interventi antropici, quali l'estrazione di sedimenti, molto intensa nel tratto di studio tra gli anni '50 e l'inizio degli anni '80, la costruzione di dighe ed altri, realizzati sia nel

bacino montano che lungo il corso d'acqua stesso. Nel complesso, anche se alcune differenze sono presenti all'interno del tratto esaminato, è risultato il seguente quadro evolutivo: nel primo periodo (dagli anni '50 all'inizio degli anni '80) l'alveo è stato soggetto a marcati processi d'incisione (fino a 7-8 m) e restringimento (dell'ordine del 50%), mentre nel periodo più recente (all'incirca gli ultimi 20 anni) si è osservata una minore variazione da un punto di vista altimetrico (fra l'altro con prevalenza di tratti in aggradazione rispetto a quelli in incisione) ed una chiara tendenza all'allargamento dell'alveo. Per il periodo 1932-1997 è stata stimata un'erosione complessiva di 30,7 milioni di m³, imputabile soprattutto al periodo inizio anni '50 - inizio anni '80 caratterizzato da intensa attività estrattiva.

TERMINI CHIAVE: Alvei fluviali, Incisione, Valutazione quantitativa dell'erosione, Impatto antropico, Fiume Brenta.

INTRODUZIONE

Nell'ultimo secolo, ed in particolar modo nel corso della seconda metà del XX secolo, molti sistemi fluviali sono stati fortemente condizionati da vari interventi antropici. Tali interventi, che possono interessare sia i bacini idrografici (variazioni di uso del suolo, sistemazioni idraulico-forestali) che direttamente gli alvei fluviali (dighe, estrazione di sedimenti, opere di canalizzazione), hanno causato delle significative variazioni nel regime dei deflussi e del trasporto solido e, di conseguenza, nella dinamica di molti corsi d'acqua. Variazioni morfologiche degli alvei, di entità decisamente maggiori rispetto a quelle che ci si può attendere da processi naturali, sono ampiamente documentate in letteratura, in particolare riferite a contesti geografici dove maggiore è stata la pressione antropica negli ultimi decenni (si veda ad esempio Williams & Wolman, 1984; Wyzga, 1993; Kondolf, 1997; Sear & Archer, 1998; Liebault & Piegay, 2001).

La maggior parte dei fiumi italiani, per i quali in realtà l'impatto antropico ha molto spesso uno spettro temporale ben più lungo dell'ultimo secolo, ha subito profonde modificazioni morfologiche negli ultimi decenni, in relazione a vari interventi. In particolare fenomeni d'incisione e di restringimento degli alvei sono quelli più comunemente

(*) Dipartimento di Geografia, Università di Padova, via del Santo 26 - 35123 Padova.

(**) Dipartimento di Geologia, Paleontologia e Geofisica, Università di Padova, via Giotto 1 - 35137 Padova.

(***) Geologo.

documentati (Surian & Rinaldi, 2003). Il corso d'acqua qui esaminato, il Fiume Brenta, rappresenta un tipico esempio di evoluzione morfologica condizionata dall'azione dell'uomo. La sua evoluzione, segnata soprattutto da un'intensa attività di escavazione in alveo, è stata ben documentata, anche attraverso cartografia geomorfologica di dettaglio, da Castiglioni & Pellegrini (1981). Il presente lavoro si propone di aggiornare il quadro delle conoscenze fornito da questi Autori, sulla base dei dati (rilievi topografici, fotografie aeree ed osservazioni sul terreno) acquisiti negli ultimi vent'anni. Tale aggiornamento trova la sua motivazione da una parte nella necessità di disporre di un numero maggiore di esempi ben documentati (pochi sono infatti in Italia i fiumi per i quali si dispone di accurate ricostruzioni temporali delle modificazioni morfologiche), dall'altra nell'interesse per l'evoluzione più recente (ultimi 10-20 anni) degli alvei fluviali italiani che sembra essere piuttosto differente da quella verificatasi nei decenni precedenti (Surian & Rinaldi, 2004).

INQUADRAMENTO GENERALE

Caratteri fisici del fiume Brenta

Il Brenta è uno dei principali fiumi della pianura veneta. Il suo bacino idrografico, che ricade in parte in Veneto in parte in Trentino, ha un'estensione di 1.567 km², e si sviluppa nella regione prealpina (Prealpi Venete) ed in quella dolomitica (Dolomiti Orientali) (fig. 1). La quota più alta nel bacino è rappresentata dai 3.184 m s.l.m. del Cimón della Pala, mentre la chiusura del bacino idrografico è situata a Bassano del Grappa (102 m s.l.m.). Il fiume ha una lunghezza di 174 km, di cui 70 nel nell'area montana (dal Lago di Caldonazzo, dove il fiume ha origine, a Bassano) e 104 nella pianura veneta (la foce è situata a sud della Laguna di Venezia, nei pressi di Chioggia). Nell'intero tratto di pianura il fiume è canalizzato, ma mentre nel tratto superiore (da Bassano fino a Padova) gli argini sono sufficientemente distanti fra loro da consentire tuttora una certa dinamica fluviale (mobilità laterale), nel tratto inferiore il fiume perde completamente i suoi caratteri naturali (il suo tracciato in quest'ultimo tratto è stato modificato e rettificato a partire dal XIV secolo). Il tratto esaminato nel presente studio ha un'estensione di 23 km (da Bassano a S. Giorgio in Bosco) e comprende quindi una buona parte del primo tratto di pianura a cui si è appena fatto cenno. In questo tratto il fiume è caratterizzato da un alveo ghiaioso piuttosto largo (alcune centinaia di metri) con una configurazione originaria, anteriore alle variazioni morfologiche che di seguito saranno descritte, a canali intrecciati (*braided*).

Per quanto riguarda gli aspetti idrologici, la precipitazione media annua nel bacino idrografico è di 1.300-1.350 mm, il coefficiente di deflusso è superiore all'unità (1,05), grazie all'apporto di sorgenti carsiche, e la portata media annua del corso d'acqua (alla chiusura del bacino idrografico) è 68 m³/s (Tonini & Pulsehi, 1970).

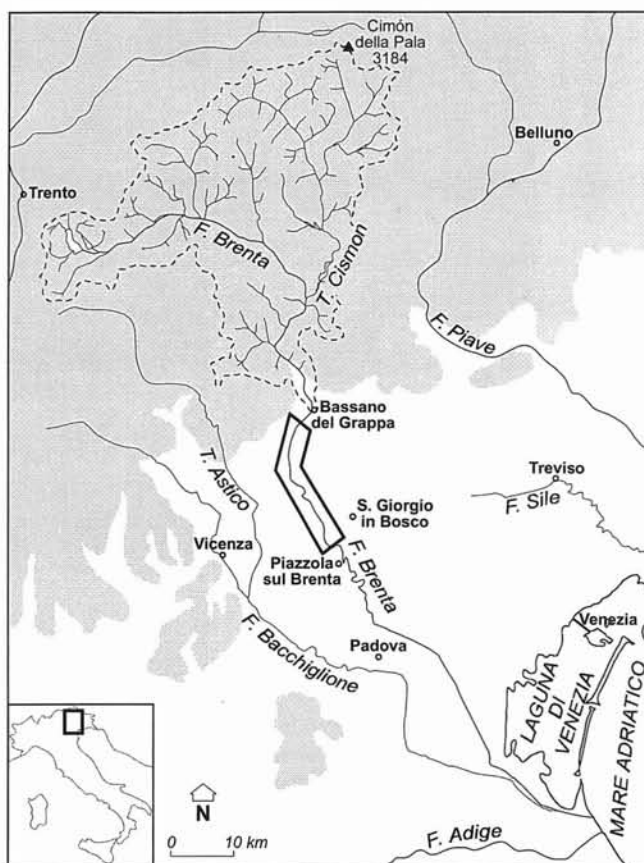


FIG. 1 - Localizzazione del Fiume Brenta e del tratto studiato.

Impatto antropico

Vari interventi antropici, che hanno o possono aver influenzato la dinamica fluviale, sono stati realizzati nel bacino del Brenta e lungo il corso d'acqua stesso nel corso dei secoli, ma soprattutto nel XX secolo. Fra le azioni che possono aver condizionato maggiormente l'evoluzione morfologica del tratto preso in esame meritano di essere menzionate l'escavazione di sedimenti in alveo, la costruzione di dighe e le sistemazioni idraulico-forestali. L'estrazione di sedimenti in alveo è stata particolarmente attiva lungo tutto il tratto preso in esame dall'inizio degli anni '50 all'inizio degli anni '80, con un'intensificazione del processo negli anni '60 e '70. Varie dighe, soprattutto per scopi idroelettrici, sono state costruite nel bacino idrografico del Brenta a partire dall'inizio del XX secolo (la diga di Ponte Serra, con una capacità di circa 4 milioni di m³, fu costruita nel 1909): la diga che indubbiamente ha esercitato, e tuttora esercita, maggior influenza è quella del Corlo che, costruita nel 1954, sottende un'area di 628 km² (praticamente l'intero bacino del T. Cison, principale affluente del Brenta). Infine, le opere di sistemazione idraulico-forestale nel bacino montano risalgono soprattutto alla prima metà del XX secolo.

Gli interventi sopra menzionati hanno alterato sensibilmente, anche se con modalità e tempi differenti, il regime del trasporto solido del corso d'acqua, mentre rimane tuttora da indagare se possano aver influito sulla frequenza delle «portate dominanti», ossia su quelle portate che hanno maggior influenza ai fini delle modificazioni morfologiche di un alveo.

METODOLOGIA

Le variazioni morfologiche dell'alveo sono state esaminate utilizzando cartografia storica, fotografie aeree e sezioni topografiche. È stata impiegata la carta militare austriaca (denominata del von Zach) realizzata tra 1801 ed 1805 (scala: 1:26.000), mentre le fotografie aeree sono relative a voli effettuati in differenti anni (1955, 1981, 1999 e 2002). Sono state utilizzate 12 sezioni topografiche per le quali si è potuto disporre di un'eccellente serie storica. Per la maggior parte di queste 12 sezioni sono infatti disponibili sette rilievi: il primo è stato realizzato nel 1932 dal Magistrato alle Acque, i quattro successivi (1966, 1970, 1973 e 1979) dal Consorzio di Bonifica Pedemontano Brenta di Cittadella (PD), gli ultimi due (1984 e 1997) rispettivamente da Castiglioni e Pellegrini (Università di Padova) e da Scmazzon (1997), entrambi con la collaborazione del Consorzio di Bonifica Pedemontano Brenta. Queste sezioni topografiche, che sono grosso modo equidistanziate fra loro, interessano un tratto di 23 km, da Bassano (sezione 1) a S. Giorgio in Bosco (sezione 12).

La cartografia storica e le fotografie aeree hanno consentito l'esame di alcune caratteristiche dell'alveo quali la configurazione planimetrica, la larghezza, il grado d'intrecciamento, mentre le sezioni hanno permesso l'esame delle variazioni del fondo dell'alveo (variazioni altimetriche) oltre che valutazioni sui processi erosivo-deposizionali dell'alveo nel suo insieme. L'arco temporale su cui si è focalizzata l'attenzione sono gli ultimi 70 anni, ciò spiega perché nell'ambito di questo lavoro la ricostruzione storica relativa al XIX secolo e ai primi decenni del XX secolo non è stata approfondita.

VARIAZIONI MORFOLOGICHE DELL'ALVEO

Variazioni altimetriche dell'alveo

Una prima indicazione sull'evoluzione altimetrica dell'alveo può essere ricavata dal confronto di profili longitudinali, costruiti considerando in ognuna delle 12 sezioni la quota minima del fondo. In fig. 2 sono messi a confronto i profili del 1932 e del 1997: lungo tutto il tratto in esame, ad eccezione di un breve tratto a monte in corrispondenza alla sez. 1 (nella quale si rileva un modesto innalzamento di 0,6 m della quota minima), risulta un abbassamento del fondo con valori compresi fra un minimo di 1,2 m (sez. 2) ed un massimo di 8,8 m (sez. 11) (va rilevato che quest'ultimo valore è relativo ad un tratto immediatamente a valle di un'importante briglia). Dall'andamento dei due profili si può inoltre osservare un progressivo aumento dell'approfondimento dell'alveo da monte verso valle.

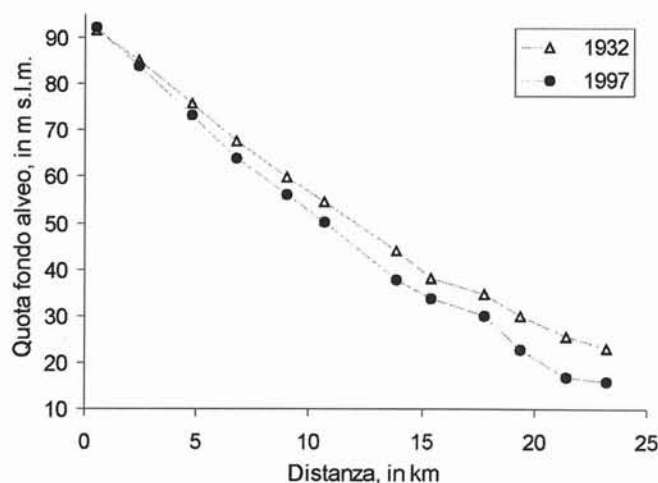


FIG. 2 - Profili longitudinali dell'alveo del F. Brenta sulla base dei rilievi topografici effettuati nel 1932 e nel 1997.

Per capire come tali modificazioni altimetriche dell'alveo si sono verificate nel periodo 1932-1997, si è successivamente esaminata la variazione temporale della quota minima del fondo nelle 12 sezioni disponibili. Essa non è stata costante nel tempo ed esistono significative differenze fra una sezione e l'altra. In particolare in alcune sezioni (sezioni 2, 3, 10 e 11) si è verificato un abbassamento progressivo del fondo, anche se con tassi di abbassamento variabili nel tempo, mentre in altre (sezioni 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 12) si è verificato inizialmente un abbassamento a cui ha fatto seguito un innalzamento. Nella sezione 1 si è verificato nel complesso un innalzamento del fondo, anche se sostanzialmente, a differenza delle altre sezioni esaminate, non si riscontrano importanti variazioni altimetriche. Per le sezioni interessate da un'inversione di tendenza nell'andamento della quota del fondo, è opportuno sottolineare che il processo di approfondimento dell'alveo è sempre stato decisamente maggiore rispetto a quello di aggradazione. In altre parole pur manifestandosi un processo di aggradazione, a partire dagli anni '70 o dagli anni '80, in alcune sezioni anche dell'ordine di 2 m, il fondo dell'alveo nel 1997 si trovava ad una quota sensibilmente inferiore rispetto quella che aveva nel 1932 (come d'altra parte già evidenziato con il confronto dei profili longitudinali, vedi fig. 2). A titolo di esempio di quanto sopra esposto si riportano gli andamenti temporali della quota minima del fondo relativamente a due sezioni rappresentative (fig. 3). La prima (sezione 3) mostra che non ci sono state variazioni significative tra il 1932 ed il 1966, mentre successivamente a quest'ultima data il processo di abbassamento è stato progressivo, ma con intensità via via decrescente (andamento esponenziale). Nella seconda (sezione 6) si osserva inizialmente una fase di abbassamento, tra il 1932 ed il 1973, quindi una fase di innalzamento, tra il 1973 ed il 1997. La prima fase ha prodotto un'incisione di 7 m, ed è stata particolarmente intensa fra il 1966 ed il 1973 (ab-

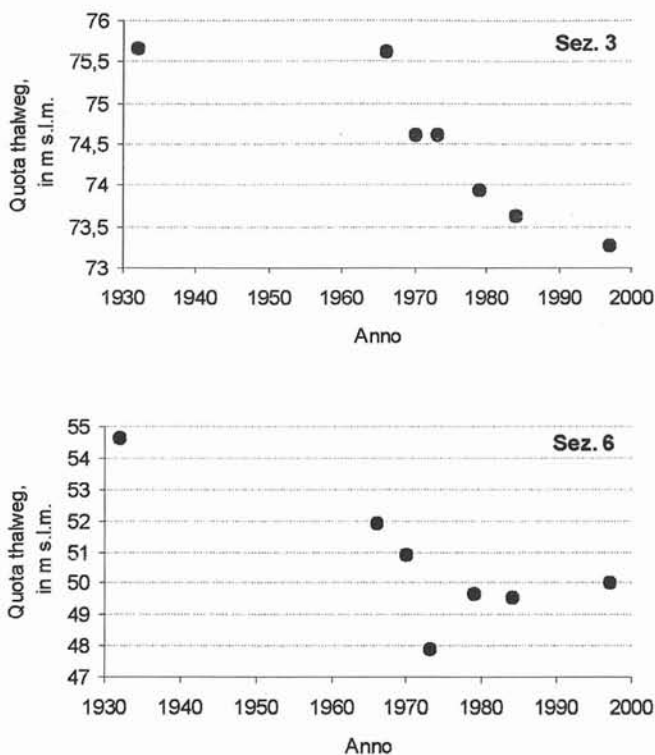


FIG. 3 - Esempi di variazione temporale della quota del fondo (sezione n. 3 e sezione n. 6).

bassamento di 4 m in 7 anni), mentre la seconda un'aggradazione di 2 m.

Infine un utile integrazione ai dati topografici deriva dal rilevamento geomorfologico. Sulla base di evidenze morfologiche di campagna, come già osservato da Castiglioni & Pellegrini (1981), si ritiene infatti che il processo

d'incisione dell'alveo sia cominciato solo a partire dall'inizio degli anni '50.

Variazioni della larghezza dell'alveo

La larghezza dell'alveo attivo è stata misurata utilizzando la cartografia storica e le fotografie aeree. Va precisato che la larghezza dell'alveo attivo può essere misurata includendo o meno la larghezza delle isole vegetate presenti in alveo: in questo caso, come in altri casi in cui le isole vegetate possono occupare una porzione considerevole dell'alveo (Surian, in stampa), si è ritenuto più significativo il calcolo della larghezza che non considera le isole vegetate (la larghezza così valutata è infatti più indicativa dei processi di trasporto solido che interessano l'alveo). La larghezza dell'alveo risulta pertanto dalla somma della larghezza dei singoli canali e delle barre prive di vegetazione o con scarsa vegetazione. Nel corso degli ultimi due secoli si osserva un decremento considerevole della larghezza media dell'alveo nel tratto esaminato (fig. 4). Prendendo come valore di riferimento la larghezza nel 1805 ($L = 460$ m), si osserva che nel 1955 si era verificata una riduzione del 20% ($L = 370$ m), mentre nel 1999 una riduzione del 57% ($L = 200$ m). Nell'ultimo periodo considerato (1999-2002) si osserva invece un'inversione di tendenza, ossia un allargamento dell'alveo ($L = 220$ m, nel 2002). In fig. 4 è illustrata la variazione della larghezza media dell'alveo nell'intero tratto in esame, ma anche quella di due sotto-tratti, quello più a monte, tra Nove e S. Croce Bigolina, e quello più a valle, tra S. Croce Bigolina e S. Giorgio in Bosco. I due sotto-tratti mostrano comportamenti differenti soprattutto per quanto riguarda la più recente fase di allargamento dell'alveo che risulta iniziare prima nel tratto situato più a monte.

Indubbiamente questi *trend* di variazioni di larghezza potranno essere definiti con maggior dettaglio utilizzando ulteriori carte storiche (in particolare la cartografia I.G.M.) e fotografie aeree. Al momento ci preme puntualizzare non

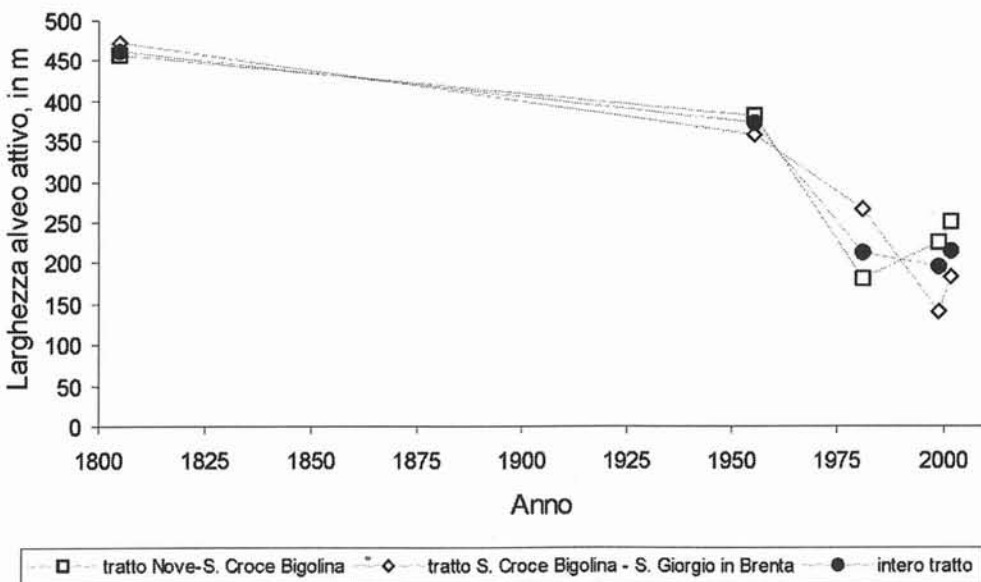


FIG. 4 - Variazione temporale della larghezza media dell'alveo nel tratto di studio: la larghezza media è stata valutata sia per l'intero tratto che per due sotto-tratti (Nove - S. Croce Bigolina, a monte, S. Croce Bigolina - S. Giorgio in Brenta, a valle).

tanto la fase di restringimento dell'alveo, molto evidente e coerente con quanto avvenuto nella maggior parte dei fiumi italiani (Surian & Rinaldi, 2003), quanto quella di allargamento. Per capire se l'allargamento osservato nel periodo 1999-2002 (1981-2002 per il tratto più a monte) rappresenti effettivamente un'inversione di tendenza nelle modificazioni della larghezza, oppure una variazione minore all'interno di una generale fase di restringimento dell'alveo, sono state analizzate 11 delle 12 sezioni topografiche (una sezione risultava troppo segnata da interventi antropici per essere considerata). Il confronto degli ultimi due rilievi (1984 e 1997) mostra che in 7 sezioni si è verificato un allargamento dell'alveo (in 3 casi con erosione di entrambe le sponde ed in 4 di una sola sponda) mentre nelle rimanenti 4 la larghezza è risultata stabile (fig. 5). Si è osservato inoltre che in 3 delle 7 sezioni in allargamento, il processo era già in atto nel periodo precedente (1979-1984). Sulla base di questi dati si può valutare che l'allargamento abbia avuto inizio tra il 1984 ed il 1997, ed, in alcuni tratti, anche precedentemente (tra il 1979 ed il 1984). Considerando quindi che il processo è perdurato per un certo numero di anni, si può ritenere che si sia verificata effettivamente un'inversione di tendenza (da una fase di forte restringimento ad una fase di allargamento) nella dinamica del corso d'acqua.

Valutazione dei processi d'erosione-deposizione in alveo

Le sezioni topografiche disponibili consentono una quantificazione dei processi erosivo-deposizionali verificatisi nel tratto d'alveo in esame. La procedura utilizzata prevede essenzialmente i seguenti passaggi: a) confronto delle sezioni rilevate nei vari anni; b) calcolo delle aree in erosione ed in deposizione nelle singole sezioni; c) valutazione dell'erosione complessiva, ossia della differenza fra le aree in erosione e quelle in deposizione; d) stima dei volumi, ottenuti facendo la media dell'erosione complessiva fra due sezioni consecutive e moltiplicando tale valore per la distanza fra le sezioni stesse. Innanzitutto si è cercato di valutare la quantità complessiva di materiale eroso nell'intero periodo (1932-1997). La valutazione dell'erosione complessiva nelle singole sezioni è rappresentata in fig. 6: si osservano dei valori relativamente bassi nelle due sezioni più a monte (sezioni 1 e 2) e nelle sezioni 5 e 8 che sono situate rispettivamente a valle del ponte della Friola e a monte del ponte di Fontaniva, mentre nelle altre sezioni le superfici in erosione risultano comprese tra 1.900 e 2.700 m². Sulla base di tali valori risulta che i volumi complessivamente asportati dall'alveo (per processi fluviali e per asportazione diretta da parte dell'uomo) in questo tratto di 17 km, sono stati 30,7 milioni di m³. La procedura utilizzata risente indubbiamente di alcune semplificazioni, ma considerando che la distanza fra una sezione e la successiva non è eccessiva (all'incirca 2 km) si ritiene che il risultato ottenuto abbia un discreto grado di affidabilità. Considerando che due sezioni (la 5 e la 8) corrispondono a punti particolari dell'alveo (presenza di ponti), si può anche ipotizzare che il valore ottenuto (30,7 milioni di m³) possa essere un po' sottostimato rispetto al valore reale.

La stessa procedura è stata quindi applicata per valutare l'entità dei processi erosivo-deposizionali nel periodo

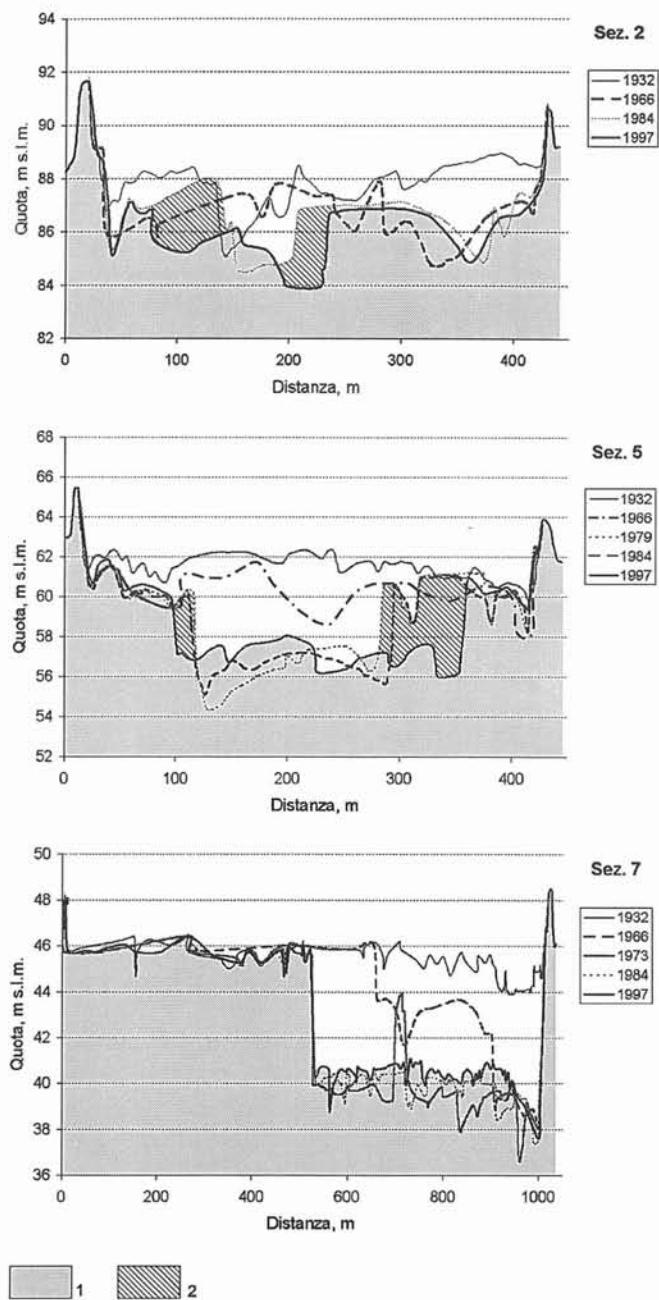


FIG. 5 - Esempi di confronto di sezioni (per facilitare la lettura sono stati riportati solo alcuni dei sette rilievi disponibili tra il 1932 ed il 1997). Per quanto riguarda il periodo più recente, le prime due sezioni mostrano chiaramente il processo di allargamento dell'alveo (sezioni 2 e 5), mentre la sezione 7 mostra un esempio di maggiore stabilità laterale. Legenda: 1) sezione dell'alveo nel 1997; 2) erosione laterale nel periodo più recente (tra il 1979, o 1984, ed il 1997).

più recente (1984-1997). In alcune sezioni (ad esempio sezioni 2 e 3) prevale ancora l'erosione (erosione che si realizza sia attraverso l'abbassamento del fondo che l'arretramento delle sponde), mentre in altre i processi deposizionali sono prevalenti (fig. 7). Complessivamente nelle 9 sezioni considerate l'erosione è comunque dominante rispet-

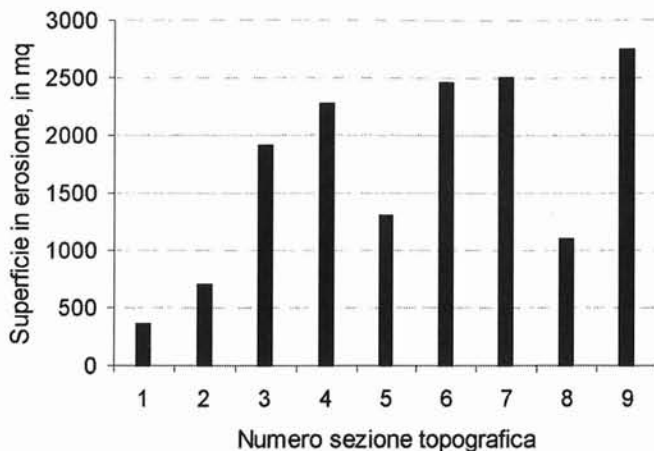


FIG. 6 - Erosione complessiva (aree in erosione - aree in deposizione) calcolata in corrispondenza di 9 delle 12 sezioni topografiche (le 9 sezioni più a monte) per il periodo 1932-1997.

to alla deposizione: il materiale eroso o asportato dall'alveo in questo periodo (1984-1997) è risultato pari a 1,1 milioni di m³.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

L'evoluzione dell'alveo del Fiume Brenta nel corso degli ultimi decenni rappresenta un esempio particolarmente significativo, anche per la disponibilità di dati, di risposta di un sistema fluviale a pesanti interventi antropici ed in particolare ad interventi che causano una drastica riduzione di disponibilità di sedimenti in alveo. Pur tenendo presente che il tratto d'alveo esaminato non è del tutto omogeneo in termini evolutivi, sia per quanto riguarda la tipo-

logia dei processi che la loro sequenza temporale, la sua evoluzione può essere distinta in due fasi principali, a partire dagli anni '50 del secolo scorso.

La prima, che si è conclusa all'incirca nei primi anni '80, è stata caratterizzata da una forte incisione, con valori fino a 7-8 m, e da un altrettanto marcato restringimento dell'alveo attivo (dell'ordine del 50%).

Nella seconda, in atto all'incirca negli ultimi 20 anni, l'alveo mostra ancora significative variazioni da un punto di vista altimetrico, anche se di entità decisamente inferiore rispetto a quelle della fase precedente (al massimo di 1-2 m): sono presenti sia tratti in incisione che in aggradazione, ma con una prevalenza di questi ultimi. È invece più evidente un'inversione di tendenza per quanto riguarda la dinamica laterale dell'alveo: al marcato restringimento della fase precedente segue infatti un allargamento dell'alveo, soprattutto nella parte superiore del tratto in esame dove si registra un allargamento medio di 70 m nel periodo 1981-2002.

Il Brenta ha avuto quindi un'evoluzione simile a quella di molti altri fiumi italiani (Rinaldi, 2003; Surian & Rinaldi, 2003 e 2004) per i quali si può ricostruire una fase (all'incirca dagli anni '50 agli anni '80) con forte incisione e restringimento degli alvei, seguita da una fase con allargamento e maggiore stabilità da un punto di vista altimetrico (forse con una prevalenza di aggradazione, ma i dati sono al momento insufficienti per avvalorare quest'ipotesi).

Nel periodo 1932-1997 si è verificata un'asportazione di circa 31 milioni di m³ di sedimenti da un tratto di 17 km, concentrata nel periodo inizio anni '50 - inizio anni '80. Tale asportazione è in parte imputabile al prelievo diretto di sedimenti (escavazioni), in parte agli effetti che tali prelievi inducono sulla dinamica dell'alveo (ad esempio incisione sia a monte che a valle del sito di prelievo, Rinaldi & alii, in stampa). Le variazioni morfologiche osservate, oltre ad essere certamente legate all'escavazione di sedimenti in alveo, sono probabilmente dovute anche ad altri fattori (dighe, reforestazione, sistemazioni idraulico-forestali). Fra questi ha avuto certamente un ruolo significativo la presenza di dighe nel bacino del T. Cismon (principale affluente del Brenta) che ha alterato pesantemente l'apporto di sedimenti all'alveo del Brenta sin dall'inizio del XX secolo.

La più recente evoluzione dell'alveo (fase di allargamento e di maggiore stabilità del fondo) può essere spiegata con la sensibile riduzione delle escavazioni che si è avuta a partire dall'inizio degli anni '80, che ha determinato una maggiore disponibilità di sedimenti in alveo. In questa nuova condizione del corso d'acqua, che sulla base dei risultati sopra esposti non può essere definita come una nuova condizione di equilibrio (le variazioni morfologiche osservate portano a definire l'alveo tuttora «instabile»), c'è una maggiore disponibilità di sedimenti, che deriva non solo da una riduzione delle escavazioni ma anche dal fatto che attraverso l'erosione laterale (che può ancora realizzarsi nei vari tratti dove l'alveo è privo di difese spondali) significative quantità di sedimenti possono alimentare il trasporto solido del corso d'acqua. Il valore di 1,1 milioni di m³ di erosione complessiva relativamente al periodo 1984-1997 indica una condizione di maggior equilibrio nel regime del trasporto solido rispetto al periodo precedente.

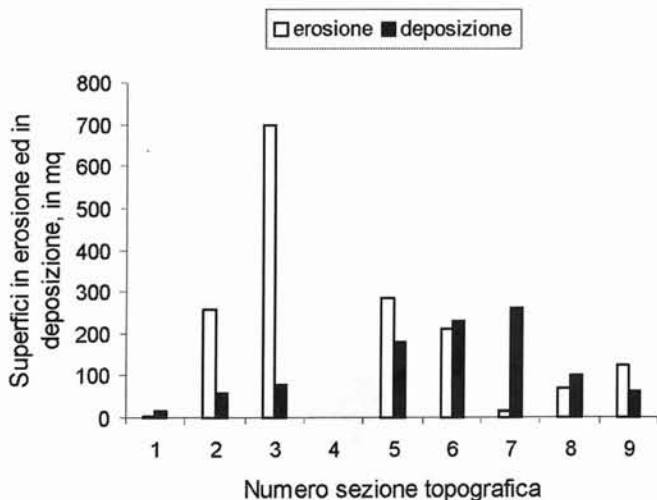


FIG. 7 - Processi erosivi e deposizionali in corrispondenza delle singole sezioni (le 9 sezioni più a monte) nel periodo 1984-1997.

BIBLIOGRAFIA

- CASTIGLIONI G.B. & PELLEGRINI G.B. (1981) - *Geomorfologia dell'alveo del Brenta nella pianura tra Bassano e Padova*. In: ZUNICA M. (a cura di), «Il territorio della Brenta», Amministrazione Provinciale di Padova - Università di Padova, 12-32.
- KONDOLF G.M. (1997) - *Hungry water: effects of dams and gravel mining on river channels*. *Environm. Manag.*, 21 (4), 533-551.
- LIEBAULT F. & PIEGAY H. (2001) - *Assessment of channel changes due to long-term bedload supply decrease, Roubion River, France*. *Geomorphology*, 36, 167-186.
- RINALDI M. (2003) - *Recent channel adjustments in alluvial rivers of Tuscany, Central Italy*. *Earth Surf. Processes Landf.*, 28, 587-608.
- RINALDI M., WYZGA B. & SURIAN N. (in stampa) - *Sediment mining in alluvial channels: physical effects and management perspectives*. *River Research and Application*.
- SCOMAZZON E. (1997) - *Evoluzione morfologica dell'alveo del Brenta da Bassano a Padova*. Tesi di laurea inedita, Università di Padova, 136 pp.
- SEAR D.A. & ARCHER D. (1998) - *Effects of gravel extraction on stability of gravel-bed rivers: the Wooler Water, Northumberland, UK*. In: KLINGEMAN P.C., BESCHTA R.L., KOMAR P.D. & BRADLEY J.B. (eds.), «Gravel-Bed Rivers in the Environment», Water Resources Publications, LLC, 415-432.
- SURIAN N. (in stampa) - *Effects of human impact on braided river morphology: examples from Northern Italy*. *Proceedings of the Meeting «Braided Rivers 2003»*, Birmingham, 7-9 April 2003.
- SURIAN N. & RINALDI M. (2003) - *Morphological response to river engineering and management in alluvial channels in Italy*. *Geomorphology*, 50, 307-326.
- SURIAN N. & RINALDI M. (2004) - *Channel adjustments in response to human alteration of sediment fluxes: examples from Italian rivers*. In: «Sediment transfer through the fluvial system», IAHS Publ. 288, 276-282.
- TONINI M. & PULSELLI U. (1970) - *Elaborazioni dei dati idrologici del bacino del fiume Brenta*. *L'Energia Elettrica*, 6, 349-365.
- WILLIAMS G.P. & WOLMAN M.G. (1984) - *Downstream effects of dams on alluvial rivers*. U.S. Geological Survey Professional Paper, 1286, 83 pp.
- WYZGA B. (1993) - *River response to channel regulation: case study of the Raba River, Carpathians, Poland*. *Earth Surf. Proc. Landforms*, 18, 541-556.