

## VARIAZIONI IDROGRAFICHE E CONDIZIONAMENTO ANTROPICO ESEMPI IN PIANURA PADANA

F. Dutto<sup>(1)(2)</sup> - F. Maraga<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>CNR - Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica nel Bacino Padano, Torino  
<sup>(2)</sup>SIMI - Ufficio Idrografico e Mareografico per il Bacino del Po, Parma (Sez. di Torino), Torino

**RIASSUNTO** - *Variazioni idrografiche e condizionamento antropico. Esempi in pianura padana* - Il Quaternario 7(1), 1994 - 381-390 - Gli autori illustrano alcune significative modificazioni del sistema idrografico avvenute nella pianura padana superiore durante gli ultimi secoli, sulla base di ricerche storico-archivistiche, cartografiche e di tecniche fotointerpretative. In particolare vengono presentati casi estremi di evoluzione del percorso fluviale, quali: a) forme d'alveo con deflussi distribuiti in canali multipli intrecciati, che si sono modificate verso alvei con deflussi concentrati in un canale unico di transizione; b) forme d'alveo con deflussi concentrati in un canale unico a meandri, che si sono modificate in un canale unico rettilineo o di transizione. Tratti dal territorio fluviale della pianura padana coinvolto dal sistema umano già da millenni, gli esempi intendono sottolineare modalità evolutive verso la canalizzazione degli alvei, sicuramente condizionate dallo sviluppo più recente delle attività antropiche.

**ABSTRACT** - *River pattern adjustment responding to human impacts. Examples in the Po plain* - Il Quaternario 7(1b), 1994 - 381-390 - On the basis of an investigation of historical maps and archive materials and with the aid of airphoto-interpretation techniques, significant channel changes which occurred in the upper Po river system during the last few centuries are described. In particular, instances of an extreme evolution of the river pattern are illustrated, including: a) multi-thread braiding pattern which have evolved into a single transitional channel; b) single thread meandering channels that have evolved into straight or transitional channels through a reduction of sinuosity. The physical system of the Po River plain has been affected by the presence of man activities for thousands of years and examples focus on the channel deepening and straightening as induced by the recent developments of human activities.

Parole chiave: Canalizzazione degli alvei, forme fluviali, pianura alluvionale, Italia settentrionale  
Key-words: River channelization, channel plan forms, alluvial plain, Northern Italy

### 1. INTRODUZIONE

I sistemi fluviali di pianura sono ambienti caratterizzati da concentrazione di processi antropici, quindi, da elevata interferenza tra sistema fisico e sistema umano. L'ambiente fluviale padano è stato interessato, sin dai primi insediamenti, da una pressione demografica che, nell'assestamento delle esigenze di sviluppo, ha portato a forti modificazioni, per interazioni successive, dei naturali processi evolutivi dei corsi d'acqua. Agli interventi diretti sulla regimazione dei percorsi fluviali si sono sovrapposte sempre più pressanti le richieste dell'acqua stessa come bene d'uso a larga diffusione, in particolare nei tempi più recenti. Dalla metà del secolo scorso ad oggi, ad esempio, la popolazione italiana è aumentata da 21 a 57 milioni di abitanti ed il consumo medio d'acqua per persona nello stesso periodo è aumentato di dieci volte (fonte ISTAT per il periodo 1861 e 1991); nei bacini montani sono state realizzate molte dighe di ritenuta per uso idroelettrico o per uso potabile e, lungo l'asse padano, gli interventi di difesa dalle piene hanno portato ad una sistemazione arginale continua verso l'alta pianura e ad una diffusa protezione delle sponde dalle erosioni. L'agricoltura intensiva e lo sviluppo industriale, ancora, hanno imposto prelievi sempre più ingenti di acqua ed estrazioni sempre maggiori di sedimenti dagli alvei fluviali, con interferenza diretta sia sulle portate dei corsi d'acqua che sulla loro forma d'alveo.

Queste considerazioni hanno suggerito un momento di riflessione e di analisi sulle variazioni fluviali avvenute negli ultimi secoli ed espresse precisamente nel sistema fisico del corso d'acqua, alla ricerca dell'impatto antropico che potrebbe aver condizionato il modellamento degli alvei. Il comportamento evolutivo della forma del percorso fluviale è qui letto alla luce di differenti situazioni fisiche ed antropiche, utilizzando metodi fotointerpretativi associati a dati di campagna, a dati storici desunti da documenti archivistici e cartografici, con il supporto dei dati strumentali caratterizzanti il corso d'acqua.

Gli esempi presentati vogliono contribuire al dibattito su queste tematiche più che essere specifici casi di studio e sono stati scelti per la loro rappresentatività di tendenza in atto nel sistema idrografico della pianura padana.

### 2. AREA PEDEMONTANA: L'IDROSISTEMA PLURICURSALE A CANALI INTRECCIATI VERSO UN CANALE UNICO

Nell'area pedemontana il modellamento pluricursale a canali intrecciati, riconosciuto in base alle fotografie aeree degli anni 1954-1955, interessa tratti di 17 affluenti diretti e indiretti del F. Po, Po compreso, per una lunghezza totale di 270 km circa, misurata sul profilo longitudinale degli assi fluviali (Maraga, 1989; 1991). I corsi d'acqua sono citati nell'elenco che segue, da monte verso valle, secondo l'asse idrografico di Po con indicazione tra parentesi della lunghezza del tratto a canali intrecciati: F. Po (11,5 km), T. Ghiandone (2,2 km), T. Pellice (12 km), T. Chisone (8,5 km), T. Varaita (8,5 km), T. Maira (6,5 km), T. Grana (6 km), T. Sangone

(9 km), T. Stura di Lanzo (17,5 km), T. Orco (17 km), F. Sesia (31 km), T. Cervo (6,5 km), T. Stura di Demonte (30 km), T. Gesso (10,5 km), T. Scrivia (32 km), F. Ticino (40 km), F. Serio (21 km).

Lo sviluppo dei canali intrecciati si manifesta nei corpi sedimentari ghiaiosi degli ampi conoidi, spesso terrazzati all'apice, che ricordano alla piana alluvionale il percorso fluviale dallo sbocco dei bacini montani. Il limite di monte del modellamento pluricursale varia occasionalmente da 0 km (F. Po, T. Grana) a 33 km (F. Ticino) di distanza rispetto all'apice del conoide e tra le quote 600 m (T. Gesso) e 125 m (F. Ticino).

Per confronto all'ampiezza originaria, documentata dalla morfologia fluviale relitta, il campo di espansione laterale delle ramificazioni del letto fluviale ancora attivo agli anni '80 mostra una sensibile riduzione di larghezza con valori estremi di riduzione pari o maggiori del 50% in 11 casi sui 17 considerati. I più elevati tassi di riduzione sono stati misurati peraltro dopo gli anni '50, in concomitanza alla diffusa pratica di coltivazione degli inerti fluviali in alveo, con manifestazione di locali processi di metamorfosi (Schumm, 1969)



Fig.1 - Evoluzione del percorso fluviale per taglio di meandro (F. Po a monte di Torino). a) Confronto tra fotografie aeree del 1954 e 1989 con deflussi in alveo inferiori al valore medio annuale, riprese dopo 5 e dopo 34 anni dal taglio verificatosi per *chute cut-off* durante la piena del 4 maggio 1949. (Concessione S.M.A. n° 832 del 16.09.1993). b) Confronto tra fotografie aeree del 1977 e 1989 con deflussi in alveo di piena sezione (1977) e inferiori al valore medio annuale (1989), riprese a due giorni e a 5 anni dal taglio verificatosi per *chute cut-off* durante la piena del 22 maggio 1977 (Concessioni S.M.A. n°107 del 24 mar. 1980 e n°832 del 16.09.1993).

*Channel changes in meandering reaches by meander chute cut-off (Po River upstream from Turin): a) comparison between aerial photographs of the river bed at low stage taken after 5 and 40 years after the cut-off produced by the 4 May 1949 flood, the traces of which can still be seen in the 1954 aerial photograph (arrows); b) comparison between aerial photographs of the river bed at bank full stage (1977) and low stage (1989), taken after 2 days and 11 years after the cut-off produced by the 22 May 1977 flood.*

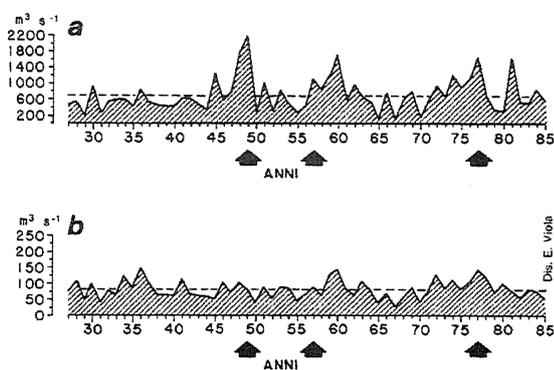


Fig. 2 - Grafico delle portate massime a), e medie b) per anno nel periodo 1927-1985 alla stazione idrometrografica di Moncalieri-Meirano (Torino). Le frecce indicano gli anni in cui si sono verificati i tagli di meandro.

Series of maximum annual floods and mean annual flows from 1927 to 1985 as recorded by the gauging station at Moncalieri-Meirano (Turin). The arrows mark the years of meander cut-offs.

dell'alveo stesso.

Ad illustrare questi processi sono proposti in Tabella 1 i dati relativi a quattro tratti fluviali rappresentativi di situazioni geografiche differenti, in cui l'evoluzione del modellamento si è prodotta con maggiore o minore restringimento dell'alveo. I percorsi citati si riferiscono al F. Ticino, emissario del lago Maggiore (portate al colmo misurate nel XX secolo allo sbocco in pianura, Min. LL.PP., 1980:  $Q_{max} = 2562$ ,  $Q_{min} = 733$   $m^3s^{-1}$ ); al F. Sesia, affluente alpino del F. Po ( $Q_{max} = 3070$ ,  $Q_{min} = 660$   $m^3s^{-1}$ ); al F. Serio, affluente alpino del F. Adda ( $Q_{max} = 457$ ,  $Q_{min} = 152$   $m^3s^{-1}$ ); al F. Scrivia, affluente appenninico del F. Po ( $Q_{max} = 2680$ ,  $Q_{min} = 237$   $m^3s^{-1}$ ). Si segnala che una manifesta selezione granulometrica delle ghiaie in alveo è stata rilevata solo entro i percorsi fluviali che hanno subito la maggior riduzione, sempre registrata tra gli anni '50 e gli anni '80 (Maraga, 1992).

Tabella 1 - Parametri morfometrici dell'idrosistema pluricursale di pianura per i corsi d'acqua d'esempio: 1) - Area di bacino montano sotteso; 2) - Lunghezza di percorso pluricursale; 3) - distanza progressiva dallo sbocco montano ai settori di maggior espansione dell'idrosistema pluricursale; 4) - Larghezza massima del settore di maggior espansione (L) originaria, (L'50) anni cinquanta, (L'80) anni ottanta; 5) - Riduzione percentuale di larghezza (a) dopo gli anni cinquanta rispetto alla riduzione totale e (b) dalla espansione originaria agli anni ottanta.

Morphometric elements of the multi-thread fluvial system for the selected rivers: 1) - Mountain basin area; 2) - Length of the multi-thread reach; 3) - Distances from mountain mouth to larger multi-thread development; 4) - Maximum width of larger multi-thread development (L) former, (L'50) in the Fifties, (L'80) in the Eighties; 5) - Width reduction (a) since Fifties referring to total width reduction and (b) since former expansion through to the Elghties.

Corso d'acqua	(1) Bacino Area ( $km^2$ )	(2) Lunghezza (km)	(3) Progressiva (km)	(4) Larghezza			(5) Riduzione	
				L (m)	L'50 (m)	L'80 (m)	a (%)	b (%)
Ticino	6599	40	46.5	1660	1660	1660	(0)	0
			54	1910	1650	1650	(0)	13
			60	2010	1510	1510	(0)	25
Scrivia	605	32	8.5	710	710	710	(0)	0
			14	650	460	460	(0)	29
			21	570	570	570	(0)	0
Sesia	978	31	5	960	960	300	(69)	69
			7.5	960	840	480	(75)	50
			23	1490	1490	700	(53)	53
Serio	552	21	7.5	1010	560	110	(50)	89
			13	710	490	200	(57)	72
			17.5	710	460	200	(51)	72

### 3. AREA DI PIANA ALLUVIONALE: L'IDROSISTEMA MEANDRIFORME DEL FIUME PO VERSO UNA RIDUZIONE DELLA SINUOSITA'

Lungo il F. Po il modellamento meandriforme è presente con sviluppo di meandri irregolari nell'alta pianura padana a monte della città di Torino e della confluenza Ticino, rispettivamente a monte delle progressive 100 e 275 km, secondo le lunghezze riportate sulle Tavole del Magistrato per il Po (Min. LL.PP., 1968).

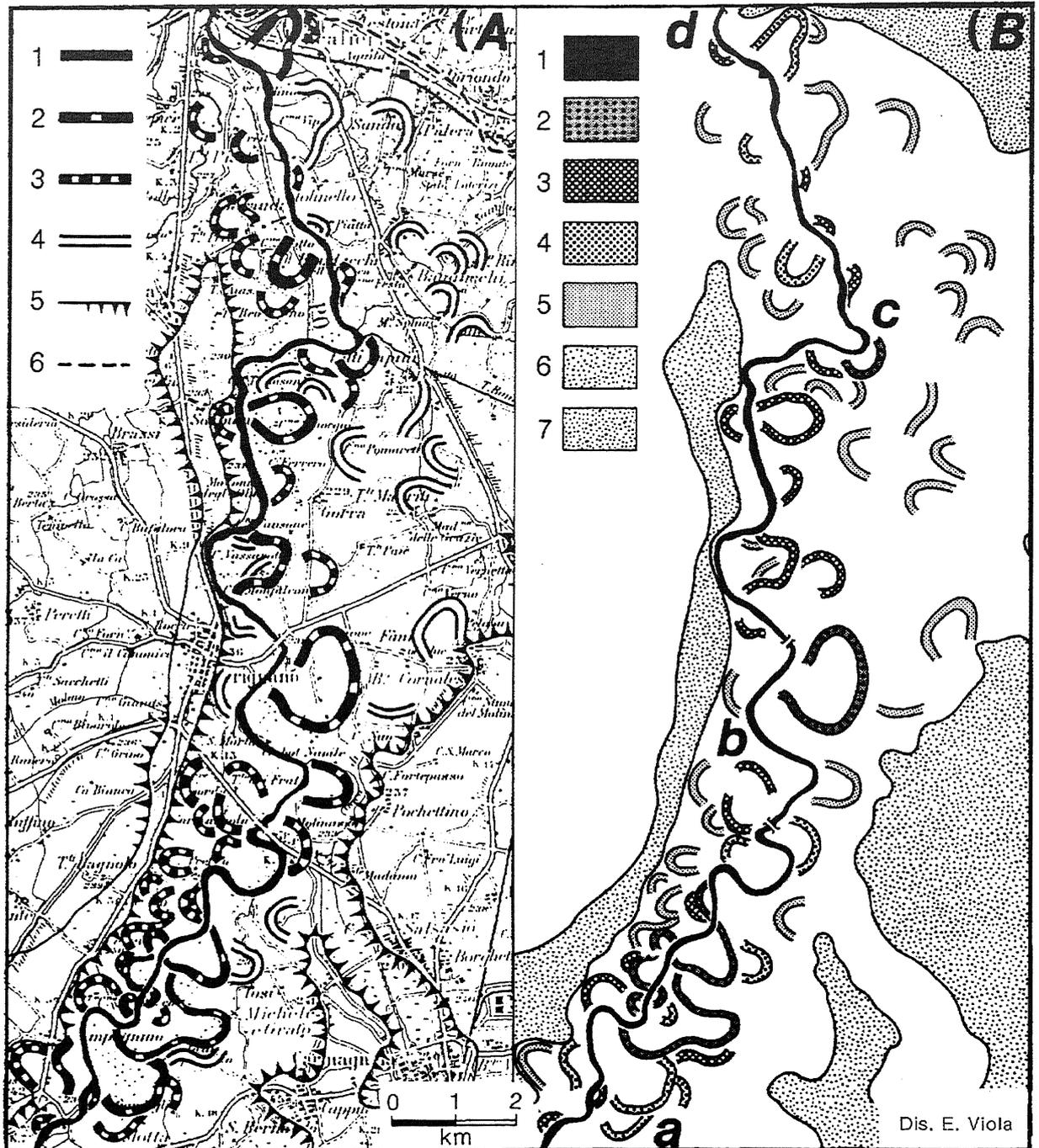


Fig. 3 - Carta idrografica della piana alluvionale del F. Po a monte di Torino: (A) forme fluviali e (B) evoluzione dei percorsi fluviali. In (A): 1) alveo attivo con andamento irregolare; 2) alveo abbandonato meandriforme con rive organarie conservate; 3) *idem* con riva concava conservata; 4) *idem* senza rive organarie conservate; 5) orlo e scarpata di terrazzo fluviale; 6) limite della pianura. In (B): 1) percorso fluviale attivo al 1991; 2) meandri abbandonati dopo il 1949; 3) tracce di percorsi attivi durante il XIX e prima metà del XX secolo; 4) tracce di percorsi attivi durante il XVIII secolo; 5) tracce di percorsi attivi prima del XVIII secolo; 6) terrazzo fluviale del Pleistocene; 7) altipiano con lembi di depositi fluviali del Pleistocene. In bianco la piana alluvionale olocenica. (Controllato ai sensi della legge 2.2 1960 n°68. Nulla osta alla diffusione n°290 in data 01.09.1993).

Hydrographic map of the Po River alluvial plain upstream from Turin: (A) types of river course and (B) evolution of river paths. In (A): 1) active channel with an irregular meandering; 2) abandoned meander bends with the original banks still preserved; 3) ditto, with concave bank still preserved; 4) ditto without preservation of the original banks; 5) river terrace; 6) alluvial plain limits. In (B): 1) water course in 1991; 2) meander abandoned after 1949; 3) traces of paths that were active during the 19th century; 4) traces of 18th century active paths; 5) traces of paths that were active before 1700; 6) fluvial terrace of the Pleistocene; 7) high plain with edges of Pleistocene fluvial deposits. In white: the Po River alluvial plain (Holocene).

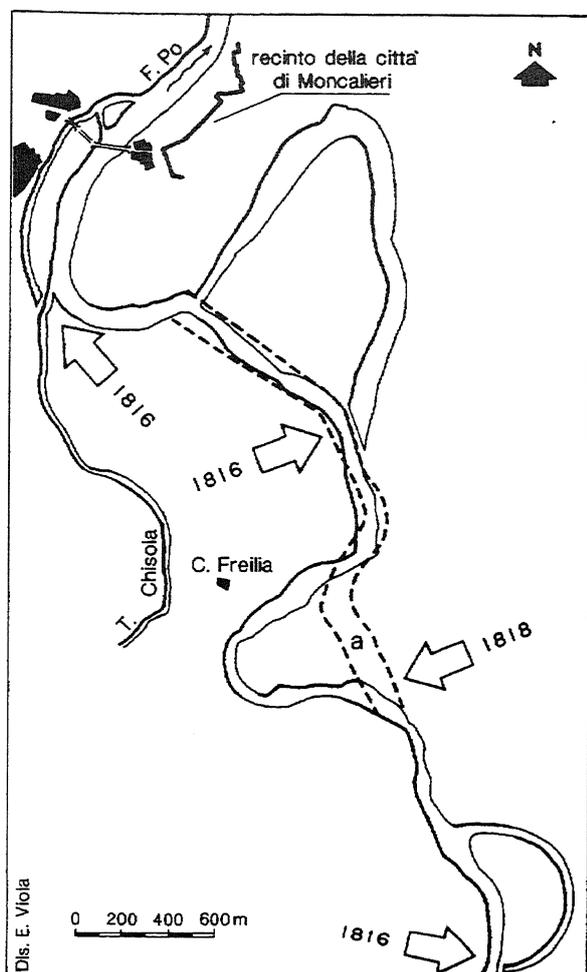


Fig.4 - Evoluzione del percorso fluviale per taglio di meandro (F. Po a monte di Torino). I tagli (freccie) sono stati prodotti da inalveazioni artificiali operate dalla città di Moncalieri (Torino); in a) il taglio è in progetto con opere di canalizzazione dell'alveo (Golzio, 1818, modificato e ridotto). *Channel adjustment in meandering by man made meander cut-off (Po River upstream from Turin). The cuts (arrows) were produced by artificial bed channelling works carried out by the City of Moncalieri (Turin) in 1816; in a) the cut is under design (Golzio, 1818, simplified and reduced).*

tendenzialmente rettilineo, con meandri relitti ascrivibili in prevalenza al XVIII secolo e anteriori; il settore mediano (b-c) presenta un percorso a meandri irregolari, controllati da lineamenti geometrici tra loro ortogonali orientati circa NE-SO e NO-SE, con meandri relitti ascrivibili in prevalenza al XIX secolo ed inizio del XX secolo; il settore di monte (a-b) presenta un percorso ad anse abbastanza pronunciate e conserva l'unica ansa di meandro ancora ben sviluppata con meandri relitti ascrivibili al XVIII, XIX e all'inizio del XX secolo. Per il settore di valle si sono trovate documentazioni di tagli artificiali di meandro operati durante il XIX secolo (Fig. 4).

### 3.2 Evoluzione del F. Po a monte della confluenza Ticino

Il tratto di Po qui preso ad esempio si estende per una lunghezza di circa 34 km a monte della confluenza del F. Ticino. Questo tratto è sotteso dall'idrometro di Becca, a pochi chilometri da Pavia, dove il F. Po è caratterizzato dalle seguenti portate per il periodo 1948-1979 (Min. LL.PP., 1980): media giornaliera di  $760 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ ; media delle massime annuali di circa  $4800 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ ; massima storica di  $11250 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  calcolata per il colmo della piena del 13 novembre 1951.

Nella piana alluvionale di sua pertinenza sono ben conservate le tracce di meandri abbandonati, sia sulla sponda destra che su quella sinistra, per una distanza variabile da 3 a 5 km rispetto all'asse fluviale, procedendo verso valle (Fig. 5).

Attualmente il fiume mostra una vistosa riduzione della sinuosità e può essere distinto in due tronchi: il primo, a valle di A in Figura 5, caratterizzato da un canale meandriforme di tipo *sinuous point bar* (Brice, 1984), caratterizzato da un basso indice di sinuosità, ed il secondo, a monte di A ancora in Figura 5, che presenta un modellamento di tipo intermedio tra la forma meandriforme ed

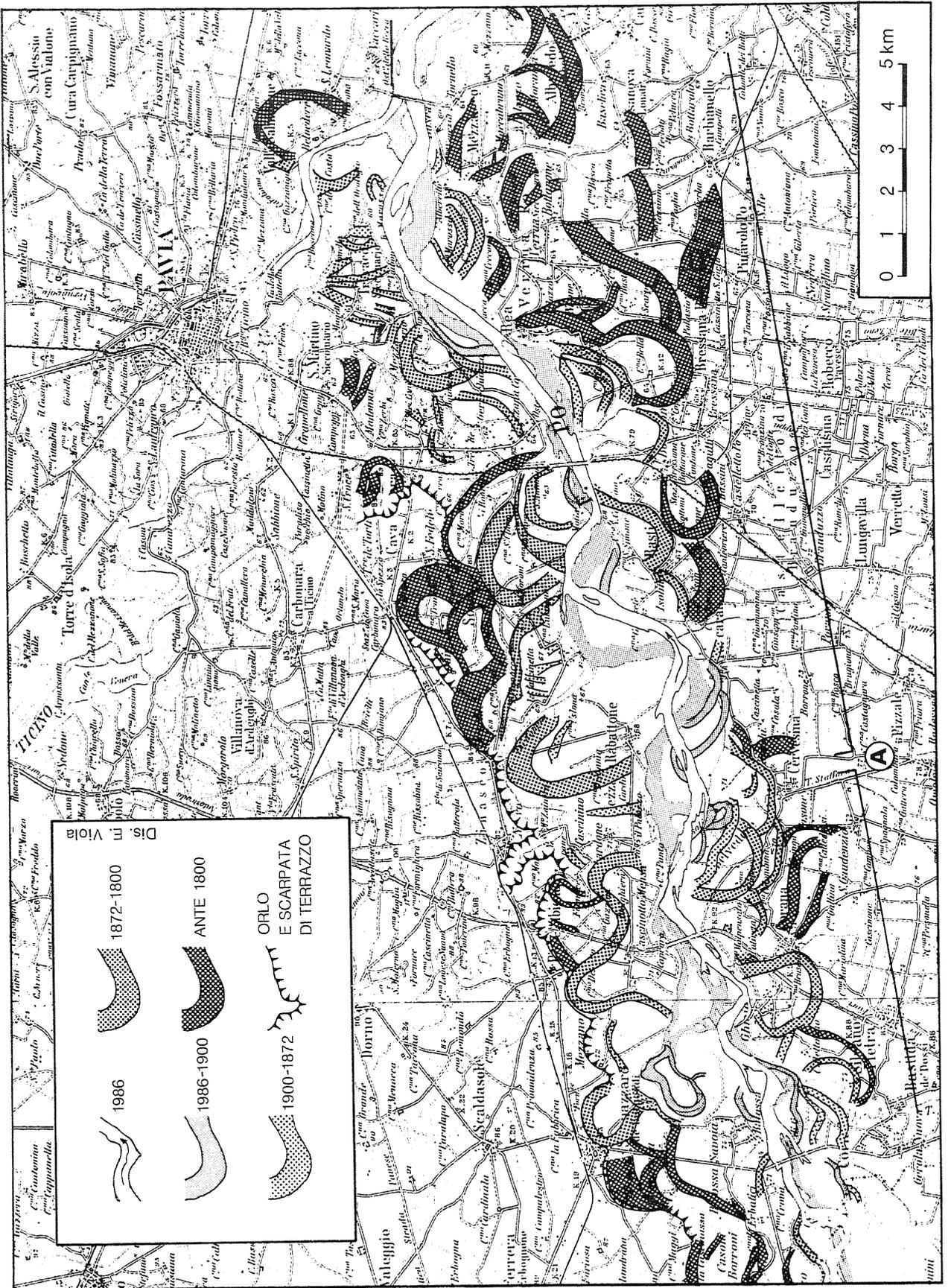
### 3.1 Evoluzione del F. Po a monte della città di Torino

La piana alluvionale a sud di Torino presenta diffuse forme relitte di meandro a testimonianza di un andamento meandriforme del percorso fluviale ben più sviluppato dell'attuale, che può essere classificato irregolare a tratti rettilineo, secondo Kellerhals & Church (1976).

Nel settore più prossimo alla città di Torino, per circa 20 km di asse vallivo, le forme fluviali indicano che la superficie alluvionale olocenica, compresa tra scarpate di terrazzo pleistocenico abbastanza continue anche se non molto alte ( $\pm 10 \text{ m}$ ) è stata modellata per migrazioni laterali del corso d'acqua verso occidente, ossia verso il margine sinistro dell'asse vallivo, con migrazione massima pari a 3-4 km. Sugli alvei relitti per taglio di meandri è conservata l'impronta geomorfica delle sponde almeno a partire dal XVII secolo e, per i casi più recenti documentati da fotografie aeree, è possibile riconoscere tagli di meandro per tracimazione, prodotti dalle correnti d'inondazione (*chute cut-off*) (Fig. 1).

Da un'indagine sulle variazioni di lunghezza intercorse sul percorso di Po tra il 1882 e il 1979 è stato rilevato che su un tratto meandriforme di lunghezza pari a 56 km nel 1882 si è prodotto dopo il 1945 un raccorciamento globale di 10 km (Maraga, 1983), a causa di quattro tagli di meandro associati alle piene del 1949, 1957 e 1977. Fino agli anni '40, per contro, lo stesso tratto meandriforme aveva subito un allungamento del 13%, per sviluppo di tortuosità nei meandri. Il percorso fluviale attuale, confrontabile planimetricamente al percorso del 1979, presenta in alveo sedimenti ghiaiosi al fondo con tessitura embriciata dei ciottoli sulla superficie delle barre, rimodellate dal trasporto solido selettivo. I dati idrologici sottolineano una variazione di regime con incremento dei valori massimi giornalieri delle portate concomitante al periodo in cui si sono prodotti i tagli di meandro (Fig. 2). Alla stazione di Moncalieri-Meirano, che sottende il tratto considerato, il F. Po ha una portata formativa valutabile in circa  $700 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (Caroni & Maraga, 1984), corrispondente alla media dei massimi valori di portata giornaliera registrati nel periodo 1927-1985.

Il quadro d'insieme dell'evoluzione fluviale tracciato in Figura 3 riguarda l'area maggiormente interessata dalle variazioni idrografiche del percorso meandriforme. In essa si fa rilevare che, attualmente, il settore di valle (c-d) presenta un percorso irregolare



Dis. M. Viola

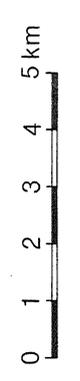
1872-1800

1886

1886-1900

ANTE 1800

ORLO E SCARPATA E DI TERRAZZO



una di tipo *sinuous braided* (Brice, 1984), assimilabile ad un alveo definito *wandering* o di transizione (Neill, 1973; Church, 1983; Carson & Griffiths, 1987; Billi, 1988). Tale forma è caratterizzata, da barre ghiaiose alternate, che non evolvono come barre di ansa convessa di meandro ma in modo più capriccioso, lasciando in vita canali secondari attivi e, quindi, denunciando instabilità planimetrica del canale di deflusso principale.

L'evoluzione recente delle forme fluviali in Figura 6 (1951-1986) evidenzia nei settori più rappresentativi le differenti modalità in cui si manifesta la dinamica fluviale nei due tronchi: rispettivamente, una progressiva traslazione dell'asse di meandro verso valle, accompagnata da un anomalo raccorciamento dell'alveo per impatto antropico e, per contro, una alterna posizione da sponda a sponda del canale di deflusso principale che si traduce in raccorciamenti e riallungamenti dell'asse fluviale legati ad alterna occlusione e inalveazione di canali secondari (Saucier, 1983). Questi meccanismi evolutivi, pur nella loro diversità, hanno portato ad un raccorciamento globale del percorso fluviale a causa della notevole diminuzione dell'indice di sinuosità per appiattimento dell'ampiezza dei meandri. All'interno del periodo preso in considerazione il massimo spostamento dei meandri verso valle comunque misurato è stato di circa 200 metri per anno nel periodo 1951-1966 (Dutto, 1987) e ciò ha trovato un buon riscontro nell'elevato numero di giorni con altezze idrometriche superiori a 2 m sullo zero di Becca, corrispondenti a portate superiori a  $2000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  (Dutto & Nardin, 1989).

Se consideriamo un più ampio ambito temporale (cfr. Fig. 5) possiamo rilevare come sul territorio il fiume abbia lasciato forme di meandro relitte molto evidenti il cui raggio di curvatura pare aumentare nel tempo sino alle più recenti forme di questo secolo che risultano molto appiattite. Molte forme relitte sono ascrivibili a rettifiche di percorso eseguite in passato per mettere in salvo centri abitati e possedimenti dal pericolo delle erosioni. Le più antiche testimonianze delle opere di rettifica eseguite in questo tratto di Po risalgono al XV secolo.

Il modellamento del tratto definito di transizione può essere legato all'approfondimento subito in modo generalizzato dal corso d'acqua, ma particolarmente manifesto proprio in questo tratto dopo il 1951 (3-4 m), dove il fondo dell'alveo ha inciso i livelli ghiaiosi nei sedimenti alluvionali della piana olocenica.

La variazione della geometria verso forme sinuose sempre più appiattite trova giustificazione nello sviluppo delle difese spondali in riva concava progressivamente estese per difendere i tratti di argine minacciati dai processi erosivi, indotti dalla migrazione verso valle per traslazione dei meandri, e per la stabilizzazione del canale di deflusso. Una non trascurabile concausa potrebbe essere identificata in un cambiamento di regime delle portate del F. Po. Nel periodo che va dal 1870 al 1930 è stato notato come le massime altezze idrometriche annuali fossero le più elevate nell'ambito di un periodo di osservazione compreso tra il 1851 e il 1986 (Dutto, 1990). Sei decenni di piene elevate ma anche prolungate: si ricordi che la piena non di certo eccezionale del gennaio 1897 fu la 21esima nel breve volgere di sei mesi e chiuse un decennio a dir poco catastrofico per i danni arrecati dalle inondazioni del F. Po a tutta la Lomellina ed il Vogherese (Dutto, 1987).

#### 4. OSSERVAZIONI CONCLUSIVE

L'analisi delle variazioni fluviali ha messo in luce che, in questo secolo, più importanti delle migrazioni laterali e dei cambiamenti di percorso, e sicuramente indotti dall'impatto antropico, sono stati i cambiamenti di modellamento d'alveo, i quali segnalano mutate condizioni idrodinamiche dei deflussi. Gli esempi presentati per i corsi d'acqua padani circa lo stato attuale e le tendenze evolutive dei percorsi fluviali originariamente con alveo a canali multipli intrecciati e con alveo a canale unico meandriforme fanno emergere le seguenti considerazioni di carattere generale.

Nell'area pedemontana, il restringimento progressivo dell'alveo a canali intrecciati ha comportato la concentrazione dei deflussi in un canale principale e la definizione di una forma d'alveo di transizione (*wandering*), con rilevanti processi di abbassamento della linea di fondo. Nell'area di piana alluvionale, l'evoluzione manifestatasi con la riduzione di sinuosità dell'alveo meandriforme, e quindi riduzione della lunghezza di percorso, ha portato a sviluppare forme d'alveo rettilineo o di transizione (*wandering*) con modellamento di un canale di deflusso ordinario più inciso e talora ridotto in larghezza per abbandono di aree prima d'ora pertinenti al letto fluviale.

Per quanto riguarda il peso avuto dagli interventi antropici in queste variazioni dei corsi d'acqua è stato osservato che la forma rettilinea o di transizione risultante da un'originaria forma meandriforme viene a prodursi su percorsi fluviali interessati da tagli artificiali di meandro, dei quali si ha documentazione storica a partire dal XV secolo, con frequenti citazioni anche di opere idrauliche accessorie, compiute a difesa dalle "corrosioni" di sponda per il mantenimento della nuova inalveazione. La fondamentale modificazione della morfologia fluviale nell'originario percorso pluricursale marcata, essa, nella seconda metà di questo secolo, trova riscontro, in particolare, con l'intensa attività estrattiva d'inerti dagli alvei fluviali e relative opere di difesa dalle erosioni di sponda, che avrebbero accentuato una evoluzione già in atto causata da un insufficiente apporto solido dai bacini montani. Dunque il modellamento di tipo *wandering*, sia originato dagli alvei di tipo monocursale, sia originato dagli alvei di tipo pluricursale, avrebbe un carattere di convergen-



Fig.5 - Carta cronologica delle forme fluviali relitte: il F. Po tra confluenze Scrivia e Ticino: (A) separa i due tratti di differente modellamento fluviale. (Controllato ai sensi della legge 2.2 1960 n°68. Nulla osta alla diffusione n°290 in data 01.09.1993).

*Chronological map of relict fluvial forms. The Po River between the Scrivia and Ticino confluences.*

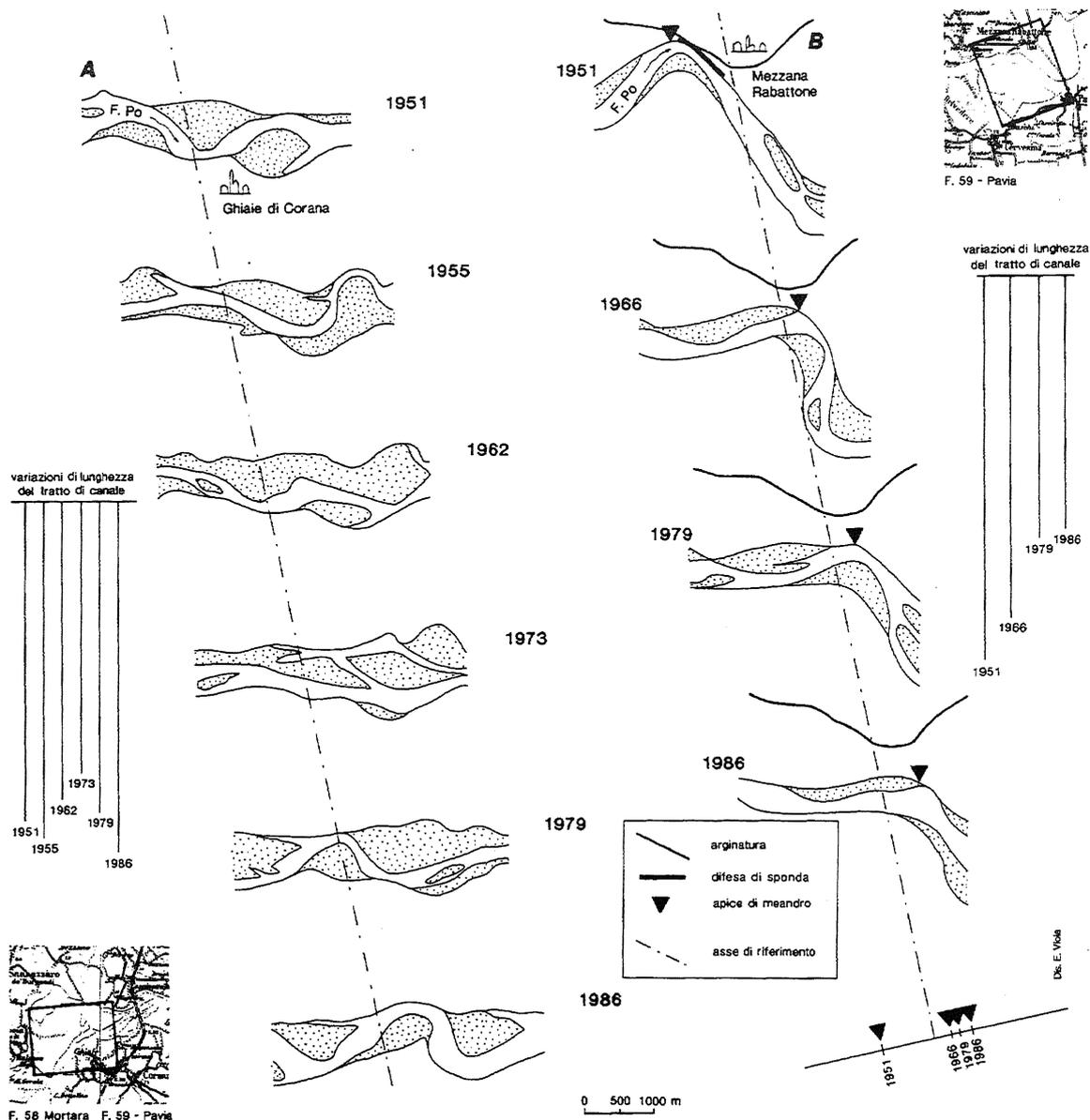


Fig.6 - Differenti tipologie di evoluzione del canale fluviale (da foto aeree). In A) il F. Po a Ghiaie di Corana (PV) è caratterizzato da un comportamento di tipo "wandering". In B) il F. Po a Mezzana Rabattone (PV) è caratterizzato da un comportamento meandriforme condizionato dalla presenza delle difese di sponda. Mappe di locazione dai tipi dell'Istituto Geografico Militare (autorizzazione n°3881 in data 13.09.1993).

*Different types of fluvial channel evolution (from aerial photographs). In A) the Po River at Ghiaie di Corana (Pavia) exhibits a wandering type behaviour. In B) at Mezzana Rabattone (Pavia) the river is characterized by a confined and irregular meander behaviour.*

za evolutiva delle forme indotta da situazioni antropiche. A meno di variazioni di pendenza della superficie di pianura che si siano prodotte negli ultimi secoli tali da essere efficaci sul rimodellamento fluviale, dette evoluzioni trovano comunque supporto nelle nuove condizioni sedimentarie in alveo e in concomitanti variazioni del regime delle portate almeno del F. Po, che si sono prodotte dopo il 1945 nel settore a monte di Torino e tra il 1870 e il 1930 nel settore a monte della confluenza Ticino.

Le modificazioni sugli idrosistemi fluviali considerati sono riconducibili essenzialmente alla incisione progressiva degli alvei con riscontro di: perdita di aree pertinenti ai deflussi di piena a parità di portate, per la maggior capacità di deflusso degli alvei; depauperamento della falda freatica per drenaggio fluviale; occupazione del letto maggiore ad uso antropico.

Il sistema fisico fluviale risulta quindi molto coinvolto dal sistema umano, tanto che le mutate condizioni idrodinamiche dei deflussi entro le originarie forme estreme di alveo a canali multipli intrecciati e a canale unico meandriforme possono comportare un effetto di risonanza sia a monte che a valle dei percorsi già oggetto di metamorfosi fluviale, con particolare tendenza verso una maggiore stabilità planimetrica del fiume per effetto della indotta canalizzazione dell'alveo.

## NOTAZIONE

Hanno collaborato: Ettore Beretta (ricerche archivistiche), Renato Massobrio (analisi granulometriche), Caterina Tantarò (gestione informatica del testo), Pier Giuseppe Trebò (riproduzioni fotografiche), Edoardo Viola (disegno) del CNR IRPI, Torino. e Sergio Salsa (dati idrologici) del SIMI, Torino.

## BIBLIOGRAFIA

- Billi P., 1988 - *Morfologie fluviali*. Giornale di Geologia, ser. 3, **50** (1-2), 27-38.
- Brice J.C., 1984 - *Planform properties of meandering rivers*. In: Elliott M. (ed.) *River Meandering*, Proc. Conf. "Rivers '83", New Orleans (Louisiana), 24-26 ott. 1983, Am. Soc. Civ. Eng., New York, 1-15.
- Caroni E. & Maraga F., 1984 - *Dimensionamento naturale degli alvei fluviali e torrentizi nel bacino padano in relazione alle portate di piena*. Atti 19° Congr. Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Pavia, 6-8 sett. 1984, A 19, 12 pp.
- Carson M.A. & Griffith G.A., 1987 - *Transitional channel types between meandering and braiding*. J. Hydrol. (NZ), **26**, 1, 117-120.
- Church M., 1983 - *Pattern of instability in a wandering gravel bed channel*. In: Collinson & Lewin (eds), *Modern and ancient fluvial systems*, Spec. Publ. of Int. Ass. of Sedimentologists, **6**, 169-180.
- Dutto F., 1987 - *La piana alluvionale del F. Po tra F. Tanaro e F. Ticino: studio geomorfologico e idrometrico finalizzato alla definizione delle aree allagabili*. Tesi di laurea, Università di Torino, 249 pp.
- Dutto F., 1990 - *Considerazioni sulla distribuzione negli ultimi secoli delle piene del F. Po a monte di Piacenza*. Atti del Workshop: "Effetti degli inquinanti atmosferici e del clima sugli ambienti naturali e sui manufatti", Bressanone, 63-68.
- Dutto F. & Nardin E., 1989 - *Intensità dei processi erosivi lungo le sponde del fiume Po in territorio Pavese*. Atti del Congresso di Geoingegneria "Suolosottosuolo", Ass. Mineraria Subalpina, Torino, 27-30 sett., Litografia Geda, Torino, Vol. 1, 77-84.
- Golzio G., 1818 - *Tipo di planimetria dell'attuale corso del Fiume Po in territorio di Moncalieri*. Carta e indice conservati presso l'Archivio di Stato di Torino.
- Kellerhals R. & Church M., 1976 - *Classification and analysis of river processes*. J. Hydraul. Div., Am. Soc. Civ. Eng., **102**, HY7, 813-829.
- Maraga F., 1983 - *Morphologie fluviale et migration des cours d'eau dans la haute plaine du Po*. Geol. Jb. Hannover, A 71, 219-236.
- Maraga F., 1989 - *Ambiente fluviale in trasformazione: l'alveo-tipo pluricursale verso un nuovo modellamento nell'alta pianura padana*. Atti Congresso di Geoingegneria "Suolosottosuolo", Ass. Mineraria Subalpina, Torino, 27-30 sett. Litografia Geda, Torino, Vol. 1, 119-128.
- Maraga F., 1991 - *Aspetti idrografici della pianura cuneese in relazione alla geomorfologia e alla dinamica fluviale*. Atti Convegno "Canali in provincia di Cuneo", Bra (Cuneo), 20-21 mag. 1989, Soc. Studi Storici Artistici Architettonici, Cuneo, n.29, 21-37.
- Maraga F., 1992 - *Riduzione del campo di attività fluviale e disponibilità di sedimento nei tratti d'alveo pluricursali: casi di studio nella pianura padana*. Atti Convegno: "Fenomeni di erosione e alluvionamenti degli alvei fluviali", Ancona, Università degli Studi, 14-15 ott. 1991, Tipolito Flamini, Ancona, 51-62.
- Min. LL.PP., Magistrato per il Po, Parma, 1968 - *Carta del corso del F. Po da Moncalieri al Mare Adriatico, rilievo aerofotogrammetrico 1966-1967*. Tip. Riunite Donati, Parma, 10 tavv.
- Min. LL.PP., Servizio Idrografico, 1980 - *Dati caratteristici dei corsi d'acqua italiani*. Pubbl. n.17, Istituto Poligrafico di Stato, Roma, 362 pp.
- Neill C.R., 1973 - *Hydraulic and morphologic characteristics of Athabasca River near Fort Assiniboine*. Highway River Eng. Div. Report, Alberta Research Council, Edmonton, Canada, REH/73/3, 23 pp.
- Saucier R.T., 1984 - *Historic changes in Current River meander regime*. In: Elliot M. (ed.), *River Meandering*, Proc. Conf. "Rivers '83", New Orleans (Louisiana), 24-26 ott. 1983, Amm. Soc. Civ. Engr., New York, 180-190.
- Schumm S.A., 1969 - *River metamorphosis*. J. Hydraul. Div. Am. Soc. Civ. Engrs., **95**, HY1, 255-273.