

CAPITOLO 5 - CHAPTER 5

IDROGRAFIA - HYDROGRAPHY

MARCO BONDESAN

con il contributo di - *with a contribution by* D. CASTALDINI

Il disegno, in azzurro, del reticolo idrografico (*corsi d'acqua e canali*), e delle linee di costa costituisce, assieme alle città e alle isoipse, la base topografica della *Carta*. Il colore azzurro è sostituito dal nero per le opere artificiali, come *dighe, argini, opere di stabilizzazione in alveo* ecc. Per una più completa trattazione dell'evoluzione idrografica del territorio e delle forme artificiali o di particolare rilevanza agli effetti applicativi, si rimanda ai Capitoli 9, 10, 12, 14 e 15.

5.1 Linea di costa marina e delle lagune

La fascia costiera è distinta in tre ben differenziati settori: a costa lineare quello meridionale (pianura costiera della Romagna), ormai quasi del tutto privo di zone umide; a costa articolata il settore centrale, dominato dai delta antichi e attuali del Po e con vari stagni costieri, ancora a costa articolata il settore nord-orientale, per la dominanza di lagune (lagune di Venezia, Càorle, Marano e Grado).

La posizione della costa marina e lagunare nell'Emilia-Romagna e nel Veneto è stata aggiornata mediante immagini da satellite (Landsat 5 TM - 22 Agosto 1985 - banda 7); quella del Friuli-Venezia Giulia mediante rilievi diretti del 1985, controllati con rilievi aerofotogrammetrici del 1990.

Dall'Atlante delle Spiagge Italiane (C.N.R., 1985) sono stati tratti dati sulle tendenze evolutive attuali, che sono stati poi verificati o aggiornati.

Sulla base delle fonti già precisate o di altri specifici rilievi aerofotografici è stata definita la posizione della linea di riva degli altri specchi d'acqua interni.

La *Carta* segnala inoltre i maggiori *canali lagunari*, tratti dalle carte dell'Istituto Idrografico della Marina, dalle Carte Tecniche Regionali, da recenti carte nautico-turistiche e da carte tecniche specifiche per zone di parti-

Blue lines indicating rivers and canals, together with cities and contour lines, and the coastline, make up the topographic basis for the Geomorphological Map. Blue is replaced by black for artificial works such as dams, levees, works controlling riverbed stability, etc.. For more complete details of the hydrographic evolution of the territory and the artificial forms, or ones of particular relevance for applicational purposes, see Chapters 9, 10, 12, 14 and 15.

5.1 Sea and lagoon coastlines

The coastal belt has three clearly separate sectors: the straight coastline to the South (coastal plain of Romagna), now almost completely devoid of wetlands; the irregularly shaped coast of the central sector, dominated by the ancient and present-day deltas of the Po, with brackish ponds; and the again irregular coast of the north-eastern sector, where lagoons mainly prevail (lagoons of Venice, Càorle, Marano and Grado).

The position of the sea and lagoon coastlines in Emilia-Romagna and Veneto has been updated using satellite images (Landsat 5 TM - August 22, 1985 - band 7); in Friuli-Venezia Giulia direct surveys of 1985 were used, and checked against the aerial survey photographs of 1990.

Data on current evolutionary trends are taken from the Atlas of Italian Beaches (C.N.R., 1985), further verified or updated.

According to the above-mentioned sources or other specific aerial surveys, the position of the shoreline of the other, internal, bodies of water is defined.

The Map also shows the main lagoon channels, taken from maps of the Istituto Idrografico della Marina, Carte Tecniche Regionali, recent nautical maps made for tourist purposes, and specific technical maps for areas of particular

colare interesse. Del complesso reticolo dei canali naturali che, permettendo la circolazione delle acque spinte dal flusso e riflusso delle maree, vivifica le lagune, sono stati rappresentati, data la scala della *Carta*, solo i rami più importanti, ossia i canali principali e secondari. I canali principali svolgono la funzione di trasporto delle masse d'acqua fluviali al mare, o di collegamento con il mare dei maggiori settori della laguna; i canali secondari assolvono alla funzione di drenare o disperdere le acque all'interno dei vari bacini lagunari e in genere si innestano sui principali con angoli di circa 90° (Gatto & Marocco, 1993).

5.2 La rete idrografica

Come è noto, mentre la parte centro-occidentale della Pianura Padana ricade nel bacino del Po, la parte nord-orientale comprende anche i settori pianeggianti dei bacini dei fiumi veneto-friulani e la sud-orientale quelli dei bacini del Reno e dei fiumi romagnoli, fino al Conca (fig. 5.1).

Un elemento di evidente dissimmetria nella rete fluviale è costituito dal fatto che i fiumi discendenti dalle Alpi presentano sistematicamente lunghezze maggiori di quelli discendenti dagli Appennini; tale caratteristica, che è conseguenza diretta della evoluzione geologica dell'Italia Settentrionale, vale non solo per gli affluenti del Po, ma anche per i fiumi che sfociano direttamente in mare.

Vari corsi d'acqua minori sfociano nelle lagune, altri convogliano acque di risorgiva (come il Sile) oppure solamente acque di scolo, come avviene per numerosi canali di bonifica. La *Carta* riporta tutti questi adduttori di acque al mare, tralasciando i nomi dei canali minori.

Non sono mai rappresentati i confini dei vari bacini: in pianura una ripartizione in bacini (idrografici o idrogeologici) sarebbe infatti mutevole e di scarso significato.

Nella rappresentazione dei fiumi la scala della *Carta* ha imposto varie semplificazioni e rinunce; essi sono stati in genere rappresentati con una linea singola, con la sola eccezione per il Po e per i più larghi tratti di foce di alcuni altri fiumi. La loro forma è stata per lo più tratta dalla più recente cartografia I.G.M.; ove si rendevano necessari aggiornamenti, sono state utilizzate le Carte Tecniche Regionali dell'Emilia-Romagna (rilievi del 1978), del Veneto (rilievi del 1978 per la parte costiera, e del 1983) e della Lombardia (rilievi del 1983), nonché immagini da satellite.

Alla rete idrografica appartiene anche la rete dei *canali artificiali* (cfr. paragr. 12.5). La *Carta* segnala, in azzurro, i canali navigabili e altri canali a servizio della gestione delle acque superficiali; in particolare, per quanto riguarda questi ultimi, vengono riportati quelli che esplicano la funzione scolante, mentre dei canali di irrigazione sono indicati solo i più importanti, destinati al prelievo di acque dai fiumi, come il Canale Cavour, il Canale Villoresi e il Canale Emiliano Romagnolo.

Le aree bonificate sono messe in risalto dalla più fitta trama della rete dei canali; si è scelto però di non rappresentare i numerosissimi impianti di sollevamento delle acque, le opere di presa e gli altri manufatti puntuali che

interest. Of the complex network of natural channels which, allowing circulation of water under the influence of tides, vivifies the lagoons, here, given the scale of the Map, only the most important branches are shown, i.e., main and secondary channels. The main channels have the function of transporting masses of river water to the sea, or of linking the major sectors of lagoons to the sea; the secondary ones have the function of draining or dispersing waters inside the various lagoon basins, and generally enter the main channels at approximately right angles (Gatto & Marocco, 1993).

5.2 River network

As is known, the central-western part of the plain is part of the Po basin, whereas the north-eastern part also contains the low sectors of the basins of the Veneto and Friuli rivers and the south-eastern part of the low basins of the Reno and Romagna rivers, as far as the Conca (fig. 5.1).

One element of evident dissymmetry in the river network is that the rivers descending from the Alps are always longer than those descending from the Apennines. This characteristic, which is the direct consequence of the geological evolution of Northern Italy, applies not only to tributaries of the Po but also to rivers debouching directly into the sea.

Several minor rivers debouch into lagoons, others convey spring waters (like the Sile), or simply discharge waters (examples are the reclamation canals). The Map shows all these, although the names of the smallest canals are not marked.

The boundaries of the various basins are not shown, since their subdivision (hydrographic or hydrogeological) would be too changeable and of little significance.

As regards the representation of rivers, the scale of the Map required various simplifications and sacrifices. Rivers are generally shown as single lines, with the sole exception of the Po and the larger mouth stretches of some of the other rivers. Their shape is mainly taken from the most recent I.G.M. maps. Where updating was necessary, the Carte Tecniche Regionali of Emilia-Romagna (1978 surveys), Veneto (surveys of 1978 for coastal part, and 1983), and Lombardy (1983 surveys), as well as satellite images, were used.

The hydrographic network includes canals (see Chapter 12, section 12.5). Of the many artificial canals which flow through the Po Plain, the Map shows in blue navigable canals and others used for management of surface waters. In particular, as regards the latter, the Map shows those which have a drainage function; only the largest canals from which water is taken for irrigation are marked, e.g., Cavour, Villoresi and Emiliano Romagnolo canals.

Reclaimed areas are highlighted by the dense network of canals, although it was decided not to represent the very numerous pumping plants, intakes and other single artifacts used for hydraulic management of the land beyond the rivers. Only the main underpasses between canals and rivers or between different canals are indicated.

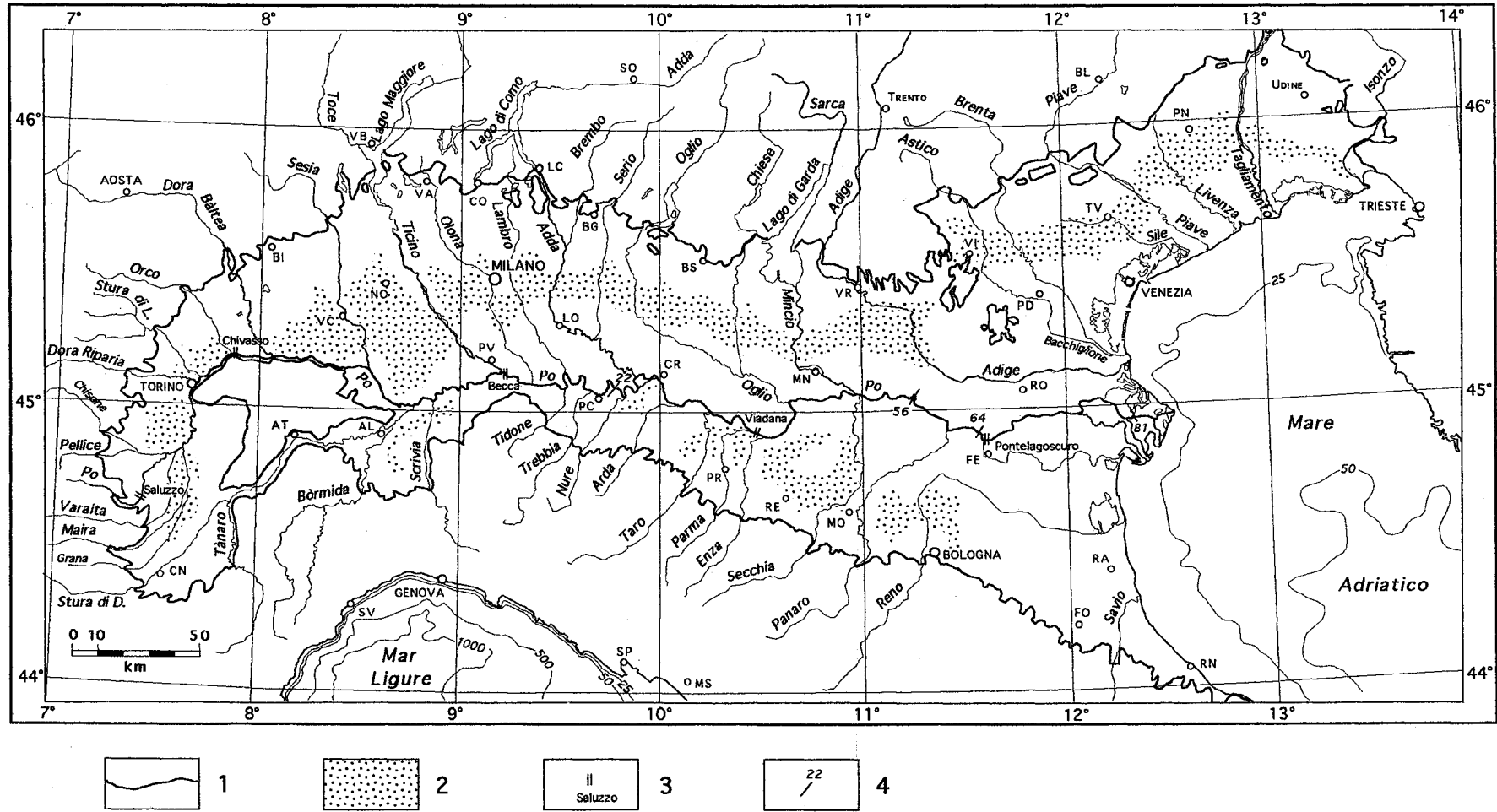


FIG. 5.1 - Carta idrografica della Pianura Padana. 1 - limite delle aree rappresentate nella *Carta Geomorfologica*; 2 - aree a risorgive; 3 - ubicazione delle sezioni di misura delle portate del Po presentate nelle figure da 5.2 a 5.6; 4 - ubicazione delle sezioni trasversali dell'alveo del Po («Sezioni Brioschi») presentate nella fig. 5.7.

FIG. 5.1 - Hydrographic map of Po Plain. 1 - boundary of areas shown on *Geomorphological Map*; 2 - spring areas; 3 - location of Po gauging stations shown in figs. 5.2 to 5.6; 4 - location of cross-sections in Po riverbed, shown in fig. 5.7 («Brioschi sections»).

permettono la gestione idraulica del territorio esterno ai fiumi, dando indicazione solo dei principali sottopassi fra canali e fiumi o fra canali diversi.

Del tutto speciale è il caso del Cavo Napoleonico; riattivato negli anni '60 come «scolmatore di Reno», in realtà non riversa quasi mai le acque di Reno in Po: data la sua elevata capacità (oltre 10 Mm³), ci si limita in genere a farlo funzionare da cassa di espansione delle piene del Reno. La sua funzione ordinaria è invece quella di prelevare acque del Po per l'irrigazione: è infatti il primo tratto del «Canale Emiliano Romagnolo», già citato.

Nella *Carta* sono anche rappresentati, con simboli particolari, i principali canali abbandonati e quelli in costruzione.

5.3 Lineamenti di idrologia

Nella fig. 5.2 sono presentate le portate dei maggiori fiumi della Pianura Padana. In alcuni casi sono stati riportati i dati relativi a stazioni idrometriche di bassa pianura, in altri casi a stazioni idrometriche assai più alte, in funzione della significatività e della disponibilità dei dati (Cati, 1981). Per il Po e i suoi affluenti, allo scopo di fornire un quadro il più possibile ricco e omogeneo, vengono presentati nella stessa figura i risultati di uno studio aggiornato al 1983 ed eseguito in gran parte su modello (Lamberti, 1990).

L'analisi dei diagrammi sulle portate medie mensili (figg. 5.3, 5.4 e 5.5) mette in luce che il complesso dei fiumi della Pianura Padana, facendo riferimento alla situazione all'uscita dei bacini montani, può essere distinto nei seguenti gruppi.

1) *Fiumi a regime nivoglaciale*, che presentano un massimo di portata dalla tarda primavera a metà estate, un minimo invernale e sono praticamente privi di magre estive; si tratta di un regime tipico di molti fiumi alpini, con portata in genere notevole, benché fortemente variabile nell'arco dell'anno: è il caso dell'Adige, dell'alto Po, e di alcuni dei suoi affluenti di sinistra, quali la Dora Báltea, la Sesia e il Ticino (fig. 5.3).

2) *Fiumi a regime pluviale*, con massimi in primavera e in autunno, e un minimo molto pronunciato in estate; è un regime riscontrabile soprattutto negli affluenti di destra del Po, quali Trebbia, Taro, Secchia, Panàro ecc., nonché nei fiumi romagnoli (fig. 5.4): il contributo nivale è molto minore e complessivamente la portata è assai ridotta.

3) *Fiumi a regime misto (pluvio-nivale)*, con massimi in tarda primavera e in autunno e con una sensibile magra estiva (fig. 5.5); questo tipo di regime si articola in numerosi sottotipi:

- con minimo assoluto invernale e massimo assoluto primaverile (v. Tagliamento e Piave)
- con minimo assoluto invernale e massimo assoluto autunnale (v. Isonzo)
- con minimo assoluto estivo (v. Tànaro).

Si hanno anche regimi che risentono dell'inerzia idraulica dovuta alla presenza di laghi naturali e/o di invasi artificiali, di apporti di circolazioni carsiche oppure di reti artificiali che trasferiscono acque da un bacino all'altro

The case of the Cavo Napoleonico is unique: re-activated in the 1960s as the «Reno floodway», in fact it hardly ever sends waters from the Reno to the Po. In view of its high capacity (more than 10 Mm³), it occasionally functions as controlled flood washland for the Reno. Its ordinary function is that of taking Po waters for irrigation: in this, it is the first stretch of the Canale Emiliano Romagnolo.

The main abandoned canals or canals under construction are also marked on the Map with special symbols.

5.3 Hydrological lineaments

Fig. 5.2 shows the water discharges of the main plain rivers. In some cases, data from hydrometric stations in the low plain are reported, and in others data from much higher stations, according to data significance and availability (Cati, 1981). For the Po and its tributaries, with the aim of supplying a picture as rich and homogeneous as possible, fig. 5.2 also shows the results of a study updated to 1983 and executed mostly according to a model (Lamberti, 1990).

Figs. 5.3, 5.4 and 5.5, showing mean monthly discharges, clearly indicate that the complex of Po Plain rivers, referring to the point at which the rivers exit from their mountain basins, may be distinguished into the following groups.

1) Rivers with nivo-glacial regime, with maximum flows from late spring to mid-summer, minimum flow in winter. This is the typical regime of many Alpine rivers, with practically no summer low water and with discharges which are generally considerable although highly variable throughout the year. Examples are the Adige, the high Po and some of its left-hand tributaries such as the Dora Báltea, Sesia and Ticino (fig. 5.3).

2) Rivers with pluvial regime, with maximum flows in spring and autumn and pronounced low water in summer. This is the case mainly of the right-hand tributaries of the Po such as the Trebbia, Taro, Secchia, Panàro, etc., and the Romagna rivers (fig. 5.4). Snow meltwater is less and the discharge is reduced.

3) Rivers with mixed (pluvio-nival) regimes, with maxima in late spring and autumn, and greatly reduced flow in summer (fig. 5.5). This type of regime may have many subdivisions:

- absolute winter minimum and absolute spring maximum (e.g., Tagliamento, Piave);
- absolute winter minimum and absolute autumn maximum (e.g., Isonzo);
- absolute summer minimum (e.g., Tànaro).

There are also regimes which are influenced by hydraulic inertia due to the presence of natural lakes and/or large artificial basins, supplies from karstic circulation, or artificial networks which transfer water from one basin to another (as occurs for the Mincio, a river flowing from Lake Garda, which sometimes receives water from the Adige through the Mori-Tórbole subterranean conduit).

It must also be noted that great quantities of water are taken from the major rivers in the plain for irrigation pur-

FIG. 5.2 - Portata liquida media annua (m³/sec) dei principali fiumi della Pianura Padana, all'uscita dei bacini montani e alla confluenza nel Po (o presso la foce). Per il Po e relativi affluenti i dati si riferiscono al periodo 1951-83 (Lamberti, 1990), per l'Adige al 1958-75 (Avanzi, 1976), per il Brenta al 1955-68 (Tessari, 1981), per il Piave al 1933-40 (Vollo, 1942), per il Tagliamento e l'Isonzo al 1932-76 (C.N.R. 1985), per il Reno al 1921-75 (C.N.R. 1985), per il Savio al 1950-70 (C.N.R. 1985). Per il Po sono indicate le portate medie all'uscita dal bacino montano (Saluzzo), alla chiusura (Pontelagoscuro, presso Ferrara) e in altre sezioni intermedie.

FIG. 5.2 - Mean annual water discharge (m³/sec) of main rivers in Po Plain, at exit from mountain basins and at confluence with Po (or near mouth). For Po and tributaries, data refer to 1951-83 (Lamberti, 1990); for Adige to 1958-75 (Avanzi, 1976); for Brenta, to 1955-68 (Tessari, 1981); for Piave, to 1933-40 (Vollo, 1942); for Tagliamento and Isonzo, to 1932-76 (C.N.R., 1985); for Reno, to 1921-75 (C.N.R., 1985); and for Savio, to 1950-70 (C.N.R., 1985). For Po, discharges are indicated at exit from mountain basin (Saluzzo), at last section (Pontelagoscuro, near Ferrara), and at other intermediate sections.

		All'uscita dal bacino montano At exit from mountain basin	Alla confluenza nel Po o presso la foce At confluence with Po River or near mouth	PO	Alla confluenza nel Po o presso la foce At confluence with Po River or near mouth	All'uscita dal bacino montano At exit from mountain basin			
Affluenti del Po in destra Right Po tributaries	Varaita	9	10	(Saluzzo) 22	14	4	Affluenti del Po in sinistra Left Po tributaries	Pellice	
	Maira	11	23		27	7		Chisone	
	Grana	5			23	26		Dora Ripaira	
				(Chivasso) 169	30	19		20	Stura di L. Orco
	Stura di D.		132		86	92		59	Dora Báltea
	Tànaro				299	295			Sesia
	Bormida	16	18	(Becca) 808	30				Ticino
	Scrvia				57	13			Olona
	Tidone	3	4		214	161			Lambro
	Trebbia	26	25						Adda
Nure	7	8					Brembo		
Arda	2	3					Serio		
Taro	38	39							
Parma	9	18							
Enza	15		(Viadana) 1305	166	59		Oglio		
Secchia	23	29		40	33		Chiese		
Panàro	22	30	(Pontelagoscuro) 1565		58		Mincio		
Fiumi romagnoli Romagna rivers							Fiumi veneto-friulani Veneto and Friuli rivers		
Reno	25	41	Mare Adriatico	207	75		Adige		
Savio	7		Adriatic Sea				Brenta		
							Piave		
							Tagliamento		
							Isonzo		

(come avviene per il Mincio, emissario del lago di Garda, nel quale possono essere immesse acque dell'Adige attraverso la condotta sotterranea Mori-Tórbole).

Si deve inoltre considerare che ai maggiori fiumi, in pianura, vengono sottratti nella stagione estiva grandi quantità d'acqua per l'irrigazione; per questo motivo si verifica ad esempio che vari tributari alpini presentano, alla confluenza nel Po, un regime notevolmente modificato, con sensibili magre estive: è il caso della Dora Báltea, ma ancor più del Sesia, del Ticino, dell'Adda e dell'Oglio. Ingenti prelievi vengono direttamente effettuati, sempre per fini irrigui, anche dal Po.

Lo stesso Po varia notevolmente il suo regime. Procedendo verso la sezione di chiusura, convenzionalmente posta a Pontelagoscuro presso Ferrara, il Po assume infatti un regime caratterizzato da massimi primaverili e autunnali (leggermente più elevato il secondo) e minimi inver-

poses in summer. This means that, for example, at their confluence with the Po, some Alpine tributaries have greatly changed regimes, with little water flow in summer. This is the case of the Dora Báltea, and to an even greater extent the Sesia, Ticino, Adda and Oglio. Considerable quantities of water for irrigation are also directly pumped from the Po.

The regime of the Po itself varies considerably. Proceeding towards the last section, conventionally placed at Pontelagoscuro near Ferrara, the regime becomes one of spring and autumn maxima (the latter slightly greater) and winter and summer minima (fig. 5.6). The fact that, of the two minima, the summer one is more accentuated, is due not only to the influence of the Apennine rivers, infiltration and evaporation, but also to water subtraction for irrigation, from both the Po and its tributaries.

The Po is the only Italian river to debouch into the sea through several mouths. These are:

nali ed estivi (fig. 5.6); il fatto che dei due minimi divenga più accentuato quello estivo, oltreché all'influenza dei fiumi appenninici, all'infiltrazione e all'evaporazione, è appunto riconducibile ai suddetti prelievi, sia dal Po sia dagli affluenti.

Il Po è l'unico fiume che raggiunge il mare attraverso più rami:

- il Po di Pila, che ha la portata maggiore (oltre il 50% delle acque che arrivano al delta) e che a sua volta defluisce attraverso tre foci: la Busa Dritta, la Busa di Tramontana e la Busa di Scirocco;
- il Po di Tolle, che ha una foce propria, diretta a Sud, una accessoria verso Nord-Est detta Busa del Bastimento (ora parzialmente chiusa), e una foce artificiale recentemente realizzata attraverso la Laguna del Bastimento e diretta a Sud-Est; nel 19° secolo, prima dell'apertura del Po di Pila, era il ramo maggiore; oggi convoglia circa il 20% delle acque;
- il Po di Donzella (detto anche Po di Gnocca), diretto a Sud-Est, che si biforca in due foci, delle quali la più occidentale è attualmente chiusa; la portata si aggira sul 15%;
- il Po di Goro, pure diretto a Sud-Est; è il più antico dei rami di foce attivi, rappresenta il confine fra l'Emilia e il Veneto e convoglia poco più del 10%;
- il Po di Maistra, diretto a Nord-Est, che era il ramo maggiore fino all'inizio del 19° secolo, e che è stato quasi totalmente chiuso alla sua biforcazione dal Po di Venezia, nel 1828; la portata attuale si aggira sul 4% (Dal Cin, 1983).

5.4 Gli alvei fluviali

Nonostante il mascheramento operato dall'azione dell'uomo, in genere i fiumi, lungo il loro corso, presentano caratteristiche morfologiche abbastanza ben differenziate.

Dal punto di vista altimetrico, si possono distinguere i tratti in cui i fiumi (specialmente i maggiori) corrono incassati nella pianura, creandosi talora una specie di valle calibrata e dando luogo ad uno o più ordini di terrazzi: ciò avviene in genere nella fascia dei conoidi e/o della piana di *sandur* per i fiumi alpini, o nella sola parte apicale dei conoidi per i fiumi appenninici. Non mancano però le eccezioni, come i conoidi non incisi al piede delle Alpi Cozie meridionali e delle Alpi Marittime (Ajassa & alii, 1990). Nella bassa pianura la situazione si inverte: la prevalenza dell'attività di sedimentazione porta gli alvei ad elevarsi sulla pianura circostante e a divenire *pensili* (si dirà nel Capitolo 12 del ruolo giocato in questa evoluzione dall'intervento antropico).

Per quanto riguarda la forma dei tracciati, procedendo dal margine montano al mare, si incontrano dapprima i *letti a canali intrecciati* (*braided*) presenti sui conoidi e nella piana antistante, fin dove la sedimentazione in alveo vede prevalere le granulometrie maggiori (ciottoli e ghiaie grossolane); poi tracciati a meandri (letto a fondo mobile per prevalenza di sabbie), con parametri geometrici ancora correlati in modo assai simile alle condizioni naturali;

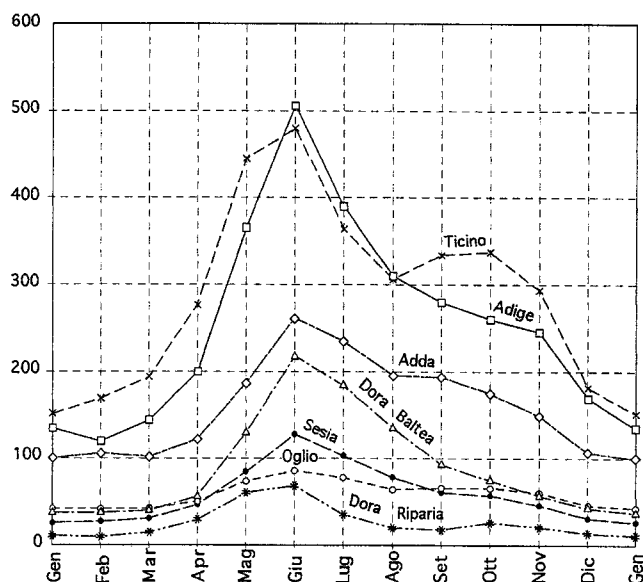


FIG. 5.3 - Diagrammi di portata dei principali fiumi a regime nivoglaciale (m^3/sec). I dati sono riferiti all'uscita dal bacino montano; per l'Adige è riferito ad una stazione di bassa pianura (Boara Pisani presso Rovigo, a 51 km dalla foce).

FIG. 5.3 - Discharges of main rivers with nivo-glacial regime (m^3/sec). Data refer to the exit from mountain basins; for Adige refer to a station in the low plain (Boara Pisani near Rovigo, 51 km from the river mouth).

- *Po di Pila*, which has the largest discharge (more than 50% of water reaching the Delta) and which, in turn, flows through three mouths: Busa Dritta, Busa di Tramontana and Busa di Scirocco;
- *Po di Tolle*, which has its own, southward mouth, an accessory mouth to the North-East called Busa del Bastimento (now partially closed), and an artificial mouth recently constructed through the Laguna del Bastimento, with a South-East direction. In the 19th century, before the opening of the Po di Pila, this was the largest branch; today it conveys about 20% of water;
- *Po di Donzella* (also called *Po di Gnocca*), subdivided into two mouths, of which the westernmost is now closed; flow is about 15%;
- *Po di Goro*, the oldest of the active mouth branches, represents the boundary between Emilia-Romagna and Veneto, and conveys slightly more than 10%;
- *Po di Maistra*, flowing to the North-East. This was the largest branch until the beginning of the 19th century and was almost totally closed at its bifurcation by the Po di Venezia, in 1828; current flow is about 4% (Dal Cin, 1983).

5.4 Riverbeds

Although partly masked by anthropic activities, the rivers generally have very different morphological features along their courses.

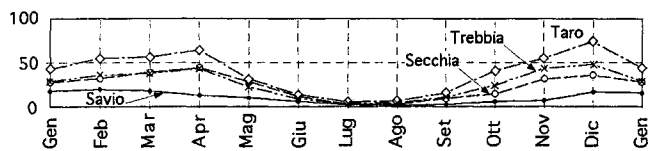


FIG. 5.4 - Diagrammi di portata dei principali fiumi a regime pluviale, all'uscita dal bacino montano (m³/sec).

FIG. 5.4 - Discharges of main rivers with pluvial regime, at the exit from mountain basins (m³/sec).

più a valle si hanno tracciati irregolari (a parte le rettifiche artificiali); falsi meandri si incontrano spesso nei tratti terminali, a causa della presenza delle sabbie litoranee e dell'influenza della dinamica costiera nello sviluppo degli apparati di foce.

Per vari fiumi questa differenziazione non è completa, o perché il loro corso di pianura è troppo breve, o per altre cause, talora antropiche: manca, ad esempio, il tratto a meandri nell'Isonzo, come pure in vari fiumi appenninici della pianura romagnola meridionale, specialmente nel Marecchia e nel Conca.

I più caratteristici tracciati tipo *braided* sono presentati, fra gli affluenti del Po,

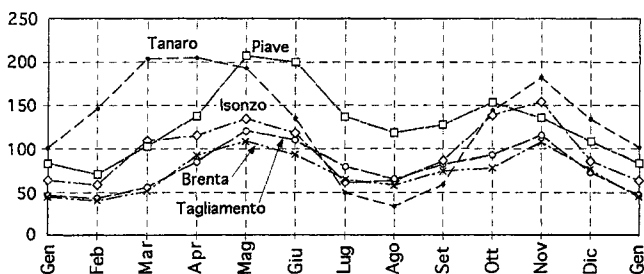


FIG. 5.6 - Variazione delle portate e del regime del Po dall'uscita dal bacino montano alla foce (m³/sec).

FIG. 5.6 - Variations in discharges and regime of Po, from exit from mountain basin to mouth (m³/sec).

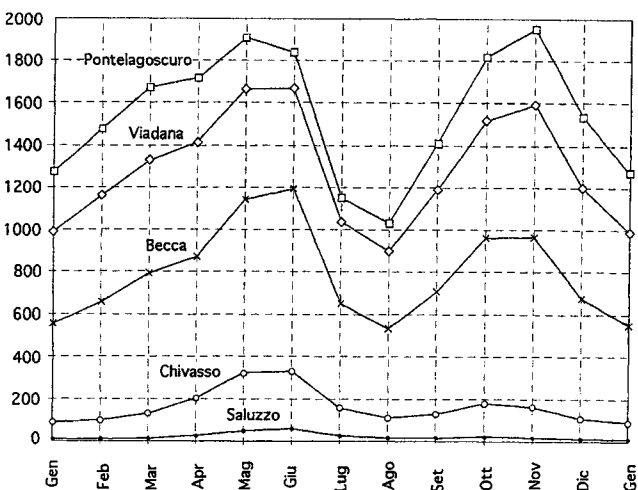
From the altimetric viewpoint, we may distinguish those stretches in which the rivers (especially the larger ones) flow embedded in the plain, sometimes creating a sort of calibrated valley and giving rise to one or more levels of terraces. In the case of the Alpine rivers, this is generally observed in the alluvial fan belts and/or sandurs, or only in the apical part of the fans for the Apennine rivers. However, there are exceptions, like the unterraced fans at the foot of the southern Cozie Alps and the Maritime Alps (Ajassa & alii, 1990). The opposite occurs in the low plain: prevailing sedimentation means that the riverbeds are elevated with respect to the surrounding plain, giving rise to hanging rivers (the role played by man in this evolution is described in Chapter 12).

As regards the shape of the various river patterns, proceeding from the mountain margins to the sea, first are the braided beds, down to where riverbed sedimentation reveals coarse grain sizes (pebbles and coarse gravels); then meandering beds (mainly sandy bottom), with geometric parameters still closely related to natural conditions; further downstream are irregular patterns (apart from artificial straightening). False meanders are often found in terminal stretches, due to the presence of beach sands and the influence of coastal dynamics in the development of mouth structures.

This differentiation is not complete for some rivers, either because their plain courses are too short, or for other

FIG. 5.5 - Diagrammi di portata dei principali fiumi a regime misto (pluvio-nivale), all'uscita dal bacino montano (m³/sec). La conformazione fisica del bacino conferisce al Tanaro delle caratteristiche peculiari.

FIG. 5.5 - Discharges of main rivers with mixed (pluvio-nival) regimes, at the exit from mountain basins (m³/sec). The Tanaro river has peculiar characteristics, due to the morphology of its basin.



- dal Ticino (per 58 km, fra l'anfiteatro morenico e Vigevano),
- dallo Scrivia (per 29 km, fin oltre Tortona) e, fra gli altri fiumi,
- dal Tagliamento, fino a Mussons (oltre 60 km),
- dal Piave (per 45 km, fino a Salgareda - nel punto più largo l'alveo di piena supera i 3 km).

I più caratteristici tratti a meandri sono presentati:

- dal Po, fra la confluenza del Ticino e Cremona, ove con un alveo lungo oltre 80 km il fiume copre una distanza in linea d'aria di circa 40 km; altri grandi meandri si sviluppano più a valle, a Casalmaggiore, da S. Benedetto Po fino alla confluenza del Mincio, presso Révere e presso Bergantino; assai meno tipici quello di Suzzara e altri più a valle, che di meandri hanno la forma ma non la dinamica;
- dall'Adda (per 35 km, fra Lodi e lo sbocco nel Po)
- dalla Dora Báltea (per una distanza di circa 20 km)
- dal Tagliamento (per oltre 20 km, fra Mussons e la foce); nel Tagliamento i meandri di foce si succedono immediatamente ai «veri» meandri, e manca un tratto inferiore intermedio.

Anche il Livenza ha un alveo tutto meandriforme.

Altri fiumi presentano meandri su tratti discontinui, anche a causa di rettifiche artificiali; è il caso dell'Adige (con meandri fra Bussolengo e Zevio e, più a valle, fra Remoncino e Bonavigo), e del Mincio.

Non mancano d'altronde meandri incassati; un esempio tipico è quello del Ticino a Castelnovate.

Evidentemente la separazione fra caratteristiche morfologiche altimetriche e planimetriche è piuttosto artificiosa e viene qui introdotta solo per semplicità espositiva. D'altronde, anche in pianura, l'insieme fluviale non solo presenta differenti lineamenti morfologici generali, ma è anche sede di interessanti associazioni di forme.

La notevole influenza dell'intervento antropico è visibile nel «ridisegno» della rete fluviale, nella sua «semplificazione» e «stabilizzazione». Molti fiumi sono stati rettificati per lunghi tratti, o sono stati quasi interamente canalizzati (come nel caso del Reno). Ancora più frequentemente sono stati operati tagli di meandro: il più importante, sul Po, è quello realizzato presso Monticelli d'Ongina (fig. 12.3), ove è stata costruita la centrale di Isola Serafini: il meandro artificialmente «saltato» resta comunque attivo, anche perché vi confluisce l'Adda; spesso sono stati tagliati soprattutto i meandri di foce (ad esempio sull'Adige).

Nei territori di bassa pianura sono stati riuniti in un alveo unico deflussi che in passato erano separati; per evitare le avulsioni, sono state innalzate, in più fasi, potenti *argini*. La *Carta* segnala anche le *golene*, ossia le fasce laterali all'alveo di magra fino al limite esterno dell'alveo di piena. Queste comprendono spesso tratti d'alveo abbandonati, specchi d'acqua, piccoli terrazzi e aree raramente allagabili, o perché ormai troppo alte, o perché difese a loro volta da arginelli secondari. Anche per la loro rappresentazione cartografica si sono rese perciò necessarie semplificazioni; ad esempio nel Po, che talora presenta più argini paralleli, è stata considerata golena tutta la fascia fino agli argini classificati «maestri» dal Ma-

reasons, sometimes anthropic. For example, a meandering stretch is lacking in the Isonzo, and in various Apennine rivers of the southern Romagna plain, especially in the Marecchia and Conca.

Of the Po tributaries, the most typical braided patterns are found as follows:

- Ticino (58 km, between the morainic amphitheatre and Vigevano);
- Scrivia (29 km, to beyond Tortona).

In the other rivers, they are also found as follows:

- Tagliamento, as far as Mussons (more than 60 km);
- Piave (45 km, as far as Salgareda); in the widest point the full riverbed exceeds 3 km in width.

The most characteristic meandering stretches are found as follows:

- Po, between the confluence of the Ticino and Cremona, where the river covers a distance, as the crow flies, of about 40 km with a bed of more than 80 km; other large meanders develop further downstream, at Casalmaggiore, from S. Benedetto Po as far as the confluence with the Mincio, near Révere and Bergantino; far less typical are the meanders of Suzzara and others further downstream, which have the shape of meanders but not their dynamics;

- Adda (35 km, between Lodi and the confluence with the Po);

- Dora Báltea (about 20 km);

- Tagliamento (more than 20 km, between Mussons and the mouth); in this river, mouth meanders occur immediately after «true» meanders, and a lower intermediate stretch is missing.

The Livenza has a completely meandering bed.

Other rivers have meanders along discontinuous stretches, sometimes due to artificial straightening. Examples are the Adige (with meanders between Bussolengo and Zevio and, further downstream, between Remoncino and Bonavigo) and the Mincio.

There are also examples of entrenched meanders, a typical case being the Ticino at Castelnovate.

This separation between altimetric and planimetric morphological features is clearly arbitrary, and is introduced here only for simplicity of illustration. However, also in the plain, the river network shows not only different general morphological lineaments, but also interesting associations of landforms.

The considerable influence of man's activities is visible in the «redesigning», «simplification» and «stabilization» of the river network. Long stretches of many rivers were straightened or almost entirely canalized (e.g., the Reno). Even more frequently meanders were cut: the most important one, on the Po, is near Monticelli d'Ongina (fig. 12.3), where the Isola Serafini power station was built; however, the artificially cut meander is still active, partly because the Adda flows into it; most frequently the mouth meanders were cut (e.g., the Adige).

In the low plain, watercourses which, in the past, had been separated were joined to flow in a single riverbed and, in order to avoid avulsion, high levees were built in various phases. The Map here indicates high water beds. These of-

gistrato. Per estensione, nei fiumi non arginati è stata considerata golena tutta l'area suscettibile di inondazione in caso di piene straordinarie (non eccezionali); il simbolo di golena non è però stato riportato nei corsi d'acqua di tipo *braided*.

Evidentemente le golene più ampie sono individuabili nel tratto medio dei fiumi, e in particolare competono al Po, che scorre fra argini molto distanziati soprattutto fra Cremona e Suzzara. Nei tratti inferiori sono assai più ridotte, e spesso assenti, in relazione al restringimento artificiale dell'alveo (specialmente nell'Adige). All'interno delle golene sono presenti anche forme artificiali (aree di cava, recinti arginati con funzione di casse di espansione delle piene).

Le conseguenze di questo secolare sforzo di semplificazione e stabilizzazione della rete fluviale sono notevoli.

Gli alvei, nel loro tratto inferiore, ma spesso anche nel tratto medio, sono divenuti pensili (la *Carta* indica «pensilità» laddove la quota media delle golene è superiore a quella delle campagne esterne agli argini maestri). Nei fiumi maggiori si sono maggiormente allungati i tratti di foce; ciò è soprattutto visibile nel delta «moderno» del Po, che si è formato negli ultimi 4 secoli, prevalentemente sull'alveo artificiale realizzato dai veneziani con il «Taglio di Porto Viro» (1604) e il cui sviluppo è stato più volte corretto da ulteriori interventi volti a chiudere i rami di foce che si rivolgevano a Nord, e a favorire, dei rami diretti a Sud, solo i principali.

Nella seconda metà del 20° secolo molti fiumi della Padania hanno però fatto registrare sensibili diminuzioni del carico detritico trasportato.

Per quanto riguarda il Po, una ricerca condotta dall'Idroser (1983) segnala, dagli anni '40 agli anni '70, una riduzione media della torbidità dell'1% annuo, con un regime dei deflussi liquidi praticamente invariato; stima, inoltre, che il trasporto solido a mare sia passato da 8,4 Mm³/anno del 1945, a 6,4 Mm³/anno nel 1972, con una riduzione di oltre il 25%. Dal Cin (1983) ha in particolare calcolato una diminuzione del 38%, nel trasporto solido del fiume, fra il periodo 1956-1964 e il periodo 1965-73. È stato inoltre segnalato, fra gli anni '60 e gli anni '90, un incremento relativo del sedimento limoso-argilloso rispetto alla frazione più grossolana (Idroser, 1994).

Nell'Adige la portata torbida risulta essere passata da 1.110.000 t/anno nel periodo 1922-50 a 851.000 t/anno nel periodo 1958-75, con una riduzione di oltre il 23% (Avanzi, 1976).

Per il Brenta, sebbene la portata liquida sia aumentata (anche in seguito ad un particolare intervento antropico), è significativa la riduzione di oltre il 68% della portata torbida registrata fra il dato medio del periodo 1929-40 e le ultime misure confrontabili, relative al 1969 (Tessari, 1981).

Analoghe diminuzioni sono state registrate nell'Emilia-Romagna, anche se con entità diverse fra un fiume e l'altro: nel Reno il trasporto solido è passato da 3,6 Mm³/anno negli anni '50 a 1,8 Mm³/anno negli anni '70; il tributo sedimentario alla costa si è poi addirittura annullato, dopo la costruzione, presso la foce, dello sbarramento di Volta Scirocco. Nello stesso periodo, la portata torbida ri-

ten include abandoned stretches of riverbed, bodies of water, small terraces, and areas which are rarely flooded, either because they are now too high or because they are in turn protected by secondary, smaller levees. Here too, cartographic representation had to be simplified. For example, in the Po, which sometimes has several parallel embankments, «high water beds» refer to the whole belt as far as the levees called «maestri» («master embankments») by the water management authorities. By extension, in non-embanked rivers, high water beds include the whole area subject to flooding in cases of extraordinary high water (not exceptional). Note that the symbol for high water bed is not marked in braided watercourses.

Clearly, the largest high water beds are found in the middle stretches of rivers, and especially in the Po which flows between very well-spaced embankments, particularly between Cremona and Suzzara. In the lower stretches, high water beds are far smaller and often absent, due to artificial narrowing of the riverbed (especially in the Adige). High water beds sometimes also contain artificial forms such as quarries, and controlled flood washland enclosed by embankments.

The consequences of these centuries-long efforts at simplification and stabilization of the river network are considerable.

In their lower and often middle stretches, riverbeds are now of hanging type (indicated here in cases where the mean altitude of the high water beds exceeds that of the land outside the main embankments). In the major rivers, the mouth stretches have also become extended. This is particularly obvious in the «modern» Po Delta, which formed over the last four centuries, mainly along the artificial bed created by the Venetians in 1604 with their Taglio di Porto Viro (Porto Viro Cut), the development of which was corrected on several occasions by further operations aiming at closing the northward-facing mouth branches and favouring only the largest of the southward-facing ones.

However, in the second half of the 20th century, the sediment transport of many of the Po Plain rivers decreased greatly.

As regards the Po, research conducted by Idroser (1983) recorded a mean annual reduction of suspended discharge at the rate of 1% from the 1940s to the 1970s, water discharge remaining practically unchanged. It was also estimated that solid transport to the sea passed from 8.4 Mm³/year in 1945 to 6.4 Mm³/year in 1972, i.e., a reduction of more than 25%. Dal Cin (1983) calculated a reduction in solid transport of 38% between the periods 1956-64 and 1965-73. In addition, between the 1960s and 1990s, a relative increase in silty-clayey sediments with respect to the coarser fraction was reported (Idroser, 1994).

In the Adige, suspended discharge passed from 1,100,000 t/year in 1922-50 to 851,000 t/year in 1958-75, with a reduction of more than 23% (Avanzi, 1976).

In the Brenta, although water discharge increased (partly as a consequence of a particular anthropic operations), the reduction of more than 68% in the suspended discharge between the mean figure measured for the period 1929-40 and the latest comparable measurements, going back to 1969 (Tessari, 1981), is significant.

sulta essere diminuita del 4,5% nel Senio e del 3,8% nel Savio (Idroser, 1983).

Tale fenomeno non è da attribuire a riduzioni di portata liquida; corrisponde infatti sistematicamente ad una riduzione della torbidità specifica, è per la maggior parte riconducibile ad attività dell'uomo (v. anche Cap. 12), ossia ad interventi di sistemazione nei bacini montani e ad estrazioni di ghiaie e sabbie dagli alvei, e ha avuto le seguenti principali conseguenze:

- una *tendenza all'approfondimento* degli alvei: la *Carta* segnala i tratti interessati da questo fenomeno (cfr. anche fig. 5.7); l'aumentata erosione di fondo e delle sponde, in alcuni affluenti del Po, è arrivata a compromettere la stabilità di vari manufatti (ponti ecc.)
- pronunciate riduzioni dei livelli idraulici nei periodi di magra, che comportano difficoltà di derivazione delle acque
- un generale aggravamento dei fenomeni di arretramento delle spiagge.

Recenti provvedimenti di divieto o di contingentamento delle estrazioni hanno portato ad un rallentamento del fenomeno, che però non si è ancora arrestato.

5.5 Risorgive e sorgenti carsiche

La *Carta* non mette in evidenza le sorgenti di pianura (l'argomento avrebbe richiesto una ricerca a sé stante, anche perché, in gran parte, tali sorgenti sono sistemate artificialmente, o addirittura sono del tutto artificiali). È comunque da tener presente che una certa quantità delle acque superficiali della Pianura Padana proviene da queste sorgenti, e in particolar modo dalle «risorgive», talora capaci di dar vita a veri e propri fiumi (come il Menago, il Tàrtaro, il Sile), o quanto meno di fornire acque alla rete di irrigazione. Tali risorgive (dette anche «risultive», o «fontanili», o «gorgazzi»), si riscontrano laddove la diffusa presenza nel sottosuolo di livelli impermeabili, o a permeabilità ridotta, determina la tracimazione dell'acquifero che occupa i materiali altamente permeabili dell'alta pianura (Bignami, 1939; Vielmo & Velo, 1981). Nel cadente alpino della Padania le risorgive si presentano disposte in una fascia pressoché continua, al margine meridionale dell'alta pianura, mentre la loro disposizione è meno regolare nel cadente appenninico. In varie zone, specie fra gli anni '60 e '90, il limite superiore della fascia è migrato verso valle, con scomparsa di molte risorgive, a seguito dell'abbassamento della falda provocata dal suo esagerato sfruttamento; altre variazioni si stanno producendo negli ultimi anni, per sopraggiunti risollevarimenti della falda dovuti alla diminuzione dei prelievi, come ad esempio nel territorio milanese.

Non mancano inoltre, al margine della pianura o a breve distanza da esso, *sorgenti carsiche*. La *Carta* riporta due esempi presso Verona, ai piedi dei Lessini (Sorbini, 1994) e le sorgenti carsiche del F. Livenza, ai piedi dell'Altopiano del Cansiglio; inoltre, al piede del Carso, presso Monfalcone, sono importanti le sorgenti del F. Ti-

Similar reductions were recorded in Emilia-Romagna, although figures differ from one river to another. In the Reno, solid transport passed from 3.6 Mm³/year in the 1950s to 1.8 Mm³/year in the 1970s. Sediment supply to the coast fell to zero after the construction of the Volta Scirocco dam near the mouth. In the same period, the fall in suspended discharge was 4.5% in the Senio and 3.8% in the Savio (Idroser, 1983).

This phenomenon cannot be attributed to reductions in liquid flow, since it systematically corresponds to a reduction in specific turbidity, and is mainly due to man's activities (see also Chapter 12). These involved operations in the mountain basins and gravel and sand quarrying from riverbeds, with the following main consequences:

- a tendency towards riverbed downcutting: *in the middle and low plain, the Map indicates where this trend occurs (see also fig. 5.7); the increased erosion of bed and banks in some tributaries of the Po reached the point at which the stability of some artifacts (bridges, etc.) was compromised;*
- *pronounced reduction in hydraulic levels during dry periods, involving difficulties in obtaining water for irrigation;*
- *general aggravation of beach retreat.*

Recent measures to forbid or control quarrying have meant that this phenomenon although now slower, has not yet stopped entirely.

5.5 Karstic sources and plain springs

The Map does not show plain springs (this subject, alone, would require its own research program, partly because most of these springs have been artificially worked upon, or are even entirely artificial). However, it should be borne in mind that a certain amount of the surface waters of the Po Plain comes from these springs, particularly from the «risorgive», sometimes capable of creating true rivers (e.g., Menago, Tàrtaro, Sile) or at least of supplying water to the irrigation network. These springs (also called risultive, fontanili, or gorgazzi) are found where the widespread presence in the subsoil of impermeable layers or of reduced permeability causes overflow of the aquifer occupying the highly permeable materials of the high plain (Bignami, 1939; Vielmo & Velo, 1981). On the Alpine flank of the Po Plain, these springs are arranged in a more or less continuous belt along the southern margin of the high plain, and less regularly along the Apennine flank. In various areas, particularly between the 1960s and 1990s, the upper boundary of the belt migrated downstream and many springs disappeared, following lowering of the watertable as a result of over-pumping. Other variations have occurred in the last few years, due to later watertable uplift, e.g., in the territory of Milano, as a result of less exploitation.

Karstic springs also occur at the margin of the plain or near it. The Map shows two examples near Verona, at the foot of the Lessini Hills (Sorbini, 1994) and the karstic springs of the Livenza, at the foot of the Cansiglio plateau.

mavo che, dopo brevissimo corso, sfocia nel Golfo di Trieste.

Sono da ricordare, sebbene non trovino espressione nella *Carta*, anche i flussi sotterranei che alimentano le falde acquifere della pianura e che derivano dalla circolazione carsica di molti gruppi montuosi delle Prealpi calcaree. Tra gli esempi più singolari si può citare la risalita delle acque termali di Abano, che si spiega ammettendo la circolazione profonda di acque assorbite sulle montagne dell'alto Vicentino.

At the foot of the Karst, near Monfalcone, there are the large springs of the Timavo which, after a very short course, debouches into the Gulf of Trieste.

Although not shown on the Map, there are also underground waterflows feeding the watertables of the plain and deriving from karstic circulation in many mountain groups of the calcareous Prealps. One of the most singular examples is the uprise and outflow of thermal waters at Abano, due to deep circulation of waters infiltrating in the mountains North of Vicenza.

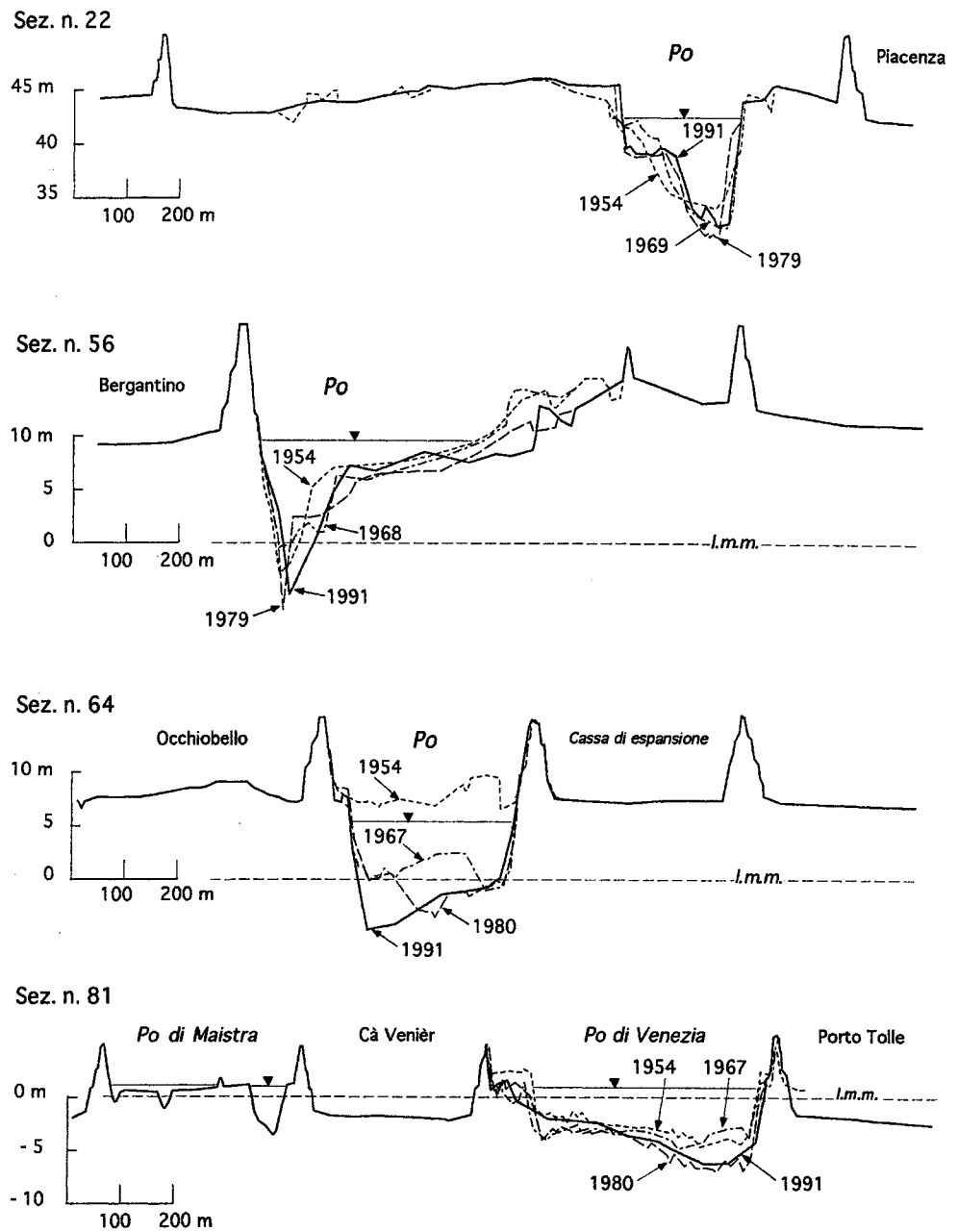


FIG. 5.7 - Esempi di sezioni trasversali dell'alveo Po nel tratto medio e inferiore («Sezioni Brioschi»); si può osservare la tendenza all'approfondimento dell'alveo manifestatasi dopo il 1954. Per l'ubicazione delle sezioni vedi fig. 5.1.

FIG. 5.7 - Examples of cross-sections of middle and lower stretches of Po («Brioschi sections»); note tendency to riverbed downcutting after 1954. For section locations, see fig. 5.1.

5.6 Laghi e stagni costieri

I grandi laghi alpini sono rappresentati nella *Carta* solo per quanto riguarda i loro settori meridionali, orlati dagli anfiteatri morenici che ne hanno condizionato il livello, in età olocenica. Numerosi laghi sono interamente compresi fra i depositi morenici: il più esteso è il Lago di Varese; fra gli altri, i più importanti sono i laghi di Comabbio e di Monate, che ricadono nell'anfiteatro del Lago Maggiore, i laghi di Pusiano e di Annone, fra Lecco e Como, i laghi di Viverone e di Candia, sbarrati dall'anfiteatro morenico allo sbocco della Valle d'Aosta; fra i minori, si ricordano i laghi di Avigliana, allo sbocco della Valle di Susa. Non mancano esempi di laghi di sbarramento alluvionale, come il Lago di Fimòn, confinato in una valle dei Colli Berici (fig. 9.16).

Altri laghi, sia pur di scarsa profondità, sono presenti nell'ambito della piana alluvionale, come i Laghi di Mantova, di cui il Mincio funge sia da immissario che da emissario: si tratta di tre bacini posti a quote diverse, con un'estensione totale di circa 6,3 km² e una profondità media di 3,5 m (Baraldi & alii, 1980b; Autori Vari, 1990b).

Le maggiori *paludi* si trovano in genere presso i fiumi, come alcuni bacini superstiti della cassa di colmata del Lamone, nel Ravennate, o come i resti della cassa di colmata dell'Idice (ora cassa di espansione degli scoli della pianura bolognese), presso Argenta; altre paludi minori rappresentano i residui di casse di espansione delle piene, oppure di meandri abbandonati.

La fascia costiera è caratterizzata, oltretutto da stagni ad acque salmastre e da ex saline (Saline di Comacchio e di Cervia; cfr. Bondesan, 1990a), anche da paludi o acquitrini ad acque dolci; questi ultimi sono spesso confondibili, o addirittura in continuità spaziale (come nel delta del Po), con le parti marginali di stagni salmastri; il tipo di vegetazione fornisce il criterio di distinzione per la classificazione.

Spesso per questi bacini, come per le lagune, i limiti sono costituiti da argini, che li separano da aree bonificate, oggi situate per lo più al di sotto del livello del mare; dei bacini allagati che nel secolo scorso si estendevano quasi ovunque sulla fascia costiera, la bonifica moderna ha risparmiato una limitata parte di quelli ad acque salmastre, utilizzate come «valli da pesca» (specialmente nella Laguna di Venezia, nel delta del Po e presso Comacchio) ma ha quasi totalmente eliminato quelli ad acque dolci.

5.6 Lakes

Only the southern sectors of the large Alpine lakes are shown on the Map, bordered by the morainic amphitheatres which influenced their level, in Holocene times. Many smaller lakes are entirely contained within morainic deposits. The largest is the lake of Varese, other important ones being the lakes of Comabbio and Monate, which are part of the Lake Maggiore amphitheatre; the lakes of Pusiano and Annone, between Lecco and Como; and those of Viverone and Candia, dammed by the morainic amphitheatre at the mouth of the Valle d'Aosta. Of lesser importance are the lakes of Avigliana, at the mouth of the Valle di Susa. There are also examples of alluvial dam lakes, like that of Fimòn, confined in a valley of the Berici Hills.

Other lakes, although shallow, also occur within the ambit of the alluvial plain, such as the lakes of Mantova, for which the Mincio serves both as tributary and effluent. These three small bodies of water, with an average depth of 3.50 m, are found at different altitudes, for a total surface area of about 6.3 km² (Baraldi & alii, 1980b; Autori Vari, 1990b).

The main swamps are generally close to rivers, like some surviving basins of the Lamone fluvial fills, near Ravenna, or the remains of the Idice fill (now controlled flood washland for the drainage channels of the Bologna plain), near Argenta. Other minor swamps are the remains of flood washland, or abandoned meanders.

The coastal belt is characterized not only by brackish littoral ponds and former salinas (Comacchio and Cervia; Bondesan, 1990a) but also by freshwater swamps. The latter are often confused with or in spatial continuity (as in the Po Delta) with the edges of brackish ponds. The type of vegetation supplies the criterion distinguishing between the two for purposes of classification.

Like the lagoons, these basins are often bordered by levees separating them from reclaimed areas, now located mainly below sea level. Of the flooded basins which extended almost everywhere along the coastal belt in the 19th century, modern reclamation works have spared a few of the brackish-water bodies, used for aquaculture (especially in the Lagoon of Venice, in the Po Delta and near Comacchio) but have almost entirely eliminated the freshwater ones.