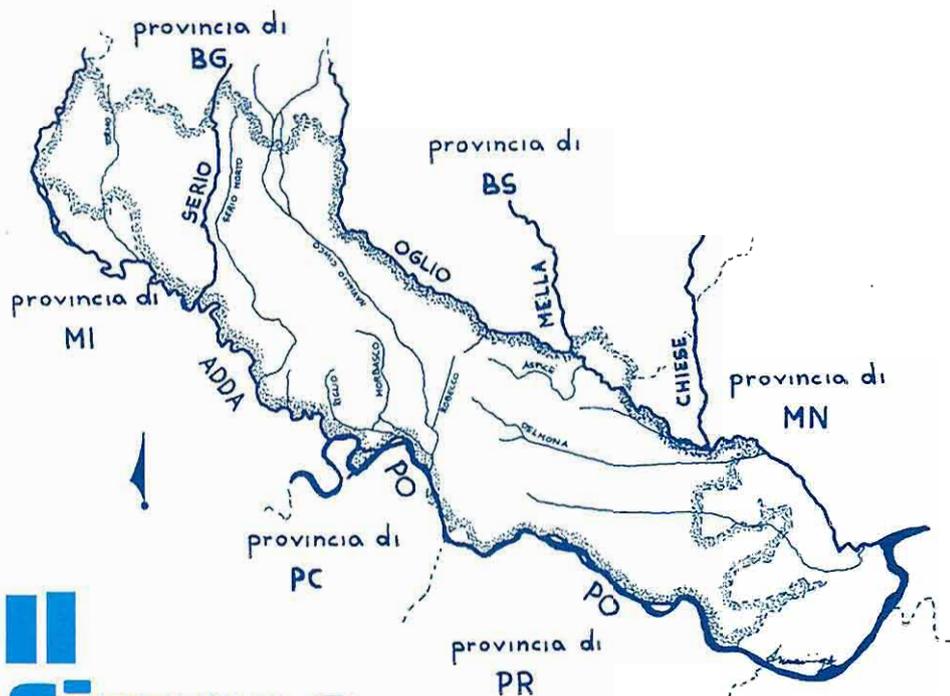




PROVINCIA DI CREMONA

Centro di Documentazione Ambientale



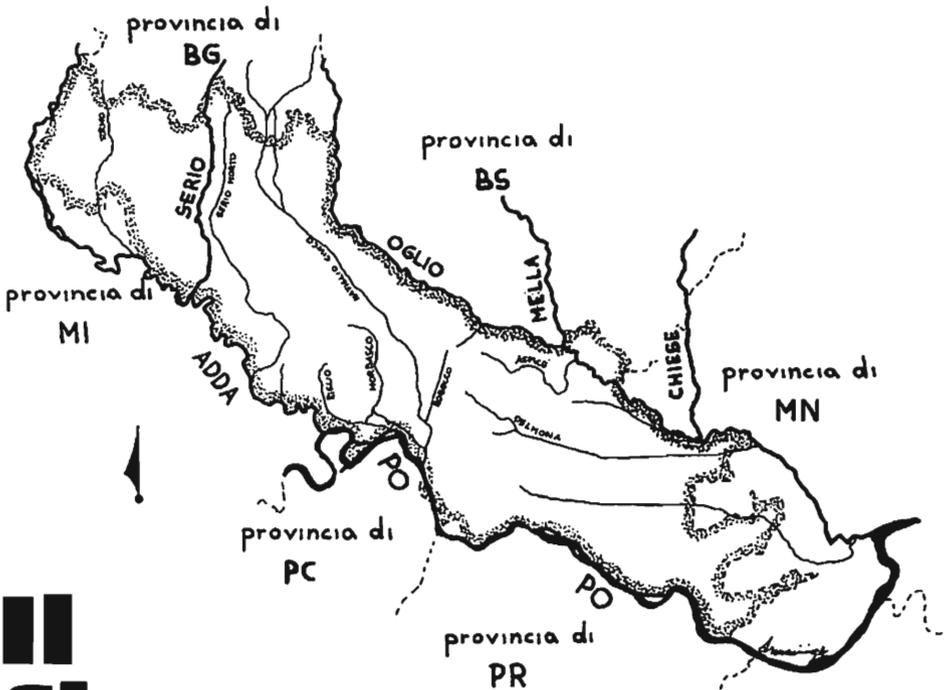
# Il fiume ed il suo ambiente

Cremona 1995



PROVINCIA DI CREMONA

Centro di Documentazione Ambientale



# Il fiume ed il suo ambiente

Cremona 1995

**1ª ristampa: febbraio 2004**

Testi:

**Cinzia Galli, Anna Mosconi,  
Franco Lavezzi, Valerio Ferrari**

Disegni:

**Barbara Armanini**

Fotografie:

**Valerio Ferrari**

Coordinamento editoriale:

**Prismastudio - Cremona**

**Non è consentita la riproduzione anche parziale del testo e delle tavole senza citarne la fonte e senza l'autorizzazione scritta dell'editore.**

**Pubblicazione fuori commercio**

## Introduzione

I fiumi Adda, Oglio e Po, delimitando il territorio cremonese, danno forma ad un paesaggio singolare e suggestivo, un paesaggio prevalentemente pianeggiante, modellato dall'andamento dei corsi d'acqua, che ora gli donano ora gli strappano terra.

La monotona geografia della pianura viene quindi interrotta dallo scorrere del Po e dei suoi affluenti, autori di questa antica terra, che hanno resa ricca e prosperosa.

È infatti l'azione delle acque fluviali, quella che più di ogni altra ha modificato il territorio; essa opera in relazione soprattutto all'andamento ed alla distribuzione delle precipitazioni nonchè ai processi di evaporazione e traspirazione, definendo il regime di piena o di magra del fiume.

Trasformando continuamente le forme del paesaggio in cui spesso sono riconoscibili le tracce del passato, l'attività modellatrice dei corsi d'acqua si esplica quindi attraverso le diverse combinazioni, nello spazio e nel tempo, dei processi di erosione, trasporto e deposizione.

Il paesaggio sarebbe infatti uniforme se i fiumi scorressero rettilinei ed esistesse un perfetto equilibrio tra la capacità erosiva e quella di deposito, ovvero se la quantità di materiale asportato fosse pari a quella del materiale sedimentato.

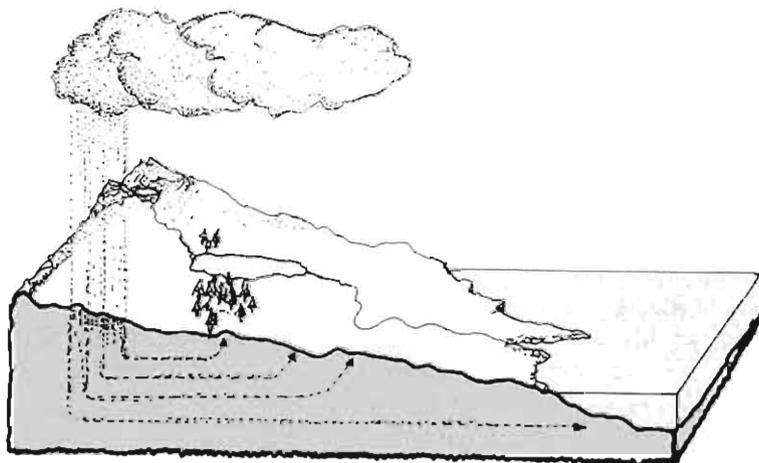


Fig. 1 - Schema del ciclo dell'acqua

Difficilmente però i corsi d'acqua riescono a trovarsi in questa condizione poiché fattori climatici, tettonici, idrologici, litologici nonché antropici tendono a turbare continuamente la loro stabilità.

Delle acque di precipitazione che alimentano un fiume, parte scorre senza abbandonare l'alveo, parte evapora in misura proporzionale alla temperatura, all'altitudine ed alla velocità del vento, parte si perde per traspirazione ad opera della vegetazione e parte penetra nel terreno per alimentare le falde idriche.

Ovunque si perdano le acque meteoriche sono destinate a giungere in mare, dal quale provengono per evaporazione.

In questo modo si crea il "ciclo dell'acqua" che, senza alterare il volume totale della risorsa idrica, ne destina porzioni a fasi differenti; i fiumi rappresentano la via comune attraverso la quale tornare al mare.

Essi scorrono in aree depresse dove preferibilmente si raccolgono le acque di precipitazione che, nel tempo, le incideranno.

Generalizzando si può dire che il profilo di un fiume si divide sostanzialmente in tre parti: una a monte, in cui agisce soprattutto la forza erosiva, e una a valle, in cui prevale la deposizione, separate da una terza zona intermedia in cui la corrente esercita quasi esclusivamente un'attività di trasporto. Nel tratto superiore si verifica dunque un progressivo approfondimento ed allargamento dell'alveo, mentre in quello inferiore, dove la pendenza si fa sempre minore, si verificano prevalentemente fenomeni di deposito, a partire dai materiali più grossolani, come ghiaie e sabbie, fino ad arrivare a quelli più fini, come limi ed argille.

Dove la pendenza diviene quasi nulla, il fiume divaga in ampi meandri erodendo la sponda e depositando immediatamente su quella opposta.

Quanto appena descritto potrebbe forse sintetizzare i momenti della storia di un fiume, facendo sembrare banale o comunque ipotizzabile, una volta effettuati alcuni difficili calcoli di ingegneria idraulica, il suo fluire. In verità può succedere che, al di là di ogni previsione, l'acqua del fiume proceda lungo percorsi alternativi al lento ed inesorabile moto verso il mare, incidendo il territorio circostante e definendo particolari forme del paesaggio. Alle acque del fiume sono concesse due possibilità di sfuggire al normale corso: per esondazione e per infiltrazione; in entrambe i casi l'acqua non viene dispersa bensì dà origine a diverse forme idrografiche superficiali che mantengono comunque uno stretto rapporto con le acque sotterranee, delle quali si alimentano, sia perché l'acqua esondata e raccolta in superficie cerca un contatto con la falda, sia perché l'acqua infiltrata nel sottosuolo fino a raggiungere la falda, non tarda a riaffiorare in superficie appena le condizioni siano favorevoli.

## Il fiume

Dal latino *flūere* “scorrere” il termine fiume definisce un corso d’acqua perenne, che scorre, sotto l’azione della forza di gravità, in una valle entro un alveo compreso tra argini naturali verso il mare o verso un fiume più grande nel quale si immette ed è caratterizzato da un regime in cui si succedono piene e magre (rispettivamente massimo e minimo di portata) senza arrivare mai ad un periodo di secca.

Nel territorio di competenza di un corso d’acqua, definito bacino fluviale, si possono individuare tre parti principali, distinguibili soprattutto per la morfologia: bacino di raccolta, canale di scorrimento e cono di deiezione.

Il bacino di raccolta, in cui si concentrano le acque di sorgente, presenta versanti fortemente inclinati, qui predominano i processi di erosione, che si esplicano sia per azione delle acque correnti, sia mediante movimenti di massa, favorendo in questo modo il graduale ampliarsi del bacino.

Il canale di scorrimento, che raccoglie le acque provenienti dal bacino, è caratterizzato da versanti più dolci, qui si combinano le azioni di trasporto e di erosione laterale. Il conoide di deiezione si trova allo sbocco del canale di scorrimento, dove la pendenza diminuisce considerevolmente ed i detriti, precedentemente erosi e trasportati, vengono depositati a causa della perdita di velocità, che in questo tratto finale si impone alle acque del fiume. Le acque che alimentano un fiume possono provenire o dalla fusione di ghiacciai e di nevi, le cui dimensioni siano tali da garantire un rifornimento idrico costante, o da sorgenti naturali che scaturiscono dal suolo, o da laghi; ad esse si sommano le acque di precipitazione che, variabili nel tempo e nello spazio, governano l’andamento del fiume.

L’intensità delle piogge infatti diminuisce con la durata ed aumenta con l’altitudine.

Indicando con P la quantità d’acqua precipitata, calcolata in mm, si può scrivere:

$$P = at^n$$

con t = durata in minuti

con a, n = parametri variabili, riferiti al luogo da cui si deduce che la relazione che lega l’intensità e la durata delle precipitazioni è di tipo esponenziale e dipende dalle caratteristiche locali.

Le precipitazioni sono le maggiori responsabili delle variazioni di portata di un fiume ed in condizioni particolari e limitate nel tempo possono compromettere l’equilibrio che regola il normale fluire delle sue acque.

In condizioni normali alle acque di precipitazione, che alimentano il fiume, è permesso defluire lungo tre distinti percorsi: superficiale, ipodermico e sotterraneo.

Il deflusso superficiale è definito dalle acque che scorrono entro l'alveo fluviale, quello ipodermico è rappresentato da quella parte di acque di infiltrazione che scorre nel terreno a poca distanza dalla superficie, mentre la restante parte, che scorre più in profondità in seno alla falda, corrisponde al deflusso sotterraneo.

I due ultimi tipi di scorrimento funzionano come serbatoi in cui il fiume accumula acqua in caso di piena e da cui la preleva in caso di secca.

Il successo di questi spostamenti, testimoni di una naturale efficienza della gestione della risorsa idrica, è dovuto in primo luogo alla litologia del terreno in cui il fiume ha scavato il suo letto.

Il letto del fiume può essere costituito da materiali impermeabili o permeabili: nel primo caso non ci sono rapporti con le falde sottostanti e tutta l'acqua scorre in superficie, nel secondo caso l'acqua tende ad infiltrarsi in profondità e fluisce tra le rive solo quando le falde sono sature.

Un fiume può quindi essere considerato un complesso sistema di drenaggio, capace, entro certi limiti, di rispondere ad ogni sollecitazione sia essa climatica, litologica o dinamica.

## **Bacino imbrifero o idrografico**

Il bacino imbrifero o idrografico di un fiume è rappresentato da quella regione geografica il cui andamento topografico e morfologico fa sì che tutte le acque (meteoriche e di fusione delle nevi e dei ghiacci) vi si raccolgano per essere successivamente incanalate verso il fiume stesso.

Una linea di displuvio o spartiacque indica il limite al di là ed al di qua del quale le acque di dilavamento meteorico sono convogliate verso il fiume di un bacino imbrifero o di quello contiguo; essa corre generalmente sulla sommità dei rilievi che definiscono il bacino, pertanto può non essere ben definita nelle pianure a lieve pendenza.

Quello del fiume Po è il maggiore bacino imbrifero d'Italia e misura circa 74970 kmq., come tale si definisce in maniera più appropriata bacino idrografico principale, mentre quelli dei suoi affluenti sono detti bacini secondari; la rete di fiumi e canali che essi racchiudono prende il nome di reticolo idrografico.

Indubbia è l'importanza determinata dalla presenza ed evoluzione delle valli fluviali e dei reticoli idrografici nel paesaggio naturale.

Dal punto di vista geomorfologico una sostanziale caratterizzazione può essere fornita dall'esame dei suoi profili.

Il profilo longitudinale di un fiume è rappresentato da un tracciato su piano verticale, che dà il valore della sua pendenza media in ogni tratto, ovvero dal profilo altimetrico dell'alveo.

Esso si identifica con la linea di talweg, ossia quella linea concava verso l'alto che congiunge tutti i punti più depressi del fondovalle dalla sorgente alla foce, il che corrisponde ad una progressiva diminuzione della pendenza dell'alveo verso valle.

La diminuzione di pendenza provoca il rallentamento della corrente, che può essere bilanciato solo dall'aumento di portata, a cui farebbe inevitabilmente seguito un aumento di velocità delle acque; poichè la pendenza dell'alveo è data dall'interferire di processi erosivi e deposizionali, il profilo longitudinale di un fiume deriva dal rapporto tra portata e sedimenti in entrata e in uscita.

Questo rapporto muta sostanzialmente in funzione dello stadio evolutivo raggiunto dalla morfogenesi della valle.

La forma alla quale esso tende è quella del *profilo di equilibrio*, in ogni punto del quale il corso d'acqua, benché in movimento, non dovrebbe esercitare alcun tipo di attività erosiva, di trasporto o di deposizione: dovrebbe cioè essere raggiunto un effettivo equilibrio tra l'energia del corso d'acqua e la resistenza del substrato sul quale esso si muove.

Si tratta di una condizione ideale alla quale hanno potuto avvicinarsi eccezionalmente solo i grandi fiumi, impostati su porzioni di superficie terrestre che, da lunghi tempi geologici, non hanno subito gli effetti degli agenti geomorfologici endogeni, ma esclusivamente quelli degli agenti esogeni accostandosi alla condizione di peneplanazione, a cui corrispondono le superfici perfettamente livellate dall'azione prolungata dell'erosione.

Il profilo trasversale di una valle, individuato dalla sezione perpendicolare all'asse del corso d'acqua, è definito da una forma a "V" ad aste più o meno ravvicinate in funzione dello stadio evolutivo raggiunto dalle valli stesse e dalla natura delle rocce in cui sono incisi i versanti.

Gli agenti di questa incisione sono le acque dilavanti, che, per effetto della forza di gravità, convergono verso un'unica linea e, scavatovi un solco, gradatamente lo approfondiscono e lo allargano, erodendolo sia in senso verticale sia in senso orizzontale.

Una valle giovanile può presentare fianchi sub-verticali (forra e gola) specie se sono intagliati in rocce particolarmente dure e resistenti, in questi casi l'erosione verticale agisce più intensamente di quella laterale, inoltre la consistenza delle rocce impedisce il franamento dei versanti.



A Formigara la scarpata morfologica che definisce la valle di pianura dell'Adda presenta un salto di livello di oltre dieci metri, dividendo il piano delle alluvioni recenti ed attuali dal livello fondamentale della pianura.

Il profilo trasversale può presentare però anche fondo piatto se all'azione erosiva iniziale del corso d'acqua ha fatto seguito un processo di deposizione oppure quando il fiume ha esercitato prevalentemente erosione laterale. I fiumi padani, scorrendo su superfici dalla pendenza assai lieve, hanno visto l'alternarsi di fasi di quiete con fasi di ripresa dell'attività erosiva o, più ancora, il susseguirsi di momenti di erosione e momenti di deposizione da parte della corrente fluviale. Ciò ha portato alla genesi dei terrazzi fluviali che costituiscono l'elemento più caratterizzante delle valli intagliate nelle aree di pianura.

### Elementi idrologici

Portata, coefficiente di deflusso, regime e velocità delle acque sono gli elementi idrologici che caratterizzano un fiume.

Il volume di acqua che passa nell'unità di tempo attraverso la sezione "bagnata" relativa ad un qualsiasi punto dell'alveo di un corso d'acqua si definisce *portata*.

Essa dipende sia da fattori climatici sia da fattori geografici e topografici.

Latitudine, longitudine, orientazione e altitudine del bacino, da cui dipendono intensità delle piogge e temperatura, e la pendenza dei versanti concorrono alla determinazione della portata.

Ad una maggiore inclinazione dei versanti corrisponde infatti un minor tempo di corrivazione, di conseguenza evaporazione e infiltrazione sono assai limitati.

Variabile nello spazio e nel tempo, la portata di un fiume è misurata in m<sup>3</sup>/sec e come tale dipende dalla velocità media della corrente e può quindi essere espressa attraverso la seguente equazione:

$$P = v \times S$$

con  $v$  = velocità

con  $S$  = superficie della sezione "bagnata"

Le variazioni più o meno cospicue di portata di un fiume seguono ritmi stagionali; il rapporto tra il suo valore medio annuo ed il volume delle precipitazioni, che hanno interessato nello stesso periodo il bacino imbrifero considerato, è detto *coefficiente di deflusso*.

Dalle variazioni stagionali della portata dipende anche il regime del fiume, che ne esprime i valori di oscillazione in condizioni normali.

Quando questi vengono superati di molto si parla di *regime di piena* e *regime di magra*.

Le piene si raggiungono quando l'alimentazione idrica, o per piogge intense o per rapida fusione dei ghiacci o per rottura improvvisa di sbarramenti naturali o artificiali di un corso d'acqua, diventa tale da innalzarne il livello medio.

Altri fattori che favoriscono il definirsi del regime di piena sono quelli che regolano i processi di infiltrazione ovvero lo stato di impregnazione idrica del terreno e la sua permeabilità

La velocità delle onde di piena assume valori diversi: alti quando le acque rimangono contenute nel letto del fiume, più bassi quando le acque straripano, poichè sono sottoposte a maggior attrito esercitato dalla superficie esondata.

Le magre si raggiungono quando la portata scende al disotto del valore di regime; il corso d'acqua raggiunge questo stato in un tempo minore rispetto a quello impiegato per raggiungere lo stato di piena, poichè all'alimentazione idrica di un fiume concorrono anche le acque sotterranee. In condizioni favorevoli, dettate soprattutto dalla permeabilità del terreno, le acque di falda, risalendo, suppliscono all'assenza prolungata di piogge.

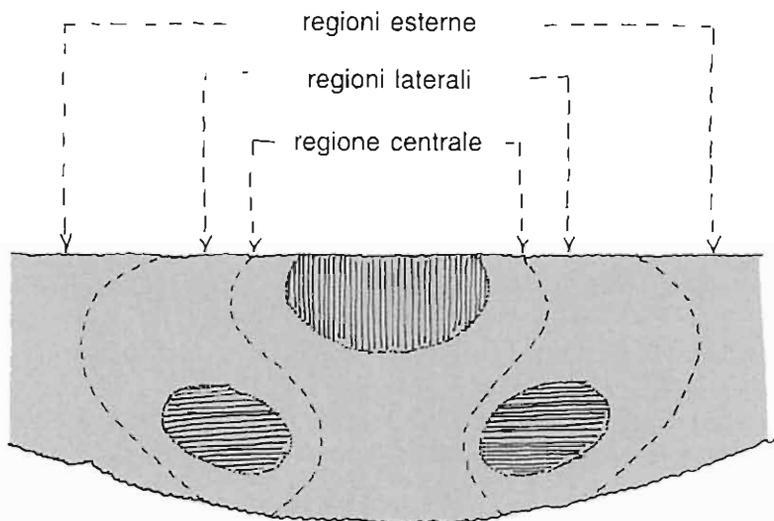


Fig. 2 - Sezione di una corrente fluviale con la zona di massima velocità (al centro e vicina alla superficie) e le zone di massima turbolenza (ai lati)

L'idrografia sotterranea, che in un certo senso si adatta a quella superficiale, costituisce una preziosa raccolta d'acqua che il fiume sfrutta per regolare il suo flusso.

Non di rado, infatti, dove la falda più si avvicina all'alveo del fiume si osserva una corrispondenza tra il livello delle acque freatiche e quello delle acque fluviali.

All'origine di queste variazioni vi sono più fattori tra cui la distribuzione delle precipitazioni, i valori della temperatura, che può favorire un'intensa evaporazione o determinare la precipitazione solida, la qualità del suolo, che, se permeabile, distribuisce nel tempo il deflusso delle acque, se invece impermeabile le convoglia direttamente nell'alveo e, da ultimo, l'altitudine del rilievo che favorisce la formazione di ghiacciai, i quali funzionano da serbatoi d'acqua.

Dalla pendenza e dalla regolarità dell'alveo nonché dalla portata dipende la velocità delle acque di un fiume, il cui valore massimo è raggiunto poco al di sotto della superficie libera del filone della corrente, poiché appena al di sopra di questo ed ai suoi lati la velocità viene frenata rispettivamente dall'attrito con l'aria, con le sponde e con il fondo.

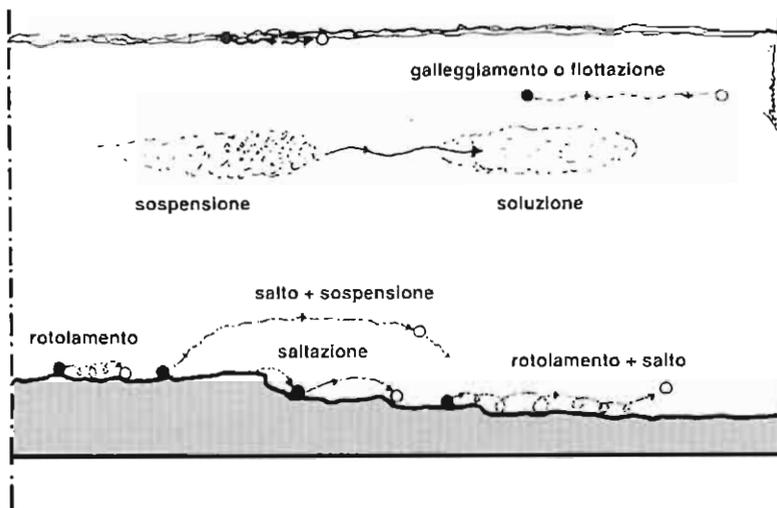


Fig. 3 - Modi di trasporto del carico solido da parte della corrente fluviale [ridis. da B. Franceschetti, 1980]

La velocità determina il tipo di flusso, che può essere laminare se le acque del fiume scorrono lentamente, turbolento in caso contrario.

Mentre i flussi laminari esercitano una erosione quasi nulla, quelli turbolenti dispongono di una capacità erosiva assai elevata. È infatti a monte, dove il fiume scorre a velocità più sostenute, che si verificano i maggiori processi erosivi; a valle invece, dove per diminuzione della pendenza il corso d'acqua rallenta, vengono depositate le più significative quantità di sedimenti.

## Dinamica fluviale

Il modellamento della superficie terrestre ad opera delle acque correnti si esplica attraverso il concorso di tre diversi processi: l'*erosione*, che può essere di tipo fisico-meccanico (corrasione) o chimico (corrosione), il *trasporto*, che può avvenire secondo modalità diverse (sospensione, galleggiamento, trazione, rotolamento, saltazione e soluzione) e la *deposizione*, che è regolata dal rapporto tra capacità di trasporto e potere erosivo in relazione alla velocità delle correnti.



**Il fiume Oglio ad Azzanello. Appare evidente l'azione di deposito che il fiume esercita sulla sponda convessa a fronte dell'erosione effettuata sulla sponda concava, presso cui si trova spostato il filone della corrente. In quest'ultima posizione, per attenuare il fenomeno, il più delle volte vengono innalzate massicciate di difesa spondale.**

L'erosione si esplica per opera di processi di degradazione meteorica a cui le rocce sono inevitabilmente sottoposte: questa avviene sia per disgregazione fisico-meccanica delle rocce, sia per alterazione chimica dei minerali che le compongono.

In questo modo le rocce, reagendo con l'aria e con l'acqua, si frantumano, si disciolgono, si trasformano e talvolta si dissolvono completamente. La combinazione della degradazione fisica e di quella chimica può provocare il disfacimento anche dei più grossi ammassi rocciosi, che, ridotti in frammenti per disgregazione e aumentata la superficie esposta, facilitano i processi di alterazione che, più avanzati sono, meglio favoriscono l'erosione fisico-meccanica.

La maggior parte dei detriti prodotti dalla degradazione meteorica viene poi raccolta e trasportata fino a valle dalle acque incanalate, la cui turbolenza approfondisce, allarga e allunga il letto del fiume, sommando in questo modo detriti a detriti. Questi in base alle dimensioni vengono trasportati in maniera differente: quelli più leggeri per galleggiamento, quelli più fini per sospensione, i più grossolani invece si spostano soprattutto per

rotolamento, a causa del quale assumono quella forma tipicamente ellissoidale dei ciottoli fluviali, ma anche per trascinamento e saltazione.

A questi vanno aggiunti quei sali, prodotti dell'alterazione chimica, che, solubili in acqua, si lasciano trasportare per soluzione.

La deposizione è il processo finale che i detriti erosi a monte subiscono giungendo a valle.

Essa agisce in relazione alla diminuzione della capacità di trasporto della corrente d'acqua, che aumenta con il progressivo annullarsi della pendenza del fiume, evidenziando in questo modo la caratteristica selezione granulometrica dei depositi fluviali, secondo la quale prima vengono abbandonati i detriti più grossolani e quindi, quelli più fini.

Gli agenti della dinamica fluviale sono la *forza bruta* e la *forza viva*.

La forza bruta ( $F_b$ ) corrisponde all'energia cinetica di cui tutte le correnti fluviali sono dotate; tenuto conto del fatto che queste si muovono per effetto della gravità, si può scrivere:

$$F_b = 1/2 m v^2$$

con  $m$  = massa = portata ( $P$ )

poiché  $P = v \times S$  (velocità per sezione)

$$F_b = 1/2 S \times v^3$$

da cui si deduce che la forza bruta cresce in funzione della terza potenza della velocità.

Appare quindi evidente il ruolo fondamentale assunto dalla velocità nel determinare possibilità e modalità di lavoro del corso d'acqua.

La forza bruta è anzitutto utilizzata dalla corrente per vincere l'attrito sul fondo e sulle sponde e per il trasporto del materiale in essa recapitato dagli affluenti e dalle acque dilavanti; l'energia residua di cui la corrente si serve per erodere prende il nome di forza viva.

All'alimentazione idrica del bacino imbrifero ed agli effetti della dinamica fluviale, che in esso si determinano, sono da riferire le tappe del modellamento operato dal fiume.

### **Serio, Oglio, Adda e Po**

Serio, Oglio, Adda e Po sono in ordine di grandezza crescente i quattro fiumi che bagnano il territorio provinciale.

Ad ovest, segnando con ampi meandri il confine provinciale, scorre il fiume Adda.

Esso si immette nel Po dopo che questo ha piegato il suo corso nel grande meandro che il fiume compie alle porte di Cremona; a partire da questo

punto il Po scorre in territorio provinciale, segnandone il confine meridionale. L'Oglio, che con un percorso meno sinuoso segna il confine orientale della provincia, e si immette nel Po solo in territorio mantovano.

L'area delimitata da questi tre fiumi è divisa in senso longitudinale dal Serio, affluente dell'Adda.

Come già ampiamente esposto questi fiumi, grandi o piccoli che siano, si alimentano delle acque di precipitazione, che, nella regione in cui essi scorrono caratterizzata da un tipo di clima temperato freddo, pur distribuendosi abbastanza regolarmente nel corso dell'anno, registrano due massimi rispettivamente in maggio ed in ottobre ed un minimo in luglio, il mese più caldo, in cui alla scarsità di piogge si somma la forte evaporazione.

I fiumi il cui bacino si dica naturale, perchè escluso dalla regolazione a mezzo di dighe o sbarramenti, come succede al Serio nell'ambito del territorio provinciale, mostrano una spiccata corrispondenza tra andamento del regime e andamento delle precipitazioni.

Il Serio: è il principale affluente dell'Adda, scorre per una lunghezza di 124 km raccogliendo le acque di un bacino di 1256 km<sup>2</sup>; la sua portata è abbastanza regolare e si aggira intorno ad un valore 21 m<sup>3</sup>/sec.

Essa raggiunge il valore massimo di 30 m<sup>3</sup>/sec. tra maggio e giugno e il valore minimo di 13 m<sup>3</sup>/sec. nel mese di gennaio.

L'Oglio: ha una lunghezza di 280 km ed un bacino di 6649 km<sup>2</sup>, la portata media annua è di circa 58 m<sup>3</sup>/sec.; il suo regime è regolato in modo che all'aumento dei valori di portata che si registrano tra maggio e luglio segua una progressiva diminuzione fino a raggiungere un minimo di 5 m<sup>3</sup>/sec. nel mese di febbraio.

L'Adda: può vantare il quarto posto in Italia per lunghezza (431 km) ed il sesto per ampiezza del bacino (7979 km<sup>2</sup>).

La portata media annua è di circa 157 m<sup>3</sup>/sec.; anche per il fiume Adda l'andamento delle portate è caratterizzato da un aumento in corrispondenza della tarda primavera a partire dalla quale si registra una graduale perdita. Ai 268 m<sup>3</sup>/sec. nel mese di giugno fanno seguito i 92 m<sup>3</sup>/sec. nel mese di marzo.

Il Po: dal latino *Padus*, ma un tempo chiamato anche *Eridano*, termine di origine greca, ha formato e dato il nome alla pianura padana.

È il maggiore tra i fiumi italiani sia per lunghezza (652 km) sia per ampiezza del bacino (74970 km<sup>2</sup>) sia per portata.

Il suo regime, oltre che dalle variazioni climatiche, è influenzato anche dalle variazioni di portata dei suoi affluenti alpini ed appenninici; esso, di conseguenza, ha un andamento assai irregolare, caratterizzato da due massimi, in primavera e in autunno, e due minimi, in inverno e in estate.

La portata media annua del fiume Po a Cremona è di circa 1290 m<sup>3</sup>/sec.; in novembre, quando le piogge cadono abbondanti, essa raggiunge anche valori che si accostano a 8800 m<sup>3</sup>/sec., mentre in luglio, scende a 287 m<sup>3</sup>/sec.

Questi valori si discostano di parecchio da quelli che caratterizzano il fiume vicino alla sorgente, poichè durante il suo fluire verso valle esso si arricchisce delle acque dei suoi affluenti di destra e di sinistra che in misura differente lo alimentano; il diverso apporto dei fiumi alpini rispetto a quelli appenninici si riflette soprattutto sulla morfologia dei versanti, che assumono un aspetto tipicamente asimmetrico.

L'ingente quantità di detriti, che il fiume raccoglie, erode e trasporta verso valle, viene deposta sul letto del fiume stesso. In questo modo il fondo tende ad alzarsi, diminuendo la pendenza del fiume che diventa sempre meno capace di sopportare i regimi di piena.

Per la gran parte del loro percorso i fiumi che attraversano la provincia di Cremona nel loro insieme mostrano un'eccellente esemplificazione della tendenza evolutiva di un corso d'acqua, riassumendo i caratteri che rientrano nel concetto di evoluzione ciclica della topografia di una pianura alluvionale.

Essi presentano solchi definibili come tipiche *valli a cassetta*, con fondo piatto e versanti costituiti da terrazzi gradonati e decrescenti verso il corso del fiume, incastonate entro *il livello fondamentale della pianura o piano generale terrazzato* che rappresenta il livello principale della pianura padana.

L'elemento morfologico caratterizzante lo stacco tra i terreni più antichi del piano generale terrazzato (pleistocenico) e quelli più recenti della valle fluviale (olocenici) è rappresentato dalle scarpate morfologiche che finiscono inevitabilmente per divenire anche un fattore paesaggistico e ambientale determinante nel panorama geografico planiziaro.

All'interno della propria valle il corso d'acqua, che vi divaga ampiamente stabilendo tutte le forme della geometria fluviale, può essere definito come fiume o torrente a seconda delle caratteristiche idrologiche che individuano sostanzialmente la tendenza a presentare o non marcati contrasti di portata, capacità erosiva e di trasporto più o meno accentuata, conseguente alla maggiore o minore velocità della corrente determinata, a sua volta, dalla pendenza del profilo longitudinale.

Nel caso dei nostri fiumi è allora possibile distinguere il Serio, con più deciso regime torrentizio, da Adda, Oglio e Po che meglio definiscono il regime fluviale.

Tale condizione può essere rilevata facilmente anche dalla fisionomia e

dalla morfologia dell'*alveo o letto fluviale*, rilevabile tanto lungo il suo profilo longitudinale quanto lungo la sezione o profilo trasversale, nonchè dal tracciato, come viene definito l'andamento dell'alveo fluviale visto in proiezione zenitale.

Al *letto di magra*, spesso variabile e irregolare, occupato dalle acque nei momenti di minore portata e bordato da ampie zone a ghiaieto o da vasti depositi sabbiosi a seconda della latitudine, corrisponde un *letto ordinario* che le acque occupano nei periodi di portata normale, che sovente ricomprende anche parte delle barre alluvionali laterali al corso d'acqua.

Nel tratto settentrionale della provincia sia queste ultime sia le eventuali isole interfluviali sono costituite essenzialmente da depositi ciottolosi o ghiaiosi, intercalati da lenti di materiali più minuti che ripetono nel disegno l'andamento della dinamica fluviale.

Nel settore centro-meridionale i depositi alluvionali si fanno più fini, cosicchè dalle sabbie più o meno grossolane si passa alle sabbie limose ed ai limi veri e propri. Questi depositi durante la stagione estiva si ricoprono normalmente di vegetazione erbacea dai caratteri effimeri, poichè soggetta a tutte le escursioni idrologiche del fiume.



Un tratto di alveo fluviale di tipo C in un momento di morbida. Risultano abbastanza evidenti i canali più importanti occupati dalle acque e separati da numerose barre alluvionali già vegetate. Durante i periodi di magra emerge anche la fitta rete di canali appena incisi nella vasta coltre di alluvioni ghiaiose che caratterizza questo tratto del fiume Serio.

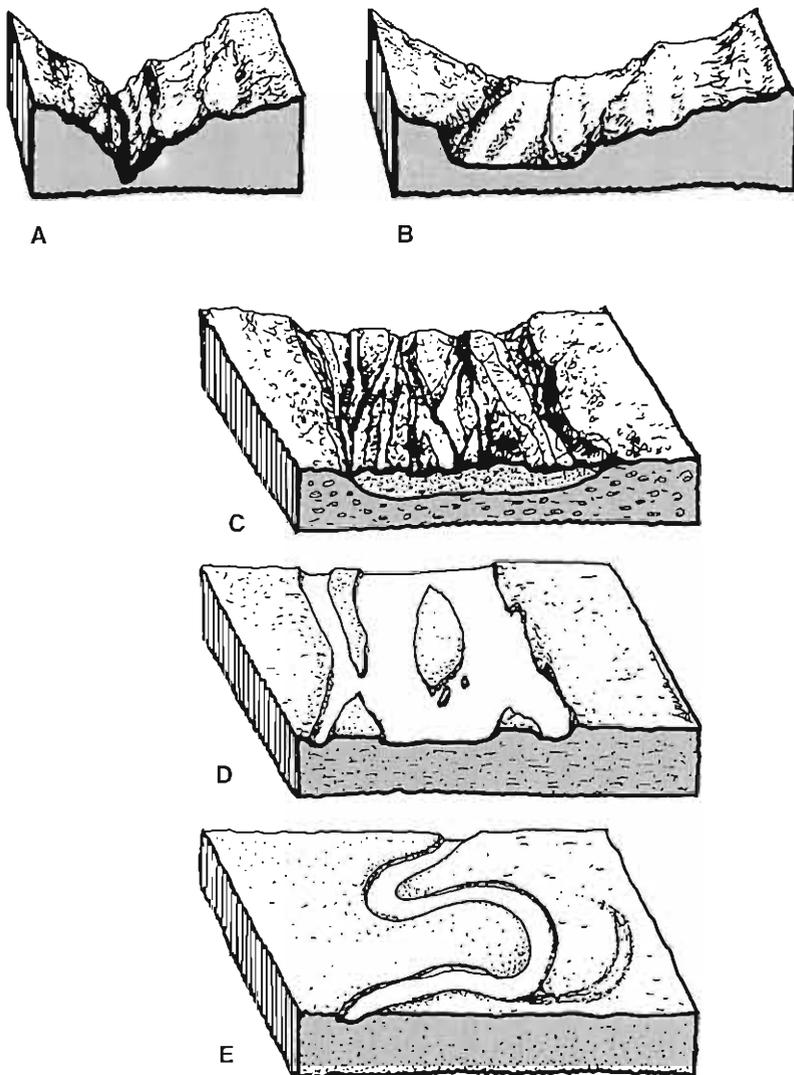


Fig. 4 - Tipi di alveo fluviale [ridis. da L. Trevisan, 1968].  
 A - Alveo scavato nella roccia viva di una valle montana;  
 B - Alveo in roccia con depositi ciottolosi;  
 C - Letto largo e canali anastomizzati;  
 D - Alveo a isole interfluvioli;  
 E - Alveo a meandri.

Infine si distingue un *letto di piena o di inondazione* che può occupare anche vaste superfici circostanti il fiume e che rimane normalmente in secca, tanto da ospitare, nella stragrande maggioranza dei casi, aree agricole. Tale letto di inondazione entra in attività solamente durante gli episodi di piena normale o di portata straordinaria. L'insieme delle vicende idrologiche proprie a ciascun fiume, unite ai fattori dinamici, producono una geometria dell'alveo differente a seconda del tratto geografico considerato.

In ambito planiziario solitamente sono distinguibili tre tipi di alveo fluviale: l'alveo di tipo C che appare caratterizzato da una piana di alluvioni ciottolose che costringono la corrente a mutare spesso il suo percorso, producendo una rete assai complicata di canali dei quali solo alcuni appaiono bene incisi nella massa alluvionale ed attivi durante l'intero arco annuale, mentre la maggior parte dei rami fluviali si mostra appena segnata, tanto da entrare in attività solo a determinate condizioni di portata del fiume.

Simile tipo di alveo, definito *letto largo a canali anastomizzati*, è visibile nella sua forma più completa ed esemplare nel tratto alto-planiziario del fiume Serio, a nord della provincia di Cremona, dove questo percorre ancora il suo conoide di deiezione pedemontano, ma si può ritenere che anche i tratti dell'Adda, dell'Oglio e dello stesso Serio quando entrano in territorio provinciale conservino ancora le caratteristiche dell'alveo di tipo C, quantunque ormai sfumate verso il successivo tipo D del canale fluviale.

Quest'ultimo, detto anche *canale ad isole interfluviali* è ospitato da alluvioni più fini, solitamente sabbiose, e presenta isole ben definite, spesso separate dalla sponda da rami fluviali minori.

Infine l'alveo di tipo E è un letto a meandri liberi, con ampie capacità di divagazione sul piano delle alluvioni recenti ed elevata possibilità di mutare percorso grazie al fenomeno del *salto di meandro* che produce rami fluviali morti o lanche.

È questo il genere di canale che distingue la gran parte dei percorsi centro-meridionali dell'Adda e dell'Oglio, nonché il tratto del Po che lambisce il territorio provinciale.

## **Forme di erosione fluviale**

L'aspetto più rilevante dell'azione erosiva di un fiume è l'incisione della valle in cui scorre. Il termine valle sta ad indicare esattamente una forma negativa della superficie terrestre, intesa come incisione della superficie topografica di aspetto e dimensioni varie, occupata da un corso d'acqua temporaneo o permanente.

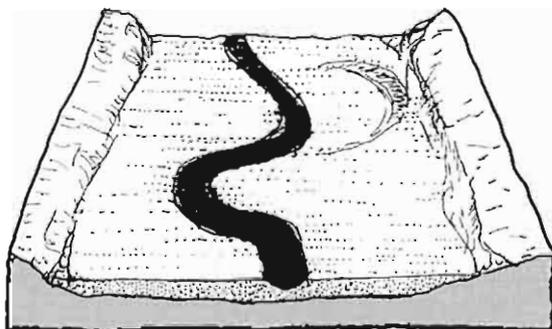
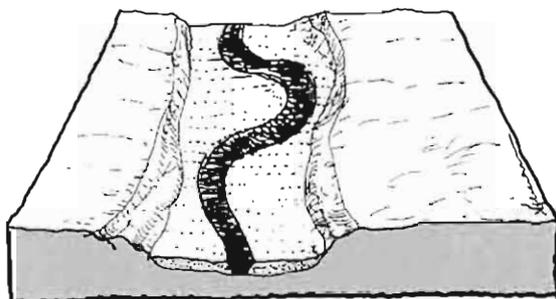
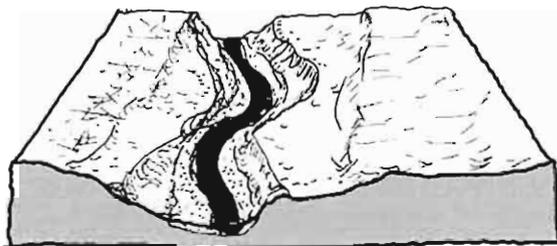


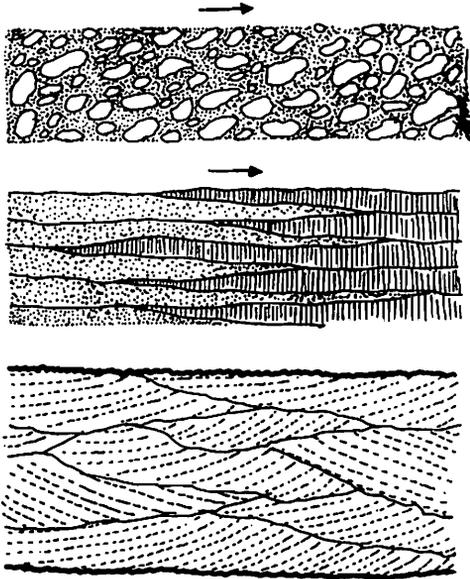
Fig. 5 - Ampliamento del fondovalle per gradi successivi ad opera di un fiume dall'andamento meandriforme.

Una valle si genera ad opera di tre processi concomitanti: allargamento, approfondimento, allungamento.

L'*allargamento*, prodotto soprattutto dall'erosione laterale, è dovuto sia alla degradazione meteorica, che per azione combinata del calore e dell'acqua agisce sui versanti attraverso meccanismi di alterazione chimica, sia al ruscellamento, che mobilita le particelle frantumate, permettendone l'asportazione da parte della corrente. La larghezza di una valle si esprime dunque mediante la misura della distanza esistente tra i fianchi ed implicitamente ne fornisce anche il profilo.

L'*approfondimento* è dovuto alla forza erosiva verticale esercitata dalla parte centrale della corrente; naturalmente l'escavazione procede diversamente a seconda della resistenza offerta dal substrato.

L'*allungamento* è dovuto a diverse cause tra cui l'erosione regressiva, che induce lo spostamento del punto di impluvio in direzione opposta al moto dell'acqua incanalata nel solco della valle.



**Fig. 6 - tipi di depositi alluvionali. Dall'alto in basso rispettivamente:**  
- deposito ciottoloso-sabbioso;  
- stratificazione ad incastrati ripetuti;  
- stratificazione incrociata.

L'allontanarsi del punto d'impiuvio determina sia l'allungamento del fiume sia l'ampliarsi del suo bacino imbrifero, con la conseguente possibilità di catturare un corso d'acqua del bacino adiacente.

Questo fenomeno spiega l'origine di alcune strane forme dette *valli morte*. Un bradisismo negativo o sollevamento della superficie su cui scorre, con conseguente allontanamento del punto di sbocco in mare, rappresenta un'ulteriore causa dell'allungamento di un fiume.

### Forme di deposizione fluviale

La diminuzione del potere di trasporto, dovuta per lo più ad una diminuzione della pendenza, e l'incapacità di evacuare tutto il materiale portato dagli affluenti, per eccesso di erosione a monte, sono due condizioni fondamentali perché avvenga la deposizione e il sovrapporsi di sedimenti detritici. Questi, che prendono il nome di *alluvioni* o *depositi alluvionali*, non



La barra ghialosa edificata all'interno dell'alveo di magra dalla corrente fluviale mostra i tipici caratteri di questo genere di formazione, quali: forma allungata nel senso della corrente; profilo asimmetrico con il lato sottocorrente più inclinato rispetto a quello sopracorrente; selezione granulometrica conseguente alla capacità di trasporto dell'acqua che risulta in funzione della velocità della stessa. Le isole fluviali risultano essere piuttosto mobili e mostrano la tendenza a migrare verso valle, se non sono fissate dalla vegetazione.

presentano quasi mai una stratificazione regolare; spesso hanno forma di lenti allungate nel senso della corrente, che assumono nella maggior parte dei casi l'aspetto di strati giustapposti ed incrociati.

Questa disposizione, oltre a permettere l'identificazione dei depositi alluvionali più antichi, riveste enorme interesse pratico per la conoscenza dell'andamento della circolazione sotterranea.

Le spiccate selezioni granulometrica e gravitativa sono caratteristiche peculiari dei depositi fluviali: la corrente del fiume abbandona lungo il proprio corso depositi via via più fini, passando da grossi massi a particelle colloidali più piccole, attraverso tutta una successione granulometrica strettamente connessa all'energia della corrente.

Nel caso più generale si osserva pertanto una selezione dei sedimenti procedendo da monte verso valle, ma anche una successione verticale di depositi alterni grossolani e fini, evidente risultato della successione di pie-ne e di magre, ed infine una cernita in senso trasversale, con detriti più grossi in corrispondenza del filone della corrente e man mano più sottili procedendo verso le sponde.

La deposizione fluviale concorre, in larga misura, al colmamento di depressioni topografiche, favorendo così, in modo vistoso ed accentuato, il progressivo spianamento della superficie terrestre.

Fra le principali forme del paesaggio legate all'alluvionamento possono essere menzionate: le isole fluviali, le penisole di confluenza, gli alvei pensili, i conoidi di deiezione, i delta lacustri, i delta marini, e le pianure alluvionali.

Le loro caratteristiche sono succintamente descritte qui di seguito.

*Isole fluviali:* si formano all'interno dell'alveo attivo quando il filone principale della corrente, in fase deposizionale, finisce con l'ostruire il proprio percorso obbligando se stesso a dividersi in due rami (almeno in periodo di portata ordinaria): rami che si ricongiungono poi subito a valle dell'ostruzione medesima. Se il fenomeno è generalizzato, si passa a veri e propri *braided-streams* (corsi d'acqua con alvei densamente e tipicamente ramificati). Le isole fluviali sono caratterizzate da profilo longitudinale (parallelo cioè alla direzione della corrente) asimmetrico, con il lato sottocorrente più inclinato di quello sovracorrente; sono generalmente mobili e tendono progressivamente a migrare verso valle, se non vengono fissate dalla vegetazione.

*Penisole di confluenza:* corrispondono a costruzioni alluvionali, piatte, a pianta triangolare, con vertice rivolto verso valle, tipiche delle zone di confluenza di due corsi di acqua ad andamento obliquo e con portate tra loro paragonabili.

La loro genesi è legata ai processi di deposizione connessi alla diminuzione della velocità delle correnti determinata dal loro reciproco impatto; la loro formazione ed evoluzione procede con la progressiva migrazione delle confluenze verso valle.

*Alvei pensili:* si tratta di quegli alvei che, a causa di un continuativo processo di deposizione, possono venire a trovarsi in posizione altimetricamente sopraelevata rispetto alle aree circostanti.

Sono intuitivi i fenomeni di esondazione, nonché di digressione o deviazione cui essi sono suscettibili.

*Conoidi di delezione:* corrispondono a quelle forme di deposizione che si sviluppano allo sbocco dei corsi d'acqua in zone pianeggianti o, nel caso di affluenti, nel fondo valle del collettore principale.

La causa della deposizione è, in questo caso, tipicamente legata alla repentina perdita di velocità della corrente, dovuta alla dispersione delle acque su più vaste superfici, nonché alla diminuzione di portata causata da infiltrazioni sotterranee.

In particolare, si identificano con corpi alluvionali a forma di semicono, con pianta triangolare, paragonabile a quella di un ventaglio aperto, con

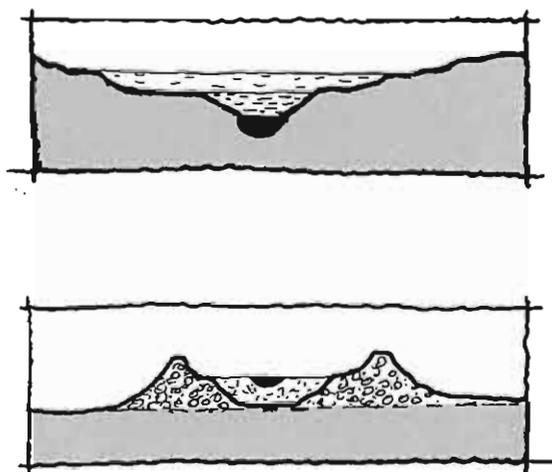


Fig. 7 - Sezioni di alvei di pianura. Nel primo caso (in alto) il letto ordinario e quello di piena sono incavati nel piano di campagna; nel secondo caso (in basso) il letto è pensile e rinserato tra argini artificiali [ridis. da B. Franceschetti, 1980].

perno appoggiato, verso monte, all'interno del corrispondente solco vallivo. Derivano, in pratica, da continui spostamenti dell'asta fluviale, che, per accentuato accumulo (o deiezione) dei depositi lungo il filone principale di corrente, assume in ogni nuova posizione occupata carattere di pensilità.

Tali deviazioni dell'asta fluviale vengono, di volta in volta, interrotte e sospinte in senso opposto quando l'asta stessa nella zona apicale del conoide finisce contro uno dei versanti vallivi.

La loro pendenza, in senso longitudinale, varia soprattutto in funzione delle dimensioni del materiale da cui sono costituiti, del regime dei corsi d'acqua (in caso di regime irregolare, ai grandi accumuli di detriti dei periodi di piena non fa seguito una loro dispersione nei momenti di portata ordinaria) e della capacità del collettore principale di allontanare il materiale che via via riceve.

*Delta lacustri e delta marini:* quando un corso d'acqua si immette in un lago o nel mare perde gradatamente velocità; questa perdita corrisponde ad una dissipazione d'energia da parte della corrente fluviale dovuta al mischiarsi di acque turbolente con acque tranquille.

La diretta conseguenza è la progressiva diminuzione della capacità di trasporto; ecco dunque che il carico di sedimenti convogliato viene depositato in una serie di strati che costituiscono il delta.

Un delta lacustre si differenzia da un delta marino soprattutto per la disposizione degli strati: mentre il primo, dall'estensione assai ridotta, presenta una pendenza degli strati ben marcata, il secondo tende ad occupare spazi sempre più ampi mantenendo però un'inclinazione minima.

Tutto questo si spiega nel seguente modo: la densità dell'acqua fluviale non si discosta da quella dell'acqua lacustre, perciò alla corrente di un fiume che si immette in un lago è concesso di disperdersi in tutte le direzioni; lo stesso non accade quando il fiume si immette nel mare poiché l'acqua dolce, che per minor densità galleggia sull'acqua salata, si disperde lentamente, di conseguenza rallenta la dissipazione di energia ed i sedimenti trasportati sono depositati lungo distanze maggiori.

*Piane alluvionali:* si incontrano in corrispondenza di regioni pedemontane in cui i fiumi, in occasione di piene eccezionali, non si limitano a depositare in alveo ma, straripando, abbandonano sedimenti in tutta l'area circostante e colmando le depressioni danno forma a quelli che sono i più ampi e potenti depositi fluviali.

Una tipica pianura alluvionale è la pianura padana.

La sua origine risale al Pliocene, quando i fiumi iniziarono il processo di colmamento di quella grande depressione compresa tra Alpi ed Appennini occupata a quel tempo dal grande golfo adriatico.



**Il fiume Oglio a Genlvolta. L'erosione per aggrottamento che la corrente fluviale attua intaccando la sponda concava di un meandro in fase di formazione, produce ripe alte a strapiombo sull'acqua dove, talora, trovano l'ambiente ottimale di nidificazione alcuni uccelli che pongono il nido in cunicoli scavati nel terreno, quali il topino, il grucclone, il martin pescatore.**

Quando i fiumi per diminuzione della pendenza del loro letto persero velocità, all'erosione subentrò la deposizione.

Prima, in ossequio alla selezione granulometrica dovuta al progressivo calo della capacità di trasporto della corrente col diminuire della pendenza, si depositarono le alluvioni più grossolane e successivamente quelle più fini.

In questo modo si distinguono un'alta pianura, costituita da ghiaie e sabbie permeabili ed una bassa pianura costituita da limi e argille.

Il passaggio dall'alta alla bassa pianura avviene gradatamente ed in corrispondenza di esso si delinea una fascia, in cui a depositi permeabili si mescolano depositi impermeabili, detta "fascia delle risorgive".

Tenendo conto del fatto che quando un fiume straripa la velocità della corrente delle acque d'esondazione diminuisce rapidamente e che di conseguenza in prossimità dell'alveo vengono depositate grandi quantità di detriti grossolani, si spiega la formazione di argini naturali a seguito del continuo ripetersi di alluvioni.

## Forme di erosione e deposizione fluviale

Il susseguirsi di momenti di erosione e di deposizione della corrente fluviale, porta alla formazione di terrazzi e di meandri, elementi caratterizzanti un corso d'acqua di pianura.

I *terrazzi*: sono costituiti da una superficie pianeggiante (ripiano del terrazzo) e da una scarpata di terrazzo (un gradino più o meno alto rispetto all'alveo del fiume).

Le cause più generali di terrazzamento sono da imputare sia a variazioni climatiche che hanno influenzato in modo sostanziale la portata dei corsi d'acqua sia a variazioni eustatiche, cioè del livello del mare o del punto di confluenza in un altro corso d'acqua o in un lago nel caso un fiume non arrivi fino al mare.

Ai cambiamenti dell'energia dei corsi d'acqua imputabili a tali variazioni è appunto da riferire l'alternarsi, nelle pianure alluvionali, di fasi di erosione e di deposizione, la cui ciclicità porta ad una successione di terrazzi a gradinata o inscatolati.

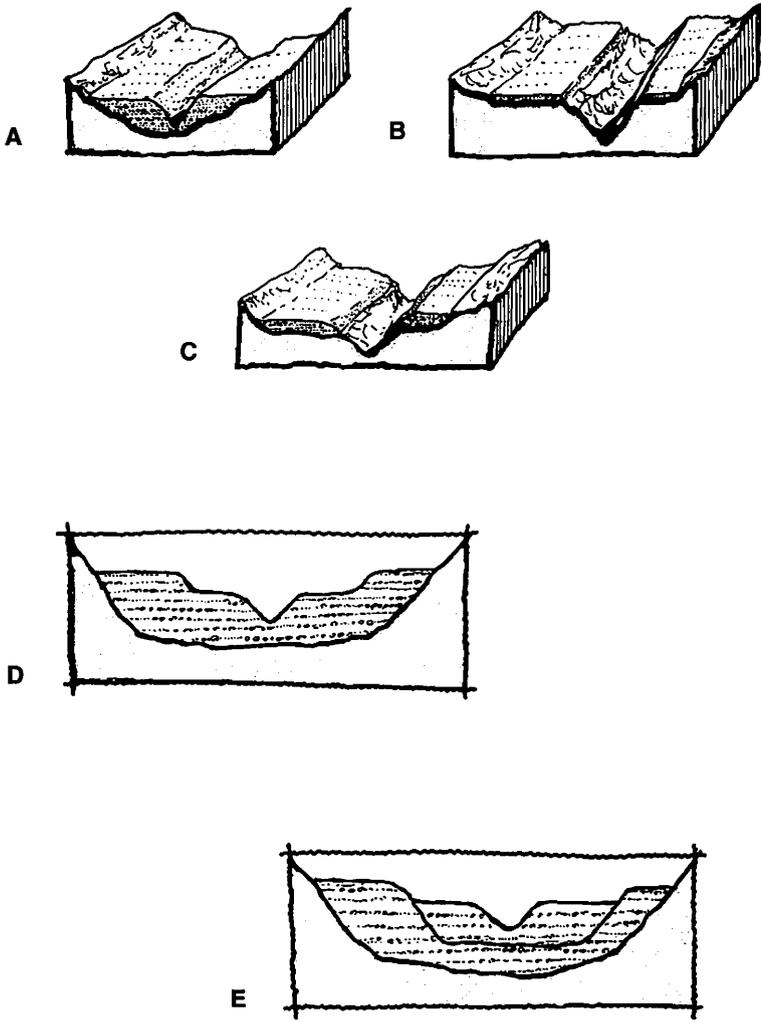
I terrazzi fluviali inscatolati costituiscono la caratteristica più importante della pianura Padana; essi, ben individuabili nel paesaggio fluviale come elementi di discontinuità altimetrica tra il livello della pianura ed il livello dell'alveo vero e proprio del fiume, sono testimoni delle variazioni climatiche verificatesi in quest'ultimo milione di anni.

In particolare le fasi di deposizione dei corsi d'acqua (messa in posto delle singole coltri alluvionali della pianura) si sono ripetute a seguito di ogni singola fase di espansione dei ghiacciai (fase anaglaciale); l'avvento di clima freddo e particolarmente umido (neve in montagna e pioggia in pianura) provocava infatti un aumento sostanziale della quantità di acqua nei fiumi.

Questo fatto provocò a sua volta un aumento della capacità erosiva e di trasporto nel bacino di raccolta, di conseguenza nella fase di espansione dei ghiacciai i fiumi arrivavano allo sbocco in pianura carichi di materiali e qui li abbandonavano determinando vasti accumuli.

Il fenomeno contrario avveniva a seguito del ritiro dei ghiacciai con il ritorno ad un clima più caldo e meno piovoso: i fiumi arrivavano nelle pianure precedentemente alluvionate meno carichi di materiali quindi dotati di energia sufficiente ad incidere i depositi abbandonati in precedenza.

I terrazzi possono dunque essere considerati dei resti di paleoalvei disposti a varie altezze e digradanti verso il centro della valle; quelli posti più in alto sono i più antichi mentre quelli posti in prossimità del fiume sono i più recenti.



**Fig. 8 - Diversi tipi di terrazzi fluviali:**

**A - terrazzi alluvionali incisi in una coltre di depositi;**

**B e C - terrazzi incisi in roccia con diversi gradi di copertura alluvionale.**

**Esempi schematici di terrazzi alluvionali a più livelli sovrapposti di una tipica valle fluviale di pianura a "cassetta".**

**D - terrazzi costituiti da un'unica formazione alluvionale;**

**E - terrazzi costituiti da diverse formazioni alluvionali.**

[ridis; da G.B. Castiglioni, 1979]

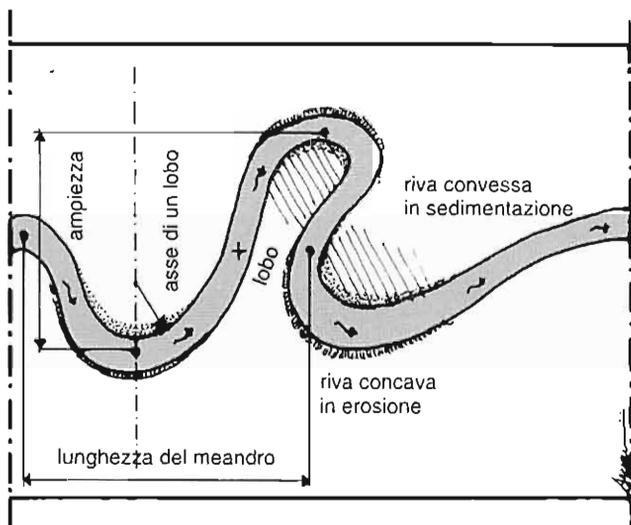


Fig. 9 - Elementi geometrici di un meandro fluviale.

I *meandri*: rappresentano quelle forme tipicamente sinuose e serpeggianti che assumono gli alvei quando scorrono nelle zone di pianura, dove le pendenze sono molto ridotte.

Tutto avviene a partire da un leggera curvatura iniziale delle sponde, che sposta il filone della corrente accentuandone la capacità erosiva su di un lato e quella di sedimentazione sul lato opposto; col tempo la leggera curvatura si evidenzia sempre più fino a diventare un'ansa vera e propria.

In ognuna di esse un osservatore posto al centro della corrente può distinguere una sponda concava ed una convessa: la sponda concava è soggetta ad erosione, la sponda convessa a deposizione; in questo modo il tracciato a meandri, un susseguirsi di anse tra lobi di terra, è soggetto a continue variazioni. Fenomeno caratteristico legato all'evoluzione del meandro è il salto del meandro che si verifica quando la zona centrale del lobo, compresa tra due anse successive, si assottiglia in modo tale da consentire al fiume di accorciare il suo percorso, che torna ad essere rettilineo, lasciando completamente o parzialmente isolato dall'alveo attivo un bacino d'acqua.

Questo, che prende il nome di *lanca*, *mortizza* o *meandro morto* viene



Di questa lanca fluviale di recente formazione si individua ancora agevolmente il profilo lunato che ne denuncia la derivazione da un'ansa fluviale, abbandonata per "salto di meandro" durante una piena. Le sue sponde si rivestono velocemente di vegetazione di bordura che nel corso del tempo, espandendosi sempre più, finirà per ingombrare completamente il corpo idrico, affrettando il suo interrimento, secondo il normale processo evolutivo, comune a questo genere di manifestazioni idrografiche.

in breve tempo allontanato dal corso del fiume in conseguenza del continuo apporto di sedimenti, fino al totale interrimento.

Le cause che portano il fiume ad assumere un andamento sinuoso sono dovute al fatto che, scorrendo su superfici a debole pendenza, il fiume non è in grado, per la significativa perdita di velocità, di superare un ostacolo ma, qualunque esso sia, è solamente capace di aggirarlo, dando così forma a quella leggera curvatura iniziale, da cui si sviluppa il meandro.

## **L'ambiente fluviale**

Nel panorama ambientale della pianura padana, dominato prepotentemente dalle forme artificiali imposte dalla millenaria azione umana, gli ambiti fluviali rimangono, di norma, gli unici scampoli di territorio in gra-

do di rappresentare con maggior compiutezza l'aspetto naturale del paesaggio.

La minore appetibilità dei terreni golenali, rimasta tale fino a non molti decenni addietro, l'instabilità dei corsi fluviali ed il conseguente pericolo di inondazioni, hanno sovente determinato la persistenza di ambienti selvatici nei contorni dei fiumi, conservando così alcuni dei caratteri naturali più peculiari della regione planiziaria.

Pur essendo venuti meno diversi requisiti di composizione e di completezza propri dell'ambiente originario sono ormai queste le ultime testimonianze di una natura fortemente alterata che, tuttavia, rappresenta il solo patrimonio naturale di cui la nostra generazione disponga.

La buona conservazione di tali elementi ed il loro indispensabile futuro potenziamento non riguardano, pertanto, unicamente la semplice salvaguardia dell'esistente quanto, invece e soprattutto, la sapiente gestione dei complessi e delicati equilibri instaurati dalla presenza del fiume che rappresenta l'anima vitale del contesto ambientale circostante.

Poichè è l'acqua, superficiale o sotterranea, il fattore determinante la configurazione del paesaggio naturale circumfluviale ne discende che sia da imputare fondamentalmente alla sua distribuzione e consistenza nel substrato ovvero alla sua incidenza sulla superficie del terreno - principalmente durante gli episodi di piena - la struttura e l'aspetto della componente naturale circostante. E dal momento che si può attribuire soprattutto all'assetto della vegetazione l'immagine più diretta di tale situazione è da questa componente che conviene partire per delineare una caratterizzazione, seppur sommaria, dell'ambiente circumfluviale.

### *1 - La vegetazione*

Connessa strettamente all'assetto della falda acquifera ed alle sue oscillazioni correlate con il regime fluviale, la distribuzione della vegetazione può essere ricondotta ad uno schema teorico che ammette la distinzione di fasce vegetazionali successive e parallele al corso del fiume modificantisi in composizione e struttura a mano a mano che ci si allontani da questo.

Anche gli eventi di piena giocano un ruolo importante nella distribuzione delle formazioni vegetali in questo schema teorico che ne ricalca, quindi, l'andamento stagionale entro i limiti della norma.

Tralasciando il letto fluviale costantemente occupato dall'acqua corrente, per solito poco ospitale nei confronti della vegetazione superiore, si può partire considerando quella porzione di alveo temporaneamente emersa - il



Il fiume Oglio a Soncino. Sui greti accumulati dalla dinamica fluviale si insedia ben presto un complesso vegetazionale capace di colonizzare in tempi relativamente brevi le alluvioni nude. Dalle prime specie erbacee dalle spiccate proprietà pioniere si passa ai cordoni arbustivi composti essenzialmente da salici cespuglianti, fino alla formazione di associazioni arboree che si affermano in posizione più arretrata, dove l'azione modificatrice della corrente fluviale si fa meno incombente.

che avviene durante il periodo di magra - che risulta popolata da vegetazione più o meno effimera, a seconda della ricorrenza delle sommersioni, ma capace di ridistribuirsi velocemente ad ogni mutamento della geometria dell'alveo successivamente ad ogni piena.

Se qui erano soltanto specie erbacee ad inverdire le alluvioni nude, nella fascia susseguente iniziano a prendere piede i primi cespugli di salici arbustivi: il salice rosso (*Salix purpurea*), il salice da ceste (*Salix triandra*) e talvolta, in posizione un poco più arretrata, il salice ripaiolo (*Salix eleagnos*).

Questi salici mostrano un'elevata attitudine a radicare su terreni poveri e piuttosto instabili e si rivelano particolarmente adatti a resistere agli episodi di piena ed a periodi più o meno prolungati di sommersione.

Poiché il grado di copertura raggiunto da questa vegetazione arbustiva non è mai molto elevato, i greti circostanti si ricoprono di molte erbe dalle

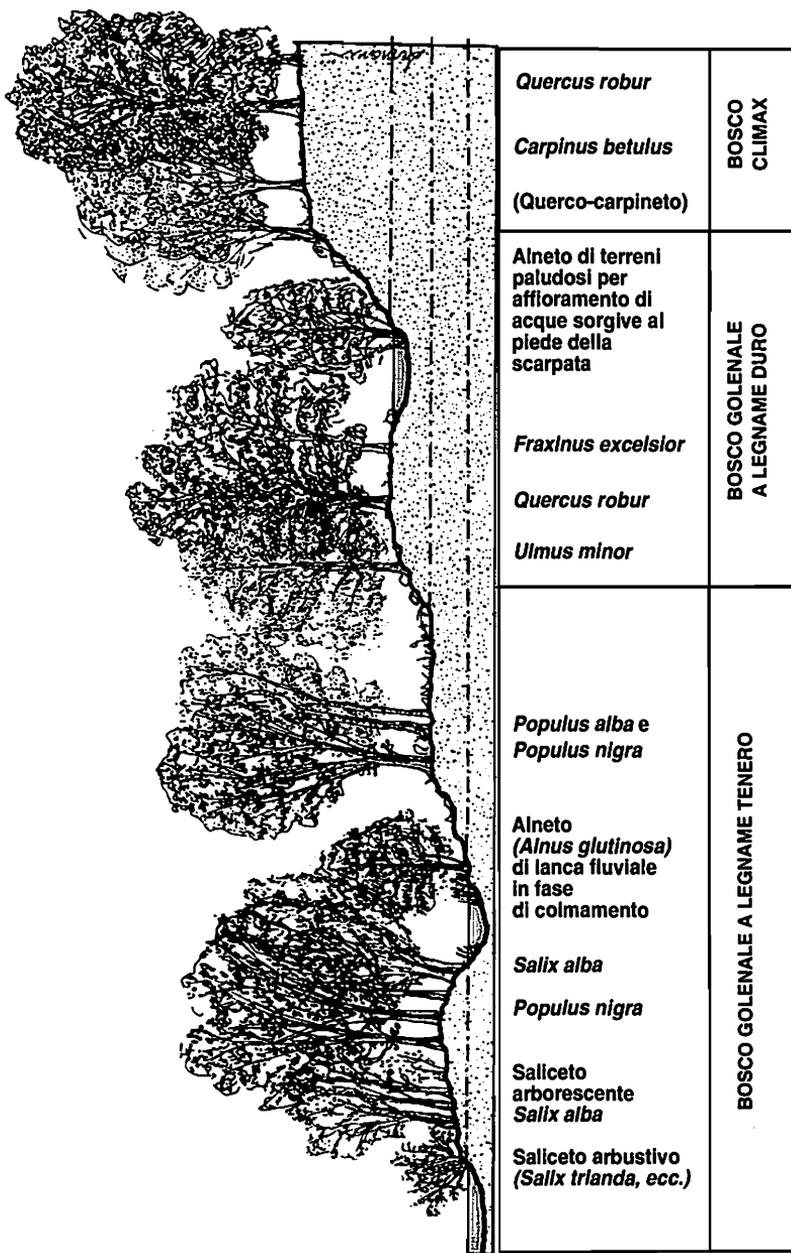


Fig. 10 - Distribuzione della vegetazione secondo il grado di affrancamento dall'acqua.

caratteristiche ecologiche ben definite atte alla sopravvivenza in situazioni ambientali piuttosto severe.

Alle spalle di questa fascia vegetazionale si insedia la prima formazione boschiva caratteristica degli ambiti fluviali: il saliceto arborecente.

Si tratta di un bosco dalla struttura particolarmente semplificata, sovente composto da un'unica specie legnosa, il salice bianco (*Salix alba*), che forma uno strato dominante con coperture aggirantisi intorno al 50-60% e costituito, nella più parte dei casi, da alberi coetanei. Solo invecchiando questo tipo di bosco consente ad uno strato alto-arbustivo, rappresentato da sambuco nero (*Sambucus nigra*), pallon di neve (*Viburnum opulus*), sanguinello (*Cornus sanguinea*) e da salici arbustivi, di infiltrarsi al suo interno, mentre normalmente è lo strato erbaceo a sostenere un ruolo di particolare rilevanza.

Allontanandosi ulteriormente dal fiume si afferma, finalmente, un'associazione arborea dai caratteri decisamente forestali. Si tratta di formazioni boschive insistenti su suoli abitualmente raggiunti dalle piene più intense ma, proprio per questo motivo, sempre più svincolate dalla diretta influenza fluviale.

Le specie arboree dominanti sono rappresentate dal pioppo nero (*Populus nigra*) e dal pioppo bianco (*Populus alba*) che da noi viene spesso sostituito dal pioppo gatterino (*Populus canescens*). A questi si trovano solitamente associati il salice bianco (*Salix alba*) e l'ontano nero (*Alnus glutinosa*) che finiscono per occupare i punti più umidi del bosco, ma le stesse specie costituiscono generalmente gli elementi di raccordo con il saliceto arborecente che precede questo tipo di bosco nella serie dinamica di affrancamento dall'acqua.

Non mancano altre essenze legnose più pregiate, quali l'olmo (*Ulmus minor*), l'acero campestre (*Acer campestre*), la farnia (*Quercus robur*) e talora il frassino maggiore (*Fraxinus excelsior*) che segnano stadi di transizione verso cenosi più stabili nelle quali non di rado prendono il sopravvento l'olmo e la farnia.

La componente arbustiva può assumere importanza variabile in rapporto al grado di copertura degli alberi ed alla maggiore o minore età del bosco. Nocciolo (*Corylus avellana*), fusaggine (*Euonymus europaeus*) e sambuco nero (*Sambucus nigra*) si affermano nelle stazioni più umide, mentre biancospino (*Crataegus monogyna*), ligustro (*Ligustrum vulgare*), corniolo (*Cornus mas*) e sanguinello (*Cornus sanguinea*), lantana (*Viburnum lantana*) e spincervino (*Rhamnus catharticus*) si diffondono in stazioni più asciutte o in settori del bosco più aperti nonché ai suoi margini, dove compaiono anche il crespino (*Berberis vulgaris*), la rosa selvatica

(*Rosa canina*), la ginestrella (*Genista tinctoria*) e il rovo comune (*Rubus ulmifolius*) insieme a diverse lianose.

Infine, ai margini della valle fluviale ed anche al suo esterno si dovrebbe insediare il quercu-carpineto che, dal punto di vista dello schema teorico qui descritto, rappresenterebbe l'associazione forestale climax della regione padano-veneta, ovverosia la massima espressione forestale, dotata di elevata stabilità ecologica, che la pianura padana dovrebbe essere in grado di accogliere.

I brandelli residui di questo genere di bosco ne mostrano la composizione caratteristica dominata dalla farnia (*Quercus robur*) e dal carpino bianco (*Carpinus betulus*), cui si possono associare l'olmo (*Ulmus minor*), il ciliegio selvatico (*Prunus avium*), l'orniello (*Fraxinus ornus*), l'acero campestre (*Acer campestre*) e il melo selvatico (*Malus sylvestris*).

La fase arbustiva, di norma relegata ai margini del bosco, annovera la gran parte delle specie già citate, con dominanza variabile dell'una o dell'altra a seconda delle condizioni edafiche dei siti di insediamento.

Un tipo del tutto speciale di fitocenosi è rappresentato dall'alneto a ontano nero (*Alnus glutinosa*) che costituisce il più chiaro esempio di vegetazione forestale azonale della pianura padana. Dal punto di vista teorico esso può occupare qualunque posizione nell'ambito del nostro schema di riferimento; nella pratica la sua affermazione prevede come presupposto irrinunciabile la costante disponibilità di acqua nel suolo, unitamente all'esclusione da qualunque effetto di rimaneggiamento del substrato da parte degli eventi dinamici del fiume.

In pratica l'alneto si insedia in ciò che resta degli antichi meandri fluviali in avanzato stadio di interrimento ovvero - e da noi in modo quasi esclusivo - al piede di un terrazzo fluviale, dove si raccolgono le acque di falda scaturenti in quantità sufficiente a mantenere costantemente intriso il terreno.

Questo tipo di bosco, costituito di solito dall'ontano nero allo stato di purezza, presenta una copertura piuttosto fitta, tanto da limitare la componente arbustiva ai suoi margini, mentre le caratteristiche edafiche ne selezionano significativamente la rappresentanza floristica. Alla frangola (*Frangula alnus*) e al pallon di neve (*Viburnum opulus*) che crescono addossati agli alberi, possono far riscontro tutt'intorno grandi macchioni di salice grigio (*Salix cinerea*) che sovente invadono le distese di canneto in fase di regressione o i margini di pozze d'acqua e stagni residui.

E veniamo così a parlare di stagni e paludi formati dai rami abbandonati dal fiume nel suo costante divagare all'interno della valle fluviale. Le lanche e gli stagni ospitano caratteristici popolamenti vegetali di acque fer-

me che si dispongono con esemplare precisione secondo una zonazione determinata dalla profondità dell'acqua degli stessi bacini.

Dalle cinture esterne occupate dal cariceto e poi dal canneto a *Phragmites australis*, si passa alla zona a mazzesorde (*Typha latifolia* solitamente) che, nel complesso, costituiscono le bordure vegetali più evidenti e facilmente distinguibili anche in lontananza.

A grado a grado che si procede verso il centro del bacino palustre prendono risalto piante in parte sommerse, ma con gli organi vegetativi sommitali eretti sopra il pelo dell'acqua, come il giunco fiorito (*Butomus umbellatus*), la mestolaccia (*Alisma plantago-aquatica*) o *Rorippa amphibia*.

Successivamente prevalgono piante radicate sul fondo dell'invaso palustre ma con foglie galleggianti, come la ninfea bianca (*Nymphaea alba*) o il nannufero (*Nuphar luteum*) cui si mescolano piante liberamente natanti come la castagna d'acqua (*Trapa natans*), il morso di rana (*Hydrocharis morsus-ranae*), le lenticchie d'acqua (*Lemma minor*, *Spirodela polyrrhiza*) o l'erba pesce (*Salvinia natans*).

Infine si incontrano le piante costantemente sommerse che solo all'epo-



Lanche di Azzanello. La distribuzione dell'elemento vegetazionale che contraddistingue i rami abbandonati del fiume segue un ordine preciso e comune alla maggior parte delle raccolte d'acqua ferma. Sullo sfondo delle cortine arboree che contornano il bacino palustre si stagliano le bordure a macrofite (canneto, tifeto), mentre lo specchio d'acqua si copre di vegetazione galleggiante ed il fondo si popola di praterie sommerse.

ca della fioritura emergono con gli apparati floreali, come le brasche o lingue d'acqua (*Potamogeton sp. pl.*), l'erba scopina (*Hottonia palustris*), l'erba vescica (*Utricularia vulgaris*) o il miriofillo (*Myriophyllum verticillatum*).

Insieme a queste molte altre piante costituiscono le praterie di fondo e in nessun caso raggiungono la superficie dello stagno, come la ranocchina (*Najas minor*), la peste d'acqua (*Elodea canadensis*, *Lagarosiphon major*) o la brasca a foglie opposte (*Groenlandia densa*).

Come appare facilmente intuibile ciascuno degli ambienti vegetazionali passati in rassegna costituisce il presupposto per l'insediamento di altrettanto specifici popolamenti animali che, nell'insieme, formano la straordinaria ricchezza biologica degli ambienti fluviali.

## 2 - La fauna

Le valli fluviali rappresentano gli ambiti territoriali della provincia che garantiscono la maggior varietà ambientale, sia per la loro stessa natura, dove l'azione della dinamica fluviale e l'alternarsi di aree umide ed aride consente una considerevole diversificazione del paesaggio vegetazionale, con una distribuzione definibile a mosaico, sia perchè hanno più a lungo resistito alla colonizzazione antropica rispetto ai territori contermini localizzati sul piano fondamentale della pianura.

A tale riguardo basti pensare che, mentre per la parte centrale della provincia la colonizzazione agricola del territorio è a tutt'oggi testimoniata dalle tracce della centuriazione romana (ma iniziata certamente in periodi precedenti), ancora all'inizio del nostro secolo gran parte delle aree golenali era caratterizzata dalla presenza di estesi ed ininterrotti manti forestali che racchiudevano aree impaludate di notevole estensione.

È quindi naturale che l'intera fauna planiziale trovasse, e trovi ancora, per quanto possibile, in tale aree la sua più ampia rappresentanza.

Nonostante il progressivo depauperamento del patrimonio naturalistico e la costante e secolare tendenza alla banalizzazione ambientale che ha interessato in modo massiccio anche le golene fluviali, tali superfici hanno rappresentato le ultime roccheforti, prima della definitiva scomparsa, per le specie che mal tolleravano la convivenza con l'uomo.

Quegli animali che nell'immaginario collettivo rappresentano il simbolo stesso della selvaticità, sono stati i primi a soccombere; i cervidi come il capriolo (*Capreolus capreolus*) ed il cervo (*Cervus elaphus*) hanno probabilmente percorso i boschi della provincia almeno sino all'epoca rinasci-

mentale, mentre il lupo (*Canis lupus*), incarnazione stessa delle paure e del rispetto che la natura non domesticata suscita nell'animo umano, più ostinatamente ha resistito sino agli inizi del secolo scorso, anche se solo con sporadiche comparse nei boschi ripariali, che hanno comunque lasciato la traccia nei truculenti racconti delle cronache dell'epoca.

La scomparsa di alcune specie è passata invece quasi inosservata, tanto che oggi non esistono prove certe della loro esistenza in passato sul territorio provinciale, come per esempio la martora (*Martes martes*), talvolta citata dagli autori ottocenteschi.

Altre specie si sono trascinate con piccoli nuclei fino a tempi recenti, quando il travolgente impatto della specializzazione agricola ed industriale le ha definitivamente cacciate dal territorio considerato.

È questo il caso dello scoiattolo (*Sciurus vulgaris*), che ha conservato piccole popolazioni lungo l'Adda e lungo alcuni corsi d'acqua minori della provincia (es. Naviglio di Melotta), almeno sino agli anni sessanta, periodo a cui si può far risalire anche l'estinzione locale della lontra (*Lutra lutra*).

Altre specie più fortunate conservano tutt'ora popolazioni piccole ma vitali nei tratti meglio conservati delle golene fluviali; così nei boschi che si sviluppano nei tratti settentrionali dell'Adda e dell'Oglio, ma anche nei boschetti rilitti radicati nella golena del Po, sopravvivono gli ultimi nuclei locali di specie legate all'ambiente forestale come la ghiandaia (*Garrulus glandarius*), il corvide nostrano più variopinto, il picchio verde (*Picus viridis*) o la cincia bigia (*Parus palustris*), di piccoli mammiferi come il ghiro (*Myoxus glis*), di rettili come il saettone (*Elaphe longissima*), grosso serpente arboricolo, o di insetti, categoria spesso non considerata quando si parla di conservazione ma che ha pagato anch'essa ingenti tributi alle trasformazioni ambientali, come il cervo volante (*Lucanus cervus*), ormai relegato a pochi querceti relitti.

La più diffusa presenza di aree naturalisticamente rilevanti consente inoltre di mantenere, in ambito perfluviale popolazioni più cospicue anche per quelle specie uniformemente diffuse sul territorio provinciale come il tasso (*Meles meles*), che predilige le fasce boscate radicate sul ciglio dei terrazzi fluviali per scavare le sue tane o la volpe (*Vulpes vulpes*) piccolo canide che utilizza di frequente i tunnel scavati dalla specie precedente e che ha recentemente ricolonizzato questo tratto della pianura padana.

Anche alcuni uccelli come il picchio rosso maggiore (*Picoides major*), il colombaccio (*Columba palumbus*) o il gruccione (*Merops apiaster*), coloratissimo e vistoso uccello migratore che nidifica nel terreno delle scarpate erose, sono più facilmente osservabili nelle golene fluviali.

La grande importanza sotto il profilo faunistico dei fiumi nell'ambito planiziale è rappresentata dalla stupefacente varietà ambientale che caratterizza tali aree; la dinamica fluviale, la morfologia accidentata del terreno, la distribuzione spaziale della vegetazione e la presenza di acque correnti o lentiche contribuisce a creare un ambiente estremamente diversificato, dove trovano spazio zoocenosi complesse e preziose.

Il tratto settentrionale dei fiumi della provincia (soprattutto Adda e Oglio, considerato che il Serio risulta più gravemente compresso da interventi di regimazione in tutto il tratto scorrente entro i confini provinciali) dove l'aveo è caratterizzato da imponenti depositi di materiale litoide piuttosto grossolano e da un corso tipicamente anastomosato, è caratterizzato da acque ben ossigenate.

In questa fascia trovano ancora l'habitat idoneo alcuni pesci che hanno visto contrarsi considerevolmente i propri contingenti: il temolo (*Thymallus thymallus*) e la trota marmorata (*Salmo trutta marmoratus*); la peggiorata qualità delle acque ed una gestione poco accorta del patrimonio ittico li aveva portati sull'orlo dell'estinzione.

Le ghiaie nude o scarsamente cespugliate che caratterizzano in questo tratto le aree prossime al corso d'acqua ospitano invece alcune interessanti specie di uccelli, come il corriere piccolo (*Charadrius dubius*), piccolo trampoliere delle dimensioni di un merlo che suole nidificare sulle spiagge di ciottoli, il succiacapre (*Caprimulgus europaeus*), raro uccello dalle abitudini notturne che caccia insetti volanti e predilige aree cespugliate con ampie praterie o il canapino (*Hyppolais polyglotta*) uccello canoro che nidifica abitualmente negli arbusteti radi.

Il tratto centrale degli affluenti del Po si caratterizza invece per un andamento maggiormente meandreggiante e per l'abbondante presenza di rami abbandonati ed impaludati.

Nel corso d'acqua vivo, tra le specie ittiche prevalgono i ciprinidi, come la carpa (*Ciprinus carpio*), il cavedano (*Leuciscus cephalus*) o la savetta (*Chondrostoma soetta*) mentre le lanche ospitano specie più caratteristiche delle acque stagnanti come la tinca (*Tinca tinca*), la scardola (*Scardinius erythrophthalmus*) o l'anguilla (*Anguilla anguilla*).

In questo settore del corso d'acqua, dove i depositi fluviali sono costituiti da materiali più fini, facilmente colonizzabili dalla vegetazione arborea, i saliceti possono spingersi sin presso la sponda del fiume; sulle loro fronde protese verso l'acqua è possibile allora rinvenire il nido del pendolino (*Remiz pendulinus*), piccolo uccello dalla caratteristica maschera facciale che costruisce nidi a fiasco all'apice dei sottili rami di tali piante.

Nei saliceti spondali è facile osservare variopinte farfalle che utilizzano

come alimento, allo stadio di bruco, le foglie di queste piante; l'antiopa (*Nymphalis antiopa*) è una delle più rare e più belle, con le ali scure bordate da bande bianche ed azzurre e la ilo (*Apatura ilia*) dalle caratteristiche iridescenze blu sulle ali marroni e le vanesse (*Vanessa atalanta*, *Inachis io*) che prediligono come pianta ospite l'ortica (*Urtica ss.pp.*), essenza erbacea che certo non manca nel sottobosco dei saliceti.

L'abbondanza di lanche abbandonate dal fiume, molto spesso a diverso grado di impaludamento, rappresenta l'aspetto più pregevole, sotto il profilo faunistico, di questo settore del percorso fluviale; è infatti in tali aree che si concentra la presenza delle specie di maggior valore faunistico, non solo a livello locale.

Non è un mistero che le opere di bonifica, massicciamente portate a compimento sino alla prima metà di questo secolo, hanno ridotto ai minimi termini gli ambienti palustri, tanto che numerose specie animali legate a tali ambienti presentano, a livello globale, seri problemi di conservazione.

Piccoli uccelli come la salciaiola (*Locustella luscinioides*) o maestosi rapaci come il falco di palude (*Circus aeruginosus*), minacciati in gran parte del loro areale distributivo, trovano ancora, nelle aree umide della provincia, il sito idoneo alla nidificazione. In alcuni boschi umidi lungo l'Adda sono localizzate alcune garzaie, dove si riproducono in colonie miste aironi cenerini (*Ardea cinerea*), aironi rossi (*Ardea purpurea*), garzette (*Egretta garzetta*) e nitticore (*Nycticorax nycticorax*), mentre in quasi tutti i fragmiteti (praterie a cannuccia palustre, *Phragmites australis*), purchè ben conservati, nidificano cannaiole (*Acrocephalus scirpaceus*), cannareccioni (*Acrocephalus arundinaceus*) e migliarini di palude (*Emeriza schoeniclus*).

Un aspetto non secondario rivestono in tale ambito geografico le piccole raccolte d'acqua rappresentate dagli affioramenti di falda al piede dei terrazzi fluviali e dalla rete irrigua e di colò, di origine artificiale, che contribuiscono a diffondere nell'intera golena gli ambienti umidi, fungendo inoltre da corridoio tra le varie entità naturalistiche disperse nella valle fluviale e, soprattutto quando inadatti alla sopravvivenza del pesce, rappresentando importanti siti riproduttivi per quegli anfibi anche rari come la rana di Lataste (*Rana latastei*) o il tritone crestato (*Triturus carnifex*), che ancora trovano diffusione in tali aree.

Il tratto inferiore degli affluenti padani risulta invece fortemente canalizzato; le massicce opere di canalizzazione dei fiumi ne limitano la naturale divagazione e le aree di interesse naturalistico risultano pertanto ridotte per estensione e qualità.

L'intero corso del Po, nel tratto ricadente entro i confini provinciali, è riconducibile alla tipologia descritta per il tratto centrale dei fiumi minori,



Fig. 11 - Esempificazione dell'avifauna degli ambienti umidi: a sinistra l'ambiente palustre, a destra quello fluviale.  
 1. anatidi; 2. falco di palude; 3. nido di pendolino; 4. gallinella d'acqua; 5. airone rosso; 6. fratello; 7. airone cenerino; 8. martin pescatore; 9. bal-  
 lerina bianca; 10. migliarino di palude; 11. corriere piccolo; 12. pendolino.

anche se la portata del grande corso d'acqua origina fenomeni di gran lunga più macroscopici rispetto ai suoi affluenti, sia per quanto attiene alla creazione di ampi meandri, sia per l'entità dei fenomeni di trasporto del materiale litoide, che origina imponenti spiaggoni in alveo, scoperti durante il regime di magra fluviale e completamente allagati durante le piene.

La grande estensione della golena e la vastità delle aree di interesse naturalistico, anche se disperse in altrettanto vasti ed estremamente banalizzati territori agricoli, consente la sopravvivenza di specie piuttosto esigenti sotto il profilo ambientale, purchè dotate di buone capacità di spostamento.

Occorre peraltro sottolineare che molte specie per loro natura poco mobili, suppliscono a tale svantaggio utilizzando durante le piene fluviali, che in casi eccezionali invadono l'intera golena padana, mezzi di trasporto occasionali costituiti da ammassi di materiale galleggiante; è probabilmente in questo modo che compaiono, qua e là nella golena del Po, specie generalmente più diffuse in aree appenniniche, come la lucertola campestre (*Podarcis sicula*) o la luscengola (*Calcidex calcides*).

Nelle aree meno compromesse della golena padana sopravvivono popolazioni relitte di specie estremamente minacciate, un esempio per tutti è rappresentato dal pelobate fosco (*Pelobates fuscus insubricus*), piccolo rospo ad esclusiva distribuzione padana di cui si conoscono solo cinque popolazioni lombarde, la più numerosa delle quali è localizzata presso un ambiente palustre in provincia di Cremona.

È però l'avifauna la categoria faunistica più rilevante della golena del principale fiume cremonese; le uniche colonie riproduttive di sterna (*Sterna hirundo*) e fraticello (*Sterna albifrons*) della provincia sono localizzate su alcuni spiaggoni del Po, dove nidificano associate ad alcuni limicoli come il piro piro piccolo (*Actitis hypoleucos*), mentre in alcuni sistemi di lanche nidifica da qualche anno il cavaliere d'Italia (*Himantopus himantopus*) raro ed elegante trampoliere.

Le golene fluviali rappresentano inoltre, in area planiziale, le località ove si concentrano le rotte migratorie degli uccelli in transito dai siti di nidificazione alle aree di svernamento e viceversa, non soltanto per quelle specie legate per loro natura agli ambienti umidi, come i limicoli o gli anatidi, ma, grazie all'estrema diversificazione ambientale, per la gran parte dei contingenti migratori che attraversano il nostro territorio. È quindi evidente che, al di là delle antiche e recenti alterazioni che hanno interessato le aree golenali della provincia, compresa la recente introduzione di specie esotiche come il siluro (*Silurus glanis*), grosso pesce dalle abitudini carnivore, o la nutria (*Myocastor coypus*), grosso roditore dalle abitudini stret-

tamente erbivore, che hanno già dimostrato di rappresentare un forte elemento di alterazione degli ecosistemi, le aree prossime al corso dei fiumi principali rappresentano gli elementi di maggiore rilevanza al fine della conservazione del patrimonio faunistico e del suo eventuale potenziamento; è quindi chiaro che gli sforzi degli organi preposti a svolgere tale compito dovranno concentrarsi in tali aree, già meritevoli di maggiore attenzione per altre e magari più vistose emergenze naturalistiche.

## *Indice*

Introduzione	pag. 5
Il fiume	" 7
Bacino imbrifero o idrografico	" 8
Elementi idrologici	" 10
Dinamica fluviale	" 13
Serio, Oglio, Adda e Po	" 15
Forme di erosione fluviale	" 20
Forme di deposizione fluviale	" 23
Forme di erosione e deposizione fluviale	" 28
L'ambiente fluviale	" 31
– La vegetazione	" 32
– La fauna	" 38