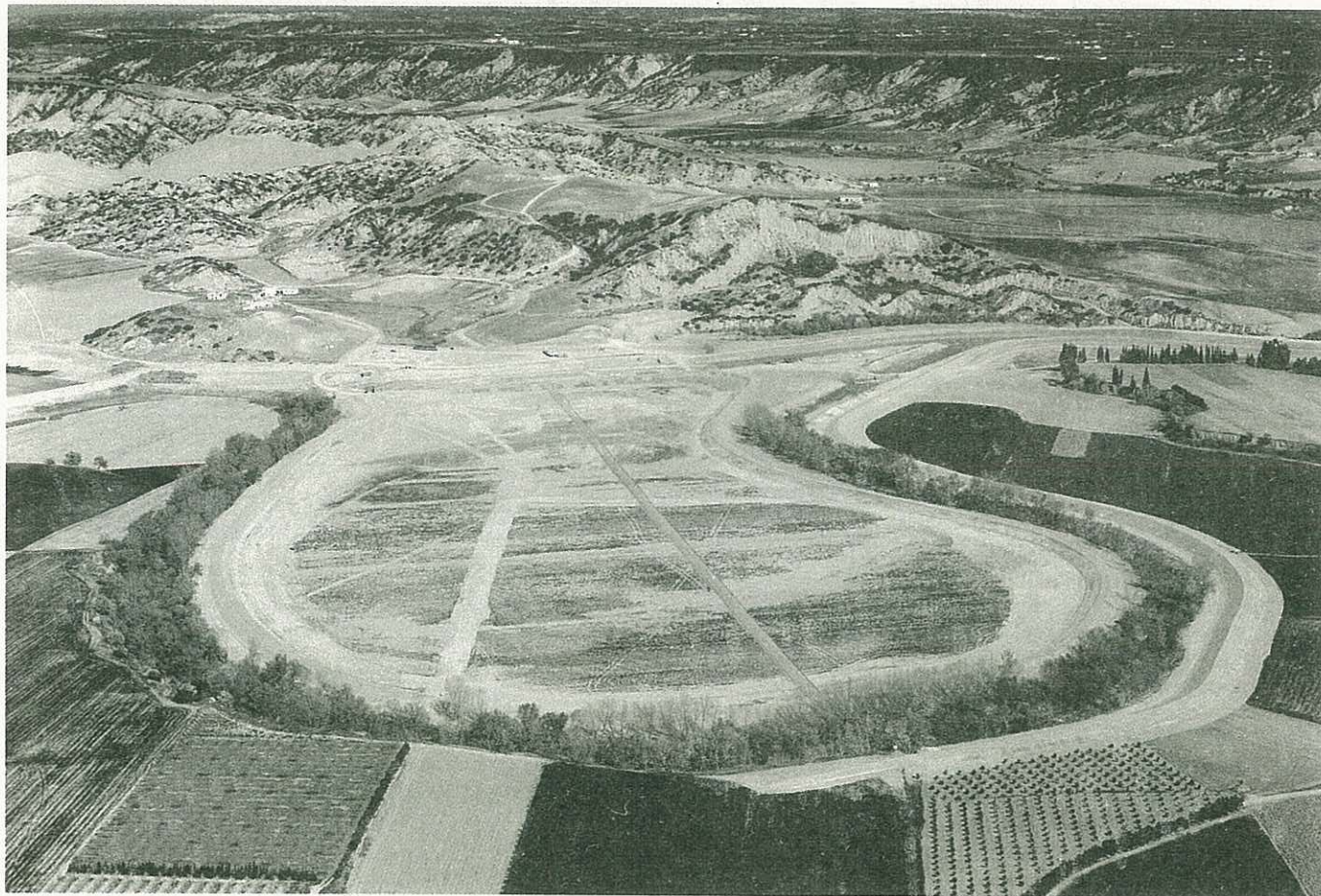


I paesaggi geologici italiani (3)

Le pianure alluvionali

a cura di

Sigea (Società italiana di geologia ambientale)



Canalizzazione dei fiumi. Su questo meandro sono stati costruiti argini artificiali mentre, alla base della "omega", è stato realizzato uno scolmatore

Antonia Arnoldus, Franco Cavanna, Marina Fabbri, Giuseppe Gisotti, Paola Guado, Giovanni La Scala, Salvatore Pasta, Antonio Rusconi, Stefano Serangeli

materiali
**Verde
Ambiente**

Il paesaggio delle pianure alluvionali

Una pianura alluvionale, nel significato morfologico del termine, evoca omogeneità se non uniformità e forse monotonia di caratteri e di aspetti fisionomici.

Fondamento dell'omogeneità è in primo luogo l'origine geologica unitaria di questa pianura, dovuta al processo di colmamento e di livellamento di depressioni da parte di materiali ivi depositati dal fiume, come descritto nel paragrafo successivo.

Ma la costruzione della pianura non è avvenuta ovunque in modo identico: anche fenomeni che hanno concorso a costruirla hanno provocato sensibili diversità di aspetti.

Intanto è importante la relazione tra i processi di deflusso fluviale, ritmi climatici ed entità delle glaciazioni per le grandi pianure del nord, come quella Padano-Veneta, la cui costruzione è dovuta anche ai processi glaciali: è intuitiva la differenza di quantità del deflusso rispettivamente tra i periodi di avanzata e di regresso dei ghiacciai. Durante i primi si attuò la deposizione di enormi conoidi di detriti (come sempre succede nei periodi di piena), durante i secondi i medesimi corsi d'acqua si scaricarono in quei depositi, incidendoli, un nuovo letto (come accade nei periodi di magra).

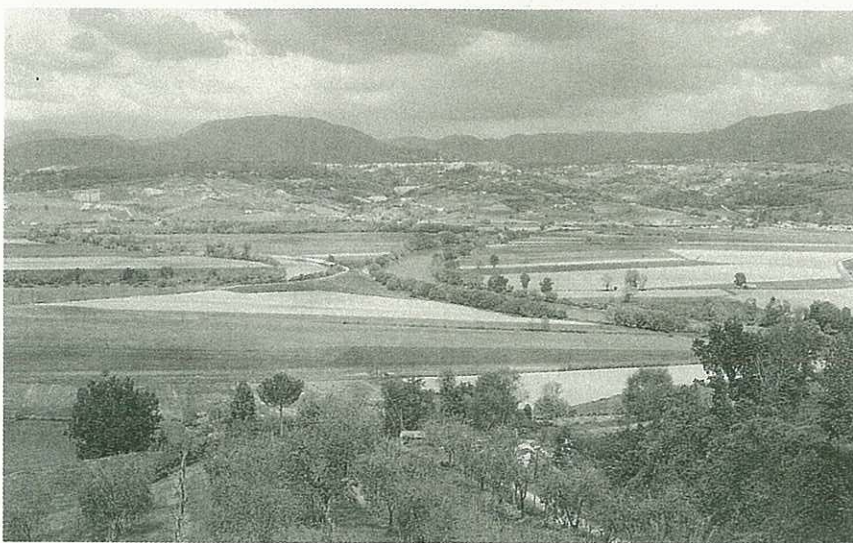
Da un punto di vista morfologico, dunque, perde alquanto del suo significato e valore quella uniformità che si è soliti attribuire a questo territorio: verso monte, a ridosso del margine pedemontano (ed eventualmente collinare morenico), i resti smembrati dei conoidi più antichi si elevano sul livello generale di campagna a guisa di altipiani a modesta ondulazione e raccordano a valle con la pianura i loro margini frontali, progressivamente ridotti a sproni digitiformi, tramite una scarpata di alcuni metri; oppure, come in Emilia, espandono il loro ventaglio ai piedi dell'Appennino, costituendo un rialto pressoché continuo e blandamente ondulato e sempre più ristretto procedendo verso sud-est, o, isolati in piena pianura dalla migrazione degli alvei fluviali, alternano le loro groppe appiattite con ampie bassure depresse un tempo paludose, ancor oggi chiamate valli.

E ancora, per il prevalere dei processi di deposito delle torbide nell'area in cui la pendenza generale della

piana diventa irrisoria (intorno all'uno per mille), il livello degli alvei fluviali si eleva sopra il livello di campagna, sicché i fiumi scorrono pensili e il paesaggio è dominato dagli argini poderosi e dai canali di drenaggio collocati a presidio delle terre recuperate con la bonifica idraulica. Infine, lungo parte dell'arco litoraneo, per il confronto tra l'azione del moto ondoso e delle maree e quella delle torbide fluviali, il bordo estremo della pianura, prima di som-

li, il deflusso di superficie è quindi scarso, la falda freatica è sensibilmente profonda, l'aridità è diffusa.

La bassa pianura è l'area di deposito delle sabbie e poi dei limi e infine delle argille, per l'ormai placato fluire delle acque verso le prossime foci. Nella fascia di transizione fra alta e bassa pianura, fra terreni molto permeabili a monte e poco permeabili a valle, le acque incontrano una barriera di argille impermeabili; questa zona di affioramento delle



Paesaggio tipico della pianura alluvionale, attraversata da un ampio fiume a meandri ed utilizzata a colture agrarie intensive

mergersi nel mare, si smembra e si fraziona in lembi di varia forma ed estensione, separati da specchi d'acqua, canali naturali e artificiali, stagni invasi alternativamente, nel volgere della giornata, da acque fluviali e marine.

Un altro fattore di differenziazione idrogeologica e geomorfologica della pianura, dato dalla ben nota differenziazione zonale cui soggiace l'intera pianura tra il suo limite verso i rilievi e il corso d'acqua, è la distinzione tra *alta* e *bassa pianura*, sanzionata dalla consuetudine delle popolazioni contadine che si fonda non tanto su un confronto altimetrico, bensì fondamentalmente su opposite condizioni idrologiche.

L'alta pianura, infatti, corrisponde alla zona di sedimentazione dei detriti alluvionali più grossolani, depositi dall'ancor turbolento irrompere degli affluenti a regime eminentemente torrentizio: si è perciò in presenza di terreni ciottolosi permeabili

falde freatiche, che convenzionalmente segna la transizione tra l'alta e la bassa pianura, è caratterizzata dal pullulare di miriadi di sorgenti spontanee o facilmente catturate dall'uomo: è la *zona delle risorgive* (o fontanili, fontanazzi, ecc., secondo i dialetti). Ne deriva anche un elevato deflusso di superficie, e quindi un problema di regolazione e di drenaggio delle acque. Non si tratta né di una zona continua, né di uniforme larghezza, né di emunzione costante e egualmente rilevante, ma costituisce comunque un primo sostanziale condizionamento per le forme di utilizzazione del suolo con tutto quel che ne segue in quanto a formazioni di paesaggi diversi.

Inoltre la bassa pianura è caratterizzata da *suoli* prevalentemente sabbiosi e argillosi, alquanto fertili, mentre nell'alta pianura abbondano i suoli a granulometria grossolana, tendenzialmente aridi, meno dotati, come fertilità, di quelli precedenti.

Ma oltre ai fenomeni naturali, anche e in grande misura è intervenuta l'opera dell'uomo a differenziare gli aspetti paesistici delle pianure alluvionali, facendo i conti però con le citate potenzialità e le limitazioni del substrato.

Occorre ricordare che l'agricoltura è stata per millenni l'attività dominante in queste plaghe. Essa vi ha impresso uno schema di organizzazione territoriale non facile da modificare. Un esempio particolarmente eloquente, fra i tanti, è costituito dalle maglie della centuriazione romana cui tuttora si ispirano la parcellazione e il reticolo della viabilità, ad esempio nell'agro bolognese-romagnolo (dove le maglie sono anche orientate secondo l'andamento della via Emilia). E la distinzione geomorfologica, pedologica tra bassa irrigua e alta pianura asciutta influenza le rispettive strutture agrarie tradizionali.

Tutta l'alta pianura è sempre stata l'area della piccola azienda a coltura promiscua di cereali e vite. Si tratta di terre aride, di difficile lavorazione, che richiedono un rilevante impiego di mano d'opera e che comunque rendono poco, sicché investirevi molto denaro non è conveniente. Meglio dunque ripartirlo in piccoli poderi da affidare in compartecipazione o in affitto, il che permette alla proprietà di ricavarvi una rendita sicura con modesto impiego di capitali.

La bassa pianura, con la dovizia di acque, presenta invece la possibilità di un'agricoltura più ricca e soprattutto dell'allevamento, del resto già presente allo stato brado fin dai tempi più remoti. Pertanto il paesaggio è dominato fino all'orizzonte da estesi campi, ritagliati e solcati dalla rete minuziosa dei fossi e dei canali, le cui maglie sono spesso sottolineate da filari di alberi, di solito i pioppi.

Il pioppo, per la sua crescita rapida e il suo eccellente impiego nell'industria moderna ha dato luogo addirittura a colture specializzate specialmente dopo che l'esodo rurale e l'aggiornamento tecnologico dell'azienda agricola consigliarono, a parità di produzione globale dei restanti seminativi, di destinarvi parte degli apprezzamenti disponibili.

Ma l'acqua, risorsa primaria per le pianure alluvionali, può diventare un danno quando è in eccesso e ristagna o un pericolo quando esonda: in questi territori la bonifica idraulica,

difficile e onerosa, ha messo a dura prova per secoli l'impegno e la tenacia dei loro abitanti.

La bonifica, che di solito interessa la bassa pianura, più vicina al fiume e/o al litorale, comporta necessariamente un piano preventivo di organizzazione del territorio che, essendo altresì pianeggiante, si presta a una sistemazione geometrica elementare fatta di grandi riquadri rettangolari limitati da argini, canali, limiti poderali, limiti parcellari, strade e viottoli, ecc., il che consente di risparmiare spazio e di ridurre i costi di produzione.

Il paesaggio resta così fissato nei suoi tratti topografici da uno schema di riconosciuta funzionalità che si ripete ovunque senza sostanziali variazioni. La diversificazione di paesaggi è governata dal progressivo recupero, col tempo, della fertilità dei suoli fino a livello ottimale. Ma questo processo comporta che dapprima si destinino le terre alle colture risiere e ai pascoli naturali, poi alle colture frumentarie e a quelle prative e ad altre erbacee e solo dopo lunghi anni le coltivazioni si possono differenziare e comparire l'albero.

Inoltre va detto che bonifica e irrigazione sono spesso accomunate nella soluzione dell'unico problema di disciplinare il deflusso spontaneo. In pratica, quando si provvede a tale regimentazione si operò insieme una bonifica di terreni acquitrinosi e una irrigazione delle zone così recuperate. Così il canale artificiale costituisce elemento costante e inseparabile del paesaggio: ma esso svolge talora una terza funzione, cioè quella della navigazione interna, come nel basso Veneto.

Del resto, in Lombardia il nome di "naviglio", con cui sono indicati alcuni canali, ne palesa la funzione. I natanti erano trascinati da animali da tiro: per questo tanto spesso lungo il bordo dei canali corre una strada. D'altra parte la funzione commerciale ha favorito il moltiplicarsi di sedi umane lungo le rive: dapprima mulini e poi, con l'avvento della industrializzazione, piccoli opifici che in quell'acqua fluente trovavano materia prima ed energia meccanica per le loro attività.

Strettamente collegate alle opere di bonifica idraulica sono quelle miranti alla difesa delle terre coltivate e degli insediamenti umani dalle rovinose inondazioni, cui le pianure alluvionali sono soggette da sempre.

Gli argini destinati a proteggere i terreni contigui dalle alluvioni, specialmente quelli dei fiumi maggiori, sono parte integrante del nostro paesaggio, mentre gli eventi alluvionali più catastrofici (le alluvioni rovinose del Po, dell'Arno, ecc.) lasciano un segno fortissimo al momento del disastro, che in parte tende a essere assorbito in seguito all'operoso intervento di sistemazione dei terreni e delle strutture alluvionate.

Peraltro, negli ultimi tempi, alcune tipologie di interventi mirati a difendere dalle esondazioni i terreni di pianura, quali sono quelli che vanno sotto il nome di "canalizzazioni", spesso inutili, sconvolgono pesantemente e in modo definitivo il paesaggio in tutte le sue componenti, sia geologiche che biologiche.

Anche il quadro delle sedi umane, quanto a ubicazione e sito, è stato influenzato dalla distinzione fra alta e bassa pianura. Si risente ancor oggi della debole ed episodica presenza delle città nella bassa pianura dove l'agricoltura, con l'uniformità e staticità dei suoi ordinamenti, abbisogna più di piccoli centri che di grandi aggregati urbani. Lo sviluppo moderno di queste plaghe risulta assai più lento che nell'alta pianura dove la lunga tradizione artigianale e mercantile, accanto a quella agricola, ha provocato il sorgere di città e di grossi centri assai più numerosi e densi come Milano, dove è tradizionale il ruolo dell'agricoltura come supporto dell'attività commerciale e industriale.

Se la "bassa irrigua", pur investita dalla moderna spinta alla trasformazione e al rinnovamento, mantiene, almeno per ora, tanti aspetti della sua organizzazione agricola e della sua fisionomia rurale, l'alta pianura asciutta sembra invece voler smantellare rapidamente ogni sembianza superstita del suo passato agricolo.

E in qualche sua parte, come nell'alto Milanese, tale operazione si è già da tempo conclusa: quest'area può essere assunta come espressione emblematica del paesaggio industriale a caratteri più avanzati esistente nell'alta pianura.

Un altro connotato di queste plaghe è la fittissima rete della viabilità: solo superstrade e autostrade emergono, mentre si è quasi completamente cancellata la differenza tra strade comunali, vicinali e provinciali, conseguenza dell'intreccio di relazioni, non solo economiche, che im-

primono un aspetto estremamente nuovo a questi territori. Né si possono trascurare i *tralicci dell'energia elettrica*, che in qualche lembo territoriale ci appaiono singolare surrogato del più popolare albero.

E ancora la proliferazione fastidiosa dei cartelli pubblicitari lungo le strade. E poi il brusio incessante, e i fumi e il lezzo inquinante degli spurghi e dei residui delle fabbriche, i cimiteri allucinanti di automezzi fuori uso; i depositi di scorie e di rifiuti di una società che consuma in termini sofisticati: il tutto in un'aria sempre un po' opaca per la foschia che solo qualche rara giornata di vento riesce momentaneamente a dissipare. (g.g.)

Il paesaggio alluvionale: genesi e caratterizzazione dei depositi

La genesi delle piane alluvionali è da ricercarsi nel complesso sistema dinamico che regola l'evoluzione dei corsi d'acqua. I materiali detritici, prodotti nei versanti bacinali dai processi esogeni (piogge, gelo-disgelo, esfoliazione, ecc.), vengono convogliati attraverso la rete drenante al sistema fluviale principale da dove, veicolati dalle acque incanalate, raggiungono il mare alimentando strutture di transizione (delta fluviali) e/o sistemi litorali (spiagge). Durante tale trasporto parte dei materiali viene deposta nelle zone di fondovalle a costruire le piane alluvionali. La deposizione nelle aree di piana tende a ridurre i forti dislivelli esistenti tra le zone di alimentazione di monte e quelle di foce; la formazione di un "profilo di equilibrio" contribuisce a bilanciare il rapporto erosione-deposizione.

Sostanzialmente in un corso d'acqua è quindi possibile distinguere tre zone:

— alimentazione di monte, dove prevalgono i processi di erosione e trasporto; i corsi d'acqua a prevalente canale singolo e/o divaganti sono addetti al trasporto dei sedimenti; sono prevalenti, come granulometrie, blocchi e ghiaie;

— aree di piana fluviale, dove prevale il deposito dei materiali anche se continua un trasporto grossolano verso valle; nel primo tratto di piana prevalgono canali divaganti che tendono progressivamente a ridursi

singoli con la diminuzione del carico grossolano; sono prevalenti i depositi ghiaioso-sabbiosi;

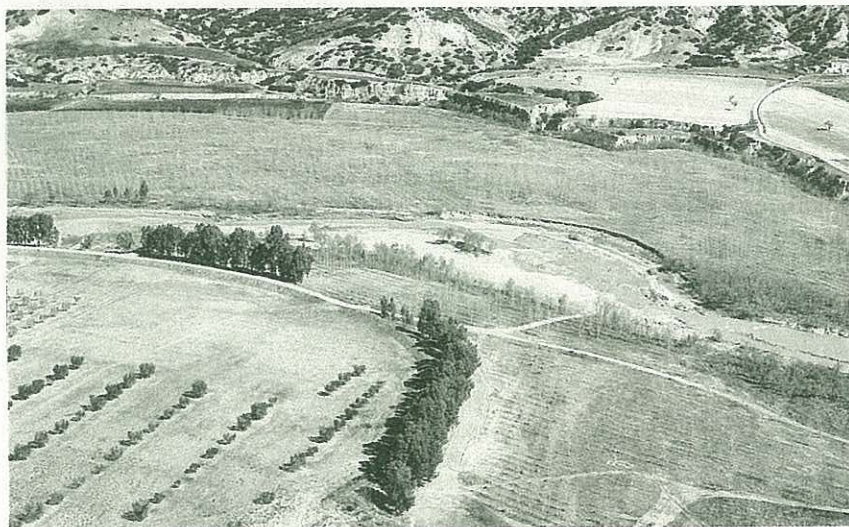
— aree di foce, con formazione, per i grossi sistemi fluviali a elevato trasporto solido, di sistemi deltizi di transizione terra-mare; prevale in quest'area un carico sabbioso di fondo e un abbondante carico in sospensione.

Elementi morfologici distintivi dei depositi di piana alluvionale

In generale l'andamento subpianggiante della piana è frequentemente interrotto da piccole variazioni morfologiche e altimetriche dei depositi. Terrazzi fluviali, depositi di piana s.l. e conoidi alluvionali sono le strutture morfologiche principali.

Terrazzi fluviali

Questi alti topografici costituiscono



In questa pianura alluvionale si notano, sopraelevati rispetto all'alveo attuale in fase di "morbida", l'alveo di piana e, ancora più in alto, un terrazzo alluvionale (a destra)

no i resti di antichi depositi alluvionali e/o antiche piane; traggono origine da processi di incassamento del corso d'acqua nel corpo alluvionale. Il fianco vergente verso il canale è sempre caratterizzato da modeste scarpate di erosione. La fase di "incassamento" va ricercata nei processi di ringiovanimento tettonico del bacino e/o variazioni climatiche e/o dinamiche. In ogni caso una nuova regolarizzazione del corso d'acqua provoca l'insorgere di un nuovo processo erosivo. Le caratteristiche sedimentarie e geotecniche sono identiche a quelle dei depositi di piana.

I depositi di piana

Bacini di piana e aree inondabili,

depositi di rotta d'argine e argini sono gli elementi distintivi dei depositi di piana.

Anche in questi casi l'agente morfogenetico principale è il corso d'acqua con i suoi ciclici eventi di piena.

Bacini di piana e aree inondabili.

Costituiscono le parti topograficamente più basse della piana alluvionale. L'assetto prettamente bacinale dei luoghi è movimentato da frequenti alti morfologici riconducibili geneticamente a vecchi argini di canale abbandonato e/o depositi di rotta. A questi bacini, che presentano generalmente uno sviluppo parallelo all'asse della valle, è spesso associabile un riempimento passivo fine (limi e argille) che li rendono praticamente impermeabili. La sedimentazione avviene durante la sommersione della piana dalle acque di piena (esondazione); a evento concluso, le acque dei bacini di piena non scor-

rono più verso valle ma ristagnano negli stessi permettendo la deposizione dei materiali sospesi. I depositi di bacino presentano caratteristiche geotecniche scadenti risultando particolarmente cedevoli e ricchi d'acqua. La vegetazione dei climi umidi e umido temperati è di tipo palustre; nei climi caldi può essere del tutto assente e i depositi, sottoposti a intensa evaporazione, presentano crostoni da disseccamento. In un corso d'acqua multicanale (*braided*), i bacini di piana si svilupperanno prevalentemente nelle aree di intercanale e il colmamento potrà in questo caso essere sia grossolano che fine.

Depositi di rotta. Nelle piane in cui prevalgono i corsi d'acqua a canale

singolo possono verificarsi tracimazioni che portano alla distruzione degli argini in più punti permettendo un'irruzione violenta delle acque di piena nella piana. Si formano in tal modo veri e propri ventagli di materiale grossolano che invadono le aree a prevalente sedimentazione fine. Il loro sviluppo è sempre ortogonale all'asse fluviale (non sempre all'asse vallivo).

Argini fluviali. Gli argini fluviali si presentano in sezione come corpi grossolani triangolari che si interdigitano con i depositi di piana. La natura grossolana dei depositi fa sì che queste strutture si ergano topograficamente sulle aree circostanti. Le opere antropiche di canalizzazione, finalizzate a un uso intensivo agricolo e/o urbano dei bacini di piena, hanno finito con il creare veri e propri "fiumi pensili" (corsi d'acqua che scorrono a quote più elevate della piana).

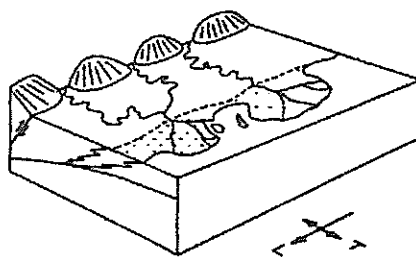
I depositi di conoide

I depositi di conoide costituiscono un altro elemento fondamentale del paesaggio di piana fluviale. La loro formazione è regolata da due parametri fondamentali: clima e tettonica. Mentre il primo influenza le geometrie deposizionali e le facies sedimentarie, il secondo condiziona le geometrie esterne e la potenza dei depositi. La conoide alluvionale si forma allo sbocco di corsi d'acqua in pianura dove da un regime vallivo confinato, a esuberante trasporto, si passa a un sistema aperto di fondovalle. Lo sbocco in pianura provoca perdita di competenza nel trasporto dei sedimenti e conseguente accumulo detritico ai piedi del versante. Durante tale processo deposizionale si avrà una selezione granulometrica dei materiali con depositi grossolani prossimi alle zone di apice e progressivamente decrescenti verso quelle più distali. Una conoide presenta in pianura una forma a ventaglio; talvolta più "ventagli" possono unirsi per dar vita a una fascia pedemontana che finisce con il bordare i margini della piana. In ogni caso in una conoide è possibile distinguere tre zone: zona apicale, a pendenze sostenute e a prevalente sedimentazione grossolana; zona intermedia, sede di canali intrecciati e/o singoli poco profondi a granulometria intermedia; zona distale, dove sono assenti flussi canalizzati (flussi laminari di versante) e prevalgono i depositi fini.

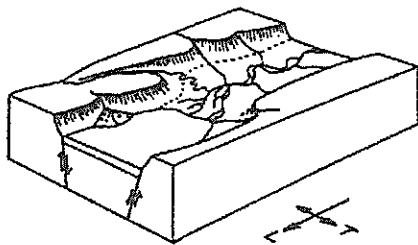
In occasione di eventi critici di eccezionale portata il **punto neutro** (bilanciamento tra fase erosiva e deposizionale) può spostarsi dalla zona di conoide (dove generalmente risiede) a quelle di piana con conseguente erosione della conoide e deposizione nelle zone di piana alluvionale. Nei climi umidi e umido-temperati la sedimentazione avviene durante la fase di piena con aree inondabili e relativi depositi associati; ne sono un esempio le conoidi che bordano la Pianura Padana e Veneta. Caratteristica comune a tutti i tipi di conoide è la continua variazione di direzione dei canali che le attraversano; settori abbandonati possono essere riattivati dopo lungo tempo e nuovamente interessati da fasi erosive e deposizionali. Per tali motivi i depositi di conoide risultano uno degli ambienti a più alto rischio da alluvione.

Tettonica e bacini alluvionali

Tettonica, subsidenza, clima e variazioni eustatiche dei livelli di riferimento sono alcuni dei fattori che condizionano gli ambienti, la genesi e i meccanismi formazionali dei corpi sedimentari di piana alluvionale e di conoide. Tentare di distinguere la genesi di un bacino dal suo riempimento è alquanto difficile se non improponibile. È possibile operare una distinzione tra bacini soggetti a colmamento fluviale prossimi alla linea di costa e continentali allungati. Per il bacino costiero il trasporto e la deposizione del materiale alluvio-



Bacini prossimi alla linea di costa



Bacini continentali allungati

nale avviene generalmente trasversalmente al sistema morfodinamico; la sedimentazione fluviale si interdigita lateralmente con i depositi costieri. Le alternanze deposizionali fluviali-marine sono da ricercarsi nelle variazioni eustatiche del livello di riferimento (il mare) e/o in fenomeni tettonici regionali e/o locali (sollevamento, subsidenza). Sono frequenti in questo tipo di sistema ambienti di transizione marino-continentale (delta fluviali). Diverso è il caso dei bacini allungati ai quali può essere ricondotta in molti casi una fase di colmamento esclusivamente continentale. Il trasporto e la deposizione del materiale alluvionale avviene sempre parallelamente al sistema geodinamico.

Permeabilità dei depositi alluvionali di piana

La formazione di acquiferi sotterranei è da ricercarsi nelle geometrie deposizionali dei corpi di canale e/o di conoide. Le geometrie deposizionali dipendono a loro volta dal trasporto di fondo, dalla granulometria dei depositi incassanti l'alveo, dalla forma del canale e dalla sua migrazione nel tempo, ecc. A condizionare ulteriormente la formazione di un corpo permeabile entra in ballo il riempimento del canale che può essere grossolano o fine. Tutti questi parametri influenzano la continuità verticale dei depositi permeabili, per cui potranno avere più corpi permeabili posti a quote e livelli stratigrafici differenti. Questi acquiferi si presentano sovente in pressione (falde artesiane). Oltre alle falde artesiane in ogni caso è sempre presente una falda idrica superficiale prossima al corso d'acqua (falda di subalveo) a pelo libero poco profonda e arealmente diffusa.

Infine va accennato alla differenza di granulometria e quindi di permeabilità fra alta e bassa pianura, che genera la fascia delle risorgive.

Rischio geologico: l'alluvione

Da sempre le zone di piana sono state le aree più densamente popolate e urbanizzate; prevenire il rischio di alluvione significa tutelare la salute pubblica e i manufatti. La possibilità del verificarsi dell'evento dipende da numerosi fattori fra cui primeggiano quelli climatici (precipitazione, evaporazione, ecc.) e di bacino (ampiezza del bacino imbrifero e della piana, densità del drenaggio,

acclività, litologia e permeabilità dei terreni bacinali). In ogni caso l'entità di un'alluvione è regolata dal rapporto onda di piena-portata massima del canale. A parità di portata, più grande e profondo è il canale, più contenibile sarà la sua piena. Nelle piane dove prevalgono i canali singoli, si è provveduto a creare argini artificiali che, aumentando la sezione del canale, contengano l'onda di piena. Il dragaggio dei materiali di fondo tende a mantenere costante la sezione idraulica del canale. Oggi si tende al controllo delle alluvioni attraverso canalizzazioni programmate degli straripamenti. Queste strutture artificiali non sempre raggiungono lo scopo prefissato, anzi se non ben funzionanti possono aggravare l'impatto dell'alluvione. Per mitigare (impossibile eliminare!) eventuali danni da alluvioni basterebbe espropriare le aree a maggior rischio impedendo in queste zone qualsiasi stanziamento stabile urbano e/o industriale. Altri rischi legati all'ambiente alluvionale sono da ricercarsi nella vulnerabilità delle falde idriche di subalveo e artesiane, nei cedimenti del sottosuolo per l'estrazione selvaggia di acqua e gas, nell'eccessivo sfruttamento dei suoli e nell'estrazione incontrollata di inerti fluviali per uso edile (che si ripercuotono direttamente sul corso d'acqua e sulle spiagge con le relative fasi di incasamento degli alvei e arretramento delle coste). (g.l.s.)

I suoli delle pianure alluvionali

I suoli delle pianure alluvionali sono, dal punto di vista agricolo, tra i più pregiati e i più intensamente sfruttati. Chi di noi non ha presente gli estesi campi coltivati, spesso a monocoltura, della Pianura Padana o della valle del Tevere?

In termini di granulometria e composizione mineralogica, i suoli alluvionali hanno caratteristiche simili ai sedimenti fluviali in cui si sono sviluppati. I sedimenti fluviali sono estremamente variabili, perché riflettono, da un lato, la natura geomorfologica e geologica delle regioni attraversate dal corso fluviale, e dall'altro lato le condizioni di alluvionamento, in particolare la velocità dei corsi d'acqua. Per questi motivi, suoli alluvionali possono essere calcarei o acidi, sabbiosi o addirittura ghiaiosi, limosi o argillosi, e più o

meno sviluppati.

Nonostante la loro eterogeneità, questi terreni possiedono certe caratteristiche in comune, in relazione allo stato idrologico, che sono:

- la costante presenza di una falda superficiale, che può oscillare comunque notevolmente durante l'anno (variabile, in casi estremi, tra l'acqua in superficie durante i periodi di alluvionamento, e una profondità della falda di vari metri). In queste condizioni, l'acqua è costantemente rinnovata, il che comporta, nonostante la superficialità della falda, un apporto di ossigeno disciolto favorevole alla radicazione delle colture. Se per un motivo o l'altro (distanza dal fiume, sedimenti molto fini, ridotta escursione della falda) la circolazione delle acque si riduce, il suolo assume caratteristiche decisamente sfavorevoli per le colture, a causa della scarsità di ossigeno;

- una frequente eterogeneità di granulometria, con variazioni molto nette che si possono osservare sia orizzontalmente che verticalmente. In genere, i sedimenti più fini (argillosi o argilloso-limosi) si trovano sovrapposti a strati di sabbie o ghiaie. Si può notare in campagna che spesso le radici non riescono a penetrare questi strati grossolani; inoltre essi limitano notevolmente l'ascesa capillare dell'acqua della falda. Di conseguenza, lo spessore dello strato fine di copertura è molto importante per quanto riguarda la fertilità del suolo e la disponibilità di acque per le piante;

- a causa delle condizioni di umidità favorevole, i residui della vegetazione vengono di solito rapidamente trasformati in sostanza organica (humus). Infine, strati di torba si presentano frequentemente nei suoli alluvionali.

Condizioni diverse presentano i cosiddetti suoli "colluviali", anche essi presenti nella vallata, ma, rispetto ai suoli "alluvionali", tendenzialmente più frequenti nei tratti vallivi stretti e lungo i versanti dei fondovalli larghi. In questo caso, la sedimentazione è non tanto legata all'alluvionamento dei corsi d'acqua, ma a un processo governato sia dalla forza gravitazionale che dai flussi che raggiungono il fondovalle dai versanti e dagli affluenti laterali. Da notare che spesso sulle carte geologiche questi due tipi di suolo sono raggruppati sotto l'unica voce "depositi alluvionali". I suoli colluviali, trovano

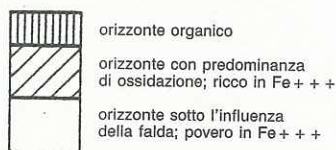
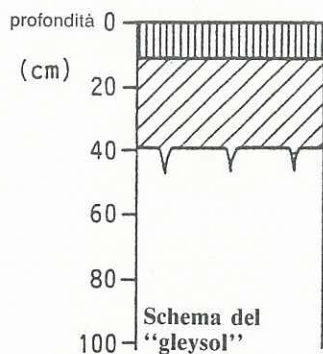
dosi a quote leggermente più alte e con pendenze della superficie leggermente maggiori rispetto ai suoli alluvionali di fondovalle, vengono influenzati molto meno (in positivo o negativo) dalla presenza della falda. I suoli colluviali si presentano relativamente omogenei, con una composizione grossolana o fine, acidi o calcarei.

Le vallate presentano spesso, a quote superiori al fondovalle attuale, relitti di fondovalli a quote più alte, meglio conosciuti come "terrazzi fluviali". Evidentemente, questi suoli non subiscono più l'influenza della falda attuale, una condizione ambientale che si riflette nei colori marroni o rossi dei profili. Anche la maggiore durata della pedoformazione, cioè dell'influenza delle forze meteoriche e biologiche, nei suoli sui terrazzi alluvionali si riflette nelle caratteristiche: i suoli sono più evoluti, e ciò tanto più in relazione all'"età" del terrazzo (di solito legata alla quota rispetto al fondovalle), se non è intervenuto un disturbo in forma di erosione recente.

Un esempio di suolo alluvionale: il "Gleysol"

L'effetto dell'oscillazione della falda è spesso ben visibile nel profilo del suolo. Se la falda permanente si trova a meno di 50 centimetri dal piano di calpestio, il termine tecnico per questo tipo di suolo è "Gleysol". In pratica, si riconosce nel profilo del Gleysol sia il livello della falda costante in basso sia la zona (quasi) permanentemente asciutta in alto e, tra queste due, la zona di oscillazione della falda.

La zona di saturazione permanente, dove l'aria è praticamente assente, è tipicamente grigiastria o verdastra (i colori dei legami di Fe^{++} , solubili), mentre nella zona asciutta, ben aerata, predominano il marrone o il giallo (i colori dei legami di Fe^{+++} , cristallino). Nella zona intermedia, dove si alternano nel tempo l'acqua e l'aria, si sviluppa un caratteristico orizzonte macchiato, con una ricchezza di colori, variabili tra rosso (ruggine), marrone, nero, grigiastro e verde. L'aspetto più interessante di questi suoli è che una caratteristica ben visibile nel profilo funziona da indicatore di specifiche condizioni microambientali, tra l'altro fondamentali per la crescita delle piante, e cioè: la disponibilità di ossigeno per le radici e (spesso) l'acidità.



In casi estremi, nei suoli alluvionali il ristagno dell'acqua, e la conseguente assenza di ossigeno, può essere rafforzato dalla granulometria argillosa; questi suoli sono caratterizzati appunto da colori grigiastri e verdastri nell'intero profilo.

Attualmente, i veri *Gleysols* ("stagnogley") non sono molto estesi nelle pianure alluvionali d'Italia, a causa dell'intensa bonifica a cui essi sono stati soggetti nell'ultimo secolo. Nonostante ciò, spesso le tracce delle condizioni acquitrinose di quei tempi non sono ancora completamente obliterate dai profili. Queste caratteristiche si possono definire "fossili", ovvero riflettenti condizioni ormai diverse da quelle vigenti.

Problemi gestionali

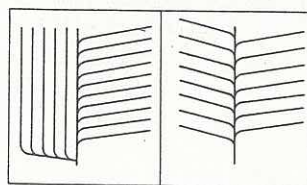
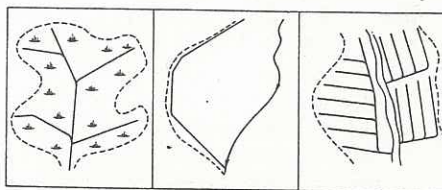
In particolare nelle zone mediterranee come le nostre, dove una delle principali limitazioni all'uso agricolo è costituita dalla scarsità d'acqua nel periodo estivo, i terreni alluvionali, con acqua della falda disponibile anche d'estate, sono estremamente favorevoli alla coltivazione.

Di solito in queste zone il problema è un'altro, addirittura opposto, e cioè l'eccessiva vicinanza della falda alla superficie e (nei terreni più argillosi) la lentezza dello smaltimento delle acque piovane. Importante notare che, quando il tempo della sommersione o della saturazione idrica supera quello della resistenza delle piante, la produzione agricola può risultare compromessa in una misura più o meno sensibile a seconda del periodo dell'anno in cui si verificano tali fenomeni, dello stato di

sviluppo delle piante e del grado di resistenza delle stesse.

Con le estese bonifiche dell'ultimo secolo, la falda delle pianure alluvionali è in gran parte stata abbassata a livelli più favorevoli. Ugualmente è stato quasi ovunque risolto il problema dello smaltimento delle acque piovane o di quelle di esondazione.

Se i suoli alluvionali sono di natura argillosa, alla necessità di drenaggio si aggiunge anche quella di do-



Alcune disposizioni tipiche dei dreni (da: Constantidis, 1970)

ver effettuare frequentemente la lavorazione del terreno per garantire l'entrata sufficiente dell'aria nel suolo e così evitare l'asfissia radicale delle colture. In compenso, questi suoli argillosi dimostrano una maggiore fertilità e una maggiore capacità di trattenere i fertilizzanti somministrati rispetto ai suoli più leggeri. (a.a.)

La vegetazione delle pianure alluvionali

Le pianure alluvionali sono da sempre ricettacolo elettivo delle attività e degli insediamenti umani.

L'effetto macroscopico di questa serie di interventi sul territorio è, in primis, quello dell'estinzione, della scomparsa fisica cioè delle entità floristiche (le *specie*) più *stenovalenti* (cioè più esigenti, destinate a soccombere a una mutazione drastica dei parametri biotici e abiotici di un determinato ecosistema) se non addirittura di intere entità vegetazionali. Queste ultime costituiscono le formazioni individuate in unità-tipo a sviluppo-temporale puntuale, dette *associazioni*, raggruppate, seguendo una scala gerarchica di insiemi sempre più vasti racchiusi l'uno nel successivo, in *alleanze*, *ordini*, *classi*).

In genere le classi hanno una determinata fisionomia, cioè una struttura complessiva della vegetazione

arborea, arbustiva ed erbacea (nonché un'ecologia) ben marcate.

Proprio l'ambiente delle pianure alluvionali, per certi versi ripetentesi in maniera immutata su tutto il globo con i suoi aspetti conservativi legati al microclima che induce, ospita una miriade di classi e di *facies*; in Italia le classi rinvenibili a diretto contatto nell'ultimo tratto di un corso fluviale o indirettamente connesse al settore più basso del bacino idrografico sono nell'ordine delle decine! D'altronde l'ambiente fisico fluviale, per definizione estremamente dinamico, cangiante, rivoluziona frequentemente l'assetto spaziale della vegetazione che vi insiste, contribuendo direttamente all'evoluzione di quest'ultima e coinvolgendo consorzi vegetali abitualmente "estranei". Al contempo, i tipi vegetazionali coinvolti influenzano l'andamento e l'evoluzione del corso d'acqua interagendo con esso, la sua geometria, il suo idrodinamismo.

Le su indicate alterazioni dei connotati dell'ambiente-piana alluvionale hanno comportato una omogeneizzazione di questi ambienti: con una diminuzione delle variabili insite nell'ecosistema, diminuiscono i ruoli ecologici, le interazioni tra i soggetti delle comunità (dette *cenosi*), le *nicchie* (ovvero gli spazi ecologici) tra le specie che compongono la vegetazione stessa.

In questo contesto di disequilibrio si inserisce, come conseguenza inevitabile, la colonizzazione prorompente (in termini e qualitativi e quantitativi) di taxa (entità di vario rango sistematico) esotici rispetto alla flora locale e nazionale: proprio le pianure alluvionali sono i contesti territoriali che ospitano il maggior numero di essenze alloctone, che non solo trovano qui condizioni favorevoli all'insediamento, ma che riescono anche a disperdersi e diffondersi con successo, prevalendo spesso repentinamente su flora e vegetazione originaria, "esautorate" dalla mutazione dei ruoli tra specie vegetali e dei rapporti tra i fattori fisico-chimici che controllano questo ecosistema. Così, a titolo di esempio, si osserva che ad un accentuarsi di processi di erosione e trasporto nei tratti terminali dei corsi d'acqua, in seguito a manomissioni dell'alveo di diversa natura, classi di vegetazione tipiche del medio-alto corso possono subentrare sino a sostituirsi a quelle tipiche nel tratto medio-basso.

Fatta questa premessa, si può facilmente comprendere come sia pressoché impossibile parlare di "vegetazione potenziale" delle pianie alluvionali.

Ciò nondimeno in questa sede possiamo tentare di operare una *survey* delle classi fito-sociologiche descritte e/o in fase di descrizione per l'Italia; si possono anche dare indicazioni orientative su un legame più o meno serrato tra queste classi e l'ambiente fluviale.

Va però precisato, prima di procedere all'elencazione di queste unità sintassonomiche, che le conoscenze sulla flora e la vegetazione ripariale non sono omogenee per tutte le regioni d'Italia, né sotto un profilo qualitativo né sotto uno quantitativo, e che intenso è il lavoro di indagine in corso (e da realizzarsi!) in questo campo, anche al fine di chiarire, ove necessario, le relazioni dinamiche tra le varie formazioni vegetali di questo tratto del corso del fiume.

Buona parte di questa eterogeneità dei dati disponibili è imputabile all'ineguale distribuzione ed estensione delle pianie alluvionali dei grandi fiumi dell'Italia nord-orientale e centrale, mentre tuttora poco si sa sulla flora e la vegetazione dei fiumi e delle fiumare nel meridione della penisola e delle isole.

Elenco classi presenti nelle pianie alluvionali italiane

Classi più o meno strettamente legate all'ecosistema

a) Vegetazione arborea e/o arbustiva

Quercus-Fagetea. Br.-Bl. et Vlieg '37: vegetazione forestale multispecifica di caducifoglie mesofile e mesotermofile, dal piano basale al montano. Comprende tutti gli aspetti boschivi "maturi" in cui si rinvergono. *Quercus robur* (farnia), *Carpinus betulus* (carpino), *Populus alba* (pioppo bianco), *Platanus orientalis* (platano orientale), *Alnus glutinosa* (ontano), *Ulmus* sp. pl. (olmi), *Fraxinus angustifolia* (frassino a foglie strette), *Salix* sp. pl., (salici). colonizza le sponde dei corsi d'acqua.

Nell'ambito di questa classe alcuni ordini sono estremamente fedeli all'ambiente fluviale: è il caso della *Populetalia albae*, della *Platanetalia orientalis*, della *Quercetalia roboripetraeae*, della *Fagetalia* (pro parte). Normalmente si attesta più in alto nel corso fluviale ma la si rinviene

anche nel nostro ecosistema.

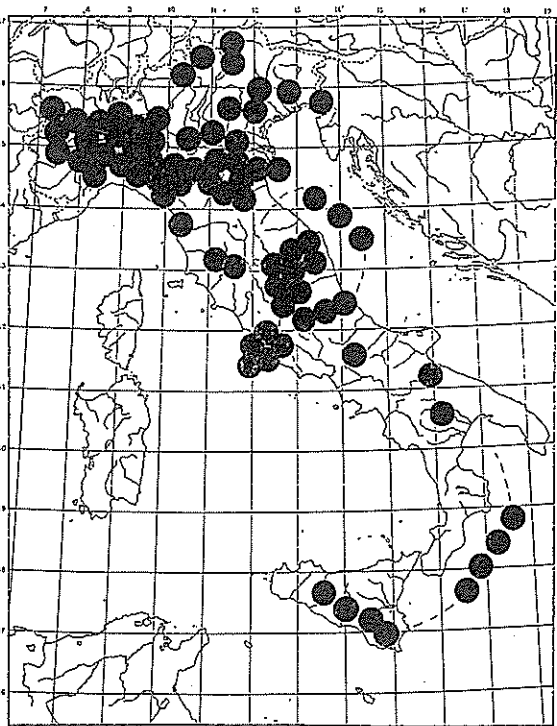
Salicetea purpureae Moor '58: boscaglie di salici a foglie strette lungo fiumi e torrenti. Ecologia simile alla classe precedente (regime idrodinamico talvolta più impetuoso). Specie caratteristiche: *Salix alba* (salice bianco) e *Populus nigra* (pioppo nero). Normalmente è un consorzio paucispecifico.

Alnetea glutinosae Br.-Bl. et Tx. '43: boschi planiziali acquitrinosi paucispecifici. Specie caratteristica è *Alnus glutinosa* (ontano) dappertutto minacciato di scomparsa nella nostra nazione.

Nerio-tamaricetea Br.-Bl. et Bolós ('56) '57: boscaglie alveali delle fiumare mediterranee. Generalmente paucispecifico, caratterizzato da *Tamarix* sp. pl. (tamerici) e da *Nerium oleander* (oleandro). Spesso fanno ingresso in tale consorzio specie derivanti dal degrado della *Quercus-Fagetea*, incluse nell'ordine *Prunetalia*.

b) Vegetazione erbacea

Phragmitetea Br.-Bl. et Tx '43: aggruppamenti di Graminacee e Ciperacee in acque (poco profonde) stagnanti o a lento corso, al bordo di laghi, stagni, fiumi. Generalmente dà luogo a consorzi paucispecifici. Specie caratteristiche *Typha* sp. pl., *Scirpus* sp., *Phragmites australis*, *Glyceria* sp., *Cladium mariscus*, *Schoenoplectus* sp., *Carex* sp. pl., *Cyperus* sp. pl.



Posizione geografica approssimativa degli studi censiti (tratto da Montanari Guido M.A., Montanari C., 1988)

Lemnetea R. Tx '55: popolamenti paucispecifici di idrofite natanti in acque stagnanti. Specie caratteristiche: *Lemna* sp. pl. (lenticchia d'acqua), *Azolla* sp.

Potamogetonetea pectinati Tx et Prsg. '42: popolamenti di idrofite radicate, in acque stagnanti o a lento corso: *Potamogeton* sp., *Ranunculus* sez. *Batrachium*, *Ceratophyllum demersum*, *Zannichellia* sp., *Elodea* sp., *Myriophyllum* sp., *Nymphaea* sp., *Trapa natans*, *Eichornia crassipes* sono le specie tipiche.

Aggruppamenti algali (per lo più alghe verdi). Frequenti dove vi è forte eutrofizzazione.

Isoëto Nanojuncetea Br.-Bl. et Tx '43: popolazioni di specie erbacee annuali (raramente perenni), diterreni fangosi perennemente sommersi (o umidi). Sono consorzi paucispecifici, caratterizzati dalla presenza di *Cyperus* sp. pl. e *Isoetes* sp. pl.

Classi che fanno ingresso nell'ecosistema occasionalmente (per cause naturali o per effetto dell'azione antropica)

Thlaspietea rotundifolii Br.-Bl. '47: aggruppamenti di ghiaioni e delle alluvioni ciottolose. Fanno ingresso nel nostro tratto del corso d'acqua solo in seguito ad alterazione del regime idrodinamico. Ne sono caratteristiche parecchie Asteracee e Scrophulariacee.

Molinio-Arrhenatheretea R. Tx '37: popolamenti naturali di erbe igrofile e praterie umide più o meno regolarmente irrigate, concimate e falciate. Specie caratteristiche sono *Poa* sp. pl., *Lolium* sp., *Arrhenatherum* sp., parecchie Asteracee igrofile. All'interno di questa classe, l'ordine con maggiore affinità per l'ambiente in questione è la *Molinetalia coeruleae*.

Festuco-Brometea Br.-Bl. '43: praterie meso-termofile diffuse dal piano basale al montano, spesso pascolate e/o falciate. Partecipa ai consorzi dei corsi d'acqua solo "pro parte" e occasionalmente. Specie caratteristiche: *Andropo-*

gon sp., *Bromus* sp., *Brachypodium* sp. (Graminacee) e *Schoenus nigricans* (Giuncacee).

Juncetea maritimi Br.-Bl. '64: praterie debolmente alofile presso le foci dei fiumi o nelle depressioni intradunali. Specie caratteristica: *Juncus maritimus*.

Negli stessi ambienti prossimi alla costa possiamo rinvenire: consorzi alofili ascrivibili alle classi *Thero-Salicornietea* Pign. '53 em. R. Tx et Oberdorfer '58 e *Sarcocornietea fruticosae* (Br.-Bl. et R. Yx '43) Castrovejo et Cirujano '80; consorzi alofili-efilici (di ambiente palustre, salmastro) ascrivibili alle classi *Puccinellio-Salicornietea*, *Spartinetea*, *Ruppiaetea* e *Zosteretea*, paucispecifici e iperspecializzati; consorzi psammofili delle dune e delle spiagge, ascrivibili alle classi *Ammophiletea* Br.-Bl. et Tx. '43 e *Cakiletea* R. Tx. et Prsg. in R. Tx. '50.

Bidentetea tripartitae R. Tx., Lohm. et Prsg. in R. Tx. '50: aggruppamenti igroneofili colonizzatori di depositi sabbioso-limosi ricchi in sali ammoniacali. Si tratta di consorzi generalmente paucispecifici, caratterizzati dalla presenza di: *Polygonum* sp. pl., *Xanthium* sp. pl., *Paspalum*, *Cyperus* sp. pl.

Artemisietea vulgaris Lohm., Prsg. et Tx. '50: aggruppamenti di alte erbe nitrofile di argini, dicariche, accumuli di materiali organici.

Agrostietea stoloniferae Oberd. et Mull ex Gors '68: aggruppamenti su terreni sabbiosi o argillosi, più o meno nitrofilici, spesso soggetti a inondamento stagionale. Caratteristiche di questo consorzio sono parecchie Graminacee igrofile.

Plantaginetea majoris Tx. et Prsg. in Tx. '50 em. Oberd. et al. '67: vegetazione erbacea nitrofila su terreni argillosi compatti, ai bordi di corsi d'acqua o di vie e sentieri. Specie caratteristiche: *Plantago* sp. pl., *Lolium* sp. pl. Per le sue affinità con la *Molihio* - *Arrhenatheretea* è stata da parecchi AA. inclusa come ordine di quest'ultima classe. Questa classe coesiste e si sostituisce alla vegetazione arborea-arbustiva ripariale caratteristica una volta che questa subisce forti alterazioni strutturali.

Vale la pena di accennare in questa sede alla presenza di consorzi dell'*Oryzetea sativae* e della *Stellarietea mediae*, classi di vegetazione legate all'attività agricola, nel contesto geografico-ecologico da noi trattato. (s.p.)

Interventi dell'uomo

Gli interventi che più a lungo e più massicciamente hanno plasmato il paesaggio delle pianure alluvionali sono stati quelli relativi alla *bonifica idraulica*, la quale ha trasformato aree paludose, o almeno soggette a frequenti e talora imprevedibili inondazioni, poco sicure per gli insediamenti umani, in aree asciutte nelle quali l'attività umana ha potuto svilupparsi in modi e forme impossibili in altri paesaggi geomorfologici. Infatti le alluvioni di fondovalle si prestano praticamente a qualsiasi utilizzazione, con le sole limitazioni che possono derivare dal fattore climatico (per quanto riguarda in particolare l'agricoltura) e dai fenomeni delle inondazioni e dei cedimenti del sottosuolo allorché si hanno di mira gli insediamenti e le infrastrutture.

Trasformazioni del territorio e rete idrica del Veneto

Considerando l'importanza che ha avuto la bonifica idraulica nella forma attuale delle pianure alluvionali, si illustra nel seguito tale aspetto attraverso una schematizzazione storica e tecnica della capacità dell'uomo di disciplinare le acque superficiali, soprattutto in quelle zone di pianura con pendenze assai limitate.

È possibile così immaginare tre periodi ben distinti nella storia del territorio. Il primo si riferisce al mondo antico, in presenza di terreni già abitati dall'uomo, quindi già utilizzati, in alcune parti, per fini insediativi o agricoli, la cui caratteristica principale era costituita dalla loro frequente soggiacenza ai livelli idrometrici dei fiumi, o delle maree in prossimità delle foci.

I fiumi infatti non erano arginati, le reti idriche non erano regolate e quindi la dinamica territoriale si svolgeva nella quasi totale dipendenza dai fattori e dagli eventi idrologici. In questa situazione naturalmente ogni intumescenza fluviale comportava l'allagamento della pianura, ed il fiume in piena, dalla chiusura del suo bacino montano, vagava senza regole, lasciando dietro a sé vaste aree impaludate assolutamente inabitabili, fino ad incontrarsi con le acque saline incuneatesi attraverso le numerose ed incerte foci durante le alte maree.

In tale fase era possibile riferirsi solamente al bacino idrografico

montano propriamente detto, essendo questo definito solo da caratteristiche geografiche, morfologiche ed altimetriche, conferitegli dalla natura. In pianura era ben difficile pensare a qualcosa di definito, ad una idrografia identificabile, essendo presenti soprattutto vaste aree paludose.

Il secondo periodo comprende il decisivo approccio dell'uomo all'idraulica territoriale, la regolazione dei grandi sistemi idraulici, la costruzione delle arginature, la deviazione dei fiumi, la creazione di vaste colmate per prosciugare il terreno sollevandolo. I fiumi provenienti dalle catene montane alpine, soprattutto a valle della chiusura del bacino montano, venivano canalizzati, compresi tra arginature sempre più rialzate e ringrossate, fino alla foce. Spesso tali canalizzazioni comprendevano anche dei collegamenti trasversali, per mettere in comunicazione le acque di bacini diversi, e quindi per poter alleggerire le piene di un fiume utilizzando la rete dell'altro, o per motivi di navigazione, o per motivi di alimentazione idrica durante le magre, ecc.

Attribuire una collocazione storica all'inizio di tale fase è alquanto difficile; è certo, ad esempio, che l'arginatura dei fiumi padani, frutto del lavoro di millenni, fu iniziata dagli Etruschi e sviluppata dai Romani.

Con la graduale attuazione di un complesso di rilevati arginali di diverse migliaia di chilometri, si veniva così a costituire la prima fondamentale rete idraulica, chiamata delle "acque alte", perché relativa a fiumi spesso più elevati rispetto alle campagne circostanti.

Mentre prima, senza le arginature, le campagne potevano liberamente far defluire le proprie acque nell'alveo di magra del fiume, ora si veniva ad interrompere tale possibilità: la rete delle acque alte diventava completamente autonoma rispetto alle campagne attraversate. Sorta per non allagare la pianura con le acque dei fiumi dei monti, essa impediva però alle acque di scolo della pianura di defluire liberamente e di giungere fino al mare.

Si doveva affrontare dunque questo secondo problema, creando una seconda rete, denominata dalle acque alte minori. Tale rete poteva defluire liberamente in mare, almeno in condizioni idrologiche e mareografi-

che normali, ma si trovava ad un livello mediamente più basso delle reti idrografiche vere e proprie, perché proveniente da acque locali, con portate di piena decisamente inferiori a quelle dei fiumi montani. La realizzazione della rete delle acque alte minori, esemplarmente condotta dalla Repubblica Veneta soprattutto a partire dal XVI secolo, comportò il recupero di rilevanti aree di pianura per l'utilizzo dell'uomo e può definirsi come il primo intervento di bonifica nel senso moderno del termine, venendo spesso associato alla attuazione di interrimenti, di colmate, di deviazioni, ecc.

Ma restava una seconda porzione di pianura da recuperare, quella più bassa, quella posta a quota più depressa del livello medio del mare, quella continuamente impaludata, sia dalle acque che sfuggivano al drenaggio delle reti precedenti, sia dalle acque marine, soprattutto durante i periodi di mareggiate, o di maree eccezionali.

Su tali estensioni non restava che sollevare meccanicamente l'acqua, e ciò appunto avvenne, per la prima volta nel secolo scorso, con l'entrata in funzione della prima idrovora. Inizia così la realizzazione della terza rete idraulica, quella delle acque basse, il cui recapito non è direttamente il mare, ma la vasca dell'impianto di sollevamento. È la rete più depressa, generalmente di dimensioni più modeste, posta a quota anche di alcuni metri inferiore dello zero mareografico. È la rete tipica della bonifica. Paradossalmente è la rete più semplice delle precedenti: l'idrovora ha risolto antichi problemi di regimazione idraulica. Non servono più, per così dire, le botti a sifone, le chiavi, gli scolmatori; quando è necessario, tutto viene sollevato, fino all'argine più vicino. Nelle reti delle acque alte e delle acque alte minori, la sistemazione era frutto di precise e calibrate livellazioni, di profili di fondo e di piena, nonché di conseguenti profili arginali; la definizione della portata di piena, probabile o massima che fosse, era un punto particolarmente nodale ed importante per affrontare il problema.

Con l'idrovora tutto è diventato più semplice: è sufficiente raddoppiare o triplicare i cavalli di potenza delle pompe ed il problema si risolve, con «un giro d'interruttore».

La schematizzazione idraulica territoriale secondo le reti descritte, na-



Modificazione del paesaggio della pianura padano-veneta fra il Neolitico e la colonizzazione romana. Fino al Neolitico (2000 a.C.) i biomi-paesaggi hanno serbato in grado elevato la propria naturalità, benché già sottoposti al multimillenario impatto puntiforme dei nomadi. La foresta edificata dalle roveri, con carpini, aceri, abete e altre specie regnava sovrana nella pianura e nei rilievi collinari.

turalmente semplifica una realtà assai più complessa.

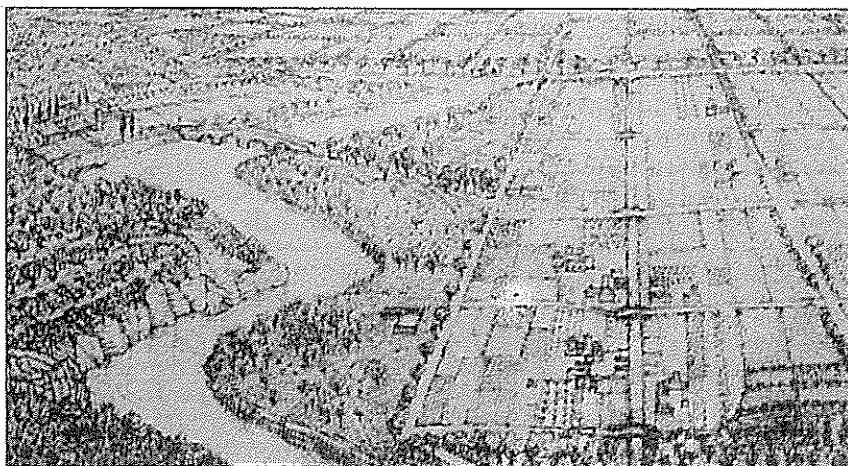
Ma si sono voluti fornire alcuni elementi di riflessione sulla circostanza che la rete idrica, soprattutto se di pianura, raramente vive di uno stato di naturale configurazione, essendo il risultato invece di una complessità di interventi modificatori, in alcuni casi non ancora conclusi, e necessitando di continue attenzioni sia di carattere manutentorio che di regolazione.

Il territorio veneto ha subito rilevanti trasformazioni: prima paludoso, poi esclusivamente agricolo, oggi è divenuto industriale, urbanizzato, asservito ad insediamenti rustici, e a ricoprimenti stradali; in tale rapida trasformazione, spesso attuata senza l'osservanza degli elementari

principi della idraulica, si sono spesso combinati diversi malanni: scoline e fossi occlusi, tombinamenti, deviazioni ed occlusioni di vecchi canali scolmatori, cambio d'uso di antiche vie d'acqua, ora destinate ad usi turistici o industriali.

I fiumi e canali delle reti idriche, divenuti spesso maleodoranti e indecorosi rivoli d'acqua, richiamano spesso la necessità di una radicale ricalibratura, di una profonda bonifica di tutti i fondali, spesso intoccati dall'epoca dei grandi interventi di recupero.

Lo stato di crisi è in generale ormai permanente, e le precise e calibrate reti idriche del passato sono state spesso demolite o superate dagli effetti di migliaia di piccoli interventi localizzati e spesso abusivi. Ciò



Ecco, duemila anni più tardi, come il paesaggio del Neolitico doveva apparire dopo la trasformazione per opera della colonizzazione romana, succeduta a quella paleoveneta. Eliminato il bosco, le terre di pianura erano divise in centurie di forma geometrica, sede dell'agricoltura, separate da strade, canali e filari di alberi; i resti del suolo non reticolato formavano l'agro che racchiudeva frammenti del bosco superstite, dove si esercitavano il pascolo e il legnatico. Sulle pendici sistemate sorgevano e «villae» rustiche e urbane, oliveti, vigneti e altri fruttiferi.

che ne è uscito è un enorme sregolato sistema drenante, che sfrutta reti «miste» e che adduce al sistema superficiale ingenti volumi, sottraendo nel contempo risorse al sistema sotterraneo.

(a.r.)

Danni al paesaggio, criteri di prevenzione e recupero

Negli ultimi decenni i depositi alluvionali sono stati e vengono utilizzati in modo indiscriminato quali *materiali da costruzione*: per rilevati stradali e autostradali, per l'edilizia, ecc.. A ciò si aggiunge la realizzazione di numerosi e spesso imponenti *invasi artificiali*, che trattengono, per interrimento, il "trasporto solido" dei corsi d'acqua. Tutto questo comporta non solo gravi erosioni fluviali, dissesti statici dei piloni dei ponti, ecc., ma anche il fatto che alle spiagge non giunge che una minima parte dei materiali che prima venivano ivi recapitati dai fiumi. Poiché la linea di riva si stabilizza in seguito all'equilibrio dinamico fra apporti solidi del continente e azione erosiva del mare, ne è derivato il fenomeno di *arretramento di molti litorali italiani*, con conseguenti importanti modifiche del paesaggio.

Un altro esempio di modificazione dell'equilibrio naturale che avviene in alcune pianure alluvionali è quello dello sfruttamento del sottosuolo per l'estrazione di gas naturali e specialmente di acqua, che ha accentuato un progressivo movimento di *subsidenza* e conseguentemente una maggiore vulnerabilità del territorio alle esondazioni dei fiumi e alle mareggiate lungo i litorali.

Recentemente alcuni fiumi sono stati soggetti a imponenti e costosissime opere di arginatura e di rettificazione dei meandri, che nel complesso prendono il nome di *canalizzazione*.

Nel seguito si riportano alcuni esempi di interventi umani che hanno pesantemente colpito il paesaggio delle pianure alluvionali.

Cave nelle pianure alluvionali

In terreni nel complesso pianeggianti, come sono le pianure alluvionali, si hanno le "cave di pianura" e le "cave in alveo". Le prime assumono configurazioni dette "a fossa", dove l'attività estrattiva si sviluppa ad un livello inferiore a quel-

lo dell'area circostante talora con formazione di laghetti artificiali. Al termine dell'attività i bacini estrattivi venivano, fino a un passato molto recente, generalmente abbandonati divenendo nel tempo aree a forte degrado ambientale, talvolta utilizzati anche come discariche abusive di rifiuti di varia natura, con forti pericoli di inquinamento delle falde idriche e, in generale, per l'igiene e la salubrità dei luoghi stessi.

Le sponde degli scavi, inoltre, venivano solo raramente modellate; il più delle volte erano lasciate con forti angoli d'inclinazione o addirittura sub-verticali quando il mantenimento di condizioni di stabilità delle sponde è indispensabile non solo per la sicurezza nella conduzione dei lavori, ma anche per una qualsiasi proposta di recupero ambientale al termine dell'attività estrattiva.

Una cava di pianura può essere completamente riempita e recuperata a uso agricolo.

Se invece nei bacini estrattivi sono presenti laghetti artificiali, tali aree possono svolgere una funzione socio-ricreativa.

Fra gli interventi necessari al riassetto di tali aree si ricorda:

- il rifacimento delle rive, per esempio attraverso l'utilizzo di essenze arbustive ed erbacee tipiche locali;

- il ridisegno dei profili di battigia e della corona esterna del lago, drenaggio e asportazione dei depositi di fondo, in modo da eliminare sia le barre sommerse che ostacolano la circolazione longitudinale dell'acqua, sia le fosse isolate dove l'acqua ristagna e subisce processi riduttivi abiotici, liberando composti come idrogeno solforato e ammoniaca;

- limitare l'ingresso, soprattutto nei bacini più piccoli, di acque di dilavamento provenienti dai terreni circostanti, spesso coltivati secondo i principi di agricoltura intensiva e quindi apportatrici di sostanze come fosfati e nitrati.

Le cave in alveo, dove invece l'estrazione di materiale avviene dagli alvei fluviali, contribuiscono, insieme ad altri fattori (costruzione delle dighe e di altre opere trasversali lungo le aste fluviali, cambiamenti dell'uso del suolo; interventi di stabilizzazione dei versanti) ad alterare il bilancio dei sedimenti trasportati dai fiumi. La conseguente rottura del delicato equilibrio che regola i processi di erosione dell'alveo, trasporto di fondo e sedimentazione si traduce di

fatto in un'erosione del letto del fiume che si può propagare indifferentemente sia verso valle sia verso monte rispetto al polo estrattivo, arrivando anche a interessare gli affluenti. Inoltre l'erosione può asportare tutta la coltre di materiale alluvionale presente, fino a interessare il substrato, che può essere composto di litotipi facilmente erodibili, accentuando e aggravando così il processo di degrado del letto con tutte le conseguenze negative a esso connesse.

Collegati all'abbassamento del letto si possono avere molti danni, qui di seguito brevemente elencati:

- danneggiamenti a opere di ingegneria civile, quali ponti, briglie e rivestimenti arginali, le cui opere di fondazione possono venire scoperte e scalzate;

- abbassamento dell'eventuale falda idrica collegata all'asta fluviale, accompagnato dalla diminuzione della riserva idrica nell'acquifero, con ripercussioni negative per pozzi e altre opere di presa;

- modificazione della geometria delle sezioni trasversali degli alvei, con aumento del raggio medio e diminuzione della scabrezza; il conseguente aumento della velocità accentua localmente i fenomeni erosivi e aumenta i pericoli di alluvione a valle, per la contrazione dei tempi di formazione delle onde di piena;

- sostanziale cambiamento nella vegetazione ripariale e in generale in tutto l'habitat acquatico;

- accentuazione dell'erosione di sponda che a sua volta contribuisce all'instabilità dei terreni sovrastanti;

- riduzione degli apporti solidi nelle zone costiere e conseguenti arretramenti del litorale, non più soggetto al ripascimento naturale.

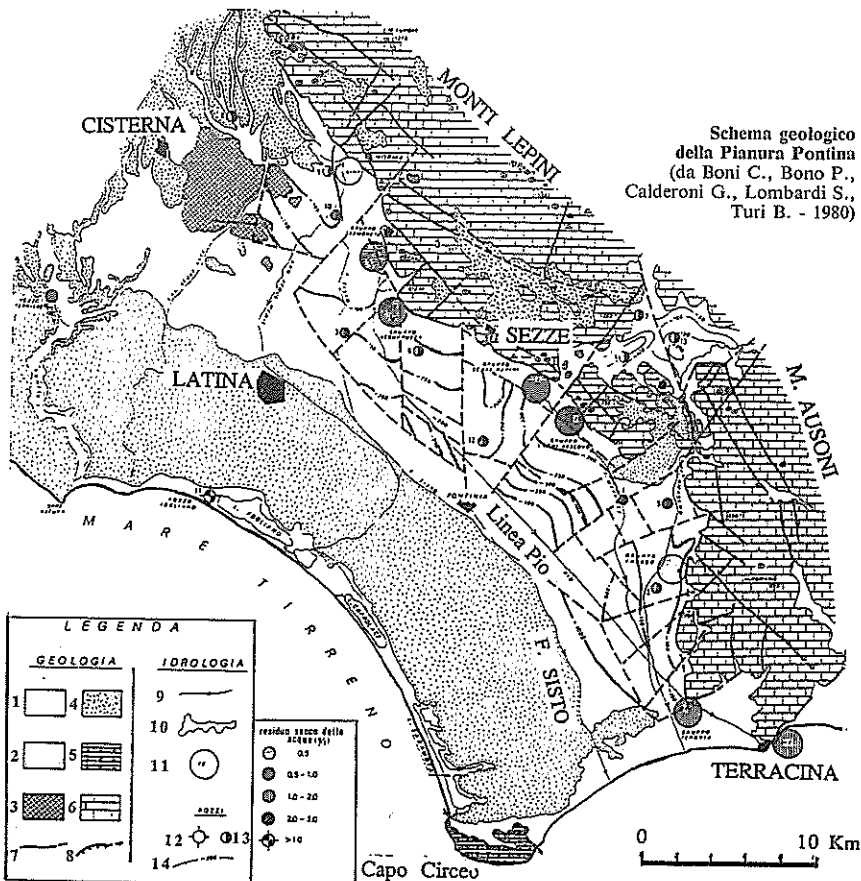
Porre rimedio a questa grave situazione di dissesto, conseguente all'estrazione di ingenti quantità di sedimenti direttamente dagli alvei fluviali, probabilmente significa solo sospendere tale attività sia dagli alvei stessi sia dalle aree golenali. Infatti le opere di sistemazione fluviale che si sono realizzate per cercare di tamponare gli effetti negativi legati all'attività estrattiva, soprattutto traverse di fissazione che trattengono il materiale trasportato al fondo, non possono né contrastare da sole la tendenza dagli alvei ad approfondirsi né tanto meno possono essere realizzate lungo tutto il percorso dei corsi d'acqua.

Si vuole infine sottolineare che,

per i gravi squilibri che l'attività estrattiva dei depositi alluvionali può portare, non c'è dubbio che una corretta pianificazione di tale attività debba essere riferita all'intera unità fisiografica che comprende il bacino idrografico e la zona costiera dove giungono gli apporti solidi dall'entroterra. (m.f.)

Subsidenza della Pianura Pontina

La Pianura Pontina è una delle più estese pianure costiere che si affacciano sul mar Tirreno, delimitata, oltre che dall'attuale linea di costa, dai rilievi dei monti Lepini e Ausoni, verso nord, e dalle propaggini dell'apparato vulcanico dei Colli Albani verso nordovest. La sua formazione risale alle fasi tettoniche distensive che, nel corso del Pliocene, provocarono lo sprofondamento del substrato litoide, di natura prevalentemente calcarea; successivamente, l'area venne colmata da depositi terrogeni, più recenti, di età plio-pleistocenica. Generalmente, la Pianura Pontina viene suddivisa in due fasce ben distinte: una prima fascia, costiera, si estende grosso modo fino all'attuale corso del fiume Sisto. Tutta questa fascia è composta, essenzialmente, da depositi di natura sabbiosa, alcuni dei quali di ambiente litorale; nel settore suborientale, prossimo al Parco nazionale del Circeo, prevalgono le sabbie di ambiente colico, rielaborate più volte, fino alle ultime fasi glaciali del Würm. Questa unità contiene un acquifero a falda libera. La seconda fascia, più interna, va dal corso del fiume Sisto al margine dei rilievi lepini e aurunci: è qui che per secoli si sono instaurate le paludi pontine vere e proprie. Questo settore si distingue dal precedente per l'altimetria, essendo caratterizzato da quote inferiori ai 4-5 metri sul livello del mare, con molte aree depresse, poste alcuni metri al di sotto del livello marino. Qui, fin da tempi remoti, le condizioni di elevata alimentazione idrica, esercitata sia dalle numerose e importanti sorgenti poste lungo la linea che separa la piana dai rilievi, sia dal notevole apporto delle acque di ruscellamento provenienti da monte, accompagnate dalle difficoltà di scorrimento delle stesse, per effetto della morfologia depressa e dello sbarramento verso mare esercitato dai cordoni sabbiosi, hanno favorito la deposizione di sedimenti di ambiente lagunare e limno-palustre, rappresentati

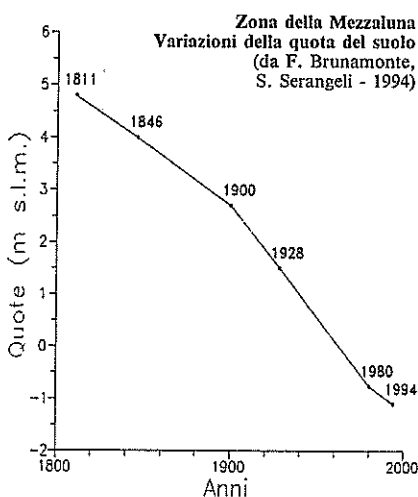


Carta geologica dell'area studiata. 1. Depositi quaternari lagunari e fluvio lacustri. 2. Sabbie eoliche quaternarie. 3. Travertini. 4. Prodotti vulcanici prevalentemente piroclastici. 5. Serie prevalentemente carbonatica di facies «Sabina». 6. Serie carbonatica mesozoica di piattaforma. 7. Faglie dirette. 8. Faglie inverse e sovrascorrimenti. 9. Corsi d'acqua perenni. 10. Bacini lacustri e costieri. 11. Gruppi di sorgenti principali e loro quota. 12. Pozzi profondi. 13. Serie di pozzi Mazzocchio e loro numero di riferimento. 14. Isobate del tetto del settore ribassato della struttura carbonatica lepina (dati Compagnia Mediterranea di Prospezione, rapporti inediti)

da argille e limi torbosi, variamente intercalati, dotati di un'elevata incidenza di frazione organica. In particolare, in prossimità del contatto con i rilievi, le condizioni favorevoli allo sviluppo di una vegetazione rigogliosa (apporto di acque fresche e clima freddo-umido) determinarono il progressivo accumularsi di potenti ammassi di torbe. La grande diffusione di questo tipo di sedimenti ha determinato, per effetto della loro forte compressibilità, l'insorgere, in quest'area, di processi di subsidenza molto pronunciati. Tali fenomeni, pur essendo stati individuati già nei primi anni dell'800, sono stati oggetto di studi specifici solo di recente. Secondo gli elementi raccolti, essi si sono sviluppati dapprima secondo un'evoluzione spontanea e hanno quindi subito un sensibile impulso in seguito alla realizzazione della bonifica idraulica degli anni Trenta. Tale processo è determinato essenzialmente dalla particolare natura di questi terreni, dotati di un elevato contenuto in acqua e di una bassissima densità e pertanto suscettibili di subire forti riduzioni di volume anche sotto il loro proprio peso. L'a-

zione di drenaggio superficiale realizzata con la bonifica, riducendo le pressioni idrauliche, almeno nello strato superficiale del terreno, deve indubbiamente aver accelerato il fenomeno che, nell'ultimo periodo, pare procedere con minor velocità. Dai dati raccolti lungo il tratto iniziale dell'Ufente (zona La Mezzaluna), infatti, la velocità media di abbassamento è stata di 2,4 centimetri all'anno nel periodo 1811-1900, che aumenta a 4,3 centimetri all'anno nel periodo 1900-1980, mentre, da questa data ad oggi, è tornata ad un valore inferiore (2,7 centimetri all'anno). Si è inoltre notato come gli abbassamenti del terreno aumentino in intensità man mano che ci si sposta verso punti in cui sono presenti maggiori spessori di depositi torbosi. Evidentemente, queste manifestazioni di abbassamento del suolo inducono effetti ambientali di grande importanza ai fini di una corretta gestione del territorio; importanti ripercussioni si esercitano, tra l'altro, sul mantenimento in efficienza della stessa rete di bonifica. Le aree maggiormente interessate dal fenomeno sono, oltre a quelle circostanti gli im-

pianti idrovori realizzati negli anni '30, quella di Ceccaccio (Terracina) e il bacino di Quartaccio, soprattutto in prossimità del fiume Ufente. I dati recentemente acquisiti indicano come, in questa zona, il suolo si sia abbassato, dal 1900 a oggi, di circa 3,80 metri, valore che sale a 5,90 metri se si prendono in considerazione, seppur con le dovute cautele, documenti progettuali del 1811. Oltre a questa componente di subsidenza, legata alla particolare cedevolezza dei sedimenti presenti, pare comunque individuabile per la Pianura Pontina una componente di tipo tettonico, non ben definita, mentre, allo stato attuale, non si hanno dati diretti su possibili abbassamenti che potrebbero essere indotti dall'eleva-



to emungimento idrico nella fascia costiera. Sono inoltre attualmente allo studio alcune manifestazioni di crollo, sviluppatasi nella fascia pedemontana nordoccidentale, tali da formare camini di collasso (*sinkholes*). (s.s.)

Il parco del Ticino

Il parco fluviale della valle del Ticino (il più grande parco fluviale d'Europa), si estende per una superficie di oltre 90.000 ettari complessivi, interessando principalmente il territorio lombardo e, in misura minore, il territorio piemontese (circa 6.250 ettari di superficie); il Ticino, infatti, a partire dal Lago Maggiore, di cui è immissario, individua parte del confine tra le due regioni.

La Regione Lombardia, dove per prima nacque l'idea del Parco nel 1971 (anno in cui venne intrapresa una campagna per la raccolta di firme destinate all'approvazione di una

proposta di legge), fu la prima a realizzarne l'istituzione (9/01/1974, legge regionale 2).

Il Parco piemontese fu invece istituito nel 1976 (lr 53), con un certo ritardo rispetto a quello lombardo in conseguenza della diversa strategia adottata nell'individuare le porzioni di territorio da proteggere.

Infatti, nell'area piemontese, la riserva naturale è stata istituita per la tutela e la salvaguardia delle sole zone di "alta naturalità" escludendo tutte le aree urbanizzate e i centri abitati.

Il Parco lombardo, invece, rappresenta uno strumento territoriale mirato sia alla salvaguardia ambientale e dei luoghi che all'organizzazione urbanistica, nell'intento di armonizzare la tutela del patrimonio naturale della valle del Ticino con i numerosi interessi locali connessi alla forte antropizzazione ed industrializzazione dell'area; a tutt'oggi, infatti, nell'area protetta, sono inclusi interi territori comunali e città quali Pavia, Magenta, Gallarate.

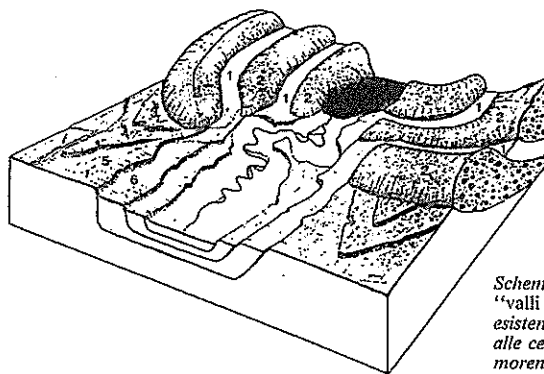
Il parco del Ticino viene gestito dai consorzi dei comuni piemontesi e lombardi (facenti capo rispettivamente alla provincia di Novara e a quelle di Varese, Milano e Pavia) nell'interesse comune di garantire la tutela ambientale e paesistica della valle del Ticino (con particolare riferimento alla conservazione degli abi-

sentiti in questo settore caratterizzato da intensa antropizzazione.

Inquadramento geomorfologico e geologico della Valle del Ticino

Il territorio del parco del Ticino, a grande scala, corrisponde a un unico ma molto articolato ambiente geologico ove hanno dominato, a partire dal Pleistocene (Era quaternaria) i processi sedimentari e morfogenetici esogeni tipici dei corsi d'acqua e dei connessi sistemi deposizionali, delle lingue glaciali e dei relativi apparati morenici e fluvio-glaciali.

La Valle del Ticino a sud del Lago Maggiore rappresenta un tipico modello di apparato fluvio-glaciale: essa infatti, a monte, è circondata dall'anfiteatro morenico del Verbano (cerchie moreniche e relativi ripiani intramorenici) mentre, verso valle (esterno dell'ultima cerchia morenica), sono ben individuabili i pianali terrazzati corrispondenti agli antichi corpi dei conoidi di transizione successivamente incisi e terrazzati dal susseguirsi delle fasi di deposizione e erosione (fasi anaglaciali e cataglaciali); in particolare, tali ripiani e il loro terrazzamento sono geneticamente connessi alle singole cerchie moreniche (e ripiani intramorenici) e alle rispettive fasi glaciali che le hanno determinate.



Schema illustrante la morfologia delle "valli a cassetta" e il legame genetico esistente tra i ripiani terrazzati esterni alle cerchie moreniche e i cordoni morenici con i relativi ripiani intramorenici (tratta da Marchetti et al., 1986, modificata)

tat naturali, delle specie faunistiche, della flora) e di organizzare il territorio per la fruizione a scopo ricreativo, didattico e scientifico.

Tra le finalità del Parco inoltre, soprattutto per il settore lombardo, maggiormente esteso, sono incluse la difesa e salvaguardia dell'attività agricola e la protezione dall'inquinamento sia per le acque del fiume Ticino che per il suolo e l'aria; tali problemi infatti sono particolarmente

Questo caratteristico assetto morfologico con coltri alluvionali più recenti "inscatolate" entro le più antiche, è tipica delle "valli a cassetta".

Proseguendo poi verso sud i ripiani terrazzati più antichi si giustappongono frontalmente al di sotto delle coltri alluvionali più recenti, le quali, verso valle, diventano di stretta pertinenza fluviale; pertanto il paesaggio geomorfologico a partire dalla media valle del Ticino assume

maggiormente i connotati tipici di una piana alluvionale conservando la configurazione morfologica della "valle a cassetta" fino alla confluenza con il fiume Po.

Nella zona compresa tra Sesto Calende e Turbigo le scarpate che delimitano i ripiani terrazzati più antichi assumono carattere poligenico poiché alla loro base affiorano i depositi attribuiti al Villafranchiano.

Questi ultimi, costituiti prevalentemente da alternanze di materiali ciottoloso-sabbiosi intensamente alterati passanti verso il basso ad argille rossastre, vengono attribuiti ad ambiente transizionale (fluvio-lacustre).

Ai depositi morenici, fluvio-glaciali e fluviali che si sviluppano a tetto del Villafranchiano, corrispondono diverse unità cronostratigrafiche ciascuna delle quali caratterizzata da particolari elementi distintivi: morfologia, grado di alterazione superficiale, presenza di palesuoli. Le unità cronostratigrafiche individuate sono i depositi relativi alle glaciazioni del Mindel, del Riss e del Wurm. In particolare al tetto dei depositi della glaciazione Mindel è presente un palesuolo *fersiallitico lisciviato* (tipico *Ferretto* lombardo) che ha prodotto la quasi totale argillificazione e decalcificazione dei materiali; si tratta di un suolo *infrazonale* (sviluppatosi in condizioni ambientali diverse dalle attuali e da esse indipendenti), caratterizzato dalla presenza di ossidi e idrossidi di Fe-Al, la cui genesi è da riferire all'intenso dilavamento prodotto dalle acque meteoriche.

In superficie il *ferretto* è costituito da argille rosse inglobanti ciottoli quarzatici ben conservati e frammenti intensamente alterati di micascisti, gneiss e graniti; cronologicamente la ferrettizzazione dei depositi mindeliani è da riferire alla fase interglaciale Mindel-Riss caratterizzata da condizioni di clima tropicale o subtropicale umido in ambiente forestale.

Infine All'Olocene sono attribuiti 3 distinti ordini di ripiani terrazzati corrispondenti rispettivamente all'Olocene Antico, Olocene Medio, Olocene Recente, individuabili in successione proseguendo dall'esterno verso l'interno all'asta fluviale del Ticino.

Il fondovalle attualmente prossimo al fiume, infatti, è inciso entro i ripiani alluvionali terrazzati dell'Olocene Antico e Medio, intensamente antropizzati; alle alluvioni recenti, invece, corrispondono i ripiani in

parte antropizzati o comunque fissati dalla vegetazione che fanno gradualmente passaggio alle alluvioni attuali dell'alveo attivo del corso d'acqua.

Idrografia - Caratteristiche del paesaggio fluviale

Sin dal I secolo d.C. il Ticino è conosciuto come il fiume azzurro, in virtù della cristallinità delle sue acque dovuta sia al ridotto apporto di materiale in sospensione da parte dei suoi principali affluenti, che alla composizione litologica del suo greto, prevalentemente ciottoloso-ghiaioso, i cui elementi litici, di origine tipicamente "alpina" (graniti, gneiss, anfiboliti, micascisti...), riflettono la natura geologica del bacino imbrifero sotteso dal fiume.

Nell'area del Parco il fiume scorre come Ticino Inferiore e si snoda con un percorso di oltre 280 chilometri di sponde fino alla sua confluenza nel fiume Po (110 chilometri in linea d'aria); il bacino imbrifero che circonda il corso pre-lacunale del Ticino si estende per una superficie di circa 6.599 chilometri quadrati, includendo, al suo interno, 7 laghi (Maggiore, di Lugano, di Varese, di Comabbio, di Monate, d'Orda, di Mergozzo), 3 fiumi principali (Ticino pre-lacunale, Maggia, Toce) e numerosi torrenti (sia in territorio svizzero che piemontese e lombardo).

Per quanto attiene alle caratteristiche idrografiche del corso d'acqua, studi compiuti in dettaglio sull'intero tracciato fluviale hanno evidenziato che nella porzione immediatamente a valle del Lago Maggiore il fondo alveo, impostato entro depositi morenici, è scavato in contropendenza (sovraescavazione operata dalle lingue glaciali), mentre verso valle il gradiente va progressivamente diminuendo passando dal 2 per mille (tratto tra Panperduto e Vigevano), all'1,5 per mille (Vigevano-Beregardo) sino a una pendenza dello 0,5 per mille (da Bereguardo sino al ponte della Becca, confluenza con il Po).

Nel tratto più settentrionale il tracciato del Ticino risulta marcatamente meandriforme sino a Oleggio; a partire da questo punto il fiume assume un tipico andamento *braided* per poi tornare meandriforme da Bereguardo sino quasi alla confluenza con il Po.

Tale fisiografia fluviale appare piuttosto insolita, poiché generalmente i corsi d'acqua meandriformi si localizzano nella porzione terminale delle valli alluvionali laddove il gra-

diente topografico è minimo e la velocità delle acque ridotta, mentre il tracciato nastriforme caratterizza le porzioni di alta pianura con elevati gradienti topografici ove il corso d'acqua presenta portate e tassi di sedimentazione estremamente variabili.

Elemento di particolare interesse per la dinamica idrologica del corso d'acqua è l'apporto idrico fornito dalle risorgenze in alveo e soprattutto dai fontanili (o risorgive) i quali, per una estesa fascia di pianura, interessano la porzione inferiore della valle fluviale (da Bernate Ticino sino all'incirca a Cassolnovo).

Infatti, durante la stagione estiva, quando il prelievo è massimo, le portate fornite dalle risorgive (perennemente attive) contribuiscono notevolmente all'alimentazione del fiume; gli apporti più elevati, in particolare, si hanno nel tratto Marano-Oleggio, dove le portate dei fontanili nel corso dell'anno variano da 5 a 23 metri cubi al secondo.

Le risorgive costituiscono un'unità di paesaggio caratteristica di tutta la Pianura Padana (dove si rinven- gono con una certa continuità areale dal Piemonte sino al Friuli) ed interessano estesamente anche il territorio del Parco fluviale del Ticino, rappresentando degli ambienti di notevole interesse idrogeologico oltreché faunistico, vegetazionale e paesistico (zone umide).

Il fenomeno delle risorgive inoltre riveste grande importanza per l'attività agricola; da secoli infatti le acque sorgive, in virtù della loro temperatura pressoché costante nel corso dell'anno, vengono sfruttate per la pratica colturale delle marcite, consentendo di mantenere rigogliosa la vegetazione erbacea anche durante la stagione invernale.

Nell'ambito del parco fluviale del Ticino le maggiori manifestazioni sorgive si localizzano nei dintorni di Boffalora dove si hanno fino a 12-13 emergenze per chilometro quadrato.

Risorse naturali del parco

Essendo l'acqua l'elemento dominante non solo del paesaggio del parco fluviale del Ticino, ma anche dell'ambiente naturale in esso presente, tutti gli ecosistemi che si individuano al suo interno, ivi incluse le aree boscate e quelle agricole, presentano una propria caratterizzazione specifica in riferimento al loro rapporto diretto o indiretto con le acque superficiali e/o sotterranee.

Per quanto attiene gli **ecosistemi dominati dalla presenza di acqua dolce superficiale** si distinguono due sottoambienti di seguito descritti:

ecosistema fluviale in senso stretto, dominato dalle acque correnti con fondoalveo pulito (prevalentemente ciottoloso-ghiaioso); in questo habitat predominano la fauna ittica (trota, luccio, storione, cavedano, barbo) e gli uccelli limicoli (nidificanti lungo le ripe fluviali), la vegetazione ripariale è invece rappresentata essenzialmente da salice, pioppo, ontano, carpino bianco (a seconda della prossimità all'alveo attivo del fiume);

ecosistema dominato dalle acque lentiche (lanche, meandri, risorgive); le associazioni biotiche di questo sottoambiente sono simili a quelle lacustri, la vegetazione è rappresentata da distese erbacee rigogliose, cinture di tife, salici, ontani cui si associano, in corrispondenza dello specchio d'acqua, ninfee, lenticchie d'acqua, canneti, carici. La fauna è invece costituita da una molteplice varietà di insetti (scorpione d'acqua, larve di zanzare, libellule), da molluschi (chiocciolina d'acqua), anfibi (rana, tritone, salamandra), rettili (biscia dal collare), pesci (tinca, carpa, persico), micromammiferi (toporagno), uccelli (...., martin pescatore, gallinella d'acqua, cannarola) specie faunistiche che, in questo habitat, trovano le condizioni ottimali per la nidificazione, per la sosta e l'alimentazione.

All'interno delle **zone boscate** le associazioni vegetazionali si distinguono in relazione alle condizioni idrogeologiche dominanti (acque sotterranee):

zona con bassa soggiacenza della falda (strettamente connessa al regime idraulico del fiume); dominiamo qui il pioppeto misto, la farnia, l'olmo;

zona con alta soggiacenza della falda; nelle zone più umide predominano il cerro, la farnia, il castagno, mentre in quelle con minor disponibilità d'acqua vegetano la roverella, il pino silvestre, la betulla, la ginestra; nelle zone ancor più aride (antichi terrazzi fluvio-glaciali prossimi al Lago Maggiore) dominano le brughiere.

La varietà faunistica invece, in tutte le aree boscate, presenta una distribuzione uniforme caratterizzata dalla presenza di anfibi (rospo, raganella, rana), rettili (ramarro, biacco e altri colubridi), uccelli (ghian-daia, pettirosso, fringuello), mammi-

feri (scoiattolo, donnola, volpe, coniglio selvatico, ghio, riccio).

Si distingue infine l'habitat corrispondente alle **zone agricole**, dove la vegetazione riflette le pratiche colturali in uso (frumento, mais, marcite, prati, pioppeti, risaie); solo alcune di queste colture rivestono un significativo interesse per le associazioni faunistiche presenti; in particolare le marcite ed i prati, nel periodo invernale rappresentano un sito preferenziale per la sosta e il rifornimento alimentare di stormi, pavoncelle, aironi cinerini, gallinelle, chiurli e trampolieri (marcite) e di fagiani, lepri, stormi di cesene e di tordi (prati).

(f.c. e p.g.)

La canalizzazione dei fiumi e i suoi effetti sull'ambiente fluviale. Il caso del Basento

La **canalizzazione** di un corso d'acqua è quell'insieme di interventi atti a ridurre l'entità delle piene e le inondazioni, drenare le "zone umide", limitare l'erosione delle sponde. La canalizzazione viene realizzata in generale mediante la rettificazione e il raccorciamento del canale fluviale e l'incremento della pendenza del letto, per cui si passa dalla sezione naturale dell'alveo ad una forma a trapezio e in planimetria, da un andamento più o meno meandriforme ad uno tendenzialmente rettilineo: il fiume canalizzato diventa un'autostrada per l'acqua. La rettificazione del tratto di fiume, mediante il taglio dei meandri (con drizzagni) e la realizzazione di scolmatori di piena, solo in parte centra il bersaglio e anzi spesso porta ad effetti controproducenti.

Nel seguito si illustra brevemente un caso di studio relativo alla problematica in oggetto, inerente il Fiume Basento in Basilicata.

Il Basento è il più importante fiume della Regione e sfocia nel Mar Ionio, presso Metaponto. Da Pisticci Scalo alla foce l'alveo è meandriforme. L'indice di sinuosità è poco maggiore di 2 e in questo tratto si contano almeno 20 meandri a forma di "omega" accentuata; la pendenza media è del 6 per mille. Per il dimensionamento delle opere il progettista ha assunto il valore di portata corrispondente al tempo di ritorno di 50 anni, pari a 1014 metri cubi al secondo.

Il fondovalle non è occupato da insediamenti urbani né industriali, se

si eccettua il modesto insediamento industriale di Pisticci Scalo, posto peraltro su un terrazzo alluvionale.

Pertanto l'occupazione del suolo nel fondovalle è caratterizzata dalla agricoltura, in gran parte estensiva. Le vie di comunicazione, ubicate ai bordi del fondovalle, sono sopraelevate rispetto alle aree inondabili.

Tra il 1986 e il 1988 è stato progettato un intervento lungo il basso Basento, avente lo scopo, come dichiarato dall'organo proponente, la Regione Basilicata, di difendere dalle esondazioni le campagne contigue al fiume. Il tratto interessato era compreso tra Ferrandina Scalo e la foce, per una lunghezza del fiume di circa 40 chilometri. Il progetto ha ottenuto il finanziamento F.I.O. (Fondo investimenti e occupazione) per un costo di 114 miliardi di lire. I lavori sono iniziati nell'agosto 1989, nella parte a monte del tratto. Successivamente, nel maggio 1990, i lavori sono stati sospesi dall'Autorità giudiziaria quando erano a circa 1/3 del loro ammontare (come spese e come entità delle opere).

Il progetto consiste essenzialmente nel creare, nel tratto interessato, un alveo capace di contenere le piene, anche quelle più rilevanti; si è ritenuto di ottenere ciò attraverso due tipi di interventi:

risagomatura dell'alveo, creando e/o adeguando la sezione secondo le portate massime di progetto, correlando l'intervento con una coppia di **arginature** sopraelevate rispetto al piano campagna latitante;

scolmatori, tratti rettilinei di fiume canalizzato, colleganti, secondo il tragitto più breve, le estremità dei meandri; tali manufatti, in alcuni casi, avendo la soglia dell'incile sopraelevata rispetto al fondo dell'alveo, devono entrare in funzione solo quando il fiume è in piena, mentre le acque di magra continuano a percorrere il vecchio tracciato sinuoso; in altri casi si tratta invece di veri e propri **drizzagni**, funzionanti permanentemente, anche durante le magre, abbandonandosi così definitivamente il vecchio tracciato.

In tutti e due i casi, abbreviandosi il percorso che devono compiere le acque, a parità di sezione liquida, aumenta la pendenza dell'alveo, e quindi la velocità delle acque e perciò la capacità di portata convogliabile.

Le opere idrauliche così descritte non hanno tenuto conto delle indicazioni della Relazione conclusiva

della Commissione "De Marchi" relativa alla difesa del suolo del bacino del F. Basento, sono sopradimensionate rispetto alle effettive esigenze di difesa dalle inondazioni del fondovalle, sono caratterizzate da rilevante impatto ambientale.

Per quanto riguarda il primo punto, la Relazione della Commissione De Marchi (Commissione interministeriale per lo studio della sistemazione idraulica e della difesa del suolo, 1970-1974) indicava che per la sistemazione idrogeologica del bacino del Basento erano prioritari gli interventi di natura idraulico-agraria e forestale ed era necessario creare invasi per la laminazione delle piene, intesi sia nel senso di invasi artificiali ad uso plurimo che come casse di espansione; lasciava un ruolo marginale alla sistemazione idraulica lungo il corso fluviale.

Viceversa, il progetto concentra tutte le sue attenzioni solo sulla ultima indicazione della Commissione De Marchi.

Per quanto riguarda il secondo punto, il progetto adotta un tempo di ritorno degli eventi di piena pari a 50 anni, mentre, nel caso dell'effettivo uso del suolo nella valle del Basento, poteva adottarsi una portata probabile corrispondente ad un tempo di ritorno di 30 anni; inoltre è stato adottato un coefficiente di scabrezza delle pareti del canale fluviale incongruente con la realtà del fiume; tutto ciò ha richiesto un dimensionamento delle opere di sistemazione molto più elevato rispetto alle effettive necessità.

Infine va detto che le opere in esame, almeno nel tratto nel quale sono state realizzate, hanno prodotto uno sconvolgimento dell'ambiente, degli ecosistemi locali (specialmente quelli acquatici), del paesaggio, così notevole da convincere gli stessi addetti all'agricoltura locale, a vantaggio della quale sembravano dirette le opere, a contestare la realizzazione delle opere stesse, finché non sono intervenuti la Magistratura prima ed il Ministero dell'Ambiente dopo a bloccare tale intervento.

Ad esempio, il disboscamento delle

sponde del Basento era previsto, nel progetto, pari ad una lunghezza di 46 chilometri; la lunghezza disboscata al 14 maggio 1990, data di sospensione dei lavori, era pari a 23 chilometri.

Si può affermare che nei tratti di fiume interessati da rettificazione e dal cambiamento del profilo delle rive si verifica una riduzione drastica della varietà degli habitat in quanto, alla naturale morfologia complessa del fiume (anse, isolotti, stagni temporanei, ecc.) si sostituisce un unico canale rettilineo, praticamente privo di nicchie ecologiche differenziate e notevolmente ridotto nella lunghezza del letto.

La rettificazione causa un incremento della pendenza longitudinale dell'alveo e quindi un aumento della velocità della corrente e della sua capacità erosiva; in molti casi, in Italia e all'estero, si è assistito, come conseguenza, ad una tendenza verso l'approfondimento dell'alveo e quindi ad un incremento dell'erosione idrica nei corsi d'acqua tributari (evidentemente per abbassamento del loro livello di base dell'erosione). In conseguenza dell'approfondimento dell'alveo (ed eventualmente dell'incremento della sua larghezza) si verifica il danneggiamento dei ponti.

In conclusione, la canalizzazione è valida solo per alcuni tratti del fiume, come nell'attraversamento di centri abitati o di aree ad attività economiche concentrate e caratterizzate da elevati investimenti finanziari (industria, agricoltura intensiva); nella parte restante della pianura alluvionale la canalizzazione è inutile e dannosa, per i motivi sopra accennati; inoltre la dinamica fluviale risponde al tentativo dell'uomo di "mettere a posto" il fiume, demolendo le opere oppure seppellendole sotto metri di nuovi sedimenti, come è avvenuto, ad esempio, per il Fiume Sangro in Abruzzo.

Né bisogna cadere nell'equivoco per cui con le opere in verde si risana la canalizzazione, poiché se tali opere hanno soltanto il ruolo di abbellire la canalizzazione, di "rifare il trucco", allora al danno si aggiungerebbe la beffa. (g.g.)

Bibliografia

- Aa.Vv. - *Rapporti annuali, pubblicazioni divulgative e scientifiche del Parco del Ticino*. Regione Piemonte Assessorato Parchi naturali - Consorzio Piemontese Parco Naturale della Valle del Ticino - Assessorato alla cultura; Regione Lombardia - Consorzio Parco Regionale Lombardo della Valle del Ticino. Aa.Vv., 1977 - *I paesaggi umani*. Collana "Capire l'Italia". Touring Club Italiano.
- Aa.Vv., 1992 - *La risorsa mineraria e l'ambiente*. XI Convegno nazionale Anepla (Ass. naz. estr. produttori lapidei e affini). Venezia, 22-23 maggio.
- Aa.Vv., 1993 - *Le attività estrattive e le problematiche del territorio*. Il Convegno nazionale Anim (Ass. naz. ingegneri minerali). Amministrazione provinciale di Bergamo. Bergamo, 24-26 novembre.
- Benedini M. e Gisotti G., 1985 - *Il dissesto idrogeologico*. La Nuova Italia Scientifica.
- Bevilacqua P. e Rossi-Doria M., 1984 - *Le bonifiche in Italia dal 1700 a oggi*. Editore Laterza.
- Billi P., 1988 - *Morfologie fluviali*. Giornale di Geologia, ser. 3°, vol. 50/1-2. Bologna.
- Billi P., 1993 - *La canalizzazione dei fiumi e l'alterazione della dinamica fluviale*. Dispense "Corso introduttivo alla geologia ambientale", organizzato da: Ordine dei geologi del Lazio e Sigea. Roma, 29 gennaio-5 aprile.
- Blasi C. e Paoletta A., 1993 - *Progettazione ambientale. Cave, fiumi, strade, parchi, insediamenti*. La Nuova Italia Scientifica, Roma.
- Bullo C., 1910 - *L'ingegner Teofilo Rossi di Fiorenzuola d'Adda e il prosciugamento dei terreni paludosi nel Veneto*. Officine Grafiche Carlo Ferrari, Venezia.
- Castiglioni G.B., 1979 - *Geomorfologia*. Utet.
- Constantinidis G., 1970 - *Bonifiche e irrigazione*. Edagricole.
- David E.A., 1990 - *Calamità naturali*. Pitagora.
- De Marchi G., 1952 - *Il problema della difesa del suolo dalle inondazioni, come si presenta dopo l'ultima piena del Po*. Atti "Convegno sulla difesa del suolo e le sistemazioni fluviali e montane", Milano 16-19 aprile. Cnr Roma.
- Driessen P.M. e Dudal R., 1989 - *Lecture notes on the geography, formation, properties and use of the major soils of the world*. Agricultural University, Wageningen, Katholieke Universiteit, Leuven.
- Duchauffour P., 1977 - *Pedology*. George Allen & Unwin Ltd.
- Gisotti G., 1988 - *Principi di geopedologia*. Caldeirini.
- Gisotti G., 1990 - *Le cave: riflessi geologici e ambientali*. L'industria mineraria, n. 4.
- Gisotti G. e Bruschi S., 1990 - *Valutare l'ambiente. Guida agli studi di impatto ambientale*. La Nuova Italia Scientifica.
- Hruska K., Dell'Uomo A., 1981 - *Dinamismo di alcune Asteroidae esotiche nella vegetazione delle Marche*. Arch. Bot. Biogeogr. Ital. 57.
- Koster H. e Steel R.J., 1984 - *Sedimentology of gravels and conglomerates*. Can. Soc. Petroleum Geol., memoir 10.
- Miall A.D., 1978 - *Fluvial sedimentology*. Can. Soc. Petroleum Geol., memoir 5.
- Montanari Guido M.A., Montanari C., 1988 - *Rassegna delle conoscenze botaniche dei corsi d'acqua italiani. Parte I e II*. Bol. Mus. st. Nat. Lunigiana, 6-7.
- Paleocapa P., 1868 - *Parere del commendatore Pietro Paleocapa, Senatore del Regno, sulla bonificazione dei due Consorzi Padovani Gorzon Medio e Gorzon Inferiore*. Tipografia A. Minelli, Rovigo.
- Ricci Lucchi F., 1980 - *Sedimentologia*. Clueb.
- Rusconi A., 1991 - *Trasformazione del territorio e rete idrica del Veneto*. In Atti della giornata di studio su "Trasformazione dell'uso del suolo e conseguenze sulla rete idrica del Veneto". Istituto Veneto di Scienze, lettere ed arti. Venezia 1 dicembre 1989.
- Saibene C., 1977 - *La Padania*. In Aa.Vv.: *I paesaggi umani*. Collana "Capire l'Italia". Touring Club Italiano.
- Schumm S.A., 1977 - *The fluvial system*. Wiley.
- Strahler A.N., 1990 - *Geografia fisica*. Piccin.
- Zunica M., 1974 - *La bonifica del Brenta, un esempio di trasformazione del paesaggio nella laguna di Venezia*. Rivista geografica italiana, annata LXXXI, fasc. 3. Arti Grafiche Giorgie Gami, Firenze.

SIGEA

Società Italiana di Geologia Ambientale

00154 ROMA, c/o Interservice, Via G.A. Badoero 67 / F
Tel.: 06/51600401, 5943344, 9499936, fax 06/5180754, 9496952