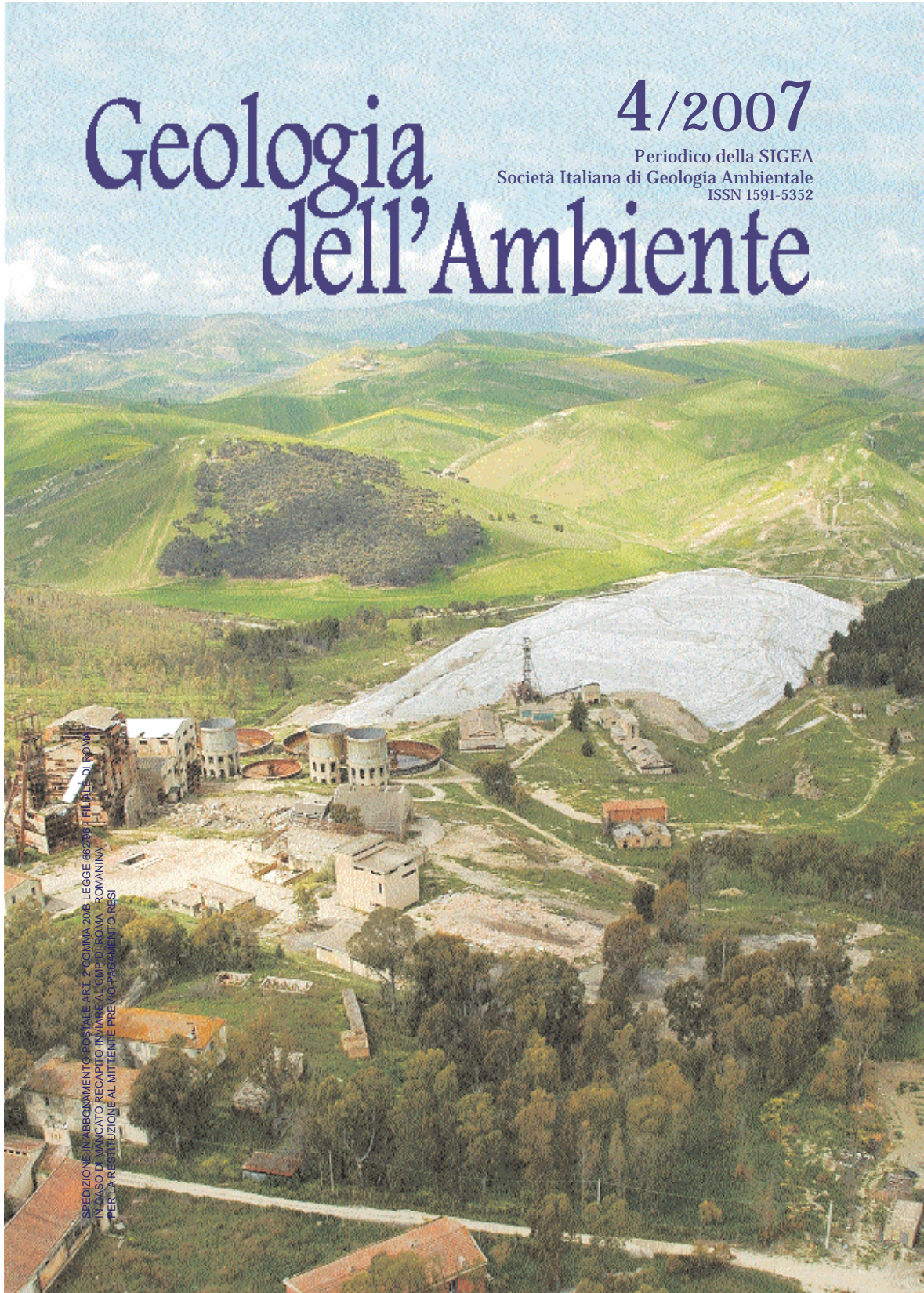


Acque, fiumi e paesaggi fluviali:  
una lettura in chiave  
idro-geo-morfologica  
di Giuseppe Gisotti  
ESTRATTO DA

# Geologia dell'Ambiente

4/2007

Periodico della SIGEA  
Società Italiana di Geologia Ambientale  
ISSN 1591-5352



SPEDIZIONE IN ABBONAMENTO POSTALE ART. 2 COMMA 20/B LEGGE 662/96 FILIALE DI ROMA  
IN CASO DI MANCANZA DEL RECAPITO INVIARE AL GRUPPO EDITORIALE "ROMANINA"  
PER LA RESTITUZIONE AL MITTENTE PRE IL PAGAMENTO PER





# Geologia dell'Ambiente

Anno 15

Iscritto al Registro Nazionale della Stampa n° 06352  
Autorizzazione del Tribunale di Roma n. 229  
del 31 maggio 1994

Periodico trimestrale della SIGEA  
Società Italiana di Geologia Ambientale

sommario numero 4/07



## COMITATO SCIENTIFICO

Aldino Bondesan, Giancarlo Bortolami,  
Gerardo Brancucci, Aldo Brondi,  
Felice Di Gregorio, Giuseppe Gisotti,  
Giancarlo Guado, Gioacchino Lena,  
Raniero Massoli Novelli, Giulio Pazzagli,  
Giancarlo Poli.

## COMITATO DI REDAZIONE

Giorgio Cardinali, Giovanni Conte,  
Federico Boccalaro, Gioacchino Lena  
Paola Mauri, Maurizio Scardella.

## DIRETTORE RESPONSABILE

Giuseppe Gisotti

## REDAZIONE

SIGEA: tel. 06.5943344  
fax 06.233239783  
Casella Postale 15308 (00143) - Roma  
E-mail: info@sigeaweb.it  
http://www.sigeaweb.it

## PROGETTO GRAFICO E COMPOSIZIONE

LA SINTESI S.r.l.

## PUBBLICITÀ

LA SINTESI S.r.l.  
Piazzale Roberto Ardigò, 31 - 00142 ROMA  
tel. 06.5406964 - fax 06.233239783  
E-mail: info@lasintesi.eu

## STAMPA

Finito di stampare nel mese di dicembre 2007  
presso Rotostampa Group S.r.l.  
Via Tiberio Imperatore 23 - Roma

Abbonamento annuale: Euro 30,00

## ERRATA CORRIGE:

L'articolo apparso su Geologia dell'Ambiente n. 3/2007 a nome di Micaela Conterio è stato tratto da: Geotitalia n. 20 2007; pag. 30-32

2

Analisi geoambientale di un sito oggetto di attività chimico-industriale, l'area dell'ex stabilimento De Bartolomeis di Ambivere (BG)

di Davide Baioni, Paolo Busdraghi

9

Le attività e le misure intraprese per la gestione dell'archivio relativo alla legge 4 agosto 1984 n. 464.

di Marco Amanti, Valentino Colantoni, Giovanni Conte

15

I fenomeni di crollo nel centro storico di Nardò (provincia di Lecce)

di Andrea Vitale, Giovanni Leucci, Paolo Sansò, Patrizia Giannaccari

21

Il Catap: Coordinamento Associazioni Tecnico-scientifiche per l'Ambiente e il Paesaggio

22

Acque, fiumi e paesaggi fluviali: una lettura in chiave idro-geo-morfologica

di Giuseppe Gisotti

28

Notizie dalle regioni  
La Sigea e il Parco del Matese molisano

di Angelo Sansò

29

Linee guida per la gestione del sottosuolo - Mozione conclusiva del convegno di Geologia Urbana di Milano

30

Recensioni

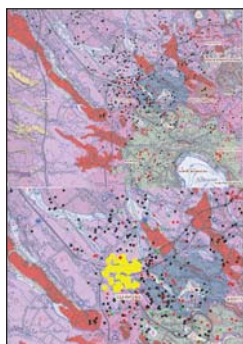
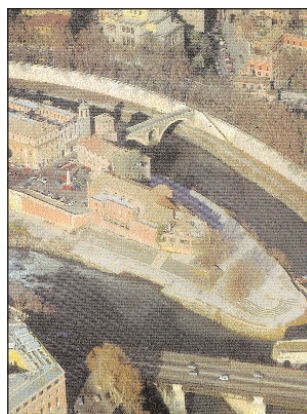


Immagine di copertina: Discarica di scarti della ex miniera di salgemma "San Cataldo", Caltanissetta (Autore: dr. Salvatore M. Saia - Per gentile concessione dell'Ordine dei Geologi della Sicilia).

Periodico  
trimestrale  
della  
Società  
Italiana di  
Geologia  
Ambientale  
Anno XV  
n. 4/2007

Geologia  
dell'Ambiente

# Acque, fiumi e paesaggi fluviali: una lettura in chiave idro-geo-morfologica (\*)

GIUSEPPE GISOTTI

## GENERALITÀ. IL PAESAGGIO FLUVIALE

Il fiume può essere assimilato ad una macchina idraulica che deve obbedire alla legge della massima efficienza del canale nel trasmettere da monte a valle il flusso d'acqua e di sedimenti: pertanto è necessario il minimo attrito tra fluido e pareti del canale (a parità di sezione trasversale del canale), quindi esso tende continuamente ad assumere la forma plano-altimetrica che permetta tale massima efficienza.

Se studiamo la trasformazione di una tipica valle fluviale europea nel corso degli ultimi duemila-duemilacinquecento anni, ci accorgiamo che il suo paesaggio si trasforma da quasi naturale a fortemente antropizzato e le maggiori modificazioni sono state indotte dalla deforestazione, dal drenaggio delle aree paludose, dall'erosione e dalla sedimentazione. Si è passati dall'alveo in equilibrio con la pianura alluvionale ad un alveo canalizzato e spesso pensile sulla stessa pianura. Tale artificializzazione, spesso necessaria per permettere la colonizzazione da parte dell'uomo della pianura alluvionale, ricca di molte risorse naturali, ha d'altro canto incrementato i rischi idrogeologici, in particolare il rischio di alluvione.

## L'ANALISI GEOMORFOLOGICA DELL'AMBIENTE FLUVIALE, QUALE STRUMENTO DI CONOSCENZA PER LA PIANIFICAZIONE E LA GESTIONE DEL PAESAGGIO

Allo scopo di conoscere meglio la dinamica fluviale, quale condizione necessaria per poter gestire e pianificare gli insediamenti e le infrastrutture nella pianura fluviale, abbiamo a disposizione l'analisi geomorfologica fluviale, che può avvalersi di alcuni metodi.

Il primo è relativo ai "patterns di drenaggio", ossia le forme o modelli del reticolo fluviale controllate dalla litologia e dalla tettonica, che ci possono aiutare a comprendere l'origine e la possibile evoluzione, nei tempi lunghi, di tali modelli (Amadesi, 1975). Ad esempio il reticolo "dendritico" tende a formarsi su rocce a litologia uniforme, come le formazioni del "magnino" o della "marnoso-arenacea", dove non siano troppo disturbati da accidenti tettonici. Il reticolo "rettangolare" è condizionato da sistemi di faglie e fratture ortogonali. Nel reticolo "radiale" i corsi d'acqua scendono da un forte rilievo conico, ad esempio un vulcano. Il reticolo "parallelo" (o a "coda di cavallo") è caratteristico dei ripiani tufacei del Lazio, dotati di de-

boli pendenze e costituiti da rocce vulcaniche tenere.

Un altro metodo di studio è quello relativo alle "configurazioni d'alveo" (Gisotti, Zarlunga, 2004).

Per configurazione d'alveo si intende l'insieme delle varie unità fisiografiche che assumendo forme tipiche e combinandosi secondo rapporti geometrici relativamente costanti danno luogo al tracciato planimetrico di un corso d'acqua. Il termine dinamica fluviale ha invece un significato più ampio in quanto si riferisce a tutte le modificazioni a cui un corso d'acqua va soggetto, siano esse naturali o meno, e implica variazioni nella geometria e nel tracciato altimetrico e planimetrico di un alveo, comprendendo quindi anche la morfologia fluviale ma soprattutto il passaggio da una configurazione a un'altra come adeguamento a mutate condizioni al contorno. Va da sé che configurazione e dinamica fluviale sono il substrato dei paesaggi fluviali.

Il mantenimento di una configurazione fluviale, l'alterazione di equilibri preesistenti o la tendenza verso un diverso assetto morfologico si realizzano attraverso l'azione di vari processi fluviali (erosione, deposizione, eccetera), che costituiscono i meccanismi essenziali per il funzionamento della macchina fiume. Tali processi sono presenti, sebbene con intensità ed efficienza di-

(\*) - Estratto da: Atti del Convegno internazionale "Fiume, paesaggio, difesa del suolo. Superare le emergenze, cogliere le opportunità", Firenze, 10-11 maggio 2006, a cura di Michele Ercolini.

verse, in tutti i tipi di alveo e non sono quindi specifici di alcuna configurazione. Lo stesso vale per i parametri fisici ossia idrogeomorfici (idraulico - idrologici, sedimentari, topografici, eccetera) che innescano, controllano o annullano i vari processi fluviali.

L'evoluzione naturale della dinamica e quindi della morfologia fluviale può comportare danni alle opere umane realizzate nelle aree fluviali investite da tali cambiamenti. Nella valutazione del rischio idrogeologico di aree limitrofe ad un corso d'acqua è opportuno ricorrere, oltre all'approccio tradizionale basato sulla casistica delle alluvioni in relazione ai tempi di ritorno (campo di precipuo interesse degli ingegneri idraulici), anche all'analisi della "stabilità" geomorfologica dell'alveo, sia in senso planimetrico che altimetrico. Un alveo fluviale può essere definito "stabile" quando la sua forma e le sue dimensioni non variano significativamente in una scala temporale dell'ordine dei dieci-cento anni. Si fa riferimento al concetto di "stabilità" (o al suo contrario "instabilità") della configurazione fluviale che, in particolare per i fiumi meandriiformi, si può misurare con i parametri "velocità di migrazione laterale dell'ansa fluviale" e/o di "velocità di migrazione dell'ansa lungo l'asse della valle", allorché tali parametri fanno cambiare forma e dimensioni dell'alveo nell'arco temporale sopra espresso.

In letteratura si è soliti distinguere cinque configurazioni d'alveo (o andamenti fluviali) principali secondo lo schema riportato (Figura 1), dove sono indicati, seppure in maniera esemplificativa, anche i parametri che maggiormente ne influenzano la forma planimetrica.

Un tipico parametro è la "sinuosità", che è il rapporto tra la lunghezza del corso d'acqua e la lunghezza della valle; il suo valore va da un minimo di uno (fiumi rettilinei) ad un massimo di due o poco più (fiumi meandriiformi) e solo raramente è superiore a tre.

Le principali configurazioni d'alveo riconosciute in letteratura sono: fiumi rettilinei; fiumi a canali intrecciati (braided); fiumi pseudomeandriiformi (wandering); fiumi meandriiformi; fiumi anastomizzati.

I corsi d'acqua a canali intrecciati sono molto attivi, dotati di alta energia e capacità di trasporto, distruggono e ricostruiscono continuamente le loro strutture sedimentarie, ossia le barre. Sono caratteristici di pianure alluvionali ghiaiose e quasi sempre hanno elevate pendenze di fondo. I canali hanno un rapporto larghezza/profondità generalmente superiore a quaranta con valori fino a trecento ed oltre. Essi sono caratterizzati da ampi e frequenti spostamenti sia delle barre che

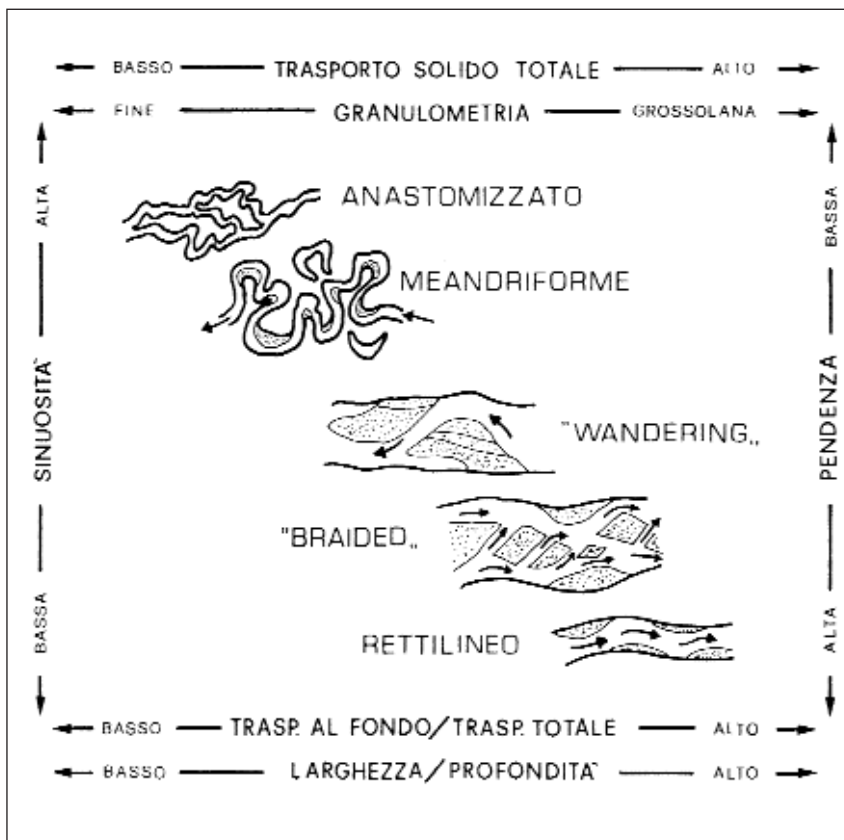


Figura 1. Le principali configurazioni d'alveo in corrispondenza dei parametri idro-geo-morfologici che le controllano.

dei canali, con conseguente loro abbandono. Questi movimenti laterali, seppure frequenti, non sono tali, in un arco di tempo breve (alcuni anni), da indurre variazioni della sinuosità o del perimetro bagnato; in tempi lunghi possono invece portare a sostanziali modificazioni dell'alveo e soprattutto a modificazioni laterali considerevoli. Tutto ciò significa che se imprigioniamo un corso d'acqua di questo tipo tra due argini, esso troverà, se non nei tempi brevi, sicuramente nei tempi medi e/o lunghi, l'energia sufficiente per demolire gli argini e alluvionare terreni che l'uomo riteneva ormai sicuri. Fiumi a canali intrecciati si trovano nell'arco alpino (ad esempio Tagliamento), nell'Appennino (ad esempio alto Tevere), in Basilicata (ad esempio Sauro, Basento tra gli scali di Ferrandina e Pisticci).

I fiumi meandriiformi sono quei corsi d'acqua il cui tracciato planimetrico mostra anse curvilinee (meandri) che si susseguono in modo più o meno ripetitivo e uniforme. La loro sinuosità è superiore a uno virgola cinque e può arrivare fino a tre.

Sono caratterizzati da pendenze molto modeste, al di sotto anche di 0,001. Una loro caratteristica è l'elevata mobilità del canale che si realizza attraverso la migrazione e il taglio dei meandri. Il meccanismo combinato di erosione della sponda esterna e sedimentazione nella parte interna fa sì che il meandro si sposti sia trasversalmente che longitudinalmente rispetto all'asse della valle, e questi fenomeni

costituiscono una importante categoria di pericoli idrogeologici per il territorio investito da tale migrazione.

Esempi di tale configurazione sono il Po, il basso corso dell'Arno, del Tevere, del Volturno, del Garigliano.

Le variazioni che hanno interessato durante l'ultimo secolo i caratteri morfodinamici di tanti fiumi italiani si possono spiegare con un progressivo adattamento di questi corsi d'acqua a mutate condizioni di deflussi, sia liquidi che solidi, e alla costruzione di opere in alveo. Tali adattamenti riguardano, ad esempio, la riduzione della larghezza dell'alveo, l'incisione (approfondimento) dell'alveo. Applicazioni dei principi e dei metodi, peraltro in gran parte empirici, relativi alla dinamica e alla geomorfologia fluviale secondo l'approccio sopra descritto sono numerosi in varie parti del mondo; a titolo di esempio si rimanda ad Autori Vari (1999).

I fiumi vengono studiati anche sotto l'aspetto della "evoluzione verticale dell'alveo". Ad esempio è stata operata una suddivisione schematica del Fiume Arno (a valle della diga di Levane) e del suo affluente Fiume Sieve in base all'entità degli abbassamenti del fondo (ricostruiti confrontando i profili longitudinali di anni diversi) e alla ubicazione dei punti di attività estrattiva di materiale inerte in alveo o nella pianura adiacente. Sono stati individuati i seguenti tratti: 1) tratti con abbassamento del fondo limitato (inferiore a cinquanta centimetri) o assente, o localmente in se-





dimentazione; 2) tratti con abbassamento del fondo mediamente inferiore ai due metri; 3) tratti con abbassamento del fondo mediamente compreso tra due e quattro metri; 4) tratti con abbassamento del fondo mediamente compreso tra quattro e sei metri; 5) tratti con abbassamento del fondo mediamente superiore ai sei metri; 6) ubicazione dei punti di estrazione di inerti in alveo o nella pianura (Rinaldi, 1999).

La conoscenza sistematica di tali abbassamenti di fondo è necessaria per pianificare varie attività, da quella estrattiva a quella urbanistica, con ripercussioni anche sulla pianificazione paesistica.

La "Analisi Geomorfica Quantitativa" (AGQ) dei bacini fluviali, introdotta da Horton (1945), ha portato all'inserimento di elementi numerici nella classificazione ed interpretazione del reticolo fluviale di un bacino idrografico. I parametri sono ad esempio il numero d'ordine dei segmenti fluviali, la densità di drenaggio del bacino.

La AGQ serve per vari scopi, ad esempio per prevedere l'erodibilità del terreno.

Un uso di tali indici della AGQ è quello relativo alla valutazione delle risorse visive dei fiumi, secondo gli studi di Morisawa (1976): infatti le caratteristiche visive rispecchiano una gerarchizzazione dimensionale del reticolo fluviale, delle valli e dell'alveo, che varia da monte a valle nel bacino secondo regole precise. Questo metodo è stato applicato da Giusti e Gisotti (1995) per il bacino del Fiume Serchio (Lucca).

Un aspetto interessante riguarda i rapporti fra geomorfologia fluviale e vita vegetale e animale. È necessario infatti cercare tutte le possibili interazioni tra i parametri fisici (abiotici) e quelli biotici nei lavori in campo ecologico e paesaggistico. Vi sono alcuni ecosistemi, come il suolo e il fiume, che facilitano tali rapporti. Il fiume rappresenta un esempio emblematico

della interferenza tra componenti abiotiche e biotiche in un ecosistema, poiché in esso sono presenti e interagiscono strettamente le acque fluenti, le acque sotterranee, il substrato litoidale, i sedimenti, il microclima, le piante e gli animali.

Il River Continuum Concept (Vannote et al., 1980) propone una visione unificante degli ecosistemi fluviali, che richiama l'attenzione sulla stretta dipendenza della struttura e delle funzioni delle comunità biologiche (in particolare gli invertebrati) dalle condizioni geomorfologiche e idrauliche medie del sistema fisico, partendo dalle dimensioni del corso d'acqua, da quelli montani (primo - terzo ordine secondo la AGQ), passando ai fiumi di media grandezza (quarto - sesto ordine) fino ai grandi fiumi (di ordine superiore al sesto).

### **LA RISORSA FIUME. LE GRANDI CITTÀ SUI FIUMI FONDATE PER SFRUTTARE L'ABBONDANZA DI RISORSE IDRICHE, DI FORZA MOTRICE, DI INERTI, DI FLORA E DI FAUNA, DI SPAZIO**

La fondazione di una città o di un suo nuovo quartiere crea un paesaggio ben diverso da quello naturale precedente, con alte, spoglie rupi di cemento e di vetro, profondi canyon urbani e lunghe monotone pianure, talvolta interrotte da fiumi naturali o rettificati artificialmente o da nuovi corpi idrici. La creazione di questo nuovo paesaggio coinvolge la modificazione massiccia della circolazione dell'energia, dell'acqua e della materia. Però il nuovo scenario non può essere creato senza fare i conti con il paesaggio e il substrato preesistenti. I processi geomorfici influenzeranno sempre la vita della città e d'altra parte le fondazioni degli edifici e delle infrastrutture dovranno essere progettate per essere stabili sui

terreni sotto di loro. In altre parole, il sito di una città dovrà adeguarsi ad una combinazione di vari aspetti della componente suolo-sottosuolo.

Pertanto il ruolo dell'ambiente geologico nella scelta del sito dove fondare la città è stato sempre presente nell'operato dei fondatori, sia per quanto riguarda le limitazioni imposte dalla componente ambientale "suolo-sottosuolo" e quindi anche dai pericoli geologici, che per la presenza di processi geomorfici e di georisorse necessarie allo sviluppo dell'insediamento, quali acque potabili, corpi idrici navigabili, materiali di cava, suoli fertili, eccetera.

Gli esempi sono numerosi e se ne ricordano alcuni tra i più antichi, dove l'uomo ha saputo sfruttare a proprio vantaggio sia la morfologia del sito, per passare un fiume o per difendersi da attacchi ostili, sia le georisorse locali. Esempi sono quelli di Roma, di Londra, ma anche di Firenze, Parigi, Vienna, eccetera.

Già a partire dalla media Età del Bronzo (XIII-XII secolo a.C.) gli scambi commerciali che si svolgevano tra il Lazio meridionale e l'Etruria e in generale tra i territori a nord e a sud del fiume Tevere trovarono la convenienza di attraversare il Tevere in corrispondenza di un isolotto al centro del fiume, che permetteva un più facile attraversamento. In questo punto strategico si ebbe uno dei primi insediamenti, allo scopo di controllare i traffici. In particolare l'insediamento si sviluppò sul colle erto prossimo al guado, che lo dominava. Questa posizione elevata venne scelta non solo perché permetteva più facili azioni di difesa-offesa, ma anche perché probabilmente l'area ai piedi del colle e prossima al fiume era acquitrinosa e pertanto malsana. I primi abitanti del luogo furono avvantaggiati dalla situazione geomorfologica (passaggio del fiume e colle), dalla presenza di sorgenti con ottima acqua potabile, dall'abbondanza di materiale lapideo ma facilmente lavorabile, il tufo vulcanico, e dai fitti boschi presenti sul colle, il cui legname oltre che per gli usi domestici servì probabilmente anche per alimentare forni fusori per metalli. Questo insediamento costituì verosimilmente il primo nucleo urbano di Roma, intorno al 750 a.C., e anche col passare del tempo il colle Capitolino (Campidoglio) e l'isolotto (Isola Tiberina) mantennero un ruolo preminente nelle vicende della città (Figura 2).

Londra fu fondata nel più conveniente attraversamento di un fiume soggetto a maree, in un luogo dove il Tamigi aveva terrazzi alluvionali ghiaiosi su ambedue le rive (Douglas, 1983). Sia a monte che a valle del sito e ad est, paludi occupavano le sponde fluviali. Questa città coloniale pia-

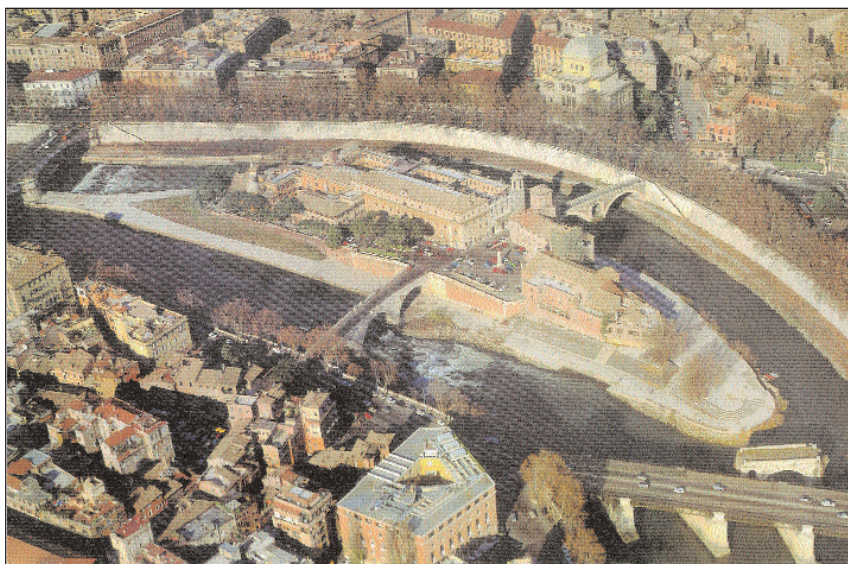


Figura 2. Il Tevere e l'Isola Tiberina.

nificata si sviluppò nel luogo più favorevole dell'area, evitando i terreni paludosi e occupando quelli asciutti e ben drenati. Una valutazione, consapevole o intuitiva, della geomorfologia e del drenaggio del sito fu eseguita dagli amministratori coloniali Romani prima di decidere sull'utilizzo del luogo.

Le autorità coloniali avranno pensato alle necessità di una comunità urbana all'altezza degli stili di vita e della tecnologia dei loro tempi. Man mano che la città crebbe, nei secoli successivi, i fattori economici provocarono l'espansione dell'edificato su terreni di fondazione molto meno idonei rispetto ai precedenti, e incoraggiarono lo sviluppo e l'applicazione di nuove tecnologie per utilizzare parte della piana alluvionale del Tamigi, per costruire bacini portuali e più tardi abitazioni e stabilimenti industriali anche dove si trovavano le paludi.

Questo nuovo sviluppo urbanistico ha richiesto molta attenzione, non solo ai problemi di fondazione, ma anche agli effetti del costruito sul paesaggio circostante, sui fiumi adiacenti e sui luoghi situati a valle della città.

## UN RISCHIO IDROGEOLOGICO: LE ALLUVIONI

La pianura alluvionale può essere inondata dal fiume in seguito a precipitazioni intense. Non tutta la pianura viene inondata ogni anno, essa può essere immune da inondazioni per decenni e poi essere rapidamente coperta da acque fangose, ricche anche di detriti di grosse dimensioni, talvolta artificiali.

Strade e ferrovie che attraversano una piana alluvionale possono costituire sbarramenti per il libero deflusso delle acque in caso di piena: ponti e tombini dovrebbero regolare il volume delle acque che può passare a valle durante le piene, in modo da evitare che a monte delle barriere le aree possano essere alluvionate, ma ciò che è stato previsto dai costruttori qualche volta non si verifica. D'altra parte spesso agli intrinseci fattori naturali della pericolosità si aggiungono fattori antropici, dovuti al tumultuoso sviluppo socio-economico che non vuole o non sa dare la dovuta importanza ai fenomeni naturali e alla loro infausta combinazione con quelli antropici.

I casi di alluvione delle città italiane situate nelle aree di fondovalle sono numerosissimi e sono documentati fin dal periodo greco-romano.

Ad esempio il Tevere ha da sempre inondato Roma, con effetti spesso catastrofici: in tempi recenti, nel dicembre 1870, una grande piena del fiume, rimasta finora insuperata, determinò un prolungato allagamento di gran parte della città, da pochi mesi diven-

tata capitale dell'Italia unificata, tanto che il nuovo Parlamento legiferò in tempi brevi allo scopo di realizzare grandi opere per mitigare il rischio di inondazione, i Muraglioni.

È rimasta nella memoria collettiva la grande e disastrosa alluvione di Firenze del dicembre 1966. L'intero centro storico della città venne invaso da acqua e fango poiché l'Arno tracimò in più punti, per insufficienza dell'alveo a contenere la portata di piena, che era da considerarsi eccezionale in quanto caratterizzata da un tempo di ritorno di trecento anni.

Le cause concomitanti nel provocare l'alluvione sono consistite nella presenza di due serbatoi idroelettrici costruiti sull'Arno, a monte di Firenze, in luoghi dove non avrebbero potuto resistere a un'onda imponente di piena, per cui, onde evitare lo sfasciamento delle dighe, furono effettuati rapidi rilasci di notevole entità, ma più che altro nella mancata realizzazione di opere di difesa "indiretta" dalle esondazioni (serbatoi di modulazione o di laminazione delle piene).

Più recente è stata la catastrofe idrogeologica che ha colpito, nei primi giorni di settembre 2005, New Orleans nella Louisiana, città con oltre settecentomila abitanti situata sulle rive del fiume Mississippi, per la maggior parte costruita al livello e sotto il livello del mare e del fiume: ciò ha reso necessaria la costruzione di argini a protezione dell'abitato dalle inondazioni fluviali.

In occasione dell'uragano Katrina la città è stata alluvionata, con gravi danni e numerosi morti, poiché gli argini costruiti lungo il fiume hanno ceduto.

Sempre nel 2005, un'alluvione ha colpito la "sitibonda" Puglia, in particolare la provincia di Bari, a significare che le inondazioni possono verificarsi anche in aree che sembrano immuni da tali catastrofi (Figura 3).

L'identificazione dell'area che probabilmente sarà inondata da una

piena di un definito tempo di ritorno è una necessità cruciale per la razionale pianificazione dell'uso del suolo in una pianura alluvionale, il che corrisponde ai vari aspetti della "pianificazione di bacino".

Nella zonizzazione della pianura alluvionale, in merito alla individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico, la geomorfologia gioca un ruolo importante nella valutazione di come le forme e i gradienti del canale fluviale influenzano i livelli di piena e la pendenza della superficie della corrente nel suo passaggio attraverso un'area urbana. Laddove i dati sui precedenti deflussi fluviali non esistano o siano carenti, la geomorfologia può aiutare nella identificazione delle forme della pianura alluvionale e dei corpi sedimentari e inoltre può suggerire come il territorio dovrebbe essere "zonizzato" per lo sviluppo urbano.

## LA DIFESA DALLE ALLUVIONI: LE OPERE RIGIDE, INVASIVE

Col termine canalizzazione si intendono tutte quelle opere di ingegneria che producono modifiche alla morfologia naturale di un corso d'acqua e che sono volte al controllo delle piene, al miglioramento del drenaggio, al mantenimento di condizioni favorevoli per la navigazione, alla riduzione e/o controllo dell'erosione di sponda e alla necessità di posizionare in prossimità dell'alveo, e successivamente difendere dalla erosione fluviale opere lineari quali strade e autostrade, ferrovie, canali adduttori, gasdotti, eccetera (Gisotti, Benedini, 2000).

I più comuni interventi ingegneristici che comportano opere di canalizzazione in senso lato sono: rettifiche; risagomature della sezione (allargamenti ed approfondimenti); arginature; protezioni di sponda; rivestimenti totali (Billi, 1995).



Figura 3. Un'area alle porte di Bari inondata da un tributario del Torrente Picone durante l'evento del 22-23 ottobre 2005.





Queste opere possono indurre sia effetti fisici che biologici, e questi possono manifestarsi immediatamente (addirittura durante la realizzazione dell'intervento stesso) o a breve, medio e lungo termine.

In questa sintetica trattazione saranno considerati solo gli effetti fisici.

La canalizzazione di un alveo fluviale implica comunemente la variazione di alcuni tra i principali parametri idrogeomorfici quali pendenza, larghezza, profondità, scabrezza e dimensioni dei sedimenti. Di conseguenza viene alterato il preesistente equilibrio naturale ed il corso d'acqua reagirà adeguandosi alle nuove condizioni attraverso la variazione degli altri parametri idrogeomorfici (velocità del flusso, capacità di trasporto, potenza della corrente, sinuosità, eccetera). Nel seguito si accenna agli effetti del più comune tipo di canalizzazione, la rettifica.

La rettifica avviene attraverso il raccorciamento del canale fluviale (di solito meandriforme) e l'incremento della pendenza del letto, per cui si passa dalla sezione naturale dell'alveo ad una forma a trapezio (o almeno regolare) e, in planimetria, da un andamento meandriforme ad uno tendenzialmente rettilineo.

Il taglio artificiale dei meandri avviene attraverso i "drizzagni" e/o gli "scolmatori di piena" e centra il bersaglio solo in parte ed anzi spesso porta ad effetti controproducenti.

Si possono verificare alcuni ordini di problemi.

A. Dal punto di vista dell'energia in gioco, l'aumento della velocità della corrente e quindi dell'energia disponibile favoriscono l'erosione del letto nel tratto rettificato: infatti, vi sono condizioni che accentuano il trasporto di sedimenti rispetto a quello provenienti da monte del tratto rettificato; questo deficit sedimentario viene compensato dal materiale del letto, dando così luogo ad una sua degradazione che si traduce in una erosione di fondo che si propaga verso monte a partire dal tratto rettificato.

B. Sotto l'aspetto idraulico, l'ampliamento del canale fluviale provoca l'accelerazione della trasmissione delle onde di piena attraverso il tratto di canale allargato e, con la drastica riduzione della capacità di laminazione delle piene da parte della pianura alluvionale, l'incremento delle portate massime a valle del tratto rettificato.

Da quanto detto si desume che le opere di rettifica innescano una serie di condizioni di disequilibrio, con conseguenti danni alle opere sulle sponde e a quelle di attraversamento dei fiumi, condizioni che necessitano a loro volta di interventi di stabilizzazione.

In particolare, le rettifiche dovreb-

bero essere sempre seguite da lavori di difesa delle sponde. Infatti, in risposta agli effetti negativi menzionati, in assenza di opere di mantenimento, il corso d'acqua tende con il tempo a riprendere la sua configurazione morfologica iniziale. Sono numerosi in tutto il mondo i casi di condizioni di disequilibrio derivati dalle opere di rettifica.

Anche nel nostro Paese esistono molti casi simili. Il Fiume Arno, per esempio, è stato sottoposto ad accorciamenti del tracciato naturale sin dall'epoca storica. Nel Valdarno Superiore in particolare è stata realizzata, a partire dal 1700, un'estesa opera di rettifica, accompagnata da imponenti arginature, in un tratto caratterizzato da una spiccata sinuosità dell'alveo naturale. Attualmente, il fiume ha un andamento del tracciato di magra che mostra una certa sinuosità, e lo sviluppo di anse assimilabili a veri e propri meandri, così come apparivano agli inizi del 1700, viene contrastato dagli argini artificiali. Le zone in cui il canale di magra aderisce all'argine con l'esterno di un'ansa diventano però punti di instabilità e durante gli eventi di piena più consistenti si verificano no-

tevoli fenomeni di erosione di sponda. Ciò testimonia la tendenza del fiume a ripristinare la sua originaria configurazione, nonostante il fatto che in anni più recenti siano stati effettuati altri interventi antropici di notevole peso (le dighe di La Penna e di Levene, estrazione di grandi quantità di materiali d'alveo, arginature, eccetera) i cui effetti si sono sicuramente sovrapposti a quelli legati alla rettifica.

Una delle recenti canalizzazioni in Italia è stata quella del fiume Basento, avvenuta alla fine degli anni Ottanta (Figura 4), eseguita allo scopo di ridurre il rischio di alluvione nelle campagne circostanti; con questa operazione l'ambiente e il paesaggio fluviale sono stati radicalmente modificati (Gisotti, 1997).

Anche il Fiume Sangro, in Abruzzo, ha subito la stessa operazione, nella metà degli anni Ottanta; una piena del fiume, nel novembre 1991, ha semidistrutto le strutture di canalizzazione, consentendo al fiume di ripristinare una certa diversità morfologica dell'alveo (Billi, 1995).

Un caso particolare di canalizzazione è la realizzazione di alte arginature nei tratti di fiume che attraversa-



Figura 4. Fiume Basento: meandro in corso di rettificazione, nel 1990.





no le città, come gli argini artificiali dell'Arno a Firenze e i "Muraglioni" a Roma. In questo caso questa tipologia di opera è ineludibile.

## CONVIVERE CON IL FIUME: OPERE MORBIDE, CASSE DI ESPANSIONE, RINATURALIZZAZIONE, PARCHI FLUVIALI

Per quanto concerne i differenti criteri per contrastare le inondazioni, alternativi alla canalizzazione, si accenna anzitutto al criterio di intervenire sul bacino idrografico mediante opere così dette "estensive", del tipo "sistemazioni idraulico-forestali", oppure a quello di realizzare dighe (laghi artificiali) aventi anche la funzione di laminazione delle piene. Opera avente lo scopo esclusivo di laminazione delle piene è la "cassa di espansione", per cui viene costruito un basso sbarramento del fiume il quale crea a monte un esteso bacino arginato, lasciato libero da attività umane ad alto reddito: in caso di piena l'acqua si espande nella "cassa" e viene restituita a valle lentamente attraverso lo sbarramento, evitando l'inondazione delle aree poste a valle.

L'impatto ambientale di tali interventi è, a giudizio della generalità degli esperti, significativamente minore rispetto alla rettificazione ed il loro costo è sensibilmente minore rispetto a quello dei drizzagni e degli scolmatori. Inoltre le casse di espansione si prestano alla realizzazione di "zone umide" e di "parchi fluviali", come è il caso di analoga opera sul Fiume Secchia nei pressi di Modena (Figura 5).

Gli esempi di aree esondabili adibite a impieghi non impegnativi, senza realizzare abitazioni o industrie, ossia opere a forte rischio di alluvione, ma realizzando aree per il verde pubblico e lo svago, sono numerosi nel mondo (Ercolini, 2006). Un esempio è il Parco fluviale di Miribel a Lione, che si trova alla confluenza tra il Rodano e la Saône.

Qui, in una area degradata interessata per molto tempo dall'attività estrattiva, è stata realizzata una zonizzazione con diverse funzioni: cassa di espansione, verde pubblico per lo svago, spazio naturale per la salvaguardia della flora e della fauna. In pratica, si è passati da un'area paesaggisticamente degradata, disordinata, ad un'area caratterizzata da un paesaggio funzionale sia dal punto di vista idraulico che ecologico (Figura 6).



Figura 5. La cassa di espansione del Fiume Secchia. 1) manufatto regolatore, sbarramento poco elevato posto sul fiume, che assicura il normale deflusso delle acque; 2) traversa, alla quale è affidata la stabilità dello sbarramento principale contro eventuali fenomeni di scalzamento; 3) sfioratore laterale, che consente il deflusso delle acque di piena nella cassa di espansione; 4) scaricatore, che permette poi alle acque accumulate nella cassa di defluire di nuovo in alveo.

## CONCLUSIONI

I fiumi si evolvono continuamente: un'ansa in erosione è un fenomeno naturale e non qualcosa che deve essere necessariamente corretto. Anche se canalizzati, i fiumi tenderanno a riguadagnare la loro forma e il loro andamento originario. Ogni modifica rilevante imposta ad un fiume senza considerare il suo comportamento naturale implicherà anche un prolungato e oneroso impegno per il mantenimento del cambiamento operato, con ciò interferendo sia con gli aspetti funzionali che paesaggistici del luogo.

## BIBLIOGRAFIA

AUTORI VARI, (1999) DINAMICA FLUVIALE, GEOLOGIA DELL'AMBIENTE N. 1, SIGEA, ROMA.  
AMADESI E., (1975) FOTOINTERPRETAZIONE E AEROFOTOGRAMMETRIA, PITAGORA EDITRICE, BOLOGNA.

BILLI P., (1995) CANALIZZAZIONE DEI CORSI D'ACQUA, VERDE AMBIENTE N. 2, ROMA.

DOUGLAS I., (1983) THE URBAN ENVIRONMENT, EDWARD ARNOLD, LONDON.

ERCOLINI M., (2006) DALLE ESIGENZE ALLE OPPORTUNITÀ. LA DIFESA IDRAULICA FLUVIALE OCCASIONE PER UN PROGETTO DI "PAESAGGIO TERZO", FIRENZE UNIVERSITY PRESS, FIRENZE.

FERRARA V., (2005) L'URAGANO KATRINA E I CAMBIAMENTI DEL CLIMA, ENERGIA, AMBIENTE E INNOVAZIONE N. 6, ENEA, ROMA.

GISOTTI G., BENEDINI M., (2000) IL DISSESTO IDROGEOLOGICO. PREVISIONE, PREVENZIONE E MITIGAZIONE DEL RISCHIO, CAROCCI EDITORE, ROMA.

GISOTTI G., (1997) EFFETTI DELLA CANALIZZAZIONE SULLA DINAMICA FLUVIALE E SULL'AMBIENTE ACQUATICO, IN "COME PROGETTARE IL PARCO FLUVIALE", A CURA DELL'ASSOCIAZIONE PARCO NATURALE DEL FIUME SAVIO, MACRO EDIZIONI, CESENA.

GISOTTI G., ZARLENGA F., (2004) GEOLOGIA AMBIENTALE. PRINCIPI E METODI, DARIO FLACCOVIO EDITORE, PALERMO.

GIUSTI E., GISOTTI G., (1995) IL PAESAGGIO FLUVIALE, VERDE AMBIENTE N. 3, ROMA.

HORTON R. E., (1945) EROSIONAL DEVELOPMENT OF STREAMS AND THEIR DRAINAGE BASINS; HYDROPHYSICAL APPROACH TO QUANTITATIVE MORPHOLOGY, GEOL. SOC. AMER. BULL., VOL. 56, NEW YORK.

MORISAWA M., (1976) AESTHETIC PREFERENCES AND RIVERSCAPE, PROC. VISUAL QUALITY AND THE COASTAL ZONE, S.U.N.Y. COLLEGE OF ENV. SCI. AND FORESTRY, SYRACUSE, NEW YORK.

RINALDI M., (1999) VARIAZIONI MORFOLOGICHE E CONDIZIONAMENTI ANTROPICI NEL SISTEMA FLUVIALE DELL'ARNO. GEOLOGIA DELL'AMBIENTE, N. 1, SIGEA, ROMA.

VANNOTE R. L., MINSHALL G. W., CUMMINS K. W., SEDELL J. R., CUSHING C. E., (1980) THE RIVER CONTINUUM CONCEPT, CANADIAN JOURNAL OF FISHERIES AND AQUATIC SCIENCES, N. 37.



Figura 6. Il Parco fluviale di Miribel a Lione.

