

2002-2003
dall'anno internazionale delle Montagne
all'anno internazionale dell'Acqua



Consiglio Nazionale delle Ricerche
IRPI
GNDCI

AM
Convegno nazionale

Assisi
11-12 dicembre 2002

AMP



EVOLUZIONE E DINAMICA DELL'ALVEO DEL TORRENTE CHIANI (UMBRIA): PROBLEMI DI RISCHIO GEOLOGICO-IDRAULICO E DI CONSERVAZIONE DELL'AMBIENTE FISICO

C. Cencetti¹, A. Fredduzzi¹, I. Marchesini¹

(1) Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale, Università di Perugia, Via G. Duranti 1,
06125 Perugia (Italy)

SOMMARIO

La nota descrive i risultati di un rilevamento dei caratteri morfologici, sedimentari ed antropici del corso d'acqua e della pianura alluvionale del torrente Chiani. Il fine è quello di definire il trend evolutivo del sistema fluviale, le condizioni di rischio associate e di definire criteri di intervento per una corretta gestione del corso d'acqua.

Nel tratto finale e in quello mediano della valle del T. Chiani sono in atto intensi processi di erosione lineare e laterale. Il corso d'acqua è caratterizzato dall'alternanza di tratti d'alveo di tipo fisso - incisi nel "bedrock" - e di tipo mobile, lungo i quali si è sviluppata una stretta pianura alluvionale. In particolare nel tratto finale, in corrispondenza della confluenza con il fiume Paglia, sono frequenti fenomeni di inondazione della pianura alluvionale, fortemente antropizzata.

Le ragioni di questa situazione possono essere ricercate nell'interferenza tra attività antropica e dinamica dell'alveo: una briglia di notevoli dimensioni, costruita all'inizio del tratto mediano del Chiani, ha costituito una trappola sedimentaria per il trasporto solido proveniente dalla porzione di monte; le opere di sistemazione dei versanti, realizzate nel corso delle ultime decine di anni, hanno determinato una diminuzione dell'apporto sedimentario al corso d'acqua; le attività di escavazione in alveo e di prelievo di inerti sono state portate avanti fino alla fine degli anni '70; la larghezza dell'alveo di piena è stata notevolmente ridotta - come dimostrato dal confronto con i documenti cartografici storici - al fine di guadagnare aree destinate ad uso agricolo.

Tali interventi hanno comportato l'insorgere di un forte deficit sedimentario, di un eccesso di "stream power" e l'accentuazione di fenomeni di erosione verticale e laterale. I picchi di portata, inoltre, erano dissipati - in passato - dall'inondazione delle piccole aree di pianura alluvionale. Al momento, invece, l'approfondimento dell'alveo consente il deflusso dell'intera onda di piena e le pianure alluvionali possono essere ormai considerate relitte, terrazzate, in quanto non vengono più inondate. In questo modo, le portate di piena dissipano la loro energia più a valle, in corrispondenza della confluenza con il fiume Paglia, inondando zone densamente urbanizzate.

La corretta gestione e sistemazione dell'alveo può quindi essere ottenuta ripristinando la funzione di "casse di espansione naturali" delle pianure alluvionali, situate nella parte bassa e mediana della valle del Chiani.

1 INTRODUZIONE

In Italia, come del resto in gran parte dei Paesi industrializzati e fortemente antropizzati, l'attività dell'uomo ha svolto un ruolo fondamentale nel condizionare i processi

Dinamica fluviale e condizioni di rischio nella valle del Fiume Chiani (Umbria)

che regolano la dinamica fluviale, alterando il *trend* evolutivo naturale dei sistemi alveo - pianura alluvionale.

Il T. Chiani, in Umbria, è emblematico di una tale situazione: il sostanziale equilibrio tra portata liquida, portata solida e caratteri morfologici del sistema, originariamente presente, è stato modificato da una serie di interventi (attività estrattiva in alveo, "sistemazioni" del corso d'acqua, della pianura circostante e dei versanti) ai quali sono da imputare sia il forte *deficit* di trasporto solido (soprattutto di quello al fondo) sia gli intensi processi di erosione verticale e laterale riscontrati, come pure l'insorgere di condizioni di rischio da inondazione ed alluvionamento delle aree urbanizzate.

La nota illustra i risultati di un dettagliato rilevamento dei caratteri morfologico-sedimentari ed antropici del sistema alveo - pianura alluvionale del T. Chiani, utilizzato per definire il *trend* evolutivo naturale del sistema, le condizioni di rischio indotte dall'attività antropica ed i criteri di intervento che permettano una corretta sistemazione dell'alveo e quindi una sua "gestione", in termini di sviluppo sostenibile.

2 CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E GEOLOGICO-STRUTTURALI DEL BACINO DEL TORRENTE CHIANI.

Con riferimento alla fig. 1, l'alta valle del T. Chiani ("Val di Chiana" p.d.) è caratterizzata dall'affioramento di sedimenti clastici marini del Plio-Pleistocene, a cui sono sovrapposti sedimenti alluvionali in facies fluviale e fluvio-lacustre di età pleistocenica.

Dopo una brusca deviazione verso est, all'altezza di Fabro, indotta dalla presenza di

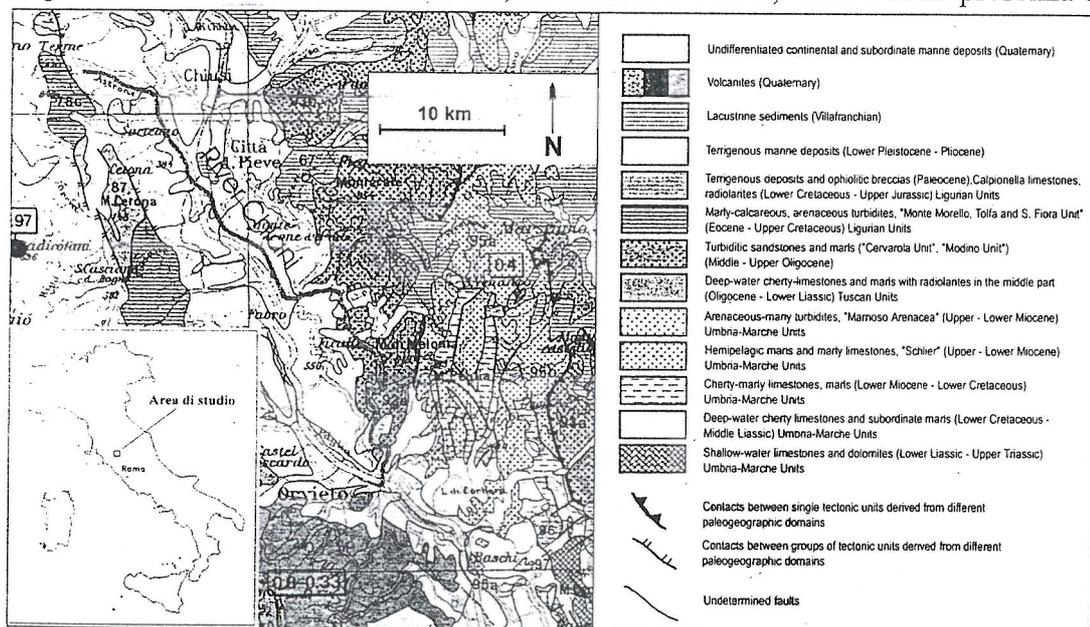


Figura 1 - Carta geologica dell'area studiata (da: "Structural Model of Italy" - CNR, 1983, lievemente modificato).

una faglia con direzione est-ovest, la cui attività è probabilmente da ricondursi al Pleistocene (Cattuto et al., 1989), nella parte mediana e bassa della valle il torrente scorre attraverso l'"Unità del Cervarola" (arenarie torbiditiche e marne del Miocene inferiore - medio) fino a confluire nel fiume Paglia, tributario del Tevere, nei pressi di Orvieto.

Il corso attuale del Chiani è frutto dell'attività neotettonica che ha interessato

quest'area del versante occidentale della catena appenninica (Cattuto et al., 1989): il corso d'acqua - in origine - defluiva con direzione circa meridiana, con un tracciato impostato esclusivamente attraverso i sedimenti marini plio-pleistocenici, prima di ricongiungersi al F. Paglia. Il sollevamento (con basculamento verso est), cui è stata soggetta l'intera area compresa tra Fabro ed Orvieto tra il Pleistocene inferiore ed il Pleistocene medio, ha prodotto:

- l'impaludamento della Val di Chiana;
- la deviazione verso est del corso del Chiani che attraversa ora il *bedrock* arenaceo-marnoso, prima di raggiungere il suo livello di base, rappresentato dalla confluenza con il F. Paglia.

3 CARATTERI GEOMORFOLOGICI E DINAMICA FLUVIALE ATTUALE DEL T. CHIANI

Gli eventi neotettonici e gli elementi geologico-strutturali descritti hanno fortemente condizionato l'evoluzione morfologica del corso del T. Chiani.

Il bacino idrografico è pari a 458 km² ed include anche il bacino del T. Astrone, che rappresenta il tratto a monte del Chiani p.d.. Si possono quindi facilmente individuare due porzioni del bacino, con differenti caratteristiche morfologiche del tracciato fluviale (fig. 2). Essi rappresentano il risultato dell'evoluzione morfostrutturale del territorio e della rete idrografica, conseguente ai recenti movimenti tettonici appena descritti.

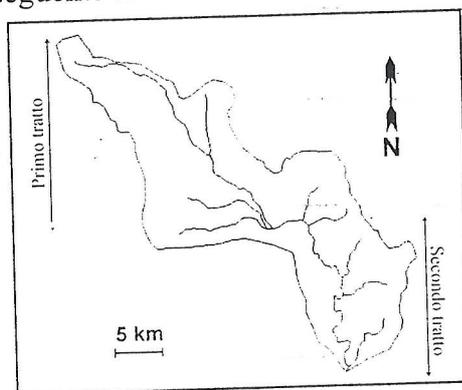


Figura 2 - Il bacino del T. Chiani ed il reticolo idrografico essenziale. Il corso del torrente può essere suddiviso in due tratti, con differenti caratteristiche geomorfologiche.

La porzione di bacino posta a monte, considerata fino alla brusca deviazione verso est subito dal Chiani, in cui il corso d'acqua attraversa la Val di Chiana p.d., è caratterizzata dalla presenza una larga pianura alluvionale; si tratta di un'area rimasta paludosa fino a tempi storici e la cui bonifica, già iniziata al tempo degli Etruschi, è stata completata solo all'inizio del Novecento.

A seguito della bonifica, questo primo tratto del T. Chiani è stato regolarizzato, tramite la realizzazione di canalizzazioni ed arginature. La pendenza dell'alveo è molto bassa; ciò rappresenta sicuramente un'anomalia rispetto a quanto normalmente avviene nei corsi d'acqua naturali, dove i tratti montani presentano in genere elevate pendenze e un'estesa pianura alluvionale è praticamente assente. In questo è chiara l'influenza strutturale sull'attuale conformazione del bacino idrografico.

Il secondo tratto del Chiani, a valle della deviazione, caratterizzato da una lunghezza

Dinamica fluviale e condizioni di rischio nella valle del Fiume Chiani (Umbria)

di circa 26 km (con un bacino di circa 152 km²), comprende la porzione valliva mediana e quella terminale del torrente ed è più propriamente oggetto del presente studio. Esso mostra caratteristiche opposte rispetto al tratto precedente: la valle è stretta e sinuosa, con versanti acclivi; il gradiente è elevato; l'alveo, con forte tendenza all'erosione, è prevalentemente fisso ed incassato in roccia, ma mostra anche tratti mobili, talvolta moderatamente intrecciati, lungo i quali può svilupparsi una stretta pianura alluvionale.

Tali caratteri sono compatibili con l'evoluzione del reticolo idrografico sopra descritta, con il Chiani "forzato" a raggiungere il suo livello di base - rappresentato dalla confluenza con il fiume Paglia - attraversando, con un tracciato quasi a meandri incastri, il *bedrock* arenaceo-marnoso (anziché i sedimenti clastici plio-pleistocenici, come sicuramente avveniva in un precedente passato geologico).

Tuttavia, l'entità dei processi erosivi e, soprattutto, la rapidità con i quali essi si sono manifestati negli ultimi anni, non può essere spiegata esclusivamente invocando cause naturali, di origine tettonica. I processi di erosione laterale e verticale hanno mostrato, nelle ultime decine di anni, un notevole incremento: i sedimenti alluvionali sono profondamente incisi (fig. 3); le opere di difesa spondale sono messe in crisi dallo scalzamento operato in alveo dalla corrente; le aree di confluenza tra il Chiani ed i suoi tributari sono tutte "sospese" sull'alveo del collettore principale e denotano una rapida velocità di approfondimento dello stesso Chiani (fig. 4).



Figura 3 - Processi erosivi laterali e verticali determinano l'erosione dei sedimenti alluvionali depositati in passato dallo stesso torrente Chiani.

Anche i tratti caratterizzati dalla presenza di una piccola pianura alluvionale e nei quali l'alveo mostra i maggiori valori dell'indice di intrecciamento - per la presenza di barre longitudinali - sono soggetti tuttavia a fenomeni erosivi importanti. Il segno più evidente è la presenza di barre "sospese", soggette ad erosione e rapido smantellamento, nonché la differenza di quota oggi riscontrata tra la pianura alluvionale ed il letto attuale dell'alveo.

Tutto, in sostanza, sembra concordare con l'ipotesi di un forte *deficit* di trasporto solido, manifestatosi prevalentemente negli ultimi decenni, al quale il fiume ha reagito con l'innesco di processi erosivi.

Schumm, teorizzando il CEM (Channel Evolution Model - Schumm et al., 1984), ha distinto differenti stadi di evoluzione di un corso d'acqua, conseguenti all'insorgere di



Figura 4 - Le confluenze del T. Chiani con i suoi tributari risultano spesso sospese a causa del veloce approfondimento del collettore principale. Nella foto è rappresentata la confluenza del T. Migliari (ad ovest del M. Peglia, vedi fig. 2 per i riferimenti).

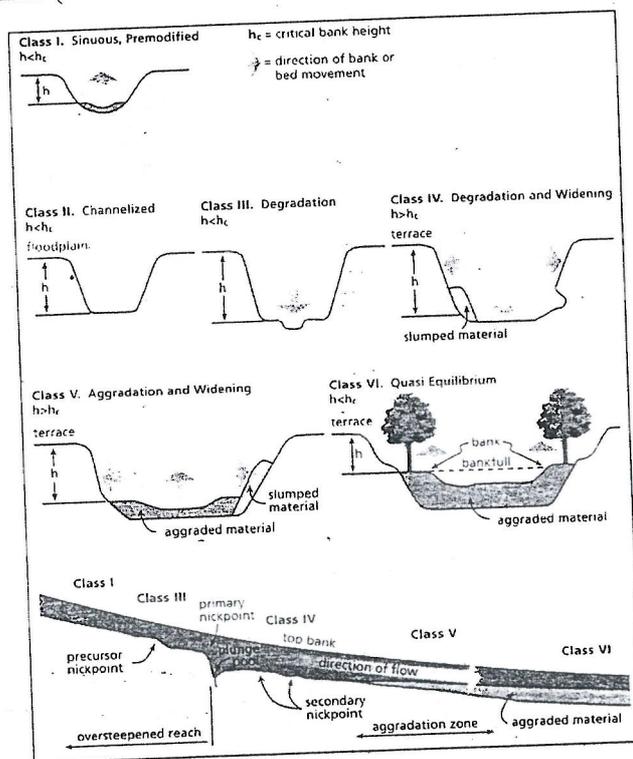


Figura 5 - Il "Channel Evolution Model" (CEM) di Schumm (1984). Nel T. Chiani sono frequenti gli stadi III e IV (da FISRWG, 1998).

condizioni di deficit sedimentario, che si concretizzano in una generale tendenza all'incisione dell'alveo (fig. 5); il Chiani, nel suo secondo tratto, si colloca nelle classi III e IV, quindi ben lontano dall'equilibrio.

4 METODO DI STUDIO

Utilizzando un metodo già testato (Tacconi, 1990; 1994; Cencetti et al., 1994), è stato condotto, ad una scala di dettaglio (1:5.000), un rilevamento sistematico dei caratteri

morfologici, sedimentari ed antropici dell'alveo e della pianura fluviale del Chiani.

Il metodo ha come obiettivo quello di individuare le tendenze evolutive attuali del sistema, confrontandole con quelle "naturali". Queste ultime possono essere desunte dall'analisi dei documenti cartografici storici, realizzati in periodi in cui era praticamente assente qualsiasi condizionamento di natura antropica che, invece, specialmente negli ultimi decenni del XX secolo, ha modificato sensibilmente i processi di dinamica fluviale in atto.

La convinzione è che tale livello di conoscenza sia la base necessaria di tutti gli interventi di pianificazione e gestione degli alvei che abbiano come scopo la difesa, la valorizzazione e la salvaguardia dell'ambiente fluviale.

Il metodo consiste nell'esecuzione di più fasi di ricerca, di seguito descritte nelle loro linee essenziali.

4.1 Fotointerpretazione

La fotointerpretazione è spesso condotta tramite l'esame di fotogrammi acquisiti tramite voli realizzati "ad hoc", ad una scala di grande dettaglio. Se possibile, inoltre, vengono confrontate fotografie acquisite in periodi diversi, con lo scopo di individuare l'evoluzione temporale dei caratteri morfologici del sistema alveo - pianura.

L'analisi può essere condotta anche in modo quantitativo, procedendo cioè alla rettificazione o alla ortorettificazione delle immagini. Ciò consente di stimare l'errore medio nel posizionamento delle immagini e di quantificare con precisione eventuali variazioni morfologiche (Leys & Werritty, 1999; Winterbottom, 2000). I dati derivati da questa analisi vengono sottoposti a verifica durante la fase di rilevamento sul terreno.

Per quanto riguarda il Chiani, i voli a disposizione per la fotointerpretazione non sono ad una scala di grande dettaglio; sono stati comunque utilizzati per analizzare le più importanti variazioni morfologiche verificatesi durante gli ultimi 40 anni. Le foto coprono l'intervallo compreso tra il 1954 (Volo GAI, in scala 1:33.000 circa, in bianco e nero) e il 1994 (Volo ITALIA, in scala 1:73.000 circa, sempre in bianco e nero).

4.2 Analisi storica

Questo tipo di analisi prevede la ricerca e la consultazione di documenti storici, gran parte dei quali è costituita da mappe reperibili in archivi e librerie di Stato. Tali documenti sono di estremo interesse, in quanto - rappresentando le aree secondo criteri di cartografia catastale - permettono di posizionare arealmente e temporalmente, con estrema precisione, i lavori di sistemazione realizzati (canalizzazioni, rettificazioni etc.). Frequentemente tali mappe sono state realizzate anche a corredo di studi prodotti in occasione di dispute legali tra proprietari terrieri. Molto spesso il tracciato dei corsi d'acqua costituiva (e costituisce tuttora) un limite di proprietà; le dispute nascevano dal fatto che la mobilità del tracciato degli alvei fluviali comportava un allargamento della proprietà dell'uno a scapito della proprietà dell'altro.

L'utilizzo di queste carte può essere di tipo *relativo* (effettuando misure rispetto a postazioni fisse tuttora esistenti, o rispetto all'asse della valle, considerato un sistema di riferimento "fisso", per lo meno in tempi storici - Tacconi, 1990), o *assoluto* (procedendo alla rettificazione delle mappe, come già descritto per le foto aeree).

Grazie a questi documenti cartografici è possibile caratterizzare il *trend* evolutivo naturale dell'alveo, precedente i lavori di sistemazione. La loro analisi consente anche di

Dinamica fluviale e condizioni di rischio nella valle del Fiume Chiani (Umbria)

La fig. 7 evidenzia come il diametro medio sia estremamente variabile lungo il corso del T. Chiani. Tale parametro, inoltre, non sembra essere influenzato dai valori che assume la pendenza dell'alveo, ma piuttosto da fattori locali riconducibili a:

- caratteristiche granulometriche dei sedimenti dei tributari;

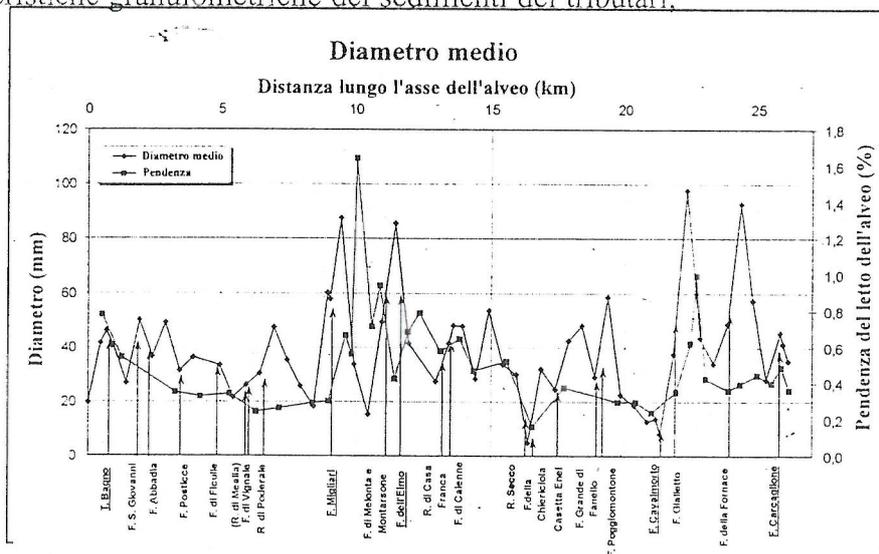


Figura 7 – Variazione del D_m dei sedimenti del canale e pendenza del letto dell'alveo del T. Chiani nel secondo tratto. Sono anche indicate le posizioni delle principali confluenze.

- larghezza della sezione di deflusso.

Per quanto riguarda il primo punto, si osserva che i sedimenti più fini si rinvergono immediatamente a valle delle confluenze con tributari aventi un bacino impostato sui sedimenti sabbiosi ed argilloso-siltosi plio-pleistocenici. Diversamente, nel caso di torrenti con bacino caratterizzato dalla presenza di litotipi arenaceo-marnosi, la dimensione media dei sedimenti, a valle delle confluenze, aumenta.

Invece, per quanto riguarda il secondo punto, si osserva che, quando la sezione dell'alveo è stretta (15-20 m in larghezza), la capacità di trasporto aumenta e quindi il D_m dei clasti è maggiore, in quanto i sedimenti fini sono facilmente rimossi.

In sostanza, l'enorme variabilità del D_m dei sedimenti del Chiani è relazionata alla variabilità litologica del bacino oltre che a quella morfologica dell'alveo. Il range entro il quale oscillano i valori del D_m e dei percentili (da D_{90} a D_{10}) mostra che l'alveo del Chiani può essere comunque considerato di tipo ghiaioso.

4.4 Rilevamento dei caratteri morfologici dell'alveo

In questa fase viene effettuato il rilevamento degli elementi costituenti l'alveo, quali le sponde, i corpi sedimentari (barre), le sequenze di *riffles* e *pools*; sono anche censite tutte le opere che interferiscono con il sistema alveo - pianura alluvionale, ponendo particolare attenzione al loro stato di conservazione ed efficienza. I dati, organizzati in un "database dei caratteri morfologico-sedimentari ed antropici dell'alveo e della pianura alluvionale", sono poi rappresentati tramite carte tematiche, anche georeferenziate.

Un esempio di tali carte, relativamente al T. Chiani, è mostrato in figg. 9-10.

5 CONDIZIONI DI RISCHIO

Nel caso del Chiani, le condizioni di rischio (*risk*), possono essere riassunte in:

- fenomeni di erosione verticale che mettono in crisi le sponde (classe IV del CEM di Schumm), con la possibilità che si realizzino anche fenomeni di occlusione parziale o totale dell'alveo, se i movimenti di massa sono ingenti ed interessano anche i versanti (*landslide dams*);
- fenomeni di erosione laterale, con possibile danneggiamento di infrastrutture (soprattutto strade vicinali) che si snodano lungo il corso d'acqua;
- inondazioni, che puntualmente avvengono lungo il tratto finale del Chiani, nei pressi della confluenza con il F. Paglia.

Dall'analisi dei dati idrometrici relativi ad una stazione di misura collocata poco a monte (5 km) della confluenza tra il Chiani ed il Paglia (in località Morrano) si osserva che eventi di piena con picco superiore ai 350 m³/s sono abbastanza frequenti ed hanno un tempo di ritorno pari a circa 10 anni. L'ultimo evento di questo tipo (310 m³/s) si è verificato nel novembre 1991, provocando ingenti danni. I dati di portata riguardanti la sezione strumentata hanno permesso di definire i tempi di ritorno di portate eccezionali secondo la tabella 1. Questi dati risultano preoccupanti, in quanto tali portate, anche se generate da eventi meteorici particolarmente intensi, minacciano un'area fortemente urbanizzata, situata nelle vicinanze di Orvieto che, pertanto, necessita di urgenti interventi di sistemazione che ne garantiscano la messa in sicurezza.

6 LE CAUSE DELL'INSTABILITÀ DELL'ALVEO DEL TORRENTE CHIANI

Il rilevamento sul terreno, unitamente alla fotointerpretazione ed all'analisi storica, ha messo in evidenza una considerevole riduzione, nel tempo, della larghezza dell'alveo di piena, dovuta ad interventi antropici che hanno drasticamente ridotto la sezione del fiume al fine di riguadagnare territorio da destinare a uso agricolo. Ciò è particolarmente evidente lungo l'alta valle del Chiani, che è stata oggetto di canalizzazioni ed arginature, ma può essere osservato anche in numerosi tratti della parte mediana e bassa della sua valle.

Questa riduzione in larghezza ha prodotto un aumento della velocità del flusso (e quindi della capacità di trasporto) in vari tratti del corso d'acqua, con il conseguente innesco di processi erosivi.

Altri interventi, inoltre, hanno prodotto un *deficit* di trasporto solido:

- una briglia è stata costruita all'inizio del secondo tratto e, costituendo una "trappola" sedimentaria, ha depauperato l'alveo a valle dell'apporto sedimentario grossolano proveniente da monte;
- i lavori di sistemazione, realizzati nel corso delle ultime decine d'anni (riforestazione dei versanti, briglie lungo i tributari, etc.) hanno ridotto l'apporto sedimentario dagli affluenti e dai versanti all'alveo del collettore principale;
- l'attività estrattiva in alveo, difficilmente quantificabile, ma sicuramente praticata in maniera estesa durante gli anni '70, ha prodotto anch'essa un'accentuazione dei processi erosivi e del *deficit* sedimentario.

L'innesco dei processi di erosione rappresenta, pertanto, l'inevitabile "reazione" dell'alveo agli interventi antropici realizzati. Precedentemente, i picchi di portata - dovuti ad eventi meteorici estremi - "dissipavano" la loro energia e venivano laminati dall'inondazione delle pianure alluvionali diffuse lungo il secondo tratto del Chiani; esse

Dinamica fluviale e condizioni di rischio nella valle del Fiume Chiani (Umbria)

svolgevano la funzione di casse di espansione “naturali”, consentendo la riduzione dei massimi valori di portata in grado di raggiungere la confluenza con il F. Paglia.

La situazione attuale è molto diversa: i picchi di portata possono defluire attraverso le sezioni approfondite dell'alveo e le pianure alluvionali sono rimaste ad un livello troppo elevato, rispetto alla linea di *thalweg*, per essere inondate ed alluvionate.

Di conseguenza, i picchi di portata “dissipano” la loro energia solo nel tratto finale,

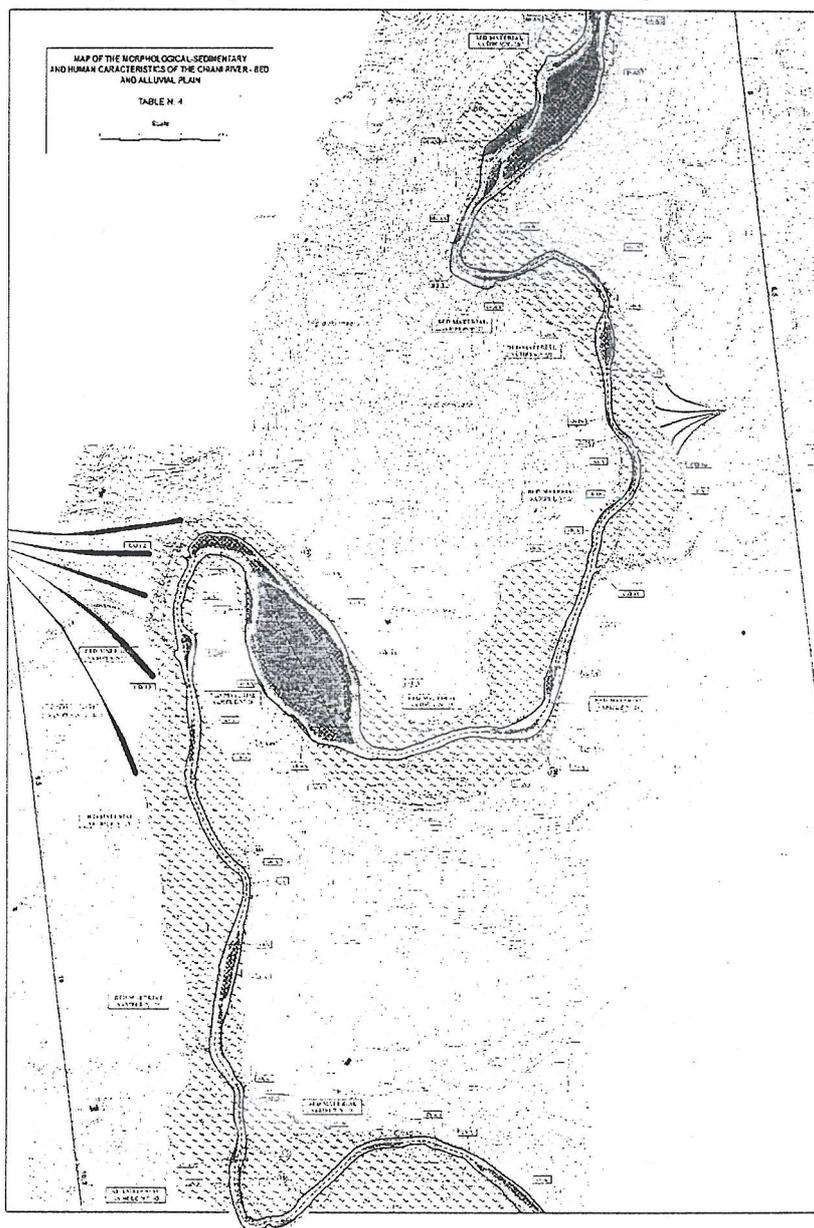


Figura 9 – Stralcio della carta degli elementi di interesse nell’ambito dello studio della dinamica fluviale del Chiani.

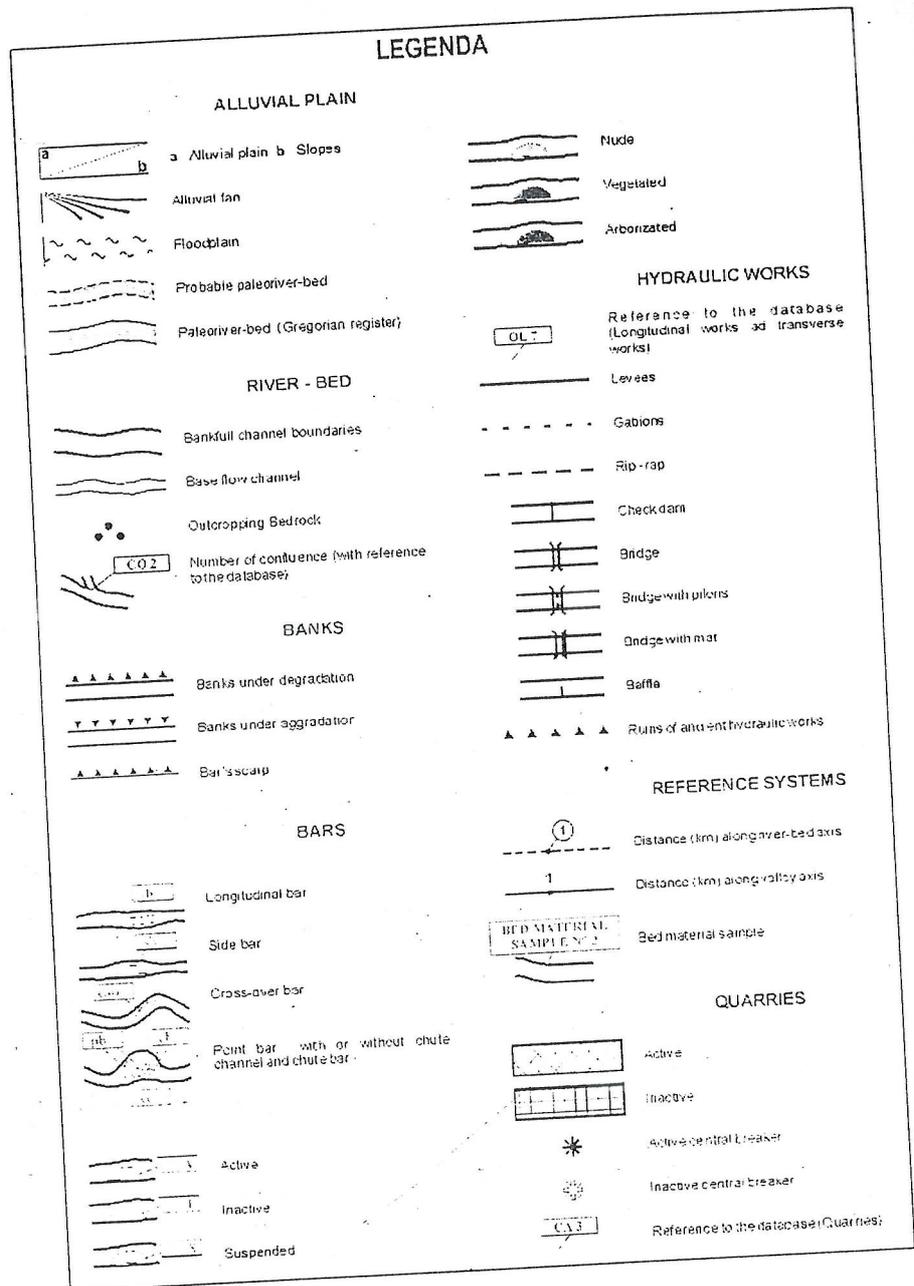


Figura 10 – Legenda della carta in figura 9.

Tempo di ritorno (anni)	Portata (m ³ /s)
2	133
5	253
10	358
20	560
50	803
100	1058

Tabella 1 – Tempi di ritorno e relativi valori massimi di portata liquida (desunti dai dati rilevati alla stazione di Morrano).

Dinamica fluviale e condizioni di rischio nella valle del Fiume Chiani (Umbria)

in corrispondenza della confluenza con il F. Paglia, dove il Chiani non può approfondire ulteriormente il suo letto (la confluenza rappresenta il suo livello di base). Proprio in queste zone, alla periferia di Orvieto, si verificano le condizioni di massimo rischio. È noto, infatti, che un corso d'acqua naturale costruisce la propria geometria dal punto di vista idraulico (larghezza, profondità, perimetro bagnato etc.) in modo tale da consentire il deflusso delle proprie portate e reagisce quindi ad eventuali variazioni di portate liquide e solide modificando i propri parametri idraulici. Il Chiani, nella zona di confluenza, non può approfondire il proprio letto ed inoltre, a causa dell'elevata antropizzazione dell'area, non può aumentare la larghezza della propria sezione di deflusso. Di conseguenza, la stessa è nettamente sottodimensionata per le portate attese.

7 CONCLUSIONI: CRITERI DI INTERVENTO PER LA SISTEMAZIONE DELL'ALVEO

I lavori che dovranno interessare il tratto finale dell'alveo del Chiani, volti alla mitigazione del rischio da inondazione, non possono prescindere da una sistemazione in termini generali del sistema alveo – pianura fluviale.

La soluzione migliore sembra quella di procedere alla riattivazione delle funzioni di laminazione che possono essere svolte dalle pianure alluvionali collocate lungo il secondo tratto del fiume (fig. 11). Tale obiettivo può essere raggiunto attraverso l'innalzamento della linea di *thalweg*, tramite la realizzazione di soglie opportunamente posizionate, nei tratti prossimi alle pianure alluvionali a scarsa o nulla antropizzazione. L'effetto di queste opere sarà, da una parte, quello di bloccare la tendenza all'incisione lineare; dall'altra quello di favorire l'inondazione di aree controllate in concomitanza con il verificarsi di portate liquide eccezionali, permettendo una diminuzione del valore

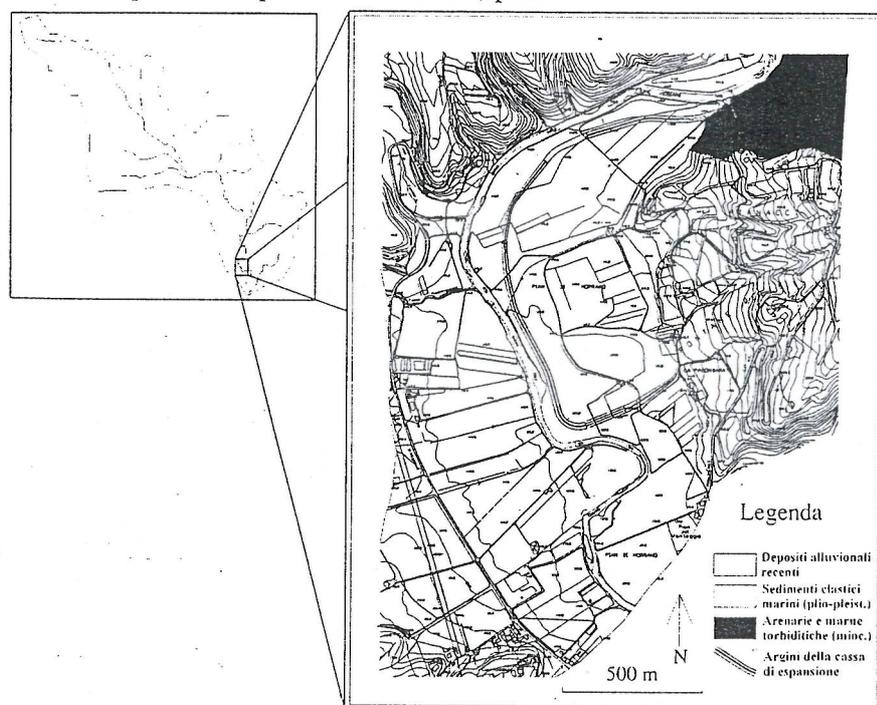


Figura 11 – La figura mostra il tratto del F. Chiani scelto per la realizzazione di una cassa d'espansione (loc. Morrano), in base ai criteri di intervento descritti nel testo. delle massime portate transanti nel tratto finale.

BIBLIOGRAFIA

- Cattuto, C., Cencetti, C. & Gregori, L. (1989) Il bacino di Pornello - Frattaguida e l'evoluzione idrografica plio-pleistocenica tra il fiume Paglia e il fiume Tevere. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 11 (Suppl.), 161-170.
- Cencetti, C., Canuti, P., Rinaldi, M. & Tacconi, P. (1994) The fluvial dynamics of the Arno River - 4. Map of the morphological-sedimentary and human characteristics of the Arno river bed and alluvial plain (Table 7 "MONTEVARCHI"). *Proceedings of "76° Congresso della Società Geologica Italiana - Giornata sui Piani di Bacino"* (Firenze, 24 settembre 1992). *Mem. Soc. Geol. It.*, 48, 891-908.
- Federal Interagency Stream Restoration Working Group (FISRWG) (1998) *Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, and Practices*. GPO Item No. 0120-A; SuDocs No. A 57.6/2: EN 3/PT.653.
- Folk R.L. (1966) A review of grain-size parameters. Elsevier Publishing Company, Amsterdam, 6, 73-93.
- Folk R.L. (1974) *Petrology of Sedimentary Rocks*. Hemphill Publishing Company, Austin, Texas, 182 pp.
- Leys K.F. & Werritty A. (1999) River Channel planform change: software for historical analysis. *Geomorphology*, 29, 107-120.
- National Italian Council of Research (CNR) (1983) Finalized Project "Geodynamics" - Structural Model of Italy and Gravity Map. *Quaderni de "La Ricerca Scientifica"* 114 - S.E.L.C.A., Florence, Italy.
- Schumm, S.A., Harvey, M.D. & Watson, C.C. (1984) *Incised channels: morphology, dynamics and control*. Water Resources Publ., Littleton, Colorado.
- Tacconi, P. (1990) La dinamica fluviale. *Atti del "7° Congresso Nazionale Ordine Nazionale Geologi"* (Rome, Italy, October 25-27, 1990), 29-42.
- Tacconi, P. (1994) The fluvial dynamics of the Arno River - 1. Methodology and study project. *Proceedings of "76° Congresso della Società Geologica Italiana - Giornata sui Piani di Bacino"* (Firenze, 24 settembre 1992). *Mem. Soc. Geol. It.*, 48, 755-764.
- Winterbottom S.J. (2000) Medium and short-term channel planform changes on the Rivers Tay and Tummel, Scotland. *Geomorphology*, 34, 195-208.