

BERNARDINO GENTILI (*) & GILBERTO PAMBIANCHI (*)

MORFOGENESI FLUVIALE ED ATTIVITÀ ANTROPICA NELLE MARCHE CENTRO-MERIDIONALI (**)

ABSTRACT: GENTILI B. & PAMBIANCHI G., *Fluvial dynamics and anthropic influence, central-southern Marche* (IT ISSN 0084-8948, 1987).

In the paper, the result of observations carried out on water courses in the central-southern Marche (Potenza, Chienti, Tenna, Aso, Tesino and Tronto) are illustrated. In particular, the investigation focuses on recent and present geomorphologic evolution affecting middle-lower reaches of stream branches.

The study shows that anthropic factors have a primary role in activating intense and rapid erosion processes and, to a lesser extent, sedimentation.

The massive extraction of solid materials, occurring over many years, is believed to be the main cause for the deepening recorded in the river beds examined and variations in the coast-line corresponding to river mouths.

RIASSUNTO: GENTILI B. & PAMBIANCHI G., *Morfogenesi fluviale ed attività antropica nelle Marche centro-meridionali* (IT ISSN 0084-8948, 1987).

Nel presente lavoro vengono illustrati i risultati delle osservazioni effettuate su sei corsi d'acqua delle Marche centro-meridionali (Potenza, Chienti, Tenna, Aso, Tesino e Tronto).

L'indagine, che è stata rivolta in modo particolare all'evoluzione geomorfologica recente e in atto che caratterizza le porzioni medio-basse delle aste fluviali, ha messo in evidenza come il fattore antropico giuochi un ruolo di primaria importanza nella morfogenesi fluviale.

L'estrazione massiccia di inerti, praticata per più anni, è ritenuta la principale causa del generalizzato ed intenso approfondimento registrato negli alvei fluviali esaminati e delle variazioni della linea di costa in corrispondenza delle foci dei fiumi.

TERMINI CHIAVE: dinamica fluviale, morfogenesi antropica, Marche.

INTRODUZIONE

Con il presente lavoro si intende contribuire alla conoscenza e comprensione di quel generalizzato ed intenso

(*) Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Camerino.

(**) Lavoro eseguito con i fondi 40% per la ricerca scientifica del M.P.I. Progetto: «Genesi ed evoluzione geomorfologica delle pianure dell'Italia peninsulare ed insulare» e con il contributo finanziario del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Camerino. Si ringrazia la dott.ssa DI EUSEBIO L. per la preziosa collaborazione fornita durante le fasi di rilevamento sul terreno. Gli autori ringraziano inoltre il Servizio Decentrato OO.PP. e difesa del suolo (ex Genio Civile) di Ascoli Piceno e Macerata, l'ENEL ed i Consorzi di Bonifica per i dati gentilmente forniti.

processo di erosione in alveo che ha interessato nell'ultimo trentennio la gran parte dei fiumi italiani (VEGGIANI, 1963; ROVERI, 1964; RAGLIONE & RODOLFI, 1977; PAREA, 1978; PELLEGRINI & alii, 1980). Lo studio che si riferisce ai principali sistemi fluviali delle Marche centro-meridionali illustra l'evoluzione geomorfologica recente ed in atto della porzione medio-bassa di tali bacini e tende ad individuare i fattori ed i meccanismi che ne controllano la morfogenesi.

Particolare attenzione è stata rivolta al fattore antropico, ritenuto anche in quest'area (BRANCA, 1976; CONTI & alii, 1983; BUCCOLINI & GENTILI, in stampa) come in altre parti d'Italia (ALBANI, 1933; PELLEGRINI & ZAROTTI, 1975; COCCO & alii, 1978; CASTIGLIONI & PELLEGRINI, 1981), il principale responsabile del rapido ed intenso fenomeno di approfondimento degli alvei fluviali verificatosi a partire dall'inizio degli anni '60.

LINEAMENTI ESSENZIALI DEI BACINI (Generalità, clima, Idrogeologia e vegetazione)

I bacini fluviali presi in considerazione nel presente lavoro (Potenza, Chienti, Tenna, Aso, Tesino e Tronto) (tav. 1) si sviluppano, ad eccezione di quello del Tesino, a partire dai rilievi dell'Appennino umbro-marchigiano e laziale-abruzzese fino alle coste dell'Adriatico centrale. Il T. Tesino trae le sue origini dalle pendici settentrionali del M. Ascensione, posto nella zona altocollinare delle Marche centro-meridionali.

Tutti i bacini presentano forma piuttosto allungata e orientamento circa WSW-ENE (ad eccezione del Tesino che si sviluppa in direzione W-E); l'acclività media e l'altitudine media presentano valori piuttosto diversi; diverse sono anche le estensioni dei bacini, le lunghezze e le pendenze delle aste fluviali principali e la composizione dei reticoli idrografici, come dimostrano i valori dei parametri F (frequenza di drenaggio) e D (densità di drenaggio), determinati alla scala 1:100 000, (DRAMIS & GENTILI, 1977) e riportati in tab. 1.

I corsi di alcuni dei suddetti fiumi e/o dei loro principali affluenti risultano interrotti dalla presenza di invasi

TABELLA 1

PRINCIPALI DATI RIGUARDANTI I BACINI, LE ASTE FLUVIALI E I RETICOLI DEI FIUMI ESAMINATI.

corso d'acqua	bacino			asta fluviale				reticolo		
	superficie (km ²)	altitudine m s.l.m.		rapporto di rilievo (Rh)	lunghezza (km)	pendenza (%)	tratto di pianura		F (km ⁻²)	D (km ⁻¹)
		max.	media				lungh. (km)	pend. (%)		
Potenza	773	1 571	430	0,02	88,0	0,9	55,8	0,4	0,85	1,11
Chienti	1 294	2 102	508	0,03	91,0	1,2	58,0	0,5	0,86	1,13
Tenna	484	2 233	555	0,04	69,0	3,2	52,0	0,8	0,93	1,24
Aso	280	2 476	585	0,04	71,5	2,7	35,6	0,9	1,01	1,37
Tesino	115	1 110	351	0,03	35,1	2,0	27,0	1,3	1,07	1,47
Tronto	1 192	2 476	784	0,03	97,5	2,1	32,1	0,4	1,12	1,55

artificiali costruiti in tempi diversi per usi irrigui o per la produzione di energia elettrica (tab. 2).

Tra i dati climatici riguardanti l'area, sono stati presi in considerazione quelli pluviometrici e termometrici per la loro diretta influenza sulle caratteristiche idrologiche dei fiumi.

Per la pluviometria sono stati analizzati i dati relativi a due stazioni, Camerino e Ascoli Piceno, che possono essere considerati, data la posizione geografica delle due stazioni, ampiamente rappresentativi delle caratteristiche pluviometriche dell'area in parola.

Infatti delle due stazioni, la prima, Camerino (quota 664 m), posta all'interno della dorsale appenninica, può essere considerata rappresentativa dell'area montuosa occidentale; la seconda, Ascoli Piceno (quota 136 m), rappresentativa delle aree collinari e costiere orientali. Esse

sono state scelte anche perché si disponeva per le stesse di dati relativi ad osservazioni eseguite con continuità e per periodi piuttosto lunghi (MINISTERO LAVORI PUBBLICI, 1921-74; 1926-55; OSSERVATORIO GEOFISICO MACERATA, 1975-82).

Le precipitazioni medie annue presentano valori compresi tra i 1 039 mm di Camerino (1921-1981) ed i 801 mm di Ascoli Piceno (1921-1982).

I valori estremi oscillano tra 540 mm (1970) e 1830 mm (1937) per la stazione di Camerino, tra 390 mm (1945) e 1 210 mm (1959) per la stazione di Ascoli Piceno (fig. 1). Si notano valori delle precipitazioni complessivamente superiori alla media nel periodo 1926-1937 e nel periodo 1955-1965; precipitazioni inferiori caratterizzano gli altri periodi.

Dall'istogramma di fig. 2 si rileva, per le due stazioni,

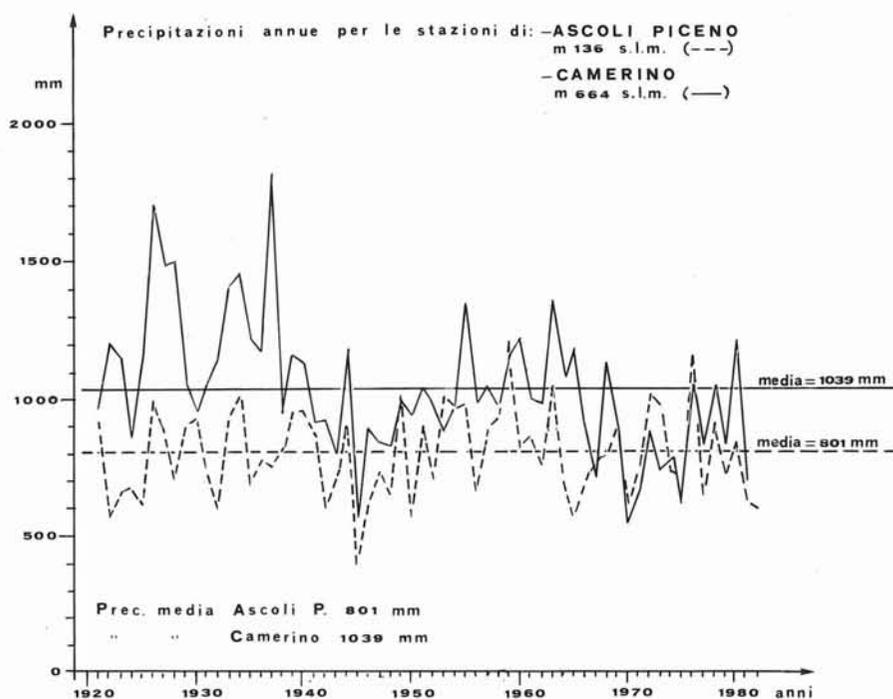


FIG. 1 - Precipitazioni annue alle stazioni di Ascoli Piceno e Camerino.

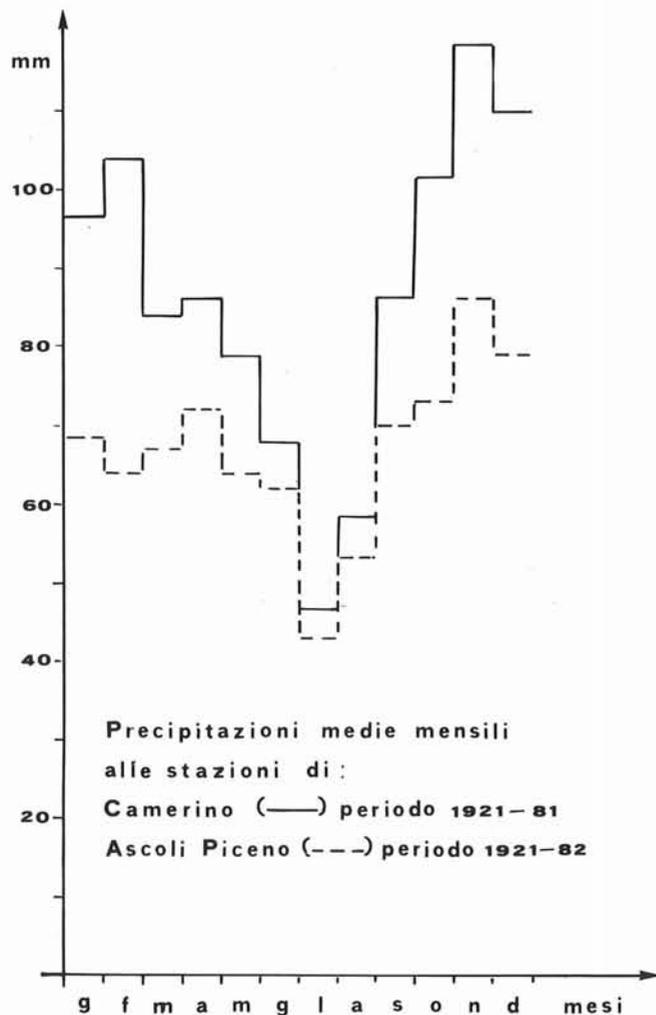


FIG. 2 - Precipitazioni medie mensili alle stazioni di Ascoli Piceno e Camerino.

un massimo principale di piovosità nel mese di Novembre; i massimi secondari si registrano in Febbraio (Camerino) e Aprile (Ascoli Piceno). I minimi principali cadono in Luglio. Dall'analisi dei regimi delle precipitazioni medie mensili relative ai singoli anni si rilevano andamenti simili a quelli citati.

In tutta l'area montuosa occidentale le precipitazioni invernali assumono, per lo più, carattere nevoso e danno luogo, localmente, a spesse coltri persistenti anche fino a primavera inoltrata. Va infine rilevato che le variazioni annue dei regimi e della quantità di precipitazione sono piuttosto marcate.

Per quanto riguarda la termometria dell'area questa è caratterizzata da temperature medie comprese tra i 12 °C circa di Camerino ed i 15 °C circa di Ascoli Piceno; le escursioni termiche annue sono piuttosto marcate in tutta l'area.

Dall'analisi dei dati illustrati si conclude che le condizioni climatiche dell'area in oggetto rientrano tra il tipo «*adriatico centro-meridionale*» ed il tipo «*appenninico*» (MORI, 1957) caratterizzati da precipitazioni complessive relativamente modeste, da temperature estive moderatamente elevate e da temperature invernali relativamente rigide, il primo tipo; temperature più basse e precipitazioni più abbondanti distinguono il secondo tipo.

Per la definizione delle caratteristiche idrologiche dei fiumi ci si è limitati ad elaborare i dati (MINISTERO LAVORI PUBBLICI, 1927-1972) di tre sole stazioni: Cannucchiara (Potenza), Amandola (Tenna) e Tolignano di Marino (Tronto). La scelta è caduta su queste tre stazioni in quanto per periodo di funzionamento e per la posizione che le stesse occupano nell'ambito dei singoli bacini fluviali (nei tratti medi o medio-bassi) e dell'intera area (a Nord, al centro e a Sud) risultano essere le più idonee a caratterizzare, dal punto di vista idrologico, i corsi d'acqua in esame, tenuto conto delle finalità del presente lavoro.

Dall'esame dei grafici delle figg. 3, 4 e 5, si può rilevare come i corsi d'acqua da noi studiati presentino un regi-

TABELLA 2

ELEMENTI IDROLOGICI CARATTERISTICI RELATIVI A TRE, DEI SEI CORSI D'ACQUA CONSIDERATI.

bacino e stazione	periodo di osservazione	bacino di dominio (km ²)	distanza della foce (km)	portata (m ³ /s)			afflusso meteorico (mm)	deflusso (mm)	coeff. deflusso
				max.	min.	media			
Potenza a Cannucchiara	1933; 1935-40; 1943; 1948-72.	439	42	111,00	1,42	7,91	1 162,1	568,9	0,49
Tenna ad Amandola	1927-29; 1931-40; 1947-50; 1957-72.	100	52	42,70	0,50	2,79	1 340,6	882,1	0,66
Tronto a Tolignano di Marino	1926-42; 1946-63; 1970-72.	911	28	756,00	1,01	17,20	1 045,9	597,0	0,57

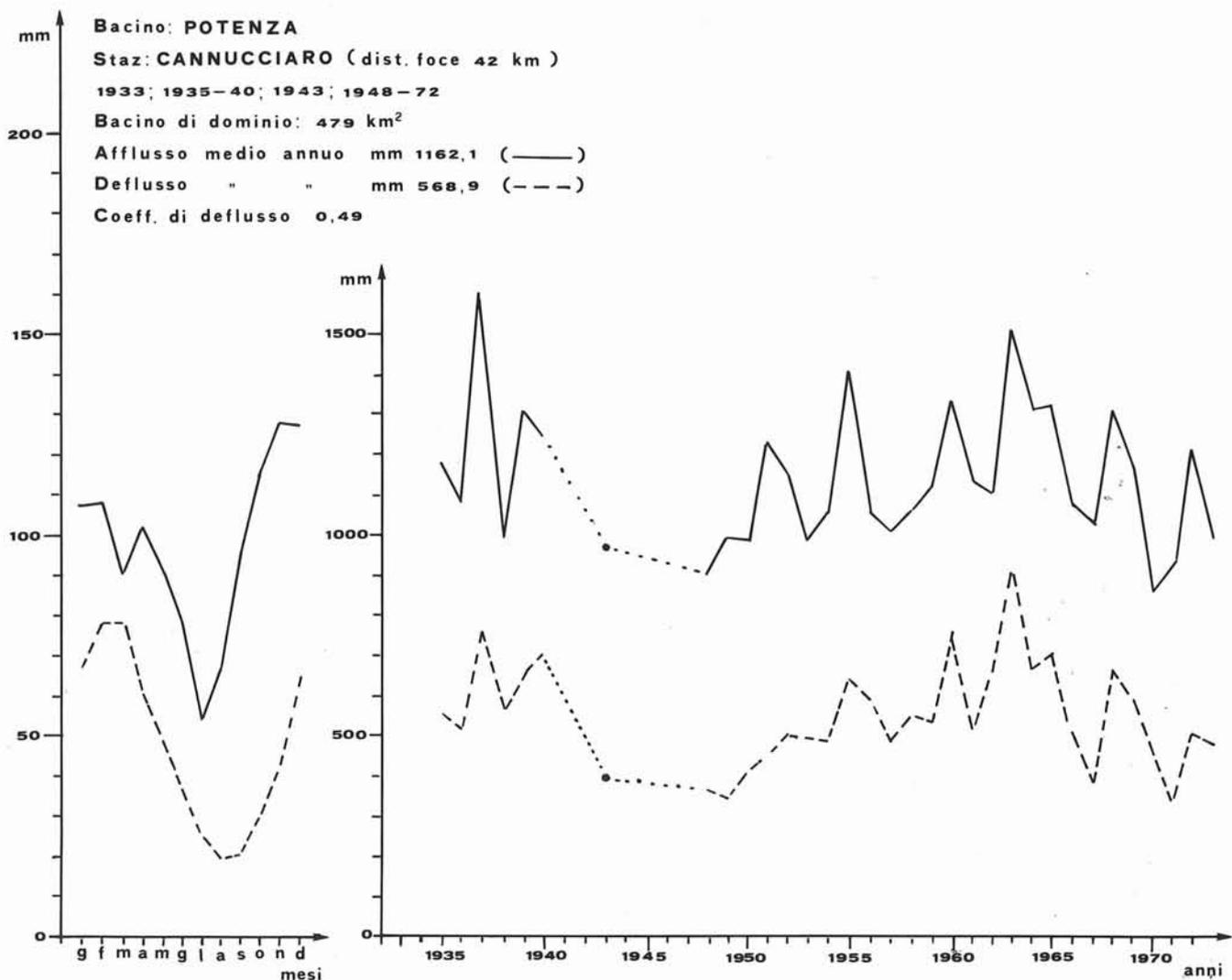


FIG. 3 - Afflusso meteorico e deflusso, mensili ed annui, alla stazione di Cannucciario (Potenza).

me essenzialmente pluviale, con andamenti delle curve dei deflussi e degli afflussi molto simili tra loro.

Le curve di afflusso presentano un massimo principale nei mesi di Novembre e Dicembre e due massimi secondari: Febbraio e Aprile (Potenza), Aprile-Maggio e Gennaio (Tenna), Febbraio e Aprile (Tronto); il minimo principale cade nei mesi di Luglio e Agosto, il minimo secondario nel mese di Marzo.

Nel Tenna lo spostamento in Aprile-Maggio del marcato massimo secondario è dovuto al fatto che le precipitazioni invernali della porzione montana del bacino sono quasi esclusivamente nevose, corrispondendo a tale zona i maggiori rilievi dell'Appennino marchigiano (Monti Sibillini).

Le curve dei deflussi presentano il loro minimo in Agosto-Settembre, mentre il massimo cade in Febbraio-Marzo per il Potenza, in Maggio per il Tenna e in Marzo-Aprile per il Tronto. Massimi (Dicembre) e minimi (Febbraio) secondari sono appena accennati.

Le discordanze principali tra le curve di afflusso e di

deflusso sono dovute, in parte all'assorbimento e successiva circolazione sotterranea delle acque meteoriche le quali tornano in superficie dopo un periodo di tempo più o meno lungo, e in parte alle precipitazioni nevose (cospicue nei rilievi montuosi occidentali). Va infine fatto notare che afflusso e deflusso presentano nel bacino del Tronto gli stessi valori in corrispondenza del mese di Marzo; tale fatto può essere spiegato con una più lenta e prolungata cessione da parte degli acquiferi di quest'area (arenarie), caratterizzati da permeabilità interstiziale a differenza degli acquiferi calcarei, che affiorano negli alti bacini dell'Aso, Tenna, Chienti e Potenza, caratterizzati da permeabilità in grande.

La vegetazione naturale dell'area in esame, come della restante parte del territorio regionale, è rappresentata essenzialmente da due grandi tipi fisionomici costituiti da formazioni erbacee e formazioni arboree; altri tipi sono pochissimo rappresentati (BALLELLI & *alii*, 1981).

Sono compresi nel primo tipo (formazioni erbacee): i pascoli di altitudine, posti oltre i 1750-1800 m di quota,

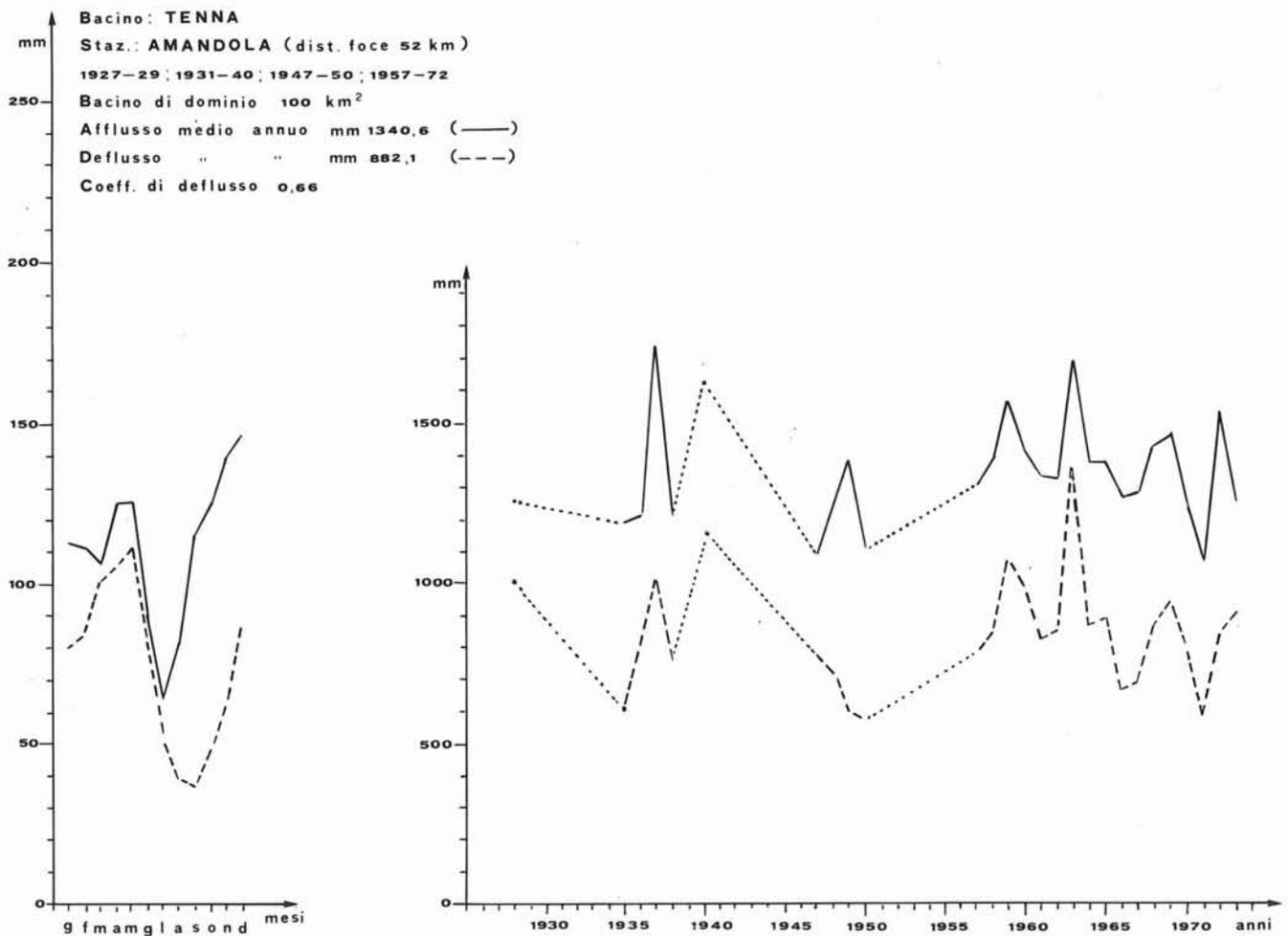


FIG. 4 - Afflusso meteorico e deflusso, mensili ed annui, alla stazione di Amandola (Tenna).

sviluppatasi naturalmente senza l'intervento dell'uomo; i pascoli montani ed i prati ricavati dall'uomo in zone occupate in precedenza dal bosco. Rientrano invece nel secondo tipo (formazioni arboree) le foreste di sclerofille sempreverdi, di caducifoglie e di aghifoglie, le cui specie più diffuse sono rappresentate rispettivamente da leccio, quercia, faggio, abete bianco ecc. Prevalgono nettamente le caducifoglie, mentre le sclerofille sempreverdi sono limitate a piccoli lembi presenti soprattutto in corrispondenza della fascia costiera; le aghifoglie sono quasi esclusivamente presenti nelle zone di recente rimboscimento. Altri tipi di formazioni (brughiera, tundra) sono rappresentati solo sporadicamente.

La fascia pedemontana, la zona collinare e costiera ed i fondivalle, sono interessati da intensa attività agricola, con presenza di vigneti, oliveti, colture cerealicole, di barbabietola, di girasole, ecc.

Esistono infine vaste aree, soprattutto in corrispondenza di superfici piuttosto acclivi, coltivate fino agli anni '50 ed oggi parzialmente o totalmente abbandonate, sulle quali si manifestano intensi processi di erosione (GENTILI, 1975; DRAMIS & GENTILI, 1975a).

INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

LITOSTRATIGRAFIA

Nei bacini idrografici dei fiumi presi in esame affiora, nella zona più interna, la ben nota «successione umbro-marchigiana» pressoché continua dal Trias superiore al Tortoniano e, a luoghi, fino al Messiniano o al Pliocene inferiore *p.p.* Nella porzione più esterna tale successione è ricoperta in discordanza da un'altra successione marina, depostasi tra la parte alta del Pliocene inferiore e il Pleistocene inferiore.

La «successione umbro-marchigiana» è stata schematizzata nella tav. 1 in tre gruppi formazionali: 1) gruppo del *Trias superiore - Eocene*; 2) gruppo dell'*Oligocene - Miocene medio*; 3) gruppo del *Miocene superiore - Pliocene inferiore*.

Il primo gruppo comprende alla base una potente formazione calcarea di piattaforma carbonatica del Trias superiore — Lias inferiore, alla quale seguono facies pelagiche giurassico-infracretaciche rappresentate litologicamente

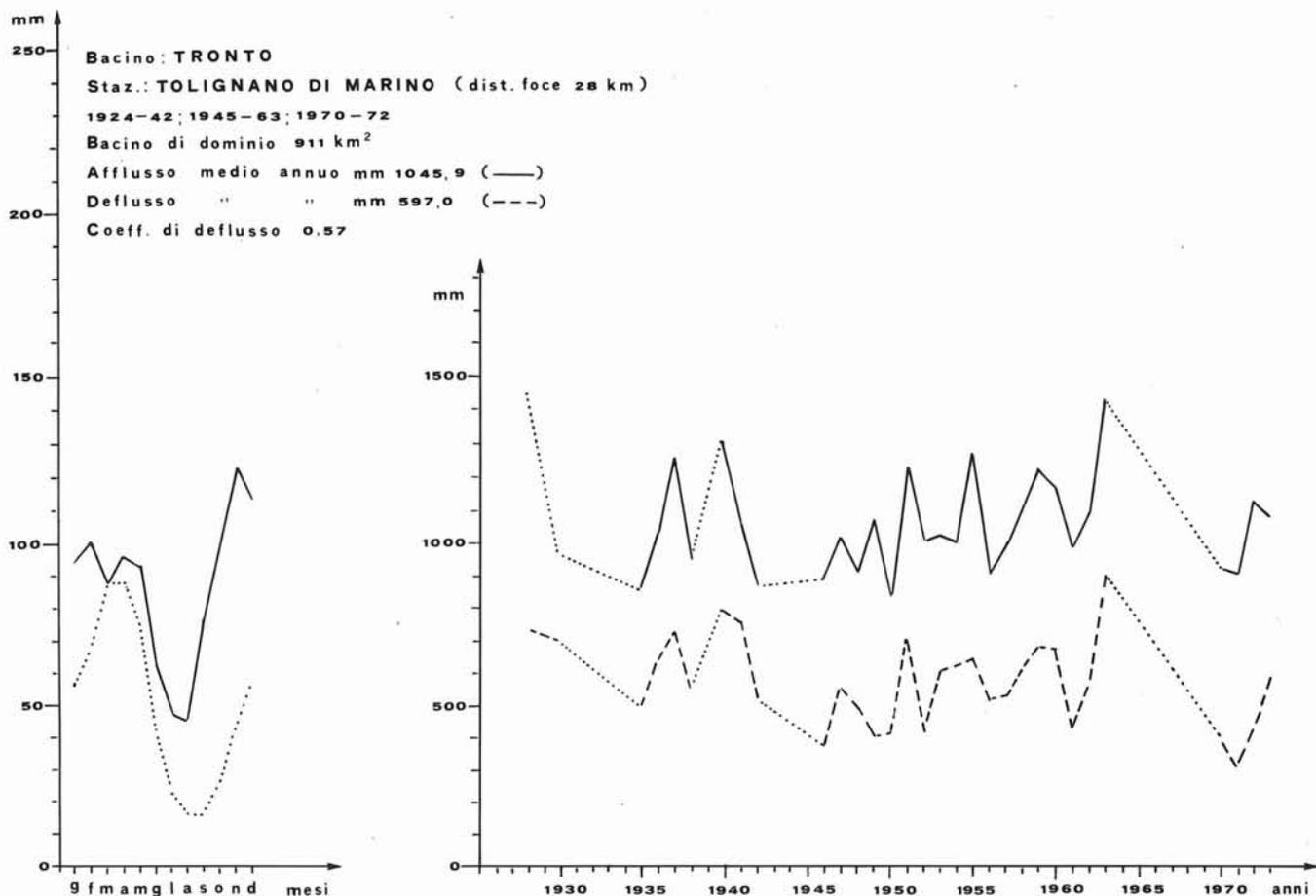


FIG. 5 - Afflusso meteorico e deflusso, mensili ed annui, alla stazione di Tolignano di Marino (Tronto).

da calcari, calcari selciferi e subordinatamente da calcari-marnosi, marne e marne-argillose (successioni: *complete, condensate* e *ridotte* di CENTAMORE & alii, 1971). Seguono uniformemente in tutto il bacino umbro-marchigiano le pelagiti prevalentemente carbonatiche dell'intervallo Cretacico-Eocene.

Il secondo gruppo è costituito da sedimenti emipelagici prevalentemente marnosi, calcareo-marnosi, marnoso-calcarei e marnoso-argillosi.

Il terzo gruppo è contraddistinto da diverse associazioni a carattere torbiditico con intercalazioni, a luoghi, di litofacies evaporitiche e lagunari (*bacino di Camerino, bacino della Laga*).

Nella parte esterna dell'area ai suddetti sedimenti si sovrappongono, in discordanza, le litofacies del ciclo trasgressivo postorogenico (*Pliocene medio-Pleistocene inferiore*), che è caratterizzato alla base e al tetto da sabbie e conglomerati, con all'interno litofacies prevalentemente pelitiche ad intercalazioni arenacee variamente disposte.

Le formazioni marine sopra descritte sono in più luoghi ricoperte da depositi continentali quaternari rappresentati da alluvioni, travertini, detriti di falda e frana e materiali fluvio-lacustri.

ASSETTO STRUTTURALE E TETTONICA

L'assetto strutturale dell'area interna è rappresentato in generale da due grandi anticlinori, costituiti da terreni prevalentemente calcarei e marnosi, separati da uno stretto sinclinorio (*bacino di Camerino*) di natura prevalentemente torbiditica. La vergenza di tali strutture è, più o meno marcata, verso Est e Nord-Est. Anche la fascia più esterna di quest'area (*bacino della Laga*) è caratterizzata da una struttura plicativa, con pieghe più o meno fitte e serrate, sempre a vergenza orientale. Nella parte più meridionale dell'area (Monti Sibillini) le strutture suddette si fondono dando origine ad un assetto tettonico più complesso.

La struttura dei sedimenti plio-pleistocenici, postorogenici, è rappresentata da un'ampia monoclinale con immersione generalmente verso Nord-Est; solo localmente si osservano blande pieghe.

L'assetto illustrato in precedenza è il risultato di eventi deformativi successivi verificatisi fin dal Tortoniano. Tali eventi hanno avuto un carattere compressivo durante l'intervallo Tortoniano-Pliocene medio ed hanno dato luogo a pieghe, pieghe-faglie e sovrascorrimenti (più intensi a Sud), associati a faglie trascorrenti. A partire dal Pliocene superiore l'area è stata sottoposta ad una Tettonica distensiva,

associata ad un sollevamento generale, che ha interessato dapprima la porzione più interna e successivamente, dalla fine del Pleistocene inferiore, anche l'area più esterna, producendo in quest'ultima fase, dislivelli di alcune centinaia di metri (AMBROSETTI & *alii*, 1982).

DEPOSITI ALLUVIONALI ATTUALI, RECENTI E TERRAZZATI

Per quanto riguarda i depositi continentali gli affioramenti più estesi sono rappresentati dalle alluvionali attuali, recenti e terrazzate. Questi depositi, ben sviluppati nei tratti medio-bassi dei fiumi, sono costituiti essenzialmente da ciottoli eterometrici di diverse litologie, talora alternati o mescolati a materiali sabbiosi e limosi. Essi si rinvengono a varie altezze sui fondovalle attuali formando in generale tre ordini principali di terrazzi (1°, 2° e 3° ordine), che nelle carte geomorfologiche allegate (tavv. 2 e 3) vengono rappresentati con un unico retino.

In base a considerazioni geomorfologiche, pedostratigrafiche e a datazioni radiometriche (DAMIANI & MORETTI, 1968; ALESSIO & *alii*, 1979) questi terrazzi vengono riferiti al Pleistocene superiore (3° ordine) e medio (2° e 1° ordine).

I terrazzi di 1° ordine sono costituiti generalmente da ciottoli poligenici a granulometria variabile, fino alle dimensioni di blocchi decimetrici. I clasti sono costituiti in prevalenza da elementi calcarei della successione umbromarchigiana; sono presenti anche ciottoli arenacei, specialmente nell'area del bacino della Laga.

Tali terrazzi affiorano in lembi arealmente modesti, spesso fortemente troncati dall'erosione, che li ha ridotti notevolmente di spessore. La parte superficiale risulta a volte fortemente cementata per effetto di processi pedogenetici. Le quote di affioramento dei depositi variano, per effetto soprattutto di sollevamenti tettonici differenziali, dai 100 ai 150 m ed oltre sul fondovalle attuale.

Le alluvioni del 2° e 3° ordine affiorano in lembi più estesi e continui, la granulometria dei ciottoli è più fine e uniforme di quelli del 1° ordine, anche se non mancano a volte elementi grossolani.



FIG. 6 - Esempio di depositi alluvionali recenti (4° ordine) caratteristici dei corsi d'acqua studiati.



FIG. 7 - Argille, limi e sabbie, depositatesi nel periodo 1967/1985 nell'invaso artificiale di Polverina (Chienti), sovrastanti alle alluvioni ghiaiose del 3° ordine.

Per quanto riguarda la composizione litologica, nei depositi del 2° e 3° ordine aumentano progressivamente gli elementi provenienti dai terreni più antichi degli anticlinori calcarei, come ci si può attendere sulla base dell'approfondimento progressivo del reticolo idrografico. Vi si rinvengono, spesso, lenti e livelli limoso-sabbiosi e clasti arenacei, più frequenti nelle aree orientali. Talora questi depositi risultano cementati al loro interno; più spesso invece, nel terrazzo di 2° ordine, appaiono cementati i livelli più superficiali a seguito di processi pedogenetici. Ne sono testimoni i suoli arrossati (fersiallitici) che si osservano alla loro sommità.

I depositi alluvionali più recenti (4° ordine) particolarmente sviluppati nei tratti medio-bassi dei fiumi, sono costituiti generalmente da ciottoli eterometrici, misti ad abbondanti sabbie e limi, che verso la base raggiungono spesso dimensioni decimetriche (fig. 6). Si tratta di elementi in prevalenza arenaceo-calcarenitici, provenienti essenzialmente dai depositi della trasgressione medio-pliocenica. Le porzioni sommitali delle alluvioni del 4° ordine, composte da materiali più fini, rappresentano in più casi il letto di esondazione attuale. Del resto una grande abbondanza di materiali fini (fig. 7) caratterizza la sedimentazione attuale nei fiumi considerati, come risulta dall'analisi dei sedimenti depositati negli invasi artificiali che li sbarrano (CONTI & *alii*, 1983).

La genesi dei depositi terrazzati del Pleistocene medio e superiore (1°, 2° e 3° ordine) è da attribuire all'interferenza tra il sollevamento tettonico e le diverse fasi climatiche che si sono succedute durante il Quaternario. I materiali alluvionali si sono depositi durante periodi freddi, allorché l'intensa erosione sui versanti, dovuta alla scarsa copertura vegetale, produceva enormi quantità di materiali detritici, che si accumulavano nelle valli sovraccaricando le acque fluviali e favorendo ovunque i processi di sedimentazione. Condizioni climatiche migliori, associate al ripopolamento vegetale dei versanti, attivarono successivamente l'erosione verticale dei depositi alluvionali e del sottostante substrato che nel frattempo aveva continuato a sollevarsi (ALESSIO & *alii*, 1979; DRAMIS & *alii*, 1982; DRAMIS & BISCI, 1986).

Una diversa genesi deve essere attribuita al livello terrazzato più basso (4° ordine), posto generalmente solo pochi metri sopra l'alveo attuale. La messa in posto di quest'ultimo deposito è avvenuta in tempi storici, in conseguenza della diffusa attività di disboscamento per fini agricoli e pastorali oltre che per l'utilizzazione del legname.

Quanto detto trova sostegno, oltre che in evidenze geomorfologiche (BIONDI & COLTORTI, 1982) nelle indagini storiche che prendono in considerazione l'evoluzione del paesaggio agrario italiano (VECCHIO, 1974; SERENI, 1979).

Per le Marche, come per l'Umbria, una netta modificazione del paesaggio agrario con estensione dei disboscamenti, dei dissodamenti e delle piantagioni arboree e con sistemazioni collinari meno primitive, si verificava ad iniziare dai decenni successivi all'unità d'Italia per svilupparsi più intensamente nei primi decenni del XX secolo.

È importante sottolineare che in questo periodo non ci si limitò alla messa a coltura di nuove terre mediante il semplice dissodamento degli incolti o disboscamento, ma si assistette all'ancor più rapida diffusione delle sistemazioni agricole dei versanti e delle piantagioni arboree ed arbustive, miste ai seminativi.

Anche nelle Marche quindi il paesaggio agrario assunto, sia pure con molto ritardo rispetto alle altre regioni centro settentrionali, le caratteristiche dell'*alberata*. Alberi ed arbusti raggiunsero, verso il 1930, in questo tipo di coltura (seminativo alberato) una densità elevata, circa 500 piante per ha, pari ad un albero su 20 m² (SERENI, 1979).

La massiccia presenza di alberi ed arbusti nei coltivi e le opere di sistemazione agricola favoriscono la conservazione e, localmente, l'accumulo del suolo agrario.

Precedentemente a tale periodo, ai disboscamenti e dissodamenti non seguiva alcuna opera tendente alla conservazione del suolo. In tali aree si sviluppavano quindi intensi processi di erosione con conseguente impedimento a proseguire nelle stesse l'attività agricola o pastorale poco prima iniziata (SERENI, 1979; VECCHIO, 1974). Ingenti quantità di detriti provenienti dal substrato andavano così ad ingombrare i fondivalle, sovraccaricando le acque fluviali e dando origine ad importanti fenomeni di sedimentazione (DRAMIS & *alii*, 1982).

LO STATO DEGLI ALVEI FLUVIALI FINO AGLI ANNI '50

Gli alvei fluviali presi in esame presentavano una situazione di sostanziale stabilità fino agli anni '20-'30, periodo in cui prendeva avvio, soprattutto nel territorio montano, la costruzione delle prime opere tendenti alla conservazione dell'attività agricola (sistemazione dei torrenti, rimboschimenti, drenaggi, ecc.) con conseguente diminuzione dell'apporto solido ai corsi d'acqua e quindi conseguente aumento del potere erosivo degli stessi; in questo periodo inoltre inizia già a svilupparsi l'attività estrattiva necessaria per la costruzione e/o la manutenzione delle principali reti viarie (ALBANI, 1933; CONTI & *alii*, 1983).

Va comunque rilevato che il fenomeno di approfondimento dell'erosione lineare, negli alvei fluviali delle Marche centro-meridionali, fino agli anni '50 presentava intensità ed entità molto ridotte, assume una qualche importanza solo in alcuni particolari casi.

Tale situazione di generale stabilità era connessa all'ancora attiva dinamica dei versanti, non bloccata dall'attività agricola il cui sviluppo è, come già detto, relativamente recente in buona parte dell'area ed alle prime opere di sistemazione idraulica degli alvei principali (briglie, pennelli, argini) eseguite a partire dagli anni '30 (CONTI & *alii*, 1983).

Le opere di bonifica, eseguite in tutti i fondivalle dei fiumi in studio, avviate agli inizi di questo secolo e molto intense negli anni '30, sono state completate negli anni '50. Ciò ha permesso di mettere a coltura gran parte di quelle piane alluvionali recenti, dove i fiumi liberamente divagavano fino alla fine del secolo scorso, con conseguente restringimento della sezione dell'asta fluviale principale.

EVOLUZIONE DEGLI ALVEI DOPO GLI ANNI '50 (1)

Le tavv. 2 e 3 allegate al presente lavoro, ottenute dall'elaborazione dei dati rilevati direttamente sul terreno e/o forniti da Enti, Consorzi di Bonifica, Amministrazioni

(1) Di questo capitolo è coautore anche il dott. BUCCOLINI M. dell'Università "G. D'Annunzio" di Pescara (Ist. di Scienze, Fac. di Architettura).



FIG. 8 - «Colata» di limi e argille che ha provocato lo sbarramento, nel 1970 e nel 1980, del corso del T. Tennacola (affluente di sinistra del Tenna). L'episodio lacustre che ne è derivato ha avuto durata molto breve per effetto della rapida erosione della soglia.

TABELLA 3

ATTIVITÀ ESTRATTIVA ED APPROFONDIMENTO DEGLI ALVEI FLUVIALI.

bacino	superficie bacino (km ²)	attività estrattiva (m ³ /a)	durata della estrazione in alveo (a)	quantitativo estratto (m ³ × 10 ⁶)	abbassamento alveo (m)	
					max.	medio
Potenza	773	200 000	7	1,4	8,0	3,0
Chienti	1 294	270 000	10	2,7	8,0	4,0
Tenna	484	120 000	7	0,8	12,0	5,0
Aso	280	53 000	8	0,4	4,0	2,5-3,0
Tesino	115	50 000	6	0,3	3,0	1,5-2,0
Tronto	1 192	110 000	7	0,8	6,0	3,5

Pubbliche (Uffici del Genio Civile, Uffici Tec.) o privati cittadini nel periodo 1983/1986, rappresentano lo stato degli alvei fluviali delle Marche centro-meridionali determinato dagli intensi processi, essenzialmente erosivi, sviluppatasi a partire dalla fine degli anni '50.

La cartografia riguarda le porzioni medio-basse degli alvei fluviali e di un loro limitato intorno (ritenuto direttamente influente sull'evoluzione a breve termine degli alvei stessi, fig. 8) e rappresenta i processi in atto o potenziali, la morfogenesi antropica, i depositi continentali e la litostratigrafia del substrato roccioso.

L'indagine ha messo in chiara evidenza che la situazione di sostanziale stabilità degli alvei, descritta in precedenza, veniva interrotta già agli inizi degli anni '60. I processi di erosione si intensificavano fortemente in quello stesso decennio e in parte del successivo e quindi diminuivano di intensità fino a raggiungere, in qualche caso (Tronto, Aso), un sostanziale nuovo equilibrio.

Tale periodo (circa 1960/1980) di intensa e rapida erosione cadde in corrispondenza, almeno inizialmente, di un'altrettanto rapida e intensa attività di estrazione di inerti dagli alvei fluviali, sviluppatasi soprattutto nel decennio

compreso tra la metà degli anni '60 e '70. L'estrazione di inerti dagli alvei, avvenuta per un certo periodo con regolare concessione (in tab. 3 si riportano, per i diversi bacini, i tempi di durata della «regolare» estrazione), era iniziata già prima ed è continuata, in alcuni casi, in modo abusivo, anche dopo l'entrata in vigore del divieto di escavazione in alveo (dal 1972 al 1975 per i fiumi in esame).



FIG. 9 - Esempi di approfondimento dell'erosione lineare nelle alluvioni e, successivamente, nel substrato roccioso costituito da sedimenti pelitici (Chienti).

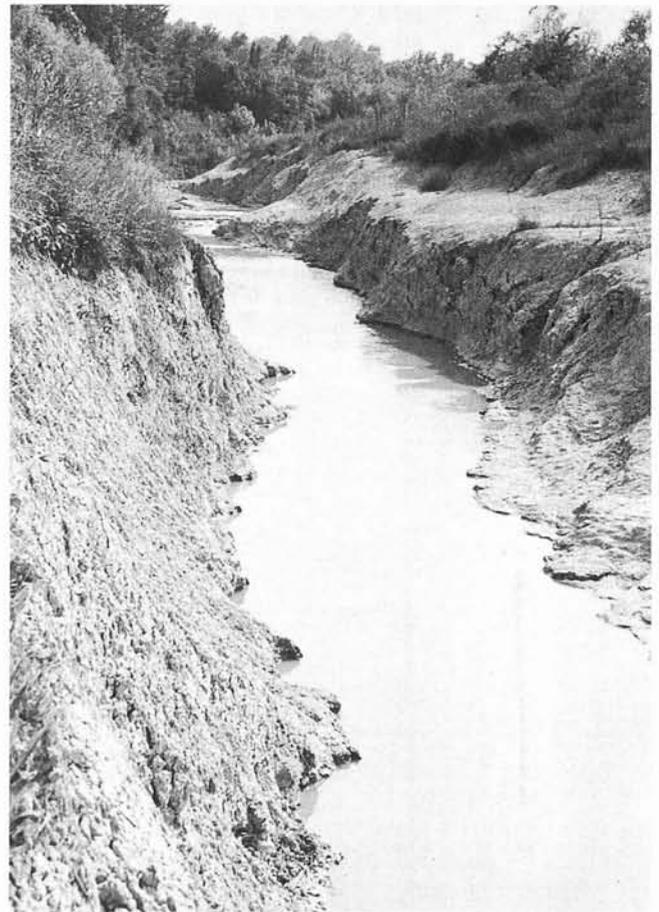


FIG. 10 - Caratteristiche «arature» del letto fluviale rilevate nel fiume Tenna.

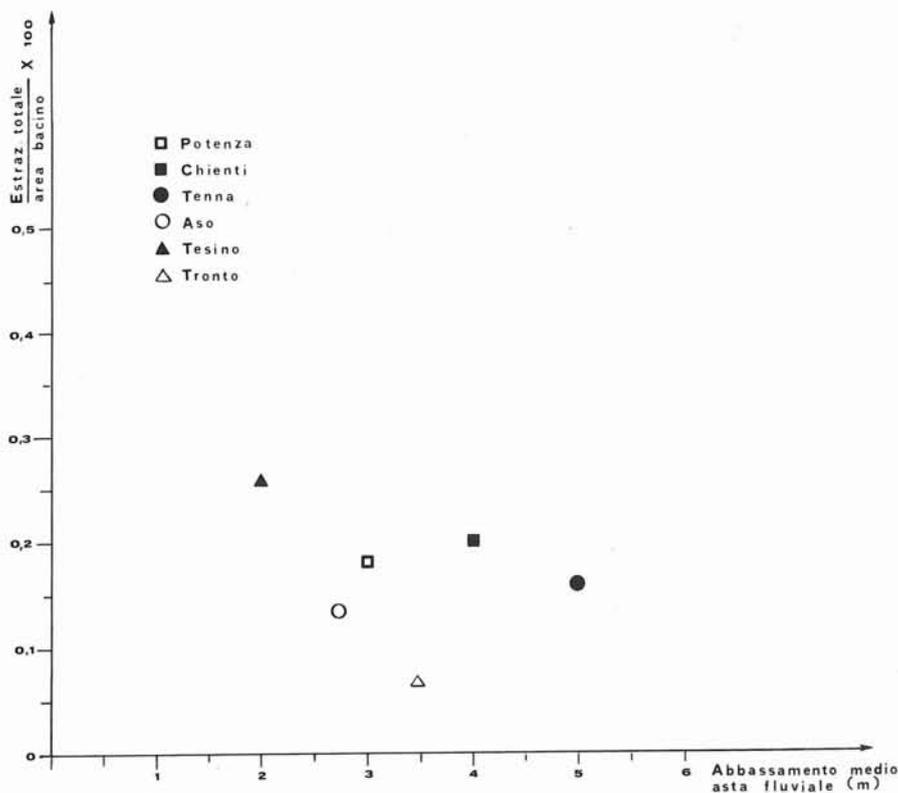


FIG. 11 - Abbassamenti medi degli alvei fluviali in funzione del rapporto tra quantità dei materiali estratti e aree dei bacini.

Sono stati rilevati infatti dall'Autorità Giudiziaria molti casi di abusivismo soprattutto in prossimità delle foci.

Come già detto, all'estrazione di inerti dagli alvei è corrisposto, in tutti i sei corsi d'acqua considerati, un forte incremento dell'erosione lineare con conseguente incisione del materasso alluvionale e, in moltissimi casi, dello stesso substrato roccioso rappresentato generalmente da sedimenti prevalentemente pelitici (fig. 9).

Il fenomeno si è esteso per erosione regressiva a tratti più o meno lunghi degli affluenti della parte più esterna dei bacini.

Nella maggior parte dei casi si sono osservati abbassamenti di 2-5 m, con punte massime superiori ai 10 m (tab. 3; fig. 10). Tali approfondimenti sembrano variare sistematicamente nei diversi fiumi considerati, in funzione del rapporto tra la quantità totale del materiale estratto e l'area del bacino imbrifero (fig. 11).

Inoltre, il restringimento delle sezioni di deflusso prodotto dal suddetto fenomeno di «incisione» ha attivato, soprattutto in corrispondenza delle piene, processi di erosione delle sponde che hanno danneggiato seriamente e a volte irrimediabilmente molti dei manufatti posti lungo i corsi d'acqua (figg. 12 e 13). Distrutte o seriamente danneggiate da erosione laterale o da scalzamento al piede risultano molte delle opere di regimazione costruite in periodi precedenti o concomitanti con il periodo in parola.

L'entità degli approfondimenti verificatisi nel periodo successivo alla metà degli anni '70 è risultato, come già accennato, sensibilmente inferiore a quella degli anni precedenti, come dimostra la fig. 14. Il fenomeno erosivo ha interessato inizialmente le porzioni medie delle aste flu-

viali per estendersi successivamente alle porzioni poste più a valle.

Va infine rilevato che l'abbassamento degli alvei e della porzione dei reticoli più prossima agli stessi ha prodotto un generalizzato abbassamento dei livelli piezometrici delle falde acquifere direttamente connesse con le acque fluviali.

L'intenso e rapido approfondimento dell'erosione lineare, manifestatosi a partire dagli anni '60, può essere spiegato, non potendo prendere in considerazione cause tettoniche (visto il breve periodo di tempo in cui si è sviluppato il fenomeno) e non essendosi verificate modificazioni climatiche degne di nota, facendo riferimento al mec-



FIG. 12 - Vistoso scalzamento al piede di un manufatto costruito nel 1968 circa poco a valle di Ascoli Piceno (Tronto).



FIG. 13 - Rete fognante troncata per effetto dell'erosione laterale e dell'approfondimento dell'alveo fluviale del Chienti (poco a valle di Tolentino).

canismo seguente: l'asportazione degli inerti dall'alveo inescava, a monte e a valle delle fosse di cava, processi erosivi rappresentati, nel primo caso da «onde» di erosione regressiva di limitata entità, nel secondo caso da «arature», di profondità diversa, dovute alla forte capacità erosiva acquistata dalle acque una volta depositato il loro carico solido nelle fosse di cava (BRANCA, 1976; CONTI & *alii*, 1983; BUCCOLINI & GENTILI, in stampa).

Il processo generava canali di sezione piuttosto ristretta, per cui le acque dovevano aumentare sensibilmente la loro velocità, con conseguente ulteriore aumento del loro potere erosivo. Ciò permetteva l'asportazione, da parte delle acque fluviali, anche di quei materiali più grossolani che costituivano in più casi, come accennato in precedenza, il letto del corpo alluvionale recente. L'erosione lineare, una volta superato il suddetto ostacolo, si spingeva nel substrato dove avanzava rapidamente visto che lo stesso è rappresentato da terreni prevalentemente pelitici e quindi facilmente erodibili.



FIG. 14 - Scalzamento al piede di entità molto ridotta dei piloni di un ponte costruito agli inizi degli anni 70, sul Fiume Aso.

Con tale meccanismo, che produceva anche un sensibile abbassamento della rete idrografica più prossima alle aste fluviali principali, anch'essa incisa nel substrato prevalentemente pelitico, venivano mobilizzati materiali in quantità pari o probabilmente superiori a quelle degli inerti estratti. Ciò in considerazione del fatto che le acque, più dense in quanto cariche di materiali pelitici (torbide) in buona parte provenienti dai corsi d'acqua tributari, acquistavano una maggiore capacità erosiva.

Mentre i materiali provenienti da monte venivano bloccati nelle fosse, quelli mobilizzati a valle delle stesse potevano migrare per tratti più o meno lunghi depositandosi o in altre eventuali fosse o lungo il letto fluviale. Si verificava quindi una migrazione verso valle del particolare ciclo *escavazione-erosione-sedimentazione*, con la conseguenza che mentre l'attività estrattiva (iniziata generalmente nella porzione media dei bacini considerati) e la successiva intensa erosione lineare dissestavano vistosamente le porzioni medie e medio-basse degli alvei, nelle porzioni terminali degli stessi si depositavano cospicue quantità di ghiaie alluvionali.

Il procedere dell'estrazione di inerti dagli alvei (spostandosi verso valle, dove fra l'altro si sono verificati, proprio in prossimità delle foci, i fenomeni di abusivismo citati in precedenza) faceva diminuire sempre più il carico solido delle acque; inoltre, avendo queste raggiunto il substrato, prendevano in carico solo materiali prevalentemente argillosi. Ugualmente non potevano contribuire, in modo sensibile, al riequilibrio del trasporto solido i corsi d'acqua affluenti i cui alvei sono generalmente incisi, come già accennato, in substrati pelitici.

LE FOCI FLUVIALI DALLA FINE DELL'800 AD OGGI

Nel presente lavoro sono state prese in considerazione oltre alle aste fluviali dei bacini in esame anche le loro foci e si è tentato di ricostruire la posizione occupata dai delta fluviali negli ultimi 100 anni circa.

Tale indagine è stata eseguita su documenti cartografici relativi a periodi diversi e di diversa provenienza: carte topografiche dell'IGM del 1892-94 e 1948-50; fotografie aeree del 1944, 1956 e 1967; mappe catastali del 1933-35, 1939, 1967, 1971, 1974; ortofotocarte della Regione Marche del 1977. Verso la fine del 1986 gli scriventi hanno direttamente rilevato la posizione attuale della linea di riva in corrispondenza della foce.

Dall'analisi comparativa dei documenti suddetti risulta un generale arretramento della linea di riva in corrispondenza delle foci fluviali considerate iniziato a partire dal 1880 circa e tutt'ora in atto.

Lo stesso fenomeno è stato già messo in evidenza e descritto oltre che per i fiumi marchigiani (PAREA, 1978; CONTI & *alii*, 1983; BUCCOLINI & GENTILI, in stampa) anche per altri fiumi italiani (ALBANI, 1933; VEGGIANI, 1963; ROVERI, 1964; RAGLIONE & RODOLFI, 1977).

Come è chiaramente illustrato dalla fig. 15 e dalla tab. 4 l'arretramento è avvenuto nel tempo in modo non uniforme. Si individua infatti un primo intervallo (1892-94/1933) caratterizzato da velocità di arretramento complessivamente

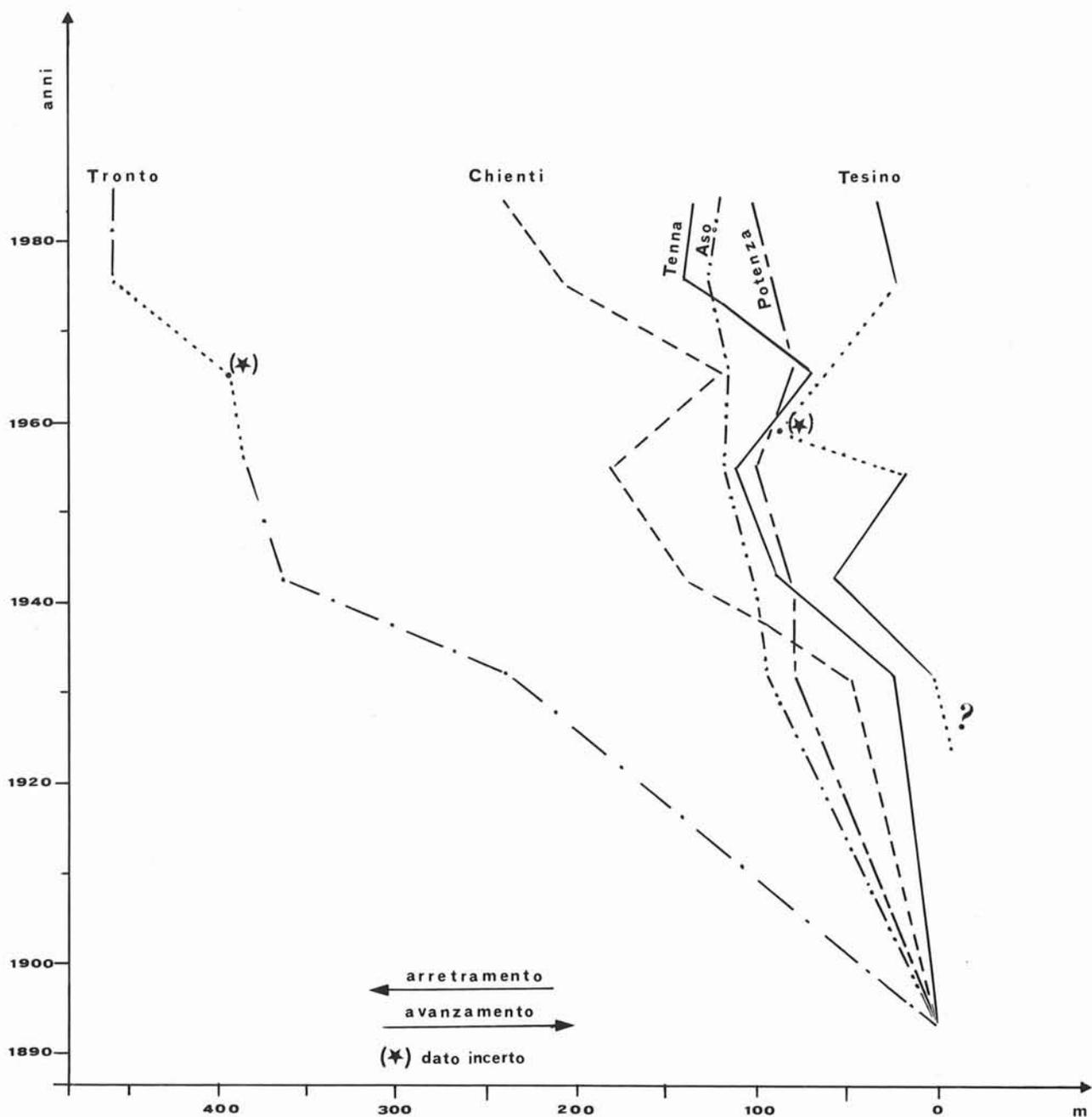


FIG. 15 - Variazioni della linea di riva in corrispondenza delle foci dei fiumi presi in esame.

minori di quelle del periodo successivo (1933/56) per le foci del Chienti, Tenna e Tronto; di poco superiori per l'Aso e il Potenza.

La foce del Tesino mostra andamenti molto variabili, dovuti probabilmente al regime torrentizio dello stesso corso d'acqua. Esso non verrà preso in considerazione nell'ambito di questa analisi, anche perché non si dispone di tutti i dati relativi ai diversi periodi considerati.

Al periodo che va dalla metà degli anni '50 alla metà degli anni '60 corrisponde un generale avanzamento delle foci (Potenza, Chienti, Tenna e Aso), o quanto meno una

forte riduzione del tasso di arretramento, come nel caso Tronto il cui dato relativo al 1967 è incerto (ottenuto da testimonianze di abitanti locali e approssimato, molto probabilmente, per difetto).

Segue infine l'intervallo 1967/1986, caratterizzato da un generale arretramento della foce, ma nel quale si distinguono nettamente due periodi, 1967/1977 e 1977/1986, contraddistinti da un netto e rapido arretramento, il primo, da arretramento meno intenso (Potenza e Chienti), da sostanziale stabilità (Tronto) o lieve avanzamento (Tenna e Aso), il secondo.

TABELLA 4

VELOCITÀ DI ARRETRAMENTO E DI AVANZAMENTO DELLE FOCI FLUVIALI.

periodo	1892-94/1986		1892-94/1933		1933/1956		1956/1967		1967/1977		1977/1986	
	arretramento		arretr. (m/a)	avanz. (m/a)								
corso d'acqua	totale (m)	velocità (m/a)										
Potenza	102	1,1	1,96	—	1,5	—	—	1,8	1,0	—	1,3	—
Chienti	240	2,6	1,2	—	5,7	—	—	5,5	9,0	—	3,3	—
Tenna	130	1,4	0,6	—	3,7	—	—	3,6	8,0	—	—	1,1
Aso	120	1,3	2,3	—	1,1	—	—	0,4	0,9	—	—	1,1
Tesino	30*	0,6*	—	—	0,6	—	—	—	—	—	1,0	—
Tronto	465	5,0	6,0	—	7,4	—	0,8**	—	7,0**	—	0,3	—

(*) Il dato si riferisce al periodo 1933/86.

(**) Dato incerto.

Le variazioni delle linee di riva in corrispondenza delle foci, descritte in precedenza, possono essere poste in relazione essenzialmente alle modificazioni del carico solido fluviale. Sembra difficile d'altra parte attribuire ad altri fattori un ruolo determinante. Non è infatti possibile fare riferimento a cause tettoniche o eustatiche per un'evoluzione geomorfologica a così breve termine. Mentre dal confronto tra le variazioni registrate nelle foci e gli andamenti dei regimi pluviometrici, riferiti agli stessi periodi, non emergono evidenti collegamenti.

Gli arretramenti delle foci, rilevati per il periodo che va dalla fine del secolo scorso agli anni '50, possono essere connessi all'occupazione agricola dei versanti e alle più moderne tecniche adottate per la messa a coltura degli stessi (VECCHIO, 1974; SERENI, 1979; GENTILI, 1975) oltre che alle opere di sistemazione idraulico-forestale, eseguite già a partire dagli anni '30 (BRANCA, 1976; CONTI & alii, 1983) che hanno prodotto una generale diminuzione dell'apporto solido ai fiumi e conseguentemente al mare.

Più complesse sono le variazioni delle foci nel periodo successivo agli anni '50. Caratteristico è il loro marcato avanzamento, che ha raggiunto il suo acme verso la metà degli anni '60. Il fenomeno può essere attribuito alla migrazione verso valle del ciclo *escavazione-erosione-sedimentazione* attivato dall'estrazione di inerti dagli alvei.

L'arretramento successivo delle foci è da porre in relazione al fatto che, una volta raggiunto e profondamente inciso il substrato prevalentemente pelitico, si è drasticamente ridotto l'apporto al mare dei materiali più grossolani.

BIBLIOGRAFIA

ALBANI D. (1933) - *Indagine preventiva sulle recenti variazioni della linea di spiaggia delle coste italiane*. CNR., Comit. Naz. Geogr., Roma, 93 pp.

ALESSIO M., ALLEGRI L., COLTORTI M., CORTESI C., DEIANA G., DRAMIS F., IMPROTA S. & PETRONE V. (1979) - *Depositi tardowürmiani nell'alto bacino dell'Esino (Appennino marchigiano)*. Datazione al ¹⁴C. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 2, 203-205.

AMBROSETTI P., CARRARO F., DEIANA G. & DRAMIS F. (1982) - *Il sollevamento dell'Italia Centrale tra il Pleistocene inferiore e il Pleistocene medio*. In: «CNR., P.F. "Geodinamica", Contributi conclusivi per la realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia, p. 2», 219-223.

BALLELLI S., BIONDI E., CORTINI PEDROTTI C., FRANCALANCIA C., ORSO-MANDO E. & PEDROTTI F. (1981) - *Il patrimonio vegetale delle Marche*. Regione Marche, Ancona.

BIONDI E. & COLTORTI M. (1982) - *The Esino flood plain during the Holocene*. Abstr. 11th INQUA Congr., Moscow, vol. 3.

BRANCA G. (1976) - *Studio sull'inquinamento dei fiumi Chienti e Potenza*. Amm. Prov. Macerata, 198 pp.

BUCCOLINI M. & GENTILI B. (in stampa) - *Variazioni della foce in relazione all'evoluzione morfodinamica recente nei fiumi Chienti e Tenna (Marche centro-meridionali)*. Mem. Soc. Geol. It.

CASTIGLIONI G. B. & PELLEGRINI G. B. (1981) - *Two maps on the dynamics of a river bed*. Proc. Florence Symposium (erosion and sediment transport measurement) 22-26 June 1981, 223-228.

CENTAMORE E., CHIOCCHINI M., DEIANA G., MICARELLI A. & PIERUCCINI U. (1971) - *Contributo alla conoscenza del Giurassico dell'Appennino umbro-marchigiano*. St. Geol. Camerti, 1, 7-89.

COCCO E., DE MAGISTRIS M. A. & DE PIPPO T. (1978) - *Studi sulle cause dell'arretramento della costa lucano-ionica: 1 - L'estrazione degli inerti lungo le aste fluviali*. Mem. Soc. Geol. It., 19, 421-428.

CONTI A., DI EUSEBIO L., DRAMIS F. & GENTILI B. (1983) - *Evoluzione geomorfologica recente e processi in atto nell'alveo del Tenna (Marche meridionali)*. Atti 23° Congr. Geogr. It., Catania 9-13 Maggio 1983, vol. 2 (3), 53-56.

DAMIANI A. V. & MORETTI A. (1968) - *Segnalazione di un episodio lacustre würmiano nell'alta valle del Chienti (Marche)*. Boll. Soc. Geol. It., 87, 171-181.

DRAMIS F. & BISCI C. (1986) - *Aspetti geomorfologici del territorio marchigiano*. Studi Geol. Camerti, n. spec. 73° Congr. Soc. Geol. It., Roma, 30 settembre - 4 ottobre 1986.

DRAMIS F. & GENTILI B. (1975a) - *La frequenza areale di drenaggio ed il suo impiego nella valutazione quantitativa dell'erosione lineare di superfici con caratteristiche omogenee*. Mem. Soc. Geol. It., 14, 337-349.

DRAMIS F. & GENTILI B. (1977) - *I parametri F (frequenza di drenaggio) e D (densità di drenaggio) e le loro variazioni in funzione della scala di rappresentazione cartografica*. Boll. Soc. Geol. It., 96, 637-651.

- DRAMIS F., GENTILI B., COLTORTI M. & CHERUBINI C. (1982) - *Osservazioni geomorfologiche sui calanchi marchigiani*. Geogr. Fis. Din. Quat., 5, 38-45.
- GENTILI B. (1975) - *Le acclività del bacino dell'alto Esino*. Not. Econ. C.C.I.A.A., Macerata, 7, 3-9.
- MINISTERO LAVORI PUBBLICI - Servizio Idrografico (Sezione di Bologna). - *Annali idrologici 1921-1974, parte I - Bacini con foce al litorale adriatico dal Reno al Tronto*.
- MINISTERO LAVORI PUBBLICI - Servizio Idrografico (Sezione di Bologna). - *Annali idrologici 1927-1972, parte II - Bacini con foce al litorale adriatico dal Reno al Tronto*.
- MINISTERO LAVORI PUBBLICI - Servizio Idrografico (Sezione di Bologna). (1966) - *Distribuzione delle temperature dell'aria in Italia nel trentennio 1926-1955*.
- MORI A. (1957) - *L'Italia fisica*. TCI., Milano, 320 pp.
- OSSERVATORIO GEOFISICO MACERATA - *Osservazioni meteorologiche, 1975-1982*. Rend., sez. I.
- PEREA G. C. (1978) - *Trasporto dei sedimenti ed erosione costiera lungo il litorale fra il Tronto e il Fortore (Adriatico Centrale)*. Mem. Soc. Geol. It., 19, 361-367.
- PELLEGRINI M. & ZAROTTI L. (1975) - *Un esempio di erosione accelerata in alveo: il T. Tiepido presso Maranello (Modena)*. Atti Soc. Nat. Mat. Modena, 106, 145-156.
- PELLEGRINI M., PEREGO S. & TAGLIAVINI S. (1980) - *La situazione morfologica degli alvei degli affluenti emiliani del Po*. Min. Lav. Pubbl., Magistrato del Po, Parma.
- RAGLIONE M. & RODOLFI G. (1977) - *Osservazioni sui processi morfogenetici in atto nel basso corso del Fiume Soleo (Calabria)*. Ann. Ist. Sper. Studio Dif. Suolo, 8, 37-63.
- ROVERI E. (1964) - *Sul ciclo di erosione rinnovatosi lungo i corsi d'acqua dell'Appennino Emiliano*. Boll. Soc. Geol. It., 84, (1), 289-309.
- SERENI E. (1979) - *Storia del paesaggio agrario italiano*. Laterza, Bari, 484 pp.
- VECCHIO B. (1974) - *Il bosco negli scrittori italiani del settecento e dell'età napoleonica*. Einaudi, Torino, 276 pp.
- VEGGIANI A. (1963) - *Ancora un esempio dei danni causati dalla ripresa del ciclo erosivo dei fiumi appenninici*. Boll. C.C.I.A.A., Forlì, 17, (12).