

MAURO COLTORTI (*), TORQUATO NANNI (**) & PAOLA VIVALDA (**)

LA BASSA VALLE DEL FIUME MUSONE (MARCHE): GEOMORFOLOGIA E FATTORI ANTROPICI NELL'EVOLUZIONE DELLA PIANURA ALLUVIONALE

Abstract: COLTORTI M., NANNI T. & VIVALDA P., *Musone River Valley (Marche): geomorphology and human impact on the evolution of the alluvial plain* (IT ISSN 0391-9838, 1991).

It is possible to attribute the growth of a barrier beach to the first important woodland clearings which occurred from the Bronze to the Iron age. Landward, this barrier created swamps and lagoons where the sedimentation concentrated up to the medioeval times. Until 1 400 the channel pattern is of meander type and, in the lower part of the valley, the floods spread all over the alluvial plain. Upvalley it cuts Upper Pleistocene alluvial sediments creating several terraces hanging on the valley floor. After the Middle Age the channel pattern changes progressively to a braided type, testifying a conspicuous increase in sediment load; this alteration in the pattern is due to the soil erosion following the progressive agricultural re-occupation of the slopes.

The coastline remains almost in the same position from Roman to Medioeval times, where a progradation which received a considerable acceleration after the 1 400 is documented. During this period the Musone River is artificially diverted towards the Aspio River and delimited by artificial levees while the coastal plain is reclaimed and cultivated.

The alluvial plain keeps an aggradational phase until the end of 1 800 as well as the coastline which advances for more than 100 m in comparison with the medioeval one. A strong downcutting started, following quarrying and the progressive building of artificial levees, after the '40-50. Several bridges were destabilized and fell down or refounded. The building of trasversal dams locally stabilizes the erosion, but on a larger scale, creates more intense erosion and generates a step-like longitudinal profile. The downcutting reached values higher than 10 m in 50 years and interested at first the alluvial sediments then the bedrock. As a consequence of the reduced sediment load, the coast underwent erosion; in order to prevent this phenomena a lot of artificial longitudinal barriers were erected. Nowadays along the coastline, relatively stable parts alternate with tracts in a state of erosion.

KEY WORDS: Geomorphological evolution, Human impact, Holocene, Musone Valley (Marche).

Riassunto: COLTORTI M., NANNI T. & VIVALDA P., *La bassa valle del fiume Musone (Marche): geomorfologia e fattori antropici nell'evoluzione della piana alluvionale* (IT ISSN 0391-9838, 1991).

Ai primi importanti disboscamenti, avvenuti tra l'Età del Bronzo e l'Età del Ferro, è connessa la crescita di un cordone litorale che delimita verso l'entroterra ambienti paludosi, dove si concentra la sedimentazione fino al dodicesimo secolo.

Il corso d'acqua, che presenta un tracciato meandriforme fino al 1 400, tende ad occupare con le sue piene la parte bassa della pianura mentre, più a monte, incide i sedimenti alluvionali pleistocenici creando alcuni terrazzi sospesi sul fondovalle. Dopo il Medioevo il corso d'acqua assume progressivamente un tracciato a canali intrecciati in seguito al forte aumento del carico solido. Questa variazione è attribuita all'erosione del suolo connessa con la rioccupazione agricola del territorio.

La linea di riva, sostanzialmente stabile in epoca romana, è caratterizzata, nel Medioevo, da una progradazione verso mare che riceverà un forte impulso a partire dal 1 400. In questo periodo il Musone viene deviato artificialmente verso l'Aspio, arginato, e la pianura costiera viene bonificata e messa a coltura.

La piana alluvionale continua ad essere in aggradazione fino alla fine del secolo scorso, così come la costa che progredisce di oltre 100 metri rispetto alla linea di riva medioevale. In seguito all'intensa attività estrattiva ed alle opere di arginatura negli anni 1 940-50 il fiume inizia ad incidere il proprio alveo e vengono destabilizzati numerosi manufatti. La costruzione di briglie trasversali in alveo riduce localmente il fenomeno ma innesca più intensi fenomeni erosivi a scala di bacino, generando un profilo longitudinale a gradini. L'erosione in alveo raggiunge valori anche superiori a 10 m in appena 50 anni e si esplica dapprima a spese del materasso alluvionale e successivamente all'interno del substrato. Come conseguenza del limitato apporto di sedimenti, un ampio tratto della costa entra in erosione e per impedire l'arretramento vengono edificate numerose barriere longitudinali. Attualmente lungo la costa si alternano tratti relativamente stabili a tratti in erosione.

TERMINI CHIAVE: Fiume Musone, Evoluzione geomorfologica, Impatto antropico, Olocene, Marche.

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

(**) Dipartimento di Scienze e dei Materiali della Terra, Università degli Studi di Ancona.

Comunicazione presentata al «2° Seminario sulle Pianure minori italiane» (Urbino, 9-10 Gennaio 1991) nell'ambito del Progetto del M.P.I. (fondi 40%) «Genesi ed evoluzione geomorfologica delle pianure dell'Italia peninsulare ed insulare» (Resp. Naz. prof. P.R. Federici; Resp. U.O. prof. T. Nanni) e dei fondi 60% (Resp. prof. M. Coltorti e Resp. dott.ssa P. Vivalda).

Il bacino del Fiume Musone (fig. 1) occupa la porzione meridionale dell'alto strutturale ad orientamento antiappenninico, rappresentato dall'allineamento M. Maggio-Cingoli-M. Conero, che suddivide la regione marchigiana in due settori caratterizzati da differente orientamento dei lineamenti strutturali (CALAMITA & DEIANA, 1986; NANNI & alii, 1986; CANTALAMESSA & alii, 1986). I fronti di

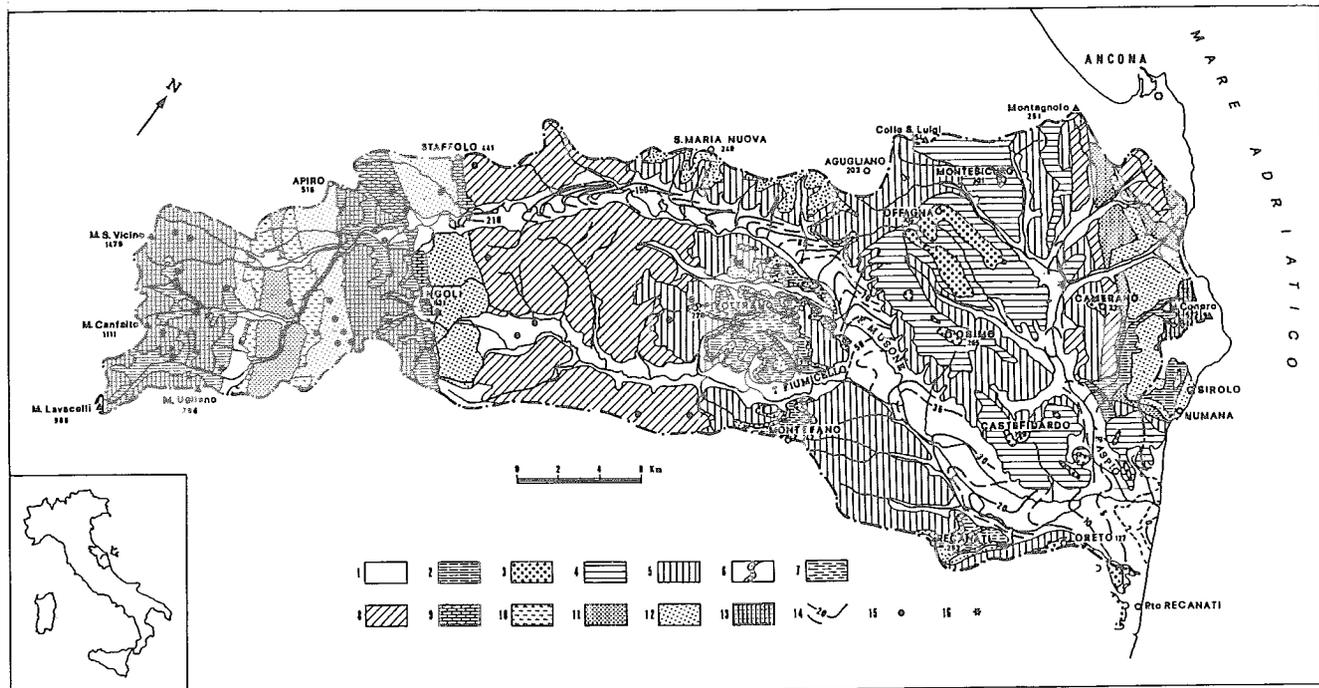


FIG. 1 - Schema geologico del bacino idrografico del Fiume Musone. 1 - Depositi eluvio-colluviali di fondovalle e depositi alluvionali terrazzati; 2 - Depositi detritici di versante e depositi alluvionali ghiaiosi del Monte Conero; 3 - Arenarie sabbiose con livelli lenticolari di ghiaia sabbiosa (Siciliano); 4 - Alternanze di argilla sabbiosa, arenarie e sabbie poco cementate (Siciliano); 5 - Argille marnose con intercalate unità arenacee ed arenaceo-sabbiose; 6 - Argille marnoso-sabbiose con intercalazioni sabbiose (Pleistocene); 7 - Argille marnose (Pliocene inferiore e medio); 8 - Alternanze di argille marnose e corpi arenacei (Pliocene inferiore); 9 - Argille marnose post-evaporitiche (Argille a Colombacci, Messiniano superiore); 10 - Alternanze di argille marnose e marne, marne bituminose, gessi, marne tripolacee, arenarie e ghiaie della Formazione Gessoso solfifera e del pre-evaporitico (Messiniano inferiore e medio); 11 e 12 - Marne, argille marnose e calcari marnosi dello Schlier e Bisciaro; 13 - Successione carbonatica meso-cenozoica marchigiana; 14 - Curve piezometriche dell'acquifero presente nella pianura alluvionale del Fiume Musone; 15 - Sorgenti principali; 16 - Sorgenti mineralizzate.

varie unità sovrascorse, costituite da rocce carbonatiche meso-cenozoiche, affiorano nella dorsale marchigiana, dove il Musone ha le proprie sorgenti, nella dorsale di Cingoli e, più ad est, nel M. Conero. Queste dorsali sono separate da bacini miocenici e plio-pleistocenici, a sedimentazione prevalentemente torbiditica. Tali strutture, orientate in direzione appenninica, sono dislocate da faglie circa NW-SE, NE-SW ed E-W.

Nel bacino marchigiano esterno la giacitura degli strati, generalmente a monoclinale immergente verso E, è in-

terrotta dalla struttura plicativa pliocenica di Polverigi. La sequenza plio-pleistocenica è costituita principalmente da litotipi argilloso-marnosi con intercalati, a varia altezza, corpi arenacei ed arenaceo-sabbiosi. I corpi arenacei più spessi si hanno alla base del Pliocene inferiore ed affiorano ad est di Cingoli; quelli arenaceo-sabbiosi sono presenti principalmente nei depositi pleistocenici tra Osimo e S. Maria Nuova. Depositi arenacei e conglomeratici di transizione chiudono la sequenza plio-pleistocenica nei pressi della costa (Siciliano e Crotoniano).

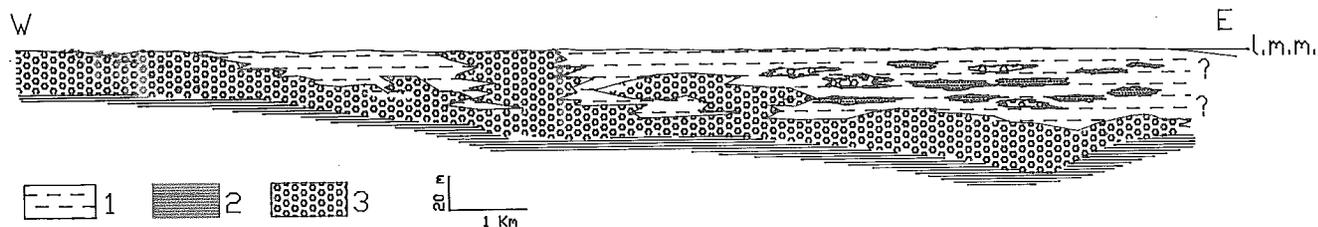
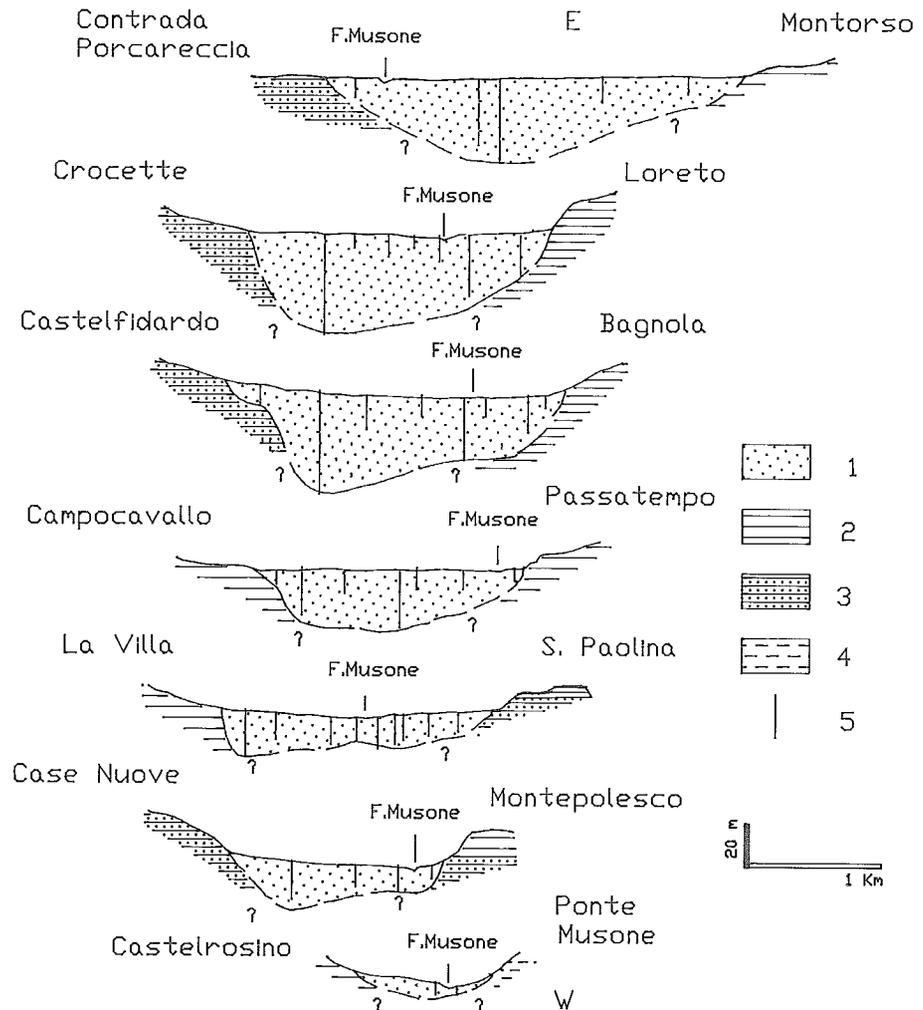


FIG. 2 - Sezione schematica longitudinale della pianura alluvionale del Fiume Musone. 1 - Corpi limosi e limoso-argillosi; 2 - Corpi sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi; 3 - Corpi ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi. Tali corpi insistono sul substrato argilloso-marnoso plio-pleistocenico.

FIG. 3 - Sezioni schematiche trasversali della pianura alluvionale del Fiume Musone. 1 - Depositi alluvionali (Pleistocene-Olocene); 2 - Argille marnose (Plio-Pleistocene); 3 - Alternanze di unità pelitico-arenacee ed arenaceo-pelitiche (Pleistocene); 4 - Argille marnose (Pliocene); 5 - Pozzi con stratigrafia.



CARATTERI IDROGEOLOGICI

Il regime pluvio-termometrico del bacino del Fiume Musone è di tipo sublitoraneo appenninico con influenze marittime.

L'acquifero della pianura alluvionale, sostenuto dall'acquicluda rappresentato dalle argille plioleistoceniche, è costituito da corpi lenticolari ghiaiosi, ghiaioso-sabbiosi e da lenti variamente estese di depositi fini limoso-sabbiosi e limoso-argillosi (fig. 2). La distribuzione di questi litotipi varia sensibilmente nella pianura alluvionale. Schematicamente si individuano tre zone con caratteristiche idrogeologiche differenti: acquifero monostrato a monte di Osimo, principalmente costituito da corpi ghiaioso-sabbiosi; acquifero monostrato con locali condizioni di falda multi-strato, tra Osimo e Castelfidardo, ed acquifero a due strati a valle di Castelfidardo, costituito, nella porzione inferiore, da ghiaie e ghiaie sabbiose e, in quella superiore, da limi argillosi e sabbiosi con intercalati modesti corpi ghiaiosi. Lo spessore di questi ultimi depositi raggiunge valori massimi di 40 m (GARZONIO & NANNI, in stampa) (fig. 3).

Sulla base dell'andamento della superficie piezometrica si individuano tre settori in cui il gradiente idraulico medio è rispettivamente del 5‰, del 15‰ e del 30‰. L'andamento dei principali assi di drenaggio delle acque sotterranee, che frequentemente corrispondono ad antichi alvei fluviali (fig. 5), risulta connesso con gli elevati spessori dei depositi alluvionali prevalentemente ghiaiosi. L'escursione media annua della piezometrica è di circa 3 m con forti variazioni tra la parte alta della pianura, dove si raggiungono valori superiori ai 5 m, e la zona costiera (NANNI, 1985). L'escursione massima, nella parte alta della pianura ed ai limiti della stessa, può anche superare 8 m. L'alimentazione dell'acquifero è dovuta essenzialmente alle acque del Fiume Musone ed a quelle dei subalvei dei suoi affluenti (T.te Fiumicello e Fiume Aspio). La ricarica avviene principalmente in corrispondenza dei paleoalvei. L'alimentazione da parte delle piogge è estremamente limitata poiché l'afflusso meteorico efficace viene, in larga parte, assorbito dalla spessa copertura limosa come umidità del suolo.

I prelievi da falda per uso agricolo, industriale e civile

risultano essere di circa $7,0 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$ (NANNI, 1985). Tale valore è da considerarsi in difetto, in quanto gli unici dati certi sono quelli degli acquedotti che da soli captano circa $4,0 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$. Infatti i prelievi ad uso industriale, non essendo sottoposti a controlli, sono difficilmente quantificabili così come la valutazione dei consumi per uso irriguo. Un elevato quantitativo d'acqua viene inoltre prelevato in prossimità della costa durante la stagione estiva.

GEOMORFOLOGIA DELLA BASSA VALLE DEL FIUME MUSONE

L'attuale assetto geomorfologico è connesso con l'interazione tra sollevamento pleistocenico (AMBROSETTI & *alii*, 1982) ed eventi climatici quaternari. Ciò ha condotto alla formazione di differenti ordini di terrazzi alluvionali a quote progressive sul fondo valle (LIPPARINI, 1939; VILLA, 1942). Ai movimenti verticali sono associati inoltre importanti basculamenti in senso appenninico ed antiappenninico e l'attività di faglie con analogo orientamento. L'attività neotettonica è inoltre una delle principali cause della migrazione verso sud dell'asta fluviale (NANNI & VIVALDA, 1987). Ciò ha condizionato i processi deposizionali ed ero-

sivi all'origine dell'attuale pianura e, conseguentemente, la geometria dei corpi sedimentari.

Nel tratto mediano e montano del bacino sono conservate superfici di spianamento correlabili alla superficie villafranchiana (DEMANGEOT, 1965). A quote elevate, tra Osimo ed Ancona in sinistra idrografica, e tra Loreto e Porto Recanati sulla destra, sono visibili ampi tratti spianati alla sommità dei crinali. Si tratta della superficie sommitale di deposizione della sequenza marina plio-pleistocenica i cui termini più recenti sono attribuiti al Siciliano ed al Crotoniano (NANNI & *alii*, 1986; CANTALAMESSA & *alii*, 1986). L'approfondimento vallivo nell'area esaminata è dunque post-crotoniano.

I depositi terrazzati pleistocenici sono presenti in lembi isolati nella parte montana del bacino, mentre hanno una estensione maggiore tra Cingoli e S. Maria Nuova. I terrazzi del Pleistocene medio sono estremamente ridotti e la parte sommitale del più antico è raramente preservata. Nei pressi di Osimo è visibile una superficie di erosione su roccia probabilmente raccordabile a questa fase di modellamento.

Il terrazzo del III ordine, attribuito al Pleistocene superiore, è il più esteso. A valle di Case Nuove esso si abbassa progressivamente sino ad essere sovralluvionato e se-

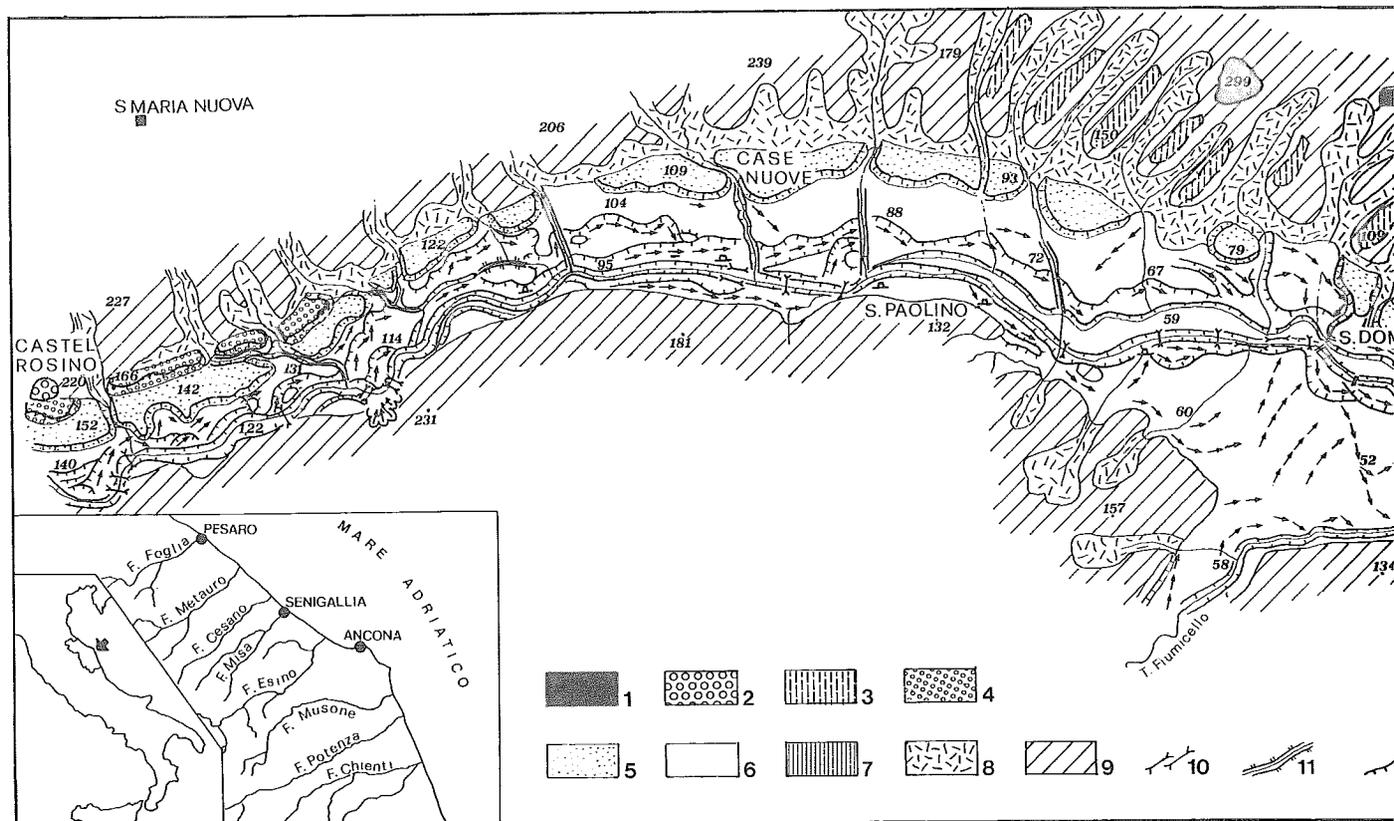


FIG. 4 - Principali elementi geomorfologici della pianura alluvionale del F. Musone, tra Castel Rosino e la foce. 1 - Superficie sommitale di deposizione dei sedimenti siciliano-crotoniani; 2 - Depositi alluvionali terrazzati (I ordine, Pleistocene medio); 3 - Superficie di erosione correlabile ai depositi alluvionali di I ordine (Pleistocene medio); 4 - Depositi alluvionali terrazzati (II ordine, Pleistocene medio-finele); 5 - Depositi

polto dai sedimenti della piana attuale. È quindi probabile, come avviene nella adiacente pianura del fiume Esino (COLTORTI & NANNI, 1987), che gli elevati spessori dei depositi alluvionali nella parte bassa della valle (figg. 3 e 4) siano comprensivi di più fasi deposizionali.

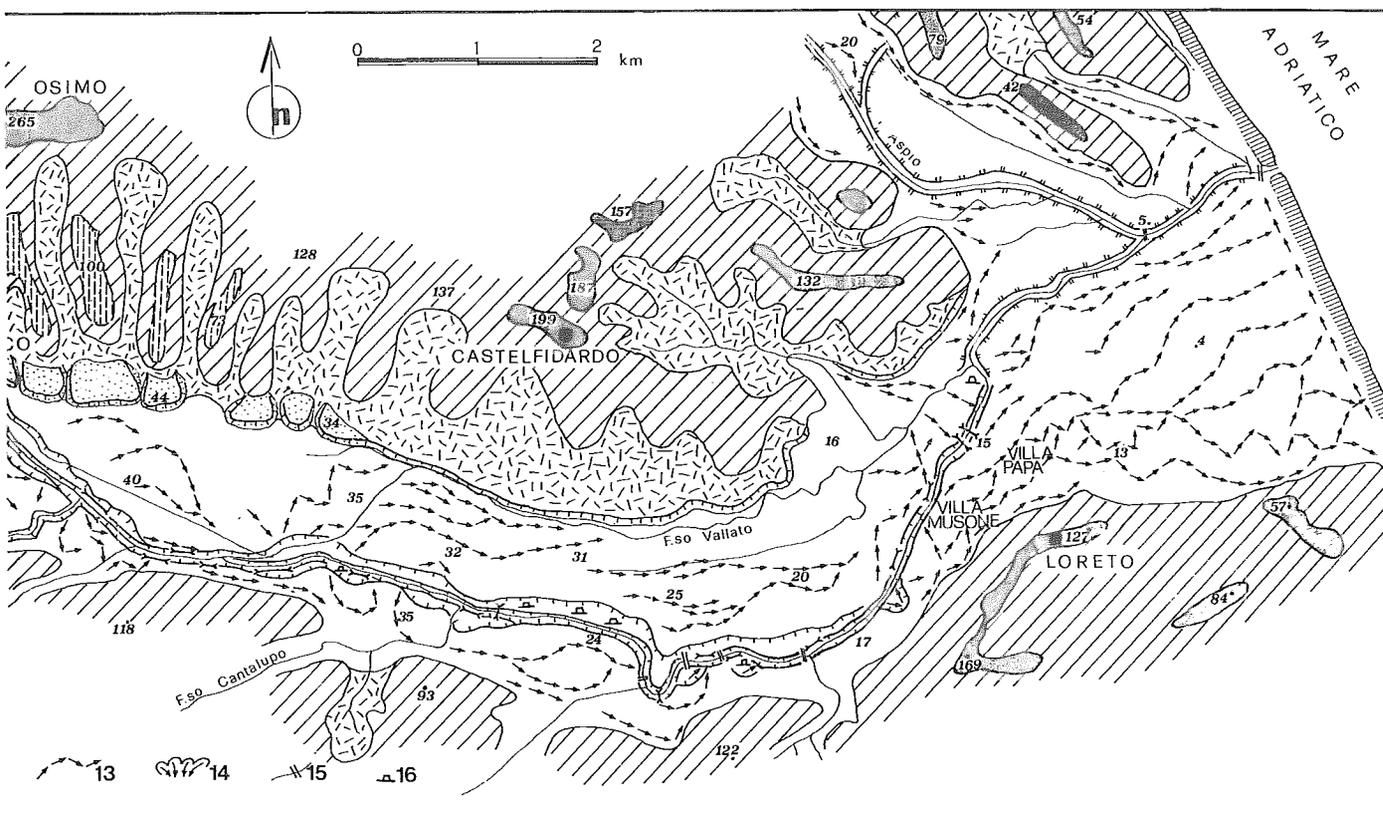
LA PIANURA ALLUVIONALE OLOCENICA

La pianura alluvionale, estesa per circa 107 km², inizia ad est dalla dorsale carbonatica di Cingoli ed è delimitata dall'affioramento dei terreni pelitici plio-pleistocenici sui fianchi vallivi. La sua estensione varia da poche centinaia di metri nell'area montana a più di un chilometro nel tratto mediano e si amplia progressivamente sino ad oltre 3 km nei pressi della foce.

Il tratto costiero della valle del Musone è privo di terrazzi alluvionali (fig. 4). Il versante destro è molto ripido e presenta un raccordo netto alla pianura; il versante sinistro è invece dolce e, sia ai piedi dei versanti che allo sbocco di vallecole minori, sono presenti spessori considerevoli di depositi colluviali. Infatti, fino alla metà del 1500, il versante destro della valle era interessato da un continuo scalzamento al piede (BALDETTI & alii, 1983), mentre depositi colluviali potevano accumularsi nella parte inferiore del versante opposto.

L'alveo attuale è delimitato da argini artificiali di alcuni metri di altezza (fig. 4). Come indicato da BULI & ORTOLANI (1947), protezioni simili furono erette per deviare l'asta fluviale verso la sinistra idrografica, probabilmente agli inizi del 1400. Nella carta della «Marca d'Ancona» del 1564 (JACOBELLI & alii, 1982) il Musone confluisce nell'Aspio mentre, prima di questo periodo i due fiumi, come anche indicato nella *Tabula Peutingeriana* (ALFIERI & alii, 1966), avevano foce separata. Alle spalle del cordone litorale, in corrispondenza dell'antica foce esistevano stagni e paludi costiere che rendevano insalubre l'area e che, verosimilmente anche in seguito all'accresciuto bisogno di terreno coltivabile, venivano bonificate nel 1400.

Le ricerche geomorfologiche hanno permesso di individuare numerosi vecchi alvei alcuni dei quali ancora oggi ubicati in corrispondenza di «bassi morfologici» come depressioni allungate, canali minori e «vallati». Uno dei migliori esempi è costituito dal Fosso Vallato che corre quasi ai piedi del versante sinistro per poi deviare, vari chilometri a monte della confluenza, verso l'alveo attuale. In corrispondenza di uno di questi paleoalvei è ubicato il limite comunale che, nella restante parte dell'area, è costituito dal letto attuale. È dunque verosimile che, almeno alcuni



alluvionali terrazzati (III ordine, Pleistocene superiore); 6 - Depositi alluvionali terrazzati e del letto attuale (IV ordine, Olocene); 7 - Depositi di spiaggia attuale (Olocene); 8 - Depositi colluviali (Olocene-Pleistocene); 9 - Substrato; 10 - Briglie; 11 - Argini artificiali; 12 - Scarpate di erosione fluviale; 13 - Paleoalvei e canali abbandonati; 14 - Calanchi; 15 - Ponti crollati; 16 - Cave.



FIG. 5 - Sequenza tipo dei depositi alluvionali nella bassa valle del Fiume Musone. Livelli ghiaiosi e sabbiosi di corso d'acqua a canali intrecciati sovrastano sedimenti argillosi di tracciato meandriforme, contenenti resti paleobotanici.

di questi paleoalvei rappresentino il tracciato del fiume dopo le deviazioni artificiali del 1400. Altri paleoalvei sono ubicati ai lati di strade, il cui andamento sinuoso, è da associare alle divagazioni passate dei canali stessi. Nei pressi della foce uno di questi, ubicato 900 metri a sud dell'alveo attuale, presenta dei sedimenti di argine naturale facilmente riconoscibili. Si tratta sempre di canali a tracciato rettilineo o debolmente sinuoso che non differiscono da quello attuale.

Una eccezione è costituita dal paleoalveo ubicato quasi a ridosso del versante meridionale, che ricalca in parte quello che è indicato come il percorso precedente la regimazione quattrocentesca (ALFIERI & *alii*, 1966; BALDETTI & *alii*, 1983). Questo corso, decisamente a meandri, si segue dalla costa fino a 1 km a monte di Villa Musone, prima di essere cancellato dal corso attuale.

Alcuni paleoalvei a tracciato sinuoso sono stati individuati anche all'interno della valle dell'Aspio, il cui alveo è arginato per chilometri. Questo corso d'acqua era navigabile prima del Rinascimento, almeno fino alla frazione omonima, vari chilometri nell'entroterra. Alcuni tracciati decisamente meandriformi si individuano, nella piana alluvionale in destra idrografica, a monte della confluenza del Fosso di Cantalupo.

Nei pressi della confluenza con il Fiumicello, si iniziano ad individuare, nella piana alluvionale ai lati dell'alveo attuale, alcune scarpate di erosione fluviale la cui altezza aumenta progressivamente verso monte. L'alveo continua, ad eccezione di alcuni brevi tratti con meandri incassati, ad avere un tracciato sostanzialmente rettilineo. L'andamento delle scarpate è anch'esso quasi rettilineo, sebbene in alcuni tratti siano presenti alcune rientranze associabili alla migrazione laterale di antichi meandri. Tali scarpate delimitano un'area compresa tra i 200 ed i 500 metri, più ristretta rispetto alla pianura alluvionale. In superficie, all'

interno di tale area, sono presenti sedimenti ciottolosi grossolani con rare intercalazioni sabbiose. La stratificazione è tabulare piano-parallela o lievemente concava, a testimoniare canali di bassa profondità in un regime a canali intrecciati sostanzialmente simile a quella dell'alveo attuale. L'area compresa tra queste due scarpate corrisponde, in larga parte, al letto ordinario e straordinario sino alla fine del secolo scorso.

Al di sotto di questi sedimenti sono presenti intercalazioni ghiaioso-sabbiose associate inferiormente a livelli siltosi ed argillosi. Questi rappresentano il riempimento di canali di maggior profondità, in un corso a meandri. Sia lungo l'alveo, che nelle numerose cave di ghiaia, all'interno di questi sedimenti, sono stati rinvenuti resti paleobotanici (fig. 5) (tronchi, rami, foglie, ecc.). Rinvenimenti simili sono stati segnalati lungo i fiumi Esino (BIONDI & COLTORTI, 1982), Foglia (GORI, 1986; BEDOSTI, 1990), Misa e Cesano.

Ai lati di questa piana alluvionale, a monte della confluenza con il Torrente Fiumicello, sono presenti varie scarpate (p.e. loc. S. Domenico e Villa Nappi) a margini vivi, alcuni molto sinuose e a «ferro di cavallo», a suggerire la presenza di antichi meandri. Verso monte aumenta il numero delle scarpate e la loro altezza. Nella piana alluvionale, a monte di Casenuove, nella parte interna delle anse di meandro, sono presenti alcuni dossi sopraelevati. Alla loro sommità si rinvencono talora manufatti neo-eneolitici (PERCOSSI & SILVESTRINI, 1987) che permettono di attribuire la fine della deposizione dei sedimenti sottostanti almeno a 6-7 000 anni fa.

Nei pressi del versante, in sinistra idrografica, in questa area si iniziano a rinvenire i primi depositi sicuramente riferibili al Pleistocene superiore. Essi sono alternati da suoli bruni di elevato spessore che sono associabili ad una vegetazione forestale perdurata per un lungo lasso di tempo.

Anche lungo il Musone sono dunque riconoscibili le fasi evolutive riscontrate in altre valli marchigiane. I periodi più antichi dell'evoluzione olocenica (fase 4 e 5), sono marcate da un tracciato meandriforme, a cui segue lo sviluppo di una ampia pianura a canali intrecciati (fase 3), che verrà progressivamente ristretta (fase 2) sino all'attuale posizione dell'alveo (fase 1).

L'ALVEO ATTUALE

La caratteristica saliente dell'alveo nel tratto esaminato è la presenza di un profilo longitudinale marcatamente a gradini (fig. 6). Dopo gli anni '40-'50 l'alveo è stato interessato da una marcata sottoescavazione, che ha condotto alla destabilizzazione di numerosi ponti. Numerose briglie e massciate, erette principalmente per la protezione di queste opere, hanno causato un trattenimento del carico solido a monte delle stesse ed una rapida erosione a valle. Ciò non ha impedito il crollo di numerosi ponti come ad esempio quello nei pressi di Villa Musone, di S. Domenico, ecc. Molti ponti sono stati riedificati in tempi recenti ed alcuni, come quello nei pressi di Castel Rosino, sono stati sottofondati.

L'alveo è arginato dalla foce sino alla confluenza con il Fosso Vallato. In questa località l'altezza delle scarpate, che delimitano l'alveo attuale, è inferiore al metro ed aumenta progressivamente sino ad oltre 4 m, in corrispondenza della prima briglia, a Villa Musone. A monte della briglia l'altezza della scarpata è nuovamente inferiore al metro ed aumenta progressivamente sino alla briglia successiva. Questo fenomeno si ripete per tutta l'area studiata.

Nella parte bassa della valle l'entità dell'approfondimento raramente supera i 5 m, mentre a monte di Case Nuove esso può raggiungere i 10 m. Questa erosione accelerata ha portato all'affioramento, alcuni chilometri a monte di Villa Musone, di argille bluastre contenenti i re-

sti vegetali sopra citati. Il primo affioramento del substrato, costituito dalle argille plioceniche, avviene nei pressi di S. Paolina di Filottrano. Da questo punto in poi il substrato affiora quasi continuamente, talora costituendo per vari metri le pareti dell'alveo. In alcuni tratti sono state edificate briglie, la cui altezza può superare i 5 m, in corrispondenza delle quali si originano vere e proprie cascate. La forte erosione in alveo ha frequentemente indotto un rapido scalzamento della superficie di imposta delle briglie stesse e la necessità dell'edificazione di ulteriori difese trasversali a valle.

Oggigiorno l'alveo non si avvicina mai al versante nel tratto terminale della valle mentre ciò avviene frequentemente a monte di S. Paolina. In questi casi all'erosione in alveo si associano movimenti in massa, generalmente superficiali, che talora originano morfologie calanchive (p.e. a valle di Castel Rosino). In destra idrografica, da Loreto a Castel Rosino, sono però presenti numerosi movimenti gravitativi, anche di più grandi dimensioni, la cui genesi è associabile allo scalzamento al piede operato dal fiume nel passato.

Ai lati dell'alveo sono presenti numerose cave di inerti che sino a circa venti anni fa giungevano ad interessare anche l'alveo stesso. A valle di queste zone, come nei pressi di Campocavallo, il letto attuale si amplia in seguito alla deposizione dell'elevato carico solido eroso nei pressi delle zone di cava, come segnalato in fiumi limitrofi da GENTILI & PAMBIANCHI (1987).

IL LITORALE

Alla fine della trasgressione fiandriana il mare si spingeva all'interno delle valli. La costa marchigiana era caratterizzata da falesie vive a cui si alternavano baie, più o meno estese, in corrispondenza delle foci fluviali (BULI & ORTOLANI, 1947; COLTORTI, in stampa).

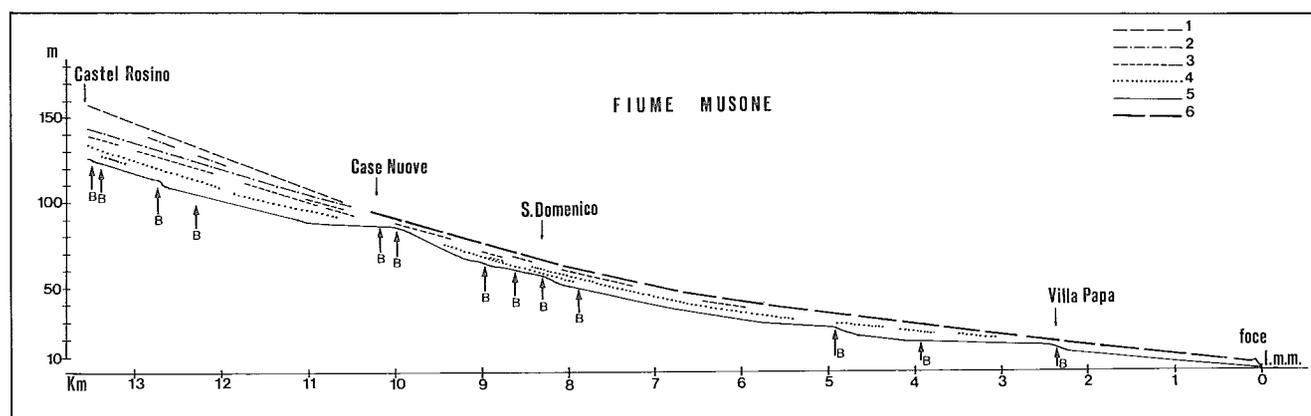


FIG. 6 - Profilo longitudinale del Fiume Musone da Castel Rosino alla foce. 1 - Terrazzo legato ad un tracciato a canali intrecciati (Pleistocene superiore); 2 - Terrazzo legato ad un tracciato a meandri (parte alta della pianura); 3 - Terrazzo legato ad un tracciato a canali intrecciati (epoca romana-fine 1800); 4 - Terrazzo legato ad un tracciato a canali intrecciati sino agli anni '50; 5 - Profilo dell'alveo attuale; 6 - Superficie della pianura alluvionale costiera dall'epoca romana. Il profilo dell'alveo attuale è marcatamente a gradini in seguito all'edificazione di numerose briglie (B). Nella parte superiore della pianura sono ben distinguibili vari terrazzi «minori» compresi tra quello pleistocenico e l'alveo attuale. Tali elementi confluiscono e sono difficilmente distinguibili nell'area di foce.

Una prima progradazione della linea di riva è documentata in epoca pre-romana, in seguito alle prime importanti erosioni del suolo associate ai forti disboscamenti dall'età del Bronzo all'età del Ferro, segnalate in bacini limitrofi (CALDERONI & *alii*, in stampa) e in varie zone del Mediterraneo (DELANO-SMITH, 1967; VITA-FINZI, 1969).

Nei pressi della foce, durante il III sec. A.C., esistevano paludi costiere protette verso mare da un cordone litorale, analogamente a quanto riscontrato a Senigallia (ORTOLANI & ALFIERI, 1978). Nel sottosuolo infatti tra Villa Musone e la foce sono presenti limi argilloso-torbosei, con spessori anche superiori ai 30 m (GARZONIO & NANNI, in stampa). La linea di riva, doveva essere ancora molto ar-

retrata rispetto a quella attuale, dato che i ruderi della città di Potentia, allora ubicata alla foce del vicino fiume Potenza, sono a circa 1 km nell'entroterra (BALDETTI & *alii*, 1967). L'insediamento romano della «Banderuola» indica, d'altra parte, che il Fiume Musone veniva attraversato alcuni chilometri a monte della costa attuale, poiché nell'area di foce erano presenti le paludi costiere, che persistono sino al medioevo (fig. 7).

I fiumi Aspicio e Musone, come già accennato, avevano due corsi distinti e la foce del Musone era ubicata circa 2,5 km a sud rispetto alla foce attuale. Ciò è testimoniato da un grosso nucleo murario appartenente alla spalla di un ponte in località «Sbocca del Sasso» (ALFIERI & *alii*, 1966).

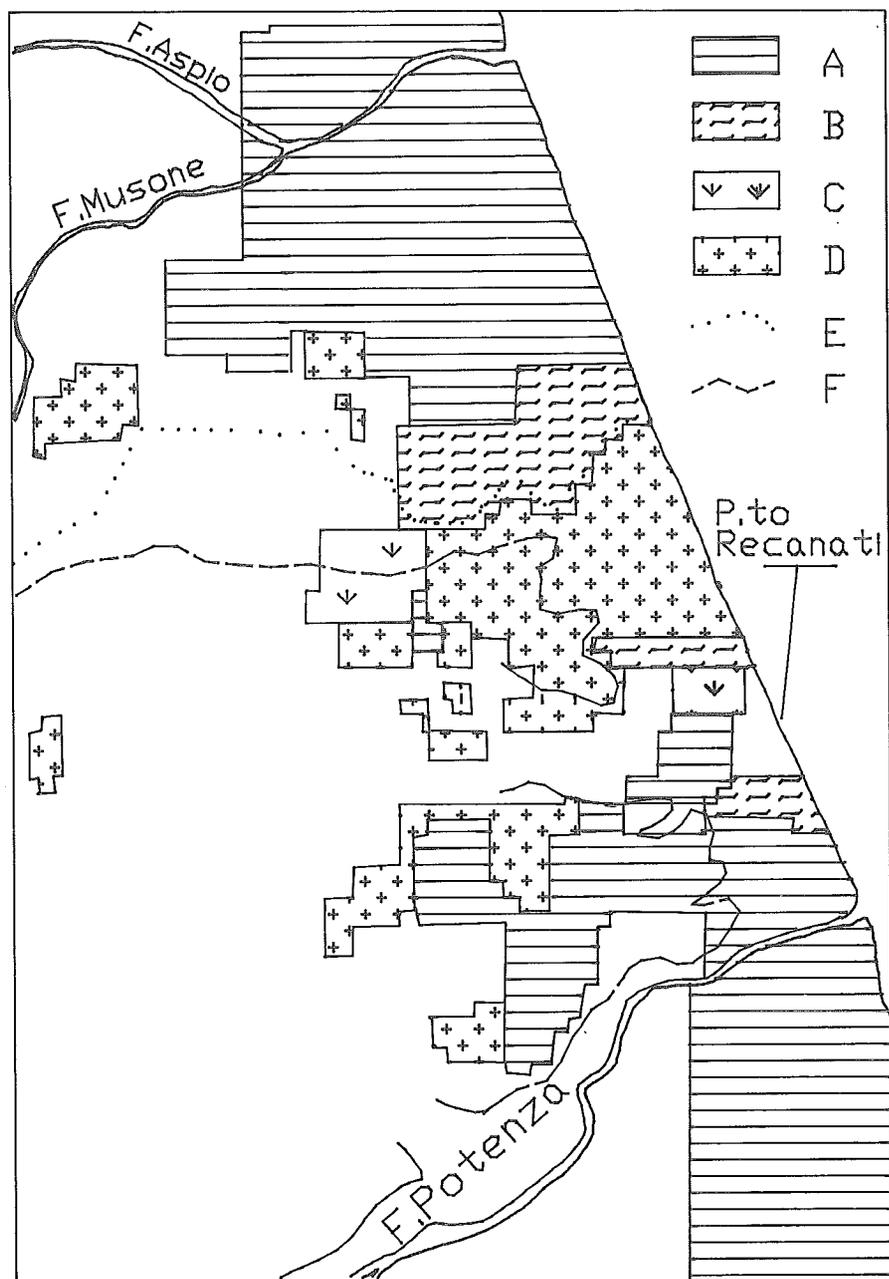
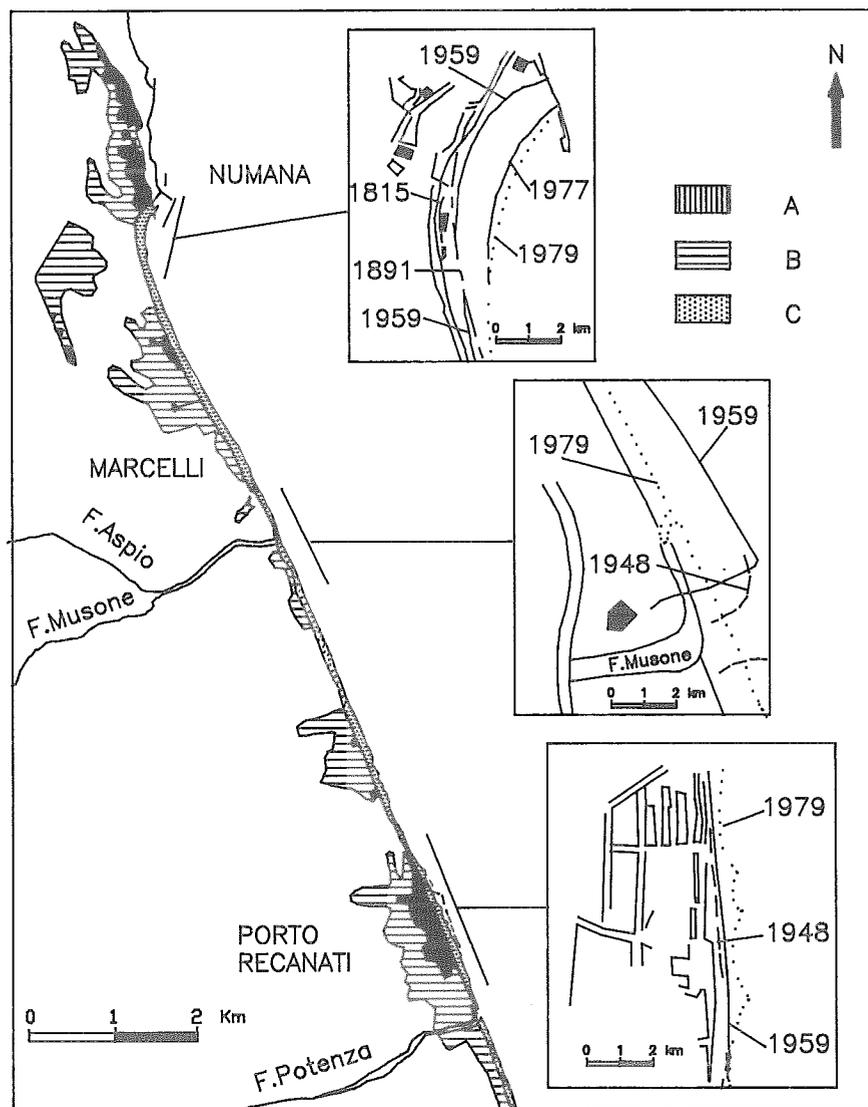


FIG. 7 - La bassa valle del Fiume Musone nel 1285 come risulta dalla carta della distribuzione culturale dei beni della Mensa vescovile da (BALDETTI & *alii*, 1966). A - Selve; B - Paludi; C - Prati; D - Terreni coltivati; E - Percorso del Fiume Musone nel 1285; F - Limite probabile dei depositi delle pianure alluvionali.

FIG. 8 - Urbanizzazione ed evoluzione della linea di riva dagli inizi del secolo scorso. A - Aree urbanizzate nel 1948; B - Aree attualmente urbanizzate; C - Litorale.



La situazione della costa durante l'epoca romana e l'alto medioevo non subisce mutamenti ma, a causa di guerre ed eventi calamitosi, l'area si spopola e la maggior parte degli insediamenti si sposta sui crinali come in altre parti d'Europa (SMITH, 1967; POUND, 1973).

Attorno al 1 100-1 200 la zona viene nuovamente popolata, iniziano vasti disboscamenti e riprendono le colture. A questo periodo risalgono le prime menzioni di una strada che correva sul cordone litorale e, più a sud, sorge il centro di Porto Recanati, il cui iniziale nucleo, prossimo al versante, è oggi ubicato ad oltre 150 m dalla costa attuale. Il Musone correva a ridosso del versante meridionale, dato che il papa Gregorio IX concede ai Recanatesi di intraprendere lavori per l'unione dei fiumi Potenza, Musone ed Aspione; le foci dei primi due si trovavano a circa 1,5 km di distanza, ed il progetto prevedeva la realizzazione di un porto alla nuova foce (BULI & ORTOLANI, 1947). Il progetto venne abbandonato nel 1 474, periodo in cui

iniziano invece i lavori per far confluire il Musone nell'Aspione, che verranno portati a termine nel secolo successivo.

Nel 1 500 la linea di costa è in graduale fase di avanzamento e questa tendenza si mantiene sino a tutto il secolo XIX.

A partire dal 1 800, con i primi rilievi catastali (fig. 8), l'evoluzione della linea di battigia può essere seguita in modo dettagliato, come anche segnalato più a sud da BUCCOLINI & GENTILI (1986). Nei pressi di Numana si assiste ad un avanzamento della linea di battigia che dal 1 800 ad oggi raggiunge valori massimi di circa 100 metri. Tale fenomeno inizia a seguito dei lavori per la costruzione di un porticciolo il cui primo molo, lungo 125 metri costruito nel 1 890, creava una protezione dai mari da NE. La velocità di avanzamento della linea di battigia è stata maggiore tra il 1 959 ed il 1 979, dopo la costruzione delle più recenti opere del porto. Proseguendo verso sud, di fronte all'abitato di Marcelli, dal 1 815 al 1 959 la spiaggia ha

subito un avanzamento dell'ordine dei 25-30 metri; dal 1959 ad oggi la tendenza si è invertita facendo registrare erosioni attorno ai 20 metri circa.

La zona della foce è caratterizzata da un intenso fenomeno erosivo. L'arretramento della linea di riva non si è verificato gradualmente: dal 1815 al 1959 la linea di battigia si è mantenuta in una posizione pressoché costante, dal 1959 ai giorni nostri ha subito invece un arretramento dell'ordine dei 70-80 metri. Tale fenomeno è in relazione sia con il mancato apporto fluviale sia con la presenza di interventi antropici anche nei pressi della battigia con conseguente scomparsa della spiaggia alta, delle dune e della vegetazione spontanea.

Di fronte all'abitato di Porto Recanati, l'aumento di ampiezza della spiaggia verificatosi dal 1948 ad oggi, dell'ordine dei 40-50 metri, è la conseguenza dell'edificazione di scogliere foranee costruite intorno agli anni '60 a protezione dell'abitato dai mari di ESE. Tali opere si presentano oggi addossate alla riva ed hanno causato la formazione di tomboli con difficile ricambio dell'acqua e deposito dei fanghi inquinanti e maleodoranti. Le stesse scogliere, al momento della loro messa in posto, innescarono un rilevante fenomeno erosivo nella zona sottoflutto corrispondente al tratto a nord dell'abitato di Porto Recanati. L'erosione raggiunse, in taluni punti, anche 70-80 metri, tanto da rendere necessaria l'urgente realizzazione di scogliere foranee a protezione della strada litoranea. Negli anni '80 sono state realizzate nuove opere consistenti in barriere sommerse che si sono dimostrate più vantaggiose rispetto alle precedenti, oramai insabbiate e prive di effetto.

Il litorale alla foce del Musone è oggi costituito da spiagge basse caratterizzate da berme ordinarie ghiaioso-sabbiose e da una berma di tempesta sabbiosa, non sempre presente.

CAUSE E CONSEGUENZE DELLE VARIAZIONI DI TRACCIATO FLUVIALE

Le importanti modificazioni del tracciato fluviale, verificatesi principalmente dopo il 1400, hanno certamente avuto ripercussioni sulle caratteristiche idrogeologiche dell'area.

In epoca romana e sino al 1400-1500 il tracciato meandriforme e la navigabilità, almeno in parte del fiume, indicano una portata più regolare ed un carico solido relativamente basso. Sino a questo periodo sicuramente esisteva un maggiore equilibrio tra livello idrometrico del fiume e la piezometrica, essendo i prelievi da falda praticamente inesistenti. Ciò comportava una minore escursione annuale della piezometrica, un minor drenaggio delle acque fluviali e quindi una maggiore costanza delle portate regolata anche dalla presenza di una maggiore copertura vegetale e pedologica sui versanti (GOUDIE, 1978).

Il forte sovralluvionamento di materiali grossolani, talora anche superiore ai 10 m, associato ad un tracciato a canali intrecciati, tra il 1500 ed il 1950, indica invece portate più irregolari ed un aumento del carico solido. Il

forte innalzamento dell'alveo ha condotto ad un maggior drenaggio delle acque fluviali verso la falda e ciò durante i periodi estivi si rifletteva in una evidente diminuzione del livello idrometrico fluviale. Dai documenti storici risulta infatti che dopo il medioevo quasi tutti i fiumi marchigiani non sono più «navigabili». D'altra parte il carattere torrentizio dei corsi d'acqua marchigiani è accentuato dal progressivo disboscamento e messa a coltura dei versanti del bacino e dai conseguenti processi di erosione accelerata.

L'approfondimento dell'alveo iniziato, nella parte mediana della valle, dopo gli anni '40, è in relazione con la progressiva regimazione dell'alveo stesso ed al prelievo di inerti. In conseguenza del raggiungimento del substrato argilloso si è verificata una forte diminuzione di carico solido. A ciò si deve aggiungere un più rapido deflusso superficiale, che è responsabile dell'innalzamento dell'idrogramma di piena. A parità di condizioni pluviometriche si hanno dunque un maggior numero di piene e conseguentemente una maggiore capacità erosiva.

A monte di Osimo, per l'affioramento del substrato in alveo, non si ha più contatto idraulico con i depositi alluvionali e l'acqua che scorre all'interno dell'alveo durante l'anno non viene più drenata dal materasso alluvionale. Da Osimo al mare i prelievi in falda, fortemente aumentati dopo il 1960, hanno causato un abbassamento del livello piezometrico, con conseguente accentuazione del disequilibrio tra falda e fiume ed incremento del drenaggio delle acque fluviali verso il subalveo. La captazione delle sorgenti carbonatiche e i prelievi diretti dell'alveo per uso agricolo hanno anch'essi contribuito alla forte diminuzione delle portate fluviali.

Le variazioni plurisecolari di tracciato e di regime riscontrate nel Fiume Musone possono quindi essere spiegate con le modificazioni indotte dall'attività antropica sull'ambiente naturale. D'altra parte variazioni climatiche tali da giustificare modifiche così intense nel regime fluviale, solamente nei periodi considerati, non sono note (SCHWARZBACH, 1963; LE ROY LADURIE, 1967; LAMB, 1972; BRADLEY, 1985).

CONCLUSIONI

Il Fiume Musone presenta un tracciato meandriforme sino al 1400, come suggerito dall'alveo abbandonato che borda il versante meridionale della pianura e dai resti lignei, rinvenuti in sedimenti di meandro abbandonato, al di sotto della pianura. Le facies ghiaiose soprastanti, che occupano la piana alluvionale attiva sino alla fine del secolo scorso, indicano come, a partire dal medioevo, si passi ad un tracciato a canali intrecciati. Tale variazione è stata associata al brusco aumento del carico solido per l'attivazione di processi di erosione concentrata conseguente la progressiva eliminazione della copertura forestale dopo il Rinascimento.

L'evoluzione recente, caratterizzata da un continuo restringimento del letto ordinario, è iniziata alla fine del se-

colo scorso quando il fiume dava ancora luogo a frequenti esondazioni. Negli anni '40-50 vengono edificate inoltre numerose difese ai lati dell'alveo.

L'estrazione di inerti dall'alveo ed il progressivo incanalamento delle piene induce una rapida incisione che destabilizza la maggior parte dei ponti. La costruzione di numerose briglie trasversali stabilizza localmente il fenomeno ma innesca più intensi fenomeni erosivi a scala di bacino. L'erosione in alveo raggiunge valori anche superiori ai 10 m in appena 50 anni e si esplica dapprima a spese del materasso alluvionale e successivamente all'interno del substrato.

La linea di riva, similmente a quanto avviene nella pianura, risente delle forti modificazioni dell'uso del suolo. Una prima crescita di un cordone litorale è probabilmente avvenuta in età preromana e alle spalle dello stesso si sviluppano stagni e paludi costiere che perdurano sino in epoca medioevale. La sedimentazione fluviale si concentra in questi ambienti e, sino al loro definitivo riempimento, la linea di riva rimane relativamente costante. Le variazioni del regime delle portate e quindi del tracciato fluviale si sono verificate pertanto, a partire dal Medioevo, parallelamente alle rapide trasformazioni del territorio ad opera dell'uomo.

Dati riguardanti una progradazione della costa si hanno a partire dal 100-1200 quando poco più a sud verrà edificato il porto di Recanati. Questa progradazione prosegue sino alla prima metà del secolo, quando si hanno i primi dati di una generale tendenza di inversione. Attualmente il litorale adiacente alla foce è interessato da erosione, mentre a sud della stessa l'edificazione di barriere foranee ha indotto una relativa stabilità. A nord la costa è in lento avanzamento dalla fine del 1800 per la costruzione del porto di Numana, che frena la deriva litorale.

Le variazioni del regime delle portate e quindi del tracciato fluviale si sono verificate a partire dal Medioevo parallelamente alle rapide trasformazioni del territorio ad opera dell'uomo.

BIBLIOGRAFIA

- ALFIERI N., FORLANI E., GRIMALDI F. (1966) - *Ricerche paleogeografiche e topografico-storiche sul territorio di Loreto*. Studia Picena, 33-34, 59 pp.
- AMBROSETTI P., CARRARO F., DEIANA G. & DRAMIS F. (1982) - *Il sollevamento dell'Italia centrale tra il Pleistocene Inferiore ed il Pleistocene Medio*. C.N.R. Prog. Fin. Geodinamica, Pubbl. 513, 219-223.
- BALDETTI E., GRIMALDI F., MORONI M., COMPAGNUCCI M. & NATALI A. (1983) - *Le basse valli del Musone e del Potenza nel Medioevo*. Archivio Storico Santa Casa, Loreto, 94 pp.
- BEDOSTI B. (1989) - *Il tronco fossile olocenico di Villa S. Martino (PS)*. Riassunti Conv. «Morfogenesi e stratigrafia dell'Olocene», Soc. Geol. It., 40-41.
- BIONDI E. & COLTORTI M. (1982) - *The Esino flood-plain during the Holocene*. Abstr. 11th INQUA, Mosca, vol. 3.
- BRAIDLEY R.S. (1985) - *Quaternary paleoclimatology*. G. Allen & Unwin, Boston, 472 pp.
- BUCCOLINI M. & GENTILI B. (1986) - *Variazioni della foce in relazione all'evoluzione morfodinamica recente nei fiumi Cbienti e Tenna (Marche centro-meridionali)*. Mem. Soc. Geol. It., 35, 827-831.
- BULI M. & ORTOLANI M. (1947) - *Le spiagge marchigiane*. CNR, Comitato. Naz. per la Geografia, 95-147.
- CALAMITA F. & DEIANA G. (1986) - *Evoluzione strutturale neogenico-quadernaria dell'Appennino umbro-marchigiano*. In: *La geologia delle Marche*. St. Geol. Camerti, Num. Spec., 91-98.
- CALDERONI G., COLTORTI M., CONSOLI M., FARABOLLINI P., DRAMIS F., PAMBIANCHI G. & PERCOSSI E. (in stampa) - *Degradazione dei versanti e sedimentazione nei pressi di Borgiano (Appennino marchigiano) nell'Olocene recente*. Mem. Soc. Geol. It.
- CANTALAMESSA G., CENTAMORE E., CHIOCCHINI U., COLALONGO M.L., MICARELLI A., NANNI T., PASINI G., POTETTI M. & RICCI-LUCCHI F. (1986) - *Il Plio-Pleistocene delle Marche*. In *La geologia delle Marche*. St. Geol. Camerti, Num. Spec., 61-81.
- COLTORTI M., GARZONIO C.A., NANNI T., RAINONE M. & VIVALDA P. (1987) - *Un esempio di degrado ambientale in un bacino delle Marche centrali: il fiume Musone*. Atti I Congr. Int. Geoidrologia, Firenze, 187-212.
- COLTORTI M. & NANNI T. (1987) - *La bassa Vallesina: geomorfologia, idrogeologia e neotettonica*. Boll. Soc. Geol. It., 106, 35-51.
- DELANO-SMITH C. (1979) - *Western Mediterranean Europe*. Academic Press, London, 453 pp.
- DEMANGEOT J. (1965) - *Geomorphologie des Abruzzes adriatiques*. Mem. Docum. C.N.R.S., n.h.s., 403 pp.
- GARZONIO C.A. & NANNI T. (1992) - *Idrogeologia della pianura alluvionale del Fiume Musone*. Boll. Soc. Geol. It., in stampa.
- GENTILI B. & PAMBIANCHI G. (1987) - *Morfogenesi fluviale ed attività antropica nelle Marche centro-meridionali*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 10, 204-217.
- GORI U. (1988) - *Contributo alla conoscenza della sedimentazione delle alluvioni quaternarie del fiume Foglia (Marche)*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 11, 121-122.
- GOUDIE A. (1981) - *The Human Impact. Man's role in environmental change*. Basil Blackwell, Oxford, 326 pp.
- JACOBELLI P., MANGANI G. & PACI V. (1982) - *Atlante storico del territorio marchigiano*. Cassa Risp. Ancona, v. 1, 315 pp; v. 2, 242 pp.
- LAMB H.H. (1972) - *Climate: present, past, future*. Methuen, London, V. 1, 633 pp.
- LE ROY LADURIE E. (1967) - *Tempo di festa, tempo di carestia. Storia del clima dell'anno mille*. Einaudi, Torino, 449 pp.
- LIPPARINI T. (1939) - *I terrazzi fluviali delle Marche*. Giorn. Geol., ser. 1, 13, 5-22.
- NANNI T. (1985) - *Le falde di subalveo delle Marche: inquadramento geologico, qualità delle acque ed elementi di neotettonica*. Ed. Regione Marche, 122 pp.
- NANNI T., PENNACCHIONI E. & RAINONE M. (1986) - *Il bacino quaternario marchigiano*. Atti. Riun. Gruppo Sedimentologia del C.N.R., Ancona 5-7 Giugno 1986.
- NANNI T. & VIVALDA P. (1987) - *Influenza della tettonica trasversale sulla morfogenesi delle pianure alluvionali marchigiane*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 10, 180-192.
- ORTOLANI M. & ALFIERI N. (1978) - *Senagallica*. In «Una città adriatica. Insediamento, forme urbane, economia, società nella storia di Senigallia», Senigallia, 21-29.
- PERCOSSI E. & SILVESTRINI M. (1987) - *La vallata del Fiume Musone: viabilità ed insediamenti*. Atti Mem. Dep. Storia Patria p. Marche, «Le strade delle Marche», 89-91, 355-93.
- POUND N.J.G. (1973) - *An historical geography of Europe 450 BC-AD 1330*. Cambridge Un. Press., Cambridge, 475 pp.
- SMITH C.T. (1967) - *An historical geography of Europe before 1800*. Longman, London, 622 pp.
- SCHWARZBARCH M. (1963) - *Climates of the past*. The University Series in Geology, d. Van Nostrand Comp. Ltd., 328 pp.
- VILLA G.M. (1942) - *Nuove ricerche sui terrazzi fluviali delle Marche*. Giorn. Geol., ser. 1, 16, 5-75.
- VITA-FINZI C. (1969) - *The mediterranean valleys. Geological changes in historical times*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, 133 pp.