

23. Reticoli idrografici e loro analisi morfometrica

PAOLA FREDI

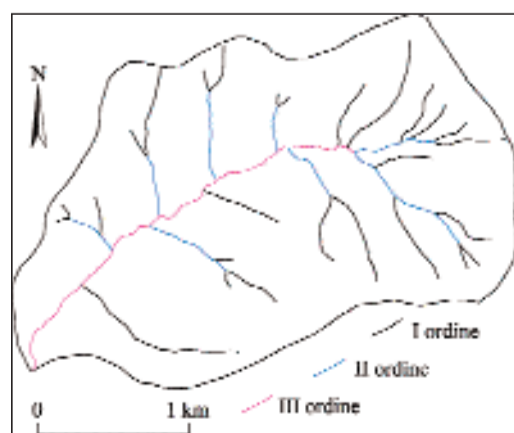
Università degli Studi di Roma «La Sapienza»

La «geomorfologia quantitativa» consiste nell'applicazione dei metodi matematici e statistici allo studio delle forme del rilievo terrestre e dei processi che le hanno generate. L'impiego dei metodi quantitativi nell'analisi del paesaggio fisico consente di attribuire una dimensione, cioè di esprimere sotto forma parametrica, i principali aspetti del rilievo e di quantificare l'intensità dei processi geomorfici; in questo modo è possibile ottenere valutazioni più

rigorose di quelle basate su considerazioni semplicemente qualitative, che contengono una inevitabile dose di soggettività. La successiva individuazione di relazioni matematiche empiriche tra i parametri geomorfici permette di elaborare modelli matematici che contribuiscono efficacemente a delineare l'evoluzione (passata e futura) del rilievo. Gli studi geomorfici quantitativi si sono affermati soltanto dopo la pubblicazione del lavoro di HORTON (1945)



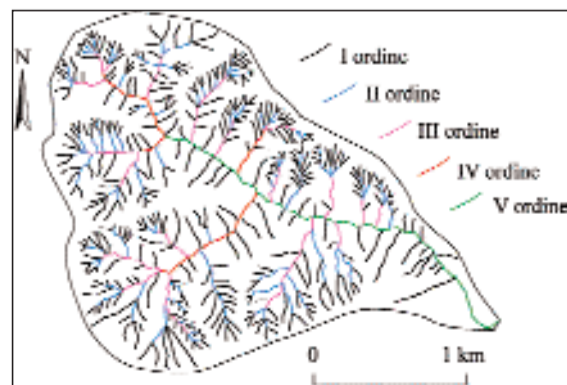
Quadro 1a. Stralcio del Foglio geologico 143 Bracciano (1:100 000). Il bacino del fosso Chiarone è impostato su litotipi calcareo-marnosi-arenacei del Paleocene-Eocene (E-PC e p)



Quadro 1b. Reticolo idrografico del bacino del fosso Chiarone



Quadro 2a. Stralcio del Foglio geologico 99 Faenza (1:100 000). Il bacino del fosso di Chiè è impostato sulle argille del Pliocene inferiore (P1a), medio (P2a) e superiore (P3a)



Quadro 2b. Reticolo idrografico del bacino del fosso di Chiè

riguardante l'analisi dei reticoli idrografici. Ed è soprattutto nel campo della geomorfologia fluviale, e dei bacini di drenaggio in particolare, che questi studi si sono ampiamente diffusi ed hanno raggiunto i risultati più avanzati. Nel suo lavoro Horton pose le basi per l'analisi quantitativa dei reticoli di drenaggio, mettendo a punto un metodo per «ordinare gerarchicamente» le aste che li costituiscono. Questo metodo, poi modificato da Strahler (1958), è utilizzato anche attualmente.

La gerarchizzazione di una rete idrografica si esegue attribuendo un ordine a ciascun segmento fluviale: si definiscono segmenti di I ordine quelli che non hanno affluenti; dalla confluenza di due segmenti di I ordine si genera un segmento di II ordine, da due di II uno di III e così via, fino ad individuare il segmento di ordine massimo che rappresenta il collettore principale dell'intera rete idrografica. Ciò permette di calcolare una serie di parametri che definiscono la geometria del reticolo idrografico e il suo grado di organizzazione gerarchica.

I quattro stralci topografici dei **quadri 1, 2, 3 e 4** presentano reticoli di vario aspetto, impostati in aree con caratteristiche geologiche differenti (quadri 1a - 4a). Il reticolo del **quadro 1**, pur non potendosi definire esattamente dendritico (cfr. tavola 47. «Reticoli dendritici»), presenta una disposizione delle aste alquanto casuale. La rete idrografica nella porzione settentrionale del **quadro 2** mostra i caratteri dei reticoli pinnati che sono tipici degli affioramenti di rocce argillose (cfr. tavola 50. «Reticoli idrografici: densità di drenaggio e litotipi»). Nel **quadro 3** i segmenti fluviali presentano direzioni preferenziali di scorrimento, orientate soprattutto in direzione nord-sud ed est-ovest, che testimoniano un controllo strutturale (cfr. tavola 49. «Reticoli e fratture»). Infine, la rete idrografica riportata nel **quadro 4** presenta corsi d'acqua in approfondimento (testimoniato dal simbolo topografico che li borda), collettori principali a decorso NE-SO e brevi affluenti che – nel settore nord-occidentale – confluiscono con angoli prossimi ai 90°: questa geometria è spesso tipica di reticoli «giovani», impostati in tempi recenti.

L'analisi geomorfica eseguita su questi reticoli evidenzia la loro differente geometria e il loro diverso grado di organizzazione gerarchica. Il primo passo di questa analisi è l'elaborazione di carte del reticolo idrografico gerarchizzato (**quadri 1b, 2b, 3b e 4b**). Il passo successivo consiste nel calcolo dei parametri gerarchici, tra i quali i più significativi sono il «rapporto di biforcazione» (Rb), il «numero di anomalia gerarchica» (Ga), la «densità di anomalia

il reticolo a svilupparsi secondo direzioni prestabilite, o dall'impostazione recente del reticolo idrografico che non è ancora riuscito ad organizzarsi; essa va valutata tenendo conto contemporaneamente dei valori di tutti i parametri.

L'esame globale dei valori dei parametri calcolati nella tabella a centro pagina, permette di stabilire una scala relativa del grado di organizzazione delle quattro reti idrografiche qui rappresentate.

Il reticolo del bacino idrografico di fosso Chiarone (**quadro 1**), pur avendo un elevato valore di Rb, mostra bassi valori degli altri parametri, perché non presenta anomalie gerarchiche di alto grado; esso pertanto si può considerare il meno disorganizzato. La rete idrografica del bacino del fosso del Rio (**quadro 3**) ha risentito del condizionamento tettonico (**quadro 3a**) e, costretta a svilupparsi secondo direzioni prefissate, non ha potuto raggiungere un alto grado di organizzazione. Il reticolo di drenaggio del bacino del fosso di Vallelata ha una scarsa organizzazione gerarchica che, insieme alla particolare geometria assunta, è indice di un'impostazione recente della rete medesima; si tratta, infatti, di una serie di corsi d'acqua che scorrono su una superficie giovane, determinata dalla messa in posto dei prodotti del vulcano dei colli Albani (**quadro 4a**). Infine, il reticolo idrografico del bacino del rio di Chiè (**quadro 2**) risulta il meno organizzato, e ciò è dovuto al forte controllo esercitato sul suo sviluppo dalle condizioni litologiche (**quadro 4a**): gli affioramenti delle argille, ad elevata impermeabilità, favoriscono infatti lo sviluppo di numerose aste di basso ordine che determinano, a loro volta, elevate anomalie gerarchiche.

Se i parametri gerarchici forniscono indicazioni sul grado di evoluzione dei reticoli idrografici, altri parametri morfometrici danno informazioni altrettanto importanti. Tra questi, uno dei più utilizzati è la «densità di drenaggio», definita come il rapporto tra la lunghezza totale delle aste fluviali e l'area del bacino idrografico relativo ($D = L/A$). I valori di questo parametro sono tanto più elevati quanto più elevate sono l'impermeabilità e l'erodibilità dei litotipi affioranti e quanto più alto è il loro grado di fratturazione. I valori di D calcolati in tabella per i quattro bacini considerati indicano che il reticolo meno sviluppato è quello del bacino di fosso Chiarone. Questo è impostato su litotipi calcareo-marnoso-arenacei, meno permeabili e meno erodibili di quelli argillosi affioranti nel bacino di fosso di Chiè, che mostra la più elevata densità. Il reticolo del fosso di Rio scorre su rocce

	N	Rb	Ga	ga	Δa	L	A	D	Tu
	numero delle aste	rapporto di biforcazione	numero di anomalia gerarchica	intensità di anomalia gerarchica	indice di anomalia gerarchica	lunghezza delle aste fluviali (km)	area del bacino (km ²)	densità di drenaggio (km/km ²)	indice di erosione (t/km ² /anno)
Fosso Chiarone	36	5.69	4	0.70	0.11	16.46	5.72	2.88	250.07
Rio di Chiè	503	4.48	389	95.32	0.97	71.50	4.08	17.52	46896.45
Fosso del Rio	141	5.18	72	15.25	0.63	36.36	4.72	7.70	4222.24
Fosso di Vallelata	193	3.77	99	17.13	0.65	42.63	5.78	7.38	3778.67

gerarchica» (ga) e l'«indice di anomalia gerarchica» (Δa). Il primo (Rb) indica la media dei rapporti tra il numero dei segmenti fluviali di un dato ordine e quello dei segmenti di ordine immediatamente superiore; tenendo conto del metodo di ordinazione di Strahler, è evidente che, se Rb è uguale a 2, il reticolo risulta molto ben organizzato (ogni asta di un dato ordine è generata dalla confluenza di due sole aste dell'ordine inferiore). Quanto più Rb è elevato, tanto più il reticolo è disorganizzato.

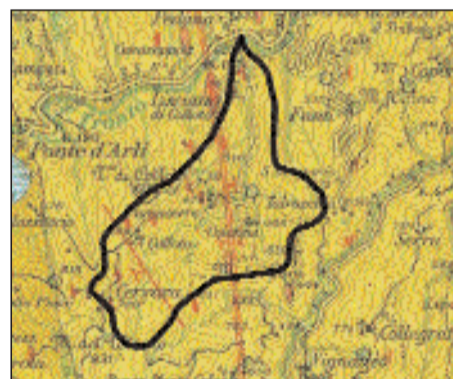
Ma le informazioni più significative si desumono dai valori degli altri parametri (Ga, ga e Δa); questi, infatti, tengono conto non soltanto del numero totale delle aste, ma anche di quelle definite «gerarchicamente anomale», cioè di quelle aste che non confluiscono in un segmento di ordine immediatamente superiore, nonché del loro grado di anomalia (un'asta di I ordine che confluisce in una di III si può considerare «meno anomala» di un'asta di I ordine che confluisce in una di IV). In particolare, il Ga indica il numero di aste di primo ordine che occorrerebbe aggiungere al reticolo per eliminare tutte le anomalie (ad esempio, l'anomalia di un'asta di I ordine che confluisce in una di III può essere eliminata facendo confluire nella prima un'altra asta di I ordine, che la trasforma in una di II ordine, gerarchicamente ben disposta). Gli altri due parametri derivano dal rapporto di Ga con l'area del bacino cui appartiene la rete idrografica ($ga = Ga/A$) e con il numero di aste di I ordine già presenti nella rete idrografica ($\Delta a = Ga/N1$). Anche nel caso di questi parametri, quanto più i valori sono elevati tanto più la rete è disorganizzata (AVENA *et al.*, 1967). La disorganizzazione di una rete di drenaggio può dipendere da un controllo strutturale, che ha costretto

fortemente tettonizzate e ciò favorisce lo sviluppo della rete idrografica. Infine il bacino idrografico del fosso di Vallelata ha una rete relativamente densa, perché impostato su litotipi vulcanici relativamente impermeabili.

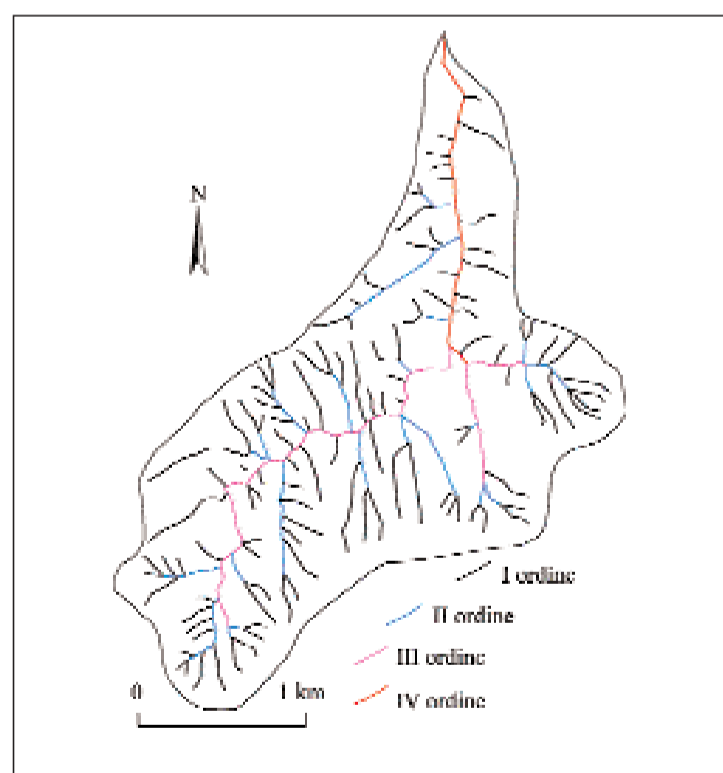
Negli studi di «geomorfologia quantitativa» questi parametri vengono spesso utilizzati per elaborare modelli relativi ai meccanismi con cui avvengono i processi morfogenetici e per valutare la loro intensità. Ne è un esempio il calcolo dell'«indice di erosione», espresso come trasporto torbido unitario medio annuo (Tu), cioè come quantità di materiale trasportato in sospensione dai corsi d'acqua, che rappresenta una misura dell'entità dei processi erosivi in atto nei bacini di drenaggio. Tale calcolo si esegue applicando alcune regressioni multiple individuate tra i valori di Tu di alcuni bacini, dotati di stazioni di misura, ed i rispettivi valori della densità di drenaggio e dei parametri gerarchici (CICCACCI *et al.*, 1981). Come si vede dalla tabella, i valori più elevati di Tu sono stati calcolati per il bacino del fosso di Chiè, nel quale i litotipi argillosi, facilmente erodibili, si combinano ad un'azione delle acque incanalate particolarmente estesa ed intensa, come è testimoniato dai valori della densità di drenaggio e dalla forte disorganizzazione della rete idrografica. I valori più bassi invece si riscontrano per il bacino di fosso Chiarone, dove i litotipi sono meno erodibili e l'azione delle acque incanalate è meno efficace, come dimostrano i bassi valori della densità di drenaggio e la maggiore organizzazione del reticolo idrografico.



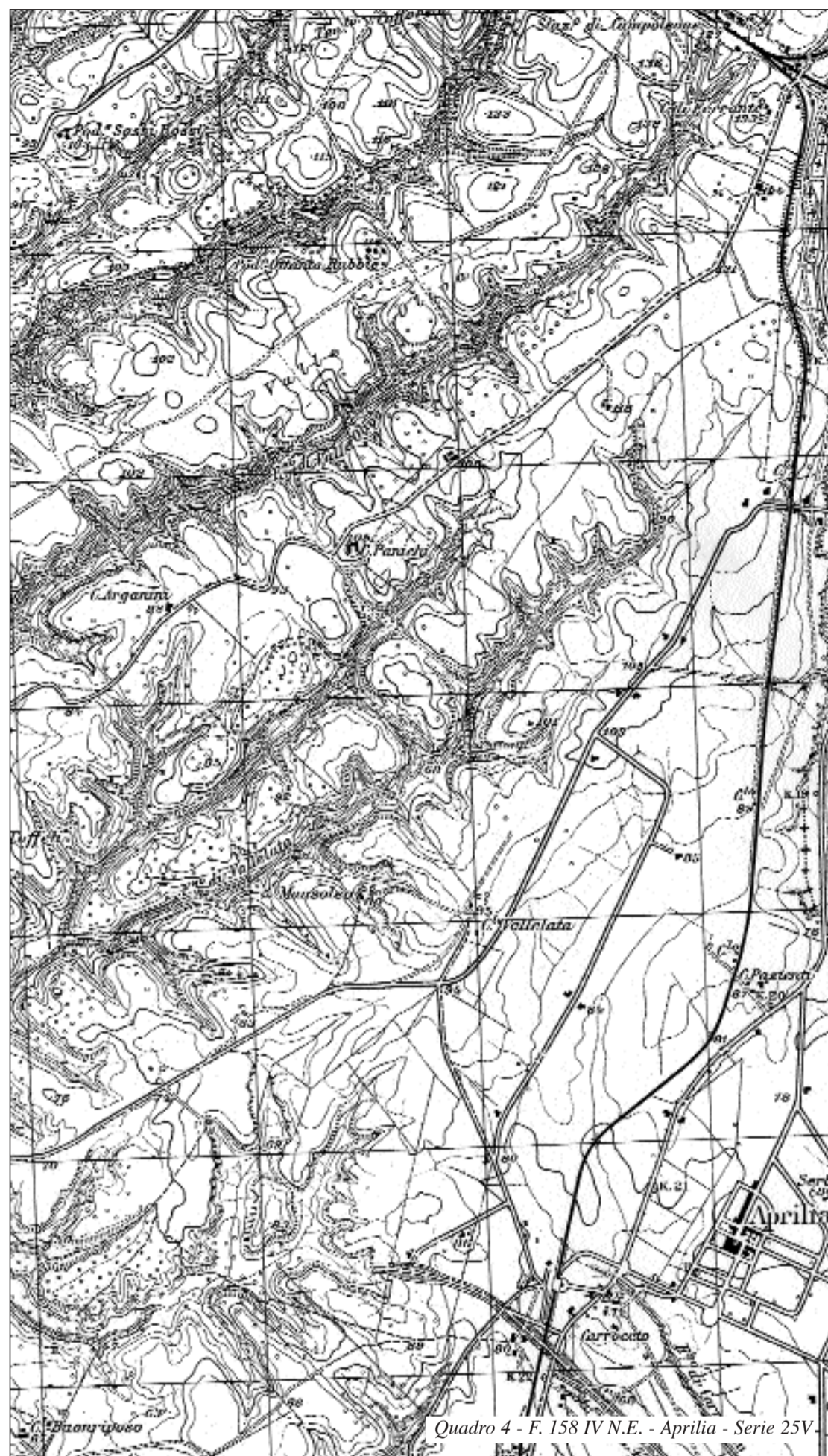
Quadro 3 - F. 133 III N.O. - Castel Trovato - Serie 25V



Quadro 3a. Stralcio del Foglio geologico 133-134 Ascoli Piceno-Giulianova (1:100 000). Il bacino del fosso del Rio è impostato su litotipi arenaceo-argilloso-marnosi del Miocene superiore. La linea rossa singola indica una faglia, quella doppia un asse di sinclinale



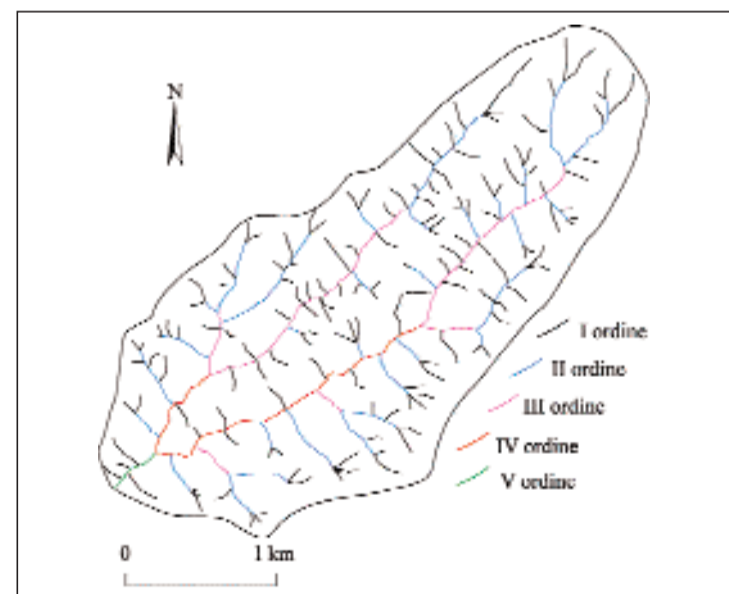
Quadro 3b. Reticolo idrografico del bacino del fosso del Rio



Quadro 4 - F. 158 IV N.E. - Aprilia - Serie 25V



Quadro 4a. Stralcio del Foglio geologico 158 Latina (scala 1:100 000). Il bacino del fosso di Vallelata è impostato sui prodotti pleistocenici del vulcano dei colli Albani. (tl: tufo litoide; p1 e p2: pozzolane inferiori e superiori; a: terreni palustri)



Quadro 4b. Reticolo idrografico del bacino del fosso di Vallelata

BIBLIOGRAFIA

AVENA G. C., GIULIANO G., LUPA PALMIERI E., "Sulla valutazione quantitativa della gerarchizzazione ed evoluzione dei reticoli fluviali", *Bollettino della Società Geologica Italiana*, 86, 1967, pp. 781-796.
 CICCACCI S., FREDI P., LUPA PALMIERI E., PUGLIESE F., "Contributo dell'analisi geomorfica quantitativa alla valutazione dell'entità dell'erosione nei bacini fluviali", *Bollettino della Società Geologica Italiana*, 99, 1980, pp. 455-516.

HORTON R. E., "Erosional development of stream and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology", *Geological Society of America Bulletin*, 56, 1945, pp. 275-370.
 STRAHLER A. N., «Dimensional analysis applied to fluvially eroded landforms», *Geological Society of America Bulletin*, 69, 1958, pp. 279-300.