

AUGUSTO BIANCOTTI (\*)

## GEOMORFOLOGIA DELLE LANGHE: IL BACINO DEL FIUME BORMIDA DI MILLESIMO

**ABSTRACT:** BIANCOTTI A., *Geomorphology of the Langhe district: the Bormida di Millesimo basin* (IT ISSN 0084-8948, 1981). The head of this very elongated SN basin, i.e. about 1/3 of its length, is cut out of mostly crystalline pre-Tertiary rocks, whereas the remainder lies in sedimentary formations of the Bacinio Terziario Piemontese.

Its main and secondary watersheds consist of long ridges of uniform height cut out from a series of saddles lying in several SSE-NNW directions. At the height of the saddles, there is a first order of terraces now denuded of their alluvial cover. The correlation between the watersheds substantiates the eastward continuation of the Villafranchian glacis of the Langhe. The terraces and saddles mark the former consequent direction of the flow of the waters, roughly parallel to old bed of the Belbo. On the bedding plane slopes, very active dynamics can be observed on the front of extensive landslips. On the support slopes, there is a 2nd order of terraces that appear to join the talweg in the Pre-Tertiary Tertiary contact area. Lower down, there is a third order of terraces in the middle-distal sector of Val Bormida only. Longitudinal profile of the river reveals 3 large convexities. The two most upstream coincide with the areas where the 2nd and 3rd order of terraces disappear. Examination of the stream ranking shows that the areas of maximum disorganisation coincide with the basin sectors corresponding to these two convexities.

It may be deduced that the basin has undergone four erosion stages: A) 1st stage: erosion of the glacis caused by a SSE-NNW stream net. B) 2nd stage: following twisting and seesawing of the Langhe monocline, the runoff shifted to the N. The new, lower base level wore away the valley bottom to the 2nd order of terraces. C) 3rd stage: following the subsidence of the Alessandria area, fresh erosion wore away the sole to the 3rd order of terraces. This stage is olocenic. Remounting erosion may still be active at the head of the basin. D) 4th stage: now active in the middle and lower part of the basin, this erosion has again worn down the talweg to expose the 3rd tier of terraces.

**RIASSUNTO:** BIANCOTTI A., *Geomorfologia delle Langhe: il bacino della Bormida di Millesimo* (IT ISSN 0084-8948, 1981). Il bacino, fortemente allungato in senso SN, è impostato alla testata, per circa 1/3, in rocce preterziarie, in prevalenza cristalline, per il resto nei terreni sedimentari del Bacinio Terziario Piemontese. Gli spartiacque principali e quelli secondari sono costituiti da lunghe dorsali omogenee per quota. Essi sono incisi da una serie di selle individuanti più direzioni SSE-NNW. In quota con le selle si sviluppa un I ordine di terrazzi attualmente privi di copertura alluvionale. Dalla correlazione degli spartiacque è confermata la prosecuzione verso E del glacis villafranchiano delle Langhe. I terrazzi e le selle individuano un'antica direzione di scorrimento delle acque conseguente, grosso modo parallela alla direzione del Paleobelbo.

Sui versanti a franapoggio è evidente una dinamica molto attiva, che si espleta con grandi frane di scivolamento. Sui versanti a reggipoggio si individua un II ordine di terrazzi che paiono collegarsi al fondovalle nella zona di contatto Preterziario-Terziario. Più in basso sui versanti si identifica un III ordine di terrazzi, presenti solo nel settore medio-distale della Valle Bormida. Il profilo rettificato del fiume rivela tre grandi convessità, di cui le due più a monte coincidono con le zone di scomparsa del II e del III ordine di terrazzi. Dallo studio della gerarchizzazione del reticolo idrografico risulta che le zone di massima disorganizzazione coincidono con i settori di bacino corrispondenti con le due convessità più a monte.

Si conclude affermando che il bacino è stato sottoposto a varie fasi erosive: *I fase:* erosione del glacis provocata da un reticolo orientato SSE-NNW. *II fase:* a seguito della torsione-basculamento della monocline delle Langhe i deflussi si orientano verso N. Il nuovo livello di base, a quota inferiore del precedente, provoca l'incisione del fondovalle fino al livello del II ordine di terrazzi. *III fase:* a seguito della subsidenza dell'Alessandrino una nuova erosione incide il fondovalle fino al livello del III ordine di terrazzi. Tale fase è olocenica. È possibile che l'erosione rimontante sia ancora attiva alla testata del bacino. *IV fase:* attiva attualmente nella parte medio-bassa del bacino, ha inciso nuovamente il talweg evidenziando il III ordine di terrazzi.

**TERMINI-CHIAVE:** versante, terrazzo alluvionale, ciclo d'erosione.

La Bormida di Millesimo costituisce, con la Bormida di Spigno, con cui confluisce a quota 163 m sul l.m.m., il principale corso d'acqua drenante le Colline delle Langhe. Nasce a quota 821 m sul l.m.m. dalle Alpi Liguri, ad una distanza dal Mare Ligure di soli 11 km; dopo un percorso di circa 150 km confluisce nel Tanaro nella Pianura di Alessandria, e quindi, indirettamente, nel Po.

Questo lavoro si propone di studiare l'evoluzione recente del bacino, con particolare riguardo al tratto corrispondente alle Langhe. La nota si inquadra nello studio in atto sulla Geomorfologia di questa regione, già affrontata per il settore sud-occidentale.

(\*) CNR-Centro di Studio sui Problemi dell'Orogeno delle Alpi Occidentali e Istituto di Geologia, Paleontologia e Geografia Fisica dell'Università di Torino.

## I TIPI LITOLOGICI AFFIORANTI

Il bacino, fortemente allungato in senso NS, è impostato per circa 1/3, alla testata, in terreni preterziari, per i restanti 2/3 nei terreni sedimentari del Bacino Terziario Piemontese.

### I TERRENI PRETERZIARI

a) Pre-carbonifero medio: anfiboliti associate a gneiss e a migmatiti. Fanno parte del Massiccio di Calizzano-Bardineto ed affiorano in vaste aree del lato orografico sinistro dell'alta valle fra le due località citate. Le anfiboliti sono in genere a giacitura massiccia, a tratti si presentano lentiformi, alternate ritmicamente con banchi gneissici;

b) Carbonifero medio-superiore: conglomerati quarzosi passanti verso l'alto prima ad arenarie poi a filladi (Formazione di Ollano); filladi e micascisti carboniosi con intercalazioni subordinate di arenarie grigie o verdastre (Formazione di Murialdo). Affiorano nel settore sud-occidentale del bacino, fino allo spartiacque destro, che divide la Bormida di Millesimo dalla Bormida di Spigno. Sovente il contatto fra le due formazioni è tettonico. Anche il contatto con i terreni del Permiano medio è in genere tettonico;

c) Permiano medio? Carbonifero superiore?: rioliti verdastre passanti a porfiroidi; Scisti di Gorra, caratterizzati da numerose litofacies (scisti sericitici, cloritici, filladici; quarziti; arenarie e microconglomerati quarzoso-feldspatici): i rapporti fra le facies sono complessi, e sovente difficili a definirsi. Nell'insieme questi tipi litologici affiorano nel settore sud-orientale del bacino;

d) Permiano medio?: graniti gneissici cataclasati. Appartengono al Massiccio di Calizzano-Bardineto, ed affiorano in diverse aree nella zona meridionale del bacino. In particolare, a SW di Bardineto, giungono fino allo spartiacque con il Tanaro;

e) Trias: dolomie più o meno calcaree, calcari dolomitici, breccie dolomitiche, calcari grigiastri. Compaiono sia nella parte sud-orientale del bacino, ove formano gran parte dello spartiacque con il Tanaro, sia più a N, ove, insieme con i conglomerati poligenici del sottostante Verrucano, per altro scarsamente rappresentati, sono a contatto con il Terziario. Nel talweg della Bormida questi tipi litologici affiorano fino quasi a Millesimo, ove scompaiono definitivamente sotto le formazioni terziarie.

### I TERRENI TERZIARI

Appartengono al Bacino Terziario Piemontese, e sono incisi dalla Bormida per circa 90 km del suo corso. Formano una grande piega monoclinale, con asse tettonico diretto NE-SW, con immersione NW ed inclinazione di 10°-15°.

a) Oligocene: conglomerati poligenici ad elementi medio piccoli, fino al massimo diametro di 10 cm, associati ad arenarie grigiastre grossolane in livelli di poten-

za metrica (Formazione di Molare). Affiorano al contatto con i terreni pretriassici, con cui a tratti sono intercalati tettonicamente;

b) Oligocene superiore-Aquitano: marne e marne siltoso-sabbiose grigie, localmente alternate ad arenarie e sabbie (Formazione di Rocchetta); sabbie gialle e rossastre in banchi potenti fino a 4 m e conglomerati poligenici, passanti verso NE, quindi verso la media valle dell'Uzzone, principale affluente di destra della Bormida, a marne grigie alternate localmente a strati sottili di arenaria (Formazione di Monesiglio). Le due formazioni affiorano a N dell'Oligocene. La seconda nel bacino si estende in vaste aree, e forma il versante sinistro della Bormida fino allo spartiacque con la testata del Belbo, gran parte del bacino dell'Uzzone e parte del settore destro del bacino;

c) Aquitano-Langhiano: arenarie grigie in strati da 10 a 40 cm, ritmicamente alternate a marne argillose grigio-azzurre. Verso l'alto compaiono intercalazioni di sabbie (Formazione di Cortemilia); marne e marne argillose grigio-azzurre con intercalazioni arenacee in strati medio-sottili frequenti (Marne di Paroldo). La Formazione di Cortemilia costituisce il versante destro della Valle Bormida da Monesiglio fino quasi alla confluenza con la Bormida di Spigno. Dati i rapporti fra struttura e orientazione della valle, essa coincide con il versante a franapoggio della valle principale. Gli stessi terreni affiorano anche nella bassa valle dell'Uzzone e costituiscono il tratto più settentrionale dello spartiacque fra le due Bormide;

d) Langhiano: marne grigie e marne argillose grigio-azzurre e arenarie e sabbie grigio-giallastre intercalate (Formazione di Cessole). Compaiono all'estremo N del bacino, nella zona di confluenza delle due Bormide;

e) Langhiano-Serravalliano: sabbie grigio-giallastre in strati e banchi fino a 1,5 m di potenza alternate ad arenarie grigie in strati medio-sottili o lenti, e a marne grigio-giallastre, nettamente subordinate, in livelli di scarso spessore (Formazione di Cassinasco). Formano il versante orografico sinistro della valle principale nel tratto corrispondente, sul destro, alla Formazione di Cortemilia. Pertanto il loro areale di affioramento corrisponde al versante a reggipoggio della parte medio-distale della valle principale. Per una zona limitata, a valle di Bergolo, compaiono anche sul versante orografico destro.

### I TERRENI QUATERNARI

Sono costituiti da alluvioni recenti ed attuali affioranti sui fondovalle della Bormida e dell'Uzzone. Si tratta di coltri di scarsa potenza, a tratti mancanti nel talweg che, in questo caso, risulta direttamente impostato nel Terziario e nel Preterziario. Compaiono a tratti sui terrazzi più bassi costeggianti il fiume. Appartengono al Quaternario anche i grandi depositi di frana presenti in particolare sul versante a franapoggio della Bormida. Su tutti questi terreni si tornerà ripetutamente in seguito, nel corso del lavoro.

## I CARATTERI MORFOLOGICI DEL TERRITORIO

### GLI SPARTIACQUE

Il Fiume Bormida attraversa gli affioramenti terziari con andamento conseguente a S, con andamento susseguente a N. I tratti del suo corso sono collegati con un grande angolo di circa 100°.

Gli spartiacque principali, in pianta, assumono diverse orientazioni: quello occidentale è parallelo al corso del fiume, quello orientale passa da una direzione SN a monte ad un'altra, SW-NE, a valle; in profilo la loro forma corrisponde a lunghe dorsali omogenee lentamente degradanti verso N. L'altezza media dello spartiacque orientale è di circa 50 m superiore a quella dello spartiacque occidentale. Le dorsali intermedie, in particolare quella dividente l'Uzzone dalla Bormida di Millesimo, si pongono a quote intermedie rispetto alle esterne.

Nell'insieme tutte queste dorsali sono parte di uno stesso piano, immergente verso NW, ed inclinato di 4° circa. Esso si collega a W con l'analogo piano identificato nelle Langhe sud-occidentali (BIANCOTTI, 1981), e corrisponde alla superficie dell'antico *glacis* villafranchiano delle Langhe (GABERT, 1962). Anche a E del Belbo, dunque, è possibile riconoscere un insieme di elementi residuali testimonianti questa forma successivamente demolita dall'erosione lineare.

Su tutti gli spartiacque, compresi quelli secondari, sono identificabili alcune zone più elevate, la cui quota, che non supera mai di 50-80 m l'altezza media di ciascuna dorsale, varia da 800 a 900 m. Hanno la forma di piccole colline tondeggianti, e corrispondono all'affioramento di tipi litologici meno erodibili (arenarie cementate, conglomerati).

Altre zone, più depresse, corrispondono ad altrettante selle d'erosione incise di 40-50 m rispetto alla quota media.

Su ciascun spartiacque, da N a S, ne sono identificabili almeno tre:

#### Spart. W

- C.le di Castino (531 m)
- C.le di Cravanzana (558 m)
- C.le di Camerana (631 m)

#### Spart. intermedio

- C.le Borgnetto (581 m)
- Bergolo (602 m)
- (non esiste)

#### Spart. E

- C.le di Denice (602 m)
- Pian Soave (632 m)
- Carretto (659 m)

Correlando in pianta le tre selle più settentrionali incidenti i tre spartiacque, e, parimenti, quelle centrali, e quelle poste più a S, è possibile individuare tre direzioni (fig. 1) grosso modo ESE-WNW, quasi normali rispetto al tratto ortoclinale della Bormida.

In profilo le selle d'erosione (fig. 2) di ciascun gruppo sono correlabili fra loro con una retta inclinata da E

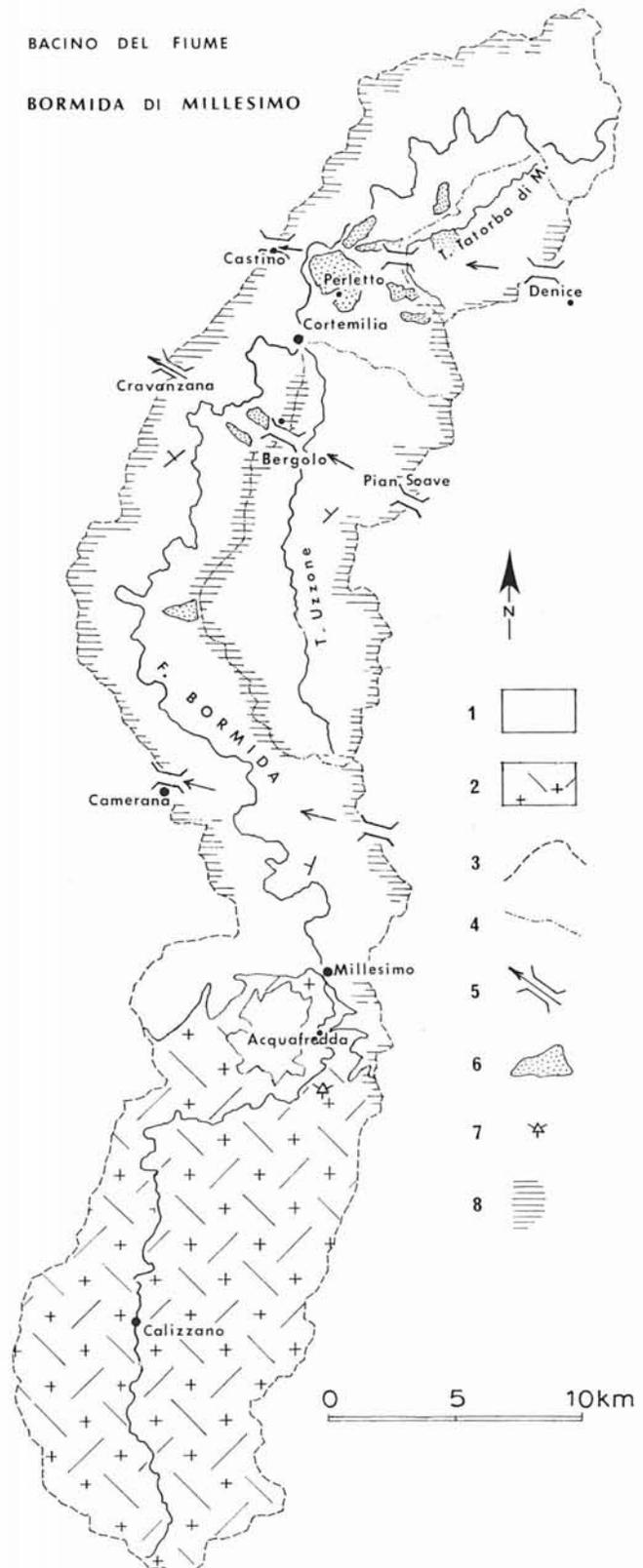


FIG. 1 - Bacino del Fiume Bormida di Millesimo. 1: Terziario; 2: Preterziario; 3: spartiacque principale; 4: spartiacque secondari; 5: selle d'erosione e direzioni dell'antico reticolo idrografico; 6: frane di scivolamento e scivolamenti di settori di versante; 7: rocce isolate a pinnacolo; 8: superfici residuali del glacis villafranchiano. Altre indicazioni su località riportate nel testo si trovano in fig. 10.

a W di circa il 7%. Su ciascun spartiacque, inoltre, le quote di queste forme degradano da S verso N.

In continuità con le selle d'erosione, ed in particolare alla testata delle valli laterali da esse discendenti,



FIG. 2 - La sella d'erosione di Pian Soave (spartiacque Bormida di Millesimo-Bormida di Spigno). Collegati con essa, ed alla stessa quota, sono visibili i terrazzi di I ordine.

si sviluppa un I ordine di superfici pseudo-orizzontali, le cui caratteristiche sono le seguenti:

— sono particolarmente evidenti sui versanti a franapoggio, ad esposizione WSW, quindi sul bordo orientale del bacino e sul versante occidentale degli interfluvii intermedi;

— anche se con estensioni minori, sono pure riconoscibili sui versanti a reggipoggio, sia su quello dell'interfluvio Belbo-Bormida, a W, sia su quello Bormida-Torba di Monastero e Bormida-Uzzone, sia, già fuori bacino, sul versante a reggipoggio della Bormida di Spigno;

— sono collegate con due gradini a forte inclinazione al resto del versante: verso l'alto alla sommità degli interfluvii, verso il basso ad un secondo ordine di superfici di cui si parlerà in seguito;

— sono fra loro correlabili: è possibile infatti individuare un piano a cui sia i terrazzi che le selle risultano tangenti. Tale piano immerge grosso modo come gli strati, ma è meno inclinato di essi: non si tratta quindi di una superficie strutturale, ma di una superficie d'erosione troncante gli strati;

— al di sopra delle forme in questione non sono riconoscibili con certezza materiali alluvionali. In genere affiorano direttamente i terreni terziari. Alla base del versante, verso monte, si formano invece fasce di colluvium;

— nell'ambito delle valli laterali in cui sono riconoscibili seguono il versante degradando progressivamente verso W con un angolo di circa  $4^\circ$ . Data la maggiore pendenza dei talweg risultano quindi via via più elevati sui fondovalle. Sono caratterizzati da un'ulteriore inclinazione, verso l'asse vallivo, di circa  $5^\circ$  (fig. 3).

Nell'insieme pertanto si configurano come dei terrazzi, relitti di un'antica superficie di scorrimento delle acque, con deflussi ESE-WNW, grosso modo parallela, quindi, a quella del sistema Alto Belbo-Rea riconosciuta nelle Langhe sud-occidentali.

Nella parte alta dei versanti, e sugli spartiacque, esterni ed interni, sono quindi osservabili:

a) forme residuali (dorsali) che permettono di ricostruire un glacis quasi totalmente demolito;

b) forme residuali (selle d'erosione, terrazzi di I ordine) frutto di erosione fluviale. Esse permettono di riconoscere un'antico reticolo, a direzione conseguente in tutta l'area, normale quindi all'attuale senso di deflusso principale (SN). Nell'insieme risultano poco incise rispetto all'originaria superficie del glacis: il dislivello fra



FIG. 3 - Alta Valle Uzzone: terrazzo di I ordine conservato su una dorsale secondaria.

FIGG. 4 e 5 - La sella d'erosione di Camerana vista dalla Valle Bormida (fig. 4) e dalla Valle Belbo (fig. 5). Dal confronto è evidente la sospensione dell'alta Valle Belbo, a monte della zona di cattura, rispetto alla Valle Bormida più incisa.



selle o terrazzi e dorsali non supera mai gli 80-100 m. Questi elementi morfologici, inoltre, si trovano, nel bacino, a quote via via più basse procedendo da S verso N.

#### I VERSANTI

Sul Terziario, in corrispondenza all'attuale tratto conseguente della Bormida, i due versanti sono simili per inclinazione e forma.

A N, ove la direzione del fiume è ortoclinale, sono asimmetrici. Sulla sinistra orografica il versante, a reg-

gipoggio, è fortemente inclinato, e percorso da un reticolo idrografico poco sviluppato. Sulla destra orografica invece il reticolo idrografico assume uno sviluppo maggiore e si articola notevolmente: tutti i principali affluenti (Torrente Tatorba di Monastero, Torrente Uzzone) confluiscono da destra. Il fenomeno si ripete per i bacini secondari diretti in senso ortoclinale (Torrente Tatorba di Monastero): ad un versante a franapoggio più esteso, percorso da torrenti più gerarchizzati, si oppone un versante a reggipoggio, sco-

## Modelli di evoluzione dinamica di versante

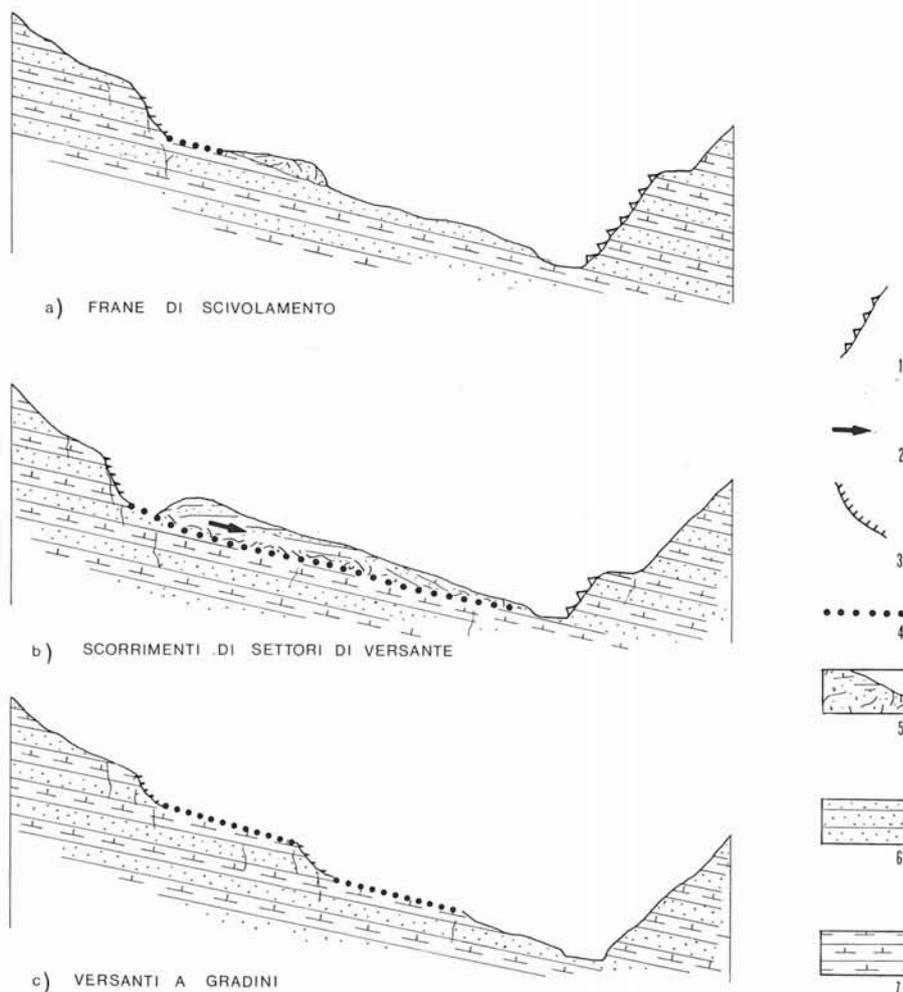


FIG. 6 - Modelli di evoluzione dinamica del versante a franapoggio: 1) versante a reggipoggio sottoposto a frane di crollo per erosione del sottostrato; 2) settore di versante scivolato a valle; 3) nicchia di stacco; 4) piano di scivolamento; 5) accumulo di frana; 6) strati arenacei della Formazione di Cortemilia; 7) strati marnosi della Formazione di Cortemilia.

sceso, percorso da un reticolo in cui prevalgono aste di I o al massimo di II ordine direttamente confluenti nel corso d'acqua principale.

Poiché il talweg degli affluenti di destra sale rapidamente in quota la lunghezza dei versanti di queste valli laterali risulta comparativamente molto inferiore rispetto a quella della valle principale.

Sul versante a franapoggio di quest'ultima sono osservabili alcune forme di notevole interesse. Esse sono:

a) *frane di scivolamento interessanti la parte superficiale del versante*. Si sviluppano in particolare in corrispondenza alle alternanze di marne ed arenarie della Formazione di Cortemilia, che affiora per i 4/5 dell'area in esame. La litologia è un'evidente causa intrinseca predisponente del movimento gravitativo. Le principali frane, da S a N, sono quelle di Prunetto, di Cascina Delmonte e di Bergolo. A queste forme attuali, attive, più vistose, ed interessanti nell'insieme un'area di circa 2 km<sup>2</sup>, si accompagnano su tutto il versante movimenti di massa dello stesso tipo, meno estesi, e si riconoscono ampie aree occupate da frane stabilizzate. Dall'osservazione di-

retta sul terreno si può concludere che il fenomeno è endemico, e che ha costituito, e continua a costituire, un fattore fondamentale della dinamica del versante.

b) *Scorrimenti verso valle di interi settori del versante*. Il caso più evidente è visibile a Perletto, a valle della confluenza dell'Uzzone, ed interessa un'area di circa 1,5 km<sup>2</sup>. Episodi dello stesso tipo, meno estesi, sono osservabili a Lavagnino, Tatorba e Cascina Abbate <sup>(1)</sup>. Come già le frane di scivolamento, anche questi movimenti si localizzano soprattutto nelle zone di affioramento della formazione di Cortemilia.

Il piano di scorrimento è posto a maggiore profondità che non nel caso precedente, ed è sottolineato, là dove visibile, da intensi piegamenti degli strati marnosi cui si alternano fratture dei banchi arenacei.

Tali deformazioni, evidentemente postsedimentarie, si ripetono a livelli diversi in tutta la massa scivolata.

<sup>(1)</sup> Alcune di queste località, come altre citate nel corso del lavoro, non hanno potuto essere segnate negli schemi e negli schizzi allegati. Per il caso specifico degli scorrimenti, tuttavia, nella fig. 1, sono riportate le aree interessate al fenomeno.

A Perletto il settore mobilizzatosi si collega al resto del versante a monte con una vasta trincea, profonda circa 50 m, larga 200-300 m, a pareti subverticali, in particolare in corrispondenza al settore scivolato, ove non si è impostato un reticolo idrografico successivo in grado di modificare più o meno la forma della superficie di stacco. Anche in superficie, ed in particolare nella fascia più a monte della zolla mobilizzatasi, sono osservabili profonde fessure negli strati rigidi delle arenarie, isolanti grandi blocchi la cui giacitura varia fortemente dall'uno all'altro, e sempre è discordante rispetto a quella caratteristica della monoclinale.

c) *successione di gradini lungo il versante*, la cui spianata presenta una inclinazione coincidente con la stratificazione, e fra loro collegati da scarpate subverticali troncanti gli strati. Costituiscono una forma comune a molte aree dei versanti a franapoggio, e danno luogo a lunghe dorsali degradanti irregolarmente verso il talweg, alternantesi alle incisioni delle valli laterali. Fra le più esemplificative possono essere citate quelle di Olmo Gentile-Doglio, subito a monte di Perletto, e di Bruseto-Cortemilia, subito a valle della confluenza dell'Uzzone.

Le spianate dei gradini corrispondono ad altrettanti piani di scivolamento, le scarpate a zone di stacco dal versante dei pacchetti di strati.

La cause determinanti la morfologia descritta possono essere ricondotte ad una successione di frane di scivolamento mobilizzatesi in momenti successivi dall'alto verso il basso del versante in presenza di un reticolo idrografico in forte erosione. L'incisione della valle principale ha determinato il progressivo scalzamento alla base del versante, quella delle valli laterali ha isolato lateralmente zolle successivamente mobilizzatesi.

Il perdurare dell'erosione dei corsi d'acqua ha provocato il ripetersi del fenomeno in più fasi, ed a quote via via più basse, fino a determinare la forma del versante attualmente visibile. Anche oggi in varie parti delle Langhe, là dove la dinamica fluviale è particolarmente attiva, sono comuni le frane di scivolamento interessanti la parte bassa del versante, a contatto con il talweg, e determinanti, in queste zone, morfologie a gradino.

Alla base dei tipi di pendio ora descritti non esiste accumulo. Ciò, da un lato, è la conferma della progressività del fenomeno, tale da determinare per ciascuna fase depositi di ridotto volume, e quindi facilmente asportabili; dall'altro presuppone una notevole capacità d'erosione e di trasporto del corso d'acqua, condizione per altro tipica di un reticolo in forte incisione. Anche oggi sono ricorrenti nella Bormida piene disastrose, caratterizzate da portate notevoli e da intensa erosione lungo l'asta fluviale.

Tutte queste forme descritte indicano un'evoluzione del versante estremamente attiva in tempi attuali e medio-recenti: le forme non sono oblitrate o smantellate da fenomeni di accumulo o d'erosione successivi alla loro genesi.

Se le principali cause intrinseche predisponenti sono di tipo lito-geologico, la causa determinante è dovuta all'incisione particolarmente rapida ed intensa del reti-

colo idrografico. Le cause alla base di questa incisione saranno chiarite in seguito.

Sul versante a reggipoggio i fenomeni descritti non si manifestano. È invece riconoscibile un II ordine di terrazzi, le cui quote aumentano progressivamente da valle verso monte, dai 313 m s.l.m.m. del vasto ripiano a NW di Bubbio, fino ai 550 m s.l.m.m. del Pian della Noce.

Nel complesso le superfici dei terrazzi risultano tangenti ad un piano inclinato nello stesso senso dell'attuale asse vallivo, e costituiscono le forme residuali testimoniando un antico fondovalle successivamente inciso, ma orientato nella stessa direzione dell'attuale.

I loro caratteri più salienti possono essere così schematizzati:

— in pianta hanno l'aspetto di lembi convessi, allungati normalmente all'asse vallivo:

— in profilo sono leggermente arcuati, e la scarpata che li delimita si collega gradualmente alla loro superficie (fig. 7);



FIG. 7 - Terrazzo di II ordine di Torre Bormida, inciso da un affluente secondario. Si nota in parte la convessità della superficie del terrazzo.

— sono intercalati alle valli laterali che discendono dal versante;

— come già le superfici di I ordine, su di essi non si riconoscono con certezza depositi alluvionali;

— nel tratto ortoclinale della valle sono conservati solo sul versante a reggipoggio, nel tratto cataclinale interessano tutti e due i versanti. Scompaiono verso monte nella zona di contatto fra Bacino Terziario Piemontese e rocce preterziarie, ove, nelle dolomie anisico-ladiniche, sono conservate rocce isolate a pinnacolo, indizio, a loro volta, di un'intensa attività erosiva;

— oltre che nella valle principale sono visibili anche in quelle laterali, in particolare nella zona distale di quella dell'Uzzone. Qui scompaiono attorno a quota 550, corrispondente a quella a cui, nella valle principale, si collegano al talweg attuale.

La presenza di forme così diverse sui due lati del fiume nel tratto di valle ortoclinale è particolarmente

indicativa. La dinamica del versante a franapoggio, attiva, ed attuantesi tramite grandi e ripetuti scivolamenti ha demolito le superfici di II ordine; sul versante a reggipoggio, ove la giacitura non è causa predisponente di analoghi movimenti di massa, i terrazzi si sono conservati.

Nel tratto di valle cataclinale anche sulla destra orografica vengono a mancare le condizioni necessarie al manifestarsi di fenomeni di scivolamento: i terrazzi sono presenti su tutti e due i versanti.

Come si è detto, il dislivello fra i terrazzi ed il fondovalle diminuisce progressivamente da valle verso monte, e tende ad annullarsi. Tale convergenza può essere diversamente interpretata. Il problema verrà ripreso in seguito, trattando dell'ipotesi dell'evoluzione della Valle Bormida.

Il raccordo di ciascun terrazzo con il fondovalle è dato da una scarpata determinata da crolli conseguenti l'erosione al piede; il gradino è netto nel tratto di valle ortoclinale, più dolce in quello cataclinale. Il collegamento graduale scarpata-superficie del terrazzo, e la stessa forma arcuata della superficie è causata dall'erosione attiva nelle valli laterali intercalate, e risalente verso i bordi dei terrazzi. Lo stesso fenomeno, probabilmente, è alla base dell'assenza di evidenti coperture alluvionali.

#### IL TALWEG E LA FASCIA PIÙ BASSA DEI VERSANTI

Fra Monesiglio e la confluenza con la Bormida di Spigno, fra quota 350 m s.l.m.m. e quota 163 m s.l.m.m., e per una lunghezza di circa 55 km, lungo la fascia più bassa dei versanti si evidenzia un III ordine di terrazzi.

Il loro dislivello rispetto al talweg varia dai 50-60 m nella zona di Monastero Bormida e Bubbio, presso la confluenza con la Bormida di Spigno, ai 10 m nella zona di Monesiglio. A S di questa località il III ordine di terrazzi scompare. Nell'insieme queste forme sono tangenti ad un piano convergente verso monte con l'attuale fondovalle, e con questo identificantesi poco a S di Monesiglio.

Le superfici sono parzialmente ricoperte da alluvioni. I suoli presenti sono bruni sulle alluvioni, bruno-rossicci ove il terreno, in assenza di coltre alluvionale, si sviluppa direttamente dall'alterazione delle marne della Formazione di Cessole. La loro potenza non supera mai i 60-80 cm.

Carattere comune a tutti i suoli è la presenza di un orizzonte B arricchito d'argilla.

Sui suoli direttamente sviluppatasi sulle marne, negli orizzonti B e C del profilo, sono presenti spalmature ferro-manganesifere denotanti fenomeni di idromorfia, e legati alla scarsa permeabilità del substrato.

La lisciviazione ed i fenomeni di idromorfia, dato l'attuale ambiente bioclimatico dell'area, sono indizio di un'esposizione prolungata agli agenti atmosferici. Nei suoli non si riconoscono tuttavia i caratteri tipici dei paleosuoli evolutisi anteriormente alla glaciazione würmiana. Si può pertanto concludere che la pedogenesi in questione ha avuto inizio nell'Olocene recente.

Sui terrazzi posti più all'interno della valle la coltre

alluvionale, già lacunosa e poco potente sulle forme poste più a N, tende a ridursi fino a scomparire.

Le superfici sono collegate al talweg con una scarpata fortemente inclinata, ed assumente valori vicini a 90° sulle rive concave dei meandri che costituiscono, sul fondovalle, l'alveo della Bormida.

Queste forme, a differenza dei terrazzi del II ordine, compaiono su tutti e due i versanti anche nel tratto ortoclinale della valle, seppure con maggiore frequenza e continuità su quello sinistro.

L'alveo della Bormida presenta i seguenti caratteri:

— a zone in cui nel talweg affiorano i sedimenti terziari, si alternano tratti in cui il fiume scorre in alluvioni, la cui potenza ed estensione è sempre molto limitata: anche nel tratto terminale della Bormida, prima della confluenza con la Bormida di Spigno, ove le alluvioni occupano aree più estese del fondovalle, nell'alveo affiorano ad intermittenza le marne della Formazione di Cessole;

— tutto il reticolo secondario è in erosione, negli alvei affiora direttamente il Terziario. Solo nel tratto distale dei principali affluenti, in particolare l'Uzzone ed il Tatorba di Monastero, alla confluenza con la Bormida, si depositano coltri alluvionali poco potenti;

— ha un andamento a meandri; fra Vesime e Monesiglio, nel tratto intermedio del bacino, i meandri sono incassati.

Inoltre la parte più bassa dei versanti, fra l'alveo ed i terrazzi di III ordine, si presenta simile sui due lati della valle anche nel suo tratto ad orientazione ortoclinale.

Il profilo rettificato del corso d'acqua si conforma in una curva piuttosto complessa: a tratti caratterizzati da vistose convessità si alternano zone concave. Dall'osservazione diretta in campagna ai tratti convessi sul profilo rettificato corrispondono in alveo zone in erosione, ai tratti concavi sul profilo corrispondono i depositi alluvionali già descritti.

Partendo dalla confluenza con la Bormida di Spigno, e risalendo il corso del fiume, una prima convessità si forma a valle della confluenza dell'Uzzone.

La seconda convessità, compresa fra gli abitati di Gorzegno e di Monesiglio <sup>(1)</sup>, coincide con una zona del fondovalle profondamente incassata, e ridotta al puro canale di scorrimento in cui affiorano i sedimenti terziari.

La terza convessità, meno netta, ed interessante un tratto di talweg proporzionalmente più lungo, si forma subito a S del contatto fra Terziario e Preterziario.

In conclusione, sul fondovalle della Bormida i fenomeni di maggiore interesse sono:

— un'azione erosiva in atto prevalente sulla sedimentazione;

<sup>(1)</sup> Una parte delle località via via citate non è indicata, per motivi di spazio, nelle carte e negli schizzi allegati. Tale lacuna, dovuta per altro solo a motivi redazionali, potrà essere colmata consultando il Foglio 69 della Carta Geologica d'Italia o il corrispondente foglio topografico.

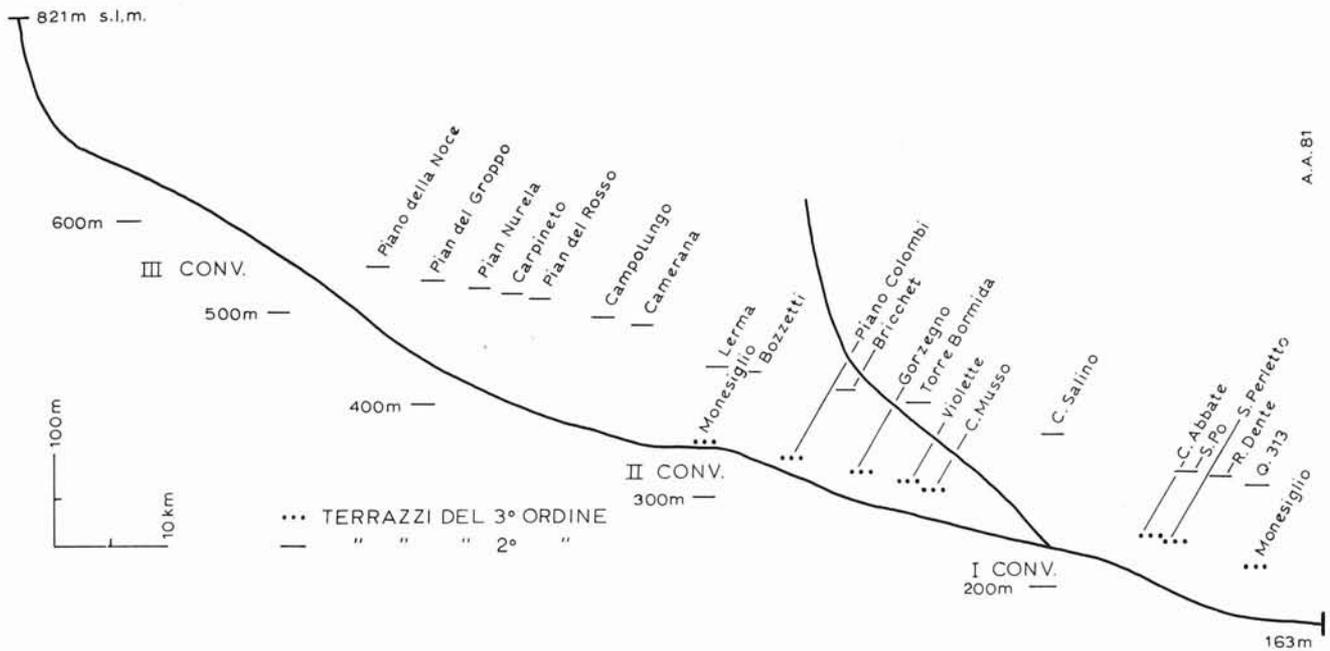


FIG. 8 - Profilo rettificato del Fiume Bormida e del Fiume Uzzone. Sul profilo sono stati riportati i principali terrazzi del II e del III ordine della valle principale. I terrazzi di II ordine, presenti anche nelle valli laterali, tendono ad identificarsi con il fondo-valle in corrispondenza alla terza convessità, quelli del III ordine in corrispondenza alla seconda.

- la presenza di meandri, che assumono la fisionomia di meandri incassati nel tratto intermedio del bacino;
- lo sviluppo di un III ordine di terrazzi, presenti solo nella parte distale del bacino;
- l'alternanza, lungo il profilo rettificato, di tre convessità ben evidenti con quattro zone di concavità.

La prima convessità si sviluppa subito a valle della confluenza con l'Uzzone.

In corrispondenza alla seconda convessità scompare il III ordine di terrazzi per la progressiva convergenza verso monte del piano tangente le superfici con il talweg: ciò comporta a sua volta, e nello stesso senso, la progressiva riduzione dell'incassamento dell'alveo.

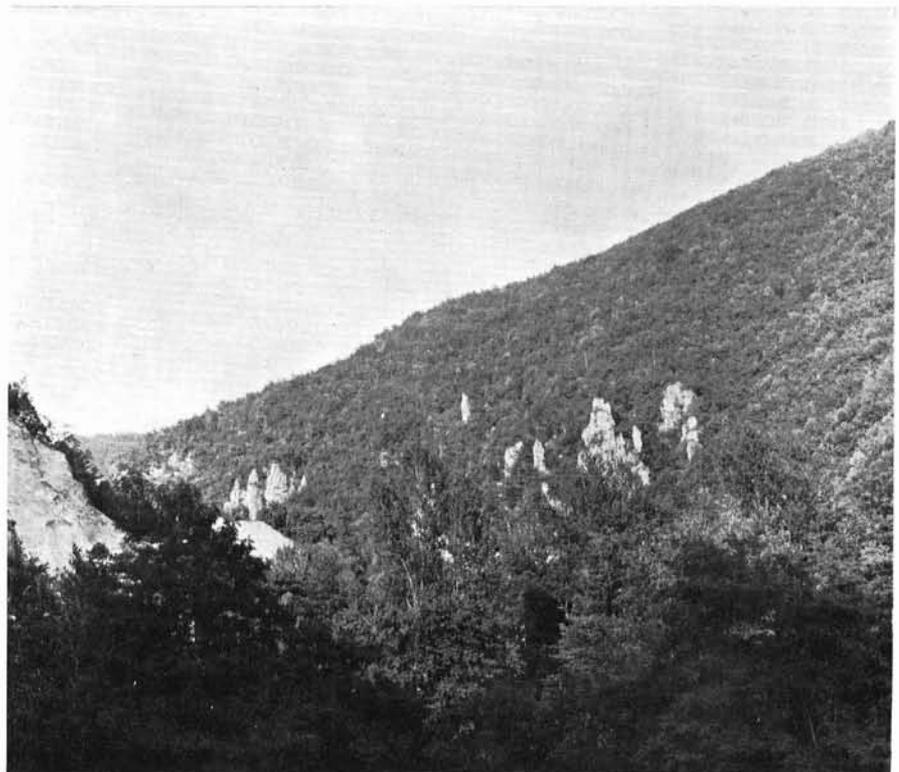


FIG. 9 - I pinnacoli d'erosione della dolomia anisico-ladinica a monte di Acquafredda.

A livello della terza convessità scompaiono i terrazzi del II ordine, e, subito a monte di questi ultimi, compaiono forme denotanti fenomeni di rapida erosione sui versanti (rocce isolate a pinnacolo, fig. 9). Questa conformazione del talweg coincide con la zona di passaggio fra Terziario e Preterziario.

#### LE INFORMAZIONI SULL'EVOLUZIONE DEL BACINO FORNITE DALLO STUDIO GERARCHICO

Lo studio della gerarchizzazione del reticolo è stato effettuato secondo i metodi proposti da A. H. STRAHLER, con i complementi di E. LUPA PALMIERI. L'analisi ha lo scopo di individuare eventuali variazioni nell'assetto e nei reciproci rapporti delle aste fluviali. Ove esistano, di risalire alle cause che le hanno determinate.

In prima istanza si è proceduto al calcolo dei vari parametri per sezioni di chiusura progressive. La scelta delle singole delimitazioni è stata guidata dai caratteri e dalle variazioni dell'assetto del bacino finora individuate: esse sono state fatte coincidere con le zone ove si realizzano importanti cambiamenti o nel substrato litologico, o nelle forme. Lo studio è stato esteso anche ai due principali affluenti della Bormida di Millesimo: il Torrente Uzzone ed il Torrente Tatorba di Monastero.

In particolare le successive sezioni definiscono, a partire dalla sorgente, le seguenti aree:

I: Bormida, dalle origini a Millesimo compreso il Torrente Zemola. Corrisponde alla testata della valle, impostata in rocce preterziarie in netta prevalenza;

II: Bormida dalle origini fino al Ponte dei Colombi. La sezione di chiusura passa per il punto di massimo flesso della II convessità. Nella stessa zona compaiono i terrazzi di III ordine ed i meandri incassati;

III: Bormida dalle origini fino alla confluenza con il Torrente Uzzone (Uzzone escluso). La chiusura corrisponde alla I convessità;

IV: Bormida di Millesimo, dalle origini alla confluenza con la Bormida di Spigno: l'area coincide con tutto il bacino in esame;

V: Torrente Uzzone, dalle origini alla confluenza con la Bormida;

VI: Torrente Tatorba di Monastero, dalle origini alla confluenza con la Bormida.

Le quote delle singole chiusure, le aree dei tratti di bacino, e dei bacini corrispondenti, l'altitudine media dei singoli bacino sono le seguenti:

	quota chius. (m s.l.m.m.)	area (km <sup>2</sup> )	alt. media (m s.l.m.m.)
I	445	212,43	833
II	340	297,81	744
III	250	355,12	705
IV	163	568,17	616
V	250	87,48	558
VI	170	31,29	366

Il confronto fra i valori ottenuti applicando questo metodo deve essere considerato più un dato esplorativo delle eventuali variazioni dell'assetto gerarchico che non definitivo, e quindi suscettibile di interpretazioni geomorfologiche. Infatti le differenze, qualora esistano, sono parzialmente mascherate: i dati delle sezioni più ampie mediano anche i valori delle sezioni precedenti, e quelli degli affluenti via via compresi. Inoltre non è ancora possibile differenziare le cause dell'evoluzione, e individuare come prevalenti quelle di tipo litologico, o tettonico, o geomorfologico.

La conformazione del bacino della Bormida di Millesimo è particolarmente indicata per spingere lo studio più oltre, e cercare di stabilire rapporti più diretti fra i dati emergenti dall'analisi geomorfica quantitativa e forme presenti.

Il bacino, estremamente allungato in senso SN, è caratterizzato, per vaste aree, dalla costanza sia di alcuni parametri del reticolo, sia di altri di tipo ambientale.

In particolare per tutta la superficie corrispondente all'areale di affioramento del Terziario, l'ordine del corso d'acqua principale si mantiene costante (VI ordine). Altrettanto omogenei sono i tipi litologici affioranti nel talweg e lungo il versante: ciò è dovuto al rapporto fra la giacitura delle formazioni sedimentarie e la direzione dell'asta principale.

Nella valle principale anche la vegetazione che riveste il pendio, ed il tipo di uso del suolo in atto, non presentano sul Terziario differenze significative: l'arativo, il vigneto, il prato ed il bosco occupano la superficie topografica in proporzioni pressoché costanti.

A parità di tutte queste condizioni è pertanto possibile fare emergere i rapporti fra forme ed assetto gerarchico depurati dalle interferenze degli altri fattori, che si mantengono omogenei.

Fra i vari parametri della gerarchizzazione sono stati utilizzati, allo scopo, quelli a maggiore contenuto geomorfologico, ed in particolare il numero, l'indice e la densità di anomalia gerarchica. Nell'ultimo dei termini indicati, ad esempio, nel calcolo è introdotto l'elemento areale, fattore direttamente dipendente dal grado di evoluzione del bacino.

Sulla base di questi principi si è dunque proceduto nel modo seguente:

TABELLA 1  
PARAMETRI  $N_u$  e  $N_d$  (\*)

Bacino	$N_1$	$N_2$	$N_3$	$N_4$	$N_5$	$N_6$	$N_{d1}$	$N_{d2}$	$N_{d3}$	$N_{d4}$	$N_{d5}$	$N_{d6}$
I	2513	612	136	30	7	1	1798	417	86	28	7	1
II	2863	697	166	36	7	1	2023	460	101	28	7	1
III	3135	788	179	40	7	1	2238	528	107	28	7	1
IV	4121	1019	230	51	9	1	2878	687	136	37	9	1
V	571	124	31	7	1	1	376	88	20	7	1	-
VI	140	25	5	2	1	-	77	22	5	2	-	-

(\*)  $N_u$ , ordine dei segmenti fluviali;  $N$ , frequenza;  $N_d$ , frequenza diretta.

TABELLA 2

PARAMETRI  $Rb_u$ ,  $Rbd_u$ ,  $Rb$ ,  $Rbd$ ,  $Rb^o$ ,  $Rbd^o$ ,  $R$ ,  $R^o$  (\*)

Bacino	$Rb_1$	$Rb_2$	$Rb_3$	$Rb_4$	$Rb_5$	$Rbd_1$	$Rbd_2$	$Rbd_3$	$Rbd_4$	$Rbd_5$	$Rb$	$Rbd$	$Rb^o$	$Rbd^o$	$R$	$R^o$
I	4,11	4,50	4,53	4,29	7	2,94	3,07	2,87	4	7	4,98	3,97	4,20	2,98	0,69	0,99
II	4,11	4,20	4,61	5,14	7	2,90	2,77	2,81	4	7	5,01	3,90	4,16	2,89	1,11	1,27
III	2,84	4,40	4,48	5,71	7	2,84	2,95	2,68	4	7	5,11	3,89	4,10	2,87	1,01	1,02
IV	2,82	4,43	4,51	5,67	9	2,82	2,99	2,67	4,11	9	5,53	4,32	4,15	2,87	1,21	1,28
V	3,03	4	4,43	7	-	3,03	2,84	2,86	7	-	5,03	3,93	4,50	3,9	1,10	1,41
VI	3,08	5	2,5	2	-	3,08	4,4	2,5	2	-	3,78	3,0	5,35	3,28	0,78	2,07

(\*)  $a_u$ , ordine dei segmenti fluviali;  $Rb$ , rapporto di biforcazione ( $Rb$ , media aritmetica,  $Rb^o$ , media ponderata);  $Rbd$ , rapporto di biforcazione diretto ( $Rbd$ , media aritmetica,  $Rbd^o$ , media ponderata);  $R$ , indice di biforcazione ( $R$ , media aritmetica;  $R^o$ , media ponderata).

TABELLA 3

PARAMETRI  $a_{u,i}$  (\*)

Bacino	$a_{1,3}$	$a_{1,4}$	$a_{1,5}$	$a_{1,6}$	$a_{2,4}$	$a_{2,5}$	$a_{2,6}$	$a_{3,5}$	$a_{3,6}$	$a_{4,6}$
I	369	432	1015	855	152	384	770	128	216	16
II	417	519	1015	1575	180	384	1162	128	396	64
III	459	434	1015	1725	182	384	1470	128	480	96
IV	666	759	1260	2160	234	492	1862	172	612	112
V	115	144	224	-	40	112	-	44	-	-
VI	44	48	21	-	6	-	-	-	-	-

(\*)  $a_{u,i}$ , numero dei segmenti fluviali di ciascun ordine necessari per ottenere una gerarchizzazione perfetta.

TABELLA 4

PARAMETRI  $G_a$ ,  $\Delta_a$ ,  $g_a$  (\*)

Bacino	$G_a$	$\Delta_a$	$g_a$
I	4337	1,73	20,42
II	5840	2,04	19,6
III	6473	2,06	18,23
IV	8329	2,02	14,66
V	675	1,18	7,71
VI	119	0,85	8,92

(\*) Numero ( $G_a$ ), indice ( $\Delta_a$ ) e densità ( $g_a$ ) di anomalia gerarchica.

Bormida di Millesimo

RETICOLO IDROGRAFICO

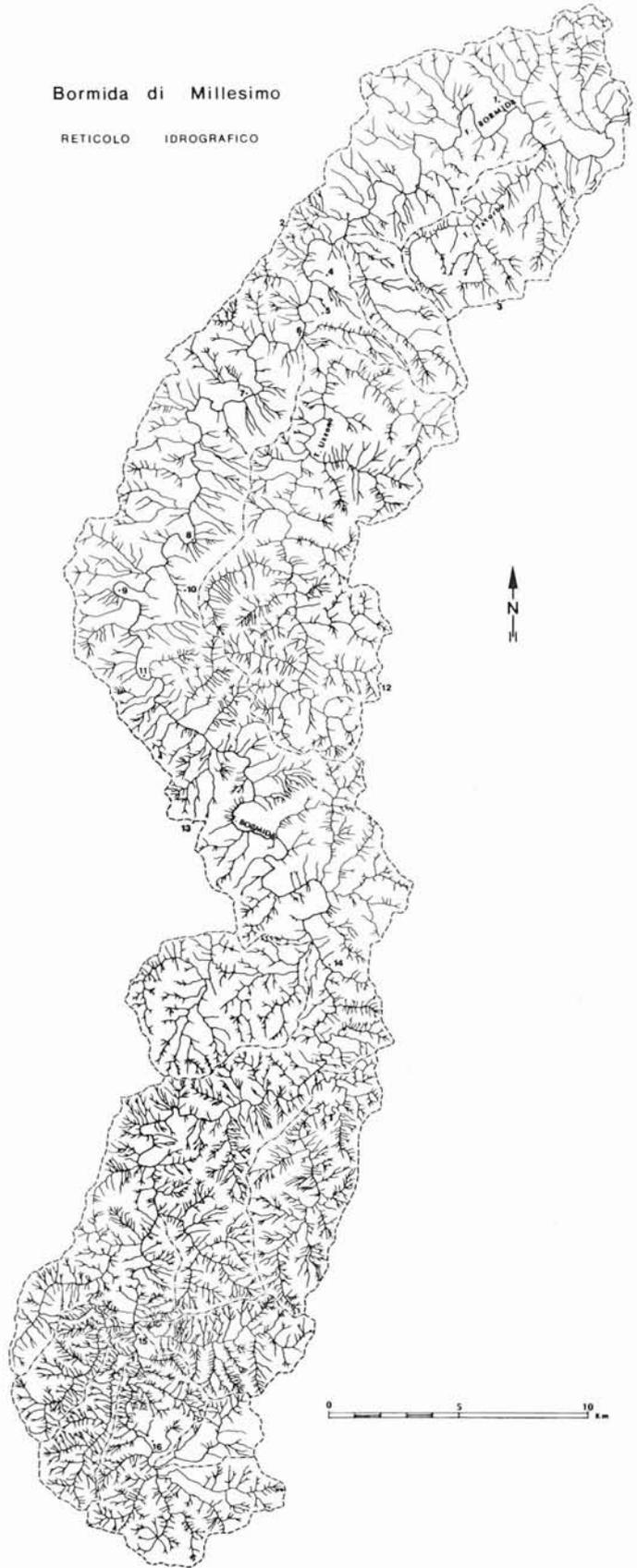


FIG. 10 - Reticolo idrografico del bacino del Fiume Bormida di Millesimo. I numeri indicano le seguenti località: 1) Bubbio; 2) Castino; 3) Denice; 4) Perletto; 5) Olmo Gentile; 6) Cortemilia; 7) Torre Bormida; 8) Gorzegno; 9) Ponte dei Colombi; 10) Prunetto; 11) Monesiiglio; 12) Pian Soave; 13) Camerana; 14) Millesimo; 15) Calizzano; 16) Bardineto.

a) RAPPORTI ED INDICE DI BIFORCAZIONE

Il rapporto di biforcazione  $R_b$  è dato dal rapporto fra il numero dei segmenti fluviali di un dato ordine ( $N_u$ ) ed il numero dei segmenti dell'ordine successivo ( $N_{u+1}$ ). Esso fornisce una prima indicazione sul grado di organizzazione del reticolo. A valori elevati del rapporto corrispondono scarti notevoli nelle frequenze delle aste fluviali degli ordini successivi, quindi bassi gradi di gerarchizzazione. Analizzando comparativamente il dato per le successive sezioni del bacino si nota, nella media aritmetica e ponderata ( $\overline{R_b}$  e  $\overline{R_b^0}$ ) una sostanziale costanza del valore. È più alto invece negli affluenti, ad indicare una maggiore disorganizzazione del reticolo.

Il rapporto di biforcazione diretta ( $R_{bd}$ ) è dato dal rapporto fra il numero delle aste fluviali di un dato ordine che influiscono in quelle dell'ordine successivo ( $N_{du}$ ) ed il numero di queste ( $N_{u+1}$ ). Per la valle principale la minima variazione che si riscontra starebbe ad indicare che, considerando solo le confluenze proprie di una struttura gerarchizzata, il grado di gerarchizzazione del Bormida s.s. aumenta da monte a valle. L'incremento risulta maggiore se si considera che la media della IV sezione (Bormida fino alla confluenza con la Bormida di Spigno) è comprensiva dei valori del Torrente Tatorba di Monastero e dell'Uzzone, i cui indici sono relativamente elevati.

L'indice di biforcazione  $R$  deriva dalla differenza fra  $R_b$  ed  $R_{bd}$ . Tale parametro, mettendo a confronto tutti i segmenti del reticolo con quelli collegati in successione gerarchica, mette in risalto l'incidenza delle confluenze anomale. Dalla media aritmetica, e da quella ponderata, risulta che le confluenze anomale sono più importanti nel tratto distale del bacino che non in quello prossimale.

b) NUMERO DI ANOMALIA GERARCHICA

Il parametro ( $G_a$ ) indica il numero minimo dei segmenti di 1° ordine potenzialmente necessari per determinare la perfetta gerarchizzazione del reticolo. Prendendo in considerazione le confluenze anomale di 1° e di 2° ordine nel 6°, per le diverse sezioni della Bormida risulta che:

	$a_{1,6}$ % di $G_a$	$a_{2,6}$ % di $G_a$
I	19,71	17,75
II	26,96	22,70
III	26,64	15,68
IV	25,93	22,30

Dalla somma dei due valori per ciascuna sezione risulta che i segmenti considerati concorrono a definire il numero di anomalia gerarchica per le seguenti percentuali:

- Sezione I-37,46 %
- Sezione II-49,66 %
- Sezione III-42,32 %
- Sezione IV-48,23 %

L'andamento dei valori rispecchia la variazione del parametro  $R$ , già preso in considerazione.

Applicando le riflessioni fatte in premessa al calcolo della gerarchizzazione, si è calcolato il numero delle confluente di I ordine nel VI, e del II nel VI per il tratto della valle principale compresa fra Gorzegno e Monesiglio. Essa corrisponde sul profilo rettificato alla seconda convessità. Lo stesso tratto coincide anche con la zona più a monte dei meandri incassati, e con i terrazzi di III ordine posti più a S: a Monesiglio, infatti, il piano passante per le superfici converge con il fondovalle attuale.

Per questa zona  $a_{1,6}$  costituisce il 50,32 % di  $G_a$ ,  $a_{2,6}$  il 36,36 % di  $G_a$ : ne consegue che in corrispondenza alla seconda convessità l'anomalia è determinata per ben l'86,68 % dai corsi d'acqua del I e del II ordine confluenti nel VI. Confrontando tale valore con i parametri analoghi dei tratti a monte ed a valle si può vedere come sia nettamente superiore.

Compiendo la stessa operazione per il settore di bacino interessato dalla terza convessità (ove si verifica anche la convergenza con il fondovalle dei terrazzi di II ordine),  $a_{1,6}$  risulta il 29,17 % di  $G_a$ ,  $a_{2,6}$  il 25,74 % di  $G_a$ , la somma è il 54,91 %. Di nuovo, anche se in modo meno vistoso del caso precedente, la percentuale si mantiene ben più elevata della media del bacino, e delle zone a S ed a N.

È da notare che in questi tratti, ove è massima la presenza percentuale, ed assoluta, degli  $a_{1,5}$  e  $a_{1,6}$ , essi confluiscono per oltre il 50 % nelle zone di concavità del meandro, là dove la concavità corrisponde al versante a franapoggio.

Si può constatare, anche in relazione a quanto è stato detto a proposito della dinamica del versante a franapoggio, che questi affluenti derivano da aree sottoposte ad intensi fenomeni di franosità per scivolamento, interessanti in particolare la parte bassa del versante.

Tali movimenti gravitativi hanno disorganizzato un vecchio reticolo idrografico più evoluto e gerarchizzato: ne è nato un reticolo attualmente giovane e poco articolato, da cui il tipo di anomalia descritto.

Anche l'analisi dell'Uzzone offre alcuni spunti degni di considerazione. La somma delle aste di I ordine direttamente confluenti nel IV e nel V ordine costituisce per tutto l'Uzzone (che è di V ordine) il 53,8 % di  $G_a$ . Considerando solo la testata del bacino, dall'origine fino alla chiusura del Rio della Moglia Piana, la somma delle aste considerate scende al 41,2 % di  $G_a$ . Calcolando lo stesso valore per il tratto compreso fra la sezione considerata e la confluenza con la Bormida di Millesimo il dato sale al 61,04 %.

Il punto di chiusura prescelto corrisponde ad una netta variazione nell'andamento del profilo rettificato, ed alla zona in cui scompaiono nella valle dell'Uzzone i terrazzi di II ordine. È da rilevare che anche qui sono gli affluenti di I ordine, direttamente confluenti nell'ordine più alto, a determinare la variazione di  $G_a$ .

### c) INDICE E DENSITÀ DI ANOMALIA GERARCHICA

L'indice di anomalia gerarchica ( $\Delta_a = G_a/N_1$ ) e la densità di anomalia gerarchica ( $g_a = G_a/\text{area}$ ) introducono nuovi elementi nei calcoli della gerarchizzazione, in particolare l'area del bacino, fattore dipendente dal grado di evoluzione dello stesso. L'indice, da un valore di 1,73 alla chiusura di Millesimo, sale a valori di poco superiori a 2 a valle. Ciò, tenendo conto della grande influenza degli  $a_{1,6}$  nel determinare  $G_a$ , e quindi, per questo particolare bacino, significa che mancano più affluenti di I ordine a valle che non a monte. Il valore calcolato per il tratto corrispondente alla seconda convessità, come già si è fatto nel paragrafo precedente, sale a 3,43. Negli affluenti i valori sono molto più bassi. Dalla confluenza dell'Uzzone alla confluenza con la Bormida di Spigno, bacino dell'Uzzone escluso, il valore è di 2,84. Sale ancora di più se si esclude il Tatorba di Monastero. Nel bacino principale, escludendo i principali affluenti, l'indice di anomalia gerarchica sale notevolmente da S a N, e raggiunge valori massimi là dove esistono indizi morfologici di un'erosione particolarmente intensa.

L'andamento dei valori della densità di anomalia gerarchica si inverte: da monte a valle scendono, passando da 20,42 per la sezione I a 14,66 per la sezione IV. Escludendo il bacino dell'Uzzone la densità di anomalia gerarchica di tutta la Bormida si scosta poco dal valore precedente, salendo a 15,91.

Il contrasto nell'andamento di due valori, che normalmente procedono parallelamente, merita qualche riflessione.

Da quanto si è detto nei paragrafi precedenti il numero di anomalia gerarchica dipende fondamentalmente dalle aste di ordine basso direttamente influenti nel VI ordine. La genesi di queste aste consegue ad una rapida incisione del talweg, provocante un'attiva dinamica del versante espletantesi dal basso verso l'alto. Tale azione disorganizza il reticolo, ma, nelle prime fasi del suo espletamento, non fa variare l'area del bacino, in quanto interessa particolarmente la fascia di versante contigua al talweg.

Nel caso del bacino della Bormida, ed alla luce di quanto è stato detto, un'interpretazione del contrasto fra i valori in discussione può essere la seguente: ad una prima fase di sviluppo del bacino, che ne ha determinato l'area e gli spartiacque, sono succedute, più recentemente, una o più fasi erosive, che, per il limitato periodo d'applicazione, non hanno ancora interessato tutto il versante e non hanno ancora modificato le aree per erosione regressiva di testata. Nella parte bassa del versante sono riuscite invece a determinare una disorganizzazione del reticolo facendone regredire l'evoluzione, e creando numerose confluenze anomale del I e del II ordine nel VI. Lo stesso fenomeno che si verifica lungo i versanti si ripete lungo l'asse vallivo: la disorganizzazione del reticolo decresce da valle a monte. È massima là dove esistono indizi morfologici di un'erosione in atto particolarmente intensa.

Il fenomeno è più evidente nella valle principale. Nelle valli laterali si manifesta nel tratto distale: valga, al proposito, quanto detto per l'Uzzone trattando di  $G_a$ .

### LE CONDIZIONI EVOLUTIVE DEL BACINO

Lo studio dei caratteri morfologici, ed i dati ricavati dal calcolo dei parametri della gerarchizzazione del reticolo idrografico, permettono di concludere che l'area è stata interessata, dal Villafranchiano all'Attuale, da una serie di fasi erosive successive. Durante lo stesso periodo la direzione di scorrimento del fiume ha subito profonde modificazioni.

#### PRIMA FASE

Consiste nell'erosione del glacis villafranchiano, dovuta ad un reticolo idrografico la cui direzione principale di deflusso è orientata in senso SSE-NNW.

Le forme residuali testimonianti questa fase sono le selle d'erosione incidenti gli spartiacque ed i terrazzi del I ordine, corrispondenti al fondovalle dei corsi d'acqua postvillafranchiani.

Questi elementi morfologici, individuanti le direzioni di scorrimento, sono disposti secondo più allineamenti, grosso modo paralleli, ed a quote diverse: più elevati i meridionali, più bassi i settentrionali. Ciò può fare pensare ad un progressivo spostamento del reticolo verso N.

È da notare che l'orientazione del paleoreticolo individuato è parallela a quella del sistema Alto-Belbo-Rea ante cattura del Belbo nelle Langhe sud-occidentali (BIANCOTTI, 1981).

Nel bacino non esistono elementi che permettano una datazione certa di questa fase. Possiamo solo dire che è posteriore al Villafranchiano, momento di genesi del glacis, e che, forse, corrisponde al Pleistocene medio.

#### SECONDA FASE

Il corso della Bormida si orienta nella direzione attuale. Causa della diversione potrebbe essere un movimento tettonico, comportante un sollevamento differenziale dell'intera regione delle Langhe.

L'ipotesi del basculamento, già proposta per le Langhe sud-occidentali, trova nel Bacino del Fiume Bormida di Millesimo nuovi elementi a suo favore. A seguito del sollevamento, più pronunciato a SSW, meno a NNE, e su una superficie appena incisa dalla I fase erosiva, il corso d'acqua si orienta verso N. Il livello di base provvisorio si sposta dalle pianure del Piemonte sud-occidentale a quelle del Piemonte sud-orientale, più a valle ed a quota minore. Attualmente sia il livello dei terrazzi risiani, sia quello del livello fondamentale della pianura nelle due aree differisce di circa 150 m.

Il sollevamento, ed il riferimento ad un nuovo livello di base più basso provocano, come effetto congiunto, un'intensa erosione regressiva, che incide il talweg fino a portare il fondovalle al livello della superficie del II ordine di terrazzi.

Fino a questo momento non sono stati rinvenuti elementi che permettano di datare direttamente questa fase. Per analogia con quanto osservato nel bacino del Belbo essa potrebbe essere posta fra il Pleistocene superiore e l'Olocene inferiore.

### TERZA FASE

Una nuova, intensa, fase erosiva incide il talweg, evidenzia i terrazzi di II ordine, e stabilizza il fondovalle al livello della superficie del III ordine di terrazzi.

L'attività in questione è relativamente recente: la franosità in atto, e le forme testimonianti l'intensa dinamica del versante, dimostrano che l'equilibrio talweg-pendio non è ancora raggiunto.

Inoltre l'esistenza stessa della terza convessità, la variazione dell'assetto gerarchico del reticolo idrografico a valle e a monte di questo tratto del talweg, la scomparsa, sempre in coincidenza con la terza convessità, del II ordine di terrazzi, il notevole concorso a definire l'anomalia nella stessa zona, degli  $a_{1,6}$  e  $a_{2,6}$ , fa pensare che l'erosione regressiva non abbia ancora interessato la testata del bacino.

L'evidente differenziazione dei caratteri geomorfologici e di gerarchizzazione potrebbe essere attribuita anche all'interferenza di tipi litologici profondamente diversi: già si è detto che in corrispondenza alla terza convessità si passa dall'areale di affioramento delle rocce sedimentarie del Bacino Terziario Piemontese a quelle cristalline del Massiccio di Calizzano. Le stesse fenomenologie descritte nella valle principale si osservano però anche nella parte alta del bacino dell'Uzzone, ove il substrato litologico non subisce variazioni. Ciò fa propendere per l'attribuzione dei fenomeni descritti a cause morfodinamiche, e non litologiche.

La terza fase erosiva è dovuta ad una ripresa del sollevamento, collegata, probabilmente, con fenomeni di subsidenza del bacino dell'Alessandrino.

Sui terrazzi del II ordine non esistono suoli databili. Dalle analogie con l'evoluzione del Tanaro, e da quanto si desume da altri studi sulle Langhe (CARRARO, 1981), si può pensare che l'erosione conosca il momento di massima intensità dopo l'ultima glaciazione. Già si è detto

che sui versanti, ed alla testata del bacino, essa è ancora attiva.

La forma dei terrazzi di II ordine fa pensare che i meandri attuali siano ereditati, e che fra la seconda e la terza fase un periodo di stasi del movimento tettonico abbia permesso al Fiume Bormida di assumere un andamento meandriforme. Il rapido procedere dell'incisione successiva avrebbe determinato l'incassamento dei meandri.

È possibile però che abbia contribuito a determinare questo assetto l'intensa dinamica del versante, in particolare di quello a franapoggio, che è stata provocata dall'incisione del talweg durante la terza fase. L'accumulo di materiali sul fondovalle potrebbe avere provocato, in momenti diversi, la creazione di una serie di sbarramenti, ed imposto successive deviazioni dell'alveo. Pare avere questa origine la grande ansa circoscrivente la base del settore di versante scivolato in corrispondenza all'abitato di Perletto.

### QUARTA FASE

Nella zona distale del bacino, fra la confluenza con la Bormida di Spigno e la seconda convessità, esistono evidenti indizi di un'ulteriore fase erosiva in atto risalente verso monte. Ne sono prova i terrazzi del III ordine, collegantisi al fondovalle in corrispondenza della seconda convessità, gli altri fenomeni morfologici legati all'attività dinamica del versante, e l'insieme delle variazioni dell'assetto gerarchico del reticolo idrografico riscontrate sempre in corrispondenza della seconda convessità. Tale fase, oltre che la creazione dei terrazzi del III ordine, su cui si sono sviluppati suoli a pedogenesi recente, ha provocato l'ulteriore incassamento dei meandri. Sui versanti della bassa valle, per il rapido susseguirsi delle ultime due fasi, i fenomeni gravitativi determinati dall'una e dall'altra si confondono.



FIG. 11 - « Fungo di Piana Crixia », piramide d'erosione dei conglomerati oligocenici della Formazione di Molare nella media valle della Bormida di Spigno.

All'attuale stato di avanzamento dei lavori è possibile informare che anche nelle basse valli contigue con quella della Bormida di Millesimo esistono indizi di una fase erosiva in atto. Nella Stura fino a Fossano, nel Tanaro fino a Bastia esiste, fra il livello fondamentale della pianura, würmiano, e l'attuale talweg, un terrazzo intermedio. Nella Bormida di Spigno si manifesta, sul profilo rettificato, una convessità corrispondente alla seconda convessità della Bormida di Millesimo. Sul versante, nella zona di massima convessità, sono osservabili fenomeni di erosione recente particolarmente intensa (piramidi di erosione, fig. 11).

#### BIBLIOGRAFIA

- ACCORDI B. & alii (1969) - *Idrogeologia dell'alto bacino del Liri (Appennino centrale)*. Geol. Rom., 177-559, 6 carte.
- AVENA G. C., GIULIANO G. & LUPA PALMIERI E. (1967) - *Sulla valutazione quantitativa della gerarchizzazione ed evoluzione dei reticoli fluviali*. Boll. Soc. Geol. It., 86, 781-796.
- BIANCOTTI A. (1981) - *Geomorfologia delle Langhe sud-occidentali*. Mem. Acc. Sc. Tor., in stampa.
- CARRARO F. (1976) - *Diversione pleistocenica nel deflusso del bacino piemontese meridionale: un'ipotesi di lavoro*. Gr. St. Quat. Pad., Quad. 3.
- CARRARO F. & alii (1979) - *Dati preliminari sull'evoluzione neotettonica dell'arco delle Alpi Occidentali*. Nuovi contributi alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia. CNR, P. F. Geodinamica.
- GABERT P. (1962) - *Les plaines occidentales du Pô et leurs piedmonts*. Louis Jean, Gap, 531 pp.
- GREGORY K. J. & WALLING D. E. (1973) - *Drainage basin form and process, a geomorphological approach*. Arnold, London, 456 pp.
- LEOPOLD L. B., WOLMANN M. G. & MILLER J. P. (1964) - *Fluvial processes in Geomorphology*. Freeman and Company, S. Francisco, 522 pp.
- MANCINI F. (1958) - *I terrazzi quaternari del Fiume Lima (Appennino Toscano)*. Riv. Geogr. It., 65, 281-313.
- MORISAWA M. (1968) - *Streams, their dynamics and morphology*. McGraw-Hill, N. Y. 176 pp.
- ROVERETO G. (1934) - *Epirogenesi postpleistocenica delle Alpi Marittime e della Riviera Ligure*. Rend. Acc. Naz. Linc., 20, 153-155.
- ROVERETO G. (1939) - *Liguria geologica*. Mem. Soc. Geol. It., 2, 743 pp.
- SACCO F. (1889) - *Il bacino Terziario e Quaternario del Piemonte*. Torino, 908 pp. 3 carte geol.
- STRAHLER A. N. (1958) - *Dimensional analysis applied to fluvially eroded landforms*. Bull. Geol. Soc. Am., 69, 297-300.