

a quello che passa per ogni minuto secondo dalla considerata sezione, quando il deflusso è limpido.

Dalle suaccennate formole del Du Boys (vedi § 5) relative al movimento degli strati alluviali, si rileva che uno strato dello spessore e si muoverà molto lentamente e assai più adagio di diversi strati più sottili, i quali abbiano insieme lo spessore e . È evidente che lo smovimento e il trasporto del primo straterello avverrà molto facilmente e rapidamente e così resterà pure agevolato quello degli strati sottostanti.

Risulta pure evidente che quando si ha uno strato alluviale costituito di materie di grossezza abbastanza uniforme, il cui valore della velocità-limite di trasporto sia all'incirca eguale alla velocità effettiva dell'acqua, le materie dello strato si potranno muovere solo in parte e lentamente, e invece non si muoveranno affatto quando la detta velocità limite sarà maggiore. Se poi lo strato viene suddiviso in diversi altri, ognuno dei quali mostri alla superficie qualche materiale più piccolo, allora ognuno di questi straterelli si muoverà più facilmente; però quelli inferiori meno, in ragione della diminuzione della velocità che subirà la corrente a mano a mano che andrà caricandosi di materie.

Wang I, pag 180

**§ 7. Leggi che regolano l'erosione del fondo
e la formazione del profilo longitudinale.**

Le precedenti considerazioni sono tutte basate sul supposto che si tratti sempre di pietrame che si trova isolato sul fondo. Ma già si è notato che la difficoltà è ben più grande, quando si vogliano determinare in forma analitica i fenomeni dell'erosione nel loro complesso, poichè questa si esercita su materiale che si trova agglomerato alla rinfusa sul fondo.

Tuttavia partendo dalle ricerche suesposte sulla ve-

locità dell'acqua e sulla saturazione della corrente con materie, si arriva a stabilire le seguenti norme generali sulla erosione, le quali fino a un certo grado sono anche fondate matematicamente.

1^o Quando la velocità media della corrente crea un urto d'acqua tale, formola (5), da superare la resistenza del fondo, allora deve subentrare il fenomeno della erosione.

2^o Ogni aumento del materiale trasportato, produce a parità delle altre condizioni una diminuzione della velocità media (vedi formola 3) e quindi anche dell'urto dell'acqua e dell'azione erosiva, prescindendo però dal fatto che il materiale che cammina strisciando sul fondo provoca per sè stesso erosione.

Restando ferme le altre condizioni, l'acqua chiara e limpida possederà sempre un potere erosivo maggiore di quella torbida.

3^o Tosto che la velocità media della corrente, in seguito al crescere del suo grado di torbidezza dipendente dall'attività erosiva del torrente, diminuisce fino al valore della velocità-limite di trasporto corrispondente al materiale che si trova sul fondo, l'acqua perde il suo potere erosivo, perchè non ha più la forza di trasportare il materiale. Allora fra la forza dell'acqua e la resistenza del fondo si stabilisce una specie di equilibrio che in certo qual modo garantisce la stabilità del fondo.

4^o Questo stato di equilibrio si traduce in qualche modo in una certa regolarità del profilo longitudinale.

Infatti, quando l'acqua del torrente scorrendo uniformemente colla velocità corrispondente a quel materiale di cui è satura arriva a un dato punto *A*, vedi fig. 3, e tutte le condizioni del torrente rimangono invariate, allora, tanto in quel punto quanto a valle del medesimo, non avverranno nè depositi nè scavi e la forma del profilo longitudinale non subirà nessuna variazione. Questa immutabilità di fondo potrà sussistere

anche quando il fondo a valle del punto *A*, ferme le altre condizioni, fosse costituito di materiale più minuto ma di peso specifico eguale, vedansi fig. 4 e 5. Il valore della velocità media dell'acqua allora supererebbe la velocità limite corrispondente al materiale più piccolo e questo potrebbe venire smosso. Ma contemporaneamente, a motivo di questo maggior intorbidamento, avverrebbe una diminuzione della velocità della corrente e l'acqua non sarebbe più in grado di convogliare oltre tutto il materiale più grosso trasportato fino al

Pelo d'acqua

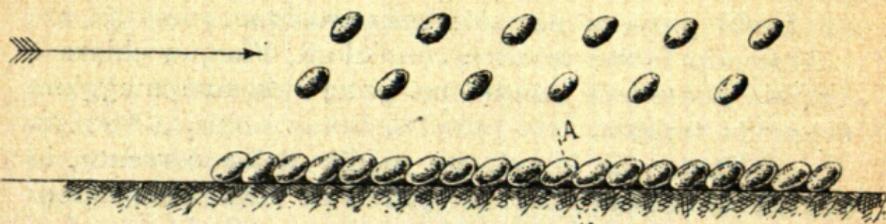
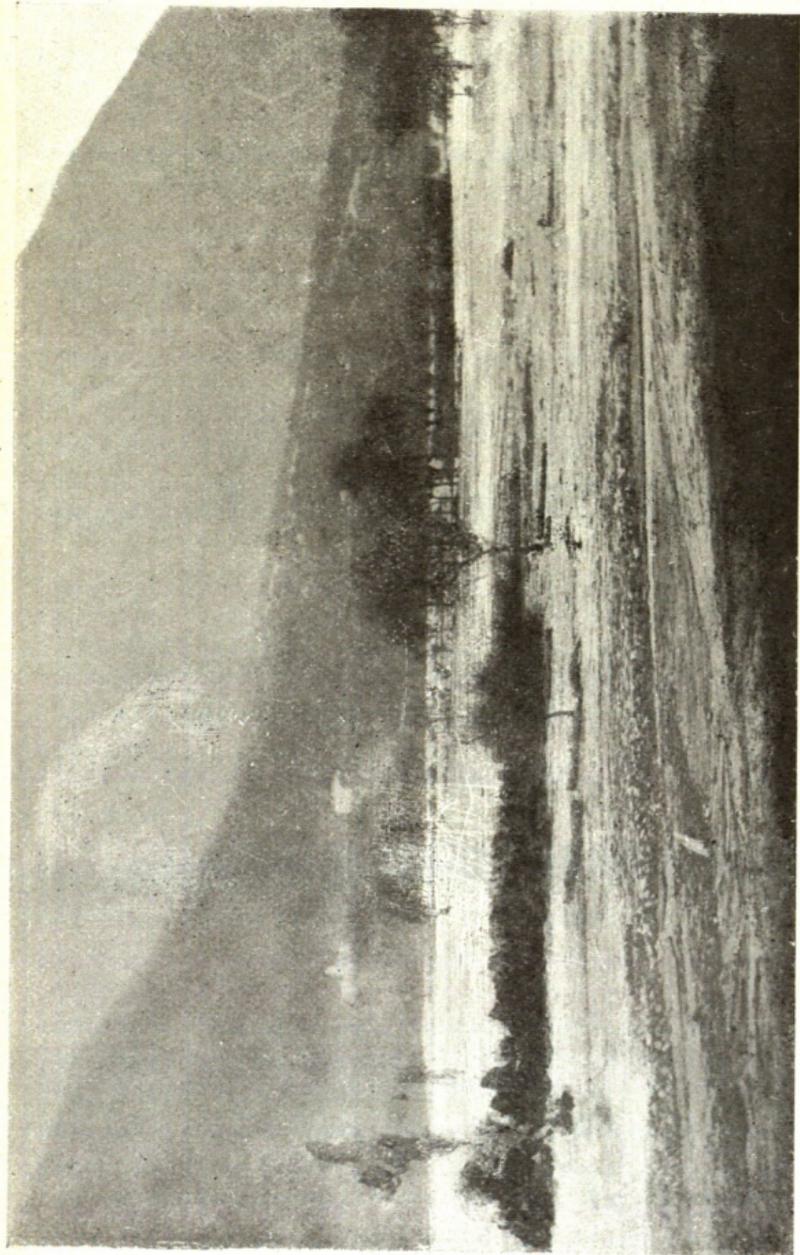


Fig. 3.

punto *A*. Al posto del materiale più minuto sollevato sotto *A* dovrebbe quindi depositarsi una parte del materiale più grosso portato fino al punto *A*, fig. 5. Avverrebbe quindi in certo qual modo sotto il punto *A*, uno scambio di materiale, ma la forma del profilo longitudinale non muterebbe.

Il valore di quella pendenza che in quelle date effettive condizioni dà luogo al trasporto costante e imperturbato di quelle masse di materie, in modo che lo stato del fondo fino a un certo grado non varia, è la così detta « *pendenza naturale* » che fu da Breton⁽²⁶⁾

⁽²⁶⁾ PHILIPPE BRETON, « Memoire sur les barrages de retenue des graviers dans les gorges des torrents »; Paris, 1867.



Tav. 9. — Fiume Adda nella pianura di Ardenno (Valtellina) durante la piena del 21-22 agosto.

definita « *profilo di compensazione* » « *profil de compensation* » e da Surell (3) « *pendenza limite* » « *pente limite* ». È evidente che anche l'acqua chiara e limpida avrà la sua *pendenza naturale*, alla quale il fondo si manterrà invariato e non verrà eroso, e poichè quando

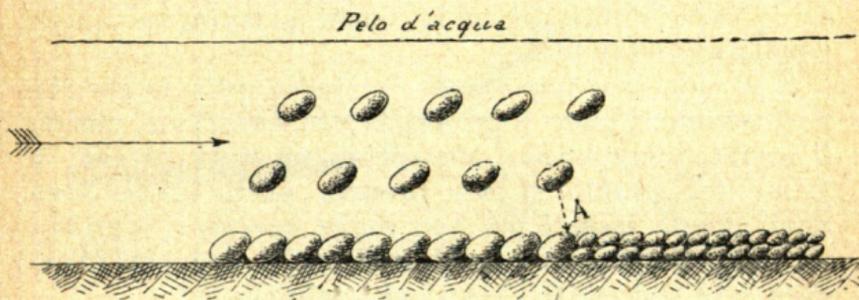


Fig. 4.

Wang I, pag 182

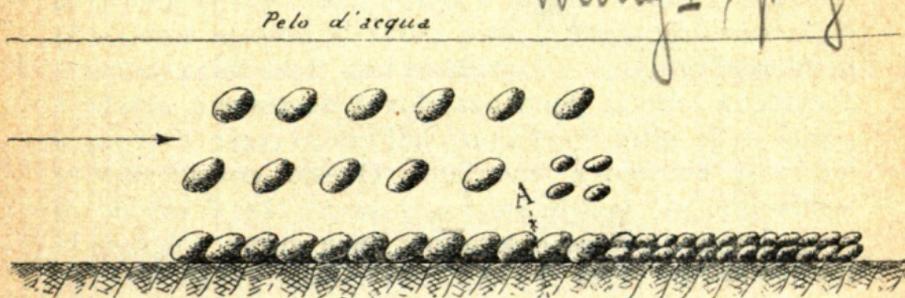


Fig. 5.

l'acqua si trova in questo stato possiede un potere erosivo maggiore di quando è torbida, è chiaro che la pendenza naturale dell'acqua limpida dovrà essere minore affinché l'eccesso della forza della corrente sia paralizzato dal difetto della pendenza.

La pendenza naturale che corrisponde all'acqua limpida, rappresenta propriamente il valore minimo di quella corrente e fu da Breton chiamata « *profilo*

d'equilibrio ». Mentre col profilo di compensazione può sempre avvenire la permuta di materie rappresentata dalla Tav. 5, questo scambio non può più naturalmente aver luogo in una corrente che abbia raggiunto il profilo d'equilibrio, perchè in questa non si ha più nessun trasporto di materie. Invece con ambedue i profili si ha la invariabilità del fondo, finchè permangono quelle condizioni effettive.

È di singolare importanza lo studio della forma che può assumere tanto il profilo di compensazione, quanto il profilo d'equilibrio. Mentre su un tratto breve, la forma del profilo si può ritenere quella della linea retta, questa ipotesi più non regge quando si consideri un tratto lungo, come lo dimostrano le seguenti riflessioni e le successive deduzioni analitiche.

Infatti siccome in generale la portata di un corso d'acqua cresce a mano a mano che esso si allontana dalla sua origine, e d'altra parte la portata stessa e la pendenza vengono a costituire una data forza motrice, è evidente che la pendenza dovrà decrescere perchè a parità delle altre condizioni sull'intero corso d'acqua il fondo si mantenga invariato. Questa considerazione basterebbe già per sè sola a provare che il profilo di compensazione deve essere una linea curva volgente la sua concavità verso il cielo. Ma questa forma è riconfermata anche dalla riflessione che il materiale che va depositandosi sul letto del torrente deve subire la legge del naturale processo di sorteggio, già più sopra accennato, in modo che il materiale più grosso si arresti a monte e quello sottile a valle. In tutti i casi dunque nei quali facendo astrazione dalla curvatura della sfera terrestre, il profilo del corso d'acqua presenta la detta concavità, si può concludere che tanto il corso d'acqua stesso quanto il suo profilo si sono sviluppati in modo normale e naturale.

Egli è certo che — senza nulla poter asserire di as-

soluto sulla precisa forma che assume il profilo longitudinale di un corso d'acqua quando ha il suo svolgimento naturale e continuo, e che alcuni scienziati ritengono essere parabolica ed altri cicloidale — non si

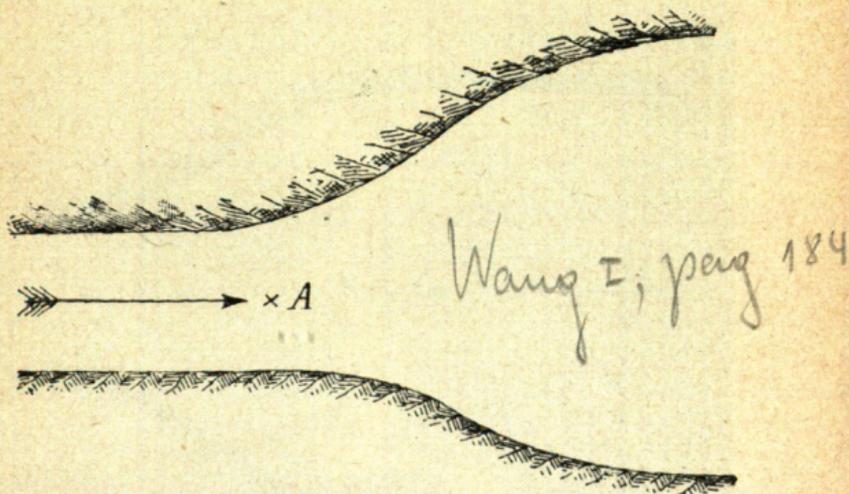


Fig. 6.

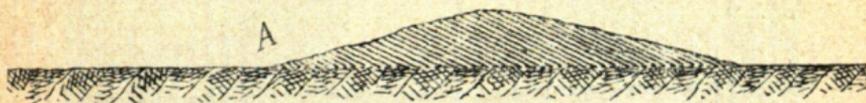


Fig. 7.

può certo presumere che la detta continuità e regolarità di profilo, la quale sempre presuppone una data costanza di rapporti nei deflussi e nelle sezioni, possa, almeno d'ordinario, riscontrarsi nei torrenti, nei quali sono tanto frequenti le variazioni di ogni genere.

Ed è naturale che quanto più grandi saranno queste variazioni, altrettanto maggiori saranno le irregolarità del profilo longitudinale, la cui continuità poi nei tor-

renti è spesso turbata anche da ostacoli insormontabili come banchi rocciosi, od anche da opere artificiali come le briglie o serre, ecc.

Quando, per es., l'acqua satura di materie arriva ad un punto *A* (vedi fig. 6 e 7), dove per una ragione

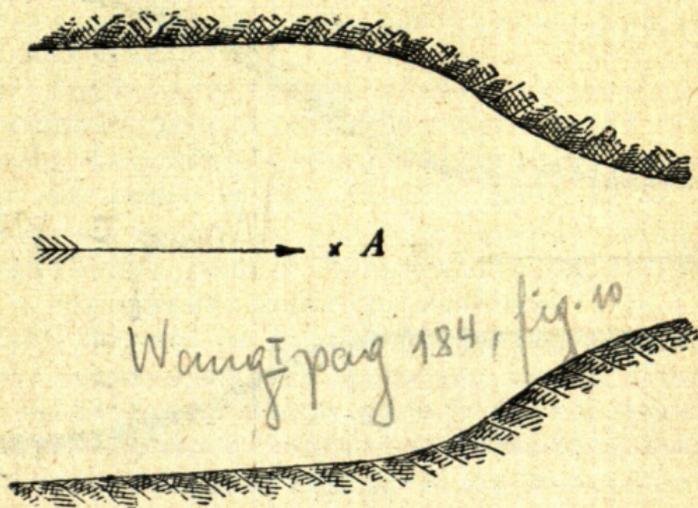
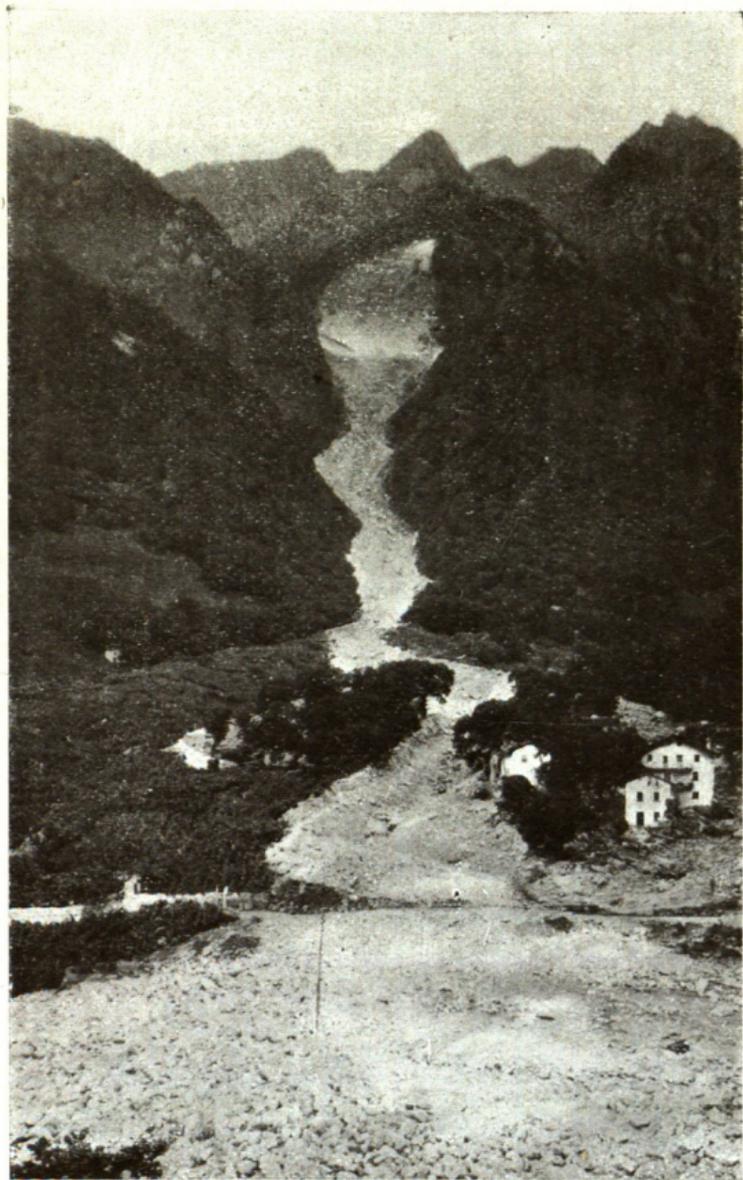


Fig. 8.

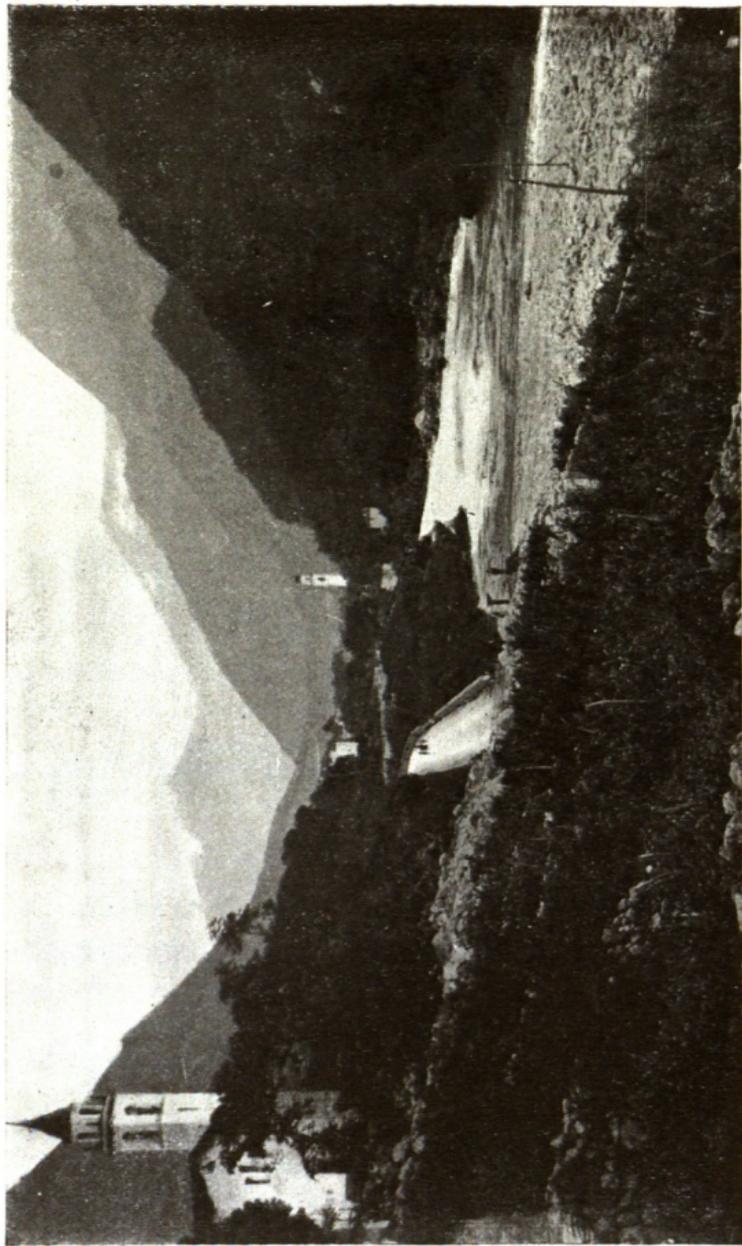


Fig. 9.

qualsiasi vi sia un allargamento di sezione, perde velocità e quindi non sarà più in grado di trasportare avanti il materiale convogliato fino in *A*, e parte del materiale stesso, e propriamente quello più grosso e pesante, si depositerà. La massa delle materie che proseguirà sotto *A* sarà minore di quella che arriverà al punto stesso e il profilo invece della sua forma naturale



Tav. 10. — Torrente-burrone Bragonera che con la sua alluvione del giorno 26 giugno 1910 ha sbarrato la Strada Nazionale della Bregaglia ed il torrente Mera (Valtellina).



Tav. II. — Il torrente Mera convertito in lago per le alluvioni del burrone Dragonero (26 giugno 1910).

segnata con linea a tratti nella fig. 7, assumerà l'andamento della linea continua.

Il fenomeno inverso avverrà quando nel punto *A* (vedi fig. 8 e 9) o per un restringimento di sezione o per il contributo di un nuovo affluente, abbia luogo un aumento di velocità e quindi di forza della corrente; in questo caso la corrente si caricherà maggiormente

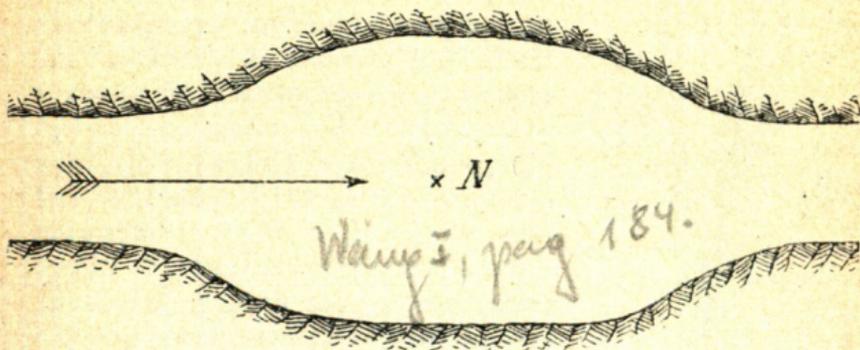


Fig. 10.



Fig. 11.

di materie, a spese di una erosione di fondo, e la massa delle materie convogliate dalla corrente crescerà sotto il punto *A*.

Si vede quindi come sia per causa di depositi, sia per causa di trasporti, il profilo di un torrente può divenire più dolce o più ripido. E si comprende pure che quando a un nuovo deposito venga immediatamente a susseguire uno scavo, o viceversa (vedi fig. 10 e 11), si avrà sempre un punto neutro *N* il quale apparterrà tanto al profilo originario che a quello nuovo.

È però degna di nota la tendenza che ha l'acqua di riprodursi il suo profilo naturale tosto che esso per qualsiasi motivo sia stato turbato.

Per vederne qualche esempio consideriamo il caso rappresentato nella fig. 12, dove, mentre la linea AB rappresenta il profilo naturale o di compensazione, sia attualmente, per un supposto qualsiasi vigente su un tratto del torrente di notevole lunghezza il profilo $CDEF$; allora è evidente che dove si verifica la maggior pendenza CD avrà luogo una erosione e invece nel tronco di minor pendenza EF si formeranno depositi, mentre invece il breve tratto DE avente andamento parallelo al profilo di compensazione si manifesterà neutrale. Ma è evidente che proseguendo il suaccennato processo di erosioni e depositi, l'avvallamento $CDEF$ tenderà a risalire in $C'D'E'F'$ divenendo meno profondo e più lungo, e a poco a poco il punto F' ascenderà a monte di C in modo che nel tratto CF si troverà ristabilito il profilo naturale o di compensazione. Ed è pure ovvio che col tempo sparirà affatto ogni avvallamento.

In modo affatto analogo si comporterà il dosso $HIKL$, il quale andrà risalendo facendosi sempre meno rilevato e più lungo, in modo che col tempo sparirà affatto, e il profilo irregolare si convertirà in quello naturale di compensazione.



Fig. 12.

Ma quando i tratti CF e GK del torrente, vedi fig. 13, non sono sufficientemente lunghi, perchè il profilo non si possa sviluppare in conformità alla velocità dominante dell'acqua nel modo testè descritto, allora il processo dell'avvallamento o del dosso avverrà invece, con marcia da monte a valle.

In un cavo consimile l'acqua precipita improvvisamente da CD nella buca $CDEF$ e incomincia a coroderne il fondo all'estremità inferiore spingendosi verso $E'F'$, perchè mentre le materie portate da AC si depositano a poco a poco in $CD C'D'$, invece la parte inferiore $EFE'F'$ non può reggere all'azione dell'acqua, fattasi più corsiva perchè liberatasi dalle materie. Sotto il punto F si verificherà un profilo di transizione $E'F'$. Progredendo poi sempre più la scarpa $C'D'$ verso la estremità inferiore della buca, la buca stessa col tempo finisce con lo sparire affatto, mentre il fondo a valle di F si trova lentamente approfondito e disposto secondo il profilo naturale o di compensazione.

In modo affatto analogo avverrà il processo che porterà alla conversione del dosso $GHIK$, fig. 13. A motivo dell'urto della corrente contro GH , il materiale viene ivi sollevato per depositarsi in IK , dove l'acqua è più tranquilla. Così il dosso prosegue ad allungarsi e ad

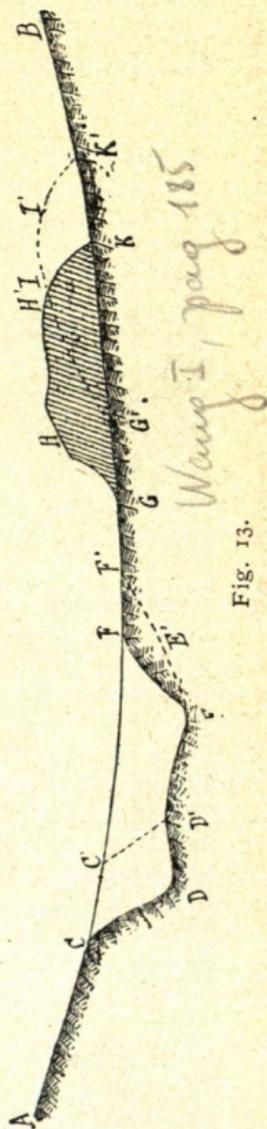


Fig. 13.

abbassarsi nello stesso tempo. Dunque anche in questi due casi, le irregolarità vanno sparendo e il profilo lentamente si converte in quello naturale di compensazione, come abbiamo visto accadere nei due tratti più lunghi precedentemente descritti.

Ora come abbiamo visto che nei tratti sufficientemente lunghi, il processo col quale si eliminano le irregolarità di profilo vanno operando da valle verso monte, e invece in quelli troppo corti la trasformazione avviene con marcia da monte a valle, vi devono naturalmente essere dei tratti di lunghezza intermedia, nei quali non deve avvenire nessun movimento della irregolarità, ma questa deve tendere ad elidersi sul posto soltanto a forza di successivi gradualissimi allungamenti, come appare manifesto dalla fig. 14.

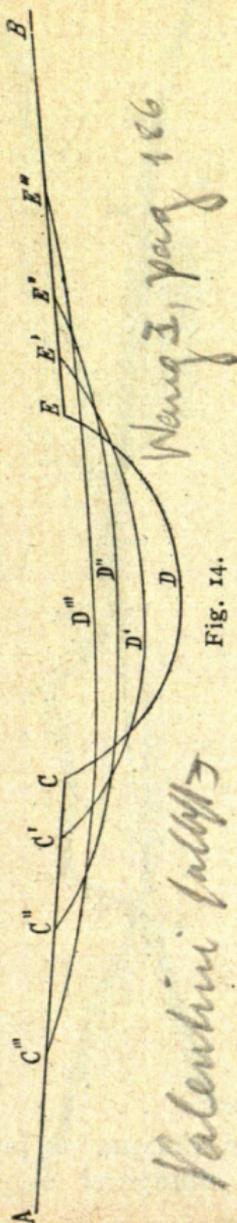


Fig. 14.

§ 8. Pendenza di compensazione e modo di determinare la sua influenza sulla erosione; pendenza di compensazione nella pratica.

È del più alto interesse il poter determinare almeno in modo approssimativo la *pendenza di compensazione* ovvero sia la pendenza naturale che spetta al torrente, quando esso si trova in quelle date concrete condizioni, affinché si possa conoscere quale profilo meglio ga-