

B. — ALCUNE OSSERVAZIONI OROGRAFICHE E IDROGRAFICHE

di GUSTAVO UZIELLI.

Nel corso di Geologia che faccio alla Scuola d'applicazione per gli Ingegneri in Torino, nel parlare dei fenomeni di erosione, dovuti alle acque, causa fondamentale delle attuali continue trasformazioni e perturbazioni delle montagne e delle pianure, ebbi luogo di dover consultare trattati di topografia e di idrografia assai usati, o che hanno servito alla compilazione di altri molti diffusi nelle nostre scuole, nei quali lessi teorie, le cui conseguenze mi sembrano in contradizione coi fatti della Natura.

Ritengo che queste osservazioni, colle quali in parte ho rimesso in luce cose vecchie per trarne conclusioni nuove, non sembreranno del tutto inutili, e che parranno meritevoli di considerazione le conseguenze finali cui giungo.

A chiarire quanto dirò in appresso, ho dovuto in principio ricordare cose universalmente note. Per maggiori illustrazioni rinvio il lettore a varî autori, fra cui citerò, omettendo i viventi, il Guglielmini, il Venturoli, il Paleocapa e il Lombardini.

I.

§ 1. *Curve di livello.* — Quando si considera una porzione della superficie terrestre, si dà, come è noto, il nome di *curve di livello* (fig. a pag. 7) all'intersezione di essa con piani orizzontali.

§. 2. *Linee di massima pendenza.* — Si dicono *linee di massima pendenza* quelle curve che incontrano le *curve di livello* della superficie ad angolo retto, in modo che, in ogni punto di una di dette linee, la retta ad essa tangente, contenuta nel piano tangente alla superficie, è pure la retta di massima pendenza (cioè che fa il massimo angolo col piano orizzontale) condotta da quel punto nel piano tangente stesso; viceversa se una curva incontra le curve di livello ad angolo retto, è linea di massima pendenza.

Sia

$$(1) \dots \dots \dots (f \ x \ y \ z) = 0$$

l'equazione della superficie, riferita ad assi ortogonali, essendo l'asse delle z verticale, alla quale possa assimilarsi una data porzione della superficie terrestre.

È noto che l'equazione differenziale della proiezione orizzontale, cioè sul piano $x \ y$, delle linee di massima pendenza è:

$$(2) \dots \dots \dots \frac{dy}{dx} = \frac{q}{p}$$

ove p e q sono le derivate parziali $\frac{dz}{dx}$ e $\frac{dz}{dy}$ dedotte dalle (1), ed ove si suppone eliminato z valendosi della (1) stessa. L'integrazione dell'equazione differenziale (2) involge una costante arbitraria, ad ogni valore della quale corrisponde una determinata linea di massima pendenza. Per individuare una di queste linee, ossia il valore della costante che la definisce, basta in generale dare le coordinate di un punto, pel quale essa debba passare. Fanno eccezione i punti della soluzione singolare della data equazione differenziale.

§ 3. — Varî autori (1) dicono che la proiezione sul piano orizzontale della curva o linea di massima pendenza è una retta, solo se le curve di livello sono archi di circonferenza concentrici. Invece sussiste il seguente teorema (2):

Le sole superficie, che, per proiezione delle linee di massima pendenza sul piano orizzontale, hanno linee rette, sono le modanature, che hanno per equazioni:

$$(3) \dots \dots \dots \begin{cases} x = \int m \sin \varphi \ du + Z \cos \varphi \\ y = \int m \cos \varphi \ du + Z \sin \varphi \\ z = z \end{cases}$$

ove si suppongono gli assi ortogonali con l'asse della z coincidente colla verticale, e ove m e φ sono funzioni arbitrarie di u , e Z è funzione della sola z .

Queste superfici si riducono ad essere di rivoluzione facendo $m=0$, deducendosi allora infatti facilmente, dalle equazioni precedenti l'unica:

$$(4) \dots \dots \dots z = F(x^2 + y^2)$$

Quindi si vede che una infinità di superfici possono avere linee di massima pendenza tali, che le loro proiezioni orizzontali siano linee rette.

Solamente, siccome in realtà rare volte una porzione della superficie terrestre è paragonabile ad una *modanatura* o anche a una superficie di ri-

(1) Citerò fra altri il SALNEUBE, *Cours de Topographie*, 1869, p. 8.

(2) Il prof. Ulisse Dini volle, per mia preghiera, determinare le superficie che hanno la proprietà indicata.

voluzione, così si può dire che difficilmente, in natura, le linee di massima pendenza della superficie terrestre possono avere per proiezione orizzontale linee rette.

Questa assimilazione si può fare, entro certi limiti ed avuto riguardo alle possibili anomalie, per le montagne coniche (alcuni coni vulcanici) e per le pianure.

§ 4. — Le altre curve che giova considerare nello studio della superficie del suolo sono le linee di displuvio, d'impluvio e quelle di altezza e di minima distanza.

§ 5. *Linee di displuvio e linee d'impluvio.* — Le linee di displuvio v (vedi fig. a pag. 7) e d'impluvio v' sono linee che oltre ad essere di massima pendenza (e quindi normali alle curve di livello che incontrano), hanno ancora la proprietà di essere il luogo geometrico dei punti ove le curve di livello hanno curvatura massima, quindi raggio di curvatura minima.

Per motivi che appariranno chiari ulteriormente, chiamo *linea di vetta* (*ligne de faite*) quella di displuvio, e *linea di valle* (*thalweg*) quella d'impluvio.

§ 6. *Curve di altezza.* — Chiamo curve di altezza le intersezioni di piani verticali qualsiasi, colla superficie del suolo.

§ 7. *Curve di altezza trasversali.* — Chiamo curve di altezza trasversali AA' rispetto a una linea di vetta v o di valle v' , le intersezioni, colla superficie del suolo, dei piani verticali che contengono la tangente alla curva di livello l nel punto ove questa incontra la linea di vetta o la linea di valle che si considera.

Osservazione. — Le linee di vetta possono anche considerarsi come il luogo geometrico dei massimi valori, e le linee di valle come il luogo geometrico dei minimi valori delle ordinate verticali delle curve di altezza trasversali.

§ 8. *Linee di minima distanza.* — Sono linee di minima distanza quelle che segnano la minima distanza fra un punto di una curva di livello e la curva di livello inferiore.

Quella minima distanza coincide con un segmento di una linea geometrica della superficie.

§ 9. — Vari autori (1) dicono che la proposizione inversa del § 2, cioè: *che le curve di una superficie, normali alle curve di livello, sono linee di massima pendenza*, non è vera generalmente e citano ad esempio le linee di displuvio e d'impluvio, le quali secondo loro, benchè normali alle linee di livello, non sarebbero linee di massima pendenza. Essi in primo

(1) BRIOT Ch., *Éléments de Géométrie*, 1856, II Application, p. 211. — SALNEUVE, *Cours de Topographie*, 4.^a ediz., 1869, p. 133-134.

luogo considerano, in modo esplicito e implicito, il problema geometricamente e in seguito fanno, ove occorre, le restrizioni dovute alle condizioni fisiche del problema. — È quindi geometricamente che conviene, in proposito, fare alcune osservazioni.

§ 10. Le linee di vetta o di valle implicano i due versanti che le limitano.

Nel caso particolare in cui si potessero assimilare i due versanti a piani, allora la linea d'intersezione sarebbe una retta. Le linee di livello si ridurrebbero a rette con punti doppi coincidenti colla linea di vetta. In questo caso essa non sarebbe linea di massima pendenza. Da un punto della linea di vetta si otterrebbe la linea di massima pendenza, in ogni versante, abbassando dal punto stesso delle normali sopra due rette orizzontali tracciate rispettivamente sui singoli versanti.

La linea di valle rimarrebbe sempre, in caso analogo, linea di massima pendenza.

Potrebbe anche considerarsi, per la linea di vetta, il caso più generale in cui i versanti, essendo diversi da piani, la loro intersezione fosse linea di regresso per la superficie e quindi le curve di livello avessero ivi, come nel caso sopraindicato, delle cuspidi.

Non considererò più oltre questo caso, inquantochè il testo dei vari autori, le figure con cui lo accompagnano, infine le condizioni fisiche del problema, conducono a prendere per curve di livello, toltochè in casi eccezionali, curve senza punti di regresso.

§ 11. Si è visto (§ 2), che la curva che incontra ad angolo retto le curve di livello è linea di massima pendenza.

Se noi consideriamo due punti situati su due versanti opposti relativi a una stessa linea di vetta, per ciascuno di essi passerà in generale una sola linea di massima pendenza. Prolungando queste due linee di massima pendenza, esse incontrano la linea di vetta. Quindi da ogni punto della linea di vetta partono almeno tre linee di massima pendenza. Ma di tutte le linee che possono condursi da un punto della linea di vetta, la linea di vetta stessa è quella la cui pendenza varia più rapidamente di qualunque altra nella vicinanza del detto punto; mentre a una certa distanza da esso ciò non è più verò. Infine si può dire che la linea di vetta è una curva singolare, *inviluppo* di un sistema di linee di massima pendenza.

§ 12. — Ciò premesso si legge in detti autori che la linea di vetta ha la minima pendenza e la linea di valle la massima pendenza, quando si guardano rispettivamente dall'alto al basso; e viceversa che la linea di vetta ha la massima pendenza e la linea di valle la minima pendenza, quando si guardano dal basso all'alto.

curva di minima lunghezza condotta dal punto a' alla curva di livello inferiore. Nel caso teorico un elemento liquido, partendo da a' senza velocità iniziale, si muoverà in principio secondo l'elemento della linea di vetta, ma se ne allontanerà tosto, secondo la direzione $a'p$, più o meno secondo la forma della superficie e quindi secondo la forma della linea di vetta. Siccome su tutte le linee curve che vanno da a' ai punti della curva inferiore compresi, sopra un versante, fra a'' e b (e lo stesso si dirà per l'altro versante) la pendenza, a partire da una data distanza dalla linea di vetta, cresce più rapidamente che non secondo la linea di vetta stessa, l'elemento fluido che scende, deviando continuamente dalla linea di massima pendenza, si troverà ad ogni istante dopo un dato tempo sopra curve ove, in generale, la pendenza va crescendo più rapidamente che non sulla linea di vetta; e siccome, oltre ad essere animato dalla forza viva acquistata, è soggetto alla forza della gravità, tenderà a percorrere una curva $a'p$, che chiamerò *idrodinamica*, compresa fra la linea di vetta e la linea $a'b$.

In sostanza si muoverà secondo una curva che dipende dall'azione della gravità e dalla forma della superficie (1). Quindi teoricamente in conclusione :

1° Se la superficie è una modanatura l'acqua che cade lungo la linea di vetta, potrà muoversi secondo la medesima ;

2° Se la superficie non è una modanatura (come è generalmente), l'acqua, che cade sopra la linea di vetta, dovrà ad ogni istante deviarne e finire per scendere secondo l'uno o l'altro versante.

§ 14. — Definite così la natura delle linee di vetta o valle, si potranno facilmente definire i punti che caratterizzano orograficamente la superficie del suolo, a secondo dei valori massimi o minimi delle loro ordinate verticali.

Siccome le ineguaglianze topografiche sono indipendenti dallo scorrervi sì o no le acque ed esistono anche alla superficie del fondo del mare, abbiamo così un altro motivo per chiamare linea di vetta i displuvi e linee di valle gl'impluvi; ed allora potremo più propriamente (considerando le ordinate verticali delle curve di vetta e di valle, cioè le distanze dei vari loro punti da un piano orizzontale convenientemente preso) estendere le seguenti proposizioni alla superficie terrestre, sia subaerea che subacquea:

(1) Si noti peraltro che, nei primordi del suo corso, un elemento acqueo che parte da un punto della linea di vetta potrà talora trovarsi successivamente in lati opposti di quella linea stessa, prima di scendere definitivamente secondo un versante; ecco perchè l'espressione di *linea di displuvio* o *spartiacqua*, per indicare le linee della superficie del suolo che sono luogo geometrico dei punti delle curve di livello le quali hanno curvatura massima, è termine teoricamente improprio.

1° Si ha una *sommità* ove le linee di vetta e di valle hanno tutte un massimo. Le linee di livello tendono ivi a ridursi a un punto ;

2° Si ha un *varco* o un *canale* ove almeno una linea di vetta ha un minimo e una linea di valle un massimo. Ivi le linee di livello presentano due sistemi a convessità opposta ;

3° Si ha un *bacino chiuso*, un *lago* o un *mare* ove una linea di valle ha un minimo. Le linee di livello tendono ivi a ridursi ad un punto ;

4° Si ha una *gola* o *chiusa* ove una linea di vetta ha un minimo senza che la linea di valle vi abbia un massimo o un minimo. Ivi le linee di livello presentano due sistemi a convessità opposte.

II.

§ 15. — Credo opportuno insistere su quanto si è accennato nelle pagine che precedono relativamente al moto dell'acqua alla superficie della terra.

Gl'idraulici, in generale, considerano la curva descritta da un fiume, quando dai monti sbocca nella pianura, supponendo che questa sia costituita da piani inclinati le cui intersezioni determinano delle linee di vetta. Essi dicono implicitamente o esplicitamente che l'acqua, sboccando in pianura con data direzione e velocità, prende una direzione intermedia fra la primitiva e la linea di valle, direzione alla quale vanno sempre avvicinandosi e che, una volta raggiunta, più non abbandonano.

Questa invariabilità del corso non è ammissibile in modo assoluto, per quanto ulteriormente diremo. Giova in ogni modo considerare l'acqua fino del primo momento che comincia a muoversi nella parte montagnosa e supporre questa in principio rappresentabile da una superficie continua e di una assoluta resistenza.

§ 16. — Poisson ha dimostrato che l'acqua segue le linee di massima pendenza di una superficie solo quando esse sono contenute in un piano verticale (1). Ma si è visto, § 3, che le linee di massima pendenza giacciono in un piano verticale solo se appartengono a modanature. Si è mostrato pure che la superficie del suolo non è in generale assimilabile a una modanatura. Quindi si deve ritenere che, teoricamente, le acque non scendono in generale secondo linee di massima pendenza.

Invece da molti autori, anche da quelli che si occupano particolar-

(1) V. PUISSANT, *Traité de Topographie ecc.*, Paris, 1820, seconde édition, pag. 372.

mente del movimento delle acque in montagna, si ammette come un assioma che le acque seguono la linea di massima pendenza (1).

§ 17. — Abbiamo accennato anteriormente che le acque cadute lungo la linea di vetta se ne allontanano, per quanto questo sia di massima pendenza, con regole determinate. Noi ora considereremo un punto qualunque del monte.

§ 18. — Siccome la superficie della pianura (fatta astrazione dalle sue anomalie) può riguardarsi come caso particolare delle superfici di rivoluzione e quindi delle modanature, considereremo separatamente il movimento delle acque nella regione montagnosa e nella pianura.

§ 19. — Se la superficie di un monte fosse omogenea e non corrodibile e se le acque fossero un liquido perfetto, esse si muoverebbero su di quella secondo una curva che, come si è visto, non sarebbe una linea di massima pendenza se non nel primo istante del suo moto, e che rimarrebbe invariabile di posizione.

In realtà: 1° la portata di un corso d'acqua varia fra certi limiti e, non essendo l'acqua liquido perfetto, la portata influisce sulle velocità e questa sulla forma della curva; 2° il terreno è corrodibile e non è omogeneo.

§ 20. — Ciò premesso, vediamo come deve avvenire il moto delle acque in montagna.

Premettiamo che, quando una goccia di acqua cade sopra un monte, subisce in realtà, al momento che tocca il suolo, un urto dovuto a condizioni locali, perlochè rimane divisa in più parti, e quindi si muoverà inizialmente secondo una o più direzioni, le quali dipenderanno dalla forma particolare della superficie del corpo su cui avrà urtato cadendo. L'acqua poi che esce da una sorgente avrà anch'essa una certa velocità iniziale.

Ne consegue che in realtà le acque, che scendono da un monte, hanno sempre una velocità iniziale, sempre sensibile, e una direzione iniziale; e quindi che la curva che descrivono dipende da questi due dati, come pure dall'azione della superficie del monte, dall'azione della gravità e dalle irregolarità del monte stesso.

Per semplicità, nondimeno, noi supporremo che il monte abbia una superficie continua e che l'elemento liquido non abbia velocità iniziale.

§ 21. — In tali condizioni nel primo istante della sua caduta l'elemento della curva idrodinamica e della linea di massima pendenza coincideranno, come si è già detto. Ma nell'istante successivo il liquido si muove per l'azione di due forze: una la gravità che lo sollecita a cadere secondo la linea di massima pendenza; l'altra la forza viva acquisita secondo la

(1) Vedi per es. SURELL, *Étude sur les Torrents des Hautes Alpes*, 2.^e éd. 1870. — Vedi vol. I, p. 3 e passim.

tangente alla curva che ha descritto. Quindi si muoverà in una direzione intermedia, cioè percorrerà una curva che andrà sempre più differendo dalla linea di massima pendenza relativa al punto d'onde l'acqua, iniziandosi il suo moto, è partita. Finchè si suppone che la superficie del monte sia incorrodibile e che il liquido sia perfetto, anche la forma e la posizione di questa linea rimarranno invariate, qualunque sia la massa del liquido.

In realtà in natura ciò non avviene ed è facile prevederne le conseguenze.

§ 22. — Infatti il profilo del corso d'acqua si sposta tanto nel senso verticale, quanto nel senso orizzontale. Le leggi dello spostamento nel senso verticale si riducono essenzialmente alla legge delle pendenze stabilita dal Guglielmini, la quale, con le debite modificazioni, trovasi esposta nei recenti trattati d'idraulica.

Solo noterò che il Poisson osserva che per una data forma della superficie può la curva percorsa dal liquido su quella, staccarsi in un dato punto dalla superficie stessa. Da ciò sono originate le cascate d'acqua e ciò deve contribuire a dare al profilo del corso superiore di alcuni fiumi (1) una forma convessa verso l'alto, anzichè concava come generalmente hanno. Ma non è qui il luogo di fermarci ulteriormente in tale argomento.

§ 23. — Considereremo ora più particolarmente lo spostamento del profilo del corso d'acqua nel senso orizzontale, ammettendo implicitamente noti i fenomeni di corrosione dei corsi stessi, quando si suppone che percorrono una linea di valle. Noi ci limiteremo a considerare il caso degli spostamenti laterali, quando un corso d'acqua è supposto seguire in principio una linea diversa da quella di valle.

Convieni qui distinguere due casi, secondochè vi è erosione o deposito nel letto; fenomeni i quali, come è noto, dipendono dalla velocità delle acque e dalla natura del terreno che queste traversano. Le due sponde poi del corso d'acqua, essendo in generale costituite diversamente di elementi di diseguale resistenza ed avendo le loro curvature diversamente situate rispetto alla curvatura del filone del corso stesso, saranno diversamente corrose.

§ 24. — Ora peraltro, fatta un momento astrazione da queste cause, considereremo un corso d'acqua rettilineo, compreso fra la linea di valle e una delle due linee di vetta di una valle e supporremo pure le due sponde di egual natura litologica.

Se le sponde fossero sufficientemente impermeabili e resistenti, cioè poco corrodibili, potrebbe il corso loro mantenersi in quella posizione intermedia, una volta che l'avesse acquistata.

(1) Vedi LOMBARDINI, *Guida allo studio dell'Idrologia fluviale*, ecc., 1870 — Vedi p. 6.

In generale, peraltro, le due sponde di un corso d'acqua presentano sempre, in realtà, una certa permeabilità e corrodibilità, piccola o grande che sia.

Supporremo quindi il tratto del corso d'acqua rettilineo, con due sponde di egual natura litologica permeabili e corrodibili, e avente lateralmente una linea di vetta *a monte*, e una linea di valle *a valle*.

Supporremo infine, che l'acqua si muova in questo tratto con una data portata e velocità costante.

La corrosione avverrà in principio egualmente sulle due sponde. Ma sulla sponda a monte provocherà un franamento di materiali più abbondante che non a valle.

Il letto del fiume si alzerà quindi più rapidamente su questa sponda che non sull'altra; ristretto il letto ed aumentata così la velocità delle acque, la portata supposta costante, aumenterà pure la forza di corrosione.

La sponda a monte subendo interrimenti e corrosioni, e la sponda a valle solo corrosioni di egual natura che quella della sponda opposta, è chiaro che il letto del fiume dovrà spostarsi verso la linea di valle. Arriverà un momento in cui la sponda a valle del corso d'acqua non avrà più la necessaria sopraelevazione sul pelo delle acque del corso suddetto, e quindi le ultime disargineranno verso la valle.

Nella sponda *a valle* inoltre, in causa della gravità, le infiltrazioni di acqua avranno maggiore azione che non nella sponda *a monte*, perchè a quelle generali del monte si aggiungeranno quelle del corso d'acqua.

In quanto precede abbiamo supposto il letto stabilito in altitudine, cioè, abbiamo supposto che non si abbassi per corrosioni o si elevi per depositi.

Se il letto si abbassa corrodendosi più che le sponde, esso potrà finire per incassarsi e stabilirsi, purchè abbia sponde abbastanza resistenti, e, caso invero non frequente, tali da vincere gli effetti delle infiltrazioni (1).

Se il letto si solleva per depositi, è chiaro che verrà sempre più accelerato il disarginamento.

Se a questi effetti aggiungiamo quelli molteplici qui trascurati, fra cui i fenomeni generali di erosione che portano i materiali del monte dall'alto al basso, è chiaro che la curva idrodinamica, cioè il corso del fiume, an-

(1) Notiamo qui che la situazione anormale dell'Adige consiste in questo che il suo letto, in seguito ad arginamenti artificiali, è in molti luoghi pensile, talora di 3 metri e più, sulla campagna circostante, mentre la linea di valle della bassa pianura veneta trovasi fra il Po e l'Adige, cioè è segnata dal Tartaro-Canal Bianco. Senza che si possa dire che ciò sia la conseguenza necessaria degli arginamenti fatti al Po e all'Adige, certo si è che questi hanno contribuito in modo sensibilissimo a dare alla bassa pianura veneta l'attuale sua deplorabile configurazione altimetrica.

drà spostandosi continuamente verso la linea di valle, *ancorchè la velocità non vada accelerandosi, ancorchè sia resa costante dalle resistenze.*

§ 25. — Supponiamo ora che in un dato istante la curva idrodinamica coincida colla linea di valle.

Se la portata del corso d'acqua fosse invariabile e il letto e le sponde stabiliti, la curva idrodinamica coinciderebbe sempre colla linea di valle.

Ma siccome queste condizioni non si verificano, la linea idrodinamica devierà in ogni istante, potenzialmente o realmente, dalla linea di valle primitiva, specialmente per il variare periodico delle portate.

Potranno allora avvenire due casi:

1° La curva idrodinamica differirà dalla linea di valle;

2° La curva idrodinamica farà spostare la linea di valle, coincidendo costantemente con essa.

Nulla è da osservarsi pel secondo caso. Nel primo caso ricominceranno ad agire le cause, di cui al § 24, per ricondurre il corso d'acqua a muoversi secondo la linea di valle e così di seguito. Se le variazioni delle portate fossero annuali, cioè se la portata integrale annua fosse costante, e se il suolo fosse omogeneo, si vede facilmente che col tempo il corso d'acqua dovrebbe stabilirsi in una linea di valle invariabile. Ma siccome, oltre i periodi annui, vi sono i periodi decennali, secolari, ecc., in connessione con i varî fenomeni tellurici e cosmici, connessione di cui è dimostrata l'esistenza se non le leggi; siccome le sponde e il letto e il suolo sottostante e circostante al corso d'acqua non sono omogenei, chiaro risulta che questo stabilimento non avverrà mai, nel caso fisico, in modo assoluto.

E se avverrà per un fiume con qualche approssimazione, potrà non avvenire per un altro. Di più, per quanto precede, si vede che un fiume, il quale è rimasto stabilito per un dato periodo di tempo, potrà cessare di esserlo nel periodo susseguente.

§ 26. — Noi fin qui abbiamo considerato il fiume specialmente nella parte montuosa.

Quanto ivi abbiamo detto può estendersi, *mutatis mutandis*, alle varie parti del fiume, il quale, come è noto, può dividersi in 4 parti, secondo le 4 sezioni principali seguenti del suo bacino:

1° bacino di ricevimento che è quello di cui abbiamo più particolarmente parlato fin qui;

2° bacino del canale di scolo o sezione montuosa ove il fiume è stabilito.

3° il bacino del cono di deiezione;

4° bacino del cono di spandimento.

§ 27. Sopra l'ultima parola devo dare qualche schiarimento.

Studiando il modo come in natura si comportano i fiumi, ho creduto opportuno distinguere il cono di spandimento dal cono di dejezione:

1° Quando in un corso d'acqua, supposta costante la portata, diminuisce rapidamente la pendenza e la resistenza delle sponde e cresce la possibilità di espandersi, come quando da una valle a stretto ingresso, sbocca nella pianura, ivi si forma in modo sensibile un *cono di dejezione*. Il cono di dejezione può crescere o diminuire; peraltro ciò avviene in generale con alternative secolari di crescita o decrescenza, ma sempre con *continuità*.

2° Quando invece in un corso d'acqua che scorre nella pianura (la quale ha in generale una qualche pendenza, per piccola che sia, verso il mare) avviene una piena e inonda la campagna, la velocità delle acque disalveate diminuisce a misura che esse si allontanano dall'alveo; quindi la deposizione delle torbide si fa sempre più piccola a misura che la distanza dall'alveo cresce. Il corso d'acqua finisce col tempo per avere l'alveo sulla linea di vetta di un cono aperto che dico di *spandimento*.

Il cono di spandimento si accresce *intermittentemente* per le inondazioni annuali o periodiche secolari.

Quando più corsi d'acqua sboccano in una pianura i loro coni di spandimento, intersecandosi, determineranno le linee di impluvio della pianura che potremo, per brevità, dire *impluvii di spandimento*, ove si raccoglieranno le acque varie della pianura stessa.

Quindi si formeranno corsi d'acqua secondari, la cui origine non risalirà oltre la linea degli sbocchi delle valli nella pianura stessa. Tale distinzione riuscirà tanto più facile quanto più ristretta sarà la zona che divide la pianura della montagna.

Potrà darsi, in secondo luogo, che il corso d'acqua s'incassi così profondamente fra le proprie sponde da rendere col tempo impossibile qualsiasi inondazione; ciò che avviene appunto per il Fiume Colorado nell'America Settentrionale.

Dei coni di spandimento offre esempio caratteristico la Lombardia, come si vede in chiara guisa esaminando il profilo della ferrovia fra Novara e Verona; poichè da esso risulta che il piano stradale sale sempre in prossimità dei corsi d'acqua, indipendentemente dalle pendenze di accesso alle opere d'arte fluviali ivi costruite.

§ 28. — Quanto abbiamo detto fin qui, si riferisce alla sistemazione dei corsi d'acqua nel senso verticale; non ne tratteremo oltre, rimandando per maggiori schiarimenti agli insigni autori già citati:

Esaminiamo ora cosa avverrà per la sistemazione del corso d'acqua nel senso orizzontale.

§ 29. — Il bacino di un corso d'acqua non sempre può dividersi in 4 sezioni principali come è detto al § 26.

Alcune di esse talvolta mancano. Così, se manca una divisione netta fra la valle e la pianura, il bacino di deiezione si confonde col bacino di spandimento.

Il canale di scolo può mancare. Nel bacino in pianura il corso d'acqua può essere incassato al punto da rendere impossibili le inondazioni; può avere invece disalveamenti annuali o secolari. Il suo letto può alzarsi, escavarsi o rimanere invariabile o quasi, ecc., ecc..

§ 30. — In quanto al canale di scolo interposto fra il bacino di ricevimento e il cono di deiezione, in esso, come è noto, non dovrebbero avvenire nè depositi nè corrosioni.

Ma siccome uno dei fattori della stabilità del canale di scolo è la velocità e quindi la portata; siccome la portata varia sensibilmente in periodi annuali e secolari; quindi si sposta il canale di scolo; quindi trova nuove sponde in condizioni diverse; talchè può accadere che non siano più adeguate alla velocità del corso d'acqua in modo che il corso ne sia stabilito; così si vede che la posizione e l'esistenza stessa del canale di scolo non può rimanere in condizioni invariabili.

§ 31. — Nella pianura propriamente detta il fiume potrà divenire incassato senza possibili disalveamenti; potrà disalveare a periodi più o meno lunghi; potrà infine scavare o interrire il suo letto continuamente o periodicamente o potrà il letto stesso rimanere invariato o quasi.

Siccome nella pianura le linee di altezza trasversali alla linea di valle tendono a confondersi con linee rette e il terreno è relativamente poco resistente, i fenomeni osservati in montagna ivi subiranno modificazioni.

Le deviazioni della curva idrodinamica saranno ivi tanto più sensibili quanto più saranno potenti e variabili le sue portate periodiche (annuali o secolari) e quindi le sue velocità; se il fiume è stabilito potrà cessare di esserlo o potrà variare il punto ove comincia lo stabilimento (1).

§ 32. — Ormai è da ritenersi dimostrato che le piogge e il movimento dei ghiacciai, i due grandi fornitori d'acqua dei fiumi, hanno oltre i periodi annuali, periodi decennali e secolari, come avviene in tutti i fenomeni dell'universo; d'altra parte il corso di un fiume, nelle sue oscillazioni, incontra terreni costituiti da strati variabili e di diversa omogeneità; il costipamento del letto può essere più o meno grande; può variare pure il potere incrostante delle acque, e quindi il consolidamento o l'alzamento

(1) Fra i corsi d'acqua che prima erano stabiliti nel loro tronco inferiore, e che ora non lo sono più, citeremo quasi tutti i piccoli fiumi delle Romagne.

del letto stesso, ecc.; ed a tutte queste cause dobbiamo aggiungere le oscillazioni del suolo.

Per tali cause complesse, e connesse fra loro in grado maggiore o minore, varia la portata di un corso d'acqua, varia la resistenza del suo alveo alla corrosione. Quindi ne sussegue in un fiume la tendenza a deviare continuamente dal suo letto, mentre altre cause tendono a ricondurvelo.

§ 33. — Quanto precede non è affatto in contraddizione con i noti teoremi, secondo i quali, ammessa costante le portate integrali annue, ammessa invariabile la natura litologica delle sponde, trascurando i costipamenti e le cementazioni dell'alveo e le oscillazioni del suolo, si dimostra che un fiume tende in generale a stabilire il suo letto con date pendenze.

Quel teorema non può dare che quanto vi è nelle premesse. Ma siccome pei molti fiumi le premesse che si trascurano hanno influenza notevole sull'andamento del corso d'acqua stesso, ne è derivato che applicandoli a casi naturali non adatti, si sono fatte soventi previsioni che i fatti medesimi hanno contraddetto.

§ 34. Per fissare le idee siano:

t il tempo;

A la somma delle azioni che un fiume esercita sopra un elemento del terreno che esso traversa;

R le reazioni che il terreno stesso può opporre;

r le reazioni che possono aggiungersi per opere artificiali.

Si ha sempre come è facile notare

$$A > R$$

Ora A passa annualmente per una serie di valori massimi e minimi sensibilmente diversi fra loro. In generale tanto A che R variano quindi col tempo. Ma siccome l'energia delle reazioni varia in generale fra limiti più ristretti che non la energia delle azioni, così la differenza delle prime deve tendere a diminuire; non potendo, per altro, essere mai costantemente nulla, perchè composta di termini variabili diversamente per cause diverse; mentre d'altra parte le resistenze più deboli tendono ad essere eliminate per le prime.

Quanto è più piccola la differenza fra i massimi e minimi valori di A (ciò che include come caso particolare il crescere della perennità) e quanto più, nello stesso tempo, A è maggiore di R , tanto più il fiume tende generalmente a divenire incassato nella campagna.

Ove, non essendovi le condizioni opportune, l'incassamento non si ve-

nifica, l'arginamento artificiale può farsi con tanto maggiori utili effetti, quanto più tende a verificarsi l'ineguaglianza

$$A - R < r$$

§ 35. — Come esempio di un fiume per il quale questa ineguaglianza sembra soddisfatta o tale da potersi soddisfare, fatte le opere d'arte opportune, vi è il Po; malgrado le incertezze delle attuali nostre cognizioni sull'alzamento del suo letto e del suo pelo medio, incertezze dovute certamente fra altre cose, al movimento generale della campagna circostante, constatata dalla Commissione governativa che nel 1876 fece la livellazione del Reno; malgrado che con tale oscillazione forse è connesso lo spostamento secolare del letto del Po nel suo tronco inferiore da S. a N. Non possono però accettarsi affatto, per i motivi detti antecedentemente, le dimostrazioni di coloro che per stabilire che il letto del Po o il pelo medio delle sue acque non si sono alzati, ammettono *a priori*, contro ogni probabilità, l'invariabilità secolare della portata annua del Po stesso.

§ 36. — Come esempio di un fiume per cui questa diseguaglianza non è soddisfatta io citerò l'Adige, che funziona per il Veneto come un *accumulatore d'energia* per le probabili future inondazioni di quella regione.

§ 37. *Conclusione.* — In generale quindi potremo esprimere la seguente proposizione:

I fiumi tendono più o meno ad avere il loro corso stabilito in altezza come in direzione secondo una linea *A*, intorno a cui oscillano continuamente, la quale coinciderà generalmente, ma non necessariamente con la linea di massima pendenza *B*; e la prima linea *A* si sposterà a sua volta continuamente, rimanendo in connessione colla linea *B*.

Queste deviazioni di primo e secondo grado saranno tanto più piccole, quanto minori saranno le variazioni periodiche delle portate di un dato fiume, quanto più chiare ne saranno le acque, quanto più grande sarà la resistenza delle sue ripe e meno sensibili le oscillazioni periodiche del suolo, ecc., ecc..

Ne consegue l'impossibilità che si possano dare leggi generali sullo stabilimento dei singoli fiumi, perchè l'andamento del loro corso dipende essenzialmente da condizioni locali; anzi in generale la curva idrodinamica tende ad oscillare intorno a una linea essa stessa soggetta a degli spostamenti di natura e di periodo differentissimi per ogni singolo fiume.

Infine un fiume, considerando il caso fisico complesso, ora può tendere ora può deviare dal suo stabilimento in direzione laterale o verticale rispetto alla circostante campagna; in altri termini un fiume per certi periodi di tempo può tendere verso il suo stabilimento, ed in altri periodi può allon-

tanersene ; e quindi, allorchè si considerano i molteplici fenomeni che influiscono sull'andamento del corso dei fiumi, non è esatto dire, in generale, che essi tendano a realizzare il loro stabilimento nello spazio e nel tempo.

Infine, come mostreremo un'altra volta, i fenomeni qui studiati sono uno dei fattori importanti dell'orientazione delle valli; dico uno dei fattori, perchè nei tempi immensamente lunghi in cui si caratterizzano i successivi lineamenti terrestri, molteplici fenomeni si accavallano l'uno sull'altro.

L'ultima manifestazione di essi può servire a fondare una seducente, fallace e dogmatica teoria; chi ricerca il vero si arresta perplesso davanti la complessità del problema.
