

G 77

CENNI SULLA TEORIA FISICA DEI FIUMI

DISSERTAZIONE E TESI

PRESENTATE

ALLA COMMISSIONE ESAMINATRICE DELLA R. SCUOLA D'APPLICAZIONE PER GL'INGEGNERI

IN TORINO

DA

ROVESTI CELESTINO

DA BORETTO (Reggio Emilia)

PER ESSERE DICHIARATO

INGEGNERE LAUREATO

TORINO

STAMPERIA DELL'UNIONE TIPOGRAFICO-EDITRICE

1869

A VOI
OTTIMI GENITORI E FRATELLI
CHE A QUESTO DESIATO GIORNO
MERCÈ I VOSTRI SACRIFIZII
MI SCHIUDESTE LA VIA
QUESTO PRIMO SAGGIO DEI MIEI STUDI
IN SEGNO DI AFFETTO E RICONOSCENZA
DEDICO ED OFFRO

CENNI SULLA TEORIA FISICA DEI FIUMI

Tutte le acque che solcano la superficie del globo essendo sotto il dominio dell'architettura idraulica, è necessario che l'ingegnere sia ben versato nella così detta scienza delle acque, onde, chiamato al governo d'un corso, sappia dettare quelle leggi pratiche, che sono il risultato delle idrauliche discipline e delle lunghe osservazioni ed esperienze fatte da valenti idrotecnici.

A tale oggetto essendo necessarie le nozioni sulla *teoria fisica dei fiumi*, così di questa intendo esporre qualche cenno per compilare la presente dissertazione. Ma prevedendo come tale argomento sia non poco superiore alle mie forze e cognizioni, così mi propongo restringere sotto titolo di brevità il mio lavoro ai seguenti capi:

- I. Sulle materie che conducono i fiumi.
 - II. Sullo stabilimento degli alvei dei fiumi.
 - III. Sulla direzione dei fiumi.
 - IV. Della tortuosità degli alvei.
 - V. Dei rigurgiti.
 - VI. Sulle confluenze dei fiumi e loro diramazioni.
 - VII. Sulle piene dei fiumi ed effetti delle medesime.
-

I.

Sulle materie che conducono i fiumi.

Le correnti d'acqua che meritano speciale riguardo si dividono in *torrenti*, *fiumi-torrentizii*, e *fiumi*. I primi sono caratterizzati da grande variabilità di portata, piene repentine altissime e di breve durata, grande pendenza non minore di 0,02, letto di ghiaie e ciottoli, ampio, instabile: i secondi, di natura loro, non sono nè fiumi nè torrenti, ma stanno in mezzo fra gli uni e gli altri. I *fiumi* poi son distinti per stabilità di portata, oscillazioni intorno al medio, non grandissime e sufficientemente regolari, piene lente e durature, pendenza piccola, non maggiore di 0,001: letto in sabbia e terra, non molto ampio in paragone della portata, alveo stabilito o almeno non soggetto che a variazioni assai lente. In generale una corrente comincia torrente nelle native gole dei monti e per un certo tratto al di là, poi veste la natura di fiume torrentizio e termina finalmente in un vero fiume.

Tutti i fiumi, quando più quando meno, traggono seco una certa quantità di ghiaie, di arene e di terre, e in tale trasporto si rimarca sempre una gradazione costante, cioè si rinvencono prima le pietre di maggior mole e di figura irregolare, più tardi i sassi, i ciottoli rotondi, indi le ghiaie e le arene, finalmente le bellette e le terre più fine.

Sulle materie trascinate dalle acque correnti dominano pareri diversi. Domenico Guglielmini, sul riflesso che i sassi spinti dalla forza dell'acqua percuotendosi insieme si denno logorare continuamente, pensò che essi sieno condotti al mare sotto forma di tenui particelle; e di tale perpetuo consumo egli traeva indizio: 1° dal mormorio che si sente nei fiumi che corrono in ghiaia; 2° dalla grande copia dei rotami di pietra che si rinvencono nel letto dei fiumi; 3° dalla figura ro-

tonda e liscia delle ghiaie nel rotolare; 4° dalla successiva diminuzione di mole a misura che si sposta dai monti, pel lungo attrito di cui sono stati in balia.

A questo proposito egli fa osservare che per ridurre in minuta arena un sasso si richiede un dato numero di urti, e poichè, nell'avvenir questi, i sassi discendono di mano in mano giù per l'alveo, è manifesto che essi non si consumeranno che dopo un dato spazio il quale dipenderà dalla lor mole e durezza. Passato questo spazio, non appariranno più sassi nè ghiaia nell'alveo, ed il termine loro sarà conseguentemente il confine di due tronchi del fiume, il primo dei quali si dice *fiume che corre in ghiaia*. Non è dunque meraviglia, conchiude il Guglielmini, se gli alvei non si riempiono pel continuo entrarvi di queste materie, essendo, a credere suo, equilibrata la quantità delle medesime che giornalmente entra nell'alveo col consumo che se ne fa.

Un parere totalmente contrario sostennero il Frisi ed il Belgrado, e ammisero che i sassi, le ghiaie, le arene e quante altre materie scorrono per l'alveo dei fiumi fossero tutti corpi originarii già preparati dalla natura come si vedono, e sparsi per tutto il globo terrestre, che movendosi per entro i fiumi possono bensì ricevere un qualche grado di pulimento, ma non mai trasformarsi gli uni negli altri; e provarono poi, massimamente il primo, il loro asserto con esperienze fatte in apposite casse.

Il Bernard non fu pago nè del parere del Frisi nè di quello del Guglielmini. I letti dei fiumi, egli afferma, sono tanti canali solcati dall'acqua sulla superficie della terra, la quale solleva e trasporta seco le parti terree che incontra nel suo cammino sino a formarsi l'alveo della grandezza che le compete e lascia allo scoperto i ciottoli che vi si trovano nascosti fin dal principio del mondo. Il fenomeno non può avvenire, secondo lui, che di tal guisa. Volete che i sassi e le breccie vengano dalle montagne, epperò che siano smosse sino dall'origine delle acque correnti? Ma queste sono allora troppo deboli per avere la forza di cacciare avanti le pietre. Volete che procedano dalla pendice dei monti e delle acque già riunite in fiumi? Allora troppo dolce è il declivio dei piani perchè possano scorrere.

Ecco tre opinioni diverse sulle ghiaie fluviali, per avventura ognuna di loro non sembra troppo soddisfacente. Non si può credere col Bernard che le ghiaie non vengano spinte dalle fiumane, poichè se così fosse non vi potrebbe essere legge alcuna nella loro distribuzione,

per ciò che riguarda al loro peso, grossezza e figura. Si dovrebbero scontrare anche nei letti dei fiumi con tutta quella varietà con cui si vedono seminati in ogni altro luogo della superficie terrestre, nè mai potrebbe regnare alcuna degradazione costante dall'origine alla foce dei fiumi: e nulla prova in contrario l'esempio del Rodano e del Rio delle Amazzoni che scorrono alternativamente in ghiaia ed in arena.

Il corso delle acque specialmente dei grandi fiumi non è sempre consecutivo. Discendendo dalle montagne, l'acqua incontra delle cavità ove si spande e si innalza di superficie sino a trovare un emissario pel quale riprende corso: per cui da simili interruzioni e da altre di diverso genere, abbastanza si comprende come un tronco di fiume corra in ghiaia mentre il superiore corre in arena.

Col Guglielmini poi è troppo l'ammettere che l'immenso cumulo di pietre condotte dall'acqua nelle piene dei fiumi possa tutto logorarsi e consumarsi nel breve spazio che vi è dai monti all'ultimo limite delle ghiaie, se ciò non si è potuto ottenere collo scuotimento gagliardo e continuato nelle esperienze del Frisi: e qui bisogna aggiungere che i sassi perdono una parte del loro peso nell'acqua, e quindi ne sono gli urti molto più deboli che nelle esperienze. Finalmente al detto si può aggiungere la seguente osservazione naturale: generalmente parlando i sassi e le ghiaie dei fiumi sono sostanze calcaree, e le arene sono quasi tutte silicee: sicchè queste non ponno mai derivare da quelle.

Per ultimo non può concedersi al Frisi ed al Belgrado che un sì orribile sbattimento e conflitto dei sassi come è quello che nasce dal tumulto e soqquadro delle fiamane non debba spuntare, rompere e triturare una qualche porzione di ghiaie e renderle più tenui. Vi ripugnano i dogmi più inconcussi della fisica, ed essi non possono almeno attribuire all'attrito la liscia superficie dei ciottoli fluviali.

Conchiuderò pertanto stabilendo col Frisi che le ghiaie e le arene trasportate dai fiumi sono materie originarie, che si van depositando negli alvei secondo la diversa loro pendenza e secondo il volume, peso e figura delle materie trasportate; e ce ne fa ampia fede la visibile e sempre crescente degradazione delle montagne, ed il conseguente rialzo del letto dei torrenti e fiumi. Ma d'altra parte non si può poi negare al Guglielmini che queste materie staccate dalle montagne, non debbano soffrire delle sensibili alterazioni nel tumultuoso loro cammino per i fiumi, senza però che questa lenta e graduata trasformazione possa mai compensare la loro enorme e

rapida sopravvenienza: come non si può contraddire al Bernard che talvolta i fiumi ponno incontrare nel loro cammino, anche lontano dai monti e nelle stesse pianure, dei banchi e degli strati di ghiaie, le quali non possono esservi state condotte dall'acqua del fiume.

II.

Sullo stabilimento degli alvei dei fiumi.

Gli alvei dei fiumi sono formati di materie cedevoli, e più o meno suscettibili di essere disgregate e trasportate dalla corrente. Vedemmo l'ordine col quale si van depositando sul fondo le materie al rallentare della velocità.

Quindi è che i fiumi si rassettano il proprio letto, ora abbassandolo ed allargandolo per escavazione, ed ora rialzandolo e restringendolo per interrimento. La quale operazione allora soltanto ha termine, quando la forza dell'acqua per ismuovere le parti del letto si trova in equilibrio colla resistenza di queste, ed allora è che l'alveo dicesi *stabilito*. Riguardo poi allo stabilimento del letto dei fiumi, in relazione anche alla loro pendenza, gioverà esporre i seguenti teoremi.

Teorema 1° — La forza corrosiva dell'acqua è proporzionale a quadrato della velocità.

L'urto d'ogni particella d'acqua contro le scabrosità del letto è proporzionale alla sua velocità, e siccome in un dato tempo tanto maggior numero di particelle vengono ad urtarvi quanto è maggiore la velocità della corrente, così ne risulta l'impulso continuo della corrente proporzionale due volte alla velocità, ossia al suo quadrato.

Teorema 2° — La forza corrosiva delle correnti viene indebolita dalle materie terrose che tengono in loro commiste e sospese.

La velocità dell'acqua si diminuisce a misura che cresce di torbidezza, perchè va perdendo la sua fluidità, e per conseguenza la sua mobilità. Una esperienza del conte Mengotti conferma questa verità, il che è naturale, venendo all'acqua in tale suo stato contrariati energeticamente i suoi effetti.

Teorema 3° — La resistenza del letto dei fiumi è proporzionale alla tenacità del terreno di cui è composto.

Nulla di più chiaro ed evidente. Tutti sanno che un alveo di creta o di tivarro resiste più d'uno che sia limaccioso ed arenoso. Per *tenacità del suolo* si deve prendere il complesso di tutte le circostanze che avvalorano la di lui resistenza alla corrosione. Ma se il fondo del fiume sia composto di materie staccate, come sassi, ghiaie o sabbie grosse, altra resistenza non le rimane che quella la quale proviene dal peso assoluto e specifico di tali materie dipendentemente poi dalla loro figura e giacitura.

Teorema 4° — Ogni fiume escavando si diminuisce la pendenza, ed interrendo se l'accresce.

Escava il fiume allorchè corre su di un piano sì ripido che la sua velocità è superiore alla resistenza delle parti del fondo ad essere staccate e sospinte. Al termine di questo piano, cessando questa soverchia velocità, cessa pure il profondamento, cosicchè il punto infimo del piano dee riguardarsi come termine fisso, relativamente a tutto il tratto superiore. Il che posto, è palese come quanto più il fiume escaverà, tanto meno declive renderà il fondo. Similmente il fiume interrisce allorchè scende per un pendio così dolce, che l'acqua, movendosi con poca velocità, non ha forza di sostenere le torbide. Al termine di questo piano, cessando una tale lentezza di moto, cessa pure l'interrimento; onde qui pure il punto infimo dee riguardarsi come termine fisso relativamente al tratto superiore. Il che posto, si vede che quanto più il fiume riempirà il fondo, tanto più renderallo declive.

Teorema 5° — I fiumi che corrono dentro alvei formati da materia omogenea, hanno la larghezza maggiore della profondità.

Pongasi circolare la sezione di un fiume, ed il filone verrà rappresentato dal centro con cui si è descritta la semiperiferia, essendo quel punto di tutta la sezione ove meno deve agire l'attrito che, dalle pareti, propagasi a tutta la massa dell'acqua. Il filone, d'intorno a cui la velocità diminuisce gradatamente, trovandosi equidistante da ogni punto della parete, non vi ha ragione di dubitare che l'acqua, rasente tutta la parete di un tale alveo, non debba moversi colla stessa velocità; la forza corrosiva dell'acqua sarà dunque eguale in tutti i punti della parete. E poichè la resistenza delle pareti è tanto maggiore quanto è minore il loro declivio, ne viene che tale resistenza essendo massima nel punto infimo del semicercolo, andrà tratto tratto diminuendo a misura che si procede da

una parte e dell'altra verso gli estremi che lo chiudono. Non può dunque esservi equilibrio tra le due forze in ogni parte dell'alveo; e se abbiassi quest'equilibrio, per esempio, nel punto infimo, è manifesto che in qualunque altro luogo la forza escavatrice soverchierà la resistenza, e quindi avrà luogo la corrosione delle sponde e l'allargamento dell'alveo, operazione che avrà termine soltanto allorchè la sezione dell'alveo si sarà trasformata in una figura ellittica, tale che la resistenza del suolo, accresciuta dal più dolce pendio, e la forza escavatrice dell'acqua resa più piccola per la diminuzione della velocità, siano ovunque eguali fra loro.

Dall'esposto risulta; se il fondo di un fiume sia composto di materie più resistenti che le sponde, tanto maggiore sarà la larghezza del fiume in paragone della sua profondità. Così vediamo larghissimi e poco profondi i fiumi che corrono in ghiaia, ed hanno le sponde di terra. Tutto all'opposto si produrrebbe il fenomeno se le sponde fossero più resistenti del fondo.

Teorema 6° — L'alveo stabilito per escavazione avrà tanto minore pendenza e tanto maggior larghezza, quanto maggiore sarà la portata del fiume e quanto minore la tenacità del terreno per cui corre.

In pari circostanze a maggior portata corrisponde maggiore velocità, ed a minor tenacità del suolo corrisponde minor resistenza allo scavamento. Ove dunque la maggior portata si combini colla minima tenacità, ivi massimo sarà l'eccesso della forza escavante sopra la resistente: e maggiore diminuzione di pendenza e maggiore accrescimento di larghezza occorrerà per pareggiar le due forze ed ottenere lo stabilimento.

Teorema 7° — L'alveo stabilito per interrimento avrà esso pure tanto minor pendenza e tanto maggiore larghezza, quanto il fiume sarà più copioso d'acque e men torbido.

Poichè allora sarà più vicino a quel preciso grado di velocità che gli basta a sostenere le torbide. E per giungere a questo grado, minore aumento di pendenza e minore diminuzione di larghezza gli occorrerà.

Riassumerò ora in alcuni corollari i principali conseguenze delle cose esposte, che per essere confermate dall'esperienza non ponno venir dimenticate da un ingegnere idraulico.

Coroll. 1° — Correndo un fiume sopra un suolo eterogeneo, il di lui fondo riceverà sempre minore pendenza a misura che la tenacità del suolo andrà scemando.

Coroll. 2° — Ingrossandosi un fiume per l'unione di nuove acque, ad ogni influente che riceve andrà scemando la pendenza.

Coroll. 3° — Adunque, generalmente parlando, il fondo dei fiumi dalla loro sorgente sino alla foce dovrà trovarsi sempre meno declive. Il che infatti costantemente si osserva.

Coroll. 4° — Se l'ultimo tronco di un fiume presso la foce è accelerato dalla chiamata dello sbocco, la larghezza delle sezioni andrà per tutto quel tratto aumentandosi sino alla foce: ed il fondo si renderà sempre meno declive a misura che va crescendo la velocità. Che se prima d'arrivare allo sbocco, la velocità sia cresciuta al segno che basti a poter spingere oltre le torbide senza l'aiuto di alcuna pendenza del fondo, è facile vedere che da quel punto all'ingù non potrà stabilirsi l'equilibrio tra la forza della corrente e la resistenza del suolo, a meno che il fondo non si disponga in una curva concava, rendendosi sempre più acclive verso lo sbocco. Tale infatti si osserva la disposizione degli ultimi tronchi dei fiumi che mettono capo in mare, le piene dei quali corrono alla foce con accelerazione assai rapida.

III.

Sulla direzione dei fiumi.

Nulla di geometrico può stabilirsi sull'andamento dei fiumi. La superficie della terra non è regolare, e quindi non permette di determinare rigorosamente la linea di maggior pendio che passa per ogni suo punto; linea che la meccanica insegna doversi percorrere da tutti i corpi che siano sollecitati al moto dalla forza di gravità. Inoltre la resistenza che le acque incontrano nel corso, sia per le asprezze del suolo, sia per l'ineguale tenacità delle diverse materie di che essa si compone, perturbar devono sì gagliardamente la loro direzione, che impossibil cosa sarebbe a definirla anche sopra una superficie geometrica.

Finalmente i fiumi per stabilire il loro corso hanno bisogno di stabilire eziandio i loro alvei e principalmente la pendenza. Questa viene costituita dal rapporto che passa tra la totale caduta del fiume e la sua lunghezza sviluppata: ed essendo invariabile il primo di

questi elementi, non può la natura mutare a suo talento il loro rapporto, se non dirigendo le acque al loro termine per più o men lungo cammino, il che essa ottiene facilmente, col moltiplicare quanto occorre le risvolte.

Se dunque l'andamento dei fiumi dipende dal complesso di queste cause e fors'anche da alcune altre, che tutte o no possono influirvi contemporaneamente, cospirare allo stesso fine, od agire l'una in contrasto dell'altra, e sempre poi con intensità variabilissima; chiara cosa è che gli alvei dei fiumi devono risultare sommamente irregolari nel loro andamento. Pure, in mezzo a tanta incertezza, si può stabilire che i fiumi denno essere tanto più tortuosi mano a mano che si vanno accostare al loro sbocco. Consideriamo un fiume, che abbandonate le costiere delle montagne, si diriga al mare per una vasta pianura: quivi, e la superficie su cui scorre e gli ostacoli che incontra di pochissima influenza esser possono a deviarlo da un corso regolare e secondante a un dipresso la naturale pendenza del suolo, se essa non si discosta sensibilmente dall'inclinazione, che dalla natura si richiede per dar moto a quel cumulo di acque. Ma pervenuto il fiume ad una certa distanza dal mare, proporzionata in qualunque modo al convoglio delle acque che esso conduce, noi sappiamo per le osservazioni di Eustachio Zanotti, che esso avrà bisogno di disporre il suo letto orizzontale, o dolcemente acclive. « Dal Rio delle Amazzoni, il più gran fiume che sia sul nostro globo, discendendo sino al Lamone, che in questo confronto possiam dire il più piccolo, si vede che la natura ha preparato un alveo orizzontale nel primo almeno di 200 leghe, nel secondo di 3 miglia ». Ed è poi noto che per diminuire il pendio dei fiumi, la natura si prevale del mezzo semplicissimo di moltiplicare i suoi meandri.

Ma a questo istesso effetto concorre poi anche un'altra causa. Le acque torbide delle fiumane tenute in collo, o rigurgitate indietro dalle alte maree e dai venti, formano immense deposizioni intorno alle quali il fiume è costretto ad aggirarsi per farsi strada fra le melme. Innumerabili sono gli esempi di questo fatto; ed è noto che i selvaggi traggono indizio della prossimità al mare dalle frequenti tortuosità dei fiumi.

Da queste cause dipende ancora in massima parte l'altro fenomeno che per lo più si scontra nei grandi fiumi, di dividersi e suddividersi in varii rami verso le loro foci: per fermarmi ad un solo esempio di

questo, il Po, maggiore dei fiumi, essendo la comune grondaia delle acque che da una parte cadono sui versanti meridionali delle Alpi, e dall'altra sul versante dell'Apennino, tributa le sue acque nell'Adriatico per sette bocche distinte.

L'ultimo sbocco de' fiumi dovrebbe farsi ad angolo retto colle spiagge dei mari, perchè l'ultimo limite di queste è una linea orizzontale; ma ciò è raro, perchè i mari oltre all'alternativa del flusso e riflusso hanno anche dei movimenti continui. Nel Mediterraneo, verbigrizia, si ha una corrente continua d'acqua, che entrando per lo stretto di Gibilterra, e radendo la costa africana, dopo aver girata tutta la sua periferia, sorte dalle parti della Spagna. La velocità di questa corrente, secondo le osservazioni del Montanari, è di tre in quattro miglia metriche al giorno, e per conseguenza minore della velocità dei fiumi. In grazia di questa circostanza i fiumi torbidi, entrando nel Mediterraneo, devono declinare dalla precedente loro direzione piegandosi contro la corrente litorale. Il Montanari sopracitato osservò che il Tagliamento, il Piave e tutti i fiumi del Veneto hanno il loro sbocco nell'Adriatico, ripiegato verso la sinistra di loro medesimi; cioè contro la corrente litorale di quel golfo. Ma varie cause possono fare sì che l'ingresso dei fiumi in mare non segua esattamente la regola precedente, come quando sono prossimi gli sbocchi di diversi fiumi, e qualora il fiume sia temporaneo, o povero di acque, ecc.

È nella mente di tutti che l'arte debba sempre procurare il raddrizzamento dei fiumi: e questa è massima, in generale giusta, perchè tende a facilitare lo sfogo delle acque; ma quando si tratta praticare lunghi cambiamenti alla linea dei fiumi, bisogna aver presente le molte considerazioni dei maestri dell'arte, fra le quali le seguenti:

1° Che le rettificazioni degli alvei sono perniciose nei tronchi superiori, dove per la violenza del declivio i torrenti corrono in ghiaia. Coll'abbreviazione della linea si cresce la pendenza, e si sopprimono le risvolte; circostanze che ambedue aumentano l'impeto dell'acqua, cosicchè potrà essa spingere più innanzi ed in maggior copia le ghiaie e le materie grosse, elevando con ciò ed ostruendo il letto dei tronchi inferiori del fiume: nè dalle rettificazioni può sperarsi nemmeno che segua alcun beneficio al tronco superiore, se non che breve ed effimero. Le esperienze che si fecero sull'Arno, sul Dora, sul Reno e sopra altri fiumi che corrono in ghiaia, confermano la detta verità.

2° Che le rettificazioni sono inutili ed inconcludenti nei tronchi più

vicini allo sbocco, ove l'alveo si spiana orizzontale, o si rende acclive. Opera dunque in opposizione alla natura chiunque tenta di dargli una qualche declività coll'accorciare la strada al corso delle acque mediante delle rettificazioni; e si vedrebbero tali opere presuntuose riescire inutili in brevissimo tempo, perchè si opporrebbero alla natura dei fiumi.

3° La rettificazione degli alvei può riescire efficace soltanto nei tronchi di mezzo, dove la qualità terrea delle materie trasportate consente che le venga impressa una maggiore velocità, dappoichè in virtù della loro leggerezza giungono sino al mare.

IV.

Delle tortuosità degli alvei.

Le risvolte degli alvei vengono annoverate tra le *resistenze locali*. L'ingegnere Duboat calcola la resistenza al moto dell'acqua derivante dalle sinuosità degli alvei come nei tubi, stabilendo per angolo della risvolta quello che si forma prolungando l'asse del tronco d'alveo superiore alla risvolta sino all'incontro della sponda concava, col medesimo asse riflettuto dopo l'accennata incidenza; qualora l'incidenza e la riflessione non superino la misura di 36° , la risvolta dell'alveo si considera *stabilita*, perchè l'acqua desiste dal corrodere ulteriormente la sponda concava che essa percuote.

Questa è una teoria semplice e di facile applicazione, avvegnachè per dar freno alle intaccature, che l'acqua produce nelle rive degli alvei, basterebbe di tracciare le loro sinuosità in modo che la direzione della corrente formasse colla sponda battuta un angolo minore di 36° , ma disgraziatamente essa non corrisponde all'esperienza.

Le obbiezioni che soffre la teoria proposta da Duboat hanno fatto nascere un'altra ipotesi. Si è pensato che il moto dei fiumi nei rivolgenti degli alvei sia conforme a quello dei corpi sovra delle superficie curve, e da questo concetto alcuni han dedotto coll'applicazione delle leggi meccaniche le affezioni del moto. Ma questi lavori sono basati sovra troppe ipotesi, perchè possa sperarsi di vederli applicati alla pratica, con tutta quella semplicità di che essa ha bisogno, anche nel caso che si verificassero tutte le assunte ipotesi; per questo noi ci

contenteremo di abbracciare le generalità più utili e necessarie al regolamento dei fiumi, che illustri idrotecnici han desunto dall'osservazione e dalla perspicacia del loro ragionare.

Teorema 1° — Le sezioni dei fiumi si aumentano nelle svolte degli alvei.

Se tra il principio e il termine di una risvolta il fiume progredisce in linea retta, il fondo del letto penderebbe più che sviluppandosi per una curva, e quindi il moto della corrente si rallenterà per tutto questo tratto, e per grazia della legge di continuità nascerà l'ingrandimento delle sezioni. Inoltre la resistenza delle tortuosità, che qualunque sia il suo modo di agire, dipende dal grado della loro curvatura, contribuisce pur essa a ritardare il moto della corrente, e quindi ad aumentare le sezioni del fiume nel tratto sinuoso.

Teorema 2° — Il moto dell'acqua nei serpeggiamenti dei fiumi non può mai giungere a stato di equabilità.

La totale forza ritardatrice che soffre il corso dell'acqua negli alvei di andamento curvilineo, non deriva soltanto dalle *resistenze uniformi* (che agiscono egualmente in tutte le sezioni della mole acquea, e consistono nell'attrito che prova l'acqua contro le pareti dell'alveo, nella naturale sua viscosità) e hanno per scopo di paralizzare la uniformità dell'accelerazione che produce la gravità, ma vi si aggiunge la resistenza cagionata dalla curvità delle sponde, la di cui influenza varia da punto a punto. Questo è patentemente chiaro, dappoichè un tal genere di *resistenze locali* è funzione della curvità della risvolta, la quale cambia da punto a punto, ammettendo anche un *massimo* di curvatura, e perciò il moto dell'acqua, che ne dipende in parte, non potrà mai essere uniforme in tutte le sezioni delle risvolte dei fiumi, come succede nei tratti rettilinei.

Il moto dell'acqua quindi per le sinuosità dei fiumi riesce ritardato dal principio della svolta sino a quel punto in cui la sua curvatura è un *massimo*, e da questo punto sino al termine il moto si fa accelerato. Se la curvatura del serpeggiamento ammetta più di un *massimo*, questo giuoco si ripete per ognuno, e il moto succede alternativamente ritardato e accelerato fra i punti di massima e minima curvatura, in modo che dove la curvatura della sponda è un *massimo* il moto è un minimo e viceversa.

Dalle proposizioni ora dimostrate ne derivano come corollarii alcune altre di sommo interesse nella teoria dei fiumi.

Coroll. 1° — A parità d'ogni altra circostanza i fiumi retti sono più veloci dei tortuosi.

Coroll. 2° — Il filone trovandosi più prossimo alla sponda concava che alla convessa, presso la prima nasceranno i gorgi e le corrosioni, e presso la seconda succederanno le deposizioni e i renai.

Coroll. 3° — Se la resistenza cagionata da una tortuosità sia tale da far nascere la deposizione delle torbide sovra tutta la larghezza della sezione, questo succederà fintantochè il letto abbia riacquistata la pendenza necessaria per tener incorporate le torbide.

Coroll. 4° — Producendosi una corrosione in una delle due sponde rettilinee di un fiume, dovrà seguirne un'altra immediatamente inferiore nella sponda opposta, e questa ne cagionerà una terza nella prima e così via di seguito. Ma tali corrosioni, per la velocità dell'acqua che vien scemando, si fan successivamente minori, e dopo alcune battute e ribattute il corso dell'acqua s'incammina di nuovo secondo l'andamento dell'alveo.

Coroll. 5° — Quando per una causa qualunque nella sponda di un fiume si produce una botta, se la causa si rende permanente, la corrosione si fa continua, nè cessa che quando la forza corrosiva dell'acqua si trova in equilibrio colla tenacità del terreno di cui l'alveo è composto. Allora è che la svolta si dice *stabilita*, perchè in tutta la sua lunghezza sono terminate le deposizioni da una parte e le corrosioni dall'altra. Ma indipendentemente dalla tenacità del terreno, la natura tende in tre modi diversi ad ottenere lo stabilimento delle svolte nell'atto stesso che si vengono generando a misura che la corrosione si va internando dentro terra, cresce prima di tutto la sua lunghezza fra i proprii estremi, e poi cresce il grado di sua curvatura, e per l'uno e per l'altro motivo si avvalora il ritardo della velocità, ossia si diminuisce la forza corrosiva dell'acqua. Finalmente in terzo luogo la ripa si trova più vigorosamente tormentata nel vertice della svolta, cioè nel punto dove più le si accosta lo spirito della corrente, e quivi è appunto che il corso dell'acqua soffre il maggior ritardo.

Coroll. 6° — Il filone non può in ogni stato del fiume seguire delle linee che abbiano una medesima proiezione ortografica perchè le sponde basse del letto ordinariamente non sono parallele alle sponde più alte delle golene, le quali pure non sono sempre parallele alle scarpe degli argini, e di qui nasce che le piene maggiori alle volte mostrano di battere la ripa in un luogo, le mezzane in un altro, e l'acqua bassa in un altro ancora.

V.

Dei rigurgiti.

Il rigurgito è un mezzo di cui si vale la natura, perchè l'acqua ripigli corso laddove le viene contrastato. In varie guise può accadere questo fenomeno: ogni scabrosità dell'alveo, ogni intoppo al corso, ogni confluenza di nuove acque, l'approssimazione della foce, ecc. sono tutte cause di un particolare rigurgito. Se il fiume incontra uno o più ostacoli isolati, come sarebbero i piloni di un ponte, l'acqua si solleva col rigurgito a tergo di loro, e si forma una corrente laterale ad ognuno, perchè due sono le vie aperte allo sforzo dell'acqua sollevata. Ma se invece di un ostacolo isolato il fiume ne incontra uno che distaccandosi dal fondo o dalle ripe dell'alveo ne restringa parzialmente la sezione, allora l'acqua conserverà una sola corrente, perchè una sola è la via che le resta aperta. Che se l'ostacolo traversa intieramente il corso del fiume, allora il rigurgito può diventare grandissimo.

Con il calcolo si giunge a determinare la misura di questi rigurgiti tanto in ordine all'altezza che all'estensione; e di qui si potrà rilevare la velocità del corso che sarà più celere per causa del restringimento, per cui in prossimità degli ostacoli cagionanti rigurgito nascono delle escavazioni nel letto del fiume. Se la esistenza di questi ostacoli fosse necessaria, come le pile dei ponti, l'ingegnere dovrà ben solertemente curare nell'architettura di questa sorta di edifizii la loro saldezza che per questo motivo potrebbe venir compromessa.

Intorno alla teoria dei rigurgiti, Eustachio Manfredi e il Padre Grandi, considerando un fiume che entri in un altro, stabilirono:

1° Che l'effetto del rigurgito non si sente nell'alveo dell'influente, oltre il concorso della orizzontale condotta dalla superficie del recipiente col fondo dell'alveo influente, perchè la sezione di questo punto non può soffrire alcun impedimento per parte del fiume recipiente che alteri la scala delle sue velocità.

2° Che la pendenza dell'influente si fa meno inclinata all'orizzonte nel tratto rigurgitato che nel tratto superiore. Anzi nel caso che la piena del recipiente si introduca nell'influente, la superficie del rigurgito diverrà perfettamente orizzontale.

Il Duboat stabilisce che il pelo d'acqua nei tratti di fiume, soggetti a rigurgito, si disponga secondo una superficie concava tangente alla superficie piana della corrente equabile, laddove ha termine il rigurgito. Attribuisce poi alla curvatura del pelo diverse forme ipotetiche, circolare parabolica, ed iperbolica, nessuna delle quali corrispondendo a quanto succede in natura colla scorta di alcune esperienze da lui istituite sopra un canale artefatto passa a comporre una formola empirica.

Chiamando x la estensione del rigurgito, $\frac{1}{\Phi}$ la pendenza del pelo di acqua nel tratto rigurgitato, H l'altezza massima del rigonfiamento, ed $\frac{1}{\varphi}$ la pendenza naturale del pelo, la estensione del rigurgito, si ha per la formola:

$$x = \frac{19 H \Phi \varphi}{10(\Phi - \varphi)}$$

Venturoli dimostra che le acque del recipiente devono introdursi nell'alveo dell'influente, e ritardarne il moto sino a quella sezione che corrisponde al punto in cui l'orizzontale del pelo del recipiente incontra il pelo dell'influente: quindi egli conclude che il rigurgito non abbia da estendersi oltre quella sezione, e che il pelo dell'influente nel tratto rigurgitato sia orizzontale, coincidendo coll'altezza del pelo del recipiente.

La figura curva del pelo d'acqua del rigurgito, appartiene al genere logaritmico, e la estensione del rialzamento dell'acqua stessa sopra il pelo naturale, è, geometricamente parlando, infinita. In quanto alla lunghezza sensibile del rigurgito, e così pure l'indole della sua curvatura, si potrebbero però stabilire con facilità, quando l'esperienza giungesse a convalidare qualcuna delle opinioni recate dagli autori.

L'illustre professore Bidone ha sperimentato gli effetti del rigurgito prodotto da un ostacolo che restringa la sezione di un alveo ne' canaletti dello stabilimento idraulico della Parella. I risultati commendabilissimi che ne pervennero, non risposero alle risultanze del calcolo per la ragione che le esperienze del lodato professore furono istituite con degli ostacoli che superavano almeno del doppio l'altezza naturale dell'acqua, e con una velocità gagliardissima. Altri fecero esperienze con canali artefatti meno inclinati di quelli usati dal chia-

rissimo Bidone, e poterono avere una conferma dell'opinione del Venturoli. Ma tutte le esperienze tentate sopra degli alvei artificiali, poco valgono a stabilire quanto accader deve nei letti naturali dei fiumi, per il gran divario che passa fra il complesso di tutte le resistenze che presentano queste, e le resistenze di piccoli canali di forma invariabile e regolarissima.

Le esperienze che il professore Masetti fece nel più gran canale di scolo della provincia di Bologna, possono essere applicate ai gran corsi d'acqua, come sono i fiumi, e confermano abbastanza quanto intorno ai rigurgiti si stabilisce colla teoria; vale a dire che i rigurgiti dipendono dalla ampiezza della sezione impedita a confronto della sezione libera nel luogo del rigurgito; e dalla velocità della corrente, vale a dire dalla sua pendenza. Con tutto questo però siamo ancora nel bisogno di dover invocare il soccorso dell'esperienza, e segnatamente dell'esperienza e dell'osservazione esercitate in grande sopra i fiumi.

VI.

Sulle confluenze dei fiumi e loro diramazioni.

Tutti risguardano utile cosa aggregare i fiumi in un solo alveo, onde sia condotta quanta maggior copia d'acqua è possibile al recipiente universale; in tal guisa si viene a secondare e favorire il gran magistero della natura. Gettiamo l'occhio all'azzardo sopra un qualche continente, dice Mengotti, e sempre vedremo che per la fisica costituzione e disposizione de' suoi monti e delle sue valli, per cento e mille influenti si convogliono in un solo alveo tutte le sue acque. L'Ebro è il recipiente comune dell'Aragona e della Catalogna, il Garonna raccoglie i torrenti della parte boreale de' Pirenei e degli opposti monti di Linguadoca, le Alpi nostrali e i nostri Apennini danno origine al re dei fiumi nostrali. La qual cosa non è che troppo vera, ma quando la natura tende ad un fine, impiega i mezzi più efficaci, senza alcun altro riguardo, mentre noi dovendo por mente a tutti gli effetti che ne possono derivare, dobbiamo esaminarli e confrontarli tra di loro. A ragione quindi conchiude il Guglielmini « è necessario un ben pesato giudizio di tutte le circostanze, ed una ben distinta cognizione di ciò che

succede all'unione dei fiumi, prima di determinare i benefizii che ponno ricavarsi dal mandare un fiume a sboccare in un altro maggiore, oppure nel mare ».

Generalmente parlando si ritiene che il livello della superficie libera dell'acqua nei fiumi riuniti, si tenga più basso che nei solitari, per cui all'unione dei fiumi conseguità anche il vantaggio seguente. Le campagne potranno avere nei fiumi maggiori quello scolo che è loro negato nei minori, perchè sbassandosi la piena del fiume unito si faranno più basse anche quelle dei confluenti, e quindi quelle campagne che non poterono prima aver scolo nei detti fiumi, potranno averlo dopo verificatasi la loro influenza.

Sembra che i vantaggi prodotti dall'unione di più corsi d'acqua non sia sfuggita ai nostri idraulici anche in epoche assai remote. All'epoca romana la Lombardia, nei contorni di Piacenza, era piena di molteplici rami del Po e de' suoi influenti che la tenevano ripiena di paludi, quando Emilio Scauro, riducendoli tutti in un sol tronco, bonificò quel paese e lo rendette abitabile. Ecco le parole colle quali Strabone rende conto di questo fatto: « Una gran parte (di quel paese) interposta al Po era dominata da paduli, per le quali a sommo stento poté Annibale aprirsi il varco alla Toscana. Del resto, Scauro, col dedurre alcune fosse del Po fino all'agro Parmense a comodo della navigazione, liberò quei campi dalle paludi ».

Quando debba avvenire la confluenza dei fiumi, questa è suggerita doversi fare in modo che l'angolo di loro riunione risulti quanto più si può acuto, perchè, prima di tutto, la direzione della corrente dovendosi comporre fra le due primitive, si avvicinerà massimamente alla sponda opposta del recipiente in un punto sempre più inferiore alla confluenza, e in tal modo la forza dell'acqua, che sempre congiura contro la medesima sponda, sarà più debole: per cui tanto meno nocevoli risulteranno le corrosioni, che altrimenti potrebbero diventare gagliardissime, ed operare perfino la totale squarciatura degli argini. In secondo luogo perchè, superiormente allo sbocco, succede sempre un rigurgito, il quale sarà tanto maggiore quanto è più veloce l'influente, e quanto è più vicino al retto l'angolo della confluenza, peggio poi se fosse acuto verso l'origine del recipiente.

Meravigliosi esempi ci offre la natura di questi effetti della confluenza de' fiumi, sperimentati in piccolo dal conte Mengotti. Il rivo che passa per Sirkes, piccola città della Lorena, nel giorno 16 luglio 1750

divenne, per una piena improvvisa, così rapido e precipitoso che arrestò il Mosella, in cui cade quasi ad angolo retto, traversandolo da parte a parte, e portando sulle opposte sponde le rovine delle case e dei ponti che avea abbattuto. Al contrario il Rio Negro che entra parallelo nel fiume delle Amazzoni, continua per lunghissimo tratto, dopo esservi entrato, a scorrergli accanto colle sue acque oscure, mentre l'altro conserva le proprie biancastre.

Ai vantaggi recati dall'unione dei fiumi, non è però a negarsi che vi tengano dietro alcuni discapiti, e fra questi annovereremo quei soli che sono inerenti alla maggior copia dell'acqua; essi si possono ridurre ai seguenti:

1° I fiumi uniti hanno le tortuosità più grandi, e se prendono a corrodere una sponda, la difesa di questa è molto più malagevole.

2° Accadendo una rotta negli argini di un grosso fiume, i danni che ne conseguono sono notabilmente maggiori.

3° La chiusa di queste rotte è più difficile e richiede un dispendio sensibile.

Però, bene bilanciando, è facile lo scorgere che i vantaggi superano di lunga mano, e che gli accennati svantaggi non sono poi così grandi come si presenterebbero, considerandoli isolatamente e non facendo conto della maggiore facilità delle rotte nei fiumi disuniti per la loro maggiore elevazione, del maggior numero di argini che si richiedono e delle maggiori cure che domandano la loro conservazione e difesa.

I buoni effetti che risultano dall'unione di due fiumi non si verificano però con sicurezza che nel caso in cui i due fiumi abbiano indole uguale, cioè piene pressochè contemporanee, e versino al punto di confluenza materie uguali o ugualmente asportabili. Quando queste condizioni non siano soddisfatte, allora i vantaggi possono attenuarsi, ed anche mutarsi in reali e permanenti svantaggi. In ogni caso il fiume *dominatore* sarà quello della maggior portata e d'indole la più regolare, servendo esso quasi di regolatore del sistema. A questo precetto e agli altri suggeriti dal Guglielmini dovrà attenersi chi deve risolvere il problema idrometrico d'introdurre un fiume dentro un altro, come pure a quello che operò Eustachio Manfredi nel caso pratico della celebre immissione del Reno di Bologna nel fiume Po.

A conclusione del sin qui detto può ammettersi che in generale i fiumi migliorano di condizione per l'unione di nuove acque; conseguentemente le *diramazioni* dovrebbero meritare il bando. Ma da che

alcune volte poi esse son necessarie a farsi, onde facilitare la circolazione delle merci, muover macchine ad uso delle arti e delle manifatture, condur qualche rivo fecondo d'acqua sopra terre inaridite e deserte, devono aversi allora presenti due particolari ed essenziali avvertenze. L'una di derivare possibilmente le acque o da quei tronchi di fiume dove il molto declivio può mantenere, anche dopo la diramazione, la necessaria forza e velocità nel fiume principale; o da quelli che portano materia sottilissima, la quale non richiede gran forza e velocità per essere condotta sino allo sbocco. L'altra cautela da usare si è che l'acqua estratta sia la minor parte possibile della massa del fiume, affinché non rimanga il medesimo soverchiamente indebolito, per cui all'applicazione di tali diramazioni devono sempre preferirsi i fiumi maggiori.

In fine, se il ramo di derivazione non sarà un canale regolato, ma sarà libero nel suo corso, onde esso possa conservarsi costantemente attivo, si richiede che l'influenza di tutte le circostanze agenti sul corso dell'acqua, si trovi in equilibrio colle corrispondenti circostanze del fiume. Altrimenti si corre pericolo o di vedere il ramo abbandonato, se il corso d'acqua si trova più impedito per esso che pel fiume, oppure che il ramo stesso divenga principale e soverchi il fiume, nel caso che per esso l'acqua incontri maggior invito al suo deflusso.

VII.

Sulle piene dei fiumi ed effetti delle medesime.

Le piene succedono in seguito a dirotte e continuate pioggie od al disfacimento delle nevi, e siccome questi fenomeni avvengono in ogni regione pressochè periodicamente ed in date epoche, così pressochè periodicamente ed in date epoche succedono le piene dei fiumi. Le maggiori piene dei nostri fiumi succedono al terminare della primavera e in sul finire dell'autunno. Per la natura stessa della causa di queste due piene d'ordinario la seconda è più alta ma meno duratura della prima. In quei fiumi, che non sono alimentati da alte montagne, dove nelle stagioni fredde si raccolgono in gran copia le nevi, non succede d'ordinario che una piena soltanto, e questa evidentemente all'epoca delle maggiori pioggie.

Le piene dei fiumi pertanto tendono verso uno stabilimento in altezza che, raggiuntolo, assai difficilmente può essere superato, e questo anche in casi così straordinari ed eccezionali da non doverne far conto soverchio; per cui ogni fiume ha il suo termine d'altezza, oltre il quale non passano le sue piene maggiori. È questo limite che deve essere superato dalle ripe e dagli argini del fiume acciocchè non succedano inondazioni.

Gli aumenti di altezza sono forti in principio, ma vanno successivamente attenuandosi, e sono piccolissimi in fine quando la piena ha già raggiunta la sua altezza massima, altezza che ella mantiene per un certo tempo, durante il quale dicesi essere in *stanca*; poi diminuisce dapprima lentamente e di più in più celeremente coll'avvicinarsi al suo termine. La ragione di questo fatto sta in ciò che la portata cresce assai più celeremente dell'altezza, per cui quando l'altezza dell'acqua è già grande, anche un nuovo accrescimento d'acqua non la fa crescere che di quantità assai piccola; a questo si aggiunga l'allargarsi dell'alveo e l'aumentata capacità del bacino, specialmente se il fiume sia provveduto di ampie golene.

Fra i fenomeni della piena merita considerazione quella del così detto *ventre della piena*. Consiste il ventre di piena in un rigonfiamento per cui l'acqua in una parte dell'alveo si alza più che nelle parti superiori e nelle inferiori, presentando nel suo profilo una protuberanza simile a quella, come dice il Barattieri, che primo avvertì il fenomeno, che si forma tirando a sè colle mani le due estremità di una verga flessibile che si curva in arco. Causa del ventre di piena è sempre il mutamento di pendenza del fondo, perchè, rallentata l'acqua inferiormente per la minore pendenza del fondo, deve alzarsi per guadagnar colla maggior altezza, la velocità necessaria, dal che nasce un ringorgo superiore ed un alzamento che presenterà la forma appunto indicata di sopra. Questi gonfiamenti poi alle volte possono diventare insigni e ruinosi. Tali ventri di piena, come registra il Zendrini, si presentano ancora allo sbocco di un grosso influente, innalzandosi di non poco sopra il livello della fiumana, e di questi ne riscontrò al Taro, al Crostolo e a S. Benedetto.

Di qui si vede prima di tutto come un fiume possa gonfiarsi smisuratamente in alcuni luoghi del suo corso, senza che tanto avvenga altrove; e si vede altresì come le piene dei fiumi esser devono più pericolose in questi punti di massima elevazione: per cui nel go-

verno de' fiumi particolare cura si deve avere a questo fenomeno, onde nelle piene non avvengano funeste conseguenze.

Tre sono i principali e grandi effetti riconosciuti nelle piene: il primo è la progressiva elevazione e mutazione di letto de' torrenti e dei fiumi; il secondo una continua protrazione della loro foce; ed il terzo la sovversione del fondo, delle ripe, degli argini, e le rotte de' medesimi.

I fiumi nelle loro escrescenze traggono seco la maggior quantità di materie eterogenee, e quindi variandosi il rapporto della velocità col grado di torbidezza, non può rimaner stabilito il corso e l'alveo del fiume, che ne dipendono con certa legge: dalla qual cosa ne viene, che nelle piene il letto del fiume riducesi alla minor pendenza possibile, sia che si stabilisca per escavazione o per replezione. Ma per la enorme quantità di materie estranee che conducono i fiumi nelle loro piene anche dopo lo stabilimento dell'alveo, avviene che queste materie commiste all'acqua, non possono essere trasportate sino al recipiente universale, e cominciano a depositarsi generalmente in tutto l'alveo, alzandone il fondo. Non sarebbe impossibile di far vedere per via d'acconcie esperienze che da' fiumi in tempo di piena non sorte tanta materia quanta ve ne entra, ma basta l'osservare che gli alvei attuali de' nostri fiumi sonó quasi tutti più elevati delle campagne adiacenti, e tenuti, per così dire, in aria a forza d'argini; che molti condotti scolatizii di vaste campagne sono ridotti inoperosi per essere più bassi del fiume; che gli archi di antichi ponti sono pressochè acciecati; che continuamente bisogna rialzare gli argini per contenere le piene. Queste osservazioni sono del Viviani, rispetto ai fiumi della Toscana, sono del Frisi per quelli della Lombardia, sono del Zandrini riguardo a quei del Veneziano, ecc.

È dunque certa e visibile la elevazione progressiva de' letti dei nostri fiumi. Ma per altro essa non si rende sensibile che nel corso di molti anni: 1° perchè le piene fortunatamente non sono frequentissime; 2° perchè il movimento progressivo delle ghiaie è lentissimo; 3° perchè la maggior parte delle materie più sottili che restano natanti, vengono trasportate dalla correntia sino al mare; 4° perchè alcune pietre, come per esempio le arenarie, vengono ridotte in sottili particelle, sia per gli urti e dibattimenti, sia per le alternate vicende della stagione, di caldo e di gelo; 5° finalmente pel consumo che si fa di sassi, di ghiaie e di sabbia, che si estraggono dagli alvei da impiegarsi come materiali nei lavori architettonici.

Sebbene, come dissi, sia regolare lo strascinamento di materie, pure il loro sedimento in tempo di piene succede tutto cieco e fortuito. Spinte e balzate qua e là disordinatamente in questo stato violento del fiume, vengono abbandonate, e s'ammucchiano or in un sito or nell'altro. Basta percorrere un fiume dopo le sue piene, per riconoscere quanto varii sregolatamente il suo letto: piaggie, greti, dossi, renai si scontrano, dove prima esistevano gorghi, scoscendimenti e precipizi. Queste vicende sono di piccola influenza nei tronchi inferiori che corrono in arena, perchè non fanno che variare parzialmente il grado di resistenza delle arginature; ma nei tronchi superiori, che corrono in ghiaia, divengono ostacoli così forti, da piegare ben spesso la corrente, rivolgendola ad altro termine, ove o per maggiore caduta, o per minore resistenza del terreno, si forma un nuovo letto, che ingombrato a suo tempo per le successive piene, verrà esso pure abbandonato dall'acqua, la quale se ne procurerà un altro più idoneo. Tutto questo è provato dalle osservazioni pratiche.

Un'altra causa del rialzamento del letto dei fiumi che mettono foce nell'Adriatico, si ha nella continua elevazione del livello di questo mare. Eustachio Manfredi combinando le proprie osservazioni fatte sopra antiche fabbriche di Ravenna, con altre fatte dallo Zandrini in Venezia, stabili sopra dati quasi certi, l'alzamento continuo della superficie dell'Adriatico, alzamento però lentissimo e sensibile soltanto nel decorso di molti anni.

Arrivato un fiume alla foce, le sue acque si espandono, e la sua velocità si va minorando gradatamente fino al totale suo spegnimento. Quindi succede un'analogia deposizione delle torbide, per cui formansi degli scanni, prima bassi ed occulti, poscia mano a mano più elevati fino a soverchiare le più alte maree. Allora comincia a sorgere la nuova spiaggia più avanzata della preesistente, e l'alveo del fiume si trova allungato fra le proprie alluvioni. Questa protrazione della linea de' fiumi si vuol massime attribuire alle loro piene, perchè appunto in tali occasioni sono esuberanti di torbide; da che propriamente con minore energia, essa va generandosi continuamente senza alcuna interruzione.

La protrazione delle spiagge è cosa fuor di ogni dubbio in tutti que' luoghi d'Italia, intorno a cui mette foce un qualche fiume torbido, che presti materia all'interrimento. Il lido Ravegnano è ora lontano dalla città cinque miglia, mentre al tempo de' Romani Ra-

venna era sul mare, e questo avanzamento del lido si deve alle torbide del Po, e dei fiumi che irrigano la Romagna; come a quelle dell'Arno e del Tevere si deve la protrazione delle spiagge di Pisa e di Fiumicino.

Venendo da ultimo al terzo effetto delle fiumane, osserveremo, che se l'acqua andasse crescendo a grado a grado, e sempre parallela al fondo ed alle ripe, non potrebbe mai essere grande l'azione sua contro l'alveo. Ma essa esercita la sua azione in via obliqua, contro il fondo e contro le sponde. Entrando all'improvviso un immenso volume d'acqua nell'alveo de' fiumi, senza che abbia tempo di spianarsi e diffondersi in tutta la sua lunghezza, allora coll'immenso suo peso l'acqua agisce obliquamente e gagliardemente sul fondo, tanto più che sarà subitanea la sopravvenienza dell'acqua. Di qui traggono motivo le grandi anomalie che si ravvisano nelle piene de' fiumi. Alcune producono orribili ruine, mentre altre eguali alle precedenti non cagionano alle volte sconcerto alcuno. Le prime sono quelle che provengono in un subito; le seconde lentamente. Anche lo stato di magrezza o d'abbondanza d'acqua in cui trovasi il fiume nell'affluir della piena, influisce sulla misura de' suoi effetti. Nel primo caso la piena esercita sul fondo maggior energia che nel secondo, nel quale tanto più resta ammortita la forza della fiumana dall'acqua preesistente nell'alveo. Se poi il letto fosse sprovvisto d'acqua affatto, allora la piena agisce colla massima sua efficacia, e tanto più profondi e sentiti si ravvisano i segni del suo passaggio, come avviene per l'appunto nei torrenti.

Le corrosioni delle ripe, ben più facilmente si comprende da tutti, come avvengano per queste obliquità dell'azione dell'acqua; su di che parlai già precedentemente: quello soltanto che qui merita d'essere indicato si è che il maggior danno e la maggiore rovina delle ripe succede nel calar della piena, perchè nel suo crescere e nel suo rimaner stazionaria, lo sforzo che fa l'acqua per dilatarsi in virtù della pressione sostiene le rive, ma queste poi nel calar della piena sperdendo l'appoggio dell'acqua, si capovolgono o scoscondono nel fiume. Tutto ciò, registrato dall'esperienza, mi è pur troppo odiernamente confermato nel gettare lo sguardo sul territorio di Boretto (mio suolo natio a cui tutto devo) che per essere stato in questi ultimi tempi teatro di gagliarde e fatali corrosioni delle acque del Po, ha sofferto in breve periodo rimarchevole diminuzione, dolorosa per molti privati, non che dannosa per l'illustre e generoso Municipio.

Le corrosioni, che nei fiumi incassati altro non fanno che renderli più tortuosi, nei fiumi invece che abbisognano d'argini, sono causa delle rotte dei medesimi, e delle susseguenti inondazioni. Sebbene la corrosione preceda la rotta, non è sempre causa della stessa, potendo concorrere a rovinare l'argine molte altre cagioni, come il sormontare dell'acqua sopra il ciglio dell'argine, il trapelamento attraverso lo stesso, la sua debolezza, ecc. — Per questa ragione gli effetti delle rotte o sono comuni a tutte le rotte, o speciali ad alcune, secondo la diversità delle cause da cui essi provengono. Di questi effetti i più considerevoli sono i seguenti.

Ad una rotta consegue un scemarsi della piena nelle parti superiori ed un acceleramento dell'acqua, laddove nelle parti inferiori alla rotta il corso dell'acqua si rende più tardo. Infatti la lotta equivale ad un allargamento o ad una diramazione del fiume, e siccome ad un grosso efflusso consegue una grande chiamata, così la superficie si inflette e si accelera la velocità; inferiormente poi l'acqua si ritarda pel suo scemarsi, divertita al di sopra per l'apertura della rotta.

Nasce da ciò che al disopra della rotta succede maggiore escavazione del fondo e maggiore corrosione delle ripe, laddove inferiormente nascono interrimenti e dossi pel moto reso più languido. Nel punto ove succede una rotta nasce un'alterazione delle pendenze del letto, aumentandosi quella del tronco superiore e minuendosi quella dell'inferiore, con notabile peggioramento dell'alveo che, anche dopo chiusa la rotta, sussiste per qualche tempo e può essere causa di pericoli successivi.

Se la rotta è come si dice in cavamento, i suoi effetti potrebbero essere tali da far sì che non solo nelle parti inferiori si rallenti il corso dell'acqua, ma anche che possa rivoltarsi allo insù, e ciò principalmente se al disotto della rotta entrerà in vicinanza qualche fiume influente, le cui acque, può darsi il caso, che o tutte si portino a scaricarsi per la rotta, o si dividano scorrendo parte verso la rotta, parte verso la foce. Così è succeduto al Panaro nella celebre rotta del Po, avvenuta nel duodecimo secolo alla Stellata, e che diede origine al Po attuale, perchè continuando le acque a scorrere per la rotta, finì il Panaro col mutare la cadente dell'alveo inclinandosi a rovescio.

Quando l'acqua delle piene sormonta gli argini e scorrendo pel loro pendio esteriore, gli corrode e facilmente li rompe, allora si forma un gorgo a' piedi dell'argine aperto che impedisce il rifar l'argine nel

luogo stesso, come anche succede quando il letto del fiume è superiore al piano delle campagne; ma quando l'argine si rompe alla prima nel mezzo, allora il gorgo si forma più lontano dall'argine nella campagna; e se potesse darsi il caso che l'argine si rompesse senza alcuna caduta d'acqua, come negli argini di poca altezza e superiori al fondo del fiume, allora non si genererebbe gorgo veruno, spandendosi l'acqua quietamente per la campagna.

A compimento di questi cenni avrei dovuto parlare dell'arduo problema delle nuove inalveazioni semplici e composte, ma la ristrettezza del tempo e le difficoltà che avrei incontrato nell'incertezza delle regole formulate dai nostri maestri mi obbligano a por termine a questo breve scritto.

CELESTINO ROVESTI.

TESI LIBERE

MECCANICA APPLICATA ED IDRAULICA PRATICA

Teoria generale dei motori idraulici.
Ruote a palmetta piane ferite di sotto.

MACCHINE A VAPORE E FERROVIE

Teoria dei ventilatori soffianti a forza centrifuga, ed a pale piane.

COSTRUZIONI CIVILI, STRADALI E IDRAULICHE

* Fondazioni comuni. Determinazione del rifiuto che alle diverse profondità devono presentare i pali per palificate, affinchè siano capaci di permanentemente sopportare un dato peso.

GEOMETRIA PRATICA

Nozioni generali sul tracciamento di una galleria in direzione rettilinea.
