

$H$  il dislivello totale del fondo fra due briglie successive ed  $h$  l'altezza delle briglie e indicando con  $a$  l'angolo che fa con l'orizzontale la pendenza di compensazione in modo che la tangente di questo angolo  $tg. a$  sia eguale ad  $i$ ; indicando inoltre con  $d$  la distanza fra le due briglie, dal triangolo rettangolo  $ABC$  si ricava:

$$BC = H - h = d \operatorname{tg} a = d i \quad (70)$$

dalla quale si ottiene:

$$h = H - d \operatorname{tang} a = H - d i \quad (71)$$

la quale espressione serve a dare l'altezza della briglia  $h$  quando sia nota la distanza  $d$  e si ottiene pure:

$$d = \frac{H - h}{\operatorname{tang} a} = \frac{H - h}{i} \quad (72)$$

la quale serve a dare la distanza fra le due briglie successive.

### § 15. Altre opere che si impiegano per la sistemazione dei torrenti.

Oltre alle briglie per la sistemazione dei torrenti si impiegano altre opere e fra queste anzitutto bisogna annoverare le opere di difesa longitudinali e le piazze per deposito dei materiali trasportati dalla corrente.

Talvolta si ricorre anche alla costruzione di serbatoi artificiali per scemare la portata delle piene.

Furono pure proposte la costruzione di piccoli argini e quella di fossetti o rigagnoli orizzontali per ritardare l'arrivo delle acque al piano, immagazzinandole per così dire durante un certo tempo; ma queste proposte, come vedremo, non furono trovate di pratica applicazione.

Diremo rapidamente di ciascuna di queste opere.

Curve Valledun  
 Campi 221  
 ↙

a) *Opere longitudinali di difesa.* — Sono le stesse opere assai note e comuni che si adoperano per la difesa lungo i fiumi in genere. Ricorderemo soltanto che nella loro applicazione ai torrenti esse possono essere di struttura molto diversa secondo l'importanza della difesa e lo scopo al quale sono destinate.

Così di fronte alle colossali arginature (Tav. 32 e 33) di muratura e alle difese longitudinali costituite da gabioni (Tav. 34 e 35), vediamo usate le scogliere di pietrame più o meno minuto, come pure le *semplici sassaie*, nonchè i cassoni di legname riempiti di pietrame: e scendendo in ordine di solidità troviamo gli *argini di sola terra* e da ultimo le opere longitudinali in legname fra le quali poi sono usitatissime anche le più modeste cioè le *vimate* che, come quando si usano in senso trasversale, ricevono secondo i diversi paesi puri i nomi di *palizzate*, o *graticci*, o *steconate*.

Queste ultime opere congiungono al beneficio della poca spesa, anche quello di poter utilizzare, con la vegetazione arborea, gli spazi che possono essere tolti alle acque e ai greti.

b) *Fossetti orizzontali o arginelli orizzontali.* — Quantunque, come abbiamo già detto, questi provvedimenti siano stati giudicati inapplicabili, almeno nella maggior parte dei casi, torna il conto di parlarne, poichè possono qualche volta servire in casi eccezionali.

In seguito alle inondazioni del 1846 l'ing. Polonceau propose di praticare tanti fossetti orizzontali, sui pendii delle montagne allo scopo di ritardare lo scolo delle acque. Lo sterro proveniente dall'apertura dei fossetti gettato a valle funziona come argine di contenimento.

Si vengono così a costituire come tanti canali a mezza costa.

Il Polonceau osservava come con questi canaletti o rigagnoli (moltiplicati in numero grandissimo e ben disposti gli uni sopra gli altri ad intervalli di 50 a 60



metri, con la sezione, per es. di circa m.  $0.70 \times 0.70$  ossia della capacità di circa mezzo metro cubo per metro lineare e chiusi provvisoriamente alle due estremità salvo a lasciarli poi più tardi, eventualmente defluire) si poteva ritenere una gran parte dell'acqua di piena.

Ma questo sistema che a primo aspetto ha apparenze così lusinghiere non si potè allora eseguire per molte ragioni.

Innanzitutto, secondo Polonceau i fossetti dovevano eseguirsi dai proprietari sul cui suolo si trovavano, perchè secondo lui migliorando essi anzitutto le condizioni della proprietà, lo Stato vi doveva concorrere solo in misura assai tenue. Ma era assurdo il costringere i proprietari a sacrificare tanto terreno necessariamente perduto per l'agricoltura in vista di un risultato che essi non sapevano nè potevano vedere, poichè nel terreno dove tali canaletti si sarebbero praticati le inondazioni non si producevano, mentre invece queste si facevano sentire al piano.

Nè si può assolutamente pretendere che l'acqua immagazzinata nei fossetti possa servire per l'irrigazione; perchè l'acqua stessa sarebbe disponibile soltanto dopo le grandi piogge, cioè quando tutte le terre sono sature e non ne hanno più bisogno, mentre quando queste torneranno a sentirne necessità essa sarà già o defluita o filtrata attraverso al terreno ed evaporata.

I veri favoriti da questo sistema sarebbero i proprietari a valle, dove il fiume può straripare. Quindi è impossibile ottenere dai proprietari della parte elevata che essi provvedano alla costruzione dei fossetti senza ricorrere alla espropriazione forzata e in pari tempo indennizzarli largamente.

Dunque vi sarebbe stata da aggiungere questa spesa di espropriazione, che certo sarebbe riuscita ingentissima, all'altra spesa d'impianto che non era meno ingente,

perchè il Polonceau aveva calcolato che questa spesa d'impianto pei soli principali fiumi della Francia sarebbe ascesa alla somma enorme di 870 milioni, di cui egli assegnava 721 a carico dei proprietari, 101 allo Stato e 48 ai rispettivi Dipartimenti e che ora certamente per il forte aumento di tutti i prezzi dovrebbe esser più che duplicata.

Poi oltre a queste spese colossali di espropriazione e di impianto, ve ne sarebbe stata un'altra considerevole per organizzare un servizio di mantenimento dei fossetti, a mezzo di appositi cantonieri o custodi che provvedessero a conservare inalterata ai fossetti la loro sezione, e che li espurgassero dopo ogni piena, riparandoli in caso di guasti, altrimenti in breve sarebbero stati distrutti ed alle prime piogge il male sarebbe risultato aggravato.

Ma questa della difficoltà e della spesa per organizzare un buon servizio di mantenimento dei fossetti, era ancora l'obbiezione minore.

Gravissima è invece stata l'obbiezione che con quei fossetti si sarebbe creata una serie di innumerevoli stagni i quali avrebbero allagato una estensione immensa di terreno superiore certamente a quella che poteva venire coperta dalle acque di innondazione, quando fossero traboccati liberamente; cosicchè per evitare l'innondazione a valle la si sarebbe prodotta sui terreni a monte, creando per di più una infinità di punti nocivi all'igiene.

Poi si sarebbe anche obiettato che almeno sotto il punto di vista di provvedimento generale trattandosi di una gran quantità di piccoli canaletti, dispersi su grandissima superficie, destinati a funzionare come altrettanti piccoli serbatoi artificiali, le difficoltà inerenti alla calcolazione della loro capacità della loro esatta ubicazione, della loro giusta ripartizione sono non piccole e nella eventualità di un errore di calcolo è ovvio che



una volta pieni essi non servirebbero più alle piogge successive e più pericolose, e anzi sarebbero assai nocivi perchè darebbero luogo a una serie di rotte e di allagamenti parziali precipitando poi lo scolo di una certa quantità d'acqua che andrebbe inopinatamente ad aumentare la piena ed a provocare forse una inondazione.

Dunque il sistema dei fossetti orizzontali in via generale oltre che essere costosissimo, si è palesato non solo inefficace, ma anche tale da aggravare invece di attenuare la misura del male che si vuole riparare.

Le identiche obiezioni si possono affacciare al sistema degli arginelli orizzontali o pressochè orizzontali di ritenuta che l'ing. Dumas propose nel 1856 di costruire sui pendii delle montagne per ritardare il deflusso delle acque perchè esso si riduce in sostanza allo stesso sistema dei fossetti, che aveva proposto dieci anni prima l'ing. Polonceau.

c) *Piazze di deposito*. — Già parlando dello scopo delle briglie di trattenuta, si è avuto agio di intuire quale sia l'ufficio delle piazze di deposito o di trattenuta, le quali, come significa la loro denominazione stessa, hanno finalità identica.

La piazza di deposito quindi al pari delle dette briglie di trattenuta, non costituisce un rimedio radicale per il regime di un torrente, poichè la sua azione si manifesta solo per un tempo relativamente breve; ma in compenso produce effetti rapidi ed immediati. È per questo che le piazze di deposito sono molto usate specialmente nella prima fase delle correzioni, in tutti quei casi, nei quali la massa dei materiali, che si trovano già nel letto del torrente e possono quindi essere trasportati dalle piene, è enorme ed impedirebbe perciò qualsiasi altro lavoro di sistemazione.

Queste piazze (fig. 86 e 87) si costruiscono o nell'interno delle vallate dove si presenti una varice che

Piazza di deposito sul torrente Griorme (Canton di Vand, Svizzera).

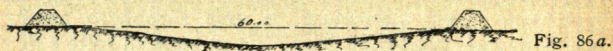


Fig. 86 a.

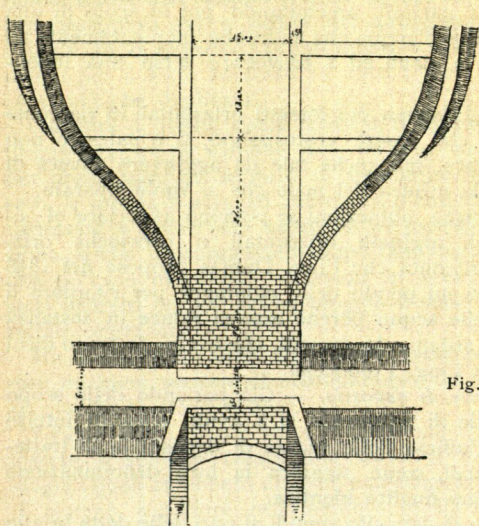


Fig. 86 b.

Piazza di deposito sul torrente Baie di Clarens (Canton di Vand, Svizzera).

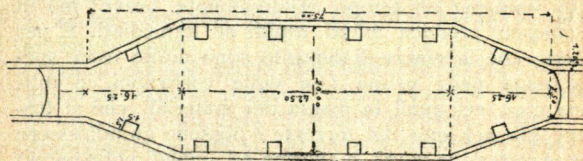


Fig. 87 a.



Fig. 87 b.



permetta di accumulare senza danni una grande quantità di materiali, oppure si fanno sul cono di deiezione e sempre poi si cerca di utilizzare i terreni più aridi ed inadatti alla coltivazione e ciò evidentemente per ragioni di economia. Se terreni buoni potessero per la loro vicinanza venire anch'essi coperti di detriti, sarà bene impedirlo, chiudendo lateralmente la piazza con arginelli, anche semplicemente di terra o ghiaia tolta dal greto, i quali però allora si presidiano con un rivestimento di pietrame per meglio difenderli dalla corrente.

In tutte le piazze di deposito si nota molto spesso il fenomeno che il torrente tende a depositare la maggior parte delle materie lungo l'asse longitudinale e ben poco lateralmente per modo che il deposito prende la forma a schiena d'asino, molto convessa in mezzo.

Per evitare questo inconveniente il Venetz (celebre ingegnere svizzero che progettò e dappriocipio diresse la sistemazione del Rodano superiore a monte del Lago di Ginevra) propose di dare alle piazze di trattenuta una disposizione speciale munendole di briglie basse, sommergibili od anche di semplici argini più corti dell'intera larghezza del letto e posti trasversalmente, in modo da obbligare le acque del torrente a portarsi lateralmente e quindi a produrre un deposito piano o quasi (vedi figura 88).

All'uscita dalla piazza si mette o una briglia di trattenuta a tutta larghezza o una semplice graticciata formata da pali piantati assai vicini fra loro e in posizione alternata, in modo da favorire l'arresto delle materie che non si sono depositate.

Le piazze di deposito, che hanno la detta disposizione hanno dal loro inventore assunto, il nome di camere di Venetz.

Il Gras suggerì anch'egli qualche cosa di analogo e le piazze da lui ideate si chiamano *Labirinti di Gras*. Invece di costruire degli argini o briglie che con la

loro lunghezza attraversano quasi tutta la piazza salvo i varchi laterali per il necessario deflusso, il Gras propose dei semplici pilastri o brevi tratti di muro più o meno robusti secondo la grossezza del materiale che può essere portato dal torrente, eretti qua e là e sempre in file alternate (vedi figura 89).

Anche l'espedito proposto da Gras è buono ed efficace in quanto che l'acqua viene molto suddivisa, deviata e rallentata facilitando molto i depositi: questi poi avvengono con ripartizione abbastanza uniforme quando si abbia l'avvertenza di costruire i detti ostacoli più frequenti in tutta la parte centrale.

Perchè poi una piazza di deposito possa esser utile per molto tempo bisogna aver cura di tenerla sempre ben pulita e quindi frequentemente sgombrarla dai materiali che via via vi accumula la corrente. A prima vista può sembrare che questa sia un'operazione assai difficile e costosa, ma per lo più invece non lo è.

Quasi sempre infatti i materiali accumulati nelle piazze di deposito siano essi ancora voluminosi, siano ghiaie, sono ottimi per diversi lavori e costruzioni e specialmente per la manutenzione delle strade; cosicchè spesso avviene che gli appaltatori delle opere pubbliche o le imprese private si impegnano esse di sgombrare periodicamente dette piazze, senza nessun compenso e alla sola condizione di appropriarsi i materiali ricavati.

Una volta poi che il torrente sia definitivamente sistemato e che la piazza di deposito si renda quindi inutile, essa viene ancora molto vantaggiosamente utilizzata in quanto che può benissimo essere ceduta alla coltivazione o alla peggio, se si tratta di terreni assai sterili, può facilmente prestarsi ad una vegetazione boschiva.

Un ultimo sistema per ottenere una piazza di deposito fu usato con vantaggio specialmente quando si è trattato di eseguire la piazza stessa sul cono di deiezione.





Tav. 41. — Frana sopra Valgrande — Prima della correzione.  
(Prov. di Belluno). —

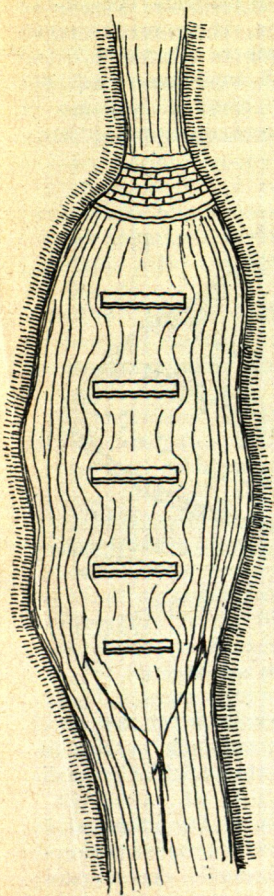


Fig. 88.

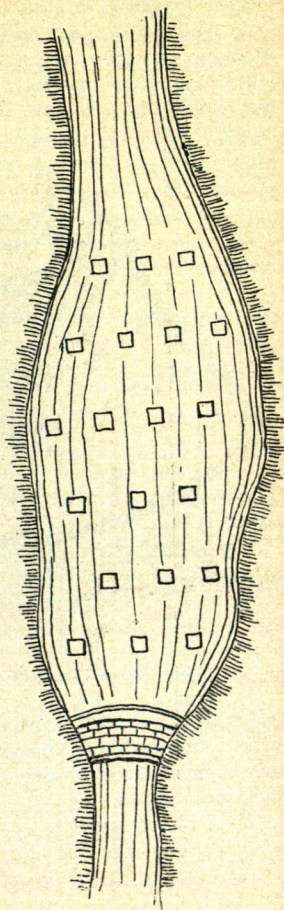


Fig. 89.



Esso consiste in una serie di palizzate disposte ad arco concavo verso monte e via via sempre più ampie di mano in mano che il torrente va allargando il suo letto, con l'avvertenza però di impiantare i pali più fitti nelle file a monte, dove i materiali arrivano in maggior quantità e più voluminosi, da ultimo all'estre-

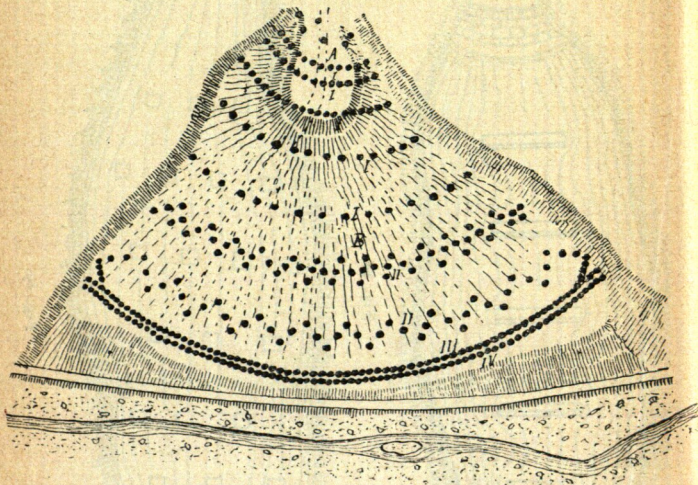


Fig. 90. — Piazza di deposito con palafitta.

mità sottocorrente di porre una viminata per trattenere anche i materiali più minuti. Un consimile sistema fu pure suggerito con qualche variante da Schindler (vedi figura 90).

d) *Serbatoi o laghi artificiali.* — Da ultimo, si è accennato che uno dei provvedimenti proposti per scemmare la portata delle piene è quello dei serbatoi artificiali.

Il grande beneficio che come è noto esercitano i laghi naturali trattenendo parte delle acque di piena per lasciarle defluire soltanto in seguito, ha fatto sorgere l'idea di creare dei serbatoi artificiali, e anche quella di aumentare la facoltà di trattenuta di laghi già esistenti, per immagazzinarvi acqua nei periodi di abbondanza e lasciarla scorrere poi nei momenti di scarsità a scopi molteplici, e cioè oltrechè per diminuire le piene anche allo scopo sia d'approvvigionare d'acqua i centri abitati, sia per utilizzare le acque a prò dell'agricoltura nelle irrigazioni, o a favore dell'industria (Tavola 36).

Inoltre i serbatoi artificiali si applicano anche per sgombrare i bacini portuari mediante il sistema delle ripulse, come pure per aumentare il tirante dei corsi d'acqua a favore della navigazione.

Propendendosi oggidì ad estendere sempre più l'impiego dei serbatoi artificiali quando essi oltre che a diversi fra i suaccennati scopi contribuiscano a migliorare il regime dei corsi d'acqua, attenuandone le piene, si reputa opportuno di entrare in qualche maggior particolare intorno a questo importante argomento.

Come è noto, molti laghi artificiali furono costruiti nei secoli passati a favore dell'irrigazione; basta citare quelli eretti dai Mori nella Spagna, nelle Indie e più recentemente in Francia, in Algeria, nel Belgio non solo per l'irrigazione ma anche per alimentare le vie navigabili procurando loro il necessario volume d'acqua. E ancora più recentemente il sistema dei serbatoi artificiali si è maggiormente diffuso procurando di destinarli a più scopi contemporaneamente.

Nel bacino del Missisipi mediante l'invaso artificiale di quattro laghi si immagazzinano quasi  $2\frac{1}{2}$  miliardi di mc. d'acqua con i quali si riesce ad aumentare di 30 centimetri il tirante del detto fiume nei periodi di magra. Lo stesso sistema è stato applicato per miglio-



rare la navigazione durante la magra nel Volga superiormente a Rybinsk. Analoghi impianti furono progettati e iniziati nella valle dell'Eder, affluente della Fulda per alimentare il grande canale del centro in Germania che trovasi in corso di costruzione fra il fiume Reno e il Weser. Nel bacino dell'Oder simili serbatoi vennero eseguiti a Marklissa e altrove sopra diversi affluenti, ma al solo scopo di scemare le piene del fiume. Sette laghetti artificiali furono costruiti sul fiume Vienna presso Weidlingau immediatamente a monte della città di Vienna per diminuire il volume delle piene del fiume stesso che attraversando la città le cagionava frequentemente rilevanti danni, tanto che dovette essere sistemato.

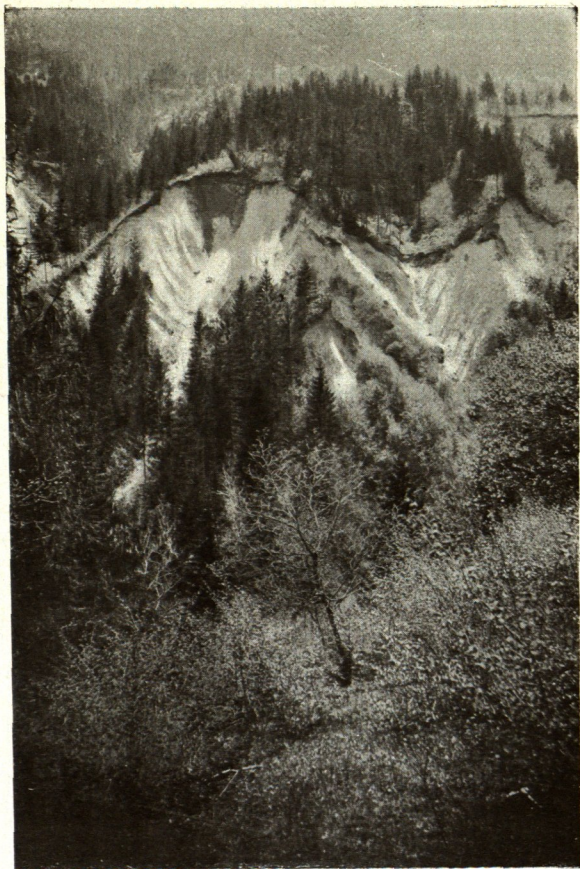
I detti serbatoi trattengono circa 200 mc. al secondo del totale volume di massima piena del fiume, che è calcolato in 600 mc. e l'esperienza ha oramai dimostrato che quando i serbatoi si sono riempiti il pericolo della inondazione della città di Vienna è del tutto scongiurato.

Per dare una idea del costo di detti serbatoi artificiali, si può citare che per es. la spesa dell'impianto dei serbatoi artificiali recentemente costruiti nella Regione Renana e nella Vesfalia oscilla fra 11 e 215 centesimi di lira per ogni metro cubo del massimo volume di acqua immagazzinabile, ossia per ogni metro cubo della capacità totale del bacino.

È evidente che un bacino artificiale si può creare sia mediante escavo, sia mediante sbarramento, ma il primo sistema è adottato solo in via affatto eccezionale, perchè è agli sbarramenti che si fa solitamente ricorso.

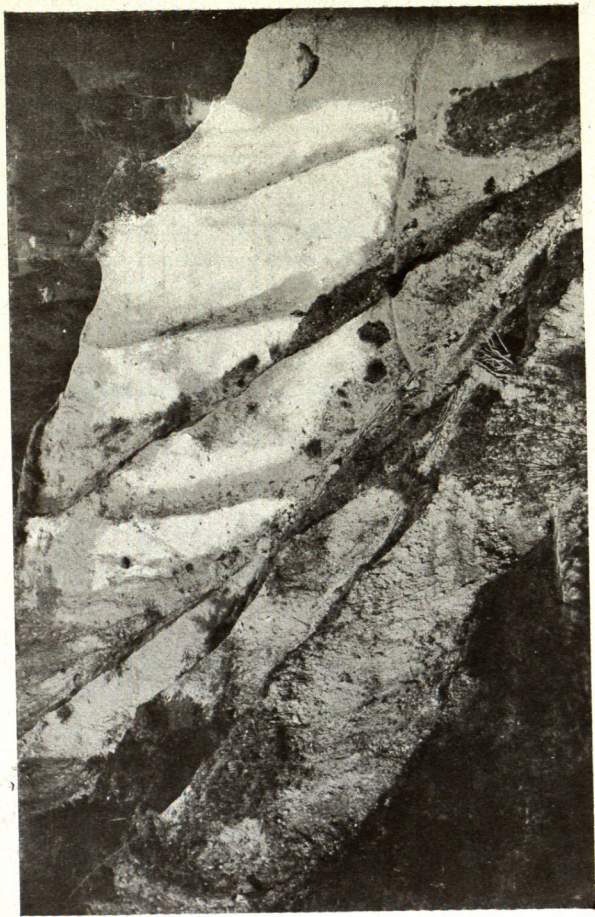
Il deflusso delle acque dai laghi è governato dal seguente principio.

*Il volume d'acqua che si raccoglie in un lago sia naturale che artificiale cresce o diminuisce secondo che la somma degli afflussi è maggiore o minore della somma dei deflussi.*



Tav. 42. — Parte sinistra della Val Grande framezzo Val Grande e Pian de Facin (sistemata.)





Tav. 43. — Pian de Facin prima della correzione (Belluno).

Lombardini nel suo memorabile scritto *Della natura dei laghi* <sup>(70)</sup> ha espresso il medesimo canone sotto la seguente forma: « In un dato tempo la quantità d'acqua «affluente è eguale a quella defluente più o meno «quella di cui si aumenta o si diminuisce il lago».

Questo canone si può esprimere anche con formola analitica <sup>(71)</sup> <sup>(72)</sup> <sup>(73)</sup> e <sup>(74)</sup>.

Infatti se denominiamo con

$\Delta t$  l'intervallo finito di tempo che si considera.

$Q_a$  l'afflusso medio per unità di tempo durante l'intervallo stesso di tempo  $\Delta t$ .

$Q_e$  l'efflusso medio sempre per unità di tempo nello stesso intervallo.

$S$  la superficie media del lago.

$\Delta h$  l'oscillazione di altezza positiva o negativa, di cui varia il lago durante il tempo  $\Delta t$ , la relazione Lombardini si può scrivere così:

$$Q_a \Delta t = Q_e \Delta t + S \Delta h \quad (73)$$

Se poi le quantità finite  $\Delta t$  e  $\Delta h$  diventano infinitamente piccole, allora la precedente equazione si trasforma nella seguente equazione differenziale

$$Q_a dt = Q_e dt + S dh$$

la quale si può anche scrivere così:

$$Q_a = Q_e + S \cdot \frac{dh}{dt}, \quad (74)$$

<sup>(70)</sup> ELIA LOMBARDINI, « Della natura dei laghi e delle opere per regolarne il deflusso »; Milano, Politecnico, 1866.

<sup>(71)</sup> OSSIAN EKDAHL, « Om-beräkningsmetoderna vid uppgörande af förslag till sjösänk ningar och regleringar »; Lund, 1888.

<sup>(72)</sup> Ing. GAUDENZIO FANTOLI, « Sul regime idraulico dei laghi »; Milano, Hoepli, 1897.

<sup>(73)</sup> Ing. ALESSANDRO PESTALOZZA e CARLO VALENTINI, « Sulla sistemazione dei deflussi del lago di Como »; Milano, Hoepli, 1866.

<sup>(74)</sup> G. RAINERI « I piccoli serbatoi a corona »; Piacenza. Statuti, Tip. Piacentina, 1907.



dove  $Q_a$  e  $Q_e$  sono rispettivamente l'afflusso e il deflusso per unità di tempo corrispondenti al tempo  $t$ ;  $S$  la superficie ed  $h$  l'altezza del lago contato sopra una scala idrometrica che segue le variazioni del lago stesso.

Dalla equazione (74) dipende il metodo che può propriamente dirsi *analitico*; mentre invece sul conteggio della formola (73) è basato il metodo che può dirsi alle *differenze finite* che fin qui si può dire fu esclusivamente usato nella trattazione delle questioni sui laghi.

Nella pratica tutte le questioni sui laghi si riconducono a questi due problemi principali, cioè: date le variazioni d'altezza del lago desumere gli efflussi, oppure viceversa da queste ricavare quelle.

Sia quando si tratta di laghi naturali, nei quali mediante apposite opere di invaso si vogliono modificare i deflussi sia quando si tratta di serbatoi artificiali nei quali la trattenuta può essere regolata in modi diversi, la preaccennata formola (73) serve a raffrontare fra loro gli afflussi e le variazioni di altezza che si verificano nei diversi modi di trattenuta.

Per darne un esempio, consideriamo un lago della superficie  $S = 147 \text{ Km}^2$ . Allora per ogni centimetro d'incremento o decremento giornaliero nello specchio lacuale, essendo la giornata costituita di ore  $24 \times 60' \times 60'' = 86400$  minuti secondi, il volume che per ogni minuto secondo corrisponde al detto centimetro di incremento o decremento giornaliero è

$$Q = \frac{147000000 \text{ mq} \times 0,01}{86400} = \text{mc. } 17,01$$

Epperò se si suppone mediante le opportune opere di poter regolare quel lago in guisa da praticarne la erogazione costante di 166 mc. al minuto secondo, e se si suppone altresì che la detta regolazione abbia prin-

cipio per es. col 1<sup>o</sup> aprile dell'anno 1912; qualora si supponga pure che per es. nei giorni 1, 2, 3 ecc. di detto mese si sarebbero avute a deflusso naturale rispettivamente le altezze idrometriche quotidiane  $-0.13$   $-0.07$ ,  $-0.03$  a cui corrispondono per es. le portate di mc. 98.7, 110.5, 118.5, ecc. ecc. la regolazione avrebbe avuti i risultati che sono consegnati nella seguente tabella, la cui compilazione è basata sull'uso costante della suaccennata formola (73):







Tav. 44. — Parte sinistra di Pian de Facin  
od alla sinistra del torrente Val Porcilla (sistemata).



La costruzione dei serbatoi artificiali richiede le maggiori cautele possibili dovendo la diga di trattenuta essere di solidità ineccepibile; come pure si dovrà porre tutta la cura nella scelta della località dove si deve costruire la diga stessa, perchè il terreno di fondazione deve presentare una stabilità ed una impermeabilità assoluta potendo evidentemente da una rottura della diga stessa derivare danni incalcolabili.

Per questa ragione sebbene siasi da alcuni proposta per queste dighe anche la struttura in terra (argilla mista a sabbia, oppure argilla pura per il nucleo) e di dighe in terra ne siano state costruite pure di m. 30 e 36 di altezza, specialmente nell'India, nel Perù, in Inghilterra, in Iscozia, sarà bene non ricorrere a questa struttura. In ogni caso gli specialisti la sconsigliano assolutamente, quando si tratta di altezze maggiori di 30 metri e il terreno di fondazione non sia argilloso e impermeabile perchè la struttura in terra non si collega bene nè colla ghiaia, nè colla sabbia, e nemmeno con la roccia.

Ogni serbatoio artificiale deve essere munito delle opportune opere che provvedano non solo al deflusso della quantità di acqua che si vuole derivare, ma anche dei volumi esuberanti nonchè a vuotare completamente il serbatoio, quando si voglia procedere alla sua pulitura oppure a lavori di riparazione.

Gli scaricatori poi devono essere calcolati in modo che anche a serbatoio pieno possano smaltire il massimo volume che può affluire al bacino, e sarà ancora meglio, anzi se la loro efficienza potrà sorpassare il limite massimo degli afflussi per potere in dati casi eccezionali più presto vuotare il serbatoio o solo anche abbassarne il livello.

Tuttavia il beneficio dei serbatoi artificiali consiste in generale nel poter trattenere nelle piene una parte degli afflussi in guisa che il deflusso massimo venga a

trovarsi diminuito e che perciò il pericolo di inondazione per i territori sottostanti sia scemato e in pari tempo le acque di trattenuta possano essere utilizzate nei periodi di scarsità.

In quale misura però si possa raggiungere questo effetto, bisogna previamente studiarlo in ogni caso. I calcoli che a ciò si richiedono non sono per sè stessi molto difficili e fanno sempre capo al sistema delle differenze finite di cui si è più sopra dato un esempio; ma occorre sempre la maggior cura per esattamente apprezzare e calcolare tutte le circostanze e le condizioni locali che possono influire sul problema.

Nella pratica bisogna però osservare che l'applicazione dei serbatoi artificiali per attenuare i danni della piena è assai limitata, perchè nel corso inferiore dei grandi fiumi le masse d'acqua che si dovrebbero immagazzinare sarebbero assai forti e anche a prescindere dalla enorme spesa per l'impianto dei serbatoi riescirebbe ancora maggiormente difficile di averli pronti e cioè vuoti per utilizzarli al momento veramente opportuno. Talora è possibile riempire il bacino solo una volta nell'anno, mentre in altri casi l'invaso si rinnova anche quattro volte e può quindi per altrettante volte essere utilizzato il volume d'acqua che può stare contenuto nel serbatoio.

Invece evidentemente il sistema dei laghi artificiali è meglio applicabile specialmente nella parte superiore dei bacini fluviali, ossia nelle regioni montane, dove anche i terreni sono meno fertili e produttivi; mentre al piano in generale il loro impianto produrrebbe un danno assai maggiore dell'utile che può recare.

In ogni caso poi bisognerà sempre circondare l'esercizio dei serbatoi artificiali con tutte le necessarie cautele e ciò specialmente quando si ricorresse a un sistema multiplo di serbatoi sui diversi affluenti; dovendosi assolutamente evitare l'inconveniente che al reci-



piante già in piena abbiano ad arrivare contemporaneamente dai vari bacini deflussi maggiori di quelli ordinari, poichè allora è evidente che la piena diventerebbe ancora più grande di quello che sarebbe stata senza la costruzione dei serbatoi.

Da ciò è nata in molti una vera prevenzione contro i serbatoi artificiali i quali da taluni sono ammessi solo quando abbiano più scopi, cioè oltre a diminuire le piene possano servire anche ad utilizzazioni agricole e industriali.

Non si può tuttavia negare che molti serbatoi artificiali ebbero un risultato assai favorevole, e basti citare per tutti il serbatoio costruito nel bacino del torrente Furens presso la città di S. Etienne (in Francia) col quale essendosi notevolmente diminuite le piene del torrente stesso, si riuscì a creare per la città stessa una efficace difesa contro le inondazioni.

Per meglio farsi un'idea dell'efficacia di un serbatoio artificiale, consideriamo un esempio.

Si tratti di un serbatoio artificiale in condizioni pressochè consimili a quelle succitate del Furens, il cui bacino d'afflusso abbia la superficie di 25 Km<sup>2</sup>. il livello iniziale del serbatoio sia a m. 5 sotto il livello massimo di riempimento e la capacità del serbatoio fra questi due livelli sia di 400.000 mc.

Si supponga inoltre che si verifichi una fortissima pioggia della durata di 5 ore, durante la quale l'altezza dell'acqua caduta sia di 120 mm.; come pure si faccia l'ipotesi che il 75 % di questa pioggia arrivi al serbatoio impiegando quella proveniente dai punti più lontani del bacino d'afflusso 4 ore per giungere al serbatoio artificiale.

L'altezza di pioggia che alimenterà il serbatoio per m<sup>2</sup> sarà  $120 \times 0.75 = 90$  mm. quindi l'afflusso totale sarà

$$25 \times 1000 \times 1000 \times 0.090 = 2.250.000 \text{ mc.}$$

che ripartita su tutta la durata della pioggia e della massima corrivazione cioè di  $5 + 4 = 9$  ore, fornirà in media

$$\frac{2.250.000}{9 \times 60 \times 60} = 69.5 \text{ metri cubi d'acqua al 1"}$$

Ma l'afflusso non sarà effettivamente uniforme, perchè crescerà nelle prime 4 ore, poi raggiungerà il suo massimo valore nell'ora successiva, valore massimo che sarà

$$\frac{2.250.000}{5 \times 60 \times 60} = 125 \text{ mc. al minuto secondo}$$

per decrescere poi nelle 4 ore seguenti.

Si può infatti immaginare il bacino imbrifero che alimenta il serbatoio (vedi fig. 91) diviso mediante quattro curve *isoreocrone* in altrettante parti per ciascuna delle quali si verificherà un uguale tempo per defluire il corrispondente volume di pioggia fino al lago artificiale. Cioè si può immaginare la divisione fatta in modo che la pioggia che cade nella prima zona  $Z_1$  impieghi un'ora ad arrivare al lago quella sulla zona  $Z_2$  due ore e così via.

Allora l'andamento degli afflussi per tutta la durata della pioggia e del tempo successivo occorrente per smaltire tutta la piena conseguente dalla pioggia stessa, può evidentemente essere rappresentato dal diagramma (vedi fig. 92).

Ora siccome si è fatta l'ipotesi che il serbatoio artificiale sia in condizioni tali da potersi riempire e da poter immagazzinare 400.000 mc. è evidente che il volume

$$2250000 - 400000 = 1850000 \text{ mc.}$$

che resta sottraendo il detto immagazzinamento dalla



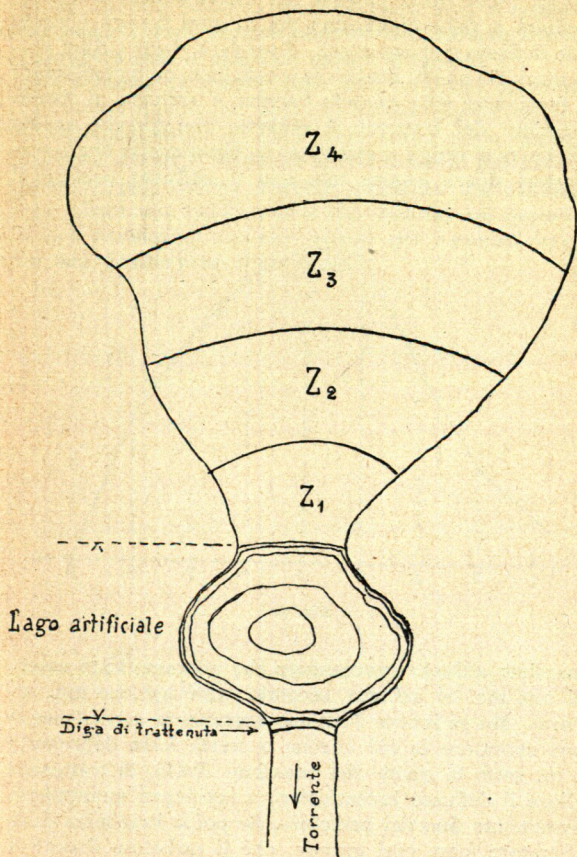


Fig. 91.

massa totale della pioggia che arriva al lago artificiale defluirà a valle di questo; ma in qual misura e modo tale deflusso si comporterà, dipenderà dagli edifici scaricatori. Se questi fossero in condizione da incominciare a funzionare solo quando l'acqua è arrivata al livello massimo del serbatoio è evidente che (perchè questo livello non venga sorpassato) la potenzialità degli scaricatori dovrà essere tale che il deflusso pareggi il

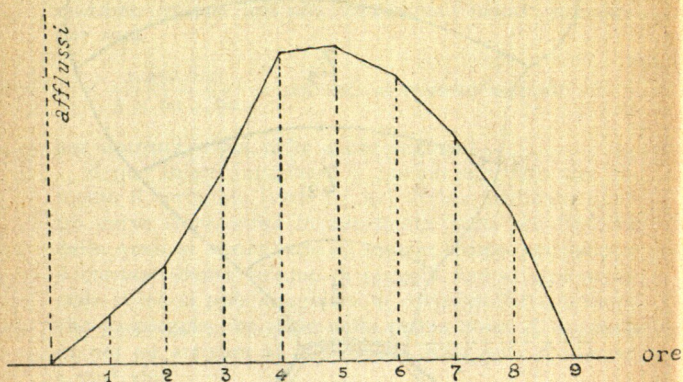


Fig. 92.

massimo afflusso suaccennato che abbiamo visto essere di 125 mc. al minuto secondo (cioè 450.000 mc. all'ora). Ma se invece l'edificio scaricatore consistesse in uno sfioratore la cui corona o cresta fosse depressa a 5 m. sotto la quota del massimo livello di trattenuta allora il deflusso incomincerà a verificarsi quantunque lentamente fino dal principio. Se poi la lunghezza dello sfioratore fosse così grande, che il serbatoio dopo le 5 ore della durata della pioggia non fosse ancora interamente riempito, ma il livello del serbatoio continuasse



a salire, allora è evidente che il deflusso fino al cessare della pioggia sarà sempre minore dell'afflusso e non raggiungerà mai il massimo valore di questo.

Ora sebbene in questo caso non avvenga un completo invaso dell'acqua piovuta, perchè questa viene a defluire lentamente e gradatamente anche dopo cessata la pioggia finchè il serbatoio non è sceso al suo livello originario, pur tuttavia è altresì evidente che avviene anche allora una moderazione dei deflussi nel periodo del loro massimo e avviene quindi per i terreni inferiori una diminuzione della piena.