

L'INGEGNERIA CIVILE

LE ARTI INDUSTRIALI

PERIODICO TECNICO MENSILE

Si discorre in fine del Fascicolo delle opere e degli opuscoli spediti franchi alla Direzione dai loro Autori od Editori.

IDRAULICA PRATICA

DELLE SERRE O CHIUSE NEI MONTI E NELLE COLLINE PROPOSTE COME PROVVEDIMENTO ATTO A SCEMARE L'ALTEZZA DELLE PIENE NEI FIUMI.

Considerazioni dell'Ing. GAETANO CRUGNOLA.

I. — Cenno preliminare.

In seguito alla pubblicazione del nostro articolo sui *Grandi serbatoi proposti come provvedimento per scemare la portata delle piene fluviali* (V. vol. XI di questo periodico, pag. 161 e segg.), ci fu comunicata una relazione fatta dal signor A. Nardi-Dei al Comizio Agrario di Pisa, nell'adunanza del 1° luglio 1874, relativamente ai *Provvedimenti legislativi intorno alle bonificazioni, proposti dal Ministero dei Lavori Pubblici*, nella quale si accenna ad alcune modifiche che si vorrebbero introdotte nel progetto di legge contenente i provvedimenti suddetti. Si vorrebbe che « la parte relativa agli scoli delle » acque dai monti e dalle colline fosse maggiormente sviluppata; che si trattasse ampiamente dei provvedimenti da prendersi circa al diritto di scolo delle acque dai monti e dalle colline, giacchè spesso il proprietario sottoposto è danneggiato dall'impeto della corrente delle acque superiori; che si esaminasse « se non sia utile di stabilire per legge e come obbligatori i Consorzi dei proprietari dei monti e delle colline per sistemare i loro scoli in modo che venga ritardato, per quanto è possibile, lo scendere delle acque nelle pianure, perchè vi pervengano dopo essersi spogliate delle materie terrose che seco trasportano, a totale detrimento dei terreni sui quali sono passate ». Da ciò si stima che ne potrebbe venire un bene anche per la diminuzione dell'altezza delle piene, poichè « fra i molti rimedi proposti e propugnati contro i danni delle inondazioni, è da porsi in primo grado quello delle serre o chiuse nei monti e nelle colline, delle colmate di monte e delle fosse giranti; per le quali opere ottinsi nello stesso tempo il rallentamento del corso delle acque, e così il ritardo del loro arrivo negli ultimi recipienti, e la diminuzione del loro peso e del loro volume per lo spogliamento delle materie terrose ».

Non è nostro intendimento di discutere le questioni poste in quanto si riferiscono al progetto di legge proposto dal Ministero dei Lavori Pubblici, poichè crediamo che un tal progetto sia già stato approvato, colle opportune modifiche; però siccome l'egregio A. Nardi-Dei coll'inviarci il suo opuscolo ha voluto richiamare la nostra attenzione sulla possibilità di scemare l'altezza delle piene, ritardando lo scolo delle acque dai monti e dalle colline, vuoi con serre o chiuse, vuoi con altri mezzi, così ci faremo ad esaminare brevemente questa questione sotto tutti i punti di vista.

II. — Enumerazione dei mezzi proposti contro le inondazioni.

Rimediare in modo definitivo alle inondazioni è cosa impossibile, poichè volendo rimediare al male tagliandolo alla radice, si dovrebbe poter sopprimere la pioggia o levare via tutte le irregolarità del terreno, rimedi, tanto l'uno, quanto l'altro, impossibili non solo, ma che riuscirebbero più nocivi del male stesso; bisogna quindi accettare la situazione come sta, e limitarsi ad impedire che le acque non occasionino danni e non nuocano in qualsiasi modo; per cui qualunque mezzo che si proponga deve essere tale, che la sua

applicazione impedisca lo straripamento dei fiumi, sia diminuendo il volume delle acque che vi concorrono, sia costringendoli a mantenersi nel loro alveo, cosicchè il paese circostante non ne venga invaso.

Egli è perciò che tutti i provvedimenti proposti intendono a prevenire le inondazioni; tuttavia per restrizione diremo solo *preventivi* quei mezzi i quali tendono ad impedire che le piene si formino, e *repressivi* quegli altri destinati a ritenere le piene nei loro confini, affinchè non allaghino i terreni.

I mezzi preventivi agiscono nel bacino alimentante il corso d'acqua, e tendono ad impedire l'accumulazione delle acque negli alvei, od a ripartire su uno spazio di tempo il più lungo possibile, lo scolo loro sui fianchi delle montagne del bacino stesso. Essi però riuscirebbero di maggiore efficacia se fossero diretti a togliere le coincidenze delle piene dei vari influenti fra loro e col fiume principale di cui sono tributari, poichè in questa coincidenza consiste per l'appunto la causa speciale delle inondazioni (1); ma di tutti i mezzi preventivi proposti, nessuno fino ad oggi agisce in questa direzione.

I provvedimenti repressivi invece agiscono direttamente sui fiumi, ed hanno un effetto completamente opposto a quello dei primi; il loro scopo è diretto a facilitare in ogni modo lo scolo delle acque; per cui tendono a togliere i salti, i rigurgiti, a correggere le lunate, ad eliminare gli ingombri straordinari degli alvei, insomma a rimuovere qualunque ostacolo che potesse riuscire d'incaglio allo scolo delle acque.

È naturale però che i sistemi di difesa di cui s'intende parlare, sono quelli che trovano un'applicazione generale, poichè è evidente che allorchè le inondazioni sono dovute a talune circostanze locali, anche i rimedi atti a reprimere od evitarle, saranno di natura affatto speciale e dipendente dalla località stessa. Così, per esempio, si potrà in talune circostanze colmare mediante un influente la campagna soggetta alle inondazioni, ed elevare il terreno fino a renderlo insommergibile; in altri casi una derivazione parziale basterà ad allontanare le acque, che nelle escrescenze traboccano, ecc.

Diversi sono i sistemi di difesa suggeriti contro le inondazioni, e dopo ogni catastrofe le proposte si fanno più numerose. Senonchè dopo un certo tempo cadono in dimenticanza, prima ancora che l'esame assennato dei medesimi, senza nemmeno aspettare il battesimo dell'esperienza, venga a dimostrarne la nullità.

In generale, quando qualcuno propone un mezzo di difesa, il quale ottenne o potrebbe ottenere un esito felice in date circostanze, dai fautori del medesimo se ne fa una panacea universale. Essi lo propugnano sì, da volerne la sua applicazione estesa a tutti i casi, ed in ciò sta appunto il male, poichè in tal modo si riesce spesso a fare rigettare completamente un sistema, che in date circostanze avrebbe potuto riuscire utilissimo.

La maggiore o minore utilità dei principali mezzi di difesa che si contendono il campo, non è ancora provata per nessuno d'essi, e le idee dei nostri principali uomini dell'arte, nonchè di quelli delle altre nazioni, sono assai disperate al proposito. A noi sembra che si debba considerare questi mezzi di difesa come tutte le altre cose; eccellenti in certi casi, non devono

(1) CRUGNOLA, *Coincidenza delle piene in parecchi affluenti di un corso d'acqua principale* — Memoria pubblicata nell' *Ingegneria Civile*, anno 1884, pag. 82 e segg.

per questo venir riguardati come suscettibili di una possibile applicazione generale; anzi, alcuni di essi, che in un luogo, per concorso di diverse circostanze, possono avere un esito efficacissimo, altrove potrebbero riuscire nocivi.

Ciò proviene dal fatto che il fenomeno delle piene si presenta ogni volta sotto aspetto diverso, come il risultato di combinazioni differenti fra le cause che lo producono, per cui volendo stabilire un sistema di difesa fondato sul medesimo, ci esporremmo ad eventualità impossibili a prevedersi. Egli è d'altronde chiaro che ogni sistema basato su certe combinazioni, non può più riuscire quando le stesse combinazioni non si avverano nel medesimo ordine. Per conseguenza, il provvedimento più razionale e che riunirà il maggior numero di probabilità per ottenere un esito felice, sarà quello che ammette il fatto e non tende che a proteggere contro le conseguenze del medesimo. Bisognerà quindi esaminare in ogni caso la questione sotto tutti i suoi aspetti, studiare tutte le circostanze che si possono produrre, le conseguenze che deriverebbero dai cambiamenti introdotti, ecc., e in base a ciò scegliere il mezzo di difesa più conveniente.

I danni principali arrecati dalle piene non si limitano solamente a quelli occasionati dalle inondazioni nelle pianure, ma essi hanno luogo anche nelle parti montagnose, nei torrenti e nel bacino alimentante il corso d'acqua. Là la pioggia, coi piccoli rigagnoli cui dà luogo, asporta continuamente delle particelle di terra vegetale, sradica e snuda i pendii e contribuisce a diminuire la ricchezza vegetale; per cui nella ricerca dei mezzi contro le inondazioni non si deve perdere di vista questa circostanza, e si dovrà quindi mirare a ridurre le portate massime delle piene, ed a moderare la loro velocità all'origine, in modo da sostituire alla loro azione torrentizia una più tranquilla, che non impoverisca maggiormente le condizioni per la vegetazione nella parte alta del corso d'acqua. Si proteggeranno dunque le parti minacciate, e siccome non si potrà sempre impedire che le acque trasportino una parte del terreno vegetale, così si farà in modo di beneficiarne a valle, provocandone il deposito su quei terreni che ne hanno più bisogno, e là dove può farsi senza pericolo.

Si dovrà quindi ricorrere contemporaneamente a dei mezzi preventivi e repressivi; i primi troveranno la loro principale applicazione nel bacino od all'origine del fiume, gli altri lungo il corso del medesimo. I mezzi preventivi tenderanno a prevenire la rapida accumulazione delle acque, mentre gli altri ne impediscono l'espandersi al di fuori dell'alveo che loro venne assegnato. Potendo combinare i due mezzi fra loro, si farà in modo che il risultato sia in rapporto col valore assoluto delle difficoltà incontrate, del tempo e dei sacrifici necessari.

I principali mezzi di difesa proposti si possono quindi classificare nei due gruppi da noi stabiliti, e sono:

1. Mezzi preventivi:

a) Imboschimento e inerbamento del bacino alimentante il corso d'acqua;

b) Costruzione di piccoli argini, di rigagnoli orizzontali e simili, allo scopo di ritardare lo scolo delle acque;

c) Costruzione di serre o chiuse nei torrenti;

d) Sistema dei grandi serbatoi destinati ad immagazzinare la parte nociva delle piene.

2. Mezzi repressivi:

a) Canali di derivazione;

b) Argini longitudinali e trasversali.

A queste due categorie una terza se ne potrebbe aggiungere, comprendente i mezzi amministrativi, quali sarebbero:

a) La regolarizzazione delle zone d'inondazione, e

b) Il sistema di assicurazione.

Dei provvedimenti sopra menzionati però, non tutti possono operare colla stessa energia, anche ammessa la loro validità ed efficacia; anzi, parecchi dei medesimi non potrebbero impiegarsi che come sistemi sussidiari; per cui è d'uopo riunirli ancora in due grandi categorie, nella prima delle quali si comprenderebbero quei sistemi che sembrano realmente radicali, nell'altra quelli di minore importanza, e che non fanno che concorrere ad attenuare le inondazioni, ma che da soli non potrebbero bastare ad allontanarne i nocivi effetti.

Per non deviare dallo scopo propostoci, ed avendo già trat-

tato ampiamente il sistema dei grandi serbatoi (1), esamineremo solo i provvedimenti di cui alle lettere b e c dei mezzi preventivi, riserbando di dire qualche cosa anche a proposito di quello sotto la lettera a in altra occasione.

III. — Costruzione di piccoli argini

per ritardare lo scolo delle acque.

I sistemi di difesa che noi abbiamo classificati sotto la lettera b dei mezzi preventivi, sono due, l'uno proposto da J. Dumas, l'altro da Polonceau.

Il sistema del signor Dumas fu proposto in un suo lavoro presentato il 6 novembre 1856 all'Accademia Imperiale di scienze, lettere ed arti di Bordeaux, e fu dalla medesima premiato con medaglia d'argento; noi stimiamo però, che al pari di tutti gli altri non è punto sufficiente, come del resto il lettore potrà giudicare dalla breve esposizione, che faremo del medesimo qui appresso.

Il signor Dumas dimostra anzitutto che la quantità d'acqua che fa traboccare i fiumi è appena 1/80 delle acque destinate a scorrere in essi durante il periodo di un anno, ossia 1/640 della quantità media annuale delle acque piovute. Se quindi, dice lui, si può riuscire a ritenere in dettaglio quest'acqua, prima cioè che arrivi nei fiumi, le inondazioni sarebbero evitate, ed essa in così breve quantità non potrà esercitare che una piccola resistenza agli ostacoli che le si opporranno; una volta arrestata, la si sottometterà facilmente alle leggi che le si vorranno imporre, sopprimendo così il flagello delle inondazioni.

Ora i mezzi proposti dal signor Dumas per ritenere queste acque, sono i seguenti:

1° Si calcoli dapprima l'estensione delle superficie le cui acque pluviali, seguendo le pendenze naturali, vanno a riunirsi in ciascuna depressione di terreno esistenti nelle varie località. Coll'aiuto del pluviometro, si potrà determinare il volume d'acqua che ogni superficie convoglia in ciascuna delle depressioni stesse;

2° Si costruiscano delle ritenute sufficienti ad arrestare le acque pluviali che si riuniscono nelle depressioni suddette, nei fossati esistenti, nei burroni, ecc., delle alte montagne;

3° In tutte le depressioni di terreno più considerevoli, in ogni vallata di qualche importanza, si divida la lunghezza mediante dighe trasversali di terra abbastanza elevate, in parecchi bacini, capaci di ritenere le acque delle più forti piogge conosciute, e il cui volume deve calcolarsi preventivamente.

Con queste dighe facili a costruirsi, si vengono a creare dei bacini di diversa grandezza, nei quali le acque pluviali si troveranno arrestate nella stessa vicinanza delle superficie parziali che le hanno ricevute, o per lo meno prima che abbiano percorso un lungo tratto e acquistato una veemenza considerevole.

Dalla breve esposizione fatta, il lettore si convincerà da sé quanto poco attendibile sia il sistema del signor Dumas, e noi non ne avremmo certo parlato, se il medesimo non fosse stato premiato da un'Accademia scientifica. Esso rientra in quello della costruzione di grandi bacini: ha quindi gli stessi difetti, che noi già rilevammo.

Il signor Dumas proporrebbe di utilizzare le acque tolte allo scolo dei grandi fiumi, costruendo una infinità di fossati, nei quali si raccoglierebbero e verrebbero distribuite equamente a vantaggio dell'agricoltura.

Ma pel funzionamento di tutti questi fossati si dovrebbe mantenerli regolarmente, ciò che non si può mettere a carico dei proprietari, e costituirebbe un incaglio nel servizio. I bacini di ritenuta formerebbero una serie di laghi stagnanti; i quali allagherebbero un'estensione immensa di terreno, superiore certamente a quella che potrebbe venire coperta dalle acque d'inondazione quando trabocassero liberamente; cosicchè per evitare l'inondazione a valle, la si produrrebbe sui terreni a monte, creando una infinità di punti dove si manifesterebbero dei miasmi nocivi all'igiene.

Aggiungerò che le acque per l'irrigazione si avrebbero disponibili precisamente dopo le grandi piogge, vale a dire

(1) V. questo periodico, vol. xi, pag. 161 e segg.

quando le terre tutte ne sono sature e non ne hanno più bisogno, inquantochè la molteplicità dei bacini è tale, che la loro grandezza si restringe dentro limiti modesti; quindi l'acqua ritenuta non può essere in quantità da mantenersi durante una lunga serie di giorni fino all'epoca in cui i terreni ne avrebbero bisogno: essa filtra in gran parte attraverso al terreno, e nel resto si evapora.

La difficoltà principale d'applicazione di questo sistema però consiste appunto nell'esecuzione di un numero così grande di lavori piccoli, se vogliamo, ma dispersi nelle proprietà di tutti; una volta eseguiti, bisognerebbe istituire un servizio completo di mantenimento per averne cura; diversamente, alle prime piogge non sarebbero pronti a funzionare, e ci troveremmo esposti alle inondazioni come precedentemente.

IV. — Costruzione di rigagnoli orizzontali.

Il sistema dei rigagnoli orizzontali fu proposto da Polonceau, in seguito alle inondazioni del 1846, allo scopo di ritardare l'arrivo delle acque del bacino nell'alveo dell'arteria principale, immagazzinando, per così dire, l'acqua durante un certo tempo. A tal fine si dovrebbero praticare orizzontalmente dei fossati sui pendii delle montagne; lo sterro proveniente dai medesimi verrebbe gettato a valle a cavaliere e farebbe l'ufficio di diga. È evidente che questi rigagnoli, moltiplicati in un numero grandissimo e ben disposti gli uni al disopra degli altri ad ogni intervallo di 50 a 60 metri, della capacità di circa mezzo metro cubo per metro lineare, e chiusi alle due estremità, devono ritenere una gran parte dell'acqua, provocare una maggiore infiltrazione nel suolo e scemare di molto la velocità di quella che scorrerebbe ancora sul terreno nell'intervallo fra due dei medesimi.

Nei burroni poi e nelle vallate, che presentano dopo un certo allargamento una strozzatura, Polonceau proponeva la costruzione di piccole traverse, o pescaie, per ritenere l'acqua e formare altrettanti bacini artificiali e temporanei, i quali si scaricherebbero dopo la cessazione della pioggia. In tal modo la durata delle piene verrebbe allungata, e queste diverrebbero innocue. La maggiore umidità poi in cui vengono mantenuti i terreni, dove l'acqua soggiorna, riuscirebbe assai favorevole alla vegetazione.

Questo sistema, che si presenta con apparenze così lusinghiere, è però praticamente ineseguibile per molte ragioni, che il lettore già da sé ha potuto riconoscere. Innanzi tutto la difficoltà dell'esecuzione dei lavori. Polonceau dice che i lavori dovrebbero eseguirsi a spese dei proprietari sul cui suolo si trovano, con un concorso dello Stato, poichè, secondo lui, tali costruzioni migliorerebbero la condizione del suolo; ma ciò non può dimostrarsi in modo evidente, e quindi difficile riuscirebbe costringere i proprietari a sacrificare tanto terreno, perduto per l'agricoltura, in vista di un risultato ch'essi non sanno vedere, i cui effetti non apprezzano e dei quali generalmente non possono approfittare, poichè nel terreno dove tali rigagnoli si praticerebbero, le inondazioni non si producono. Notisi poi che le spese a loro carico sarebbero ingenti; Polonceau, pei principali fiumi della Francia, le fa ascendere alla somma enorme di 870 milioni, di cui 721 a carico dei proprietari, 101 dello Stato e 48 dei Dipartimenti rispettivi.

I veri favoriti da questo sistema sarebbero i proprietari a valle, dove il fiume può straripare. Quindi è impossibile l'ottenere dai proprietari nella parte elevata dei bacini fluviali, la costruzione di rigagnoli, senza indennizzarli largamente; ed ancora ciò non si potrebbe ottenere senza un'espropriazione forzata.

Quando poi questa prima difficoltà fosse superata, vi sarebbe l'altra del mantenimento. Senza un servizio di appositi custodi e cantonieri, che mantengano ai fossati le loro sezioni, che li espurgino dopo una piena, e li riparinò in caso di guasti, sarebbe impossibile di farli funzionare; in breve verrebbero distrutti, ed alle prime piogge, invece di arrestare l'acqua, si presterebbero, a guisa di canali, ad accelerarne lo scolo. Ora, è evidente che un servizio così organizzato verrebbe a costare immensamente; se poi vi si aggiunge il valore del terreno occupato dai fossati e dalle dighe, nonchè quello dello sterro che occorrerebbe per praticare i riga-

gnoli, le spese aumenterebbero sì da rendere questo sistema, dal punto di vista economico, inattuabile.

E quando tutte le difficoltà fossero vinte e si potesse attuare il sistema, non si giungerebbe allo scopo voluto, inquantochè la sua efficacia non si manifesterebbe che al principio della piena, quando cioè l'inondazione è ancora lontana. Ora, è noto che generalmente le massime piene sono precedute da piene ordinarie, durante le quali il livello delle acque cresce, per diminuire in seguito ed elevarsi nuovamente; e queste piene ordinarie non sono sempre nocive; d'altronde, prima che abbiano luogo le piogge da cui traggono origine le massime piene, ne avvengono sempre di quelle preparatorie, le quali saturano di umidità il terreno e riempiscono la maggior parte dei fossetti, cosicchè questi si troverebbero impossibilitati di ricevere le piogge successive e le più pericolose. Non occorre citare esempi, poichè questo è il caso generale. Una volta pieni poi, non servirebbero più a nulla: anzi potrebbero riuscire nocivi, poichè se avvenisse una rottura nell'argine a valle di uno dei fossati superiori, l'acqua, sfuggendo da un rigagnolo, inonderebbe quello inferiore e potrebbe rompere la diga successiva, e produrre così parecchie rotture, che faciliterebbero uno scolo rapido di una certa quantità d'acqua, la quale andrebbe inopinatamente ad aumentare la piena ed a provocare forse un'inondazione.

I rigagnoli orizzontali non devono quindi punto considerarsi come mezzo di difesa contro le inondazioni, non solo per l'impossibilità della loro attuazione, ma soprattutto per la loro inefficacia.

V. — Costruzione di serre o chiuse nei torrenti.

Torrenti e loro parti principali.

Abbiamo accennato ai due sistemi di Dumas e di Polonceau, perchè ebbero un tempo una certa voga in Francia, ed ancora oggidì trovano dei fautori; ed anche perchè essi risponderebbero in certo qual modo ai provvedimenti invocati nella relazione del sig. A. Nardi-Dei, che suggerì le considerazioni di questo articolo. Ma da quanto si venne esponendo, il lettore si sarà fatto una chiara idea dell'impossibilità non solo di attuare i sistemi in questione, ma anche della nessuna loro efficacia ad attenuare l'altezza delle piene a valle, e per la difficoltà di manutenzione, e per i pericoli di rotture continue.

Il rimedio vero, unico, quello che colla minima spesa dà il massimo effetto, consiste, secondo noi, nelle arginazioni; se poi lo si unirà col sistema delle serre o chiuse nei torrenti, si avrà ottenuto tutto ciò che era possibile di avere, poichè questo ultimo, secondato dall'imboschimento, previene la formazione dei torrenti, consolidando il suolo nelle regioni montuose; sopprime gli effetti disastrosi di quelli che oggidì già esistono, e mantiene regolato il regime delle acque nella parte a monte, con sommo vantaggio anche delle vallate inferiori (1). Lasciando l'argomento delle arginazioni per un altro studio, ci limitiamo oggi a discorrere delle serre o chiuse nei torrenti.

Per fare uno studio completo, dovrei principiare dal descrivere i torrenti, il loro modo di formarsi, le leggi a cui obbediscono ed i fenomeni che si manifestano nel loro corso, tanto nello stato normale, quanto nelle epoche di piena, per poi indicare i mezzi coi quali si possono arrestare i tristi effetti che ne sono la conseguenza. Ma in tal modo il mio lavoro si allungherebbe più di quanto lo comporti la sua natura, e finirei per stancare il lettore. Mi limiterò quindi ad accennare

(1) Le opinioni dei nostri idraulici non furono sempre concordi sull'utilità delle serre o chiuse, e sebbene queste venissero proposte dal Viviani, come vedremo in appresso, e consigliate da altri, pur tuttavia ebbero avversari il Guglielmini, il Mengotti, e financo il Brighenti; quest'ultimo però si contraddice, poichè nel suo opuscolo *Sull'effetto del diboscamento e dissodamento dei monti*, dice che «le serre non sarebbero atte a frenare quanto basta le precipitose pendenze, o a trattenere innanzi a sé notevoli quantità dei materiali convogliati». — E altrove: «delle quali resta (chiuse) un altro vantaggio notevole si caverebbe, di trattenere fra le strette dei monti una parte delle ghiaie, che producono il rapido allungamento delle foci dei torrenti in mare, e di liberare dalle alluvioni qualche vallata soggetta a dannosi interimenti dal copioso deposito di materie delle alture vicine».

brevemente a quelle cose che sono necessarie per ben comprendere il modo di agire delle serre o chiuse, lasciando che il lettore studi maggiormente la questione, ricorrendo a trattati speciali sulla materia.

I corsi d'acqua di montagna non sono certamente tutti ad un modo, e Surell, nel suo classico lavoro (1), giustamente li divide in quattro distinte categorie; la sua classificazione però non ha nulla di assoluto, poichè vi sono dei corsi d'acqua che non si saprebbe bene in quale categoria farli entrare, e che nel loro percorso cambiano natura parecchie volte. A noi basta, quindi, per lo scopo che ci proponiamo, di considerare tutti i corsi d'acqua di montagna, che chiameremo con un termine generico, quello di *torrenti*, allo stesso modo, tanto più che le leggi a cui obbediscono e gli effetti delle loro piene sono generalmente gli stessi per tutti: e l'azione delle serre o chiuse sui medesimi è più o meno identica. Le differenze che possono esistere saranno indicate da noi nel corso di questa memoria.

Il *torrente* è un corso d'acqua, il più sovente a secco, le cui piene sono subitanee e violente, la cui pendenza è considerevole, quasi sempre superiore al 6 0/0, non mai inferiore al 2 0/0, variabile in modo irregolare; esso trasporta una quantità di materiali, che deposita nelle parti inferiori del suo corso, alzando il letto, e divagando in seguito per effetto di questi depositi.

Il corso di un torrente si compone di tre parti ben distinte, caratterizzate dagli effetti che le acque sempre producono in ciascuna di esse; la prima ha la forma di un gigantesco imbuto, più o meno completo, vale a dire più o meno aperto, terminato alla base da un restringimento che costituisce, per così dire, il tubo nel quale s'immettono le materie versate nell'imbuto. In questa prima parte si raccolgono le acque, che riunite concorrono a fare il torrente; esse discendono dalle pendici delle montagne, la cui inclinazione è sempre ripidissima, e trascinano seco quantità di frammenti, provenienti dalle degradazioni che gli agenti atmosferici esercitano sul terreno delle falde, e le accumulano nella parte più bassa dell'imbuto. Egli è quindi in questa prima parte che il torrente si forma e che ha origine; ed è quivi che raccoglie tutti quei materiali, che poi trasporta più a valle nelle epoche delle piene, perciò si chiama *bacino di alimentazione*.

La quantità dei materiali che si raccolgono nel fondo del bacino d'alimentazione, dipende dalla natura dei terreni che ne costituiscono le scarpate, dal loro stato di vegetazione, dalla maggiore o minore inclinazione, dal loro frastagliamento e dalla esposizione.

All'uscita del bacino di alimentazione troviamo il vero letto del torrente, dove le acque riunite vengono convogliate al basso, unitamente ai frammenti di roccia e materiali trasportati dalle acque; esso si chiama appunto perciò *canale di scolo o canale recipiente*; la sua lunghezza è assai variabile, la sua pendenza è considerevole, le sponde scoscese ed elevate; molti frammenti di roccia si trovano nel suo fondo, provenienti dalle scarpate fra cui scorre, od anche dalle ramificazioni che si trovano al suo principio; i più voluminosi vi soggiornano a lungo e molti perennemente, non potendo la corrente superare la loro forza di resistenza, gli altri minori vengono travolti ad ogni piena colla massa delle acque.

Il canale di scolo continua fino a che si trova fra le scoscese pendici che formano una specie di gola, cessata la quale, l'alveo non è più incassato, le acque possono il più sovente espandersi liberamente sopra una estensione maggiore; la pendenza del fondo diminuisce, cessa la montagna ed incomincia la pianura; per la qual cosa, dalla maggiore superficie su cui si estendono le acque e dalla minore pendenza, ne nasce una diminuzione considerevole di velocità; le acque perdono quindi la loro proprietà di trasportare i materiali, e depositano; questa terza parte del corso del torrente dicesi *letto di deiezione*.

È evidente che, per effetto dei continui depositi, esso andrà sempre elevandosi, cosicchè le acque, nei momenti di piena, non trovando un letto ben determinato, vagheranno, cagio-

nando quei danni che ognora si lamentano. La forma caratteristica del letto di deiezione è quella di un cono schiacciato, il cui vertice si trova all'uscita della gola, dove termina il canale recipiente, e i cui lati hanno una pendenza che va sempre diminuendo, fino a raccordarsi colla pianura, perciò viene pur chiamato *cono di deiezione*.

Non insistiamo sulla descrizione delle tre parti suddette, nè sul loro modo di comportarsi a seconda della varia configurazione dei terreni, e sulle forme secondarie che ne dipendono, poichè, come già dicemmo, il nostro scopo non è quello di descrivere i torrenti, ma semplicemente di dimostrare come le serre o le chiuse costituiscano il sistema più razionale per correggerli.

È evidente che, arrivato al letto di deiezione, il torrente non cessa; esso continua il suo corso; ma, essendosi liberato delle materie che trasportava e che eccedevano la forza di travolgimento delle sue acque, scorre più tranquillo, incassato fra le sue sponde, fino a gettarsi nel fiume, nel lago o nel mare, dove va a finire. Quest'ultimo tratto, chiamato da alcuni *letto di scarico*, non ci interessa più; e per lo studio nostro non deve riguardarsi come una parte del torrente.

VI. — Modo di agire dei torrenti.

La velocità dell'acqua nei torrenti dipende dalla sua massa, ma soprattutto dalla pendenza del loro fondo; ora, quando la vena fluida in movimento incontra un corpo in riposo, vi si infrange, e l'urto che ne nasce è tanto più forte, quanto più grande sarà la velocità da cui è essa animata (proporzionale al suo quadrato), e quanto più è denso il liquido e più estesa la superficie urtata; il risultato di questo urto è una tendenza a spostare il corpo, il quale verrà rotolato e travolto dall'acqua, se la forza di questa sarà tale da vincere la resistenza che esso offre allo spostamento.

La stessa forza che tende a travolgere i corpi che si frappongono al suo corso, si esercita pure sul fondo e sulle sponde, dentro le quali il liquido si muove, e se la resistenza del terreno di cui sono costituite è inferiore alla potenza di travolgimento del liquido, esso viene corrosivo ed asportato. Questa forza dell'acqua è quella a cui devono ascriversi la maggior parte degli effetti che avvengono nei torrenti.

È naturale che la velocità delle acque, restando tutte le altre condizioni uguali, diminuirà coll'aumentare del numero, volume, forma e densità dei corpi che urta, ai quali ne comunica una parte, per cui finirà per diventare insufficiente al travolgimento di altri corpi, vale a dire avrà raggiunto il limite massimo delle materie che può trasportare; in questo stato le acque si diranno *sature*, poichè la minima quantità di materie che si aggiungesse, provocherebbe un rallentamento maggiore della sua velocità, e quindi un deposito, cominciando dai corpi più voluminosi e più pesanti.

Abbiamo detto che la stessa potenza di travolgimento è quella che produce le corrosioni sul fondo e sulle sponde del torrente; queste corrosioni si effettuano quando la quantità di materie travolte è minore di quella limite che le acque possono trasportare, ed il terreno non presenta una resistenza sufficiente, e saranno tanto maggiori, quanto più lontano è il punto di saturazione del torrente. Raggiunto questo limite, sarà facile l'oltrepassarlo, e ogni più piccola circostanza che produca una diminuzione di velocità, provocherà quindi un deposito, il quale rialzerà il letto del fiume; questo rialzamento si effettuerà in ordine inverso a quello seguito nell'escavazione.

Infatti, nello scavare, le acque incominciano dal correre, poi dal trasportare le parti più minute, quindi le sabbie, la ghiaia, poi i ciottoli, e finalmente i grandi massi; mentre, nel depositare, incominceranno dai corpi più voluminosi e più pesanti, il cui travolgimento riesce più difficile, indi i più piccoli, e finalmente le ghiaie e le sabbie, che percorreranno per conseguenza un cammino molto più lungo.

È evidente che fra questi due limiti le variazioni possono essere numerosissime, e che la potenza di travolgimento può venire equilibrata dalla quantità di materie trasportate, aumentata dalla formazione di un deposito che la alleggerisce, e diminuita dalla diminuzione di pendenza o dall'aumento di materie trasportate, le quali alla loro volta possono depo-

(1) *Étude sur les torrents des Hautes-Alpes*. — Parigi, 1872.

sitarsi in vari tratti del torrente, per venire surrogate da altre più lontane. Non ci fermiamo più oltre su questi fenomeni e sulle leggi che li presiedono, perchè non fanno parte dello studio nostro; li abbiamo semplicemente enunciati, perchè essi spiegano da soli la formazione dei letti di deposito o d'alluvione.

Vediamo ora donde provengono le materie travolte dai torrenti, ed esamineremo in seguito il modo con cui si formano i letti di deposito.

VII. — Provenienza delle materie trasportate dai torrenti.

Il bacino d'alimentazione di un torrente è generalmente solcato e frastagliato da irregolarità di terreno, nelle quali, dopo ogni pioggia, scorrono dei piccoli rigagnoli con una veemenza tanto più forte, quanto maggiore è la pendenza del fondo; le acque acquistano quindi una velocità capace di corrodere e di travolgere non solo gli elementi terrosi che incontrano e che sovente servono d'appoggio a grossi massi, ma questi massi stessi, i quali una volta in movimento, precipitano sulle pendici della montagna fino al fondo del bacino, e coll'urto loro e l'attrito che esercitano su tutto ciò che incontrano, provocano la caduta di altri materiali, i quali vanno tutti ad ingrossare le accumulazioni del fondo.

Se poi la natura delle rocce costituenti gli acquapendenti del bacino è tale che l'erosione vi può agire facilmente, allora incomincia un lavoro delle acque su tutta l'estensione del bacino; esse scavano dei solchi profondi, asportando le parti rosse e dando origine a rigagnoli maggiori, dove le acque acquistano una potenza di travolgimento sempre maggiore, e quindi più distruttrice.

S'immagini ora quest'azione estesa a tutto il bacino, dopo una di quelle piogge torrenziali che in pochi minuti danno da sei a sette centimetri d'acqua nel pluviometro; si ricordi che le pendici sono ertissime e che in certi punti raggiungono perfino la linea verticale, e che tutti questi piccoli ruscelli che si formano simultaneamente, si precipitano con veemenza nel fondo della vallata, sotto forma di masse liquide, travolgendo tutto ciò che incontrano, e contornando i massi più grossi che non possono trasportare, ma che, per aprirsi libero il passaggio sulle scarpate, spingono lateralmente in luoghi, da dove il più sovente, perdendo l'equilibrio, precipitano con tutto il resto della massa; e si avrà un'idea degli effetti distruttori che si ripetono ad ogni pioggia, ingrossando sempre più le accumulazioni del fondo.

Ma non è questa sola la causa che produce l'ammassamento di tutte quelle materie che poi vengono trasportate dalle piene del torrente; un'altra, di intensità ben maggiore viene ad aggiungersi; essa è la degradazione delle grandi rocce e dei massi tagliati a picco, prodotta dagli agenti atmosferici. L'alternanza del gelo e del disgelo, dell'umidità e del calore, distrugge la coesione delle masse più consistenti; le azioni meccaniche del vento, dell'urto della pioggia e soprattutto della grandine, hanno effetti in taluni terreni terribili, perchè producono uno scaldamento istantaneo, per così dire, attorno a materiali rocciosi, i quali vengono a perdere il loro equilibrio e pel proprio peso precipitano nel sottoposto burrone. Tutte queste cause esercitano un'azione lenta, sì, ma continua, che non si arresta mai, e preparano il materiale che verrà poi asportato dalle acque.

Taccio di quelle grandi frane che sono l'effetto di un movimento estesissimo, prodotto dalle acque interne che non trovano uno sfogo facile e naturale, o dalla corrosione del piede, prodotta dalle acque stesse del torrente, cosicchè rotto l'equilibrio discendono, talvolta lentamente scivolando su una superficie liscia, tal altra con veemenza, in massa, ingombrando il thalweg del bacino d'alimentazione. Quando le pendici sono avvicinate, queste frane lente trovano presto un punto d'appoggio nel fondo della vallata, ed allora il loro movimento si arresta per qualche tempo, fino a che una piena del torrente viene a rodere il piede, ossia quella parte che serviva di base, ed il movimento ritorna a manifestarsi; e così di seguito, fino a che tutta la frana non sia stata asportata dal torrente nella pianura.

In questo modo si preparano nel fondo del bacino accumulazioni grandissime di materie, pronte ad essere trasportate

dalle piene del torrente. Tutti i rigagnoli che si formano sulle pendici del bacino d'alimentazione e che precipitando in piccoli burroni si riuniscono a due, a tre e più, andando sempre ingrossando, concorrono tutti nel thalweg del bacino stesso, dove assumono un volume assai considerevole.

Così mentre di solito il fondo del bacino si trova all'asciutto o appena vi serpeggia, fra i massi e le macerie di cui sopra, un filo d'acqua quasi invisibile, che si nasconde fra le medesime, al sopraggiungere di una forte pioggia, ingrossa, si gonfia e dà origine ad un terribile torrente che spumoso e rumoreggiante si interna nel canale recipiente per andar alla pianura a portarvi i suoi effetti distruttori. La quantità delle acque, e la forte pendenza del thalweg, gli danno una velocità tale, ed una forza di travolgimento che la massima parte delle materie ammassatesi sul suo cammino, come già esponemmo, viene travolta dalle sue acque. Nel canale recipiente raccoglie ancora altre materie, e per la pendenza di questo, che è fortissima, va sempre più aumentando la sua velocità, la quale, e per l'urto dei ciottoli fra loro, per cui i più lenti vengono spinti da quelli che si muovono con maggior forza, i quali alla loro volta sono da quelli ritardati, e per tutte le altre materie in sospensione, si equilibra nel corso del torrente dando origine ad una velocità media.

Per poco però che essa diminuisca, la resistenza delle materie trasportate diventa superiore alla forza di travolgimento, e quelle subito incominciano a depositarsi; i massi più voluminosi e più densi si fermano i primi, poi i ciottoli, in seguito la ghiaia e la sabbia. Questo ordine di successione dà origine ad una forma speciale di deposito che caratterizza il cono di deiezione, come vedremo in appresso. Intanto però giova osservare che nel canale di scolo o recipiente, se avvengono depositi, assumono un'altra forma.

Infatti siccome la velocità del torrente è quindi la potenza di travolgimento delle sue acque è proporzionale alla densità non solo, ma all'altezza delle medesime, per effetto di che, ne nasce un certo attrito fra le vene superiori e le inferiori, il quale aumenta la velocità di queste, così è naturale che nel periodo di decrescenza della piena, la resistenza offerta dalle materie allo spostamento, superi la potenza di travolgimento anche in molti punti del canale recipiente. Allora si arrestano i massi più voluminosi, le acque però continuano a trasportare i meno pesanti e siccome le sponde del canale sono sempre molto avvicinate, così le acque che per avere diminuito d'altezza non raccolgono più nel bacino alimentante grandi materie di trasporto, continuano però nel canale recipiente a trasportare le ghiaie e le sabbie, fino a che il torrente non si riduce al suo stato normale, quasi asciutto o non alimentato che da sorgenti perenni.

Questi fatti spiegano il perchè nel canale recipiente, non troviamo veri depositi, ma solo massi più o meno grossi, sparsi qua e là lungo tutto il suo percorso.

Senza dilungarci maggiormente in ulteriori descrizioni, il lettore potrà facilmente immaginarsi i diversi effetti che dalla diversità delle piene, dalla loro maggiore o minore altezza, possono verificarsi; passiamo quindi a vedere come si comporta il torrente nel suo letto di deiezione.

VIII. — Formazione dei depositi.

All'uscita del canale recipiente, il torrente sbocca in una vallata più larga, dove la pendenza del fondo è sensibilmente minore di quella che precede, e dove il suo alveo assume proporzioni più grandiose, perchè non trovandosi racchiuso fra aspre pendici, le sue acque non più obbligate a percorrere una specie di gola, si allargano estendendosi a destra e sinistra.

Le piene del torrente quando arrivano in questo punto si trovano completamente sature, poichè nel bacino di alimentazione e nel canale recipiente, hanno avuto campo di caricarsi di materie nella quantità che comportava la loro forza di travolgimento; per la qual cosa una benchè minima diminuzione di velocità, scemerà la loro forza impulsiva e per conseguenza la potenza di travolgimento.

Ora allo sbocco del torrente dal canale recipiente, si manifestano subito due cause, le quali concorrono simultaneamente alla diminuzione della forza impulsiva delle sue acque;

la minore pendenza e l'aumento di sezione; la prima provoca subito depositi considerevoli, i quali ostruendo per lo più il canale entro cui scorrono le acque, le obbliga a straripare, dividendosi e distendendosi lateralmente, perdendo così la maggior parte della loro forza impulsiva, e depositando completamente le materie travolte. È evidente che più la piena sarà eccessiva, maggiore sarà la quantità di materie trasportate, e più considerevoli i danni prodotti nel punto dove il torrente sbocca nella pianura; una massa enorme semiliquida nella quale rotolano macigni di dimensioni straordinarie, pietre e ciottoli d'ogni grossezza, ghiaia e sabbia quanto ne può trasportare, si presenta allo sbocco del torrente dal canale di scolo, e quivi diminuendo la pendenza, cominciano i depositi, i quali, per non essere più incassato l'alveo, si ripiegano colle acque stesse e si dividono in più correnti, che vanno a portare la devastazione sopra un'estensione considerevole di terreno.

Questi effetti che hanno per risultato l'accumulazione di ammassi considerevoli di pietre e ghiaie e sabbie all'uscita del torrente dal canale di scolo, ossia nel letto di deiezione, si riproducono ad ogni pioggia, ma non sempre nell'istesso modo.

Infatti nel caso di una piena straordinaria, violenta e subitanea, come avvengono dopo certe piogge temporalesche che in pochi minuti segnano un'altezza considerevole nel pluviometro, le materie trasportate dal torrente sono in quantità tale da superare di molto il volume delle acque, esse formano come una massa semiliquida, quasi lava, nella quale le singole parti vengono a continuo contatto fra loro, perdendo così la loro comune indipendenza. I massi più densi e più voluminosi per la velocità acquisita, tendono a sorpassare i minori; e nel momento in cui il torrente sbocca dal canale recipiente sul letto di deiezione, quando si fanno sentire gli effetti della diminuzione di pendenza dall'a valle all'a monte, trovandosi essi sul davanti si fermano i primi, e dietro di loro le altre pietre minori, i ciottoli, le ghiaie e la sabbia, dando origine ad un deposito, di apparenza quasi caotica, e il cui effetto è quello di rialzare il letto di deiezione dandogli la forma convessa, e di provocare gli straripamenti laterali di cui già parlammo e che danno all'insieme dei depositi l'aspetto di un grande ventaglio, che ricorda una superficie conica, donde il nome di *cono di deiezione*.

Al manifestarsi di una piena ordinaria, il trasporto delle materie non è che parziale, perchè le acque non sommuovono tutto il letto superiore del torrente e non hanno la veemenza e la potenza per travolgere una massa così voluminosa come nelle grandi piene; i materiali sono di mediocre grandezza e si muovono indipendentemente gli uni dagli altri, fermandosi appena la loro resistenza superi la potenza di travolgimento delle acque, e i grossi materiali i primi, indi i ciottoli, poi la ghiaia e la sabbia.

Questo modo di depositare non produce ingombro nell'alveo, e conservando le acque una certa forza erosiva, raccolgono dappertutto le pietre di minor grandezza lasciandovi le maggiori, le quali, impediscono poi il trasporto delle minori; per tal modo le acque si scavano poco a poco nel letto di deiezione un alveo nella direzione che la corrente tende a prendere naturalmente, e il quale va allargandosi ad ogni piena ordinaria, fino a divenire capace di contenere le acque del torrente nelle piene mediocri. Questi effetti determinano nel letto di deiezione una forma concava, la quale viene poi a scomparire, al sopraggiungere di una piena straordinaria ripetendosi i fenomeni esposti.

Non ci estendiamo maggiormente su questo proposito e tralasciamo pure dall'esaminare le variazioni che la sezione trasversale del torrente nei suoi varii tronchi, può assumere, perchè sebbene argomenti di altissimo interesse, tuttavia non fanno al caso nostro.

Abbiamo visto che il male principale cagionato da un torrente, risiede nel suo letto di deiezione, le cui dimensioni vanno sempre aumentando e il cui rialzarsi eleva il torrente al disopra della campagna circostante, mantenendolo quasi sospeso ad un'altezza, da dove facilmente si precipita, e con correnti trasversali va a portare a grandi distanze i suoi effetti disastrosi; la causa poi di questo effetto, costituisce un

altro male nel bacino d'alimentazione, dove le erosioni continue fanno scoscendere sempre più le sue pendici, provocano grandiose frane, e ne inselvatichiscono la natura.

IX. — Soppressione dei depositi a valle.

Per correggere adunque il torrente e sopprimere le sue alluvioni, e con esse gli straripamenti continui, è d'uopo togliere la causa che li produce, distruggere, o per lo meno combattere questa potenza erosiva delle acque nei suoi elementi, perchè esse abbiano a scorrere tranquille e chiare nel loro alveo, senza sommuovere e travolgere una quantità di materiali; egli è d'uopo impedire che nei punti dove la pendenza diminuisce, depositino quelle torbide che per avventura potessero ancora trasportare, facilitandone lo scolo nel mare o nei bacini ove i torrenti immettono le loro acque, ed evitando così l'accrescimento del letto di deiezione, fonte di ogni male.

Quest'ultimo rimedio consiste nell'aumentare convenientemente la forza erosiva del torrente nel letto di deiezione, perchè le acque conservando tutta la loro potenza di travolgimento, continuino a trasportare le materie di cui sono cariche, portandole al mare o nel bacino dove si scaricano.

I mezzi per raggiungere lo scopo esposto sono diversi, e noi non prenderemo ad esaminarli, per non uscire dai limiti impostici, poichè essi fanno parte delle arginature e delle rettificazioni dei corsi d'acqua, mediante soppressione di risvolte, diminuzione del rapporto fra la sezione e il perimetro bagnato, ecc., tutte cose estranee al nostro intento, e su cui forse ritorneremo presentandocene l'occasione. D'altra parte questo espediente non è sempre applicabile, specialmente poi in quei casi dove il torrente immette in un fiume a lungo corso, navigabile, dove le conseguenze di un interrimento potrebbero riuscire fatali. Arrogi poi che in tal modo le devastazioni nel bacino alimentante non verrebbero sopresse o menomamente diminuite; per cui anche in vista di quest'ultimo fenomeno, i mezzi suddetti non sono sempre da consigliarsi.

Bisogna quindi pensare ad estinguere la potenza di erosione delle acque nel bacino alimentante, e se ciò fosse possibile, il male sarebbe tagliato alla radice. Ma noi sappiamo che l'accumulamento di tutte quelle materie che si riuniscono in ammassi grandiosi nel fondo del bacino, e che al formarsi del torrente si trovano pronte ad essere travolte dalle sue piene, non è dovuto alla sola forza erosiva delle acque, ma alla natura del terreno di cui il bacino è costituito, al clima, alla sua esposizione ed a varie altre circostanze che non si possono mutare, nonchè alla configurazione orografica ed allo stato superficiale del suolo. Queste due sole condizioni possono modificarsi dalla mano dell'uomo, l'ultima proteggendo la superficie del terreno contro gli effetti meccanici della pioggia e della grandine, e fisico-chimici del calore e dell'umidità, la prima col suddividere le acque di pioggia, rallentarne lo scolo, impedirne l'accumulazione in troppo grandi masse, e l'affluenza simultanea nel thalweg del bacino. Per quella è d'uopo di rivestire le pendici, di creare al terreno una specie di copertura protettiva, e quindi si presenta spontaneo l'imboschimento, le cui radici danno al suolo una consistenza efficace, le cui foglie, rami, tronchi e l'*humus* che si accumula in una foresta, contribuiscono assai a ritardare lo scolo delle acque.

Ma non sempre l'imboschimento è possibile, se prima non si rende stabile il suolo su cui deve crescere, per cui deve essere preceduto da altri lavori, i quali entrano nella categoria delle serre, di quelli cioè che tendono a ritenere le terre e ad evitare ogni erosione. E qui arriviamo al rimedio principale, a quello che deve impedire o diminuire per quanto possibile l'erosione, e trattenere nel bacino alimentante le materie che inevitabilmente, per quelle circostanze accennate e immutabili, si accumuleranno sempre nel fondo del bacino stesso.

Per raggiungere il nostro scopo, esaminiamo la natura, vediamo quello che fa lo stesso torrente là dove deposita, dove è causa di tanti mali, e procuriamo di obbligarlo a fare lo stesso nel bacino alimentante, là dove i depositi occuperanno terreni senza valore.

All'uscire dal canale recipiente il letto del torrente dimi-

nuisce di pendenza e l'alveo si allarga considerevolmente, ne segue uno scemamento di velocità ed un allargamento del pelo d'acqua, quindi diminuzione d'altezza delle piene, e del potere di travolgimento, d'onde i depositi. Procuriamo quindi di produrre questi due effetti anche nel bacino alimentante, fino ad ottenere una diminuzione conveniente della forza erosiva; con che si riuscirà pure a sopprimere l'erosione tanto nel senso longitudinale, quanto nel senso trasversale, che si potrà pure combattere dando al fondo del torrente maggior solidità.

I lavori da eseguirsi dovranno dunque tendere a tre scopi, a diminuire la pendenza del profilo longitudinale, ad allargare la sezione trasversale del torrente in tutti quei punti dove la natura del terreno è tale da lasciarsi facilmente corrodere, e finalmente a consolidare il fondo dell'alveo. Questo triplice scopo viene appunto raggiunto dalle serre o chiuse, sommergibili o no, col concorso di altri piccoli lavori secondari cui accenneremo in seguito.

X. — Origine delle serre e loro effetti.

Alcuni autori francesi proposero questo sistema ad epoche diverse, come un nuovo provvedimento inteso a correggere e regolare il corso dei torrenti ed a scemare l'altezza delle piene nei fiumi che corrono in pianura. È evidente però che fino dai tempi più antichi si dovettero costruire serre in modo più o meno bene, in tutti i paesi montuosi, poichè fino d'allora si dovette sentire il bisogno di frenare la violenza dell'acqua rompendone la caduta, e di trattenere le materie che diversamente andrebbero ad ingombrare l'alveo dei torrenti.

A noi piace ricordare però, che nella terra classica delle acque, nella nostra Italia, molto prima che venissero fatte le proposte degli autori francesi, colle quali si intendeva di erigere questo provvedimento a sistema, si costruivano già delle serre e chiuse nelle parti più montuose dell'Appennino ed in altri punti d'Italia dove i torrenti producevano le loro devastazioni. Viviani stesso, due secoli fa (1), proponendo le serre le elevava già a forma di sistema, e dopo di lui, tutti i nostri idraulici che si occuparono di questa materia, ebbero a riconoscerne i vantaggi, ed a consigliarne la costruzione, e per non fare un'enumerazione di nomi, ci basti accennare nell'ordine pratico, al Consorzio antichissimo (riconosciuto però dall'Amministrazione d'allora solo nel 1821) costituitosi per difesa contro il torrente Ombrone e per costruire delle serre nel Pistoiese (2); e nell'ordine teorico, alla Monografia del cav. Amenduni sui torrenti del versante Jonio tra Reggio ed Assi, in provincia di Calabria Ulteriore 1^a (3), nella quale studia accuratamente il regime dei torrenti di quella parte, e ne propone singolarmente i rimedi atti a sopprimere i danni che essi continuamente producono. Fra l'altre cose in essa monografia dice:

(1) Nella *Memoria intorno alle piene e riempimento del letto del T'Arno*, presentata al Duca Cosimo III de' Medici il 12 aprile 1684, trovasi questo passo: «..... per troncare il progresso di tanto riempimento del letto d'Arno, dico essere mio parere che..... si andassero dal piè dei loro fondi, su su verso i loro principi disponendo e fabbricando in aggiustate distanze fra loro, più serre o chiuse o traverse, che dir si vogliono, di buon muro o calcina, traforate da spese feritoie, su larga pianta stabilmente fondate e con grandissima scarpa al di fuori, con loro banchine o platee o batoli ai piedi e con più riseghe. La forma di queste serre, per lo più dovrebbe essere in angolo od arcuata, col convesso volto in dentro alla venuta dell'acqua ed a zana, cioè alquanto più basse nel mezzo che alle testate da fermamente incassarsi dentro le ripe. Con tali serre verrebbe moderata la gran pendenza delle valli ed in conseguenza frenata giù per esse la soverchia caduta delle acque, e fermata perciò la corrosione dentro il suolo delle medesime valli».

(2) Il complesso dei lavori eseguiti da questo Consorzio nei monti pistoiesi per serre e chiuse solamente, fino al 1875 ammonta a l. 301799, somma grandissima quando si ha riguardo ai pochi mezzi di cui può disporre ordinariamente un Consorzio.

(3) *Monografia dei torrenti sul versante del mare Jonio tra Reggio ed Assi, in provincia di Calabria Ulteriore 1^a e proposte intorno alla sistemazione dei principali di essi torrenti*, dell'Ing. Capo del Genio Civile cav. G.10. AMENDUNI. — Nel *Giornale del Genio Civile*, anno IV, pag. 194.

« Ad evitare la discesa dei materiali bisogna anzitutto che il campo d'azione dell'ingegnere si estenda nell'ambito del bacino di ricevimento del torrente; bacino che pei torrenti in parola, equivale presso a poco a tutto intero il loro rispettivo bacino idrografico.....

« Per ogni bacino idrografico adunque sarebbe d'uopo:

« 1° Costruire bene moltissime serre di varia struttura, attraverso non solo al corso del torrente principale ed a quello dei suoi influenti, ma anche per traverso ai numerosissimi burroni, gole, avvallamenti delle gronde montuose che vi pendono;

« 2° Difendere con opere di vario genere il piede delle frane;

« 3° Scaglionare con pietrame a secco il ripido pendio di talune gronde, in avanzato stato di dissoluzione, formando dove degli spalti o terrazzi..... ».

Finalmente anche il R. Governo italiano, con quella sollecitudine che ha sempre dimostrato nel venire in aiuto alle popolazioni colpite da calamità naturali, ha preso un vivo interessamento per la costruzione delle serre, ed avendo riconosciuto, nelle inondazioni del 1882, i benefici effetti che da esse ne derivarono alla Provincia di Sondrio, dove ne esistevano parecchie migliaia, ha fatto eseguire dai suoi Ispettori forestali studi speciali, per potere estendere un tale beneficio a quelle vallate, che ancora ne sono prive.

Anche la Direzione Generale delle Opere idrauliche ha spiegato in questa direzione un'energia lodevolissima, e con la Circolare N. 14, in data 15 luglio 1885 (1), ha invitato il Corpo del R. Genio Civile, a portare i proprii studi su questi lavori montani, i quali « non solo giovar possono alla montagna, ma ancora e più alla pianura, e questi lavori è facile comprendere che principalmente consistere debbono nelle serre ».

È noto che le serre o chiuse (2) sono opere di muramento costruite attraverso l'alveo di un corso d'acqua, per costituire a monte un bacino, nel quale si depositino tutti quei materiali che riuscirebbero nocivi ai tronchi inferiori e che si trattengono al loro ridosso; nel senso più generale della parola però, intendiamo tutti quei ripari, che modificando la pendenza dei torrenti e loro ramificazioni, hanno lo scopo di diminuirne la velocità nonché la forza d'erosione e di travolgimento; quindi anche le parate e le briglie.

Dalla definizione data risulta che se nell'alveo del torrente si costruisce una serie di chiuse, disposte l'una dietro l'altra a distanza tale, che la linea congiungente il ciglio dell'inferiore col piede di quella che segue immediatamente all'a monte, corrisponda alla pendenza d'equilibrio, vale a dire a quella pendenza su cui le acque possono scorrere senza corrodere, avverrà che i materiali trasportati dal torrente si depositeranno dietro le chiuse, riempiendo i bacini esistenti e costituendo un letto inattaccabile dalle acque; le quali poi si costringeranno a correre nel mezzo del thalweg, ossia del fondo dell'alveo, dando alle chiuse un'altezza conveniente; si eviteranno in tal modo anche le erosioni laterali contro le sponde del torrente, e si sarà raggiunto il triplice scopo enunciato più sopra.

È evidente però che la disposizione proposta, obbligherebbe a mettere le chiuse tanto vicine da rendere un tale sistema di correzione costosissimo e quindi inattuabile.

Se noi però osserviamo attentamente la natura, vedremo che nei casi dove essa arriva da sè a costituire la pendenza d'equilibrio, non vi perviene immediatamente, ma poco a poco, passando per una pendenza che da Breton vien chiamata di *compensazione*, e da Surell *pendenza-limite*; vale a dire una pendenza tale che in un punto qualunque del torrente la stessa quantità di materiali che verrà trasportata da monte, venga pure travolta a valle.

(1) Vedasi la circolare in esteso in questo stesso periodico, vol. XI, pag. 161 in nota.

(2) Più propriamente le *Chiuse* si distinguono dalle *Serre* in quanto che esse sono esclusivamente destinate a trattenere le ghiaie e sabbie lungo il letto dei torrenti, mentre queste mirano a correggerne la pendenza, ad impedire i franamenti, le erosioni, ecc.

L'ordinata corrispondente a questo profilo è per lo meno decupla di quella del profilo d'equilibrio, ed è la più grande possibile che abbia qualche costanza; ogni altra maggiore non è che momentanea nei momenti di massimo trasporto, in cui il profilo può elevarsi, ma per ridiscendere in appresso alla pendenza-limite.

Imitando quindi la natura, le chiuse potranno disporsi nell'alveo ad una distanza tale che gli interrimenti prodotti da quella inferiore si dispongano secondo la pendenza di compensazione e vadino a raggiungere il piede della chiusa successiva a monte; si otterrà in tal modo l'effetto desiderato con un numero molto minore di chiuse, dietro ciascuna delle quali avremo dei piani formati dai depositi delle singole piene, e con pendenze più o meno forti, secondo la natura e le dimensioni dei materiali che il torrente trasporta. Le acque poi non potranno più concentrarsi sopra un sol punto; la soglia resistente della chiusa le obbligherà ad allargarsi ed a scorrere in velo, quindi diminuzione della loro altezza e decremento della forza erosiva, e le materie trasportate necessariamente si depositeranno.

Il profilo di compensazione potrà solo rimanere costante alla condizione che il torrente trasporti sempre quella stessa quantità di materiali in un dato tempo; se venisse a diminuire per una ragione qualunque, il letto così formato subirebbe pure delle erosioni; il profilo modificandosi, si abbasserebbe continuamente fino a che la resistenza dei materiali i più facili a trasportare, faccia equilibrio alla forza di travolgimento, nel qual caso cesserebbe ogni erosione ed ogni trasporto di materiale; si arriverebbe al profilo d'equilibrio. Per conseguenza colla disposizione proposta delle chiuse si otterrà sempre lo scopo desiderato di estinguere la forza di travolgimento del torrente riducendolo ad un corso d'acqua tranquilla.

Ma ciò non basta; bisognerebbe cominciare dal trattenere i materiali di erosione nel bacino alimentante, dove generalmente i terreni su cui si formerebbero i depositi sono senza valore; poichè se sbarazziamo il torrente dei maggiori ciottoli che prima depositava nel letto delle alluvioni e che depositerebbe sulla pendenza-limite dell'alveo corretto, questo verrebbe cambiato in letto di scolo, e si faciliterebbe sempre più la strada al torrente per raggiungere la pendenza d'equilibrio, nel qual caso le sue acque scorreranno fra sponde naturali elevate e cesseranno interamente di essere nocive.

Ora questa trattenuta si ottiene pure colla costruzione di chiuse, ma di chiuse insommergibili, dette anche pescaie, le quali obblighino le acque ad uscire dal loro letto, a dividersi e suddividersi in tante piccole correnti, impotenti per sé ad intaccare il suolo. Lo studio principale dovrà dunque portarsi sulla scelta delle località per la costruzione delle suddette chiuse insommergibili, delle quali una maggiore, destinata a far uscire le acque dal loro letto, le altre più piccole per dividerle e suddividerle, onde impedire che il corso d'acqua spinto fuori dal suo alveo, non tenda a formarsene un altro.

Questo modo di operare è specialmente applicabile ai torrenti che d'ordinario sono asciutti, e che solo in seguito alle piogge si formano e gonfiano. Le chiuse proposte saranno di facile costruzione perchè in località dove abbondano i materiali, e di più facile manutenzione perchè trovandosi alla origine del torrente il nemico da combattere è ancora assai debole; d'altra parte, siccome le acque vengono deviate, così non si avrà a temere che escavino alla base delle chiuse, le quali generalmente rovinano appunto per la corrosione della base. Oltre a ciò bisognerà, dopo le maggiori piene, visitare il bacino alimentante per ricomporre con grosse pietre qualche solcatura profonda che le acque del torrente, divagando, avessero potuto formare.

Nella costruzione delle chiuse non si perderà di mira che uno degli scopi principali delle medesime è quello di allargare le acque, di disperderle; quindi lo scopo verrà tanto più facilmente raggiunto, quanto maggiore sarà la lunghezza in cresta della chiusa, con che si otterrà pure un'altezza minore nei depositi; si sceglieranno adunque i punti dove il letto del torrente è più largo.

La superficie superiore delle chiuse dovrà essere secondo una curva non troppo pronunciata, anzi sarebbe preferibile di farla perfettamente orizzontale per dare al velo d'acqua un'altezza uniforme dappertutto; ma siccome è bene di conservare alla corrente la direzione mediana, una piccola curvatura non sarà di nocumento.

Siccome vi sono molti corsi d'acqua che hanno una tendenza manifesta a portarsi da un lato anzichè dall'altro, e generalmente verso la sponda più scoscesa (1), così la chiusa dovrà elevarsi alquanto da questa parte per obbligare le acque a disperdersi in modo uniforme al sopravvenire della piena.

In quanto al numero delle chiuse da costruirsi converrà meglio interrogare l'esperienza; da esse dipende la soppressione più o meno del letto delle alluvioni, per cui la determinazione del numero occorrente è cosa della massima importanza. Abbiamo visto che la pendenza-limite dipende dalla forza di travolgimento delle acque, dalla natura e quantità dei materiali che esse trasportano, per cui il determinarla teoricamente riuscirebbe difficilissimo, inquantochè i dati su cui dovrebbe basarsi il calcolo sono troppo indeterminati o meglio poco conosciuti; gioverà quindi interrogare l'esperienza, come dicemmo, e perciò s'incomincerà dal costruirne alcune procedendo da valle verso monte, e si osserverà l'effetto loro durante le prime piene; in base a ciò si potrà determinare facilmente quante altre debbono aggiungersi per conseguire lo scopo voluto.

Non è sempre necessario di eseguire le serre fino all'altezza assegnata, poichè è facile il rialzarle posteriormente aggiungendovi nuovi filari di pietre, man mano che progredisce il colamento dietro di esse. Quando si sarà raggiunta in tal modo una altezza che non conviene di oltrepassare, si procederà alla costruzione di una serra successiva sopracorrente. In questo modo si ha campo di osservare direttamente quale sia la pendenza che non torni nociva al regime del torrente, e si determinerà con sicurezza il posto delle serre sopracorrente.

In quanto alle chiuse sommergibili aggiungiamo ancora che la loro rovina dipende quasi sempre dall'erosione che le acque cadendo producono al loro piede, per cui si avrà cura di garantire questo piede, con una platea di grossi ciottoli ad un livello più basso di quello che potrebbe corrispondere al profilo dell'alveo per crearvi un ristagno d'acqua, sul quale a guisa di materasso, viene ad attutirsi la caduta dell'acqua.

La cresta delle chiuse deve pure essere oggetto di speciale attenzione, perchè facilmente i ciottoli portati dalle acque nel loro passaggio la intaccano. Le estremità della chiusa poi si interneranno nelle sponde laterali appunto per impedire che le acque del torrente, gettandosi dietro le medesime, non riescano ad isolarle; nel qual caso la rovina della chiusa sarebbe certa.

(1) I torrenti dell'Abruzzo Teramano, per esempio, tendono tutti a gettarsi verso sud; è questo un fatto di altissima importanza che fu osservato da tutti, ma che nessuno ancora, per quanto ci consta, arrivò a spiegare e di cui non bisogna dimenticarsi in qualunque lavoro si intraprenda nel loro alveo, per non trovarsi esposti a disinganni spiacevoli. Dalle nostre osservazioni fatte durante gli studi da noi intrapresi per incarico di un'Amministrazione pubblica su altri corsi d'acqua, specialmente nelle Alpi svizzere e francesi, risulta, come già si disse nel testo, che il lato verso cui si gettano i corsi d'acqua è quello dove la sponda è più scoscesa; per cui non è sempre il sud, come avviene nel Teramano, dove la più scoscesa è appunto la sponda destra (dal lato di mezzogiorno). Questa circostanza potrebbe servire a dare una spiegazione del fenomeno, che forse non è lontana dalla verità. Infatti siccome le acque dei torrenti vagano nel loro letto a seconda delle modificazioni che il medesimo subisce, così è naturale che là dove la sponda è più scoscesa acquistino un'altezza maggiore, che non dove, per la dolce inclinazione della medesima, possono estendersi molto lontano. Ora la velocità non essendo mai esattamente parallela all'asse del letto, e crescendo coll'aumentare della profondità dell'acqua, è evidente che la corrosione crescerà pure da questo lato, producendo una differenza di livello che chiamerò maggiormente le acque verso quella sponda, la cui corrosione andrà sempre più aumentando, e da effetto che era diventerà a sua volta causa. Avviene quindi un avvicendamento fra causa ed effetto, che si manifestano ognora con proporzioni crescenti e il cui risultato è appunto quello di richiamare da un lato le acque del torrente.

XI. — Conclusione.

Noi abbiamo esposto il sistema delle chiuse in modo generale, egli è evidente che nella sua applicazione dovrà subire alcune modificazioni in rapporto alle circostanze che si troveranno; gli ingegneri incaricati di questi studi sapranno modificarlo convenientemente a norma delle località, le quali essi dovranno innanzi tutto fare oggetto di un accurato studio. Così per esempio quando la sezione trasversale del torrente fosse ristretta per modo che la costruzione delle chiuse non arrivasse a produrre quei depositi che si richiedono, si potranno disporre a scaglioni incominciando dalla più bassa, e tosto che lo spazio a ridosso della medesima sia ricolmo si passerà alla successiva, innalzando gradatamente il livello della ghiaia fino a che la larghezza dell'alveo sia sufficiente alla trattenuta dei materiali come nel caso generale.

Si potrebbe anche raggiungere lo stesso scopo con una chiusa unica, ma allora la sua altezza sarebbe molto considerevole e quindi l'opera costosa.

Le serre o chiuse sono adunque un mezzo utilissimo, e certamente il migliore per correggere e regolarizzare il regime dei corsi d'acqua nelle montagne, e in varie località se ne sono costruite e se ne stanno costruendo con molta energia (1); ma non per questo si deve attribuire a un tal mezzo la facoltà di sopprimere le inondazioni nelle vallate. Regolarizzando il regime delle acque e distruggendo quella forza di travolgimento che rende così spaventosi i torrenti si toglieranno molte inondazioni particolari, si restituiranno all'agricoltura vaste estensioni di terreno, e si concorrerà pure indirettamente e in una misura difficile a prevedersi e molto più a calcolarsi, ad attenuare l'altezza delle piene, ma non si sarà tagliato il male alla radice come si vorrebbe far credere da molti, perchè la vera causa delle inondazioni non consiste in ciò, ma bensì nella coincidenza fortuita e più o meno fatale delle piene parziali dei singoli influenti di un gran corso d'acqua, come già dimostrammo in una memoria da noi pubblicata in questo stesso periodico (2).

Se dunque il male non si può distruggere all'origine, conviene cercare un rimedio nei sistemi repressivi, e fra questi appunto principalissimo è quello dell'arginamento. Un complesso di arginature ben studiate nel loro insieme, nei rapporti reciproci ed in quelli diretti colle località in cui si trovano, colla natura del fiume contro cui devono difendere i paesi soggetti alle inondazioni, sarà il miglior sistema di difesa.

Siccome però per se stesse le chiuse sono di grande bene-

(1) L'Adda nell'attraversare la Provincia di Sondrio riceve moltissimi affluenti d'indole torrentizia, le cui piene costituiscono un pericolo continuo per i Comuni della Valtellina; per evitarlo si pensò a tempo alla costruzione di un numero grandissimo di serre, intese ad impedire l'accumulamento di congerie alluvionali, e il trasporto delle medesime, cagioni di tutti i mali che fra monti si lamentano nelle inondazioni. Infatti, quivi si trovano serre la cui origine risale al XV e XVI secolo, la cui struttura è quasi dovunque la stessa: un muro robustissimo, con una curva a monte, con un accollato di grosse pietre, messe di coltello e una platea al piede, dove appunto batte l'acqua.

La costruzione di queste opere, benchè con maggiore o minor lentezza, pur tuttavia non cessò mai, e negli ultimi decenni prese uno sviluppo grandissimo avendo l'Amministrazione Provinciale stanziata nel suo bilancio (1861) un fondo annuale di 3000 lire, che poi aumentò fino a 15000 lire negli anni 1875, 1876, 77 e 78 e ridusse a 12000 lire nei successivi. Solo dal 1870 a tutto il 1882 e semplicemente nel territorio di 17 Comuni si costruirono 1631 serre o chiuse; l'esito fu così felice che tutti gli altri Comuni della provincia desiderano vivamente che tali costruzioni vengano pure eseguite in quelle convalle che ne sono ancora sfornite e quindi esposte alle conseguenze disastrose della disordinata e violenta azione delle acque nei loro straripamenti, e di ciò appunto il R. Ministero di Agricoltura, Industria e Commercio si sta occupando.

In tutta la Provincia furono costruite dal 1870 a tutto il 1882 da 122 Comuni e da 24 Comprensori, 4857 briglie o serre per un importo, di lire 480.834. L'Amministrazione Provinciale stanziata, come si è detto, annualmente nel suo bilancio un fondo per incoraggiamento alla costruzione di questi manufatti, e nell'epoca suddetta vi concorse per una somma di lire 125000. Il R. Governo elargì pure una somma di lire 114.270 a titolo di premio.

(2) Coincidenza delle piene in parecchi affluenti di un corso d'acqua principale, anno 1884, pag. 82 e segg.

ficio, come vedemmo, ai corsi d'acqua nelle montagne, e regolarizzandone il regime si ottiene un risultato di grandissima utilità, così non possiamo che raccomandarle caldamente ai colleghi cui è confidato il servizio idraulico. Ma non dimentichiamo che un buon sistema non può essere la panacea universale, e che tutti i mezzi devono darsi la mano e possono concorrere nella loro cerchia e nei limiti conformi alla loro natura, allo scopo generale di attenuare in qualche modo l'altezza delle piene.

Così anche l'imboschimento nei punti dove potrà praticarsi senza danno per l'agricoltura, dovrà farsi su larga scala, e fino a che le piccole piante non avranno acquistato vigoria sufficiente per insaldire il terreno su cui insistono, occorreranno lavori speciali, palizzate, serre vegetanti, graticci in tutti i sensi, viminate e simili, che trattengano il terreno nelle sue pendici e impediscano gli scoscendimenti, le erosioni prodotte dalla pioggia e dai ruscelli che si formano, diminuendo in tal modo i materiali che vanno raccogliendosi per entro il bacino alimentante e che diventano poi trasullo alle acque dei torrenti.

Pur troppo però riconosciamo, che i lavori da eseguirsi incontreranno difficoltà gravissime nel fatto che il terreno dove si accumulano le materie che vengono poi trasportate dal torrente e dove si dovrebbero costruire le serre o chiuse, non appartiene mai ai proprietari dei terreni a valle dove avvengono le devastazioni lamentate. Egli è quindi impossibile ottenere dai proprietari dei terreni a monte, l'esecuzione dei lavori richiesti, e nemmeno la sorveglianza o manutenzione dei medesimi, poichè troppo piccolo è l'utile che ad essi ne verrebbe. D'altra parte i proprietari a valle non riconoscono sempre che eseguendo i lavori proposti nella parte montuosa, l'utilità maggiore ridonderebbe a loro vantaggio, e che per conseguenza spetterebbe ad essi l'iniziativa della costruzione ed un largo concorso nelle spese. Ma pur troppo essi se ne stanno colle mani alla cintola, e solo quando il male è avvenuto cercano di rimediare con lavori molto più costosi, diretti a difendere il proprio terreno, i quali però se possono essere efficaci in alcuni casi, o per un dato tempo, diventano poi inutili tutti in una volta, quando il torrente, la cui natura non fu corretta, invece di maggiormente, straripa e distrugge tutto ciò che gli si para dinanzi.

Egli è certo che se i proprietari suddetti volessero costituirsi in consorzio con quelli a monte, per la costruzione delle serre e chiuse da noi proposte, e stabilissero un equo concorso nella spesa necessaria ai medesimi, proporzionale ai vantaggi che ne ritraggono, spenderebbero meno e si arriverebbe ad ottenere in pochi anni i risultati di cui parliamo più sopra. Le ultime leggi pubblicate in proposito dal nostro Governo favoriscono la costituzione di tali consorzi, ed una volta costituiti, non sarà difficile ottenere un concorso pecuniario, a guisa di sussidio, dal Governo stesso e dalle rispettive Amministrazioni Provinciali, come si è fatto per la Valtellina. Tuttavia è duopo procedere con molta accuratezza, affinchè i lavori da eseguirsi parzialmente ed anno per anno, entrino a far parte di un progetto generale, diretto a restringere i torrenti dentro i limiti possibili ed a sopprimere gli inconvenienti lamentati.

Siccome poi vastissimo è il campo degli studii e delle osservazioni, così sarebbe da desiderare che l'attenzione degli ingegneri più esperti in questa materia, venga rivolta sopra punti speciali, per farne l'oggetto di uno studio dettagliato, il cui risultato e l'applicazione dei provvedimenti possono variare da regione a regione. Il benemerito nostro R. Corpo del Genio Civile fu sempre attivo e sollecito in questo ramo dell'ingegneria e moltissimi studii furono fatti per singole regioni (ci basti di citarne uno solo a caso, quello già menzionato dell'ing. comm. Amenduni), così è consolante di vedere ora riprendere l'iniziativa dalla stessa Direzione generale delle opere idrauliche, e facciamo voti che in pochi anni i risultati corrispondano alle eccellenti intenzioni.

Teramo, giugno 1886.

GEOMETRIA PRATICA

SUGLI ERRORI
DELLE MAPPE CENSUARIE.

Nota dell'Ing. E. FERRERO.

I sistemi di rilevamento intorno a cui tuttora si discute per applicarli alle mappe censuarie si riducono a tre:

- 1° Allineamenti coordinati a punti trigonometrici (che chiamerò sistema Rabbini);
- 2° Allineamenti per poligonazione (che chiamerò sistema Doll);
- 3° Celerimensura (1).

Scopo del presente lavoro è di cercare l'errore massimo che in un grande rilevamento si deve tenere ammissibile adottando convenientemente ciascuno di questi tre diversi sistemi.

I. Allineamenti (sistema Rabbini). — L'errore che si può commettere servendosi di questo sistema dipende esclusivamente dalla esattezza maggiore o minore della misura colle canne; non abbisognando esso dell'aiuto di nessun strumento, non ha altri errori a contemplare. L'errore quindi dipende dal terreno sul quale si opera e dal tempo che s'intende impiegare: anzi si può dire che, indipendentemente dalla natura del terreno, con questo sistema si può ottenere tutta l'approssimazione che si vuole, quando non si faccia questione di spesa.

Gli allineamenti Rabbini, perchè diano buoni risultati, occorre che siano misurati in tutta la loro lunghezza. Così (fig. 66) debesi misurare tutta la PP', tutta la AE, la FC, quand'anche le parti BP', FE, LC non occorran al rilevamento.

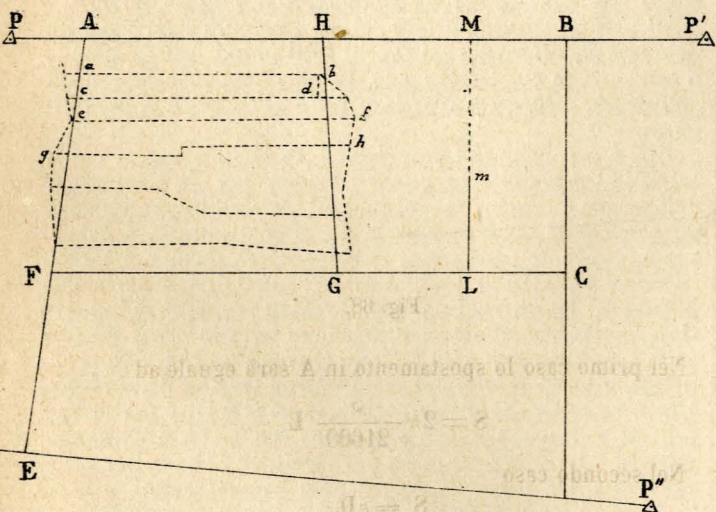


Fig. 66.

Qualche eccezione a questa regola si permette quando l'allineamento sia molto lungo ed occorra solo una parte piccola di esso; così quando si voglia fissare la linea AE e non siano necessari tutti gli allineamenti a destra di essa; così pure per la linea LM, quando ne occorra solo la parte Lm per il rilievo. In questi casi vuolsi aver cura che queste distanze PA, P'E, Lm siano brevi, perchè altrimenti, non avendosi controlli, oppure questi non essendo abbastanza severi, s'accumulano gli errori della misura in A, F, m, con grave danno delle proprietà che cominciano da questi punti.

(1) Non parlo della tavoletta pretoriana, nonostante essa sia patrocinata da molti, perchè ritengo che essa, quando sia sussidiata dalla stadia, non sia altro che la celerimensura; quando invece sia sussidiata dalle canne non sia che una leggera modificazione degli allineamenti: in entrambi i casi essa porti l'aggravante del suo graficismo.

Per distanze piccole invece tali errori sono trascurabili, e ci permettono ritenere quest'errore non maggiore di quello che si farebbe misurando l'intero allineamento. In questo modo si ottengono molti ed utili controlli, che servono a provare la bontà della misura, e ci servono a ripartire sui diversi punti (che saranno o capi di allineamento o intersecazione di linee di proprietà), l'errore che si troverà di aver fatto, in ragione della distanza di questi diversi punti da quello di partenza.

Cosicchè detto ε l'errore unitario o per metro di lunghezza, fatto sull'intero allineamento, lo stesso errore unitario lo avremo con molta approssimazione, per qualunque distanza compresa fra due punti qualunque degli allineamenti, come ad esempio, fra A ed H, fra H e G, fra G ed F e fra F ed A; anche quando non si tenga conto della diminuzione d'errore che le operazioni di compensazione generalmente apportano.

Però chi cerca l'errore massimo deve anche preoccuparsi degli effetti di queste tali operazioni, le quali se generalmente, come ho detto, riescono a diminuirne l'errore e danno sempre all'insieme del lavoro maggiore esattezza, possono in certi casi speciali aggravare l'errore fatto misurando una distanza fra due punti.

Per esempio, dicendo D la distanza PP' e d la distanza AP, se supponiamo di aver fatto nel tratto AP un errore in meno, cioè di aver avuto per la distanza AP, $d(1 - \varepsilon)$, ed in tutto il tratto AP' un errore in più, cioè aver registrato la distanza $D + \varepsilon(D - 2d)$; dovendo noi ripartire quest'ultimo errore in tutti i tratti AP, AH, HM..., diminuiremo il tratto AP, già sbagliato in meno, d'una nuova quantità $\varepsilon(D - 2d) \frac{d}{D}$ in modo da ottenere una distanza

$$PA = d(1 - \varepsilon) - \varepsilon(D - 2d) \frac{d}{D} = d \left[1 - \varepsilon \left(1 + \frac{D - 2d}{D} \right) \right]$$

L'esame di questa operazione fa vedere che l'errore cresce diminuendo d , fino ad essere massimo per d piccolissimo, nel qual caso avremo

$$PA = d(1 - 2\varepsilon)$$

cioè un errore uguale a $2\varepsilon d$.

Si può quindi concludere che la distanza fra due punti qualunque d'un allineamento non sarà mai maggiore del prodotto della distanza stessa per il doppio dell'errore unitario che si può fare canneggiando; quindi le distanze $ab, cd...$ (divisioni di proprietà), come pure $ae, ee... hd, df$, non potranno aver mai un errore relativo maggiore di 2ε , cioè data una località qualunque di cui si conosca l'errore di misurazione colle canne, si sarà sicuri di fare una mappa entro il limite del doppio di tale errore; od ancora, dovendo fare una mappa colla tolleranza, p. e., del 4 per 0/00, noi potremo usare il sistema degli allineamenti in tutti quei luoghi dove l'errore di misurazione colle canne non superi il 0,20 p. 0/0.

II. Allineamenti (sistema Doll). — Questo sistema, abbastanza diverso dal sistema Rabbini nei minuti particolari, nella sua essenza presenta questa sola diversità: invece di fissare la direzione degli allineamenti per mezzo di due punti conosciuti, come faceva il Rabbini, il Doll prescrive di fissarla colla lettura d'angolo, fatta con un buon teodolite; entrambi, del resto, hanno la loro base nella misura diretta. Questa differenza però ci porta a considerazioni diverse nella calcolazione dell'errore; esso naturalmente si compone dell'errore della misura della distanza e di quello della misura angolare.

Il primo è facilmente calcolabile (fig. 67); supponiamo di aver la poligonale PABCP', la quale per effetto dell'errore massimo fatto nel misurare la distanza dei lati siasi trasportata in Pabcp: diciamo $d, d', d'', d''', \theta, \theta', \theta'', \theta'''$ la lunghezza e l'azimut dei diversi lati della poligonale; X, Y le coordinate del punto P di partenza; D e Θ la lunghezza e l'azimut della retta che congiunge P con P'.

Avremo per il punto vero P'

$$X_P = X + d \cos \theta + d' \cos \theta' + d'' \cos \theta'' + d''' \cos \theta''' = X + D \cos \Theta$$

$$Y_P = Y + d \sin \theta + d' \sin \theta' + d'' \sin \theta'' + d''' \sin \theta''' = Y + D \sin \Theta$$

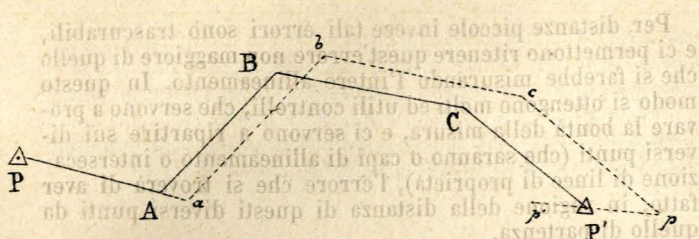


Fig. 67.

e per il punto erroneo p ,

$$X_p = X + \{d \cos \theta + d' \cos \theta' + d'' \cos \theta'' + d''' \cos \theta''' \} (1 \pm r)$$

$$= X + D (1 \pm \epsilon) \cos \theta$$

$$Y_p = Y + \{d \sin \theta + d' \sin \theta' + d'' \sin \theta'' + d''' \sin \theta''' \} (1 \pm \epsilon)$$

$$= Y + D (1 \pm \epsilon) \sin \theta$$

Quindi

$$\frac{Y - Y_p}{X - X_p} = \frac{Y - Y_p}{X - X_p} = \tan \theta$$

$$P_p = \pm \epsilon D$$

Cioè il punto erroneo cadrà sulla retta PP' (in caso d'errore massimo), o sul suo prolungamento, secondochè l'errore unitario sarà negativo o positivo, ed il suo spostamento sarà uguale a quello che si commetterebbe canneggiando direttamente la retta PP' invece della poligonale considerata.

Il secondo errore, cioè quello angolare, si può calcolare in questo modo: diciamo sempre D la distanza PP' , δ'' la distanza AP' , δ''' la distanza BP' , ecc... diciamo δ^n la distanza dell' n^{mo} lato CP' , supponendo di aver n lati dal punto di partenza a quello di arrivo.

Evidentemente se col teodolite noi facciamo un errore angolare ϕ (in minuti primi), facendo stazione in P , questo errore sposterà il punto P' , che si considera, di un arco di circolo uguale a

$$2\pi D \frac{\phi}{21600}$$

Se lo stesso errore massimo ϕ si produce facendo stazione in A , noi produrremo lo spostamento in P' uguale a

$$2\pi \delta'' \frac{\phi}{21600}$$

e così di seguito, finchè in C produrremo lo spostamento

$$2\pi \delta^n \frac{\phi}{21600}$$

Quando questi errori si sommino, avremo l'errore massimo, che sarà

$$E_\alpha = \frac{2\pi\phi}{21600} (D + \delta'' + \delta''' + \dots + \delta^n)$$

Per semplificare questa formula basta supporre le diverse distanze proporzionalmente decrescenti, cioè i lati della poligonale eguali fra di loro, e pure eguale la proiezione di essi sulla linea che congiunge i punti estremi (1).

Avremo allora

$$\delta'' = D - \frac{D}{n}$$

$$\delta''' = D - 2 \frac{D}{n}$$

$$\delta^{(n-2)} = D - 3 \frac{D}{n}$$

$$\dots$$

$$\delta_n = D - (n-1) \frac{D}{n}$$

(1) In questo sistema la poligonale deve partire da un punto fisso dirigendosi ad un altro, scostandosi il meno che si può dalla linea retta ed evitando con ogni cura gli angoli acuti.

sommando

$$D + \delta'' + \delta''' + \delta^{(n-2)} + \dots + \delta^n = nD - n \frac{n-1}{2} \frac{D}{n} =$$

$$= D \left(n - \frac{n-1}{2} \right)$$

ed infine

$$E_\alpha = 2\pi \frac{\phi}{21600} D \left(n - \frac{n-1}{2} \right)$$

Quindi lo spostamento del punto P' per causa dell'errore della misura della distanza e di quello angolare può ritenersi aver la direzione e la lunghezza della risultante di questi due errori: essere cioè

$$E = \sqrt{\epsilon^2 D^2 + E_\alpha^2}$$

Una prima e naturale deduzione a cui ci condurrebbe questo risultato è questo: che l'allineamento Rabbini (per cui $E_\alpha = 0$) è preferibile alla poligonale Doll. Però un'altra considerazione, che esporremo, modificherà in parte questa conclusione.

Sia il punto O (fig. 68); si tratta di sapere se l'allineamento OA di lunghezza L sia meglio determinato per direzione leggendo l'angolo POA e facendo l'errore ϕ (sistema Doll), oppure riesca meglio canneggiando la distanza $PA = D$, commettendo l'errore ϵD (sistema Rabbini).

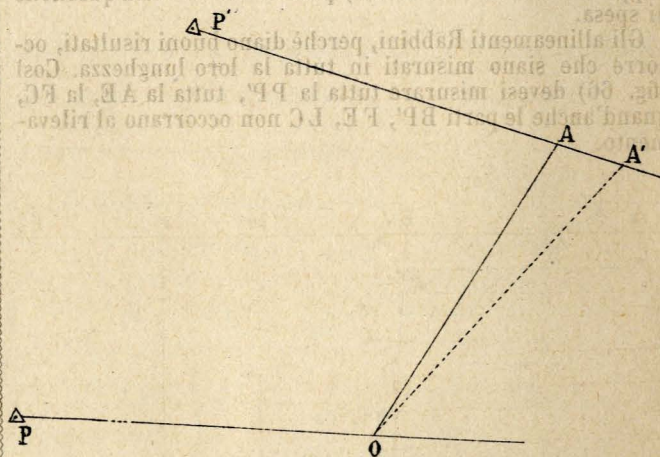


Fig. 68.

Nel primo caso lo spostamento in A sarà eguale ad

$$S = 2\pi \frac{\phi}{21600} L$$

Nel secondo caso

$$S' = \epsilon D$$

Per confrontare tra di loro questi due errori supponiamo $\phi = 1'$, $\epsilon = 0,001$, avremo

$$S = 0,00029L \quad S' = 0,001D$$

quindi questi errori (con molta approssimazione) saranno uguali quando

$$D = \frac{3}{40} L$$

Siccome però nella maggior parte dei casi D è una distanza su un allineamento o poligonale principale ed L è una distanza su un allineamento o poligonale secondaria, così D sarà generalmente maggiore di L ; onde si può inferire che, per l'attacco degli allineamenti secondari composti di pochi lati, il sistema Doll sarebbe migliore del sistema Rabbini.

Si può anche osservare che l'attacco di queste poligonali o allineamenti secondari sarà sempre migliore col sistema Doll, quanto più il valore di ϵ aumenta, cioè quanto più acciden-

tate e difficili alla misura diretta saranno le località a rilevarsi.

Onde questa importante conclusione:

Sarebbe desiderabile che le linee principali fossero allineamenti e le secondarie fossero poligonali, e specialmente in terreni ondulati: ed in massima il sistema Rabbini è più conveniente in pianura, il sistema Doll è preferibile in collina.

L'operatore però tenendo conto, anche solo approssimativamente, dei diversi valori di D , L ed ε può facilmente scegliere il migliore sistema d'attacco.

Per quanto riguarda l'errore finale di cui sarà affetta la mappa, si può ripetere per questo sistema di rilievo quanto si disse per il sistema Rabbini.

Cosicchè (fig. 69), ad es., le distanze delle parti di poligonale PB , Bm' , mm' , mP , che servono a fissare le lunghezze delle divisioni di proprietà ab , cd , ..., ae , bd non potranno avere maggior errore relativo di quello da cui sono affette le distanze PB , Pm , mm' , $m'B$, le quali, a compensazioni fatte, potranno avere un errore massimo

$$E_m = 2 \sqrt{\varepsilon^2 D^2 + E_x^2}$$

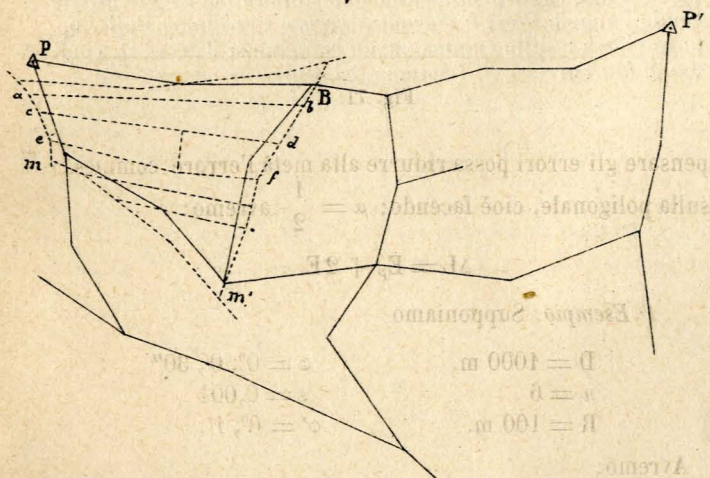


Fig. 69.

Quindi per le poligonali sistema Doll potremo dichiarare che, data una tolleranza od errore massimo E tollerabile nella mappa, dato l'errore nella lettura angolare $\varphi = 1'$, dati i punti trigonometrici a distanza di 1000 metri, noi potremo adoperarle con buon risultato tutte le volte che si verifichi la condizione

$$E = 2 \sqrt{\varepsilon^2 + 0,001^2}$$

oppure

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{E^2}{4} - 0,001^2}$$

e supponendo, p. e., data la tolleranza di $0^m,004$, avremo che l'allineamento Doll potrà usarsi in tutte quelle località dove l'errore di misurazione colle canne non superi i $0^m,173$ p. 0/0.

III. *Celerimensura*. — Questo sistema di rilievo è quello che a quanto pare, in vista delle condizioni altimetriche del terreno italiano, sarà preferito, almeno in massima parte. È naturale quindi il soffermarsi maggiormente intorno a questo argomento, cercando di esaminarlo sotto vari aspetti.

È facile prima di tutto farsi un'idea che la celerimensura, fatta astrazione dalle condizioni delle località, cioè dalla maggiore o minore precisione della misura delle distanze, è inferiore per esattezza al sistema degli allineamenti.

Il poligono P (fig. 70) col metodo degli allineamenti s'ottiene per mezzo dell'intersezione dei due allineamenti LL' colle due rette AB e CD e misurando LC , $L'B$ da una parte e DL , AL' dall'altra; quindi la distanza fra le due rette AB e DC è al-

terata dall'errore che si fa misurando le linee LL' (il quale errore è proporzionale alla stessa distanza), e così pure si dica per la distanza fra i punti LL' e $L'L'$, la quale subirà un'alterazione proporzionale uguale a quella che hanno sofferto gli allineamenti che chiudono e fissano gli allineamenti stessi LL' , cioè le distanze A_1A_1' , $A_1'A_1'$.

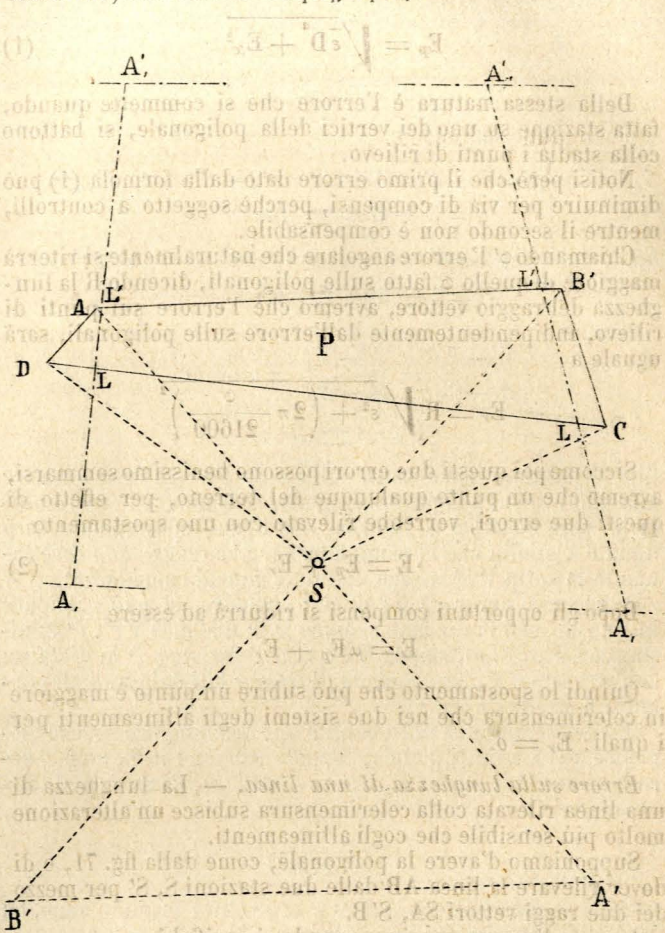


Fig. 70.

Colla celerimensura invece l'errore è sempre uguale per una stessa lunghezza dei raggi vettoriali, qualunque sia la posizione dei punti $ABCD$, cioè qualunque sia l'azimut di detti raggi: in modo che nel poligono relativamente piccolo chiuso fra i quattro punti $ABCD$ avremo lo stesso errore che in quello molto più grande formato dai punti $DCA'B'$. E ciò accade perchè l'errore dipende dalla lunghezza dei raggi vettoriali, qualunque sia l'ampiezza del poligono rilevando. Che anzi talvolta succede, come nella fig. 70, che avvicinando la DC alla AB , cioè restringendo la superficie del poligono che si considera, noi avremo un errore maggiore, perchè aumenterebbero le lunghezze dei raggi vettoriali SD , SC .

Potremo concludere che una retta qualunque, data la misura colle canne uguale alla misura della stadia per l'approssimazione che si può ottenere,

si può egualmente bene rilevare colla celerimensura e cogli allineamenti in un solo caso, cioè quando la stazione è su di essa retta e compresa fra i suoi due punti estremi.

In tutti gli altri casi la celerimensura è inferiore al sistema degli allineamenti.

Questa conclusione risulterà pure evidente calcolando l'errore massimo che si può fare col metodo di rilievo che stiamo considerando.

Errore su un punto. — Quest'errore è complesso: si compone cioè:

1° dell'errore fatto sulle poligonali per determinare i punti di stazione;

2° dell'errore fatto per fissare i punti di rilievo.

Il primo errore è naturalmente uguale a quello che abbiamo ottenuto parlando del sistema Doll, colla sola differenza nel valore di ε od errore unitario, che in celerimensura si riferisce alla stadia, mentre nel sistema Doll si riferisce alle canne.

Avremo quindi sulle poligonali l'errore massimo:

$$E_p = \sqrt{\varepsilon D^2 + E_\alpha^2} \quad (1)$$

Della stessa natura è l'errore che si commette quando, fatta stazione su uno dei vertici della poligonale, si battono colla stadia i punti di rilievo.

Notisi però che il primo errore dato dalla formola (1) può diminuire per via di compensi, perchè soggetto a controlli, mentre il secondo non è compensabile.

Chiamando ϕ' l'errore angolare che naturalmente si riterrà maggiore di quello ϕ fatto sulle poligonali, dicendo R la lunghezza del raggio vettore, avremo che l'errore sui punti di rilievo, indipendentemente dall'errore sulle poligonali, sarà uguale a

$$E_r = R \sqrt{\varepsilon^2 + \left(2\pi \frac{\phi'}{21600}\right)^2}$$

Siccome poi questi due errori possono benissimo sommarsi, avremo che un punto qualunque del terreno, per effetto di questi due errori, verrebbe rilevato con uno spostamento

$$E = E_p + E_r \quad (2)$$

Dopo gli opportuni compensi si ridurrà ad essere

$$E = \mu E_p + E_r$$

Quindi lo spostamento che può subire un punto è maggiore in celerimensura che nei due sistemi degli allineamenti per i quali: $E_r = 0$.

Errore sulla lunghezza di una linea. — La lunghezza di una linea rilevata colla celerimensura subisce un'alterazione molto più sensibile che cogli allineamenti.

Supponiamo d'avere la poligonale, come dalla fig. 71, e di dover rilevare la linea AB dalle due stazioni S, S' per mezzo dei due raggi vettori SA, S'B.

Avremo l'errore massimo quando si verifichi:

1° Che le due stazioni S, S' siano affette dal massimo errore che ci sarà concesso dalle tolleranze prescritte;

2° Che questi errori spostino i punti S, S' sulla direzione AB ed in senso contrario;

3° Che i punti S, A, B, S' siano sulla stessa linea retta;

4° Che i due raggi vettori SA, S'B abbiano la massima lunghezza consentita dalla prudenza, o meglio dai regolamenti.

In questo caso avremo che l'errore massimo, non tenendo conto delle compensazioni che si possono fare sulle poligonali, sarebbe

$$\Delta L = 2E_p + 2E_r$$

in cui ΔL rappresenta la differenza tra la lunghezza vera della linea e la lunghezza effettivamente rilevata. Supponendo, il che si può sempre ottenere, che un razionale metodo di com-

(1) Non credo qui fuor di luogo far notare in che modo crescendo R cresca l'errore E_r : quando si noti che fino a 150^m circa si può ordinariamente in campagna leggere la distanza col rapporto diastimometrico di 1/50, per lunghezze da 150 a 300, col rapporto 1/100, e per distanze maggiori col rapporto di 1/250. per cui se ε a 150^m ha un valore di 0,001, fra 150 e 300 avrà un valore di 0,002, oltre i 300 avrà un valore di 0,005. Onde per i diversi rapporti avremo:

$$E_{150r} = R \sqrt{\varepsilon^2 + \left(2\pi \frac{\phi'}{21600}\right)^2}$$

$$E_{100r} = R \sqrt{4\varepsilon^2 + \left(2\pi \frac{\phi'}{21600}\right)^2}$$

$$E_{250r} = R \sqrt{25\varepsilon^2 + \left(2\pi \frac{\phi'}{21600}\right)^2}$$

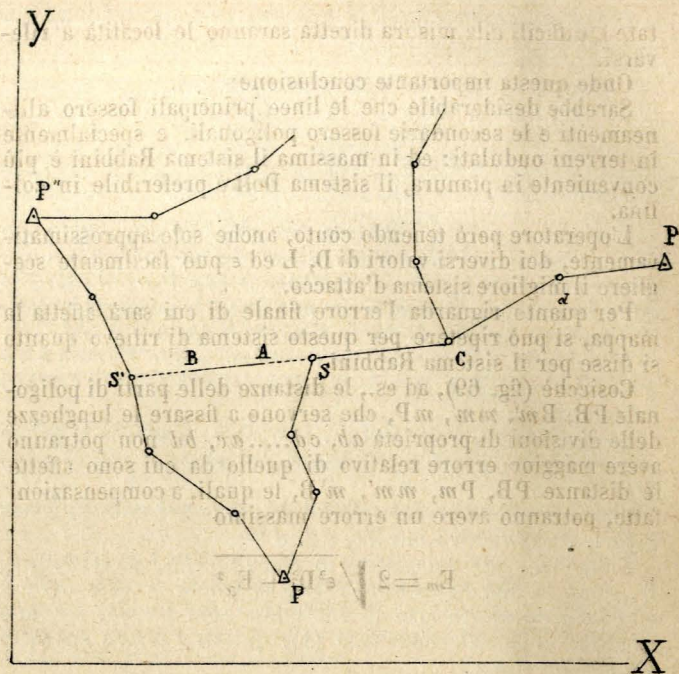


Fig. 71.

pensare gli errori possa ridurre alla metà l'errore commesso sulla poligonale, cioè facendo: $\mu = \frac{1}{2}$ avremo:

$$\Delta L = E_p + 2E_r.$$

1° Esempio: Supponiamo

$$\begin{aligned} D &= 1000 \text{ m.} & \phi &= 0^\circ, 0', 30'' \\ n &= 6 & \varepsilon &= 0,001 \\ R &= 100 \text{ m.} & \phi' &= 0^\circ, 1'. \end{aligned}$$

Avremo:

$$E_p = 1^{\text{m}}, 23 \quad E_r = 0^{\text{m}}, 104.$$

Quindi:

$$\begin{aligned} E &= 0^{\text{m}}, 72 \\ \Delta L &= 1^{\text{m}}, 438. \end{aligned}$$

Il che significa: che anche quando chi lavora è esperto rilevatore, anche quando si disponga di buoni strumenti, anche adoperando tutte le possibili attenzioni, non si può in celerimensura sfuggire ad errori che le attuali tolleranze sulle mappe non usano ammettere.

2° Esempio: Mi sia concesso un secondo esempio deducendolo dalle tolleranze prescritte, per quanto mi fu riferito da persone degne di fede, dalle istruzioni emanate per il Compartimento Modenese.

Tali istruzioni prescriverebbero che non si debbano ritenere buone le poligonali, le quali controllate dal punto trigonometrico d'arrivo diano un errore maggiore di

$$0,2 + 0,002 d \quad (a)$$

in cui d sarebbe la somma aritmetica delle coordinate dei diversi vertici della poligonazione (1). Si prescriverebbe inoltre la tolleranza del 0,20 p. ‰ nel controllo del collegamento diretto e del 0,30 p. ‰ pel collegamento indiretto; cioè ammetterebbesi l'errore nella misura delle distanze sulle poligonali di 0,10 p. ‰.

(1) Suppongo che con tale dicitura, non troppo chiara, si ritenga per d la somma aritmetica delle proiezioni dei diversi lati rispettivamente sui due assi coordinati.

Infine si accorderebbero per le rettifiche di collaudo a mappa finita le seguenti tolleranze:

Sino 100 ^m	tolleranza	0,40 p. ‰
Da 100 ^m a 300 ^m	»	0,35 »
» 300 ^m a 600 ^m	»	0,30 »
» 600 ^m a 1000 ^m	»	0,25 »
Sopra 1000 ^m	»	0,20 »

Vediamo se queste tolleranze, che abbiamo dimostrato non ottenibili colla celerimensura, siano almeno compatibili con quelle prescritte per il collegamento delle poligonali espresse dalla formula (a). Premetto che non faccio le peggiori ipotesi.

Suppongo sempre di dover rilevare la linea A B (fig. 74). Chiamiamo X' Y' le coordinate vere del punto P, date dalla triangolazione; x, y, quelle erronee, trovate coi dati ricavati in campagna.

Suppongo che, o per fortuiti compensi, o perchè le prime misure furono prese esattamente, nel punto S non vi siano errori,

che il massimo errore tollerabile esista nei numeri generatori, riguardanti i lati S c, c d, d P.

Suppongo, per semplicità di calcolo, che i punti S, c, d, P, siano su una stessa linea retta, parallela all'asse delle X ed equidistanti fra loro di 180^m (distanza buona, secondo i fautori della celerimensura (1), quindi l'errore sia tutto nel senso delle x,

che infine S A B S' sia una stessa retta ed anch'essa parallela all'asse delle X.

Avremo:

$$x_p = X + 0,20 + 0,002 \times 540 = X + 1^m, 28.$$

L'operatore, applicando la teoria dei compensi, dividerà quest'errore fra i vertici tutti della poligonale, cioè diminuirà di 1^m,06 la x_d , di 0,85 la x_c , di 0,63 la x_s e così di seguito per gli altri vertici.

Avremo perciò la stazione S, che noi consideriamo, col errore di 0^m,63 nel senso delle x, pure avendo lavorato a seconda delle succitate istruzioni.

Ora, facendo stazione in S e battendo il punto A, che supporremo a distanza di 150^m, noi faremo l'errore di 0,15, che, quando esso sia in meno, si sommerà con quello della poligonale, in modo da spostare il punto A di 0^m,78.

Facendo gli stessi ragionamenti per la poligonale, su cui havi la stazione S, noi potremo avere lo stesso errore di 0,78, che sarà lo spostamento del punto B. Quando questi due spostamenti siano di segno contrario, avremo un errore sulla lunghezza A B di 1^m,56.

Ciò che ci indica che tale errore, per essere tollerabile a seconda del Regolamento Modenese, abbisogna che la linea su cui esso è fatto abbia una lunghezza di 527 metri, e che per lunghezze inferiori non può essere tollerato, anche quando si sia lavorato con tutte le debite cautele prescritte.

CONCLUSIONE. — Le premesse fatte condurrebbero ad una semplice conclusione: l'esclusione della celerimensura nella compilazione delle mappe censuarie.

Ma, pur troppo dovendo ammettere che la spesa debba essere una considerazione non disprezzabile, e ben sapendo come in certe località il sistema degli allineamenti non possa dare buoni risultati che mediante forte aumento di lavoro, si sente naturale il bisogno di ricorrere al sistema tacheometrico, anche a pregiudizio di un po' d'esattezza.

Evidentemente però non si può pretendere che i risultati siano migliori di quanto il sistema può dare: è necessario quindi essere meno severi nel fissare le tolleranze.

L'autore, infine, di questo modesto lavoro, che della celerimensura ebbe campo di conoscere le agevolezze ed i difetti, non solo sui libri, ma anche, e lungamente, in pratica; è d'opinione che essa possa dare, se non le approssimazioni attualmente prescritte, almeno discreti risultati, nei luoghi molto accidentati, dove però non sia troppo suddivisa la proprietà, e quando si stabilisca:

(1) F. CAVANI, *Norme pratiche per il rilevamento col tacheometro*, pag. 16, art. 48.

a) che i punti trigonometrici non sieno a distanze maggiori di 1000 metri;

b) che non si facciano lunghe poligonali, ma si interrompano tutte le volte che si presenti l'occasione, fissando la stazione col metodo di Pothénot;

c) che queste poligonali costituiscano una vera rete, con molti punti di controllo, onde non si addizionino gli errori;

d) che sia ben sorvegliata la verticalità della stadia;

e) che soprattutto su di essa non si legga a distanze maggiori di 100 metri e sempre col rapporto di 1/50.

COLLEGIO DEGL'INGEGNERI ED ARCHITETTI IN NAPOLI

RELAZIONE

sul procedimento da seguire

nella formazione del catasto geometrico-parcellario in Italia.

La Commissione nominata dal Consiglio Direttivo del Collegio degli Ingegneri all'incarico di riferire sui procedimenti più adatti da tenersi per la formazione del Catasto Geometrico-Parcellario del Regno, dopo maturo esame, espone il suo particolare parere sulle vie generali da tenersi pel compimento di un'opera di tanta mole, limitandosi solo ad accennare i provvedimenti suggeriti dalla scienza e dalla pratica, e che dovrebbero servire di guida all'esattezza del lavoro.

La Commissione dichiara che scopo unico della sua proposta è di ottenere un lavoro catastale possibilmente perfetto, che non possa mai dare materia a contestazioni, tenendo conto subordinatamente del tempo, della spesa e del personale adatto.

E fuor di dubbio che l'unico elemento cui debbono appoggiarsi le operazioni catastali, come base fondamentale, sono le triangolazioni di 1° e 2° ordine dell'Istituto Geografico Militare, le quali ai di nostri hanno raggiunto una grande precisione.

La Commissione quindi stima che la operazione più importante da compiersi per questa carta catastale è quella di legarsi principalmente alle triangolazioni di 1° e 2° ordine del Regno (eliminando le altre; perchè è principio fondamentale, accettato dai buoni geodeti, di non basarsi mai per ulteriori operazioni su punti geodetici inferiori al 2° ordine) e, servendosi di queste reti, costituire una serie di reti catastali di 1° e 2° categoria (1).

Queste reti catastali si dovrebbero protrarre fino a dare per ogni chilometro quadrato di superficie tre punti geodetici almeno, da servire da stazione alle levate fatte colla tavoletta pretoriana, e dovrebbero avere anche in mira di offrire i confini delle singole provincie e dei comuni della stessa provincia; confini stati già, in conformità dell'articolo 5 della legge, precedentemente definiti dalle autorità competenti.

Per eseguire le triangolazioni catastali suddette potrebbero adoperarsi dei buoni strumenti universali di 0^m,15 o 0^m,16 di diametro a microscopi micrometrici, i quali garantiscono direttamente 5"; e con cannocchiali da offrire 30 volte d'ingrandimento. Questi strumenti rispondono nelle misure angolari di un error medio di quasi 2", il quale apporterebbe presso a poco nella lunghezza dei lati l'errore medio di 0^m,1 per i punti di 1° categoria, e poco più per quelli di 2° categoria.

Riguardo all'ultima parte, che è la levata alla tavoletta pretoriana, la Commissione osserva che, quando trattasi di lavori per superficie, il volere scartare la Tavoletta come uno strumento antiquato, è, secondo il suo modo di vedere, confortato anche dalle ragioni e dagli esperimenti citati nel pregevole lavoro del cav. Francesco Garbolino (2), un pregiudizio puro e semplice; imperocchè questo strumento prezioso, quando è perfettamente costruito e sapientemente adoperato, dà molta precisione al lavoro e sollecitudine a preferenza di molti altri; ed ha pure il vantaggio di offrire un lavoro originale chiaro ai sensi di ognuno, mercé una mappa levata e verificata sopra luogo.

Inoltre la levata alla tavoletta pretoriana si stima potersi eseguire

(1) Così si è fatto per compiere la pianta di Napoli, lavoro importante che ha riscossa l'approvazione in Italia e all'estero. E qui si ricorda che nelle reti geodetiche per la pianta di Napoli al 1/2000, quella di 1° categoria era compensata a piccoli poligoni con 8 o 9 equazioni di condizione, e quella di 2° categoria, che non si sottopone a compensazione rigorosa, perchè ogni punto poggia sopra tre lati compensati, aveva per iscopo di riempire i triangoli con nuovi punti, ed offrire per ogni chilometro quadrato tre punti geodetici.

Tali punti di 1° e 2° categoria dettero le basi alla levata colla tavoletta pretoriana, sulla quale, con altri punti grafici si determinarono con più che sufficiente esattezza pochi punti primordiali da servire di stazione alle operazioni di dettaglio.

(2) FRANCESCO CAV. GARBOLINO, *Sulla costruzione del Catasto Geometrico parcellare in Italia*. — Firenze, 1886.

con tale esattezza da ricavarne, volendo, le tre coordinate dei punti principali (1).

Dopo quanto si è detto, la Commissione stima che una breve triangolazione grafica per determinare i punti principali della levata da eseguirsi col metodo polare, può lasciare tranquillo l'animo di qualunque dissidente e nemico della tavoletta pretoriana; e non è aliena di manifestare francamente anche un altro parere, che cioè il lavoro eseguito con la tavoletta in breve spazio offre garanzia non solo di comodità, speditezza ed economia, ma anche di precisione in confronto degli altri strumenti e degli altri metodi (2).

Infatti il metodo degli allineamenti e quello delle poligonazioni, che si poggiano su misure dirette, danno un rilievo esatto, finché la campagna è piana o pianeggiante; invece danno risultati non soddisfacenti, quando si tratta di operare in terreni acclivi. Tali metodi importano una parte di lavoro abbastanza delicata in campagna, qual'è la formazione dei bozzetti, che deve precedere la levata propriamente detta, ed

(1) In appoggio a questa opinione citiamo un fatto storico, che ebbe luogo nell'ufficio topografico di Napoli. Nel 1834 fu ordinata dal Ministero la carta della frontiera dell'ex-regno di Napoli, ed una sezione di lavoratori, che trovavasi nella pianura di Fondi, mancava di punti geodetici per spandere il lavoro. In conseguenza chiese all'ufficio di Napoli tali punti geodetici, e l'ufficio spedì un triangolatore fornito di piccolo strumento universale Pistor di 0m,11 di diametro, e cercò di fornire in breve tempo un numero sufficiente di punti già stabiliti nello spazio di 50 miglia quadrate di superficie. Ora avvenne che il tempo necessario a compiere la triangolazione geodetica, e quello necessario a fare i calcoli portò un paio di mesi di lavoro. Compiuto il lavoro si mandarono le coordinate dei punti geodetici stabiliti, e come la sezione di Fondi, non volendo perder tempo, aveva determinato alla tavoletta graficamente la maggior parte dei punti geodetici ora ottenuti, così si sovrapposero i punti geodetici ottenuti sopra i punti grafici già determinati, e si ebbe la identità di posizione. Questi lavori debbono essere conservati nell'Istituto Geografico di Firenze e potrebbero constatare la verità dell'asserto.

(2) Vedi sul proposito il sopracitato lavoro del cav. Francesco Garbolino.

un altro lavoro abbastanza lungo a tavolino, qual'è il disegno della mappa.

La celerimensura, che ottiene le distanze sul terreno misurate, egualmente che con la tavoletta pretoriana, per mezzo della stadia, e che offre un metodo senza rivali, ove si tratta di levate di un limitato numero di punti da rappresentarsi ciascuno con le tre coordinate, come nel caso di progetti di strade, canali e simili, non è la più adatta per la levata del Catasto *parcellario*, ove è necessario levare ed *ubicare* uno sterminato numero di linee rette e curve con un enorme numero di punti. E notisi, che con questo metodo, oltre al lavoro di campagna, rimane poi ancora da farsi a tavolino la mappa, che non offre quindi un risultato originale, ma affetto dalla duplice influenza degli errori di campagna e di quelli a tavolino.

Per conseguenza la Commissione resta ferma nella sua opinione, che la costruzione del Catasto geometrico debba essere preparata dalle triangolazioni catastali di 1^a e 2^a categoria, appoggiate alle triangolazioni di 1^o e 2^o ordine dell'Istituto geografico Militare, e le levate debbano compiersi con la tavoletta pretoriana.

La Commissione ha avuto di mira di esporre indipendentemente le sue opinioni, e non ha creduto necessario di trattare per ora dettagliatamente del tempo, della spesa e del personale adatto al compimento dell'opera, siccome questioni che bene si risolveranno senza difficoltà in prosieguo, quando esperimenti comparativi, ben diretti, avranno deciso sulla scelta del metodo.

Napoli, maggio 1886.

La Commissione:

FEDERICO SCHIAVONI, *Presidente* — CAMILLO ROSALEA — FRANCESCO VERNAU — FERDINANDO SAVINO — GIUSEPPE COLICA, *Relatore* — ALBERTO DEBENEDETTI, *Segretario*.

Il Collegio, udite le conclusioni della Commissione, fa voti che la costruzione del Catasto particellare geometrico sia preparata dalle triangolazioni catastali di 1^a e 2^a categoria appoggiate alle triangolazioni di 1^o e 2^o ordine dell'Istituto Geografico Militare, e le levate si compiano con la tavoletta pretoriana.

(Estratto dal processo verbale dell'assemblea generale del giorno 25 maggio 1886).

NOTIZIE

Un regolatore della pressione del gas di A. Battelli e M. Martinetti. — In molti casi e specialmente nei laboratori di fisica e chimica quando si vuol mantenere costante la temperatura di un og-

getto riscaldato, riesce utile il conservare uniforme la pressione del gas che alimenta la lampada riscaldante.

A tal uopo si sono già ideati molti apparecchi fra i quali hanno trovato il maggior favore, per la sensibilità ed esattezza, quelli in cui si adopera una campana galleggiante sull'acqua.

In essi, il gas che va alla lampada, entra pure nella campana galleg-

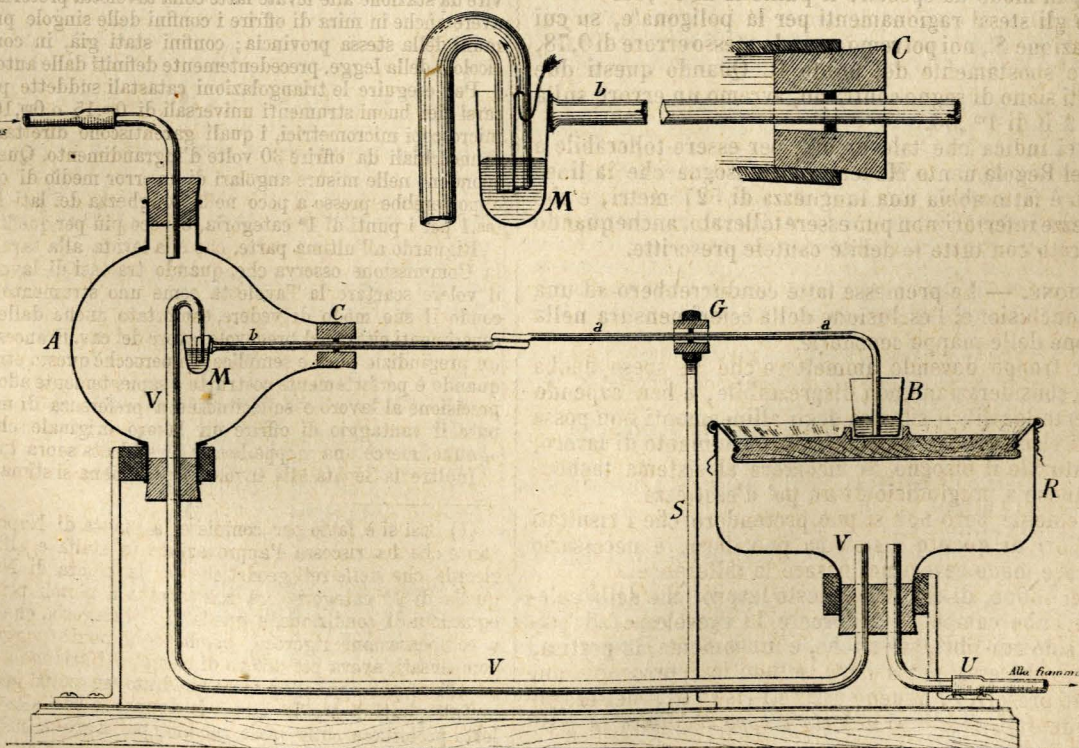


Fig. 72. — Regolatore della pressione del gas per esperimenti da laboratorio.

giante e la solleva più o meno a seconda della sua pressione; questi movimenti vengono trasmessi ad una leva, la quale, per mezzo di un tappo che porta alla sua estremità chiude più o meno la imboccatura del tubo che conduce il gas.

Questi apparecchi però hanno l'inconveniente di ossidarsi se sono di metallo, e di formare ad ogni modo della muffa nell'acqua del recipiente; onde necessitano frequenti ripuliture, che oltre all'essere noiose, costituiscono un pericolo per l'apparecchio quando è di vetro.

Noi abbiamo costruito uno di questi regolatori fondandoci su un principio diverso, in modo però da avere tutta la sensibilità ed esattezza dei regolatori a campana galleggiante, e che non richiede alcuna ripulitura.

Esso presenta inoltre il vantaggio di essere facilmente costruibile da qualunque persona; e di potersi usare senza alcun mutamento nella sua costruzione per le più piccole come per le più grandi pressioni del gas.

Il gas entra in un pallone A a tre tubature, una delle quali è attraversata da un tubo di vetro V destinato a portare il gas alla lampada.

Il tubo V piegandosi opportunamente ad angoli retti immette nel recipiente R, cilindrico, del diametro di circa 20 cm.

Questo recipiente è chiuso al di sopra da una sottile lastra di legno che ha il diametro di 1 cm. circa minore di quello del recipiente, e che è unita ad esso mediante una striscia circolare di pelle, legata strettamente tanto alla lastra di legno quanto all'orlo del recipiente, per impedire il passaggio al gas.

La pelle però non è tesa; per modo che la lastra può liberamente muoversi per lo spazio di circa 2 cm. lungo il recipiente.

Al centro della lastra è fisso il bicchierino B sul cui fondo è addossata l'estremità della verga di vetro α piegata ad angolo retto.

L'asta α , la quale deve funzionare a mo' di leva, è infissa in un anellino di gomma che viene inserito in un tappo pure di gomma G sorretto dal sostegno S.

L'altra estremità della verga α poggia sopra un'altra verga b , la quale passa attraverso a un anellino di gomma che alla sua volta è inserito nel tappo di gomma che chiude la tubulatura C del pallone A.

Questo fulcro otturatore, la cui elasticità permette all'asta b di oscillare attorno al punto C senza che il grosso turacciolo lasci sfuggire il gas, costituisce nella sua semplicità una delle più essenziali particolarità di quest'apparecchio.

In tal guisa i movimenti della lastra di legno vengono con grandissima facilità trasmessi alla punta della verga b che trovasi entro al pallone.

A questa estremità dell'asta b è saldato un piccolo bicchiere di vetro M, che contiene poche gocce di mercurio nel quale si tuffa l'estremità ripiegata del tubo V.

A questa estremità il tubo V è solcato longitudinalmente da una fessura per la quale passa il gas.

Dal recipiente R poi il gas pel tubo U va alla lampada.

Ora se in un dato momento cresce la pressione del gas che arriva nel pallone A, la lastra di legno del recipiente R si innalza, e corrispondentemente si innalza il bicchierino M e resta perciò otturata una parte della fessura del tubo V, nel recipiente R giungerà quindi una quantità minore di gas.

Viceversa se la pressione diminuisce rimane aperta una porzione maggiore della fessura e pel tubo V andrà alla lampada una quantità maggiore di gas.

Con questo sistema si mantiene la pressione perfettamente costante, sia che si tratti di pressioni molto alte, che molto basse.

Perchè se la pressione del gas è debole si lascia il bicchiere B vuoto — se invece è grande si aumenta opportunamente il peso della lamina di legno versando nel bicchiere B la quantità di mercurio necessaria.

Noi abbiamo assoggettato l'apparecchio a molte prove sia con pressioni basse che con pressioni alte, ed abbiamo sempre ottenuto buoni risultati.

L'apparecchio può venire fissato sopra una tavola di legno; del resto chiunque lo può facilmente costruire fissando con morsette le varie parti ad un comune sostegno da laboratorio.

A. BATTELLI. — M. MARTINETTI.

La nuova stazione di Palermo. — Il 7 giugno si è inaugurata la nuova stazione di Palermo.

Essa costò circa tre milioni.

Il progetto definitivo fu redatto dalla Direzione dei lavori della Società delle Ferrovie Meridionali.

I lavori furono appaltati all'ingegnere signor Achille Albanese e la direzione di essi venne affidata all'ingegnere Parenti, capo della prima Sezione di manutenzione. Il commendatore Billia, allora ingegnere capo del Genio civile, ne ebbe dal Governo l'alta sorveglianza.

Il progetto del fabbricato viaggiatori, è dell'ingegnere architetto De Giovanni e l'autore della bella tettoia di ferro è l'ingegnere Caio.

L'intera stazione comprende le seguenti opere:

1. Fabbricato viaggiatori; 2. Rimessa per le locomotive; 3. Rimessa per le vetture; 4. Magazzini per gli approvvigionamenti; 5. Magazzini per le merci; 6. Magazzini per la manutenzione; 7. Piani caricatori sco-

perti; 8. Officina per la riparazione veicoli; 9. Officina per i verniciatori e tappezzeri; 10. Il riempimento per la formazione del piazzale interno e la costruzione degli occorrenti muri di cinta ed acquedotti di scolo; 11. L'armamento dei binari, e l'impianto dei meccanismi fissi.

Il fabbricato viaggiatori è un edificio isolato a pianta rettangolare; il lato che forma la fronte verso via Lincoln è di metri 78 26, quello che forma il fianco misura metri 105 12. La parte interna, coperta da grande tettoia, misura metri 40 X 90 81, comprende sei binari, separati da quattro marciapiedi, e questo spazio è coperto da una gran tettoia in ferro, con copertura alternata di zinco e cristalli.

La gran tettoia in ferro è uno dei più bei lavori di costruzione meccanica, sia per la solidità che la fa resistere a qualunque urto di vento, sia per la sveltezza e l'eleganza veramente rimarchevoli.

Tutto il fabbricato che circonda e chiude per tre lati lo spazio sopra-detto comprende nell'ala verso mare, e precisamente nella parte centrale, l'avancorpo costituente il vestibolo delle partenze, decorato internamente con colonne isolate e pilastri d'ordine composto.

Tutto l'edificio è cinto da un magnifico porticato con volta a vela, il quale mette in comunicazione i due vestiboli degli arrivi e delle partenze.

Di quanta utilità esso riesca non è a dire: basti tener presente che i passeggeri e tutte quelle persone che han bisogno di andare da un ufficio all'altro, possono benissimo circolare rimanendo sempre al coperto.

(Bollettino del Collegio degli Ingegneri di Napoli).

Ferrovia Torino-Rivoli. — Dati statistici sull'esercizio 1885.

— L'esercizio della ferrovia economica Torino-Rivoli, nella sua estesa di 12 chilometri di lunghezza, diede luogo durante l'annata 1885, alla formazione di 6501 treni misti, cioè mediamente 17,81 convogli per giorno con una percorrenza di treni-chilometri 78,012.

La composizione media dei treni risultò di 1,00 locomotiva di 5,11 vetture-viaggiatori, e di 1,08 vagoni merci e bagagli.

Le locomotive fecero insieme 78,938 chilometri, le 33 vetture insieme 398,992 chilometri e i carri merci, in numero di 6, chilometri 85,859. Con detta percorrenza si trasportarono 467,784 viaggiatori; 101 tonnellate bagagli e merci a grande velocità e 3618 tonnellate merci a piccola velocità.

Il numero dei viaggiatori di 1^a classe fu di 67,362 e di 400,422 quelli di seconda, con un prodotto per i primi di lire 40,545.27 e per i secondi di lire 107,817.55 in ragione cioè del 27 0/10 gli uni e 73 0/10 gli altri; di lire 0.60 per ciascun viaggiatore di prima, di L. 0.27 per ognuno di quelli di seconda, e di L. 0.037 per ogni viaggiatore-chilometro.

La percorrenza dei viaggiatori ascese a 4,030,068 chilometri in totale; di questi 710,092 debbono riferire ai viaggiatori di 1^a classe, i quali mediamente percorsero chilometri 10 ciascuno, mentre il percorso medio dei viaggiatori di 2^a classe sarebbe stato di chilometri 8.

La percorrenza delle merci fu in totale di chilometri 11,250 per la grande velocità e 40.001 per la piccola, con un prodotto medio per tonnellata-chilometro di L. 0,590 per le merci a grande velocità e di L. 0,137 per tonnellata-chilometro di merci a piccola velocità.

I prodotti della linea, depurati dalle imposte governative, furono in complesso di L. 155,061.14 e le spese in lire 94,148.25 con un utile quindi a favore dei concessionari di lire 60,912.89, e di lire 31,863.06 a favore del Governo per tasse erariali e di bollo (non compresa la ricchezza mobile) cioè lire 2655.25 di tasse per chilometro di linea.

Gli incassi della ferrovia furono di lire 186,924.20 e gli introiti brutti depurati dalle succitate tasse erariali e distinti per categoria risultarono di:

Viaggiatori	L. 148,362.82
Bagagli e merci a grande velocità	» 671.83
Merci a piccola velocità	» 5,487.94
Prodotti diversi	» 538.55

Totale L. 155,061.14

Le spese d'esercizio della linea, distinte per categoria vanno così ripartite:

Spese generali d'amministrazione ed esercizio	L. 21,829.15
Sorveglianza e manutenzione della strada	» 17,129.70
Movimento e servizio commerciale	» 18,719.50
Trazione e materiale	» 36,469.25

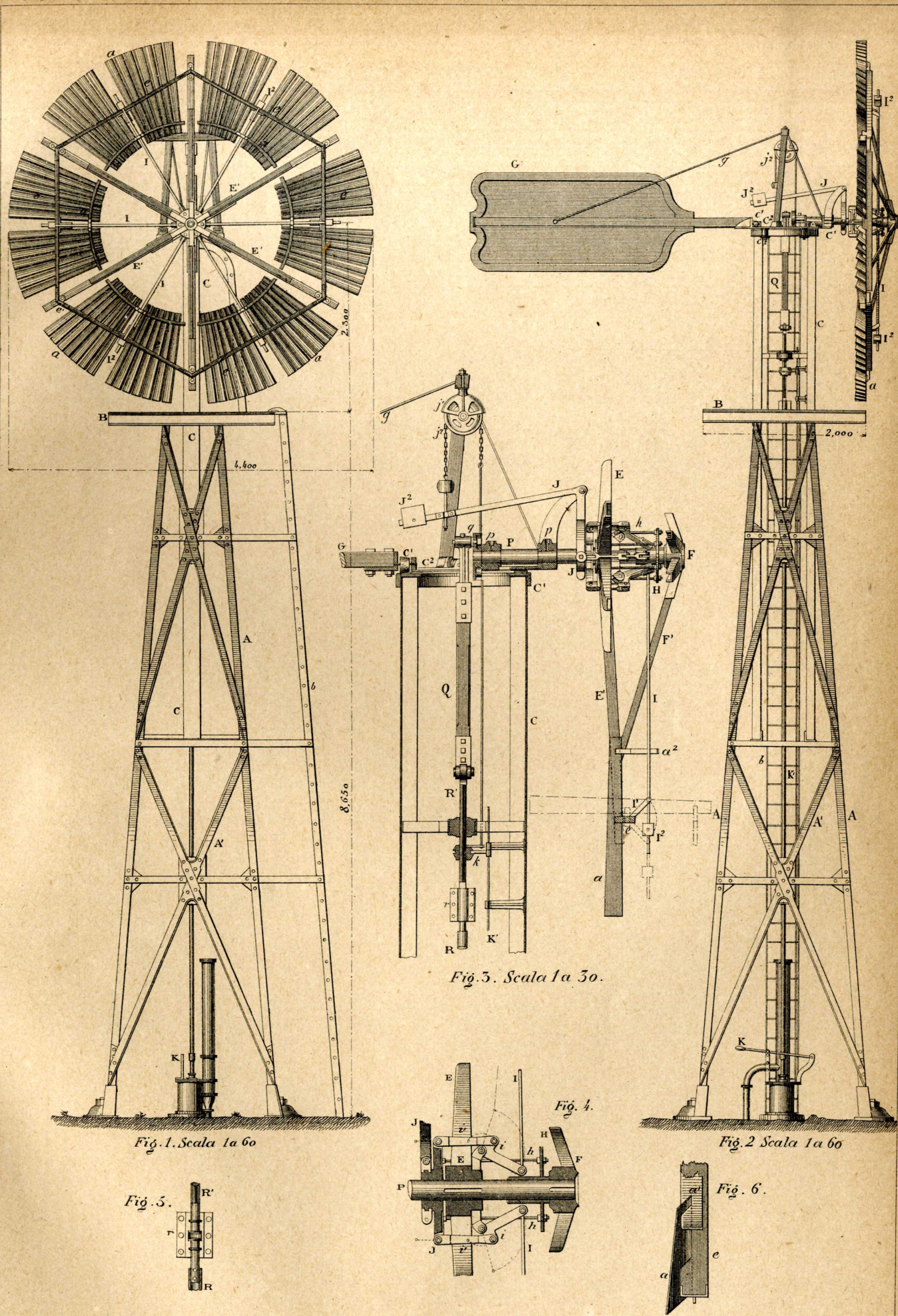
Totale L. 94,148.25

Per ogni chilometro di linea si ebbero:

L. 15,577.01 d'introiti lordi.
» 12,921.76 » depurati dalle tasse.
» 7,845.79 di spese.

Si ebbe un beneficio netto chilometrico di L. 5076.07; un introito convoglio-chilometro di L. 1.98; una spesa convoglio-chilometro di L. 1.21, risultando così un introito netto convoglio-chilometro di L. 0.77,

Il direttore dell'esercizio
Ingegnere LORENZO RAIMONDO.



Tip. e Lit. Camilla e Bertolero, Torino.