

L'INGEGNERIA CIVILE

B

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.

COSTRUZIONI IDRAULICHE E STRADALI

I LAVORI PUBBLICI NEL CANTONE DI VAUD

INTRODUZIONE.

Le esposizioni, fra le altre buone cose, danno occasione alle amministrazioni pubbliche di gettare uno sguardo retrospettivo sulla propria gestione, di rendersi conto dell'opera passata e di riandare passo passo tutto quanto da esse è stato fatto fino al momento in cui tale esame viene intrapreso.

Questa specie di rivista è utilissima sotto ogni aspetto, poichè permette, non solo di vedere singolarmente le opere eseguite nel loro complesso, ma anche di apprezzarne gli effetti, e dà campo di considerare se le spese incontrate, e bene spesso i sacrifici sopportati, sono in giusto rapporto coi vantaggi ottenuti. Non è d'uopo che io insista maggiormente sulla grande utilità che da ciò deriva all'amministrazione stessa, poichè non vi è chi non convenga, che l'esperienza del passato è maestra dell'avvenire e se, non sempre di propria iniziativa e solo per edificazione propria, un'amministrazione si indurrebbe a rivedere con accuratezza e interesse tutto il suo passato, e quindi non avrebbe occasione di acquistarsi quella esperienza che ne è la conseguenza, il doverne fare un'esposizione che da tutti può venir esaminata e studiata, e l'emulazione che necessariamente si risveglia, la inducono a fare questo lavoro, dal quale poi è essa la prima a trarre il maggior profitto.

E di questa natura è la pubblicazione che il Dicastero dei lavori pubblici del canton di Vaud ha fatto in occasione della recente esposizione di Ginevra (1) a mezzo dell'egregio suo ingegnere-capo Luigi Gonin, pubblicazione che noi prenderemo a guida nella rassegna che ci proponiamo di fare dei lavori pubblici di quel Cantone e della sua amministrazione.

Il primo organamento di questa amministrazione non risale al di là del secolo attuale, e la prima legge che abbia stabilito una classificazione delle strade è quella del 24 luglio del 1811. In seguito l'amministrazione subì varie trasformazioni fino a che nel dicembre del 1885 ricevette il suo assetto attuale, secondo il quale viene divisa in due servizi: il primo di essi comprende l'amministrazione e il mantenimento, il secondo gli studi e le costruzioni. Dal primo, oltre la viabilità ordinaria, dipendono pure la manutenzione delle rive dei laghi e dei corsi d'acqua, la navigazione, le concessioni relative e la fluitazione, con una spesa totale che nel 1894 fu di L. 570 497,95.

Al secondo servizio appartengono tutti i lavori nuovi (il cui importo oltrepassa le mille lire) per le strade, i ponti e i corsi d'acqua, nonchè le strade ferrate, le miniere e la topografia. La spesa generale concernente il medesimo fu nel 1894 di L. 938 045,95.

I. — VIABILITÀ ORDINARIA.

La parte più importante dei lavori pubblici è senza dubbio la viabilità; essa è sempre stata per una regione una delle condizioni principali della sua prosperità tanto economica, quanto amministrativa, perciò le nazioni che portarono la loro cura alla creazione di una buona rete stradale ed allo

sviluppo della medesima, furono sempre in grado di trarre dai prodotti e dalle fonti di ricchezza propria, il maggior vantaggio possibile.

La legge sopramenzionata del 1811 non comprendeva che due classi di strade cantonali; successivamente ne venne aggiunta una terza, e più tardi, quando cioè cominciarono le costruzioni ferroviarie, si ridussero di nuovo a due fino a che, allargatasi assai la rete delle vie ferrate colla legge del 26 novembre 1888, si stabilì un'unica classe di strade cantonali, relegando tutte le altre fra le comunali. Questa classificazione è quella che meglio corrisponde ai bisogni ed alle aspirazioni del paese; il suo criterio principale consiste nell'accordare per lo meno una strada cantonale ad ogni Comune. Il numero totale di strade cantonali viene così ad essere di 304 con una lunghezza complessiva di 1823 chilometri; il che corrisponde a metri 565 per chilometro quadrato ed a m. 725 per 100 abitanti di popolazione. Queste cifre sono eloquenti e, in confronto alle medesime, le corrispondenti pel regno d'Italia sono ben meschine. Infatti, fra strade nazionali e provinciali, computando anche quelle ancora da costruire ma già decretate, noi non avremo che metri 166 per chilometro quadrato e metri 154 per 100 abitanti; tenendo poi conto anche di tutte le strade comunali obbligatorie costruite e da costruirsi, si arriva appena ad avere una media di 424 metri per chilometro quadrato, e di 429 metri per 100 abitanti.

La manutenzione viene fatta da 400 stradaruoli sotto la sorveglianza diretta di 19 capi-cantonieri. La lunghezza media di ogni tratta o cantone assegnata ai medesimi è di 4457 metri e il consumo di materiale di rifornimento fu nel 1894 di metri cubi 32,5 per chilometro; la spesa totale risultò di L. 461 784,75 tutto compreso, ossia L. 253,31 per chilometro. In Italia la spesa media di manutenzione per le strade nazionali oscilla intorno alle L. 700 per chilometro. Quella delle strade provinciali discende molto più sotto (1).

I lavori di nuova costruzione per le strade sono per $\frac{7}{10}$ a carico dello Stato e per $\frac{3}{10}$ a carico dei Comuni interessati. La ripartizione di questi tre decimi ha luogo fra i Comuni che hanno un interesse diretto nella correzione o lavoro nuovo da eseguirsi, e i criteri adottati sono: la somma generale dei valori di catasto per ciascun Comune, e il grado d'interesse stabilito in decimi da 0 a 10 che il medesimo ne ricava, tenendo conto delle distanze, delle rispettive situazioni topografiche e della natura dei mezzi d'accesso esistenti. Il prodotto della somma dei valori catastali pel coefficiente così determinato, dà la quota che serve come termine di proporzione per la ripartizione delle spese.

Le strade hanno una larghezza variabile fra m. 4,80 e 6 in piena campagna; essa viene ancora ridotta a m. 4,20 nelle montagne, mentre intorno alle città e stazioni ferroviarie si accresce fino a 12 e 15 metri. Esistono pure delle strade anteriori alla costruzione delle ferrovie, che hanno una larghezza variabile da 10 a 12 metri.

Per facilità di servizio l'intero cantone è diviso in sette distretti stradali.

Quantunque la vera origine di una viabilità razionale non risalga addietro oltre il secolo decimonono, è però un fatto che al momento della pubblicazione della legge 24 luglio 1811 esistevano già 40 strade della prima categoria e 17 di quelle

(1) *Mémorial des travaux publics du Canton de Vaud*, 1896. — Lausanne, imprimerie Georges Bridel et C.

(1) Nella provincia di Teramo abbiamo m. 591 di strada per ogni chilometro quadrato e metri 632 per ogni 100 abitanti. La spesa media di manutenzione oscilla intorno a L. 230 per chilometro.

destinate alle relazioni interne e di minor importanza, le quali tutte erano state costruite nel secolo precedente sotto la dominazione bernese. Nel periodo dal 1826 al 1894 lo Stato di Vaud ha compiuta la propria rete spendendo per nuove strade la bella cifra di 23 milioni (1). La popolazione ha presto compreso l'utilità delle medesime, e mentre in seguito alle guerre della rivoluzione francese si temeva dappertutto la costruzione di nuove strade, quasi fossero un'occasione per attirare gli eserciti e gli accampamenti militari, ora la necessità della loro costruzione è divenuta popolarissima, sicchè tutti concorrono volentieri nella spesa, rendendo così facile il completamento della rete stradale e la rettificazione di quelle che hanno ancora pendenze troppo forti.

Un altro fatto da rilevarsi è il seguente: all'origine delle ferrovie si era fatta strada l'opinione, che esse dovessero rallentare il traffico sulle vie ordinarie e quindi far cessare la necessità della loro costruzione. Si è verificato invece il contrario, poichè le ferrovie hanno stimolato sempre più la circolazione, richiamando a sè tutto ciò che poteva usufruirne, donde la necessità sempre maggiore di migliorare le strade esistenti e di aprirne delle nuove.

Con una viabilità così ben sviluppata è evidente che anche il numero di ponti in servizio della medesima deve essere considerevole; essi però non offrono delle specialità che meritino una particolare descrizione; lo stesso ingegnere-capo Luigi Gonin, nel *Mémorial*, non fa che accennarli di volo, classificandoli in quattro categorie: ponti antichi, moderni in muratura, ponti sospesi e ponti metallici.

E' degno di nota che nei secoli passati, anche quando non si costruivano strade, si facevano però dei ponti; il bisogno di attraversare i corsi d'acqua, di rilegare una sponda all'altra, rendeva la loro costruzione necessaria; mentre sul terreno in qualche modo, anche senza una strada regolare, le persone e gli animali potevano viaggiare. Molti di questi ponti si sono mantenuti fino ai nostri tempi, e però siccome la maggior parte di essi non era destinata ai veicoli, così si dovettero abbattere per sostituirne altri con maggior larghezza. In alcuni luoghi poi, la demolizione loro fu motivata specialmente dalla necessità di dare una luce più ampia alle acque del fiume o torrente scavalcato. Tuttavia alcuni ponti di antica costruzione sono ancora rimasti.

Fra i ponti moderni in muratura sono degni di essere menzionati il viadotto Pichard a Losanna, che è a doppia serie di archi; quella inferiore però, la quale consta di sei archi, è stata rinterrata in causa dei lavori per la funicolare e la stazione del Flon; la serie superiore conta 19 archi dei quali 3 ciechi. L'altezza effettiva di questo viadotto è di 25 metri dei quali ora 12 soli sono visibili; rimarchevoli sono le pile degli archi superiori aventi una grossezza di metri 1,80, ossia il quarto della luce, che è di m. 7,20.

Questo ponte, la cui larghezza fra le facce interne dei parapetti era in origine di m. 9,90, non bastando più al traffico ordinario, venne recentemente allargato, mediante l'aggiunzione di marciapiedi laterali in ferro, ottenendosi così una larghezza di m. 12,90 (2).

Il ponte di Orbe sull'Orbe è a un sol arco a pieno centro del diametro di m. 36; la sua larghezza è di m. 7,95.

Il ponte di Lucens sulla Broye è pure di un arco solo, la cui corda è di m. 24, la saetta di m. 3 e il raggio di m. 25,50. Per questo ponte (costruito dal 1859 al 1864) si fecero delle esperienze sui materiali disponibili nella località e che vennero impiegati; i risultati furono assai soddisfacenti, poichè si trovò che il carico medio di schiacciamento era di chilogrammi 212,10 per cm. q.; mentre le pressioni massime calcolate erano di chg. 20,87 per cm. q. alla chiave, di chilogrammi 11,18 alle imposte e di chg. 8,21 nelle fondazioni.

Di ponti sospesi per strade carrozzabili, ne esiste uno solo,

sul Rodano fra Saint-Triphon e Collombey costruito dal 1840 al 1842; la sua lunghezza è di m. 63; la larghezza di m. 4,65. Vi sono altri due ponti sospesi ma semplicemente pedonali.

Esistono invece numerosi ponti in ferro; i primi di essi, in numero di due, furono costruiti nel 1856, il che è notevole, non essendosi allora generalizzato l'uso delle costruzioni metalliche come oggidi in servizio delle strade ordinarie. In seguito se ne costruirono parecchi altri, fra i quali degni di nota quello sulla Broye alla Sauge a traficchio, con una lunghezza di m. 48, e numerosi ponti ad arco colla corda rispettivamente di m. 28; 29; 32; 37; 37,30 e 56, nonchè molti altri minori; indi quello della Chandelard fra Losanna e Belmont con una trave di metri 70 sostenuta da un arco di m. 57 di corda e m. 10,50 di saetta.

II. — LAGHI E CORSI D'ACQUA.

CRITERI AMMINISTRATIVI.

La necessità di eseguire dei lavori di correzione nei corsi d'acqua si manifesta quando la popolazione di un paese aumenta e sente il bisogno di occupare una maggior superficie di terreno, quindi di assegnare a ciascun corso d'acqua un alveo particolare dentro il quale possa smaltire, non solo le piene ordinarie, ma anche quelle straordinarie, e impedire così che straripi o che segua un andamento disordinato, minacciando le produzioni agricole, le abitazioni e gl'impianti industriali.

Tale necessità si fa pure sentire quando il corso d'acqua, ben corretto, sia in grado di offrire una via facile ai trasporti; questo secondo caso però non si verifica nel canton Vaud, dove non abbiamo che correzioni di fiume nel primo significato; queste vengono divise in tre categorie distinte secondo che si tratta di torrenti di montagna nelle loro parti superiori, o dei medesimi nell'attraversamento dei loro conchi di deiezione, o di fiumi nel loro tragitto in pianura. A queste tre categorie una quarta devesi aggiungere, nella quale si comprendono i lavori di prosciugamento di paludi o pianure umide.

I principii direttivi adottati dall'Amministrazione del canton di Vaud nell'esecuzione dei vari lavori, sono i medesimi che vengono seguiti dappertutto dove si tratta di correzione di torrenti, e cioè: per quelli della prima categoria si combatte la corrosione del letto del torrente e delle pendici sulle quali si raccolgono le acque che in esso sciolano.

Per quelli della seconda categoria si procura di stabilire un alveo sufficiente a smaltire le acque che il torrente conduce, senza che possano straripare sui terreni circostanti, nè corrodere o fare depositi. Nella terza categoria lo scopo è il medesimo, ma i lavori da eseguirsi sono diversi. I lavori dell'ultima categoria poi, sono di più facile esecuzione degli altri, non richiedendosi altro, che lo scolo delle acque sotterranee e superficiali, secondo la linea di massimo pendio, o mediante canali tanto profondi da abbassare il pelo freatico per quanto è possibile.

Tutti questi lavori si eseguivano dapprima a cura e spese degli interessati, proprietari o Comuni; ma ben presto si fece strada il convincimento che, per raggiungere lo scopo, occorrevano lavori di ben maggior importanza, i quali richiedevano uno studio d'insieme e non potevano venire lasciati al beneplacito di singoli proprietari o dei Comuni. Allora lo Stato credè opportuno di intervenire, e nei vari decreti coi quali disciplinavasi la materia, introdusse il principio che lo Stato dovesse pure concorrere nella spesa con adeguato sussidio. Ma anche questo intervento non sarebbe stato sufficiente a condurre a buon fine le grandi correzioni di cui parleremo in appresso, se la Confederazione non fosse venuta in soccorso con provide leggi.

Così troviamo che fino al 1877, ossia prima dei sussidi federali, le spese venivano ripartite fra lo Stato del canton di Vaud e gli interessati nella proporzione di $\frac{2}{5}$ il primo e $\frac{3}{5}$ gli altri.

Dal 1877 al 1896 la ripartizione veniva fatta per $\frac{1}{3}$ a carico della Confederazione, $\frac{1}{3}$ e qualche volta anche meno, a carico degli interessati e il resto veniva sopportato dal Governo del cantone. Finalmente con legge del 1894 fu deciso che, a partire dal 1896 la Confederazione vi concorra per $\frac{1}{3}$

(1) Nella provincia di Teramo la spesa totale di tutte le strade costruite, nazionali, provinciali e comunali (1699 chilometri), ammonta approssimativamente a L. 31 113 779, e quella per le sole strade nazionali e provinciali (600 chilometri) a L. 18 985 995.

(2) I lavori di allargamento sono descritti nella notizia del professore Gaudard, pubblicata nel *Génie civil* del 1894 ed anche in estratto a parte.

a $\frac{2}{3}$; lo Stato di Vaud per $\frac{1}{3}$, e il rimanente restò a carico degli interessati.

La legge però autorizza la Confederazione ad accordare, in casi speciali, anche sussidi maggiori. La ripartizione delle spese fra gli interessati avviene secondo il sistema suggerito da Surell, sulla base cioè del valore del terreno e dei vantaggi che esso ritrae dai lavori che si eseguono.

III. — IL RODANO E LE SUE ARGINATURE.

La correzione del Rodano, dall'origine fino alla sua foce nel lago di Ginevra, sarebbe oggetto interessantissimo per una monografia; lo scopo però che noi ci siamo proposti, di accennare cioè ai lavori pubblici più importanti del canton Vaud, ci obbliga a limitare la nostra descrizione agli ultimi 20 chilometri del suo corso, che sono i soli appartenenti al canton Vaud, ed anche di questi limitatamente alla riva destra, poichè la sinistra, insieme col rimanente del fiume, si trovano sul territorio del canton Vallese.

La correzione del Rodano non si limita già alla sua asta, ma comprende anche gli affluenti Grvonne e Grande-Eau, nonchè la pianura nell'ultimo tratto, la quale si dovette prosciugare con opportuni canali, di cui diremo in appresso.

Il Rodano ha origine all'altitudine di m. 1750 dal ghiacciaio omonimo, ed ha una lunghezza, fino alla sua foce nel Lemano, di 162 chilometri. Il suo bacino imbrifero è di 5357 kmq., dei quali 375 sono coperti di ghiacci o nevi; la sua caduta totale in questo percorso è di m. 1375; però nell'ultimo tratto di 25 km. si svolge in una pianura bassa e con una pendenza lievissima, che in media è di m. 0,0011 circa.

Nella massima magra, la sua portata non è ordinariamente maggiore di 30 a 40 mc. per minuto secondo; talvolta discende eccezionalmente anche al disotto di questo volume. Le piene ordinarie durano di solito dal luglio al settembre e la portata del fiume non oltrepassa quasi mai i 700 mc.; nelle piene straordinarie però arriva a 1200 e 1500 mc. per minuto secondo. Queste avvengono generalmente in primavera o nell'estate, qualche volta anche in autunno, rarissime volte in inverno.

La strettezza della valle e il numero grandissimo di affluenti che tutti vi apportano quantità di materiale, hanno dato luogo ad una struttura rimarchevole, quella cioè di piani disposti a gradoni e separati gli uni dagli altri mediante cadute ripidissime. Questa condizione di cose faceva sì che, prima della sistemazione, nei tratti a pendenza debole il letto del fiume si elevava per continui depositi di alluvione; lateralmente gli affluenti coi loro conii di deiezione ostruivano non solo le vallate da dove sboccavano, ma restringevano eziandio la valle stessa del Rodano, cosicchè nelle epoche di piene e straripamenti, le acque soggiornavano nei bacini formati dai rialzamenti del terreno, diminuendo la portata della piena ed allungandone la durata. I lavori eseguiti hanno completamente modificato il regime del fiume, il quale è stato rinchiuso fra due arginature longitudinali che non gli permettono più di straripare sui terreni latitanti.

Gli affluenti si sono resi innocui a mezzo di serre costruite nella loro parte alta, dove vengono ritenuti i materiali che erano soliti convogliare nel recipiente; dei canali sotterranei prosciugano le terre dove prima si avevano ristagni, e ne smaltiscono rapidamente le acque. Così fu possibile di sopprimere le inondazioni e lo stazionamento delle acque nei bacini laterali, con grande vantaggio dell'agricoltura e dei riveraschi.

Da quanto già abbiamo accennato, il lettore avrà compreso che non si è arrivato di piè pari ad un risultato così felice; è avvenuto qui quello che si è pure verificato altrove, e che noi abbiamo avuto occasione di descrivere, anche nella nostra Memoria sull'Adige (1). I primi lavori eseguiti dagli interessati, senza un piano d'insieme, nè una guida superiore, si fecero in modo irregolare, con uno scopo immediato e senza preoccupazione delle conseguenze che potevano avere sul regime del fiume. Cosicchè non pochi di essi servivano a difendere momentaneamente una proprietà, ma lanciavano le acque fuori dell'alveo dalla parte opposta.

Tuttavia giova menzionare i pochi lavori eseguiti a regola d'arte da Haller, direttore delle Saline di Bex, nel secolo passato, i quali costituiscono un'eccezione. Il principio però della correzione regolare del fiume non risale che al 1825, quando i vari comuni, in continua discordia fra loro, incapaci di sopprimere i numerosi abusi che si andavano facendo, si rivolsero ai loro rispettivi Governi, i quali, per iniziativa del cantone di Vaud tennero una conferenza intercantonale, nella quale si stabilirono delle norme generali, e alcune di esse sono tuttavia riconosciute. In base a queste norme si compilarono dei progetti che furono discussi e approvati in una seconda conferenza, tenutasi nel 1829. I comuni però si spaventarono per la spesa e fecero opposizione. Allora nel 1836 il canton Vaud avocò a sè la pratica, e con decreto del 24 maggio 1837 sanzionava una convenzione intercantonale, la quale stabiliva il tracciato del fiume, le larghezze da assegnarsi, l'interrimento dei vari bracci secondari del Rodano, e proibiva in modo assoluto le opere offensive. Quest'ultima disposizione si ispirava al rapporto di Charpentier, nel quale si patrocinava già il sistema degli argini ortogonali e si proscrivevano i repellenti inclinati verso valle.

Col decreto citato, il Consiglio di Stato veniva autorizzato all'esecuzione dei lavori ed a trovare i mezzi finanziari occorrenti. Questi vi mise subito mano, spendendo 350 000 lire in sei anni, riscosse dai proprietari e Municipi interessati.

Nel 1844 il Gran Consiglio, con un nuovo decreto, rinnovava i poteri dati al Consiglio di Stato, per altri 6 anni, votando contemporaneamente un sussidio dello Stato di 20 mila lire una volta tanto, da distribuirsi fra i comuni interessati; questa è l'origine dei sussidi governativi. Prima però ancora che si compissero i sei anni, e cioè, il 1° febbraio 1847, in seguito a una grande inondazione verificatasi nel 1846 e che produsse varie rotte, il Gran Consiglio stabilì a 500 000 lire l'importo dei lavori da eseguirsi a partire da quell'epoca e nello spazio di 10 anni. Per i fondi necessari, destinava gli interessi delle somme assegnate per la manutenzione, e le rendite della fluitazione, che veniva valutata a 5000 lire per anno; e ciò oltre al concorso annuale dello Stato per $\frac{2}{5}$, per $\frac{1}{5}$ dei Comuni, e per $\frac{2}{5}$ dei proprietari i cui terreni si trovavano nel perimetro di protezione dei lavori.

E così arriviamo fino al 1862, ossia fino all'epoca in cui incominciano i sussidi della Confederazione. Dal 1836 al 1862 si spesero per la sola sponda del cantone di Vaud 1 282 000 lire.

Dopo le inondazioni avvenute nel 1860, il canton Vallese fece degli studi generali di arginamento di tutto il Rodano ed ottenne (nel 1863) dalla Confederazione un sussidio di lire 2 640 000 (1); il cantone di Vaud si preoccupò delle conseguenze che potevano derivare alla propria sponda, per effetto del cambiamento di regime che si verificherebbe nel Rodano al seguito dei lavori che si sarebbero fatti dal canton Vallese, e studiò per proprio conto e per la parte sua un progetto di insieme il cui importo saliva a 2 500 000 lire, somma che sembrò allora straordinaria, ma che l'avvenire ha perfettamente giustificata. Sotto l'impressione del momento però venne ridotta, dopo sette anni di discussioni, a 750 000 lire. La Confederazione accordò un sussidio di 300 000 lire, delle quali 50 000 per la correzione degli affluenti e il rimanente per quella del Rodano.

Intanto dal 1862 al 1870 si erano spese già lire 229 000 e nel 1883 tutte le somme stabilite erano state consumate, senza che si fosse compito l'intero arginamento. Ma ciò non è tutto; si riconobbe la necessità di sopralzare gli argini, il che prima la Confederazione non aveva voluto ammettere, e si studiò un nuovo progetto nel quale si abbandonava il sistema fino allora seguito, di pennelli inclinati, per sostituirvi quello attuale, di cui diremo in appresso.

Tali lavori venivano preventivati in lire 840 000 e approvati il 30 luglio 1885, ma poi portati a lire 870 000, sulla quale cifra la Confederazione accordava il proprio contributo

(1) Pubblicata in questo stesso periodico, anno 1896.

(1) Il preventivo per la parte compresa nel suo cantone, era di lire 7 906 000; per l'esecuzione dei lavori era fissato il termine di 12 anni.

in lire 290 000, stabilendosi per l'esecuzione dei lavori il termine di sei anni.

Fu allora che s'introdussero i fascinaggi, sistema che permetteva di lavorare con molta arditezza, e nell'istesso tempo con grande economia, e che da molti anni era in uso nell'Alzazia e nel cantone di Berna. Si organizzò il servizio con rigore e si chiamarono degli operai speciali abituati a questo genere di lavoro, e così fu possibile di ottenere una sistemazione completa, la quale, mettendo al sicuro le due rive in modo definitivo, ha notevolmente migliorato il regime del fiume. La spesa fatta in questo periodo ascese a 890 000 lire.

Tuttavia, in causa del cambiamento di sistema, si riconobbe la necessità di modificare in vari punti i lavori più antichi, e così si compilò un ultimo progetto di lavori di finimento, il cui ammontare ascendeva a 800 000 lire, e già si è messo mano ai medesimi, anzi saranno presto ultimati, dopo di che la spesa generale dal 1870 in poi, risulterà di lire 2 590 000.

In conclusione la storia della correzione del Rodano, esclusi gli affluenti, si può dividere in quattro distinti periodi, trascurando ciò che si era potuto fare nel secolo passato, poichè non vale la pena di essere ricordato, e così:

Nel 1° periodo fino al 1836 si hanno lavori eseguiti saltuariamente e isolatamente dai Comuni interessati, coi suggerimenti di Pichard e Venetz, ingegneri distintissimi, ma senza un piano d'insieme.

Nel 2° periodo, dal 1836 al 1862, i lavori assumono un carattere d'insieme più preciso dietro le istanze di Pichard, Venetz e di Charpentier, e vengono sussidiati dallo Stato. La spesa totale fu di lire 1 280 000.

Nel 3° periodo, dal 1865 al 1886, lo Stato di Vaud prende l'iniziativa e a mezzo del suo Ufficio tecnico fa elaborare i progetti necessari. La Confederazione interviene e sussidia. La spesa complessiva fu di 900 000 lire.

Finalmente nel 4° periodo, dal 1887 al 1896, la Confederazione coopera pure nella compilazione dei progetti e loro esecuzione. Si stabiliscono in modo definitivo le linee di sponda e su quelle si eseguono i lavori.

Ad un ingegnere speciale viene confidata la direzione dei lavori e in sei anni si spendono 890 000 lire.

In totale, quindi, tenendo conto anche dei lavori di finimento in corso, valutati come si è detto più sopra a lire 800 000, la spesa complessiva viene ad essere di 3 870 000 lire.

La correzione del Rodano ha un'importanza ben maggiore di quella che si potrebbe supporre, in quanto che il sistema adottato non è comune, o per lo meno all'epoca in cui fu proposto non gli era stato dato gran sviluppo in altri fiumi, ed ancora oggi non l'abbiamo visto impiegato che in pochissime sistemazioni. Aggiungasi che i pareri di uomini eminenti gli erano stati sfavorevoli. Il prof. Culmann, nella sua Rela-

zione al Consiglio federale sui torrenti della Svizzera (1), dichiarava di non ritenere conveniente tale sistema pel Rodano, poichè la rigidità e la durezza dei lavori in esso previsti non corrisponde affatto al modo di costruzione, che nei grandi fiumi tedeschi l'esperienza aveva già sanzionato come il migliore. Da questa sua opinione non valse a distoglierlo la visita ai lavori eseguiti sul Rodano nelle vicinanze di Raron, per una lunghezza di 3 chilometri e mezzo, e in due o tre altri punti su scala assai minore, ma dove l'esito era stato soddisfacente, tanto che nella sua conclusione, sebbene non osasse consigliare l'abbandono assoluto del sistema, non poté fare a meno di osservare (2), che il vero modo e il più economico di sistemare il Rodano sarebbe però sempre quello (da lui descritto) che era in uso in Germania.

Ad onta di ciò gli ingegneri svizzeri non mutarono opinione e continuarono nella via intrapresa; il risultato ottenuto è stato veramente splendido, ha superato ogni previsione, avendo permesso di condurre felicemente a termine un'impresa così gigantesca, qual'è stata la sistemazione intera del Rodano nei cantoni Vallese e di Vaud e con risorse e mezzi disponibili assai modesti.

Il sistema era stato proposto da Fabre (3) fino dal 1797 ed applicato per la prima volta da Venetz padre ai torrenti del Vallese; il figlio Venetz, nella sua qualità d'ingegnere cantonale, redasse, insieme con Torrenté, il progetto definitivo (4) del sistema in questione e diresse i lavori con una fiducia illimitata nell'efficacia del medesimo.

Nel cantone Vaud si titubò non poco nei primordi; Pichard, Charpentier ed altri consigliavano di portare lo studio principale sul profilo longitudinale, sulla sezione trasversale e sull'andamento planimetrico, ritenendo che tutto quanto si riferiva alla forma e disposizione degli argini, fossero questioni secondarie. Ed effettivamente è così che in una sistemazione di un corso d'acqua deve procedersi; però, siccome i lavori non erano ancora organizzati e non coordinati a un progetto d'insieme, ne venne che furono costruiti non pochi pennelli soggiacenti, inclinati cioè alquanto verso valle, i quali agivano offensivamente, poichè spingevano la corrente contro la riva opposta. Fatti accorti delle dannose conseguenze vennero ben presto abbandonati, ed in breve fu applicato su tutta la lunghezza del fiume il sistema degli argini ortogonali in armonia e corrispondenza coi lavori che il cantone Vallese eseguiva sulla riva opposta.

(1) CULMANN, *Bericht an den hohen schweiz. Bundesrath über die Untersuchung der schweiz. Wildbäch.* — Zürich, 1864, pag. 458 e seguenti.

(2) Idem. pag. 464.

(3) FABRE, *Essai sur la théorie des torrents et des rivières.* — Paris, 1797.

(4) *Types des travaux à faire pour le diguement du Rhône, proposés par les ingénieurs cantonaux Venetz et de Torrenté.*

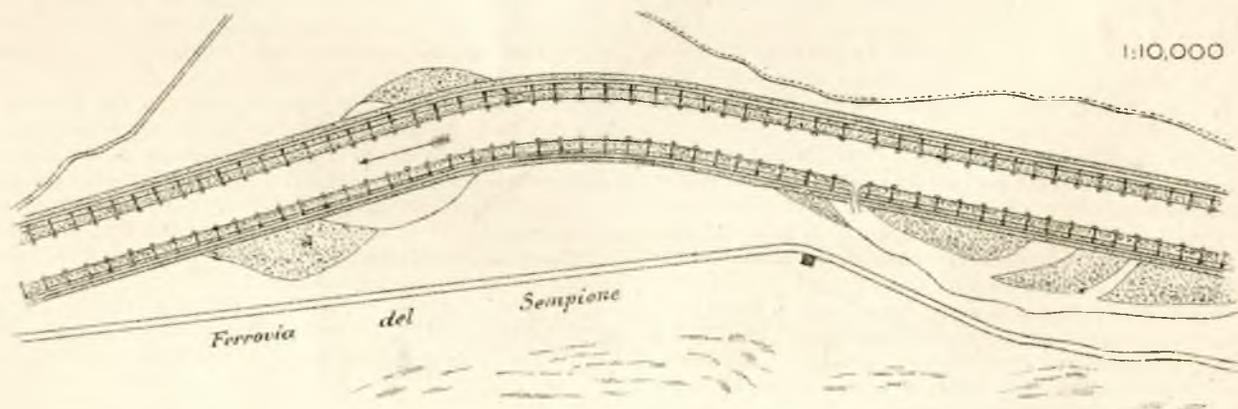


Fig. 2. — Planimetria di un tratto sistemato del Rodano.

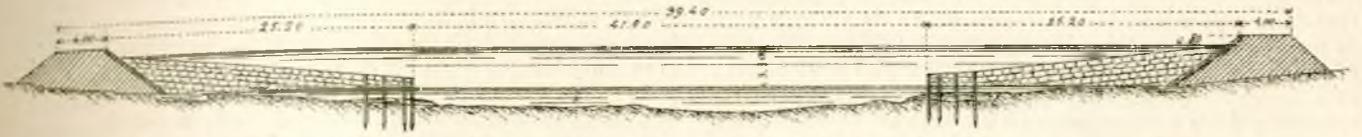


Fig. 3. — Sezione trasversale a lavoro ultimato.

1: 600

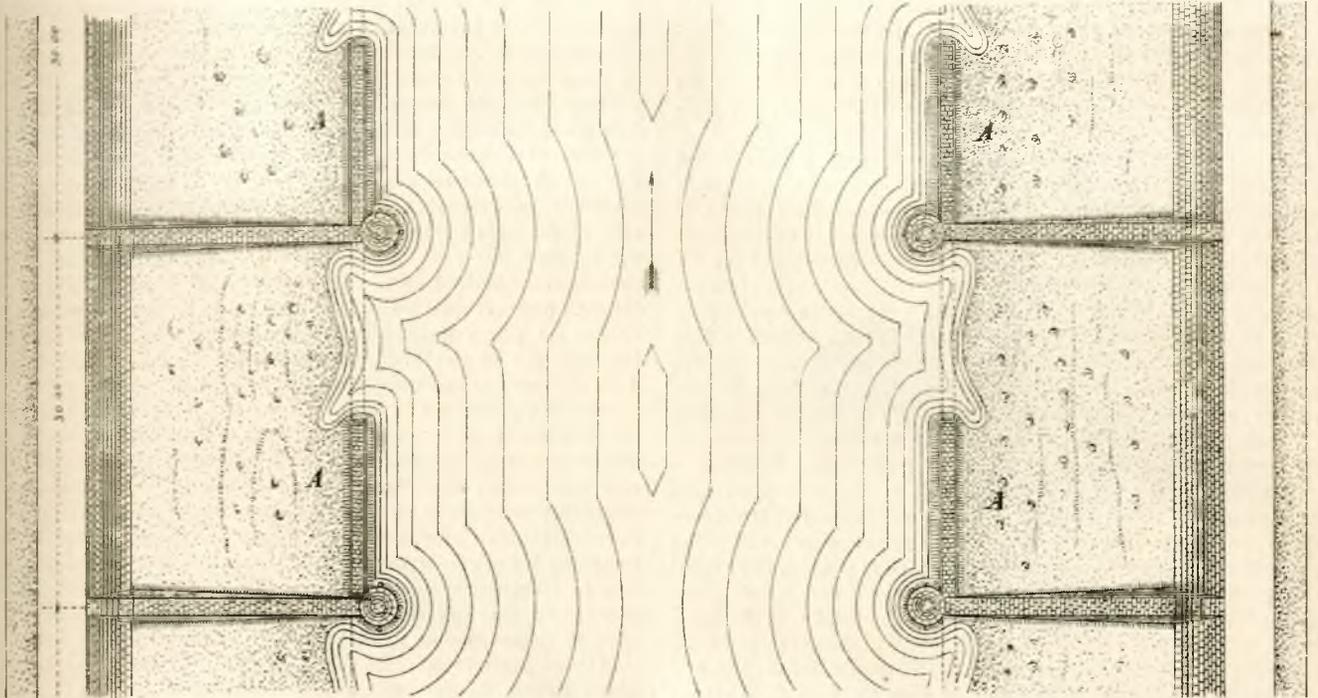


Fig. 4. — Pianta a lavoro ultimato.

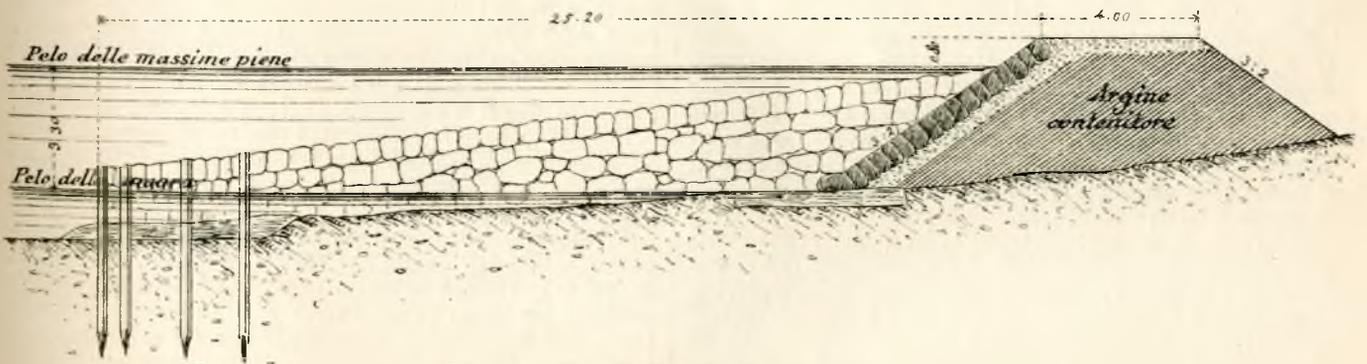


Fig. 5. — Prospetto laterale di un pennello.

1: 200

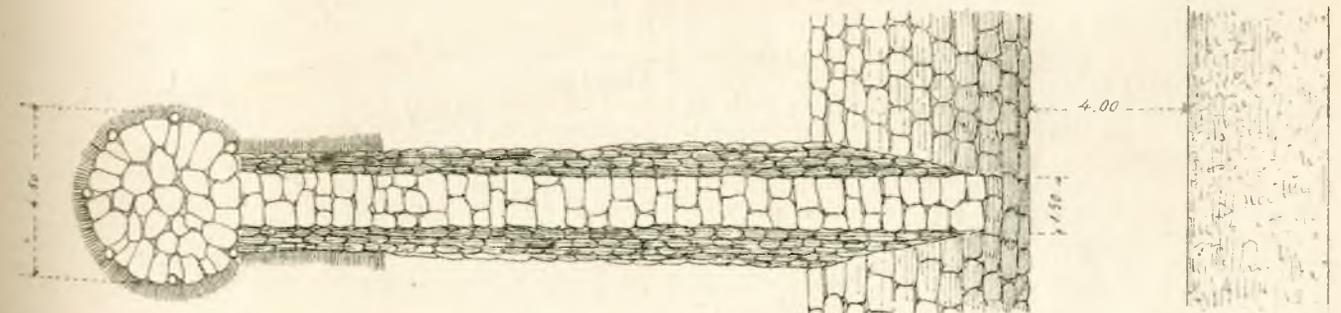


Fig. 6. — Pianta di un pennello.

Il sistema adottato consiste nell'obbligare il fiume a scorrere dentro un alveo limitato lateralmente da ambe le parti da un'arginatura continua insommergibile; dei pennelli normali alla corrente si innestano su questi argini contenitori e vanno a terminare colla loro testa nel fiume a m. 0,50 circa sul livello delle acque magre. La distanza fra le due arginature insommergibili viene determinata dalla sezione necessaria a contenere le massime piene; quella fra le teste degli argini ortogonali, dalla sezione per la magra ordinaria. A Brigue quest'ultima distanza è di 30 metri; nel territorio di Vaud si stabilirono quattro larghezze distinte: una di 48 metri nel tratto superiore al ponte di San Maurizio ossia all'origine; un'altra di 54 metri da questo punto fino alla Grande-Eau; la terza di 60 metri fra l'affluente Grande-Eau e un chilometro circa dalla foce; finalmente di 90 metri per l'ultimo tratto.

Questa sezione variabile dell'alveo minore è giustificata dal fatto che la pendenza del fiume va sempre diminuendo man mano che si discende alla foce, mentre aumentano le acque e i materiali da smaltire, in causa dei numerosi affluenti che vi immettono. Nei tratti dove esistevano già lavori antichi, non si è potuto applicare rigorosamente il nuovo sistema; ma le differenze sono di poco momento e più apparenti che reali, poichè le opere esistenti furono utilizzate solo dove seguivano presso a poco il tracciato stabilito; vennero però rinforzate, sopraltate e rivestite di incamiciate in muratura, secondo i casi. Quando invece l'arginatura esistente trovavasi troppo in ritiro dal profilo stabilito, si costruiva un argine sommersibile al posto di quello contenitore.

L'insieme del sistema scorgesi dalla fig. 2, che rappresenta la planimetria di un tratto del Rodano completamente sistemato, e i particolari dalle fig. 3 e 4 che indicano l'una la sezione trasversale del tipo adottato, l'altra la pianta. Gli argini ortogonali si trovano esattamente di fronte due a due, e distano fra loro, nella direzione dell'asta del fiume, di 30 metri circa su ciascuna riva. Siccome la corrispondenza esatta dei pennelli e la direzione normale alla corrente dei medesimi è una delle condizioni particolari al sistema, così la distanza indicata di 30 metri non è soggetta che a piccole variazioni nelle curve.

I pennelli, come si scorge dalle fig. 5 e 6, sono costituiti da una muratura di pietrame ordinario a secco ma con assetamento regolare, e l'innesto coll'argine contenitore ha luogo a m. 0,80, al disotto del ciglio del medesimo; hanno la larghezza di m. 1,50 al ciglio e le scarpate un'inclinazione di $\frac{1}{2}$ dell'altezza; la pendenza del pennello, ossia nella direzione normale al corso d'acqua, è di $\frac{1}{3}$ della sua lunghezza; quest'ultima è uguale a m. 25,20. La testa si trova, come già si è detto, a circa m. 0,50 sopra il pelo di magra. Essa viene d'ordinario difesa da sette pali infissi fino a rifiuto e tagliati al livello della muratura, i quali costituiscono così una testa di grande solidità e resistenza.

Nei primordi si era ritenuto che la forma della testa avesse una grande influenza sull'azione del pennello e perciò si studiarono ed eseguirono le forme più svariate, piane superiormente o curvate, inclinate verso il fiume o quasi orizzontali, arrotondate o trapezie, ecc., ma l'esperienza ha dimostrato che l'influenza supposta non variava col cambiamento di forma, solo i pali contribuiscono, come si è detto, potentemente alla stabilità dell'opera.

L'argine contenitore ha una larghezza (fig. 5) in cresta di 4 metri; nel cantone Vallese la larghezza è stata aumentata a m. 4,50, poichè su un lunghissimo percorso viene utilizzata dalla ferrovia del Sempione. L'altezza dell'argine varia da m. 4,10 a m. 4,80 sul pelo di magra secondo i casi; generalmente il rivestimento, che nella fig. 4 vedesi eseguito fino al ciglio dell'argine contenitore, venne limitato all'altezza corrispondente al pelo delle massime piene, lasciando non rivestita la porzione di franco di m. 0,80. Il corpo dell'argine è formato di materiali ghiaiosi od anche alluvionali, ma rivestiti di ghiaia. La scarpata interna è di $\frac{3}{4}$, e rivestita di muratura a secco con pietre tutte di una grossezza, che è di m. 0,60 alla base e di m. 0,40 al ciglio. Tra la muratura e l'argine vi è uno strato di ghiaia che serve di materasso e protegge il nucleo contro le possibili infiltrazioni.

La corrente di magra resta così obbligata a scorrere nell'alveo minore fra le teste degli argini ortogonali e vi mantiene sgombro il letto dai depositi che tendessero a verificarsi. L'inclinazione poi degli argini fa sì che anche le piene vengono spinte verso l'asse mediano dell'alveo, dove la loro forza viva si concentra, o tende a concentrarsi; perciò le acque esondanti che invadendo l'alveo maggiore, vanno a battere contro l'argine longitudinale, hanno perduta la loro violenza e non sviluppano più che un'azione innocua contro la scarpata del medesimo.

Abbiamo già accennato ai timori che si nutrivano contro questo sistema prima della sua attuazione; gli si rimproverava che gli argini trasversali avrebbero provocato dei vortici in vicinanza alla testa e quindi dei rigurgiti dai quali ne sarebbero risultate correnti irregolari, assai dannose al fondo dell'alveo, che gettandosi nell'intervallo fra due argini consecutivi avrebbero danneggiato anche l'argine contenitore. Per verità questi rilievi non erano privi di fondamento, e si sarebbero certamente avverati se i pennelli fossero stati troppo alti, orizzontali superiormente, o ad intervalli fra loro maggiori; ma è pur vero, che per effetto delle disposizioni e dimensioni adottate, nulla di tutto ciò si è verificato, e il sistema non avrebbe potuto funzionare in modo più soddisfacente. La piena del 24 settembre 1866, che fu delle più terribili fra le moderne, non ha arrecato danni nei tratti dove le opere erano state condotte a termine.

Nell'intervallo fra le teste di due argini ortogonali consecutivi (fig. 4), si è costruito una specie di argine A sommersibile per una lunghezza di 15 metri circa verso monte di ciascuna testa; esso contribuisce a mantenere la corrente ordinaria nell'alveo minore ed impedisce la formazione di correnti laterali troppo violente, che potrebbero battere e danneggiare gli argini ortogonali. Nel Vallese questa addizione non fu fatta dappertutto, ma solo in diverse tratte del fiume dove si ritenne indispensabile; mentre, in alcuni punti sulla sponda vedese, venne prolungata fino a riunire le due teste.

Alcuni pretendono che questi argini di rilegamento nuociano invece di giovare, poichè impedendo l'entrata delle materie alluvionali negli intervalli fra gli argini ortogonali, ritardano e in qualche sito impediscono la colmata.

L'ingegnere De Salis (1), crede che la questione abbia maggiore importanza economica che non tecnica, e che esaminata da quel punto di vista, si ridurrebbe a sapere se sia possibile, senza inconvenienti sensibili, di sopprimere questa parte delle opere di correzione. Aggiunge che l'esperienza sembrerebbe rispondere affermativamente, per lo meno nei rettili e nei tratti la cui concavità sia poco pronunciata; poichè in quelli a curvatura convessa s'intende senz'altro.

Non così però pare siano stati i risultati nel canton Vaud, dove l'esperienza ha dimostrato il contrario; anzi si è ritenuto necessario di prolungare questi argini sommersibili fino al pennello successivo, rilegando in tal modo le due teste. I depositi alluvionali sono così resi stabili e si impedisce che vengano asportati dalle acque che si ritirano al calar della piena; inoltre le teste degli argini ortogonali acquistano maggiore solidità e fermezza; quando invece gli argini A non sono continui, non soddisfano a questo scopo che in modo imperfetto. L'ingegnere Barraud considera questa aggiunta come un vero perfezionamento apportato al sistema vallesano.

Ora che la sistemazione del fiume è completamente o per lo meno per $\frac{2}{3}$ ultimata, questa asserzione dell'ing. Barraud si può ritenere come definitiva. Notisi poi che nel canton di Vaud tali risultati vengono confermati anche in modo indiretto nei tratti, dove la sezione si è dovuta adattare ai lavori preesistenti. Si è già detto che ivi, invece dell'argine contenitore, si è costruito un argine sommersibile le cui dimensioni si scorgono dalla fig. 7; consta di un nucleo di ghiaia A rivestito dal lato del fiume e superiormente da un'incamiciata di pietrame; la scarpa è di $\frac{3}{2}$ e quella esterna assai inclinata. A breve distanza si è costruito un soprasuolo B di piote erbose. Per impedire che una corrente vada a gettarsi tra l'argine

(1) A. DE SALIS, *De l'aménagement des eaux en Suisse*. — Bern 1884, pag. 65.

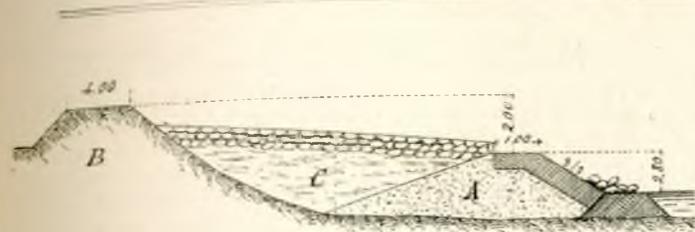


Fig. 7.



Fig. 8.

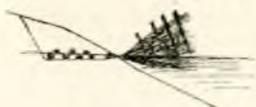


Fig. 9.

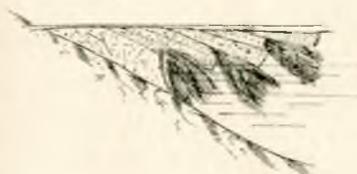


Fig. 10.



Fig. 11.

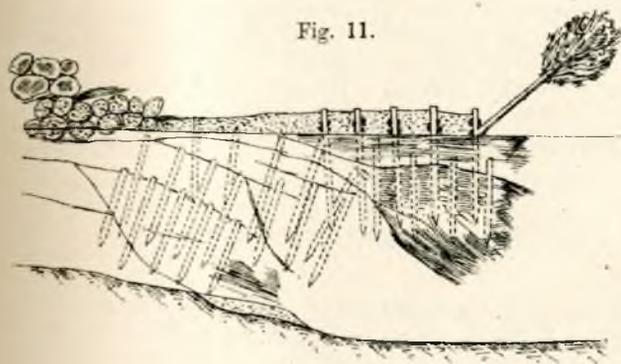


Fig. 12.

sommersibile e il soprasuolo, essi vennero rilegati fra loro a intervalli di m. 30 circa da traversagni C murati a secco o costituiti da gettate, fondate sopra fascinaggi. Le torbide si depositano alle prime piene e riempiono l'intervallo, dal quale non possono più venire asportate dalle acque, specialmente dopo che il terreno e le scarpate si sono rivestite di vegetazione, il che non tarda ad avere luogo.

In questo modo il sistema diventa un tipo a doppia sezione, che realizza l'ideale di una sezione convenientissima, la quale permette di concentrare le acque magre e medie per mantenere sgombrato l'alveo minore, e crea contemporaneamente un alveo d'inondazione per le piene straordinarie, senza elevarne il livello ad altezze pericolose ed evitando ogni corrosione. Offre inoltre il vantaggio che le opere si possono adattare a qualsiasi dimensione, quindi, anche nel caso che dopo un certo tempo si riconoscesse la necessità di restringere o di aumentare la sezione viva del fiume, possono modificarsi senza incon-

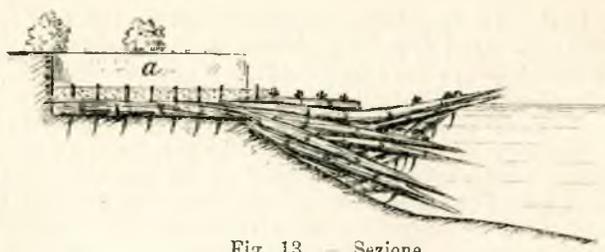


Fig. 13. — Sezione.

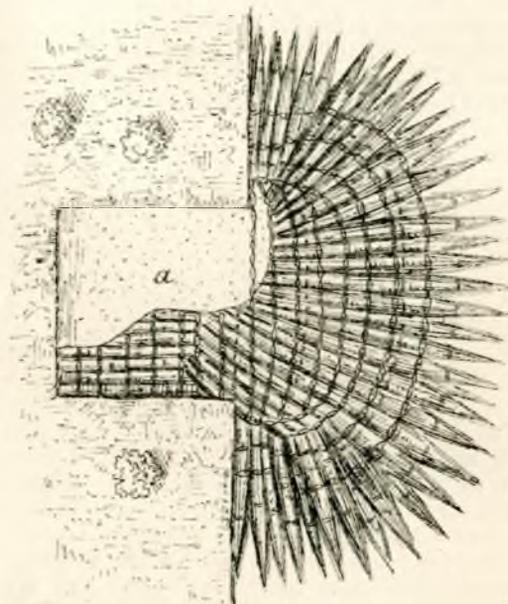


Fig. 14. — Pianta.

venienti, anzi con vantaggio. Volendo adottare un livello più basso, basterà abbassare gli argini ortogonali, od anche semplicemente la loro parte prospiciente la corrente, assegnandole un'inclinazione maggiore.

Nel Rodano però la sezione è stata calcolata in modo che l'alveo minore può smaltire tutta la quantità d'acqua delle portate che hanno le piene ordinarie, e l'esperienza ha ormai sanzionato le dimensioni adottate, come lo dimostrano i tronchi a sezione unica, e quelli in vicinanza ai ponti, dove la sezione scelta corrisponde a quella dell'alveo minore, e le piene si smaltiscono senza inconvenienti. Finalmente ciò risulta pure dalla proporzione delle superficie, che da ambo i lati vengono considerevolmente ridotte dallo spazio occupato dagli argini ortogonali e dove non vi può essere che una velocità assai tenue.

I rivestimenti dell'argine contenitore e di quello sommersibile sono fondati a m. 0,50 circa sotto il fondo del letto, dove il terreno è solido o costituito da ghiaie fortemente compenstrate; e furono protetti da piccole gettate. Nelle parti invece dove il terreno era melmoso si approfondarono le fondazioni maggiormente e si stabilì un basamento di fascinaggio sul quale appoggia la base del rivestimento. Nei punti dove esistevano antichi gorgi o rive in corrosione, si ricorse a delle opere di fascinaggio come si usano nei fiumi di Germania. Il lettore ne troverà una descrizione completa e assai particolareggiata nelle opere di Eytelwein, di Defontaine, di Hagen e d'altri (1), noi ci accontenteremo di accennare brevemente al sistema seguito pel Rodano (2).

(1) EYTELWEIN, *Praktische Anweisung zur Construction der Faschinenwerke*. — Berlin, 1800.

DEFONTAINE, *Des travaux du Rhin*, negli *Annales des ponts et chaussées*. — Paris, 1833, 2° sem., pag. 25-68.

G. HAGEN, *Handbuch der Wasserbaukunst*. — Königsberg, 1854, 2° edizione (ne esiste una terza), II parte. vol. 2°, pag. 3-94.

(2) *Mémorial*, ecc. pag. 67-70. Le fig. 8 12 sono prese dal *Mémorial*.

Le fascinate si eseguono disponendo vari strati di fascine alternati con strati di materie ghiaiose, e affondando il tutto mano mano che si viene costruendo fino a riempire il gorgo, o l'insenatura che si intende di sistemare.

Per eseguirle si pratica nella sponda, dove si deve incominciare, uno scavo *a* (fig. 8, 13 e 14) fino a che il piano del medesimo si trovi al livello dell'acqua; la sua larghezza sarà uguale a quella che definitivamente dovrà avere la fascinata; la lunghezza può farsi da 5 a 10 metri, secondochè il terreno è più o meno resistente. Si distendono delle fascine, od anche del materiale di fascine sciolto, disposte a ventaglio colla punta verso l'acqua e fino a raggiungerla; si infiggono dei paletti (fig. 13) per assicurare le fascine al terreno, e con due ritorte costituite dallo stesso materiale si rilegano le fascine intrecciando le ritorte fra loro e coi paletti tanto nel verso orizzontale, quanto in quello verticale. Si carica il tutto provvisoriamente con pietrame e si ottiene così la radice della fascinata.

Sotto le fascine e presso alle ritorte più vicine all'acqua si introduce una fila di pertiche (fig. 8) robuste, con 6 centimetri circa di diametro e da 3 a 5 metri di lunghezza, fornite nel terzo superiore dei loro rami. Queste pertiche vengono intrecciate fra loro e formano così una specie di griglia inclinata a 45° verso la direzione che si vuol seguire colla fascinata.

Ciò fatto, vi si mette uno strato dell'altezza da metri 1,50 a 2,50 di fascine e rami liberi in modo da ottenere uno strato senza vuoti. Sotto il peso che ne risulta il tutto si abbassa sempre più (fig. 9), fino a toccare l'acqua. In questo momento gli operai vi saltano sopra provocando un'immersione della parte inferiore (fig. 10); vi piantano dei paletti disposti in modo da potere rilegare il tutto con ritorte, come si vede dalla pianta della fig. 14. Le ritorte vengono incrociate orizzontalmente e verticalmente, e vanno a riunirsi con quelle della radice. Si ottiene così il primo strato della fascinata che si denomina strato di fondazione. Si carica subito di ghiaia, la quale viene accuratamente battuta con opportune mazze-ranghe; i paletti vengono pure battuti man mano che lo strato va affondandosi, fino a che l'immersione è completa. Allora si mette mano al secondo strato, disponendo dei rami liberi in forma di ventaglio e per una altezza di m. 0,30, il tutto rilegato da vari ordini di ritorte intrecciate attorno a nuovi paletti che si infiggono nella massa sottostante e nella quale durano già fatica a penetrare, per la consistenza della medesima. A queste fascine si sovrappone del brecciamme per un'altezza pure di metri 0,30 ben mazzarangato; e se lo strato sotto il peso proprio si affonda, se ne sovrappone un terzo per tutta l'estensione soggetta all'affondamento e così di seguito, fino ad ottenere una massa elastica sì, ma di una certa resistenza, la quale trovasi internata nella corrente da 2 a 4 metri, e non appoggia ancora naturalmente sul fondo. Allora si ripete il lavoro con altri strati allo stesso modo già indicato, e si procede così (fig. 11 e 12) avanzando sempre nell'acqua, mentre gli strati inferiori si affondano sempre più fino ad adagiarsi sul terreno nel quale i paletti entrano, e così si garantisce il gorgo.

La fascinata, quando ha raggiunto la lunghezza voluta ed ha completamente riempito il gorgo, viene terminata con l'ultimo strato, detto di correzione, così denominato perchè con esso si regolarizza la superficie superiore. Infatti, si dispongono delle fascine assai lunghe nella direzione trasversale e vengono esse pure fissate da vari ranghi di ritorte opportunamente intrecciate fra esse e con paletti infissi nel sottoposto strato. Una gettata avente mezzo metro di altezza copre il tutto, e contribuendo all'assetto definitivo della fascinata, ne garantisce la stabilità.

Questo genere di lavori è assai economico; essi devono però eseguirsi solamente nei luoghi, dove vengono a trovarsi definitivamente e costantemente sott'acqua, allora hanno una durata che si può dire eterna, il che non sarebbe il caso quando venissero alternativamente bagnate e lasciate a secco. Sulle rive battute dalla corrente devono avere l'inclinazione di almeno 45° e in altri posti è permesso di tenerle più ripide, anzi quasi verticali. Nei torrenti che trasportano molti materiali grossi le fascinate si consumano presto per l'azione corrosiva che i materiali esercitano contro i rami delle fascine.

La grossezza dei singoli strati è variabile, ma la più conveniente dovrebbe essere da m. 0,60 a m. 0,90 compresa la ghiaia e a compressione completa, la quale non ha luogo subito dopo che lo strato è finito, ma continua man mano che vi si sovrappongono gli strati successivi. Le fascine di uno stesso strato devono disporsi non già le une sopra le altre, ma quella dello strato soprastante, fra due inferiori, in modo da non lasciare vuoti; per riempire i vuoti si metteranno pure dei rami sciolti, come si è detto; anche sarà opportuno di coprire in parte col calcio delle fascine le cime di quelle contro le quali vengono a trovarsi.

Questo sistema fu proposto nel 1750 dall'ingegnere idraulico Bilgen nei lavori di sistemazione del Basso-Reno presso Wesel; e in seguito ai buoni risultati ottenuti, la sua applicazione venne generalizzata in Germania. Di là passò in Francia, specialmente in Alsazia, e dalla Francia fu introdotto in Svizzera per opera di Escher della Linth e applicato su vastissima scala nel canton di Berna, da dove passò al Rodano nel canton Vaud.

In vicinanza a Lavey, dove il letto del fiume è ingombro di grossi massi e la corrente ne trasporta continuamente, il sistema delle fascinate non poté trovare applicazione; le fondazioni sono assai profonde, e vennero tutte eseguite con gettate di massi con volumi da m. 0,50 i più piccoli e m. 6 i più grossi.

Il Rodano nel canton Vaud è ora completamente sistemato; ha un tracciato regolare; i rettili vi hanno una lunghezza complessiva di 16 chilometri; le curve uno sviluppo di 13 chilometri, nessuna ha raggio al disotto di 500 m.; su tutta la lunghezza della sua asta si è raggiunto un profilo longitudinale a cadente regolare, con sezioni trasversali soddisfacenti, letto profondo e alveo nel quale solo le acque delle piene veramente straordinarie si elevano a un livello superiore a quello delle campagne laterali, e però senza pericolo di straripamento e inondazione. Questo risultato è importantissimo, quando si considera che il fiume al principio del presente secolo era ancora assai sinuoso ed a sponde variabili, con numerosi bracci secondari, moltissime isole, dossi innumerevoli, insomma in un disordine straordinario e che le sue inondazioni producevano danni incalcolabili.

I terreni acquistati vennero colmatati, e quelli che non hanno raggiunto ancora il grado di colmatazione voluta, ricevono a mezzo di opportune chiuse le torbide che loro ancora sono necessarie. Sette ponti, di cui uno in muratura, uno di legno, e gli altri di ferro, stabiliscono le comunicazioni fra le due sponde in tutto il percorso nel canton di Vaud.

(Continua).

G. CRUGNOLA.

SCIENZA DELLE COSTRUZIONI

SULL'INCLINAZIONE DELLE SCARPE DELLE TRINCEE

Nota dell'Ing. A. CIAPPI.

1. — Abbiasi una sezione stradale in trincea (fig. 15). La retta *MN* rappresenti la linea del terreno naturale e *AB* la piattaforma stradale fissa di posizione.

Dato che il corpo di terra in cui è praticata la trincea sia illimitato, uniforme, omogeneo e coerente, e dato che la profondità $CB = h$ del ciglio *B* sia superiore all'altezza h_0 a cui le terre si mantengono in equilibrio tagliate a picco, si tratta di determinare l'inclinazione minima che deve avere la scarpa *BC'* dalla verticale *BC* o la massima sull'orizzontale *BK* affinché il masso restante *B'C'N* permanga in stato d'equilibrio.

2. — Nelle considerazioni seguenti riterremo sempre che la fig. 15 rappresenti la sezione media di un tratto del corpo stradale della lunghezza di un metro; e indicheremo con α l'angolo d'inclinazione all'orizzonte del piano *MN* che limita superiormente il masso di terra.

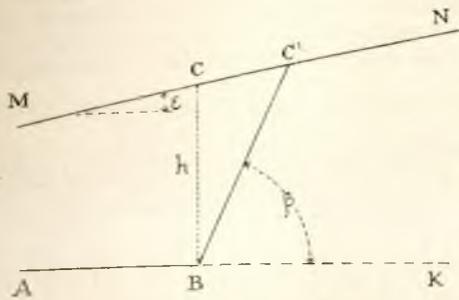


Fig. 15.

3. — Se questo corpo di terra venisse tagliato secondo il piano verticale BC, essendo $BC > h_0$, è evidente che in prossimità del taglio il masso restante BCN, non starebbe più in equilibrio; e, come dimostra l'esperienza, una sua parte scoscenderebbe lungo una certa superficie cilindrica a generatrici orizzontali contenente il ciglio stradale B; e precisamente se riteniamo essere questa superficie un piano, come solitamente suol farsi per semplicità di risultati, verrebbe a distaccarsi dal masso BCN un prisma a sezione triangolare che scoscenderebbe lungo un piano passante per B.

Orbene, noi ci proponiamo la ricerca di questo cuneo nella ipotesi che la resistenza provocata nel detto piano di scoscendimento e la quale si oppone al distacco del prisma, agisca solo tangenzialmente.

4. — Consideriamo un piano ideale BD (fig. 16) e supponiamo per un momento che il cuneo BCD e il masso sottostante BDN sieno corpi solidi poggianti mutuamente fra loro. Il cuneo BCD tenderà evidentemente a scorrere lungo DB per

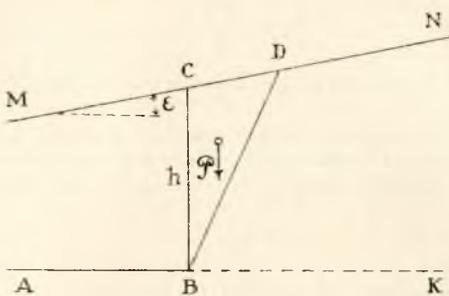


Fig. 16.

effetto della componente del suo peso parallela a DB; e se ora reintegriamo il prisma BCD e il masso BDN nella loro natura di corpi di terra coerente, vediamo che il prisma BCD scorrerà positivamente lungo il piano DB se in questo non si svilupperà una resistenza maggiore o per lo meno uguale alla suddetta componente.

5. — Allorchè si è prossimi ad un effettivo scorrimento del prisma BCD, lungo DB, la resistenza provocata nelle particelle terrose prossime allo stesso piano DB, è in realtà un fenomeno molto complesso, specie se si voglia prendere in esame la viscosità delle particelle medesime; ma comunemente si ritiene che nel piano stesso BD all'atto del distacco si manifestino due sole resistenze: l'una di taglio dovuta alla coesione, l'altra di attrito dovuta alla pressione normale mutua che il prisma e il masso sottostante si trasmettono attraverso il piano di contatto BD; sicchè per l'equilibrio del prisma BCD basterebbe che la componente parallela a BD del suo peso fosse minore o tutt'al più uguale alla somma delle due resistenze suddette.

Per altro, se è lecito paragonare l'attrito delle terre a quello dei solidi, vuol dire che sul piano BD non potrà manifestarsi l'attrito se non quando tutta la resistenza al taglio

sia stata vinta e il piano ideale BD sia divenuto un vero e proprio piano di separazione fra il prisma BCD e il masso sottostante BDN; in altri termini, le due resistenze di coesione e di attrito non possono entrare simultaneamente in azione, ma la seconda deve subentrare alla prima quando questa sia stata già vinta completamente.

In conseguenza di ciò, e in vista che il problema che ci siamo proposti verrà con le ipotesi che ora faremo ad assicurare alle scarpate in questione maggior grado di stabilità, riterremo che nel piano BD su cui sta per avvenire lo scorrimento agisca solo la coesione, e che quando questa sia vinta entri in campo l'attrito.

6. — Sia f il coefficiente d'attrito e c il grado di coesione delle terre che costituiscono il masso in esame.

Scomponiamo il peso P del prisma BCD (fig. 17), secondo la parallela e secondo la normale al piano BD: e chiamiamo

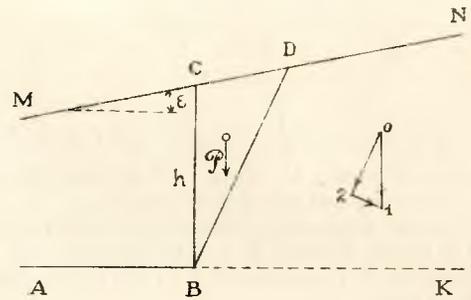


Fig. 17.

queste componenti rispettivamente con Q ed N ; se costruiamo il triangolo 012 di queste forze facendo $01 = P$, allora risulta $02 = Q$ e $21 = N$. Ciò posto, il prisma BCD starà in equilibrio se la componente Q sarà minore della resistenza al taglio $c \cdot BD$; chè se ciò non avrà luogo, la resistenza stessa sarà vinta e il prisma tenderà a scivolare; ma allora entrerà in campo l'attrito $f \cdot N$ e il movimento non avverrà se sarà $Q < f \cdot N$; dunque per l'equilibrio del prisma BCD, sarà necessario avere $Q < c \cdot BD$ o, dato che ciò non sia, occorrerà avere $f \cdot N > Q$. Se nessuna di queste due condizioni sarà verificata il prisma BCD scorrerà inevitabilmente sul piano DB.

E in tal caso va senza dire che il piano di scorrimento sarà inclinato all'orizzonte di un angolo maggiore di quello d'attrito ϕ delle terre; perchè la resistenza d'attrito $f \cdot N$ su tutti i piani, supposti di scorrimento, inclinati all'orizzonte di un angolo $\alpha > \phi$ è minore di Q ; infatti dalla fig. 18 si rileva:

$$32 < 02$$

ossia

$$21 \operatorname{tg} \phi < 02$$

ossia

$$f \cdot N < Q;$$

dunque è evidente che se per $\alpha > \phi$ l'equilibrio sussiste, sussiste unicamente per la coesione e non già per la resistenza

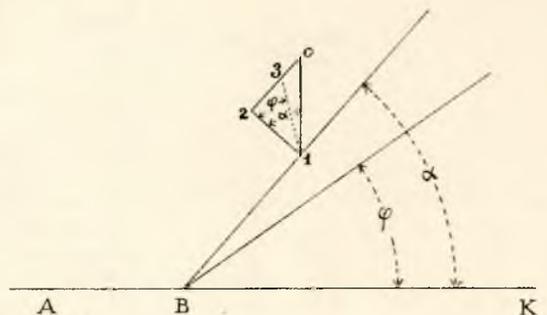


Fig. 18.

d'attrito; la quale, come si è visto, non potrà entrare in azione per conservare l'equilibrio, se non quando il piano di scorrimento cada al disotto del declivio naturale delle terre.

7. — Ciò premesso, riteniamo nella fig. 19, $h > h_0$; facciamo girare il piano ideale B D, intorno allo spigolo B partendo

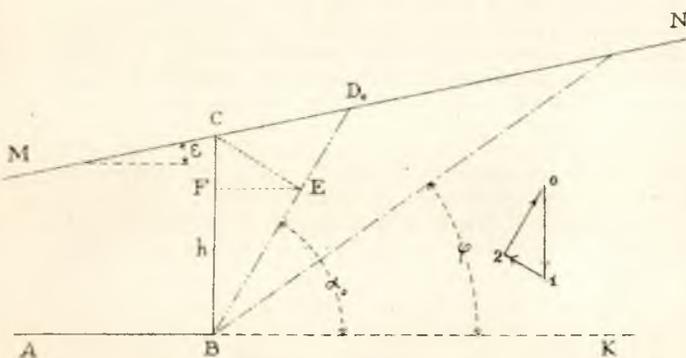


Fig. 19.

dalla posizione B C e cerchiamo in quale delle successive posizioni la totale resistenza al taglio $c \cdot B D$ viene provocata per intero e risulta uguale alla Q corrispondente.

Sia B D₀ questa posizione; formiamo il triangolo delle forze P N Q in 0 1 2; caliamo da C la perpendicolare C E su B D₀ e tiriamo per E l'orizzontale E F. Dai triangoli simili 0 1 2, E C F, risulta:

$$\frac{0 2}{0 1} = \frac{Q}{P} = \frac{E F}{E C}$$

e siccome detto δ il peso specifico delle terre, si ha:

$$P = \frac{B D_0 \cdot E C}{2} \cdot \delta,$$

sostituendo risulta:

$$Q = \frac{\delta}{2} B D_0 \cdot E F;$$

da cui, tenendo conto che pel piano B D₀ è:

$$Q = c \cdot B D_0 \tag{1}$$

si ha:

$$\frac{\delta}{2} B D_0 \cdot E F = c \cdot B D_0$$

da cui:

$$E F = \frac{2c}{\delta}$$

Ora variando l'angolo α , il punto E descrive una circonferenza di diametro B C; per cui la determinazione della posizione B D₀ è subito fatta.

Costruiamo la circonferenza di diametro B C (fig. 20) e alla distanza orizzontale da C verso l'interno del masso di $\frac{2c}{\delta}$,

tiriamo una verticale. Avremo evidentemente due punti E₁ ed E₂ che congiunti con B daranno due posizioni pel piano B D ognuna delle quali soddisferà alla condizione (1).

Risulta evidentemente che sui piani precedenti la posizione B D₁, la resistenza al taglio non viene mai cimentata per intero dalla Q corrispondente; e così sui piani succedenti alla posizione B D₂; mentre per qualunque posizione compresa nell'angolo D₁ B D₂, la resistenza al taglio è provocata per intero e risulta minore della corrispondente Q.

Conseguentemente nel caso attuale il piano di scorrimento esisterà di certo e sarà compreso entro il detto angolo D₁ B D₂, che chiameremo *campo di instabilità*.

8. — Per valori speciali di h in relazione ad h_0 , i punti E₁ ed E₂ possono essere effettivamente distinti come nel caso della fig. 20, oppure coincidenti, oppure immaginari; casi che corrispondono rispettivamente, come rilevasi dalla stessa figura, alle condizioni:

$$\frac{h}{2} \geq \frac{2c}{\delta} \tag{2}$$

e naturalmente, quando si verifica il secondo di questi casi, vuol dire che la possibilità dello scoscendimento è limitata ad un sol piano B S; e quando si verifica il terzo, certamente ha luogo l'equilibrio.

9. — Volendo ora trovare l'altezza h_0 a cui le terre si mantengono in equilibrio tagliate a picco, basta evidentemente contemplare il caso per cui il campo di instabilità si riduca ad un piano, ossia ritenere verificata la seconda delle (2), da cui appunto risulta:

$$h_0 = \frac{4c}{\delta} \tag{3}$$

che è una formola nota e che dimostra essere h_0 indipendente dall'angolo α .

Per altro non volendo ancora prendere in esame l'attrito, è evidente che la (3) sarà applicabile se il piano unico di scorrimento B S capita al disopra del declivio naturale delle terre; cioè se è:

$$S B K > \phi$$

ossia, essendo:

$$S B K = S B C = 45^\circ,$$

se è:

$$\phi < 45^\circ \tag{4}$$

onde la (3) ha valore in quanto sia $\phi < 45^\circ$. Condizione del resto che nella pratica è generalmente verificata.

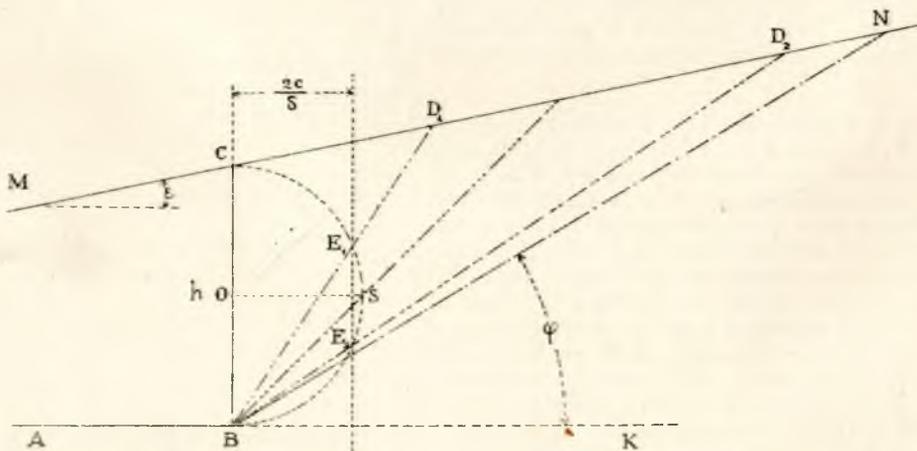


Fig. 20.

10. — Quando è $h > h_0$, le terre, come si è visto, non possono stare in equilibrio se tagliate a picco; ma noi possiamo tagliarle secondo una scarpa $B C'$ (fig. 21) non più verticale, sibbene inclinata di un angolo $\beta < 90^\circ$ all'orizzonte; e allora la componente Q relativa al nuovo prisma $B C' D$ sarà più piccola di prima e più piccolo risulterà il relativo campo di instabilità; sicchè è facile concepire che con opportuni valori di β possiamo ridurre ad un solo piano il campo di instabilità o anche farlo del tutto mancare.

Giò posto, sia $B D_0$ la prima di tutte le posizioni del piano $B D$ sulle quali viene cimentata la completa resistenza al taglio. Procedendo in modo analogo al caso precedente, troviamo:

$$\overline{EF} = \frac{2c}{\delta}$$

e il luogo del punto E è ancora una circonferenza ma di diametro $B C'$; onde per avere la posizione $B D_0$ basta condurre la verticale verso l'interno del masso alla distanza $\frac{2c}{\delta} = \frac{h_0}{2}$ da C' ; se tale verticale incontra la circonferenza in due punti reali e distinti, allora l'equilibrio non potrà sussistere; se coincidenti avremo una specie di equilibrio limite; se immaginari l'equilibrio sussisterà di certo. Tali condizioni sono rispettivamente espresse (vedi fig. 21) dalle relazioni:

$$\overline{RS} \begin{cases} \geq \\ < \end{cases} \frac{h_0}{2}$$

o anche, ponendo $\overline{BC'} = h_1$, $\overline{C'L} = h_2$ e avendosi:

$$\frac{h_1}{h} = \frac{\cos \varepsilon}{\sin(\beta - \varepsilon)}, \quad (5)$$

siccome risulta:

$$\begin{aligned} \overline{RS} = \overline{OS} - \overline{OR} &= \frac{h_1}{2} - \frac{h_1}{2} \cos \beta = \frac{h_1}{2} (1 - \cos \beta) = \\ &= \frac{h}{2} \cos \varepsilon \frac{1 - \cos \beta}{\sin(\beta - \varepsilon)} = \frac{h}{2} \frac{\operatorname{tg} \frac{\beta}{2}}{1 - \operatorname{tg} \varepsilon \cdot \operatorname{ctg} \beta}, \end{aligned}$$

dalle relazioni:

$$h \begin{cases} \geq \\ < \end{cases} h_0 \frac{1 - \operatorname{tg} \varepsilon \operatorname{ctg} \beta}{\operatorname{tg} \frac{\beta}{2}}. \quad (6)$$

Ora è chiaro che per dedurre la relazione che cerchiamo fra h e β dovremo restringere il campo di instabilità ad un solo piano ed esprimere la condizione per cui questo sia inclinato all'orizzonte di un angolo $\alpha > \phi$.

Il campo di instabilità si riduce ad un solo piano quando è verificata la seconda delle (6); quando cioè si ha:

$$h = h_0 \frac{1 - \operatorname{tg} \varepsilon \operatorname{ctg} \beta}{\operatorname{tg} \frac{\beta}{2}} \quad (7)$$

e per questo caso l'unico piano di scorrimento diviene $B S$; ora affinché questo si trovi al disopra di $B N$ è necessario che sia $SBK > \phi$; ma $SBK = SBC' = \frac{\beta}{2}$ onde la condizione è:

$$\beta > 2\phi. \quad (8)$$

Da ciò risulta che se è dato $\beta > 2\phi$ possiamo dalla (7) dedurre h .

11. — Viceversa dato h dedurremo β risolvendo la (7); da cui infatti ricaviamo:

$$\frac{h}{h_0} = \operatorname{ctg} \frac{\beta}{2} - \frac{\operatorname{ctg}^2 \frac{\beta}{2} - 1}{2} \operatorname{tg} \varepsilon$$

ossia:

$$\operatorname{ctg}^2 \frac{\beta}{2} - 2 \operatorname{ctg} \varepsilon \operatorname{ctg} \frac{\beta}{2} + \frac{2h}{h_0} \operatorname{ctg} \varepsilon - 1 = 0$$

dalla quale:

$$\operatorname{ctg} \frac{\beta}{2} = \operatorname{ctg} \varepsilon \pm \sqrt{\operatorname{ctg}^2 \varepsilon - \frac{2h}{h_0} \operatorname{ctg} \varepsilon + 1}$$

e infine:

$$\operatorname{ctg} \frac{\beta}{2} = \operatorname{ctg} \varepsilon \left\{ 1 + \sqrt{\sec^2 \varepsilon - 2 \frac{h}{h_0} \operatorname{tg} \varepsilon} \right\} \quad (9)$$

Di qui rileviamo che ad h non possiamo attribuire che valori tali da soddisfare la relazione:

$$2 \frac{h}{h_0} \operatorname{tg} \varepsilon < \sec^2 \varepsilon$$

ossia:

$$h < \frac{h_0}{\sin 2\varepsilon}$$

o tutt'al più potremo attribuirgli il valore $\frac{h_0}{\sin 2\varepsilon}$; ma in

questo caso risulta $\operatorname{ctg} \frac{\beta}{2} = \operatorname{ctg} \varepsilon$, ossia $\beta = 2\varepsilon$, e già abbiamo veduto che affinché il piano unico di scorrimento sia al disopra di $B N$, è necessario che sia $\beta > 2\phi$, quindi perché la (9) sia applicabile alla determinazione di β è necessario che h soddisfi alla condizione (vedi fig. 21):

$$\overline{TH} < \overline{RS}$$

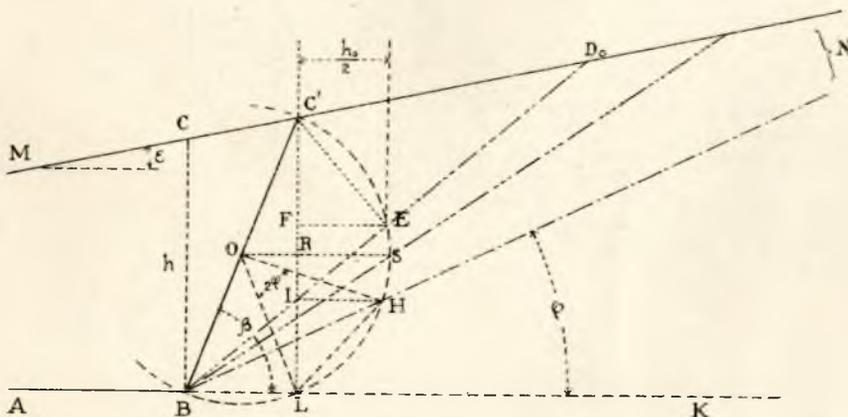


Fig. 21.

ossia :

$$\overline{LH} < \frac{h_0}{2}; \quad (10)$$

questa relazione si trasforma così :

$$\begin{aligned} \overline{LH} &= \overline{HLK} = \overline{HBL} + \overline{BHL} = \overline{HBL} + \overline{BC'L} = \\ &= \varphi + 90' - \beta = 90' - (\beta - \varphi); \end{aligned}$$

e quindi :

$$\overline{LH} = \overline{LH} \cos \{ 90 - (\beta - \varphi) \} = \overline{LH} \sin (\beta - \varphi);$$

ma $\frac{\overline{LH}}{2} = \frac{h_1}{2} \sin \varphi$, ossia ricordando la (5) :

$$\overline{LH} = h \frac{\sin \varphi \cos \varepsilon}{\sin (\beta - \varepsilon)};$$

onde :

$$\overline{LH} = h \frac{\sin \varphi \sin (\beta - \varphi) \cos \varepsilon}{\sin (\beta - \varepsilon)}$$

e perciò sostituendo, la (10) diviene :

$$h \leq h_0 \frac{\sin (\beta - \varepsilon)}{2 \sin \varphi \sin (\beta - \varphi) \cos \varepsilon};$$

e siccome al massimo può essere $\beta = 2\varphi$, così risulterà :

$$h \leq h_0 \frac{\sin (2\varphi - \varepsilon)}{2 \sin^2 \varphi \cos \varepsilon}$$

o anche :

$$h \leq h_0 \cotg \varphi \{ 1 - \cotg 2\varphi \operatorname{tg} \varepsilon \} \quad (11)$$

12. — Casi particolari :

per $\varepsilon = 0$, la (7) diviene :

$$h = h_0 \cotg \frac{\beta}{2} \quad (12)$$

e la (11) diviene :

$$h \leq h_0 \cotg \varphi; \quad (13)$$

e allora se è dato $\beta > 2\varphi$ (8) costruiamo subito la piattaforma stradale nella maniera seguente : tiro per C (fig. 22) la verticale CB_1 e costruisco la retta CB_2 formante con CB_1 l'angolo $\frac{\beta}{2}$; porto h_1 da C in C_1 e per C_1 tiro un'altra verticale C_1U ; conduco per U l'orizzontale e questa darà la piat-

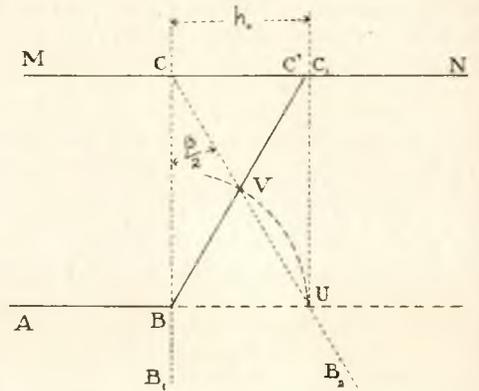


Fig. 22.

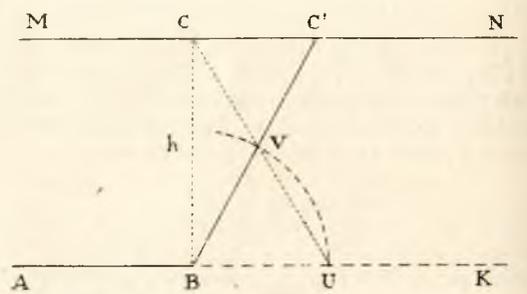


Fig. 23.

taforma stradale. Poscia, centro B e raggio BU descrivo l'arco UV fino a tagliare UC in V; unisco B con V e questa è la scarpa: risulta infatti :

$$C'BU = 180^\circ - 2BUV = 180^\circ - 2(90' - \frac{\beta}{2}) = \beta.$$

Se invece è dato $h \leq h_0 \cotg \varphi$ (13), costruiamo subito la scarpa BC' (fig. 23) così : centro B e raggio h_0 descriviamo l'arco UV; unito C con U a determinare V, la retta BV è la scarpa cercata BC' ; infatti essendo :

$$\frac{BU}{BC} = \frac{h_0}{h} = \operatorname{tg} UC B$$

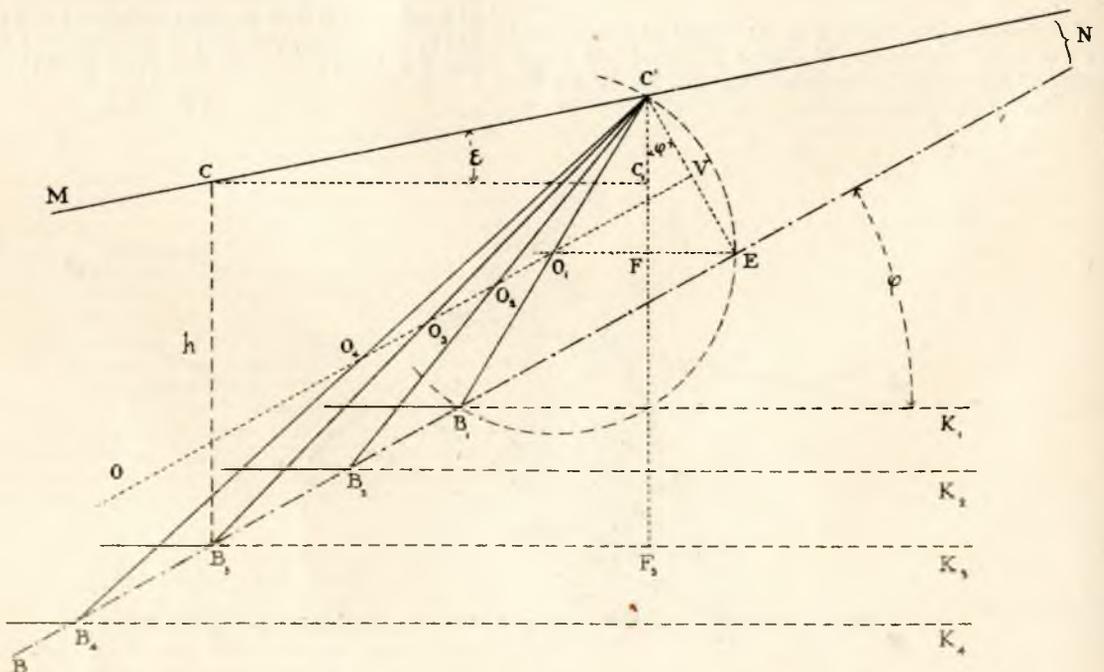


Fig. 24.

risulta $UCB = \frac{\beta}{2}$
 e perciò $UBC' = \beta$.

Per $\varepsilon < 0$, la (7) diviene:

$$h = h_0 \frac{1 + \operatorname{tg} \varepsilon \operatorname{ctg} \beta}{\operatorname{tg} \frac{\beta}{2}} \quad (14)$$

e la (9), attribuendo ora il segno — al radicale come deducesi cambiando ε in $-\varepsilon$ e sostituendo ad $\frac{h}{h_0}$ il suo massimo valore che è dato dalla (11) passando al limite, diviene:

$$\operatorname{ctg} \frac{\beta}{2} = \operatorname{ctg} \varepsilon \left\{ -1 + \sqrt{\sec^2 \varepsilon + 2 \frac{h}{h_0} \operatorname{tg} \varepsilon} \right\} \quad (15)$$

14. — Torniamo al caso generale di $\varepsilon > 0$.

Per valori di $\beta < 2\varphi$, o per valori di $h > h_0 \operatorname{ctg} \varphi (1 - \operatorname{tg} \varepsilon \operatorname{ctg} 2\varphi)$,

è evidente che non possiamo più servirci della (7) nè della (9) per dedurre rispettivamente h e β ; perchè per essi il campo di instabilità viene a ripresentarsi sotto forma di angolo diedro di grandezza diversa da zero e che invade la zona sottostante al declivio naturale delle terre.

Questo è allora il caso di prendere in esame l'attrito, e la relazione che dovrà legare h a β nelle condizioni da noi imposte fin da principio, la dedurremo scrivendo che il piano superiore del campo di instabilità viene a coincidere col declivio naturale delle terre; imperocchè quando ciò sia, tutti i piani di possibile scorrimento verranno a trovarsi al disotto del declivio naturale delle terre e benchè la coesione sia vinta, pure sussisterà l'equilibrio, perchè la resistenza d'attrito sarà superiore alla componente Q .

Dunque ecco come ora porremo il problema:

Dato h non soddisfacente alla (11), trovare l'angolo β tale che faccia coincidere col declivio naturale delle terre il piano superiore BD_1 del campo di instabilità.

Sul declivio naturale delle terre BN (fig. 24), prendiamo un punto arbitrario E e conduciamo per questo l'orizzontale

EO ; prendiamo il segmento $EF = \frac{h_0}{2}$ e per F tracciamo

la verticale FC' . Condotta la normale per E a BN fino all'incontro C' della verticale FC' e per C' la MN inclinata all'orizzonte di ε , riterremo essere MN il piano che limita superiormente il corpo di terra.

Ciò fatto tiriamo la parallela a BN pel punto di mezzo V di EC' ; qualunque circonferenza che passi per C' ed E ed abbia il centro al disotto di O_1 , taglierà la BN in un punto che congiunto con C' darà la scarpa e il cui livello sarà quello del piano stradale. In altri termini congiungendo il punto C' con i vari punti O, O, \dots della VO , avremo le scarpe $C'B_1, C'B_2, \dots$ secondo cui potremo aprire la trincea quando il piano stradale sia al livello di B_1, B_2, \dots . Costruzione molto semplice ed elegante.

Volendo la relazione analitica fra h e β consideriamo ad esempio la scarpa $C'B_2$ e riteniamola generica.

Poniamo:

$$\overline{CB_2} = h, \quad \overline{C'B_2} = h_1, \quad \overline{C'F_2} = h_2, \quad \overline{C'B_2F_2} = \beta.$$

Dal triangolo $C'B_2F_2$ si ha:

$$h_2 = h_1 \operatorname{sen} \beta$$

così dal triangolo $B_2C'E$ risulta:

$$h_1 = \frac{\overline{C'E}}{\operatorname{sen}(\beta - \varphi)}$$

e dal triangolo $C'F_2E$ si deduce:

$$\overline{C'E} = \frac{\overline{EF}}{\operatorname{sen} \varphi} = \frac{h_0}{2 \operatorname{sen} \varphi};$$

onde, sostituendo si ha successivamente:

$$h_1 = \frac{h_0}{2 \operatorname{sen} \varphi \operatorname{sen}(\beta - \varphi)}$$

e:

$$h_2 = h_0 \frac{\operatorname{sen} \beta}{2 \operatorname{sen} \varphi \operatorname{sen}(\beta - \varphi)} = \frac{h_0}{\operatorname{sen} 2\varphi} \{ 1 - \operatorname{tg} \varphi \operatorname{ctg} \beta \}$$

Ora:

$$h = h_2 - \overline{C'F_2} = h_2 - \overline{C_1C} \operatorname{tg} \varepsilon = h_2 - h_2 \operatorname{ctg} \beta \operatorname{tg} \varepsilon = h_2 \{ 1 - \operatorname{tg} \varepsilon \operatorname{ctg} \beta \}$$

e perciò sostituendo:

$$h = h_0 \frac{1 - \operatorname{tg} \varepsilon \operatorname{ctg} \beta}{\operatorname{sen} 2\varphi \{ 1 - \operatorname{tg} \varepsilon \operatorname{ctg} \beta \}} \quad (16)$$

dalla quale risolvendo rispetto a $\operatorname{ctg} \beta$ si ricava:

$$\operatorname{ctg} \beta = \frac{\operatorname{sen} 2\varphi - \frac{h_0}{h}}{2 \operatorname{sen}^2 \varphi - \frac{h_0}{h} \operatorname{tg} \varepsilon} \quad (17)$$

ed ecco fatto.

15. — Per $\varepsilon = 0$, la (16) dà:

$$h = \frac{h_0}{\operatorname{sen} 2\varphi \{ 1 - \operatorname{tg} \varphi \operatorname{ctg} \beta \}} \quad (18)$$

e la (17):

$$\operatorname{ctg} \beta = \frac{\operatorname{sen} 2\varphi - \frac{h_0}{h}}{2 \operatorname{sen}^2 \varphi} \quad (19)$$

Per $\varepsilon < 0$, le (16) e (17) divengono:

$$h = h_0 \frac{1 + \operatorname{tg} \varepsilon \operatorname{ctg} \beta}{\operatorname{sen} 2\varphi \{ 1 - \operatorname{tg} \varphi \operatorname{ctg} \beta \}} \quad (20)$$

e:

$$\operatorname{ctg} \beta = \frac{\operatorname{sen} 2\varphi - \frac{h_0}{h}}{2 \operatorname{sen}^2 \varphi + \frac{h_0}{h} \operatorname{tg} \varepsilon} \quad (21)$$

Roma, gennaio 1897.

FISICA TERRESTRE

SULLA FORZA COERCITIVA DEI VASI ETRUSCHI.

Nota del dott. G. FOLGHERAITER (1).

In un recente lavoro (2) ho esposto i risultati delle mie ricerche sul valore dell'inclinazione magnetica parecchi secoli a. C., prendendo come punto di partenza la distribuzione del magnetismo nei vasi di argilla rinvenuti nelle tombe etrusche.

Queste ricerche poggiano essenzialmente sopra due supposizioni: la prima è, che le argille cotte siano dotate d'una forza coercitiva assai grande, in guisa che il loro magnetismo libero abbia potuto resistere all'azione induttrice del campo terrestre per un periodo di tempo di 25 o più secoli; la seconda è, che i vasi da me scelti per le mie indagini siano stati collocati, durante la cottura, col loro asse verticale.

I criteri che mi guidarono a scegliere i vasi, perchè quest'ultima supposizione fosse molto attendibile, vennero abbastanza diffusamente esposti nella Nota citata, e su questo punto non ho altro da aggiungere. Per quanto riguarda invece la forza coercitiva, quantunque abbia di già riportato diversi fatti (3), che secondo il mio modo di vedere dimostrano ad evidenza la validità della supposizione, pure per timore che nella mente di qualche fisico possa essere rimasto un po' di dubbio, voglio riportare qui alcune nuove osservazioni fatte, in un mio recente viaggio, nel civico Museo d'Arezzo, le quali dimostrano in modo ancor

(1) *Atti della R. Accademia dei Lincei*, 17 gennaio 1897.

(2) Vedi *Ingegneria Civile*, anno 1896, pag. 171.

(3) Vedi *Ingegneria Civile*, anno 1896, pag. 104-107.

Devo ringraziare vivamente il chiarissimo comm. G. Fr. Gamurrini, il quale non solo ha messo a mia disposizione il materiale fittile raccolto nel Museo d'Arezzo, ma ha cercato tutti i mezzi per essermi utile nelle mie ricerche.

più deciso, che l'orientazione del magnetismo, che noi ora ritroviamo nei vasi antichi, è realmente quella in essi indotta dal campo terrestre durante la loro cottura.

In un'ampia sala di questo Museo si trovano raccolti molti frammenti di vasi e le loro matrici, che secondo il sigillo che in esse predomina, appartengono alla prima metà del 1° secolo a. C. Il Gamurrini così descrive l'importante scoperta di questi vasi fittili avvenuta al principio del 1883:

« Il decorso mese di gennaio si scopriva una grande quantità di » vasi rossi nel fare i fondamenti di una fabbrica in aggiunta agli » Asili d'infanzia, e che viene eretta nell'orto di S. M. in Gradi di » Arezzo... Molti frammenti si estrassero in speciale di forme originarie » per comporre vasi, decorate tutte di figure e di ornati elegantissimi. » Stavano ammucchiati e confusi alla profondità di circa due metri, » per quasi un metro di spessore sopra lo strato della terra vergine, » mentre erano coperti da detriti medioevali non molto antichi; il che » spiega l'abbandono assoluto di quel luogo fino alla distruzione della » cinta urbana superiore, e il naturale trasporto delle terre, sia per » le acque che per la costruzione degli edifici vicini... Domina nei » vasi figurati e nelle loro matrici il nome di Marco Perennio e dei » suoi servi, e si ripetono i disegni, ossia i tipi dei loro lavori ».

Con quei frammenti furono ricostruite molte matrici, ed alcune di queste riuscirono anche quasi complete, ma quando io mi recai colà per proseguire le mie ricerche sull'inclinazione magnetica nei tempi antichi, aveva intenzione di esaminare unicamente le matrici intere od in generale vasi ed urne cinerarie aretine intere e del 1° secolo a. C. Ma siccome con queste restrizioni il materiale che mi poteva servire era molto scarso, così per curiosità volli vedere che cosa si otteneva dall'esame della distribuzione del magnetismo libero nelle matrici ricostruite coi numerosi frammenti più o meno grossi, nei quali erano state ridotte (1).

Rimasi molto meravigliato nel vedere che anche queste matrici avevano alle periferie della bocca e della base una distribuzione del magnetismo molto regolare e corrispondente in generale a quella delle matrici ed urne cinerarie della stessa epoca, che sono giunte fino a

noi intere. E perchè ognuno possa giudicare della concordanza dei risultati, credo opportuno mettere a confronto i valori dell'intensità magnetica, misurata col processo già descritto in una mia Nota (1), di alcuni dei vasi da me esaminati: i valori riuniti nella tabella unita si riferiscono ai seguenti oggetti:

1° Un'urna cineraria benissimo conservata, donata al Museo dal comm. Gamurrini. E' leggermente conica e le sue dimensioni sono: altezza mm. 213, diametro della base mm. 167; diametro della bocca mm. 196;

2° Una matrice ad ornati in due grandi pezzi, riuniti con colla ma completa, trovata nell'orto di S. M. in Gradi; la sua forma è conica ed ha le seguenti dimensioni: altezza mm. 55, diametro della base mm. 75, diametro della bocca mm. 134;

3° Una matrice in 4 grandi pezzi riuniti con colla, ma completa, trovata nell'orto di S. M. in Gradi. E' segnata col numero 3: la sua forma è conica ed ha le seguenti dimensioni: altezza mm. 83, diametro della base mm. 65, diametro della bocca mm. 138;

4° Una matrice a figure in frammenti abbastanza grossi riuniti con colla; manca qua e là qualche pezzetto. E' dono del comm. Gamurrini, e fu trovata nell'orto di S. M. in Gradi: porta il n. 1. La sua forma è conica delle seguenti dimensioni: altezza mm. 90, diametro della base mm. 127, diametro della bocca mm. 202;

5° Una matrice in molti frammenti riuniti con colla; manca qua e là qualche pezzetto; proviene dall'orto di S. M. in Gradi, ed è segnata col n. 2. Essa è al solito di forma conica ed ha le seguenti dimensioni: altezza mm. 90, diametro della base mm. 62, diametro della bocca mm. 140.

Nella tabella a ciascun oggetto corrispondono due colonne, nelle quali sono notati i valori dell'intensità magnetica di 12 punti (distanti tra loro costantemente di 30°) delle periferie della base e della bocca: per avere una certa uniformità nel presentare i risultati, ho avuto cura di cercare con opportuni tentativi il punto di ogni oggetto di massima intensità nord, e su di esso ho tracciato la sezione normale (2). Le misure incominciano sempre da quel punto, e dal suo corrispondente sull'altra periferia.

1°		2°		3°		4°		5°	
+ 0°44',0	- 0°4',2	+ 2°51',0	- 1°58',0	+ 2°20',0	- 1°36',0	+ 1°10',0	- 0° 7',0	+ 1°36',0	- 1° 2',5
39,5	4,5	2 43,0	2 5,5	2 13,5	1 43,5	1 5,0	8,5	1 23,5	1 5,0
35,0	5,0	2 18,0	2 21,5	2 6,5	2 2,5	0 57,5	12,0	1 5,5	1 13,5
30,5	9,0	1 54,5	2 46,5	1 53,0	2 21,0	47,0	20,5	48,5	1 38,5
23,5	11,5	1 36,5	3 20,0	1 29,0	2 57,0	41,5	26,5	36,5	1 54,0
19,0	15,0	1 12,0	3 39,5	1 6,0	3 14,5	35,5	30,5	27,5	2 13,5
15,5	17,0	1 1,0	3 41,5	0 56,0	3 21,5	31,0	35,0	25,0	2 21,0
16,0	15,5	1 2,0	3 35,0	0 59,5	3 6,0	32,5	29,5	28,5	2 18,5
19,5	14,5	1 16,5	3 22,5	1 6,5	2 43,5	38,0	26,5	34,0	2 7,0
28,0	12,0	1 44,5	3 1,0	1 31,0	2 21,0	49,0	23,0	48,0	1 48,5
34,5	9,5	2 19,0	2 36,5	1 50,0	2 2,0	1 2,0	19,0	1 8,5	1 21,0
+ 43,5	- 6,5	+ 2 36,5	- 2 9,0	+ 2 6,5	- 1 42,0	+ 1 6,0	- 10,0	+ 1 29,0	- 1 5,5
(base)	(bocca)	(bocca)	(base)	(bocca)	(base)	(base)	(bocca)	(bocca)	(base)

Dall'esame di questa tabella risulta chiaramente: che in tutti e cinque gli oggetti al massimo nord su una periferia corrisponde sull'altra un minimo sud.

Che in tutti e cinque gli oggetti, partendo dal massimo nord, l'intensità magnetica va abbastanza regolarmente diminuendo fino ad un minimo nord, che è il 7° valore, quello corrispondente cioè al punto diametralmente opposto al massimo, e che poi l'intensità magnetica va abbastanza regolarmente crescendo fino al massimo.

Che in tutti e cinque gli oggetti, partendo dal minimo sud, l'intensità magnetica va abbastanza regolarmente crescendo fino ad un massimo sud, che è il 7° valore, e quindi quello corrispondente al punto diametralmente opposto al minimo: i diametri che sulle periferie della bocca e della base contengono i massimi ed i minimi, stanno per conseguenza in un piano sia nell'oggetto intero, sia negli altri oggetti più o meno frantumati.

Per far risaltare ad occhio come varii l'intensità magnetica da punto a punto, qui nei due uniti diagrammi riporto (colle stesse norme stabilite nelle mie già citate Note) (2) i valori dell'intensità, che si riferiscono all'urna cineraria intera (fig. 25), e quelli che si riferiscono

all'oggetto n. 5 che è la matrice più frantumata (fig. 26). Le ascisse danno lo spostamento angolare degli oggetti partendo dal punto di massima intensità nord. Le ordinate danno l'intensità magnetica dei vari punti presentati successivamente all'ago; le positive indicano magnetismo nord, le negative magnetismo sud (3).

Ognuno deve convenire, che gli scartamenti dei singoli valori osservati dalla curva sono in generale non solo abbastanza piccoli, ma nel vaso rotto non sono punto maggiori che in quello intero: alla medesima conclusione si arriverebbe, se si volesse costruire i rispettivi diagrammi anche per gli altri oggetti.

La regolarità e la concordanza nella distribuzione del magnetismo in vasi che si sono conservati interi ed in quelli che ci giunsero in molti frammenti, significa in modo deciso e netto, che il campo magnetico terrestre non è stato capace di alterare menomamente in essi il magnetismo acquistato durante la cottura: di fatto nel caso contrario l'induzione terrestre avrebbe dovuto in alcuni frammenti di quei vasi spezzati aumentare, in altri diminuire l'intensità magnetica secondo la posizione da essi conservata nei 20 secoli, durante i quali rimasero staccati e confusi tra loro, ed i vasi ricostruiti al pre-

(1) Sarebbe quasi superfluo avvertire, che nella ricostruzione di queste matrici, come in genere dei vasi antichi, vengono riuniti sempre pezzi, che appartennero allo stesso oggetto. Nel caso delle matrici, che hanno anche al presente servito per riproduzioni, ciò risulta evidente sia per la forma dei frammenti, sia per le loro decorazioni in alto rilievo.

(2) Vedi *Ingegneria Civile*, 1896, pag. 140-143 e 151-153.

(1) Vedi *Ingegneria Civile*, anno 1896, pag. 124-126.

(2) Vedi Nota citata, *Ingegneria Civile*, anno 1896, pag. 124-126.

(3) Essendo l'intensità magnetica della matrice frantumata molto più grande di quella dell'urna cineraria, viene rappresentata in scala più ridotta. Naturalmente qui non si tratta di mostrare se i vasi sono o no magnetizzati colla stessa intensità, ma che l'intensità da punto a punto varia nei diversi vasi regolarmente e colla stessa legge.

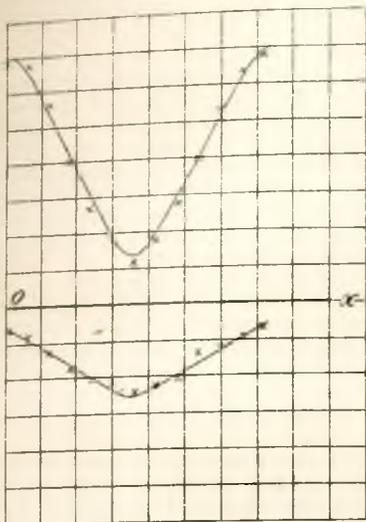


Fig. 25.

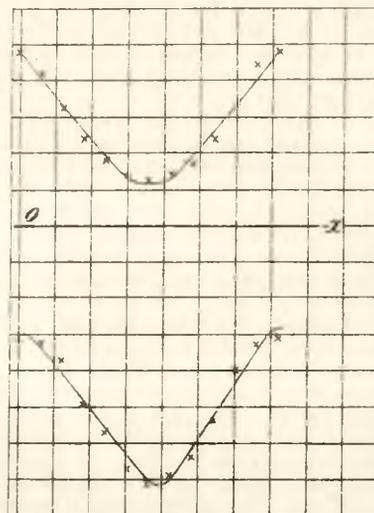


Fig. 26.

lente con quei frammenti non potrebbero presentare che una diminuzione del magnetismo affatto irregolare (1).

Ho creduto opportuno dare tanto peso alle osservazioni fatte nel Museo d'Arezzo (che devono convincere anche i più increduli), perchè questa proprietà dell'argilla cotta di possedere sì grande forza coercitiva è importante e preziosa. In primo luogo, se qualche dubbio vi è ancora sull'attendibilità dei valori dell'inclinazione magnetica all'epoca etrusca, esso può unicamente fondarsi sulla posizione data durante la cottura ai vasi da me presi in esame.

In secondo luogo questa proprietà permetterà di risolvere con tutta sicurezza il problema dell'andamento della declinazione nei tempi passati, quando si venga a possedere degli oggetti d'argilla, di cui si conosca con precisione la disposizione che avevano nella fornace, perchè in tal caso il piano del meridiano magnetico nel luogo ed all'epoca della loro cottura doveva corrispondere all'orientazione del piano, nel quale ora noi troviamo la loro sezione normale (2).

(1) Non credo che ad alcuno possa venire il sospetto, che la distribuzione attuale del magnetismo sia dovuta all'azione del campo terrestre dal tempo che quei vasi furono collocati negli scaffali del Museo. Per eccesso di precauzione contro simile eventuale censura, devo qui avvertire, che i vasi, per la disposizione loro data entro gli scaffali, avrebbero dovuto possedere, nella maggior parte dei casi, un'orientazione del magnetismo proprio opposta a quella da me trovata.

(2) Prima di recarmi in Arezzo, avevo qualche speranza di poter stabilire quale era in quella città la declinazione magnetica verso la metà del 1° secolo a. C.: mi era stato detto, che tanto in Arezzo quanto a Cincelli, paesello a circa 7 chilometri a nord-ovest di questa città, erano state scoperte in questi ultimi decenni delle fornaci con entro vasi, che portavano impresso il sigillo di M. Perennio, dei suoi vasi e di altri. Avevo intenzione di esaminare la distribuzione del magnetismo nelle stesse fornaci per poter stabilire, se era possibile, l'orientazione delle rispettive sezioni normali e per dedurre conseguentemente il valore della declinazione magnetica. (La presenza in quelle fornaci di vasi o frammenti di vasi appartenenti alla metà del 1° secolo a. C., è certo una prova sicura, che d'allora in poi esse non hanno più funzionato).

Queste fornaci al presente sono completamente distrutte. Solo nelle cantine del palazzo Occhini in Arezzo potei esaminare la parte inferiore d'una fornace, ma dai pochi avanzi, che il comm. Gamurrini mi fece mettere a nudo, non ho potuto trarre alcun profitto, perchè i pezzi di muro che ancor rimangono, quantunque fortemente magnetizzati, non si prestano per la loro poca omogeneità a delle misure. Io nutro speranza, che vengano fatte in Arezzo od in altre località altre scoperte di fornaci, dalle quali si possa ritrarre per il magnetismo terrestre maggior profitto.

Ho intenzione di provare, se si possa risolvere il problema dell'andamento della declinazione magnetica nei tempi passati, studiando se i numerosi incendi accaduti nelle guerre di Roma abbiano prodotto delle regolari magnetizzazioni nei muri, oppure esaminando la distribuzione del magnetismo in rocce vulcaniche dotate di grande forza coercitiva e consolidate in un'epoca nota.

In fine il conoscere tale proprietà dell'argilla cotta appare abbastanza importante per sè stessa, mentre sotto questo punto di vista non si conosce il comportamento delle altre sostanze magnetiche, nè sembra neppure che si possa direttamente arrivare a stabilirlo almeno per l'acciaio, per la sostanza cioè più importante per il magnetismo, perchè gli agenti atmosferici in così lungo periodo cambierebbero certamente la sua natura chimica e con questa le sue proprietà magnetiche, a meno che non si voglia completamente sottrarlo alla loro azione.

NOTIZIE

Per il nuovo ponte sul Po a Torino. — Dopo il concorso per un ponte metallico, del quale abbiamo a suo tempo pubblicato i risultati, le impressioni nostre, e la Relazione della Giuria (*Ingegneria Civile*, annata 1895, pag. 113-119 e tav. VIII), la Giunta Municipale era venuta nella decisione di proporre al Consiglio la costruzione di un ponte metallico, scegliendo non già alcuno dei progetti premiati dalla Giuria, ma un progetto della Società Nazionale delle Officine di Savigliano, il quale era stato dalla Commissione giudicatrice di quel concorso ed in base a qualche condizione del programma, considerato fuori concorso (*).

Il progetto delle Officine di Savigliano che la Giunta proponeva al Consiglio consisteva in una sola e grande arcata di acciaio dolce, di metri 90 di luce, con spalle di muratura e di granito.

La spesa occorrente era di L. 1 060 000, da pagarsi per L. 260 000 nel 1897, per L. 450 000 nel 1898 e per L. 350 000 nel 1899.

Ma la proposta della Giunta non ebbe fortuna.

Dapprincipio il Consiglio Comunale, radunatosi nello scorso dicembre, invitava la Giunta a nominare una Commissione tecnica, col duplice incarico di esaminare un nuovo progetto presentato dal cav. ing. G. G. Ferria, consistente in un arco, di smalto, o calcestruzzo di cemento, della luce di metri 92, ribassato ad un decimo circa, e di esaminare altresì il progetto di ponte ad arco metallico proposto al Municipio dalla Società Nazionale delle Officine di Savigliano.

La Commissione che la Giunta ha creduto bene di nominare, riuscì composta del cav. ing. Giovanni Bellini da Milano; del cav. ing. Alberto Pennachio, capo-servizio aggiunto del Mantenimento delle Strade Ferrate del Mediterraneo, e del comm. ing. Alessandro Perego, direttore tecnico governativo della ferrovia Faenza-Firenze.

Questa Commissione nella sua Relazione avrebbe concluso tributando il dovuto elogio al cav. ing. Ferria per la sua arida concezione, escludendone però l'esecuzione per le gravi difficoltà costruttive e perchè verrebbero oltrepassati i limiti di resistenza raggiungibili anche nelle migliori opere di calcestruzzo con cemento.

Quanto al progetto delle Officine di Savigliano, la Relazione lo avrebbe giudicato perfettamente rispondente in ogni sua parte alle

(*) La Giuria aveva riconosciuto *migliori e d'un valore relativamente grande*: 1° il progetto I delle Costruzioni Meccaniche di Saronno; 2° il progetto A degli ingegneri Lombroso ed Ovazza di Torino; per cui vennero premiati il 1° con lire 3000, il 2° con lire 2000.

esigenze della stabilità e della pratica, ed anche alle condizioni d'estetica richieste dalla località, senza dissimulare però gli inconvenienti inerenti alla struttura metallica, che dichiarò non potersi evitare, salvo che ricorrendo ad un ponte murario a più arcate, nel qual caso sarebbero pure da mettersi fra i termini di confronto il maggiore ingombro dello specchio del fiume, il maggior costo e il maggior tempo richiesto dall'esecuzione.

Ma il decidere fra le due soluzioni non essendo nel compito della Commissione stessa, questa si sarebbe astenuta dal pronunciarsi in merito, lasciandone la cura all'Amministrazione Comunale, conoscitrice dei bisogni della località, delle condizioni dell'erario, dell'opportunità del momento e delle predilezioni della cittadinanza.

Le parole *opportunità del momento* crediamo volessero riferirsi all'impegno che la Società delle Officine di Savigliano aveva preso di dare l'opera ultimata per l'epoca dell'Esposizione generale italiana del 1898.

La Società degli Ingegneri, che volle pure, come di dovere, occuparsi dell'argomento, aveva affidato anch'essa ad apposita Commissione l'esame del nuovo progetto Ferria, l'unico che le fosse stato comunicato, e dopo animata discussione, concluse a sua volta votando alla quasi unanimità (presenti ben 70 soci) il seguente ordine del giorno, concordato tra i soci Guidi, Losio, Reycend e Sacheri:

« La Società degli Ingegneri ed Architetti, plaudento ai lodevoli studi dell'ing. Ferria per sostituire l'attuale Ponte Maria Teresa con un ponte in muratura, che l'Assemblea ritiene in ogni caso preferibile ad un ponte di ferro;

« Riconferma il voto antecedentemente emesso dalla Società per un ponte in muratura, ed esprime voto favorevole al progetto di ponte a tre arcate, con una centrale di 55 metri di luce, sì e come in prima lettura era stato approvato dal Consiglio Comunale di Torino ».

Nella seduta del 22 scorso gennaio il Consiglio Comunale approvava in massima il progetto delle Officine di Savigliano, strenuamente difeso dall'Assessore, ing. comm. Riccio; ma la spesa relativa non riuscì approvata dalla maggioranza voluta dalla legge.

Meglio così.

G. S.

NECROLOGIA

GALILEO FERRARIS

NATO IN LIVORNO VERCELLESE IL 31 OTTOBRE 1847

MORTO IN TORINO IL 7 FEBBRAIO 1897.

Una pleuro-polmonite ci ha rapito in pochi giorni, a soli 49 anni, in tutta la forza dell'età virile, Galileo Ferraris, l'illustre professore di fisica e di elettrotecnica del R. Museo Industriale italiano, una delle più alte personalità scientifiche che abbiano onorato non solo l'Italia, ma il vecchio e il nuovo Mondo.

L'*Ingegneria Civile*, che fin dal primo anno di sua fondazione l'ebbe a consigliere affezionato e collaboratore assiduo, non può che piangere a calde lagrime l'amico perduto, non può che ricordarne la simpatica e geniale figura, l'insegnante di chiarezza e valore impareggiabili, lo scienziato dagli alti ideali, il cui nome può stare a pari coi più illustri nomi di fisici moderni, dell'Helmholtz, di Siemens, dell'Edison.

Galileo Ferraris erasi laureato ingegnere nel 1869 al Valentino, pubblicando per dissertazione di laurea una pregevole Memoria: *Sulle trasmissioni telodinamiche di Hirn*.

Il prof. Codazza, insegnante fisica industriale nel R. Museo Industriale e Direttore ad un tempo di quest'Istituto, apprezzando che il Ferraris, oltre ad essere tra i più distinti allievi del corso d'Ingegneria, avesse pure compiuti gli studi del 4° anno di corso superiore di fisico-matematica della R. Università, offrìvagli il posto di assistente alla sua Cattedra; e quel posto era al giovane studioso sommanente caro, poichè permettevagli di continuare i suoi studi prediletti nel campo della fisica matematica, quegli studi appunto che poi dovevano in breve volger d'anni procacciargli la immortalità. E come andasse in quel genere di studi rapidamente progredendo, ne è prova la Memoria: *Sulla teoria matematica della propagazione dell'elettricità nei solidi omogenei*, colla quale poté conquistare nel 1872 il posto di dottore aggregato alla Facoltà di scienze fisiche, matematiche e naturali della R. Università di Torino.

Nel 1877 il Ferraris sostituì nell'insegnamento della fisica industriale il prof. Codazza, che, per la tarda età e la malferma salute, non poteva più attendervi, e deceduto il Codazza in quello stesso anno, il Ferraris veniva nominato dapprima professore straordinario, e successivamente, con Decreto del 2 novembre 1879, professore ordinario senza concorso, ossia per merito singolare, secondo l'art. 69 della legge Casati.

Nel 1877 il prof. Ferraris era pure succeduto al Codazza nell'insegnamento della fisica generale alla Scuola di Guerra, dove più tardi veniva nominato professore titolare, nomina che ben raramente si concede ai non militari.

Due lavori di ottica importantissimi egli diede alla luce: il primo nel 1877, intitolato: *Le proprietà cardinali degli strumenti diottrici*, che fu subito tradotto in tedesco dal prof. Lippich dell'Università di Praga; ed il secondo nel 1880: *Sui cannocchiali con obiettivo composto di più lenti a distanza le une dalle altre*.

La scoperta del telefono di Graham Bell suggerivagli nel 1878 una splendida conferenza su quell'argomento alla Società degli Ingegneri, ed altre magistrali e pubbliche conferenze ei tenne nel 1879 nel Museo Industriale: « Sulla illuminazione elettrica », delle quali volle egli stesso scrivere un sunto su questo periodico.

La tecnologia del calore formando dapprincipio la parte principale del suo corso regolare di fisica tecnica agli Ingegneri, egli aveva pure immaginato un apparecchio per la misura dell'acqua trascinata meccanicamente dal vapore, ma non ne parlò, nè scrisse se non nel 1881, dopo che altri avendo immaginato pure un apparecchio riposante sul medesimo principio, sentì la necessità di dire le ragioni per cui tali apparecchi erangli risultati praticamente inattendibili per la misura in questione.

Nel 1882 Galileo Ferraris veniva delegato dal Governo italiano alla Conferenza internazionale in Parigi per la determinazione delle unità elettriche, e nel 1883 all'Esposizione Internazionale di elettricità di Vienna, ove fu eletto Vice-Presidente del Comitato scientifico.

Nel 1884 fu il principale organizzatore della Sezione internazionale di elettricità all'Esposizione Generale Italiana di Torino e Presidente dei Giuri internazionali per l'assegnamento del premio di L. 15,000 a quella invenzione che avesse fatto fare i maggiori progressi alle applicazioni elettriche.

Nel 1885 comparvero le sue magistrali *Ricerche teoriche e sperimentali sul generatore secondario Gaulard e Gibbs*, completate nel 1886 e nel 1887, come risulta da altra più importante Memoria: *Sulle differenze di fase delle correnti, sul ritardo della induzione e sulla disposizione di energia nei trasformatori*.

Nel 1885 ebbero pure principio le sue esperienze, e più precisamente tra l'agosto e l'ottobre, a conferma della sua grande scoperta del campo magnetico rotante, e del primo motore polifasico, scoperta che fu soltanto resa pubblica, dopo le più vive insistenze di autorevoli colleghi, nel marzo 1888, col modesto titolo: *Rotazioni elettrodinamiche per mezzo di correnti alternate*.

Sul finire dello stesso anno, la Compagnia Westinghouse presentava il primo motore industriale costruito dal Tesla, sul principio del campo magnetico rotante scoperto da Galileo Ferraris.

Da quell'ora in poi il prof. Ferraris non ebbe più un sol minuto di libertà, nè di riposo. Tutti cooperarono inscientemente ad accorgli la persistenza.

La Città di Francoforte sul Meno il volle colà a risolvere importanti problemi sulla distribuzione dell'energia elettrica in quella città; Roma, Milano e Torino andarono a gara per contendersi l'insigne professore, che tutte tre desideravano porre a capo di una scuola superiore di elettrotecnica; la Città di Torino, da cui il Ferraris, contro ogni suo interesse materiale, ma per alto, intenso sentimento di patrio affetto, non aveva voluto separarsi, lo accolse pure nel Consiglio Comunale e nella Giunta Municipale; perfino il Liceo Musicale di Torino il volle tra i membri della Direzione, essendo egli appassionatissimo così della scienza dei suoni, come della musica di Wagner. Nè Lione poteva essere da meno di Francoforte nel chiamare il Ferraris a consiglio per le sue questioni di elettrotecnica industriale. Il Governo italiano poi, che chiamavalo a Roma quasi ad ogni mese a far parte di importanti Commissioni, delegavalo nel 1891 ad assistere alle esperienze del grandioso impianto Lauffen-Francoforte per la distribuzione dell'energia a grandi distanze, nel 1893 al Congresso Internazionale di elettricità in Chicago, nel 1896 al Congresso di Ginevra; ed infine, il 21 ottobre 1896, all'onore di un seggio nel Senato del Regno.

Febbricitante di emozioni, di fibra per se stessa delicata ed estremamente sensibile, Galileo Ferraris lavorava tutto il giorno, seguendo il volere di tutti, elucubrava tutta la notte, seguendo il proprio ideale. L'organismo era logoro e stanco, la nutrizione non si faceva in modo assai incompleto; anche il sonno riparatore eragli quasi sempre negato, ed il serbatoio dell'energia vitale era divenuto oramai troppo esausto per poter reggere ad una crisi e superarla.

Pochi giorni prima che il morbo letale lo assalisce, ricordo che a dieci passi dal Museo Industriale, ove io l'accompagnavo, Galileo Ferraris dovevasi meco di codeste sue condizioni fisiche, e incrociando le mani e crollando la testa, diceva sfiducioso, ma colla massima rassegnazione: « È impossibile che io possa ancora vivere molto! ». Ed anche queste sue testuali parole, le uniche alle quali io non avessi prestato fede, erano vere...

G. SACHERI.

Di alcune commemorazioni pubblicate per la stampa, ora pervenuteci, e di altre che ci si annunziano, parleremo in un prossimo fascicolo.