

# L'INGEGNERIA CIVILE

E

## LE ARTI INDUSTRIALI

### PERIODICO TECNICO MENSILE

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

#### COSTRUZIONI IDRAULICHE

##### L'ACQUEDOTTO DI SCILLATO PER LA CITTÀ DI PALERMO

*(Veggansi le Tavole V e VI)*

#### I. — SERBATOI.

1. — L'epidemia colerica che negli anni 1834 e 1885 infierì in Italia, valse a convergere l'attenzione del Paese sopra le misere condizioni igieniche di parecchie delle nostre città fra le più importanti per industrie, per commerci e per densità di popolazione, iniziando una lodevole gara di miglioramenti urbani, i quali, se gravi oneri ebbero ad imporre alle pubbliche finanze ed alle private, un compenso incalcolabile offriranno nell'avere rigenerato già fiorenti centri abitati.

Razionali fognature, risanamenti mercè l'abbattimento di malsane abitazioni e l'apertura di aerate vie e piazze, condotte di buone acque potabili da sostituire a quelle riconosciute principale fomite e veicolo di epidemie, impianti di lavatoi pubblici, di ospedali per malattie infettive, costruzione di cimiteri, di forni crematori e per disinfezioni, assorbono in questi ultimi tempi larga parte delle attività nostre e pur ne vanno tuttora impegnando.

Fra i più recenti di tali miglioramenti, merita particolare menzione la nuova condotta di acqua potabile per la città di Palermo, inauguratasi il decorso anno 1897.

2. — Palermo, quando appunto menava strage l'epidemia su ricordata, era in ben cattive condizioni per riguardo alla propria alimentazione idraulica. Una Relazione della Commissione sanitaria (1), nominata in quel tempo dal Consiglio Comunale per proporre di urgenza le misure igieniche ed edilizie necessarie in tanto frangente, dice: « Palermo è pur troppo igienicamente una città quasi, si può dire, allo stato primitivo ». In data 4 febbraio 1886, un'ordinanza del Sindaco di Palermo, notificata per usciere a chi di ragione, « considerando che le acque di irrigazione e quelle di rifiuto scorrono in taluni punti della città e delle borgate in condotti scoperti, nei quali gli abitanti delle borgate spesso attingono l'acqua da bere e lavano altresì le biancherie sporche », prescrive che entro brevi determinati termini di tempo, « tutti i canali di irrigazione e di rifiuto che passano per le strade pubbliche, o traversano luoghi dove esistono abitazioni, devono essere chiusi in modo da impedirne assolutamente l'uso che ne possano fare gli abitanti ».

Acque in gran parte più o meno inquinate (2) o fino dalle loro scaturigini o lungo il loro corso, acque in quantità in-

sufficiente e pur tuttavia in continua diminuzione, dovuta al depauperamento causato da sempre più abbondanti irrigazioni del contado (205 litri al minuto secondo, in complesso per una popolazione di circa 250,000 anime, ciò che corrisponde ad una disponibilità di soli settanta litri giornalieri per cadun abitante, e per tutti gli usi domestici ed urbani), acque costose e pur mal sicure, perchè edotte per sollevamento da pozzi sospetti di inquinamento scavati nel quaternario; ecco quanto prima del 1897 costituiva la dotazione di acqua potabile della principale città della Sicilia.

3. — Imponendosi l'urgenza dei miglioramenti al riguardo, sorsero proposte per l'adduzione di acque dai monti di Renda e per la condotta di quelle, riconosciute potabili sotto ogni riguardo, che nel territorio di Scillato, sgorgando dalle falde del monte Fanusi, del gruppo delle Madonie, in ben piccola parte utilizzavansi a scopo di irrigazione e per qualche industria, mentre il resto, in corso continuo ed abbondante, improficuo scendeva al mare.

Dietro apposito concorso bandito dal Municipio palermitano, fu scelta e decisa la costruzione dell'acquedotto di Scillato. Ed è confortante che ad affrontare tutto il complesso delle gravi difficoltà di ogni specie che tale condotta, di ben settanta chilometri, presentava (nè solo ad affrontare ma a vincere con esito veramente felice) si sieno accinte intelligenze e capacità solamente italiane, e come a compiere tale impresa che l'illustre prof. Brioschi, da poco rapito alla scienza ed all'arte dell'ingegnere, nella sua elaborata Relazione di collaudo godeva di chiamare « un'opera d'arte che fa onore all'ingegneria italiana », dall'uno all'altro estremo del nostro Paese, sieno rifluiti ad insieme concorrere capitali essenzialmente italiani per il santo scopo della rigenerazione della prima città sicula.

4. — Fu il 12 febbraio 1893 che il Municipio di Palermo, essendo Sindaco il signor marchese Ugo delle Favare, concluse « contratto di concessione per il quale, ad assicurare alla città un volume d'acqua corrispondente ai bisogni della popolazione ed alle prescrizioni igieniche », si fece obbligo ai signori Giovan Battista e Celestino Biglia ed ing. Alessandro Vanni di condurre da 350 a 500 litri al minuto secondo di acqua dalle sorgive di Scillato, restando la concessione ai predetti signori per la durata di anni 90 dal compimento dei lavori, dopo del qual tempo, in compenso del contributo pecuniario portato dal Comune, tutta la condotta verrà a passare in proprietà del Municipio.

La condotta ora completata ed in esercizio, capace della totale portata di 500 litri al minuto secondo, assicura così, insieme con quelle altre acque attualmente fornite alla città, che l'igiene può tollerare, una disponibilità giornaliera di 180 litri per abitante.

5. — Non è nostra intenzione, nè sarebbe di nostra competenza, occuparci della condotta dal punto di vista della igiene; invece valendoci della squisita cortesia onde volle onorarci la spettabilissima Impresa Concessionaria, cui qui pubblicamente rendiamo i nostri più sentiti ringraziamenti,

(1) COMMISSIONE SANITARIA MUNICIPALE, *Misure igieniche ed edilizie proposte d'urgenza alla Giunta Comunale*. — Palermo, novembre 1885.

(2) Cfr. *Relazione della Giunta al Consiglio Comunale di Palermo riguardo alla provvista di nuove acque potabili per la Città*. — Palermo, 1888.



piegheremo a contemplare tecnicamente le varie opere d'arte che tale condotta ebbe a richiedere, allo scopo di ritrarne quegli ammaestramenti che in larga copia è dato ricavare.

In questo Periodico andremo esponendo i risultati di questi studi, cominciando da quella che fra tutte occupa forse il primo posto in ragione d'importanza: il complesso dei serbatoi (1).

#### Serbatoi di S. Ciro.

6. — In ogni grande distribuzione forzata di acqua è lo insieme dei serbatoi parte principale, sia per la mole che sogliono assumere, sia pel loro ufficio di assicurare la continuità del servizio, insieme giovando a regolarizzare il regime delle pressioni nelle condotte di vario ordine durante le differenti fasi del consumo. Nel caso speciale poi dell'acquedotto di Scillato, vuolsi osservare che intorno ai serbatoi lunghi e seri furono gli studi, sia da parte della Società concessionaria e costruttrice, sia da parte dei tecnici municipali addetti alla sorveglianza dei lavori, sia da parte dell'illustre Collaudatore ad opera finita: animatissimi furono i dibattiti che condussero alla formazione di un autorevolissimo collegio arbitrale costituito dai signori cav. ing. Enrico Patti, comm. ing. prof. Alessandro Betocchi e comm. ing. professore Ernesto Basile, per appianare divergenze sorte circa la interpretazione del contratto di concessione, e diradare i dubbi intorno alla stabilità dell'opera ed alla bontà e resistenza dei materiali adoperati; la costruzione stessa, tipica per la sua forma e notevole per le sue dimensioni, ebbe a presentare difficoltà tecniche sì gravi, e nondimeno è così felicemente riuscita, che il suo studio si impone prima delle altre opere d'arte.

7. — Il contratto di concessione fissava in un *minimum* di 35000 metri cubi la capacità complessiva dei serbatoi, corrispondente all'incirca al totale consumo giornaliero, e perciò sufficiente, avuto riguardo anche alla prescrizione fatta ai costruttori di costituire mediante almeno due file di tubi la condotta dalle sorgive al serbatoio, la qual cosa limita notevolmente le probabilità di interruzione del servizio.

Ad evitare che, come si verifica in talune distribuzioni urbane (2), parte della città avesse a soffrire carestia di acqua per effetto di rotture, in causa di eccessive pressioni dei sifoni costituenti le arterie della distribuzione interna, rotture che insieme porterebbero guasti al pavimento stradale ed allagamenti di vie e pianterreni, il contratto medesimo fissava in sei atmosfere il limite massimo delle pressioni nella rete urbana dei tubi, pur dovendosi il servizio di acqua estendere ad una zona che dal livello del mare sale almeno alla quota di 56 metri sul medesimo livello (Porta Nuova).

Per altro condizioni locali non permisero di dare sede al serbatoio in corrispondenza del centro della zona da alimentarsi, in modo da ridurre al minimo lo sviluppo della rete tubolare e la complessiva perdita di carico in essa.

8. — Per tutte queste ragioni ed allo scopo di ottenere insieme i vantaggi, compensandone gl'inconvenienti, che avrebbero presentati da soli un serbatoio di *riserva* o di regresso ed uno *alimentatore* sito in corrispondenza dell'innesto della rete di distribuzione alla condotta principale che giunge dalle sorgive, si era nel primitivo progetto, sottoposto dai

Concessionari alla approvazione delle Autorità municipali, preventivato un serbatoio di regresso alla estremità Nord-Ovest della città, in corrispondenza della località detta di S. Lorenzo, con pelo d'acqua alla quota di m. 63 sul livello del mare, e due altri serbatoi alimentatori, sull'altura di S. Ciro, alla estremità opposta della città. Uno di questi, di maggiore capacità, e con pelo d'acqua alla quota di m. 89 sul livello del mare, era destinato al servizio della parte più alta della città; l'altro con la quota di m. 54, misurata al pelo liquido, specialmente destinavasi al servizio della parte più bassa.

9. — Com'è noto, a parte il vantaggio nella distribuzione dei battenti lungo la rete, il serbatoio di riserva avrebbe permesso utilmente di ridurre le dimensioni delle prime ramificazioni della condotta urbana, sopperendo con le acque in sé raccolte, durante le ore di minor consumo, alla deficienza della portata normale di quelle ramificazioni durante le fasi di maggior consumo.

Nè le acque accumulate in detto serbatoio di regresso durante le ore di notte, le più fresche della giornata, sarebbero riuscite soverchiamente riscaldate; e peraltro la inversione del moto dell'acqua in taluni rami della condotta, inevitabile con un serbatoio di regresso, non avrebbe dovuto preoccupare, specie trattandosi di una tubazione che l'Impresa costruttrice, del resto di una serietà ineccepibile, non poteva, nella sua qualità di concessionaria esercente della condotta, aver interesse di impiantare che con la massima cura ed in vista della massima possibile riduzione delle spese di manutenzione.

10. — Forse nel dubbio che l'acqua del serbatoio di regresso potesse riuscire men fresca, avuto riguardo alle condizioni del clima, forse anche per altre difficoltà locali, la Commissione consigliare incaricata dell'esame del progetto si oppose alla costruzione del serbatoio di regresso, stabilendo che dovesse sopprimerli il più alto dei serbatoi alimentatori da costruirsi a S. Ciro, adeguatamente ampliato.

Allo scopo di difendere poi l'acqua dei serbatoi dall'azione diretta dei raggi solari, si energeticamente nel clima di Palermo, mentre buona parte dei serbatoi era secondo il progetto da ricavarsi ad ingrottato, il resto che veniva a sporgere fuor delle viscere del monte si volle ricoperto con volte protette da una spessa cappa di calcestruzzo e sorreggenti uno strato di terreno alto almeno un metro.

Per la stessa ragione il muro a stagno o di ritenuta delle acque alle estremità delle parti di serbatoio non ingrottate, si volle munito di un muro di maschera per modo che fra questo e la parte resistente del ritegno venisse a praticarsi una intercapedine di almeno un metro, aumentandosi così notevolmente ed in guisa razionale la resistenza alla trasmissione del calore dallo esterno allo interno delle vasche.

11. — Il progetto iniziale dava al serbatoio alto di San Ciro una capacità di 23500 metri cubi, formandolo con due vasche eguali, larghe m. 35,50 sulla fronte esterna, costituita dal muro di ritenuta, e profonde in senso normale a detto muro di m. 54,70, di cui m. 24 a cielo scoperto e m. 30,70 ad ingrottato.

Nell'ipotesi di trovare in buone condizioni la roccia in posto, si era stabilito di lasciare, durante l'esecuzione dello scavo, dei pilastri naturali fra il fondo ed il cielo dell'ingrottato, distribuiti con certa regolarità, da rivestirsi con muratura laddove la roccia non avrebbe dato sufficiente affidamento di impermeabilità.

Analogamente erasi progettato pel serbatoio basso di San Ciro, cui si fissava una capacità di 6500 metri cubi. Il serbatoio di riserva a S. Lorenzo avrebbe capito un volume di acqua di metri cubi 5200.

(1) Intorno all'acquedotto di Scillato ci sono note le seguenti pubblicazioni, oltre a quelle già indicate ed a quelle altre gentilmente comunicateci, di uso forense, per le questioni sollevate durante l'esecuzione:

*L'acquedotto di Palermo*, Cenni a cura dei Concessionari. Palermo, 1897. — *L'acquedotto di Scillato* (*Giornale scientifico di Palermo*, num. 11, anno IV. 1897).

(2) Relazione citata della Giunta.



12. — Non costruendosi più quest'ultimo serbatoio di riserva, sorgeva spontaneo di aumentare corrispondentemente ed in quantità eguali le due vasche del serbatoio alto di San Ciro, e ciascuna di queste in misura adeguata per le due parti ad ingrottato ed a cielo scoperto.

Tale regolarità, desiderabile dal punto di vista dell'economia della costruzione, ma per altro non necessaria per il buon funzionamento della condotta, non fu possibile, in causa di difficoltà locali.

13. — Il forte pendio del monte non permise oltre l'allargamento della vasca posta verso Palermo, di cui si accrebbe la capacità fino a m. c. 12065,44 (1), portandone, per quanto la roccia il consentiva, la profondità a metri 58 dalla fronte.

Restava ad aumentare considerevolmente l'altra vasca posta verso Scillato, dalla parte, cioè, onde arriva la condotta alimentatrice del serbatoio. Ma per questo sorsero pure gravi difficoltà.

Durante l'esecuzione dello scavo si rilevò che i banchi calcarei della roccia in posto erano a strati inclinati in discesa da monte a valle nella direzione da Palermo verso Scillato, e fra i banchi si riscontrarono sedimenti di materie terrose miste ad argilla, ciottoli e sostanze fossili, in condizioni da preoccupare per la stabilità dei pilastri alla sollecitazione a flessione. Anzi detti banchi discendevano a gradi rapidamente, essendo ricoperti da uno strato di spessore sempre crescente di tufo arenario, per modo che lo spessore del banco di calcare sopra il cielo della parte ad ingrottato sarebbe ridotto in modo da non resistere stabilmente al carico sovra incombente.

Aggiungasi che, mentre allargavasi lo scavo verso Scillato, parte della parete ed un attiguo pilastro naturale minacciarono di franare, sicchè fu giocoforza lasciare detto pilastro aggregato alla parete medesima. Per tutto questo si dovette limitare la parte ad ingrottato, aumentando di conseguenza quella a cielo scoperto.

I pilastri naturali poi, di calcare triassico tutto a caverne, intermezzato, come dicemmo, di sostanze terro-argillose, si lasciarono di quella forma ed in quelle posizioni che permettevano di non dubitare della loro resistenza, e, ad ogni buon fine, vennero cerchiati durante la costruzione e rivestiti in seguito con buona muratura.

14. — Anche durante gli scavi occorrenti per formare la vasca costituente il serbatoio basso, scoprironsi banchi rocciosi della stessa natura che per l'altro serbatoio; anzi, in corrispondenza della parte centrale, avvenne il distacco di un grosso blocco di roccia della cubatura di circa 300 metri cubi, posante su di un liscione dovuto a discontinuità degli strati.

Si dovette di conseguenza sbancare tutta quella massa di roccia staccatasi, benchè non fosse ancora smossa, per tema di quei maggiori danni che avrebbe arrecato un ulteriore franamento, ed ai piedi di essa limitare la parte di vasca ad ingrottato, che più non era prudente proseguire, nè conveniente, data la difficoltà di esecuzione, impari alla sicurezza del risultato.

È per tal modo che le piante dei serbatoi assunsero le forme e dimensioni che risultano dalle nostre figure.

#### Serbatoio alto.

15. — Le figure a Tav. V si riferiscono tutte al serbatoio di maggiore capacità (metri cubi 26900), che è adibito al servizio dell'acqua per la zona più alta della città. Questo serbatoio a carico completo ha pelo d'acqua alla quota 89

metri sul livello del mare, il fondo a m. 82, sicchè è capace di un'altezza di 7 metri d'acqua. È diviso in due vasche mediante un diaframma di roccia lasciata in posto, rivestito di muratura di pietrame e prolungantesi verso valle, pel tratto in cui il serbatoio esce dalle viscere del monte, in una parte tutta in muratura. Lo spessore complessivo del diaframma è di m. 5,20; le due vasche possono funzionare indipendentemente l'una dall'altra, ed hanno rispettivamente la capacità di metri cubi 14798,40 e 12065,44, secondo le misure eseguite dal Collegio arbitrale di cui fu fatto cenno.

16. — La vasca Palermo, meno ampia, posta dalla parte della città, ha pianta a trapezio rettangolo, i cui lati paralleli, normali al muro di fronte, sono costituiti rispettivamente dal diaframma suindicato e da una parete ricavata, come quella di fondo, nella roccia in posto, opportunamente rivestita con muratura.

Gli angoli della pianta vennero arrotondati per modo da assicurare un robusto collegamento fra le varie murature alle pareti.

In corrispondenza della porzione di vasca ad ingrottato, che è la principale (della capacità di m. c. 7162,75), sette pilastri di roccia in posto sostengono il cielo del serbatoio, costituito pur esso dalla roccia sovrastante; per garantirne l'impermeabilità, essi furono tutti rivestiti di muratura, intonacata con cemento idraulico, con paramento a leggiera scarpa, che si raccorda in curva al fondo della vasca.

Dal disegno rilevasi quello di tali pilastri che si dovette lasciare aderente alla cortina di roccia formante diaframma fra le due vasche.

Otto piedritti a pianta quadrata, in muratura, a riseghe con raccordi, insieme con altrettante lesene aderenti a due pilastri naturali ed al muro di fronte, sorreggono degli archi a pieno centro con raggio d'intradosso m. 6,40, spessore m. 0,40 e larghezza m. 1, impostati al livello massimo (m. 89 sul livello del mare) cui può giungere il pelo dell'acqua nel serbatoio.

Questi archi, insieme con le pareti parallele della vasca, concorrono a sorreggere delle volte a botte, lunulate perchè aventi generatrice d'imposta più in basso dei vertici degli arconi.

Queste volte in cotto, spesse cm. 12, furono bene rinfiancate con uno strato di calcestruzzo dello spessore medio di m. 0,40, che, come cappa, impedisce ogni infiltrazione delle acque meteoriche attraverso il cielo della vasca.

Sopra la cappa fu in seguito disteso il prescritto strato di terreno con spessore di un metro a più efficace difesa contro l'azione dei raggi solari.

17. — Debole luce penetra nell'interno della vasca attraverso ad apposite botole praticate nelle volte, che sono difese da cupolette in muratura con luci verticali chiuse da robusti vetri e protette da fitte ramate, non rivolte verso mezzogiorno.

18. — La fronte della vasca è costituita dal muro di ritenuta o di stagno, di lunghezza di m. 33,80, la cui forma e le cui dimensioni trasversali indicheremo in seguito. Attraverso ad esso apronsi le luci di immissione e di scarico dell'acqua e gli sfioratoi, e sopra trovano sede il canale di alimentazione e quello in cui scaricansi gli sfioratori.

Il muro di ritenuta, poi, in corrispondenza di quelle due luci di immissione che si dovranno aprire da sole ogniquale volta si rimetterà in carico la vasca, è provvisto di scivoloni, destinati a frenare l'azione dinamica dell'acqua cadente ed insieme a servire di rinforzo contro eventuali sollecitazioni del muro a flessione nel senso della sua lunghezza, le quali comprometterebbero l'opera qualora producessero anche minime screpolature.

(1) Risultato delle visite degli arbitri, di cui sopra.



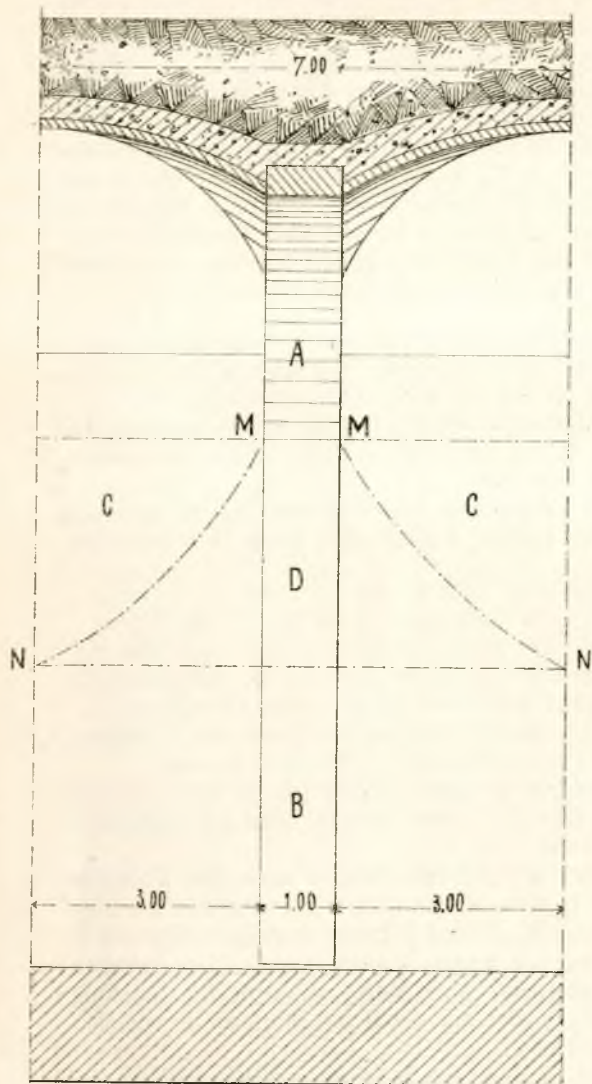


Fig. 23.

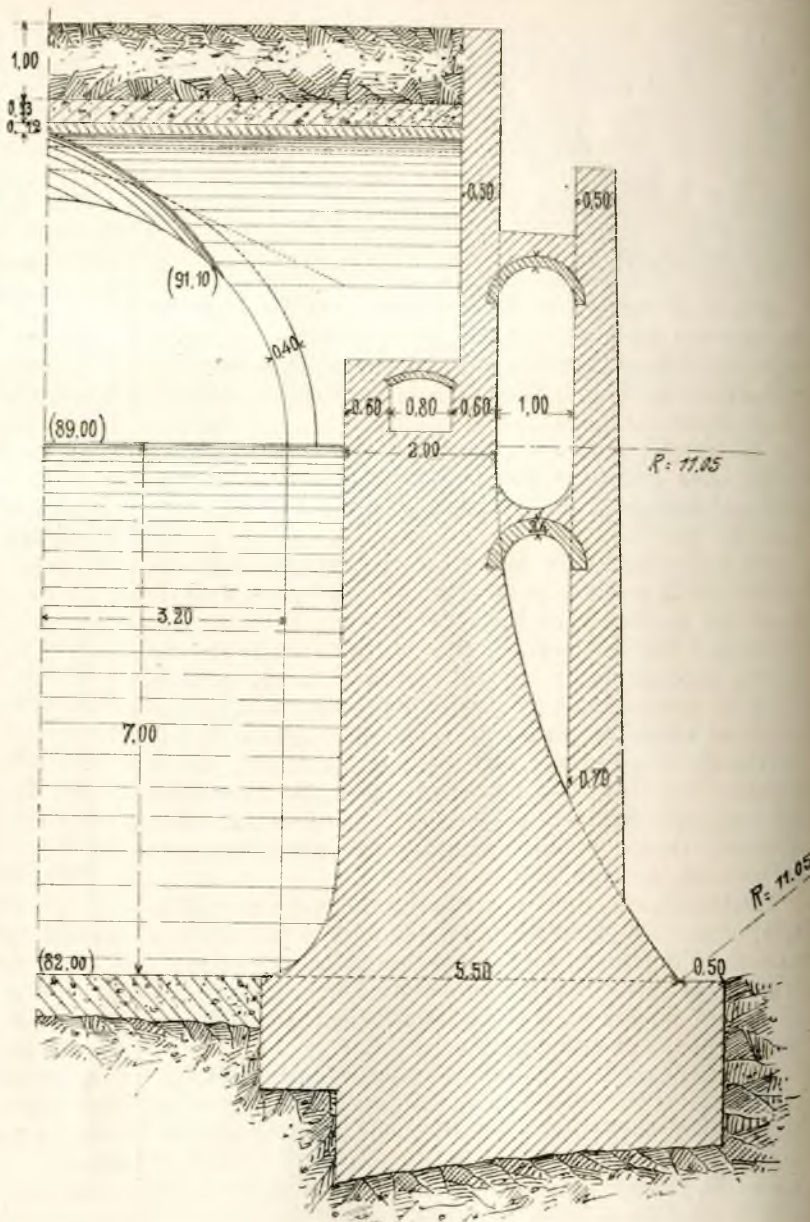


Fig. 24.

Appunto affinchè i scivoloni formino un tutto compatto col muro medesimo, essi furono con questo collegati sia mediante l'opportuna disposizione dei materiali di pietrame, sia mediante tiranti in ferro orizzontali assicurati a bolzoni annegati nella muratura.

19. — La vasca Scillato ha pianta con la forma ad L, dipendente dalle vicende di esecuzione, di cui più avanti è cenno.

La parte ad ingrottato, capace di m. c. 5500 circa, ha la larghezza di metri 22, misurata fra i rivestimenti in muratura del diaframma e della parete parallela, e profondità di circa m. 36

Il cielo di roccia in posto è sorretto da sei pilastri rivestiti con muratura.

Il resto della vasca ha larghezza di m. 69,37, misurata sul muro di fronte, profondità media di m. 24, è ricoperto da dieci volte a botte con lunette impostantisi su arconi a pieno centro come per la vasca Palermo. Tre scivoloni penetrano nella vasca dal muro di fronte.

20. — Il muro di stagno, che forma la fronte delle due vasche, ha le dimensioni indicate nelle figure 23 e 24. Lo spessore, da metri 2 per la parte superiore al piano del li-

vello massimo dell'acqua, aumenta gradatamente fino a m. 5,50 al fondo delle vasche. Il paramento interno, per buona parte verticale, solo in basso è profilato in curva, raccordandosi col fondo. Il paramento esterno ha profilo rettilineo superiormente al livello massimo dell'acqua nel serbatoio e continua profilato secondo un arco di cerchio di raggio eguale a m. 11,05. Tale forma di profilo non segue perfettamente le note regole (1) che si danno per le traverse di acqua, regole che per altro non erano in questo caso immediatamente applicabili, avuto riguardo sia allo spessore necessario in cima per far luogo al canale alimentatore delle vasche, sia alla presenza del muro di maschera e dell'altro muro, che ergesi a chiudere le aperture lasciate dalle volte a botte ed a contenere di fronte lo strato di terra sovrastante a queste volte, sia ancora per l'azione degli arconi. Questi, infatti, trasmettono al muro di stagno pesi e spinte, che, quantunque in parte si scarichino sulle lesene, pongono il muro medesimo in condizioni statiche differenti da quelle in cui trovansi ordinariamente le traverse d'acqua.

(1) Cfr. p. es.: G. CRUGNOLA, *Sui muri di sostegno e sulle traverse dei serbatoi d'acqua*. — Torino, A. F. Negro, 1883.



21. — È questo muro fabbricato con pietrame accuratamente disposto e collegato per assicurare al tutto la consistenza di un monolite, cementato con malta di calce idraulica; esso venne rivestito con intonaco di cemento fatto in due strati sovrapposti con spessore medio 4 centimetri, cioè variabile da 3 centimetri nella parte più alta fino a 5 centimetri in corrispondenza del fondo.

Il fondo delle vasche consta di una platea di calcestruzzo che appoggiasi direttamente sulla roccia compatta, eccezion fatta per una limitata zona della vasca Palermo, ove uno spacco naturale del monte, riscontratosi in linea Est-Ovest, si dovette prima regolarizzare con uno strato di calcestruzzo in contatto con la roccia; su questo si gettarono arconi pure di calcestruzzo, incontrantisi dentro la roccia medesima ed elevantisì fino alla platea suaccennata.

Tutte le pareti ed i pilastri sono rivestiti con uno strato di intonaco idraulico fino all'altezza di 40 cm. al disopra della massima altezza del pelo d'acqua.

22. — Il muro di ritenuta ha la sua fondazione solidamente incassata dentro la roccia, generalmente per una profondità di circa un metro sotto il fondo delle vasche. Solo per un tratto di pressochè 30 metri, in corrispondenza dello spacco del monte, di cui si è parlato or ora, la fondazione discende fino a circa 10 metri sotto detto fondo. Per tutto questo tratto si praticò un primo riempimento di calcestruzzo, e sopra questo, opportunamente centinato superiormente, si costruirono tre archi di scarico, di spessore metri 1,50, con estradosso a m. 2 sotto il fondo; quindi si continuò il riempimento fino a raggiungere la platea generale.

Questi archi di scarico, della cui opportunità era lecito dubitare, furono studiati dal più volte ricordato Collegio Arbitrale, il quale, previo minuto esame, concluse avere detti archi agito come il resto del massiccio di fondazione, insieme al quale avevano fatto cedimento nell'assetto generale di tutto il complesso, e ciò doversi attribuire alla eguaglianza di struttura degli archi e del resto del masso di fondazione.

23. — L'acqua, che proviene dall'acquedotto, prima di giungere al serbatoio alto, che ora abbiamo descritto, è obbligata ad attraversare una camera posta all'estremità della vasca Scillato, nella quale può eseguirsi la misura della portata della condotta.

Di questa camera le figure 4, 5, 6 (Tav. V) rappresentano in maggiore scala la pianta e due sezioni verticali fra loro ortogonali. Essa è divisa in tre piccole vasche, V', V'', V''', rispettivamente di *arrivo*, di *calma* e di *misura*, mediante due diaframmi in muratura, alle cui basi sono aperte le luci di intercomunicazione. Per tal modo l'acqua proveniente dal canale arriva tranquilla nell'ultima di dette vasche, da cui defluisce attraverso ad una luce modulare, a stramazzo, di larghezza m. 2,50, destinata alla misura.

Più a monte della vasca un idrometro in lastra di marmo bianco segna l'altezza del pelo liquido sulla soglia dello stramazzo; per controllo serve un idrometro galleggiante sito in apposito pozzetto di spia.

L'acqua defluisce dalla luce modulare si incammina in un canale coperto mediante voltine, costruito sulla cervice del muro a stagno del serbatoio, nelle vasche del quale si introduce attraversando bocche munite di saracinesche, alternativamente seguite dai scivoloni in muratura. Siccome queste bocche di immissione si aprono da un solo lato delle vasche, epperò potrebbero prodursi dentro la massa liquida raccolta delle correnti, senza che avvenga il necessario continuo movimento di circolazione e rimescolamento di tutta la massa, furono disposti due tubi in cemento che, dal canale alimentatore, lambendo le due faccie del diaframma sepa-

rante le due vasche, guidano l'acqua nella parte più ingrottata di queste.

Sfioratori impediscono l'acqua di elevarsi al di sopra della quota massima, m. 89 sul livello del mare, versando il sovrappiù, per condotti attraversanti inferiormente il canale alimentatore, in un canale di scarico disposto fra la parte essenzialmente resistente del muro di stagno ed il muro di maschera. Il complesso delle due voltine ad arco e contr'arco sorreggenti questo canale di scarico contribuisce a collegare i due muri di maschera e di stagno; allo stesso scopo serve pure un'altra voltina costrutta poco più in basso della cresta del muro di maschera appena tanto da permettere a questo di funzionare quale parapetto per un passaggio praticato sopra la voltina medesima.

Nello stesso canale di scarico possono direttamente riversarsi dalle vasche della camera d'arrivo le acque esuberanti o che non si volessero più oltre introdurre nel serbatoio né dentro la condotta. Così pure una luce munita di paratoia può direttamente far comunicare la vasca di calma col serbatoio, qualora non occorresse la misura della portata.

24. — Volendosi isolare il serbatoio ed alimentare la rete urbana direttamente dal canale, si chiudono le luci d'immissione ed i tubi in cemento, mentre il canale di alimentazione sulla cervice del muro di stagno viene posto in comunicazione con una cameretta situata alla stessa quota del canale, nella quale pescano due tubi di ghisa. Uno di questi, di diametro 550 millimetri, porta direttamente l'acqua in città per la zona più elevata, l'altro ha diametro 500 millimetri e conduce l'acqua al serbatoio basso, potendo però contemporaneamente, mercè la manovra di apposite saracinesche, alimentare direttamente tutta la città quando si dovesse sospendere il servizio con la tubulatura di 550 millimetri.

25. — L'isolamento dei serbatoi, che occorre per procedere alla loro ripulitura, era previsto dai Concessionari costruttori allo inizio dell'esercizio della condotta, volendosi logicamente dare il maggiore possibile tempo alle malte di fare presa avanti di cimentare la muratura del muro di stagno alle massime sollecitazioni. Ma essendosi dal Collegio arbitrale giudicato, dietro istanza del Municipio di Palermo, che l'esercizio della condotta non si dovesse dire completo sinchè tutte le parti non venivano a funzionare secondo il loro ufficio, e di conseguenza fino allora avrebbersi potuto ritardare il versamento del contributo da parte del Comune, si riempirono i due serbatoi fino dal principio dell'esercizio; e questo avvenne senza inconvenienti, nè si segnarono pure minimi indizi di screpolature.

26. — I tubi di ghisa di cui sopra, ripiegandosi, scendono verticalmente in un locale sito nella parte più bassa del serbatoio in corrispondenza del diaframma limitante le due vasche; ed ivi si collegano con altri due tubi provenienti dal fondo delle due vasche, destinati alla alimentazione indiretta quale praticasi in condizioni normali.

Tubazioni apposite scaricano l'acqua trascinata dagli sfioratori nel canale di scarico, e le avviano alla sede del serbatoio basso.

#### Serbatoio basso.

27. Questo serbatoio (fig. 1 e 2. Tav. VI) capace di 9420 metri cubi ha pianta pressochè rettangolare con angoli arrotondati. Il cielo ne è costituito da volte a botte lunettate, impostate su fascioni e munite di cappa con sovrapposto strato di terra, come per la parte non ad ingrottato dell'altro serbatoio. Anche il muro di ritenuta che fa da fronte ha stessa forma ed eguali dimensioni; è rinforzato da 3 scivoloni e dalle 5 lesene d'appoggio dei fascioni. Da un lato



giungono le acque di scarico del serbatoio alto, dall'altro lato è costruito il fabbricato per le manovre di carico e scarico.

I due tubi di diametro 550 e 500 mm. destinati rispettivamente al servizio alto ed al servizio basso della città, discendono parallelamente dal serbatoio alto fin presso detto fabbricato, nel quale penetra il tubo pel servizio basso che funziona ad un tempo quale condotto alimentatore del serbatoio relativo. Questo tubo attraversa prima per diritto orizzontalmente il fabbricato di manovra, poi ad un dato punto ripiegasi verticalmente per quindi risvoltarsi in un secondo tratto orizzontale che esce dal fabbricato: così è reso possibile il servizio diretto della parte bassa della città senza l'intermezzo del serbatoio basso.

Prima dei risvolti preaccennati, dal tubo se ne dirama un altro che versa in una camera funzionante da testa al canale alimentatore del serbatoio, ricavato sopra il muro di ritenuta. In questa stessa camera pesca un altro tubo che discende verticalmente ed innestasi sul tratto orizzontale inferiore del tubo principale, sul quale si inserisce parimenti un terzo tubo che conduce le acque dal fondo del serbatoio. Una derivazione da quel tratto più alto del tubo principale in cui avverrà sempre il deflusso, si faccia direttamente od indirettamente il servizio, dà moto a turbinette comandanti una dinamo pel servizio d'illuminazione. L'acqua dal canale alimentatore entra nel serbatoio attraverso a luci munite in parte di scivoli: sfioratori versano l'eccedenza nel canale di scarico ricavato dentro l'intercapedine che è fra il muro di maschera e la parte resistente del muro di ritenuta. Il fondo della vasca è a m. 47 sopra il livello del mare; il massimo livello del pelo liquido permesso dagli sfioratori è alla quota m. 54, corrispondente all'altezza di 7 m. di acqua nella vasca, come pel serbatoio alto.

#### Materiali adoperati.

28. — Poichè dalla pratica risulta che la malta di calce comune resa idraulica mediante la pozzolana di Bacoli, in uso nelle località, impiega 18 mesi per fare una presa che possa dirsi completa, allo scopo di accelerare il consolidamento delle murature, si adoperò in tutte quante la calce idraulica di Camarro, fornita dalle fornaci Errante-Florio di Messina. Per le fondazioni questa calce impastavasi in ragione di kg. 400, cioè mezzo metro cubo, con un metro cubo di miscuglio in volumi eguali di sabbia della cava di Favara e di sabbia silicea di mare accuratamente lavata. Nelle elevazioni si sostituì la sabbia di cava con quella di mare. Il calcestruzzo formavasi mescolando m. c. 0,84 di pietrame con mezzo metro cubo di malta di calce.

29. — La calce idraulica di Camarro delle fornaci Errante-Florio già aveva fatto buonissima prova in molti importanti lavori. Impiegata per opere d'arte della linea tranviaria Messina-Giampileri, si dovettero adoperare mine per le demolizioni occorse in seguito a cambiamento del tracciato. Nella costruzione della Galleria Peloritana (linea Messina-Cerda) fu specialmente adoperata per la chiusura di un immenso fornello causato dall'infiltrazione dell'acqua, dopo di averla macinata e resa impalpabile, sostituendo il cemento che si era mostrato inadatto. Nelle fondazioni e nelle sopraelevazioni di tutte le costruzioni della linea ferroviaria Messina-Cerda, fra le quali sono parecchie opere d'arte importanti, ed in molte della Eboli-Reggio si ebbe ad impiegare con successo la medesima calce idraulica.

30. — Cionondimeno, anche perchè a fabbricare la malta si era in principio adoperata soltanto sabbia della cava di Favara, sorsero dubbi circa la bontà del risultato.

A dissiparli il Collegio Arbitrale istituì apposite espe-

rienze ritenendo a giusto rigore non bastasse a testificare della buona qualità d'una calce il fatto che la fornace onde si ricavava avevano fornito dell'altra anche ottima.

Con la calce prelevata dai cantieri di costruzione dei serbatoi fece preparare saggi di malta, mescolandola nella ragione di un volume di calce rispettivamente con due di sabbia della cava di Favara, con un volume di sabbia di Favara ed uno di sabbia silicea di mare, con due di sabbia di mare. Saggi con eguali proporzioni dei componenti furono pure fatti sostituendo la calce con quella che gli Arbitri direttamente prelevarono dalle fornaci provveditrici.

Per ogni impasto furono preparati tre campioni, i quali conservaronsi: uno all'aria libera, l'altro dentro l'acqua di cui fu ricoperto appena fatto, il terzo ricoprendolo di acqua solo 24 ore dopo la manipolazione.

Si constatò perfetta eguaglianza nel modo di comportarsi delle due calce sperimentate; per tutti i campioni la presa avvenne regolarmente, più presto per quelli lasciati all'aria, meno per quelli tenuti sott'acqua. L'indurimento fu progressivo e lento, si da concluderne che le malte quali adoperavansi davano buona garanzia di risultato. Ricavati in seguito campioni di malta dalle murature già eseguite, si trovò che questa, per la presa già avvenuta in un intervallo di tempo variabile da 6 ad 8 mesi, si poteva in tutto assimilare alle migliori fra quelle stesse su cui si era sperimentato.

#### Stabilità del muro di ritenuta.

31. — Intorno alla stabilità del muro di ritenuta dell'acqua alle fronti dei serbatoi va notato, come già accennammo, che questo trovasi in condizioni statiche differenti da quelle in cui trovansi ordinariamente le traverse d'acqua, e questo essenzialmente in causa dell'appoggio che deve offrire al muro di maschera ed alle volte di copertura, le quali aggiungono al peso proprio del muro ed alla spinta dell'acqua altri carichi ed altre spinte.

A tale proposito il prof. Brioschi nel suo atto di collaudo (appendice relativa ai serbatoi, in data 25 maggio 1897) osserva:

« L'intervallo di muro compreso fra due mezzerie di volte » attigue di copertura si può considerare come divisa in 3 » parti (fig. 23 e 24) da due superficie (figurate in prospetto » dalle linee M N), che rappresentano il limite di trasmissione degli sforzi di spinta e pressione dell'imposta dell'arcone, nel massiccio del muro sottostante (1).

« Conseguo che una porzione B del muro, ed insieme » tutto il muro di fondazione, si trova in condizioni di carico assimilabili a quelle in cui fosse solidale il tratto di » 7 m. di mezzeria a mezzeria di due volte a botte successive.

« Una porzione A limitata dalla parte superiore del » muro e del pilastro in corrispondenza a questo, sottostante direttamente all'arcone, si trova gravato come se » fosse solo resistente la porzione di muro corrispondente » al pilastro (lungo un metro quanto il pilastro) sostenente » l'arcone, ammesso ancora questo gravato del peso totale » della volta e dell'arcone e della copertura corrispondente » all'intervallo fra le mezzerie di due volte a botte adiacenti.

« La porzione C non corrispondente al pilastro ed esterno » alla superficie M N si trova in condizioni pari a quelle » in cui si trova il solo muro di ritenuta, limitato da due

(1) È noto (aggiunge altrove) come fece già rimarcare il CULMANN e come si deduce dall'andamento delle superficie di stacco dei coni delle mine, e dalla superficie di separazione nelle prove sperimentali pei materiali, che la curva M N ha colla direzione dello sforzo un'inclinazione fra 30° e 45° e che per murature omogenee la corda M N per altezze sensibili si accosta assai a 45°.



» piani verticali normali alla fronte, come resistente di per sé e senza il concorso dei pilastri, senza azione dei carichi della copertura.

« Una porzione D infine corrispondente alla parte sottostante ad A e sovrastante a B si trova in condizioni intermedie fra quelle di A e B ».

32. — Perciò l'illustre Collaudatore fa i calcoli di stabilità nelle tre ipotesi suddette, e cioè:

1° Tronco monolite di 7 metri lineari di fronte;

2° Porzione di muro resistente solo quello corrispondente al pilastro sotto l'arcone;

3° Porzione resistente considerata solo quella data da un metro lineare di fuga del muro di stagno, indipendentemente dai pilastri, e sulla quale non agiscono che il proprio peso e la spinta dell'acqua.

Assumendo per peso specifico della muratura kg. 2400 per m<sup>3</sup>, e per quello della terra kg. 2300 per m<sup>3</sup>, conclude:

« La parte A soffre forti pressioni verso la fronte bagnata, pressioni analoghe a quelle che si sviluppano in tutti gli archi, e di valori ammissibili e compatibili con la natura dei materiali e col modo di costruzione usato. Sulla faccia opposta si danno sforzi di tensione senza temibili dannose conseguenze.

« La parte B e le fondazioni tutte per la massima parte risentono solamente compressioni, e queste minori di 7 kg. per cm<sup>2</sup>. In realtà tal pressione sarà minore perchè il peso si distribuisce (oltrechè nel masso del muro) anche nell'appoggio della risega al fondo del serbatoio, e per l'effetto dell'attrito ed adesione delle pareti verticali in contatto col suolo. La natura calcarea rocciosa poi di questo è tale da rendere ammissibile la stabilità anche con sforzi unitari di kg. 15 e più per cm<sup>2</sup>.

« La parte C risulta tutta solamente compressa e con sforzi non superiori a 3 kg. per cm<sup>2</sup>.

« La porzione D sarà poi tutta compressa e con sforzi non superiori a kg. 8 per mq.

« Le differenze fra gli sforzi nella parte A, B, C, D (sforzi tutti assai inferiori a quelli corrispondenti al limite di elasticità) sono tenui e gradualmente, incapaci di produrre sforzi tangenziali o normali tali da provocare interruzioni di continuità nella muratura. Quindi razionalmente il muro esaminato risulta stabile come appare esserlo in realtà ».

#### Nostri calcoli di verifica.

33. — A completare lo studio dei serbatoi di S. Ciro, noi abbiamo tracciato (fig. 25. a) le linee delle pressioni sui giunti orizzontali del muro di stagno corrispondentemente alle due condizioni limiti del serbatoio completamente vuoto e del serbatoio al massimo carico.

Abbiamo considerato agente quale monolite il tratto di muro lungo 7 metri fra le mezzerie di due volte successive di copertura insieme con la lesena, di sezione 1<sup>m</sup> × 0<sup>m</sup>,75, intermedia, che serve di sostegno al fascione ed al cielo del serbatoio.

Del muro di maschera soltanto la parte inferiore al giunto segnato V in figura, considerammo contribuisca a resistere alle spinte dell'arcone e dell'acqua, non parendoci sufficienti i legami, costituiti dalle voltine attraversanti l'intercapedine fra i due muri, per far sì che questi solidariamente resistano nelle loro porzioni che sovrastano detto giunto.

Segue che i giunti per le parti da noi considerate resistenti hanno la forma di un semplice T, il cui gambo consta della sezione della lesena, eccezion fatta pel giunto

infimo alla risega di fondazione, che ha forma rettangolare.

Quantunque le lunette ricavate nelle volte a botte agiscano scaricando una parte del carico di queste volte dalla mezzeria verso i piedritti dell'arcone su cui si impostano, a favorire la stabilità del muro di stagno, abbiamo fatto astrazione da questa azione di scarico; così pure non abbiamo tenuto conto della parte di carico che le volte a botte medesime per la distribuzione del materiale onde sono fabbricate e pel collegamento che hanno col muro di fronte direttamente fanno gravitare su detto muro senza l'intermezzo dell'arcone.

Perciò abbiamo calcolato la spinta in chiave di detto arcone come su ogni elemento suo compreso fra due successive sezioni trasversali gravasse direttamente quale sovraccarico il peso della parte di volta a botte, della relativa cappa in calcestruzzo e del sovrastato di terra, che è compresa fra i piani verticali condotti per le generatrici di estradosso di detti giunti.

Non ci parve utile l'esposizione del calcolo di detta spinta, che non presenta particolarità degna di singolare attenzione. Solo diremo che la linea di carico dell'arcone, dedotta nelle ipotesi precedenti, di poco si rialza a partire dalla chiave verso l'imposta; l'intensità del carico varia da tonn. 26,7 per metro lineare di proiezione orizzontale di asse dell'arco alla chiave fino a tonn. 37,8 in corrispondenza dell'imposta.

Assumendo eguali a tonn. 2,3 per m<sup>3</sup> e tonn. 2,0 per m<sup>3</sup> i pesi specifici della muratura e della terra rispettivamente, il totale carico su mezzo arcone, che considerammo carico simmetricamente, risultò di tonn. 113,2.

Supposto per prima approssimazione questo carico uniformemente ripartito, e l'arcone funzionante come elastico, si ottiene per la spinta il valore  $H = \text{tonn. } 62,4$ . Considerando il carico uniformemente ripartito lungo l'asse dell'arco, si ha  $H = \text{tonn. } 61,3$ . Invece appena tonn. 58 risulta il valore di  $H$  che rende minimo il valore di deformazione dell'arcone considerato come elastico, ma caricato siccome fu più sopra descritto.

Arrotondando a favore della stabilità del muro di ritenuta, abbiamo assunto in tonn. 65 il valore della spinta, all'estremo superiore del terzo medio del giunto in chiave.

Divisa la parte del muro, che consideriamo resistente all'azione statica dell'acqua, in 7 strati mediante piani di livello I, II, III, . . . VIII alla equidistanza di un metro, e tracciata la retta BC quale diagramma delle pressioni idrostatiche orizzontali nella direzione normale al paramento verticale del muro, a serbatoio completamente carico, noi abbiamo determinato le dette pressioni, (1), (2), (3) . . . (8), contro i singoli strati considerati.

Le linee d'azione sono le orizzontali baricentriche dei trapezi in cui il diagramma BCD di spinta è diviso dai piani dei giunti; le intensità, segnate in tonnellate presso le rette d'azione, misurano i pesi di colonne d'acqua di base 7 m<sup>2</sup> ed altezze rispettivamente eguali alla media delle profondità sotto il pelo liquido dei due giunti limitanti caduno strato.

Trattandosi di acqua potabile abbiamo assunto per peso specifico 1 ton. per m<sup>3</sup>.

Diviso in seguito il complesso della muratura in parti, tenendo separate quelle formanti la lesena da quelle costituenti il maschio del muro, e queste dalle parti che sovrastano o gravitano sul muro come sovraccarichi, abbiamo di ciascuna determinata la verticale baricentrica, 1, 2, 3, . . . 24, e valutato il peso che indicammo in tonnellate presso la rispettiva verticale baricentrica, che n'è linea di azione. Il carico 23, oltre il peso dello strato infimo di le-



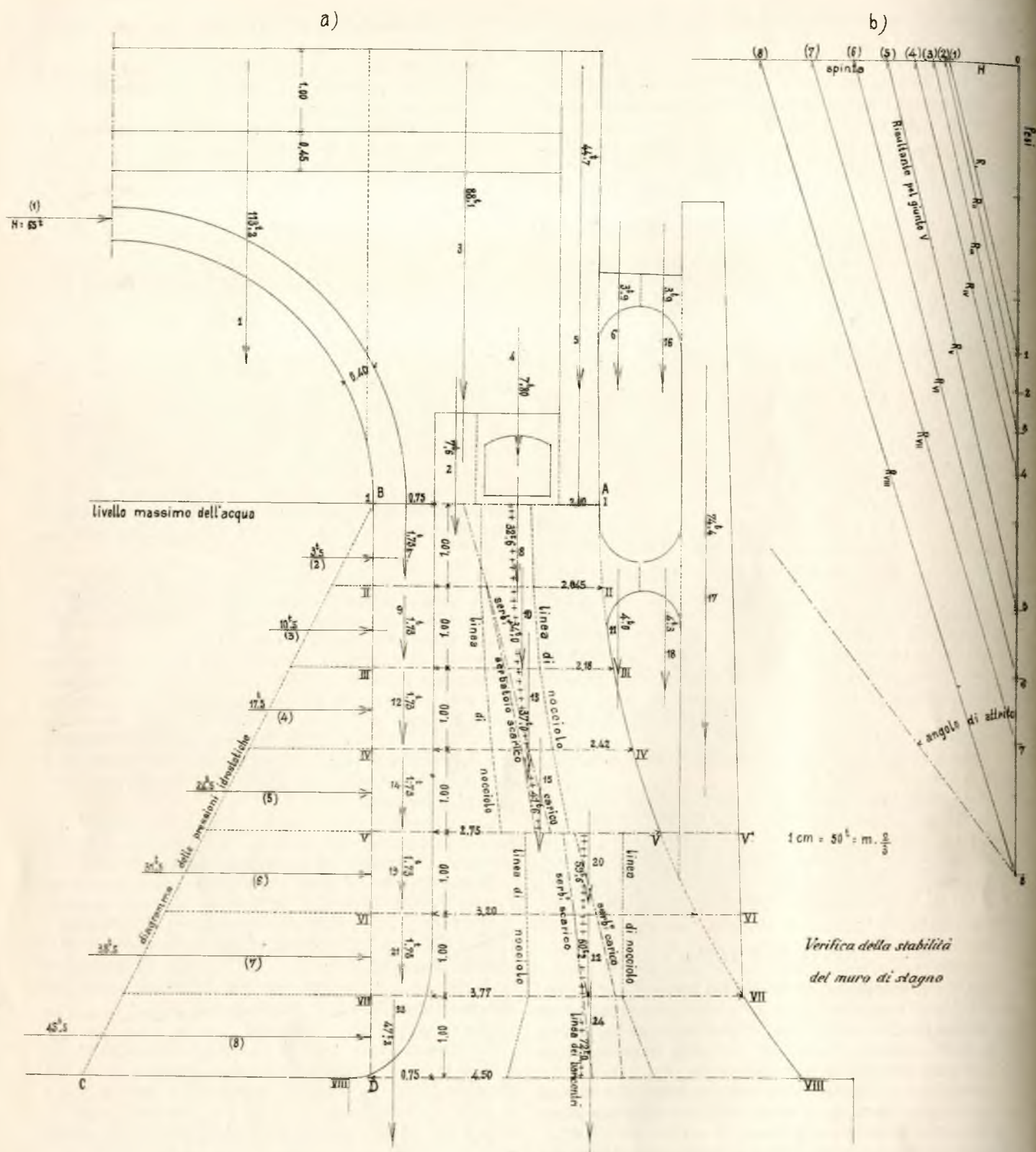


Fig. 25.

sena, comprende la risultante delle pressioni verticali contro la parte curva della superficie di paramento interno del muro.

Sul giunto I al livello massimo dell'acqua abbiamo assunto come gravitanti tutti i pesi da 1 a 6; sul giunto II i pesi da 1 a 8; sul III i pesi da 1 a 11; per il giunto IV aggiungonsi i due pesi 12 e 13; per il giunto V, se considerato come resistente nella sola parte VV, devesi con-

siderare gravato dei pesi da 1 a 15, considerandosi pur come resistente per tutta la lunghezza VV', devesi ancor supporre carico dei pesi 16, 17, 18 delle corrispondenti porzioni del muro di maschera e delle volte di collegamento. Per ognuno dei successivi giunti sono da aggiungersi due carichi a quelli gravanti il precedente.

In fig. 25, b) nella scala di 1 cm. = 50 t. abbiamo disegnato la poligonale di tutte le forze calcolate, deducendone



in grandezza e direzione le risultanti pei singoli giunti  $R_1, R_2, \dots, R_m$ .

Considerati i singoli giunti, meno l'infimo che è rettangolare, nella loro forma a T, il cui gambo consta della sezione attraverso la lesena, ne determinammo i baricentri che collegammo con la linea  $++++$  in figura, e così pure i punti in cui i loro assi di simmetria incontrano i rispettivi contorni del nocciolo centrale, punti che collegammo in figura con le due linee punteggiate che chiamiamo *linee di nocciolo*.

Queste, come la linea dei baricentri, soffrono discontinuità in corrispondenza del giunto V.

Guidata la verticale pel punto A, estremo esterno dell'asse di simmetria del giunto I, ed assunto per ogni giunto a centro dei momenti il punto in cui esso è incontrato da detta verticale, scrivendo l'eguaglianza fra la somma dei momenti delle spinte e dei carichi agenti sul giunto ed il momento della loro risultante, che eguaglia il prodotto della somma dei carichi verticali per la distanza del centro dei momenti dal centro di pressione del giunto, deducemmo per ogni giunto il centro di pressione a serbatoio carico.

E ripetendo l'operazione senza considerare le spinte dell'acqua, determinammo i centri di pressione pei vari giunti a serbatoio vuoto.

Indi collegati i punti trovati, colle linee a tratti e punti, abbiamo ottenute le linee delle pressioni pel muro nelle due ipotesi considerate.

Risulta che entrambe si svolgono fra le due linee di nocciolo, eccezion fatta per una porzione alta meno di un metro alla parte superiore del muro. Per questa però è da osservarsi che la spinta dell'arco ed il peso delle volte di copertura non si possono ammettere ripartite su tutta la superficie dei giunti, perchè scaricantisì ancora pressochè integralmente sulla lesena e sulla parte del muro di maschio che è posteriore alla lesena medesima (Ipotesi 2<sup>a</sup> del prof. Brioschi).

Considerando resistente la porzione rettangolare corrispondente di tali giunti superiore, dedurrebbersi ancora che le linee delle pressioni svolgonsi entro le linee di nocciolo, sicchè per tutto il muro nelle ipotesi da noi fatte non sono a temersi sollecitazioni a tensione. E notisi che quand'anco di tali sollecitazioni si provocassero fra la parte superiore del muro, queste avverrebbero verso valle, cioè in corrispondenza del paramento esterno, laddove, mancando il contatto con l'acqua del serbatoio, eventuali screpolature della muratura non sono temibili.

Calcolate, applicando la regola del trapezio, le pressioni unitarie massime nei singoli giunti per le due ipotesi del serbatoio carico e del serbatoio scarico, supponendo resistente il giunto I solo per la parte rettangolare di spessore 1 m. su indicato, si dedussero i valori delle pressioni unitarie massime nelle sezioni normali alla superficie del paramento (1). Si è trovato che lo sforzo massimo dei massimi raggiunge il limite kg. 14, per  $\text{cm}^2$  in corrispondenza dell'estremo interno del giunto I.

Per tutti gli altri giunti la pressione unitaria massima non raggiunge i kg. 5 per  $\text{cm}^2$ .

Per altro dalla figura 25, b) si rileva che tutte le risultanti  $R_1, R_2, \dots, R_m$ , dei singoli giunti fanno con la verticale un angolo che non raggiunge mai la metà dell'angolo di attrito (assunto eguale a tang. 0,75). È a conchiudersi, nè occorre il nostro asserto dopo quello ben più autorevole del prof. Brioschi (dal cui calcolo però differisce il nostro), che pur astraendo dalla coesione delle malte, il muro è in buone condizioni di stabilità.

Anzi in massima, potendosi ragionevolmente assumere carico di sicurezza eguale a kg. 9 per  $\text{cm}^2$  (1), si ha un eccesso di stabilità, che, anche tenuto conto dell'importanza dell'opera, si sarebbe potuto ridurre senza inconvenienti e con vantaggio dell'economia.

In un prossimo numero di questo Periodico ci occuperemo delle altre parti della conduttura.

Torino, marzo 1898.

Ing. ELIA OVAZZA.

## IDRAULICA PRATICA

### L'ODER E IL SUO BACINO IDROGRAFICO

(Veggansi le Tavole III e IV)

(Continuazione)

#### IV. — RETE IDROGRAFICA.

Il carattere proprio di un corso d'acqua gli viene dato dalla sua stessa natura, alla quale contribuiscono tutti gli elementi a cui abbiamo accennato, e cioè la posizione geografica, le condizioni climatiche, l'orografia, la costituzione geologica del suo bacino, lo stato di coltura del medesimo, ecc. Le influenze naturali e artificiali concorrono a rendere sempre più marcato questo carattere, a fare dei corsi d'acqua quello che essi sono, e però più le naturali che le artificiali; poichè la natura ha sempre e dovunque la preponderanza, per quanto la mano dell'uomo faccia per contrariarla; e non di rado avviene che una piena straordinaria, di quelle che si verificano solamente a lunghissimi intervalli, riconduce il fiume al suo stato primitivo, distrugge tutte le opere di correzione e gl'imprime il suo carattere selvaggio primitivo. Ora le cause naturali che danno luogo a questi sconvolgimenti non si possono in alcun modo eliminare o sopprimere. Perciò diventata tanto più importante lo studio dei mezzi diretti ad evitare i danni che esse producono; il rallentamento dello scolo subitaneo delle acque nelle pendici e poi negli affluenti, la diminuzione della coincidenza delle piene nei medesimi, ecc., ecc. Tutto ciò che si è fatto o si può fare per un corso d'acqua a quest'intendimento deve esaminarsi bacino per bacino, e tale appunto è lo scopo di tutta l'opera sull'Oder.

Noi non possiamo imbarcarci in questa via, perchè ci mancherebbe lo spazio e il tempo; il nostro intendimento, già ripetutamente espresso, è quello solo di far conoscere il fiume nelle sue grandi linee coi maggiori affluenti che lo alimentano; e a tale scopo ci atterremo alla stessa classificazione adottata nell'opera del Keller: suddividiamo cioè tutto il bacino idrografico dell'Oder in dieci bacini minori (vedi tav. IV), i quali si possono alla loro volta riunire in tre gruppi comprendenti l'uno il bacino dell'Oder propriamente detto, il secondo quello della Warta, i quali si equivalgono per estensione; poi il bacino dell'Oder inferiore, ossia dopo la confluenza della Warta. I primi due sopraccennati sono perfettamente distinti non solo idrograficamente, ma anche per la loro natura affatto diversa, come già menzionammo nel primo capitolo; l'Oder si risente della natura torrentizia di buon numero de' suoi affluenti e delle montagne nelle quali sono le sorgenti di gran parte dei medesimi; la Warta invece non ha nulla di torrentizio: è un vero fiume di pianura, come vedremo in appresso.

L'Oder nasce nell'estremo limite meridionale dei Sudeti presso Kozlau, all'altitudine di 634 m. sul livello del mare, in una cavità piana, parzialmente paludosa, sul versante settentrionale dell'Odergebirge. Scorre in una vallata strettissima, a pendici alte, folte di bosco, con direzione verso nord, poi da Oehlstadt in sotto verso nord-est, e raccoglie in questa regione una serie di ruscelli e piccoli rii, che solo in primavera o dopo forti piogge conducono acqua. Più importanti sono i torrenti Bleisbach sulla destra e Liebauer Wasser sulla sinistra. Poi nelle vicinanze di Altendorf piega verso sud-est e continua per lungo tratto con questa direzione, discendendo

(1) Cfr. M. LÉVY, *Annales des Ponts et Chaussées*, 1897, 4<sup>e</sup> trimestre.

(1) Cfr. G. CRENSOLA, l. c.



nella depressione moravica che raggiunge a Deutsch-Jassnick; qui riceve la Luha (Luhabach), poi fa un forte gomito piegando a sinistra e dirigendosi verso nord-est: direzione che, salvo piccole variazioni, mantiene, percorrendo la depressione accennata, fino alla foce dell'Olsa, nelle vicinanze di Olsau, dove ha termine il corso dell'Oder nel bacino delle sorgenti.

L'estensione di questo bacino è di 5823,6 chilometri quadrati, di cui 2945,2 chilom. quadrati sulla sinistra, e 2878,4 sulla destra. Di essi 1754,2 chilom. quadrati sono occupati da boschi. La lunghezza dell'Oder dall'origine alla foce dell'Olsa è di chilometri 132,7.

Gli affluenti più importanti sono:

L'Oppa, sulla sinistra, che ha un bacino imbrifero di chilom. quadrati 2081,5 e una lunghezza di chilom. 131. Ha origine presso Würbenthal dalla riunione di due rii e immette nell'Oder sottocorrente a Schönbrunn nelle vicinanze di Hoschialkowitz con una portata media di m. c. 5,80 per minuto secondo e massima di m. c. 500;

L'Ostrawitz, sulla destra, con un bacino assai minore del precedente (chilom. quadrati 811) ed una lunghezza della metà circa (chilom. 65); la sua portata ordinaria è pure minore, ma non nella stessa proporzione del bacino e della lunghezza; essa è di 3,96 m. c. mentre la massima portata ascende a m. c. 965. E perciò, sebbene abbia un'area imbrifera assai minore dell'Oppa, le sue piene esercitano sull'Oder un effetto considerevole nelle escrescenze. Nasce sulle alte cime dei Beskidi dalla riunione della Bila e della Czeina.

Finalmente l'Olsa, pure sulla destra; essa assume un corso proprio già importante nell'immediata vicinanza dello spartiacque, alimentato da numerosi ruscelli che si precipitano dalle pendici della cresta principale dei Beskidi, e dalla Lomna che corre in direzione opposta alla sua e colla quale si riunisce presso Jablunkau per poi entrare in una larga valle e continuare il suo corso in direzione nord fino a raggiungere l'Oder presso il villaggio Olsau. La sua lunghezza è di 99 chilometri e il suo bacino ha un'estensione di 1124,2 chilometri quadrati. La caduta totale è di 659 m. e la pendenza media di 6,66 0/00, mentre all'origine sale a 17,6 0/00 e presso la foce discende di nuovo fino a raggiungere 1,1 0/00 sopra una lunghezza di 16 chilometri. La sua portata minima è di 5,37 m. c., quella media di 49,53 m. c. e la massima di 960 m. c.

A Olsau l'Oder abbandona il bacino delle sorgenti ed ha una portata media in magra di m. c. 18,14 e nelle massime piene di m. c. 2800. La sua caduta totale è di 443 m., di cui 384 nella parte superiore sui primi 54 chilometri, 43 nella parte mediana lunga 51 chilometri, e 16 m. nella parte bassa sopra un percorso di 16 chilometri: quindi le pendenze corrispondenti sono di 7,11, 0,84 e 0,58 0/00, e in media 3,33 0/00.

Da quanto venemmo esponendo risulta che l'Oder in questa prima parte ha un'importanza non superiore a quella dei suoi quattro affluenti; il suo bacino definitivo e la sua portata in Olsau sono naturalmente assai maggiori dei singoli torrenti, ma appunto perchè sono il risultato del loro insieme, mentre nel suo percorso equivale e non supera i medesimi singolarmente considerati. All'uscita di questo primo bacino, l'Oder arricchito delle acque dei suoi affluenti, assume tutti i caratteri di un vero fiume, e da Olsau in giù possiamo considerarlo come tale e suddividerlo, come abbiamo fatto, in Oder superiore, medio e inferiore.

Gli affluenti menzionati appartengono: l'Oppa ai Sudeti meridionali, gli altri ai Beskidi, e questi hanno le loro valli aperte verso il nord, e accogliendo nell'epoca delle forti piogge estive le numerose masse di nuvole che di là provengono, vanno soggetti a piene straordinarie di grande intensità. Non così si può dire delle vallate dei Sudeti, dove si trova anche la maggior lunghezza dell'Oder; la loro esposizione volge a sud-est e nell'estate poco contribuito portano alle piene del fiume; mentre invece nella primavera, in tempi e proporzioni diverse gli uni dagli altri, i singoli affluenti vanno soggetti a escrescenze. Così accade che quando l'Oder viene ingrossato dall'Ostrawitz e dall'Olsa, l'Oppa non vi porta che le solite acque, e, se casualmente trovasi pure in piena, in causa del lungo percorso, vi arriva nel periodo decrescente o quando già le piene degli altri affluenti si sono smaltite. Da questo

regime ne segue che l'Oder conduce sempre, anche nelle massime magre, una quantità d'acqua sufficiente ai bisogni delle varie industrie che da esso ne traggono la forza; mentre invece ciò non si verifica per l'Ostrawitz e per l'Olsa, che bene spesso obbligano a interruzioni dannose.

Lungo il fiume esistono diversi argini di difesa, i quali però impediscono solo parzialmente l'espandersi delle acque di piena, in quantochè l'acqua può correre lateralmente. Anche la maggior parte dei ponti esistenti, soprattutto nella parte inferiore, hanno luci insufficienti allo smaltimento delle piene.

#### ALTO ODER (Corso superiore).

L'Alto Oder va dalla confluenza dell'Olsa fino a quella della Weide, a pochi chilometri sottocorrente alla città di Breslau; poi dalla confluenza della Neisse viene diviso in due parti ben distinte, che costituiscono il corso superiore e l'inferiore dell'Alto Oder.

Il primo di essi ha una lunghezza secondo il suo sviluppo di 144,1 chilometri ed una direzione da sud-sud-est a nord-nord-ovest. Il bacino imbrifero che versa le proprie acque in questa parte dell'Oder ha una superficie di 7646 chilometri quadrati, dei quali 2871,8 si trovano sulla sinistra e 4774,2 sulla destra del fiume. L'area di destra è quindi quasi doppia di quella di sinistra.

Gli affluenti principali sono quattro: la Zinna e l'Hotzenplotz sulla sinistra, la Klodnitz e la Malapane sulla destra. I bacini imbriferi di questi torrenti si allargano allontanandosi dal corso principale; sulla fronte di esso invece non occupano che una lunghezza assai breve, mentre la superficie che si estende fra l'uno e l'altro, scola direttamente nell'Oder a mezzo di piccoli rivi e corsi minori, alcuni dei quali hanno però una certa importanza; così procedendo da monte a valle, abbiamo un bacino di chilometri quadrati 71,9 sulla sinistra e di 88,1 sulla destra fino alla confluenza della Zinna che s'incontra a chilometri 13,2 dall'origine del tronco che stiamo considerando; indi sulla destra un bacino di chilometri quadrati 1056,7 fino alla Klodnitz, la cui confluenza dista da quella della Zinna di altri 49,3 chilometri e un bacino di 280,8 chilometri quadrati sulla sinistra.

Fra la Zinna e la Klodnitz incontriamo sulla destra tre torrentelli con foce propria nell'Oder: la Summina (lunghezza 30 chilometri), la Ruda (54 chilometri) e la Birawka (58 chilometri), i cui bacini hanno rispettivamente le aree seguenti: chilometri quadrati 106,2; 426,4 e 380,6.

Fra Klodnitz e Hotzenplotz intercede solo una distanza di 26 chilometri e i bacini laterali hanno le superficie di 490,6 chilometri quadrati quello di sinistra, dove scorre il rio Straduna (con 278,6 chilometri quadrati di bacino imbrifero e 39 chilometri di percorso), e di 192,6 quello di destra. Seguono altri 33,2 chilometri fino alla confluenza della Malapane, e finalmente, dopo 22,3 chilometri, si arriva alla Neisse. I bacini laterali che si succedono sulla sinistra hanno rispettivamente le estensioni di 118,1 e 275,3 chilom. quadrati, e sulla destra 236,0 e 42,3 chilom. quadrati. Cosicché il corso dell'Oder, esclusi i bacini dei quattro affluenti, di cui diremo in appresso, riceve direttamente le acque di un'estensione di chilometri quadrati 1186,7 sulla sinistra e di chilom. quadrati 1615,7 sulla destra, ossia complessivamente di chilometri quadrati 2802,4. Nell'ultimo tratto vi è la Proskau con chilometri 42 di percorso ed un bacino imbrifero di 275,3 chilometri quadrati, che immette sulla sinistra.

Circa due terzi della superficie totale viene coltivata; e 758 chilometri quadrati, ossia 27,1 0/0 dell'intera estensione, sono occupati da boschi, principalmente fra il corso della Summina e quello della Klodnitz.

Abbiamo già accennato che l'Oder, solo a cominciare da questo tronco, assume il carattere di vero fiume; ed ora aggrungeremo che, a partire da Ratibor, ossia dalla linea che limita a valle il bacino della Zinna a 22,6 km. dall'origine del tronco in esame, diventa navigabile, almeno per battelli a fondo piatto; e dalla confluenza della Straduna in sotto è stato, mediante canalizzazione, reso accessibile anche a legni maggiori. I lavori eseguiti hanno raccorciato assai il suo percorso, il quale era primitivamente di 153,6 chilometri; l'ac-



corciamento sarebbe stato di chilometri 9,5, ossia di 6,2 0/10 della lunghezza originaria. Questa sistemazione del fiume richiede una manutenzione continua, che, se venisse trascurata, darebbe luogo ad un ritorno del corso d'acqua al primitivo disordine, inquantochè esso trasporta quantità considerevoli di materiali, che si depositano formando dei banchi, i quali, per la loro natura, offrono alla corrosione dell'acqua una facilità di disgregamento maggiore che non le sponde.

I lavori di canalizzazione e di correzione del fiume, coll'accorciarne la lunghezza, hanno necessariamente aumentato la pendenza, almeno per le acque ordinarie; nelle piene è probabile che prima l'acqua, straripando, prendesse una direzione più o meno rettilinea seguendo la pendenza più breve, mentre ora è impedita da argini opportunamente disposti che si oppongono allo straripamento; però, sebbene la pendenza sia aumentata, è certamente meglio distribuita e regolarizzata su tutta la lunghezza. Essa varia da 0,321 a 0,491 0/100; la media è di 0,363 per mille. La caduta totale dalla foce dell'Olsa a quella della Neisse è di m. 52,35.

\*

La sezione trasversale del fiume nei primi chilometri varia da 50 a 60 m. nelle acque ordinarie; in qualche raro punto si estende fino a 100 m.; ma invece là dove si fecero delle arginazioni od altri lavori di difesa, venne ristretta a metri 44 circa. Nell'asta inferiore la larghezza della sezione non venne stabilita in modo ufficiale; ma siccome per la navigazione si cercava di mantenere dappertutto nelle epoche di acque ordinarie la profondità di m. 1,50, così la larghezza che variava da 70 a 90 m. venne ristretta fino a 45 m., e non dappertutto fu sufficiente, tanto che si ristrinse ancora in seguito fino a m. 35. Nelle località dove le sponde sono poco elevate, quando la piena si alza di m. 2,35 sulle acque medie, il fiume straripa; e se l'altezza cresce di altri due metri circa, l'inondazione è generale, poichè in nessun punto il fiume è arginato in modo regolare. In alcuni tratti solamente le sponde sono insormontabili: presso Deschowitz, Krappitz, Rogau e Oppeln.

Tanto l'Oder, quanto i suoi affluenti, che esamineremo più innanzi, hanno le massime piene d'ordinario nel mese di marzo, e le magre assolute negli ultimi giorni dell'estate e nei primi dell'autunno. Ciò si spiega dal fatto che le nevi cominciano a sciogliersi verso la fine di febbraio e nel marzo, nelle altitudini più elevate anche in aprile; e sebbene l'epoca delle piogge sia appunto l'estate e l'autunno, in queste stagioni ha però luogo anche la massima evaporazione e il massimo assorbimento del suolo.

Gli affluenti, nelle epoche di magra o di acque medie, apportano nel recipiente una piccola quantità di acqua, per cui, singolarmente considerati, la loro influenza sulla portata di questo è poco sensibile o per lo meno di poca importanza; ma dalla loro azione complessiva ne risulta un aumento nella portata dell'Oder non indifferente. Quando poi corrono in piena, allora l'influenza esercitata è ben altra ed apparisce anche da un esame superficiale. Gli affluenti della destra vanno raramente soggetti a piene estive, perchè scorrono in paese pianeggiante; solo nei casi di grandi temporali nei Beskidi corrono qualche volta gonfi. In primavera, invece, per regola, avviano la piena dell'Oder, la rinforzano col loro contributo o ne allungano la durata. Gli affluenti di sinistra hanno questo di particolare: che di solito gonfiano contemporaneamente all'Oppa del bacino superiore; però la loro colma raggiunge il recipiente prima che vi arrivi quella dell'Oppa, per cui le due piene non si sovrappongono. Nella stagione estiva invece l'Hotzenplotz non cresce, ma continua nel suo regime ordinario.

Ne segue che l'influenza degli affluenti sull'Oder è limitata, e solo, come si disse, vi apportano complessivamente un largo contributo d'acqua quando scorrono in piena. I mesi nei quali vi è maggior pericolo di piena sono il marzo e l'agosto.

Le varie portate del fiume possono considerarsi: in Kosel, a monte della confluenza della Klodnitz, e quindi dopo che esso ha già ricevuto la Zinna e gli affluenti minori di destra; in Krappitz, subito dopo l'immissione dell'Hotzenplotz, e per conseguenza anche della Klodnitz; e finalmente in Zelasno,

all'estremità, dove ha termine il corso superiore dell'Alto Oder. E così abbiamo in:

|                                   | Kosel    | Krappitz | Zelasno              |
|-----------------------------------|----------|----------|----------------------|
| la magra media . da 12 a 15 m. c. | 22 m. c. | 29 m. c. |                      |
| la portata media .                | 54       | 71       | 90                   |
| le piene ordinarie                | 451      | —        | 495                  |
| le massime piene                  | —        | —        | da 1500 a 1600 m. c. |

Nei fiumi della Germania si ha un fenomeno, che non si verifica nei nostri, o assai raramente, e che merita di essere descritto: vogliamo alludere a quello della formazione del ghiaccio. Questo riesce nocivo quando esiste, perchè impedisce la navigazione, e quando si rompe e discende il fiume pure, in causa degli agglomeramenti che avvengono d'ordinario e che danno luogo a rigurgiti ed anche a straripamenti.

Appena la temperatura discende di alcuni gradi sotto zero, comincia a formarsi un leggero strato di ghiaccio alla superficie delle acque, precisamente là dove la velocità è minore, ossia fra due pennelli o dighe, e simili; quando la superficie gelata si avvanza lungo i pennelli verso la corrente, viene rotta dalla veemenza delle acque e dai vortici che si formano attorno alle teste dei pennelli; i pezzi che si staccano e vengono asportati danno origine al ghiaccio galleggiante.

Dall'unione di questi pezzi si formano grosse masse di ghiaccio, che alla loro volta vanno ad accumularsi nei punti di acqua tranquilla, ossia attorno alle opere di difesa, alle dighe, ai pennelli, ecc., e gelano insieme, dando origine a un campo di ghiaccio più esteso.

Nell'Oder la prima formazione del ghiaccio ha luogo a 4° e 5° sotto zero, e cresce col diminuire della temperatura, anche perchè allora, oltre che aumentano i pezzi che si staccano dalla ripa, ogni ghiaccio galleggiante diventa centro per un ulteriore radiale agghiacciamento; e così può anche andare in quantità sempre maggiore ad accrescere quello della ripa, per il che il canale riserbato alla corrente va sempre più restringendosi fino a gelare interamente in alcune tratte, le quali arrestano e tengono in collo le masse di ghiaccio che discendono da monte; allora comincia il rigurgito e l'ostruzione completa del fiume. Contemporaneamente si verifica un altro fenomeno, quello della formazione del ghiaccio di fondo, il quale concorre pure a peggiorare le condizioni, accelerando l'ulteriore agghiacciamento.

I primi ghiacci si manifestano verso la metà di dicembre, e il disgelo avviene alla fine dell'inverno; allora le masse galleggiano in minor quantità e danno luogo a parziali ostruzioni, specialmente in vicinanza ai ponti, da riuscire assai pericolose; e tanto più in quanto il disgelo coincide con le piene di primavera, che si verificano appunto nelle ultime due settimane di febbraio e prime due di marzo. Anzi le piene dell'Oder nel bacino delle sorgenti sono, per così dire, necessarie a promuovere il primo disgelo, aiutato poi da un riscaldamento della temperatura che è solito aver luogo in quest'epoca, poichè occorre un alzamento del livello delle acque di almeno un metro, per staccare la crosta di ghiaccio formatasi.

Nel 1896 la navigazione fu interrotta dal ghiaccio e rimase sospesa dal 1° gennaio fino al 6 marzo, e dal 27 novembre al 31 dicembre, ossia 99 giorni; per le piene fu interrotta dal 7 al 12 maggio, ossia 5 giorni solamente.

Non possiamo soffermarci a descrivere i lavori di sistemazione, che pure offrirebbero molto d'istruttivo, ma che ci condurrebbero troppo lontani dallo scopo propostoci; diremo solo che, per rispetto ai medesimi, il fiume nel bacino considerato può dividersi in tre distinte tratte.

La prima, dalla confluenza dell'Olsa fino a Ratibor, ossia poco a valle della Zinna. In questa tratta il fiume non è navigabile, e i lavori eseguiti hanno avuto tutti per iscopo principale di proteggere le sponde e di assegnare al corso d'acqua un alveo determinato; essi non sono tanto antichi: furono eseguiti negli ultimi decenni, alcuni sono tuttora in corso.

La seconda tratta va da Ratibor a Kosel, sopra corrente della Klodnitz. Il fiume è qui navigabile date certe condizioni, e però i lavori che l'hanno reso tale non furono sempre eseguiti cogli stessi criteri e principii razionali, per cui la navigabilità ed il regime del fiume lasciano a desiderare;



nei mesi estivi poi l'acqua che vien dal bacino delle sorgenti non basta a mantenere il fondale necessario. I lavori risalgono alla metà del secolo passato.

Finalmente la terza tratta da Kosel alla confluenza della Neisse è sempre navigabile, e per raggiungere questo scopo, tanto favorevole agli interessi dell'industria mineraria e ferroviaria della Slesia superiore, il fiume fu diviso in singoli tratti mediante opportuni sostegni e chiuse mobili, che mantengono il fondale necessario anche nelle magre; e così l'Oder, da un corso d'acqua quasi appena fluitabile nella sua parte superiore, si trasforma qui in una via di comunicazione di grande importanza, atta a sopportare battelli di 400 tonnellate.

Senza risalire molto addietro alla ricerca delle spese fatte per ridurre il fiume nelle condizioni accennate, basti il dire che dal 1880 al 1890 le sole spese di manutenzione ascsero a 625 lire annue per chilometro, e nel giugno 1888 si approvavano 18 500 000 lire per la canalizzazione di questa tratta, oltre a lire 3 050 000 per un porto di rifugio presso Kosel. L'inizio dei lavori relativi ebbe luogo al 21 agosto 1891 e già sono stati ultimati.

Ci duole che, per mancanza di spazio, non possiamo soffermarci a descrivere i lavori eseguiti, che pure offrono un grande interesse, e però il lettore desideroso di conoscerli potrà consultare le Memorie del costruttore ispettore Mohr (1).

Ci resterebbe ancora da parlare delle arginature e delle costruzioni che in qualche modo restringono o parzialmente ostruiscono la sezione dell'alveo per le grandi piene, ma tutto ciò non ha che un interesse locale; diremo solo che sopra corrente a Kosel si trovano poche arginature sparse qua e là, e non tutte insommegibili, costruite senza un piano d'insieme, secondo i casi e mezzi.

Dopo Kosel segue una breve tratta che forma la transizione fra il fiume non arginato e quello canalizzato, dove si sono costruiti gli argini per difendere le bassure, specialmente sulla riva destra; e finalmente si entra nell'ambito del fiume sistemato, dove l'alveo è stabile e le sue sponde insommegibili.

L'utilizzazione delle acque è anche ristretta dentro limiti molto meschini, i primitivi molini sono stati soppressi da vari anni; derivazioni in servizio dell'agricoltura non ne esistono, ad eccezione di una sola per l'irrigazione di prati demaniali. In servizio dell'industria si hanno derivazioni per fabbriche in Ratibor, Kosel ed Oppeln; le acque vengono però subito quasi integralmente restituite al fiume. Ma anche queste derivazioni hanno pochissima importanza, poichè non arrivano a m. c. 0,1 per m. s. in ciascuna città. Ratibor poi, per i bisogni della città, deriva inoltre m. c. 0,01 circa per minuto secondo.

\*

**La Zinna.** — Questo affluente ha una direzione tutta diversa degli altri e contraria a quella del recipiente. Infatti, mentre questo scorre in direzione nord e poi nord-nord-ovest, la Zinna discende dal suo bacino correndo da nord-ovest a sud-est. Nasce all'altitudine di 270 m. presso Schmeisdorf ed ha un percorso di chilometri 56,5, con una pendenza media di 1,52 0/00; immette nell'Oder sotto Binkowitz. Dalla sinistra non riceve che ruscelli di pochissima entità, mentre sulla destra ha un affluente, la Troja, il cui percorso

(1) *Die Kanalisierung der Oder von Kosel bis zur Neisse-mündung*, di Mohr, pubblicata nel *Centralblatt der Bauverwaltung*, 1894, pag. 1-14 e *Zeitschrift für Bauwesen*, 1897. — Per farsi un'idea dell'importanza della navigazione in questa parte del fiume, basterà consultare la statistica del 1896, alla quale epoca, sebbene fossero finiti i lavori di sistemazione fra Kosel e la confluenza della Neisse, i legni di 200 tonnellate non potevano salire oltre Breslau, perchè i lavori in questo tratto non si ultimano che nel 1898 e forse più tardi. Ma ciò nullameno il movimento delle merci fu di tonnellate 1 766 637,00 con un aumento del 25% per rispetto all'anno precedente 1895. L'incremento manifestatosi fu dell'8% nelle merci in partenza, del 13% in quelle in arrivo e di 580% nelle merci di transito, escluso, ben inteso, la fluitazione. — Il numero dei legni carichi fu di . . . 10 475 quello dei battelli vuoti di . . . 6 728

complessivamente. . . 17 203  
con una capacità totale di 3 017 514 tonnellate.

uguaglia quasi il proprio sopracorrente della confluenza; esso è di 38,7 chilometri. La valle della Zinna separa questi due corsi d'acqua. Il suo bacino imbrifero è di kmq. 664,9.

Al disgelo delle nevi questi due torrenti straripano, ma siccome trasportano del limo, così le loro acque servono per irrigare e colmare prati e bassure.

Il 50,0 dell'area del bacino è imboschita; il 40,0 è occupata da prati, e l'85,0 da terre coltivate, proporzione superiore a quella di tutte le altre parti del bacino dell'Oder.

La Zinna è molto incassata nel suo alveo, e però la larghezza del medesimo varia assai, da m. 1,4 a 10 nelle parti elevate, e da m. 5 a 35 dalla confluenza colla Troja sino alla foce. La magra assoluta pare sia di 0,1 m. c. per minuto secondo; la portata media annuale di 1,3 m. c. per secondo; e finalmente la massima piena di 100 m. c. per secondo. Sulla Zinna vi sono 20 opifici che ne utilizzano l'acqua, sulla Troja 12 e sugli altri rivi 5, per la massima parte molini.

\*

**La Klodnitz.** — Il secondo affluente importante è la Klodnitz, sulla destra dell'Oder a 62,5 km. dalla foce dell'Olsa ed a 49,3 km. da quella della Zinna. Nasce a m. 320 di altitudine al nord (circa 1 km.) della stazione ferroviaria di Emanuelstegen. Ha un percorso di km. 84,1 ed un bacino imbrifero di kmq. 1121,1. Il fiume nella sua parte superiore, e cioè nei primi 17,3 km., scorre in collina, con direzione ovest-nord-ovest, e costituisce una tratta speciale; a questa ne fa seguito una seconda, che termina naturalmente dopo km. 16,9 alla confluenza del Beuthener, che è l'affluente più importante. Qui, presso Sosniza, a monte di Gleiwitz, ha origine un canale laterale alla Klodnitz, la cui lunghezza è di km. 3,5, e serve per le industrie minerarie. Fa seguito un secondo canale navigabile, il quale accompagna il torrente fino alla sua foce nell'Oder, e cioè per una lunghezza di chilometri 45,7. Ha 18 sostegni, in ciascuno dei quali lo specchio d'acqua è quasi orizzontale. Per la sua costruzione si sono utilizzate delle sinuosità del fiume, il quale venne corretto, perciò si trova quasi tutto il lungo nel perimetro delle inondazioni, e dovette venire protetto di tratto in tratto con opportune arginature; comunica mediante canali trasversali col fiume per liberarsi delle acque sovrabbondanti che generalmente vi si immettono. Stabilisce una comunicazione navigabile fra l'Oder e la regione industriale dell'Alta Slesia. Dopo altri 12 km., ossia poco prima di arrivare alla confluenza della Droma, il fiume assume un andamento più regolare ed una direzione ovest che conserva fino alla sua foce.

La pendenza media di tutto il fiume è di 1,82 0/00. Dalla sinistra non riceve che piccoli rii di poca importanza, poichè la Birawka, a soli 12 km. di distanza, scorre quasi parallela. Dalla destra invece riceve il Beuthener, con un percorso di 22 km. e pendenza di 3,4 0/00, e la Drama che si suddivide in due rami, oltre altri corsi d'acqua minori.

Del bacino kmq. 297, ossia 26,5 0/0 dell'intera superficie, sono imboschiti e per la maggior parte con essenze resinose.

La larghezza dell'alveo varia assai; cresce fino a m. 6 sui primi 33 km., dove le sponde sono a picco ma poco elevate (m. 1,50 circa sul letto); in seguito varia da m. 8 a 20 per un lungo tratto, con una interruzione di km. 3,8, dove discende sotto 10 m. e fino a 6 m.; indi cresce di nuovo fra 10 e 15 m., poi fra 20 e 40 m. Gli affluenti non esercitano una influenza perturbatrice sulla Klodnitz, poichè essendo alimentati per la massima parte dalle acque delle miniere, queste si raccolgono in appositi stagni e mantengono un regime regolare.

La portata della Klodnitz deve considerarsi in 2 punti, alla sua foce nell'Oder, e dopo la confluenza del suo principale affluente, il Beuthener, ossia presso Gleiwitz; si hanno i dati seguenti:

|                     | Bacino imbrifero<br>kmq. | Portata |       |                       |
|---------------------|--------------------------|---------|-------|-----------------------|
|                     |                          | minima  | media | massima<br>conosciuta |
|                     |                          | m. c.   | m. c. | m. c.                 |
| Presso Gleiwitz . . | 423                      | 0,82    | 2,3   | 70                    |
| Alla foce nell'Oder | 1121                     | 1,57    | 5,3   | 177                   |

Una cosa sorprende, che cioè la minima portata presso Gleiwitz differisca così poco dalla portata media, ciò che non



si verifica alla foce. Ma questo si spiega considerando che l'affluente Beuthener ha una portata quasi costante, appunto perchè alimentato dalle acque delle miniere, e perciò influisce a mantenere la portata così elevata, mentre alla foce questa influenza più non si sente e gli altri corsi d'acqua fanno di nuovo valere la propria.

L'acqua della Klodnitz fornisce forza motrice a 22 opifici; due derivazioni servono a scopo irrigatorio.

Sugli altri corsi d'acqua che alimentano la Klodnitz esistono complessivamente 57 opifici.

\*

*L'Hotzenplotz.* — Il bacino di questo fiume ha una forma approssimativamente rettangolare, e la lunghezza di km. 50 circa nella direzione sud-ovest nord-est, e si può dividere in tre parti: la prima, con altitudini da m. 600 a 800 e l'altezza massima (Querberg) di m. 972, dove trovasi lo spartiacque fra la Oppa, l'Hotzenplotz e la Neisse di Glatz, ossia fra tre divisioni dell'Oder. La seconda, con altitudini fra m. 200 e 300, e finalmente la terza fra m. 150 e 200. La prima parte abbraccia quasi 1/3 dell'intero bacino.

L'Hotzenplotz nasce sul territorio austriaco a circa 3 km. più a nord della città omonima, dall'unione di due rii, l'Ossa (con un percorso di km. 34,5) e la Prudnik (km. 48,6). Ha una lunghezza di km. 41,5, e contando dalla sorgente più elevata, che è quella dell'Ossa, di km. 76; la pendenza media è del 7,15 0/00, ossia molto più considerevole di tutti gli altri affluenti dell'Alto Oder superiore; però nel corso inferiore, ossia in quello di Hotzenplotz, è assai minore e il passaggio dalle pendenze forti alle piccole avviene senza bruschi salti, ma insensibilmente. L'Ossa ha all'origine una pendenza del 18,72 0/00, poi del 3,97, e così in media del 15,50 0/00; mentre l'Hotzenplotz comincia subito, vale a dire, dopo l'unione dell'Ossa e della Prudnik, con una pendenza del 1,87 0/00, che va diminuendo fino a 1,34, e così la media sua è di 1,59 0/00. Deducendo però m. 27,28 d'altezza dei vari sbarramenti, la pendenza media discende a 0,46 0/00.

Dalla destra non viene alimentato da corsi d'acqua di entità, e dalla sinistra riceve solamente l'acqua di Zülz, sottocorrente a Dobrau, ossia vicino alla sua foce; gli altri non sono che piccoli rii o torrentelli.

Il bacino idrografico ha un'estensione di kmq. 1020,2, di cui kmq. 200 tenuti a bosco, e di essi appartengono kmq. 147 alla Prussia e 53 all'Austria; di tutto il bacino 753 kmq. sono sul territorio prussiano e 267 su quello austriaco; 66,9 0/0 dell'intera superficie è coltivato. Il suolo è impermeabile. Questa circostanza, insieme a quella della poca consistenza dei boschi, fanno sì che le piene sono selvagge, violente e dannose.

Le piene massime si verificano nel marzo, e le magre minime nell'estate inoltrata; la portata minima è di m. c. 4,5 per minuto secondo; la media di m. c. 8,5 e la massima di m. c. 206. La molteplicità delle dighe per derivazione d'acqua e la loro costruzione poco razionale rendono il regime del fiume assai difettoso; si sono progettati molti lavori per migliorarle o allontanarle affatto, secondo i casi, e si vanno man mano eseguendo.

Nel bacino dell'Hotzenplotz si hanno 85 opifici, dei quali 20 sull'Ossa, 25 sulla Prudnik e il rimanente sul corso dell'Hotzenplotz propriamente detto. Sono tutti molini.

\*

*La Malapane.* — Di tutti gli affluenti dell'Alto Oder, corso superiore, la Malapane è il più considerevole per lunghezza, per estensione di bacino e per portata. Infatti il suo percorso è di 131 km; nasce all'altitudine di 315 m. fra Kruschin e Markowiza, nella Polonia russa, vicinissimo al confine, e mette foce nell'Oder sottocorrente a Czarnowanz all'altitudine di 147 m., cosicchè la sua pendenza media risulta di 1,28 0/00. La direzione è ovest-nord-ovest.

All'origine riceve pochissimi rii e di nessuna importanza, ma fra Wüstenhammer e Keltisch, ossia dopo un percorso di 45 km. circa, viene alimentato da numerosi affluenti che si diramano aprendosi intorno all'asta sua a guisa di ventaglio, e gli apportano una considerevole quantità d'acqua; principale fra essi è il torrente di Tarnowitz, che ha una lunghezza

di 25 km. e una pendenza del 2,5 0/00; straripa sovente in seguito a grandi piogge e inonda i terreni laterali. Dopo Keltisch non accoglie più dalla sinistra che la Bzitzka, perchè l'area del bacino da questa parte viene scolata dall'Himmewitz che corre sempre parallelo alla Malapane ed assume il nome di Chronstauer Flösbach verso la foce, dove si riunisce con due altri torrenti, e nelle grandi cresciute versa la sua piena nella Swornitze, che corre pure per lungo tratto parallela, e va poi a immettersi nella Malapane a breve distanza sotto corrente, e vicinissimo alla foce nell'Oder. Dalla destra accoglie alcuni torrenti importanti, e principali fra essi Zelaznagraben, Lublinitza, Brzinitzka, Mischlina e Libawa.

La larghezza dell'alveo aumenta dall'origine fino a Stahlhammer a 5 m. e si mantiene così fino alla confluenza dello Stollen fra Wüstenhammer e Keltisch, dove si eleva a 10 e 15 m.; poi sotto Keltisch raggiunge i 20 m., i 50 m., e presso Kl. Stanisich, ossia a 87 km. dall'origine, arriva a 100 e 200 m. di larghezza; ma l'alveo non viene occupato per intero che nelle piene. In seguito si restringe di nuovo e la sua larghezza varia fino alla foce da 30 a 80 m.

Il bacino imbrifero ha un'estensione di 2037,4 kmq., di cui 1033 kmq. sono imboschiti; il rimanente viene per 4/5 coltivato e per 1/7 occupato da praterie; il resto da pascoli.

Un'estensione di 980 ettari è razionalmente irrigata. Una gran parte del terreno lavorato è stato da privati o da consorzi fognato, e negli ultimi 60 anni, altri 83 kmq. sono pure stati prosciugati mediante fognature.

Il bacino della Malapane viene ripartito per 1466,8 kmq. all'asta principale, per 495,4 al Chronstauer Flösbach, e per 75,5 kmq. sotto corrente alla confluenza di questo e fino alla foce.

Esistono numerosi stagni per l'esercizio di stabilimenti metallurgici e opifici idraulici, ma essi non esercitano alcuna influenza sull'andamento delle piene per la troppa esiguità della loro capacità. Nell'estate poi, siccome in questa regione temporali e forti piogge non si verificano, così non avvengono neppure delle piene o per lo meno esse non raggiungono quasi mai altezze pericolose. Non così nella primavera, dove la natura delle sezioni dell'alveo e quella delle pendenze, facilitano la formazione dei ghiacci e non danno all'acqua forza viva sufficiente per metterli in movimento; e così al disgelo avvengono delle ostruzioni e dei rigurgiti che producono delle inondazioni assai dannose, tanto più che il bacino, per grandissima parte, consta di terreni sabbiosi.

La portata alla foce è di 6 m. c. in magra, di 66 m. c. la portata media e di 320 m. c. per minuto secondo la massima piena.

Le derivazioni per opifici industriali, specialmente metallurgici, sono 17 dalla Malapane e 93 dagli altri suoi affluenti; la maggior parte di queste ultime in servizio di molini.

(Continua)

Ing. G. CRUGNOLA.

## GEOMETRIA PRATICA

### ANCORA DELLA COMPENSAZIONE FRA LO SCAVO ED IL RIPORTO NEI MOVIMENTI DI TERRA.

#### I.

1. — Dopo che si sono calcolate le superficie delle zone di occupazione di un progetto stradale nonchè i volumi di scavo e di riporto, e questi risultano troppo differenti fra loro, in generale non conviene spostare l'asse stradale a monte oppure a valle per raggiungere il cercato compenso fra i detti volumi, inquantochè questo spostamento produce una vera variante del tracciato, e perciò richiede che si rifaccia completamente il profilo longitudinale in base agli spostamenti laterali fatti subire all'asse.

Molto più spiccio, ed anche più pratico, è il metodo di ottenere il cercato compenso spostando in altezza, nel profilo longitudinale, le livellette di progetto, perchè in tal modo non si altera l'andamento planimetrico della strada, che già



si ebbe cura di tracciare sul disegno con quelle norme che in ogni caso pratico si ricavano da un accurato esame della località da attraversare, e di più non si deve rifare il profilo longitudinale del terreno, evitando così un lavoro molte volte eccessivo.

Infatti è noto che il profilo longitudinale dedotto da un semplice piano quotato non è sufficiente per lo studio di un progetto definitivo di strada, e tanto meno per quello di un canale, e serve soltanto per lo studio di massima del tracciato.

Nei progetti ben studiati il profilo longitudinale di una strada o di un canale si disegna sempre in base agli elementi ricavati da un'accurata livellazione eseguita dopo che si è rilevato il piano a curve di livello, livellando in andata e ritorno la linea che dallo studio preliminare sul piano quotato si è ritenuta più conveniente. Si procura inoltre di eseguire questa livellazione col metodo detto *dal mezzo*, allo scopo di non rendere illusori i calcoli che si faranno poi al tavolo per i movimenti di terra.

Il piano a curve di livello, se rilevato con tutte le norme rigorose che insegna la topografia, serve per ricavare le sezioni trasversali, che si ritengono esatte anche per un progetto definitivo. Ed anzi è noto che i calcoli dei movimenti di terra ottenuti da un piano a curve di livello, riescono in generale più attendibili di quelli che si ricavano dalle sezioni trasversali indipendenti, perchè col primo procedimento si può aumentare indefinitamente il numero dei profili trasversali (specialmente nelle curve) diminuendo così gli errori che generalmente si verificano allorchè le livellazioni trasversali non si succedono abbastanza vicine le une alle altre.

2. — È quindi buona norma cercare lo spostamento laterale dell'asse stradale che soddisfa al compenso fra lo scavo ed il riporto, durante il periodo dello studio di massima di un progetto, e correggere poi gli errori residui di non verificato compenso, nello studio definitivo del progetto, spostando non più lateralmente l'asse stradale, ma alzando ed abbassando le livellette di progetto sul profilo longitudinale stesso.

I lettori sanno che il compianto prof. ing. L. Lanino (\*) ha trattato in modo esteso l'argomento che stiamo ora esaminando, ed in seguito l'ing. Ovazza (\*\*) ha suggerito di dedurre con procedimenti grafici lo spostamento laterale d'asse che realizza il cercato compenso.

Nella Memoria del prof. Lanino trovasi anche un cenno dello spostamento in altezza delle livellette di progetto (pagina 158), ed il procedimento ivi indicato è utilissimo durante lo studio di massima, quando non siansi ancora eseguiti i calcoli dei volumi di scavo e di riporto; ma quando questi siansi già ottenuti e si vogliano compensare ulteriormente fra loro, è preferibile procedere diversamente dal modo ivi indicato.

3. — Il problema della ricerca del compenso fra lo scavo ed il riporto mediante spostamento in altezza delle livellette di progetto venne invero già trattato da altri ingegneri. Così, ad esempio, il prof. C. Léon Durand-Claye nel suo ottimo *Corso di strade* svolto alla Scuola di ponti e strade in Parigi (1895) accenna brevemente a questo quesito, deducendone una regola generale semplicissima che noi qui riporteremo,

(\*) L. LANINO, *Del modo di compensare esattamente lo scavo col rialzo nei tratti di strade a mezza costa* (Ingegneria Civile, anno 1897, pag. 155-158).

Poichè se ne presenta qui l'occasione, avverto che la formola (8) di quella Memoria, a pag. 157:

$$x = 2 \frac{1-i}{i} a \pm \sqrt{\left( 2 \frac{1-i}{i} a \right)^2 - 2 \frac{1-i}{i} a^2}$$

può trasformarsi in quest'altra:

$$x = 2 \frac{1-i}{i} a \pm \frac{a}{i} \sqrt{2(1-i)(2-3i)}$$

la quale riesce più comoda per il calcolo numerico.

(\*\*) Ing. ELIA OVAZZA, *Intorno alle compensazioni dello scavo col rialzo nei movimenti di terra* (Ingegneria Civile, anno 1898, pag. 39 e seguenti).

e che in seguito analizzeremo minutamente. Con ciò riuscirà completo l'argomento trattato in questo periodico dal compianto prof. Lanino, e si potranno maggiormente eliminare i tentativi che generalmente si fanno nei profili longitudinali allo scopo di ottenere il voluto compenso fra lo scavo ed il riporto.

4. — È importante avvertire che se le ricerche di compenso fra i volumi di scavo e di rialzo mediante *spostamento laterale* dell'asse stradale riescono utili allorchè la strada od il canale si svolge lungo falde di colline o di montagne a pendenza trasversale *uniforme* del terreno, non sono assolutamente possibili nei casi in cui il profilo trasversale del terreno è *frastagliato*, e volendo in questo caso ottenere il compenso fra lo scavo ed il riporto, è giuoco-forza ricorrere allo spostamento in altezza delle livellette di progetto.

Di qui la necessità di risolvere direttamente il problema enunciato.

## II.

5. *Regola generale di compensazione.* — Il principio fondamentale che svolgeremo in seguito e di cui fa cenno il Durand-Claye nell'opera già citata (\*) è il seguente:

Sia  $x$  la quantità di cui bisogna sollevare la livelletta di progetto per un determinato tratto di profilo longitudinale affinché si verifichi il compenso fra i volumi  $V_s$  e  $V_r$  di scavo e di riporto.

Indichiamo con  $S_s$  la superficie di espropriazione che corrisponde alla parte di scavo e con  $R_r$  quella del volume di riporto.

I volumi  $V_s$  e  $V_r$  già calcolati diano una differenza:

$$\Delta = V_s - V_r \quad (1)$$

Si dovrà determinare la quantità  $x$  in modo che risulti:

$$V_s - x S_s - (V_r + x R_r) = 0,$$

dalla quale si ricava:

$$x = \frac{V_s - V_r}{S_s + R_r} \quad (2)$$

Questa formola permette di enunciare la regola seguente:

« Per realizzare la compensazione fra lo scavo ed il riporto nello studio definitivo di un progetto di strada bisogna alzare od abbassare la livelletta di progetto di una quantità  $x$  data dal rapporto fra la differenza dei due volumi considerati e la proiezione orizzontale della superficie del terreno occupata dalla strada » (\*\*).

6. — Esposto così il principio elementare dal quale nasce la regola enunciata, sviluppiamo i calcoli che servono a dimostrare entro quali limiti sia da applicarsi la regola stessa.

Consideriamo una porzione di strada di lunghezza  $L$  e per fissare meglio le idee supponiamo che tutti i profili trasversali abbiano la forma indicata nella figura 26.

La linea di progetto essendo dapprima situata in una certa posizione, supponiamo che il volume di riporto sia maggiore di quello di scavo. Sia  $A B C D$  il profilo della strada progettata: l'area di riporto è rappresentata dal triangolo  $D C P$  e quella di scavo dal triangolo  $A B P$ .

L'area della sezione trasversale del fosso è nella pratica assolutamente trascurabile, e conviene non tenerne calcolo nell'esame attuale perchè, come ben osservò il prof. Lanino, generalmente il fosso a monte non si scava contemporaneamente alla trincea  $A B P$ , ma qualche tempo dopo, e le materie che ne provengono sono utilizzate nel riparare alle degradazioni che quasi sempre si verificano nella parte di strada costruita in rialzo prima che la strada venga collaudata.

Se il piano di formazione  $B C$  si abbassa parallelamente a sè stesso di una quantità  $II'$ , il profilo stradale risulta quello indicato dalle lettere  $A' B' C' D'$ . Con ciò l'area di scavo sarà

(\*) Cfr. anche G. DARIÈS, *Mouvement des terres*, 1895.

(\*\*) Le zone di espropriazione si calcolano con formole semplici a tutti note. Uno studio abbastanza completo al riguardo trovasi nello *Zeitschrift für Vermessungswesen*, XXVII, 1898.



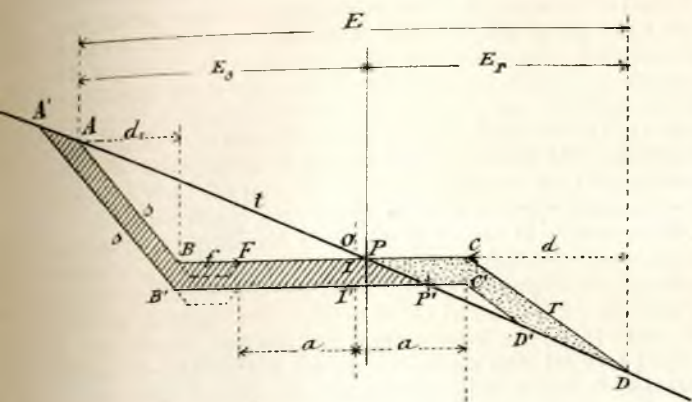


Fig. 26.

aumentata della porzione A'ABPP'B' e quella di riporto sarà diminuita della porzione PP'C'D'DG.

Ne segue che il volume totale di riporto compreso nel breve tratto L considerato sarà diminuito, e quello di scavo sarà aumentato.

Cerchiamo il valore della quantità  $II' = x$  affinché i volumi di scavo e di riporto riescano equivalenti.

Indichiamo:

- con R l'area della porzione di riporto (triangolo PCD);
- » S l'area della porzione in iscavo (triangolo ABP);
- » q la quota rossa OI del picchetto d'asse;
- »  $q + x$  la quota rossa OI';
- »  $\delta R$  la diminuzione dell'area di riporto in causa dell'abbassamento fatto subire al piano di formazione della strada;

con  $\delta S$  l'aumento dell'area di scavo;

» l la lunghezza applicabile agli elementi superficiali della sezione considerata.

Col simbolo  $\Sigma$  indichiamo inoltre una sommatoria estesa a tutte le sezioni comprese nella lunghezza L.

La condizione di compensazione può evidentemente esprimersi nel modo seguente:

$$\Sigma [l(S - R + \delta S + \delta R)] = 0. \quad (3)$$

Procuriamoci ora i valori delle quantità che entrano in questa equazione.

7. — Se indichiamo con  $t$  la pendenza trasversale del terreno, con  $r$  quella della linea CD in rilievo, con  $s$  quella della linea AB di scavo, con  $2a$  la larghezza stradale misurata da ciglio a ciglio, e con  $f$  la larghezza del fossetto di guardia al piano di formazione, si ha:

$$R = \frac{1}{2} \left( a - \frac{q}{t} \right)^2 t + \frac{1}{2} \left( a - \frac{q}{t} \right)^2 \frac{t^2}{r - t},$$

che facilmente si riduce alla seguente espressione:

$$R = \frac{r}{2} \cdot \frac{(a t - q)^2}{t(r - t)}, \quad (4)$$

la quale vale per  $t < r$ , perchè in caso contrario si deve ricorrere a muri di sostegno.

Per l'area S di scavo si ha:

$$S = \frac{t}{2} \left( a + f + \frac{q}{t} \right)^2 \left( 1 + \frac{t}{s - t} \right),$$

che, mediante opportune semplificazioni, si riduce a quest'altra espressione:

$$S = \frac{s}{2t(s - t)} [t(a + f) + q]^2. \quad (5)$$

Inoltre si trova facilmente che la proiezione orizzontale della linea PCD =  $E_r$  della parte in rilievo è espressa da:

$$E_r = \frac{r}{t(r - t)} (a t - q), \quad (6)$$

e quella  $E_s$  della linea ABP in iscavo vale:

$$E_s = \frac{s}{s - t} \left[ (a + f) + \frac{q}{t} \right]. \quad (7)$$

La diminuzione  $\delta R$  della parte di riporto è da ricavarsi dalla (4) e vale evidentemente:

$$\delta R = \frac{r}{2} \frac{(a t - q)^2}{t(r - t)} - \frac{r}{2} \frac{(a t - q - x)^2}{t(r - t)},$$

ossia:

$$\delta R = \frac{r x}{2 t(r - t)} (2 a t - 2 q - x). \quad (8)$$

Dalla (5) si ha pure:

$$\delta S = \frac{s}{2t(s - t)} [t(a + f) + q + x]^2 - \frac{s}{2t(s - t)} [t(a + f) + q]^2,$$

ossia:

$$\delta S = \frac{s x}{2 t(s - t)} (x + 2 a t + 2 f t + 2 q). \quad (9)$$

Dalle relazioni (8) e (9) si ottiene facilmente:

$$\delta R + \delta S = \frac{r - s}{2(s - t)(r - t)} x^2 + \frac{2 a r s - a t(s + r) + s(fr - q - tf) + q r}{(s - t)(r - t)} x \quad (10)$$

ed osservando che:

$$E = E_r + E_s = \frac{2 a r s - a t(s + r) + s(fr - q - tf) + q r}{(s - t)(r - t)}, \quad (11)$$

si ha:

$$\delta R + \delta S = \frac{r - s}{2(s - t)(r - t)} x^2 + E x. \quad (12)$$

Posto per semplicità:

$$\frac{r - s}{(s - t)(r - t)} = b$$

l'equazione (3) diventa:

$$\frac{x^2}{2} \Sigma b l + x \cdot \Sigma E l + \Sigma (S - R) l = 0. \quad (13)$$

dalla quale si potrà ricavare il valore richiesto di  $x$ .

Osserviamo però che lo spostamento  $x$  da introdursi nelle livellette dei progetti pressochè definitivi è sempre una quantità assai piccola, al più di qualche decimetro; cosicchè, senza tema di commettere errore sensibile, si può trascurare il primo termine dell'equazione ora scritta, come è facile verificare con un esempio.

Così facendo, la (13) si riduce ad una equazione di primo grado, dalla quale si ricava:

$$x = \frac{\Sigma (R - S) l}{\Sigma E l}, \quad (14)$$

ed indicando con  $V_r$ ,  $V_s$  i volumi di scavo e di riporto, questa equazione potrà evidentemente scriversi:

$$x = \frac{V_r - V_s}{\Sigma E l}. \quad (15)$$

Il denominatore di quest'equazione si può considerare come la somma di tanti rettangoli situati in piani orizzontali, aventi per dimensioni la lunghezza applicabile  $l$  ed il segmento  $E = E_r + E_s$ . Perciò questo denominatore equivale alla somma  $S_s + R_r$  che entra nella (2).



Di qui la regola generale enunciata al numero 5.

Il vero valore di  $x$ , quando si voglia procedere con rigore, è però da ricavarsi dalla 13.

### III.

8. — Allorché da un piano quotato si ricava il profilo longitudinale di una strada e si fanno su di esso i primi tentativi pel tracciamento delle livellette di progetto, un altro problema che si presenta spontaneo per la compensazione dei movimenti di terra allorché il terreno ha pendenza trasversale uniforme, è il seguente :

« Date sul profilo longitudinale due ordinate consecutive, rappresentanti rispettivamente una sezione di scavo e l'altra di riporto, poste ad una medesima distanza dal punto di passaggio che le separa, quali valori devono avere le quote rosse affinché le due sezioni trasversali che esse individuano risultino equivalenti in area, e quindi risultino anche equivalenti i volumi di scavo e di riporto che esse comprendono? »

Crediamo utile esporre qui brevemente la soluzione di questo problema, perchè da alcuni si ritiene che le quote rosse ora dette debbano in generale essere uguali, credendo con ciò che l'equivalenza fra le aree gialle e le aree rosse del profilo longitudinale di una strada corrisponda all'equivalenza fra i volumi di scavo e di riporto.

Siccome questa norma è erronea, esaminiamo brevemente la questione (\*).

Mantenendo le notazioni precedenti, l'equazione dell'area di una sezione trasversale di strada completamente in rilevato, quando si ponga :

$$\frac{r}{r^2 - t^2} = m,$$

è data da :

$$R = m q^2 + 2 a m r q + m a^2 t^2, \quad (16)$$

e quella di una sezione di sterro, quando si ponga :

$$\frac{s}{s^2 - t^2} = n,$$

è data da :

$$S = n q^2 + 2 n (a + f) s \cdot q + \frac{1}{4} n (2a + 2f)^2 t^2 + \frac{4}{9} f^2 s, \quad (17)$$

nella quale  $q$  indica la quota rossa del picchetto d'asse.

Eguagliando fra loro i valori di  $R$  e di  $S$  e ricavando  $q$  dall'equazione che ne risulta, si ottiene il valore cercato della quota rossa per ogni caso particolare. Così, per esempio, se supponiamo di considerare una strada della larghezza di m. 6,00 da ciglio a ciglio, insediata su terreno orizzontale, e supponiamo che le scarpate del rilevato abbiano l'inclinazione di 3 di base per 2 di altezza e quelle della trincea siano inclinate di 45°, essendo  $f = 1,50$  e ritenendo 0,50 m<sup>2</sup> l'area della sezione di ciascun fosso, applicando il procedimento suddetto si trova per  $q$  il valore 6<sup>m</sup>,3166, al quale corrisponde l'area di m<sup>2</sup> 97,74 tanto per la sezione di scavo quanto per quella di riporto. Per qualsiasi altro valore  $q > 0$  le due aree non risultano più equivalenti. Se  $q = 3^m,90$  si ha per il riporto m<sup>2</sup> 31,50 e per lo scavo m<sup>2</sup> 37,00 con un eccesso di scavo di m<sup>2</sup> 5,50; se  $q = 10^m,00$  si ha invece un eccesso di riporto di m<sup>2</sup> 19,00.

Il valore  $q = 3,90$  corrisponde, pel caso considerato, alla massima differenza fra le aree delle due sezioni, come si può verificare derivando rispetto a  $q$  l'equazione  $R = S$ . Quando invece la pendenza trasversale  $t$  del terreno vale 0<sup>m</sup>,300, e ritenute le medesime ipotesi precedenti, l'eguaglianza fra i valori delle due aree di scavo e di riporto si ha quando  $q = 1^m,70$ . Per  $t = 0^m,350$  risulta  $q = 1^m,4$  e per  $t = 0^m,40$  si ha  $q = 2^m,93$ .

Perciò, quando si deve studiare il profilo longitudinale di una strada, conviene dapprima calcolare una tabella numerica dei valori di  $q$ , procedendo nel modo ora detto per le diverse inclinazioni medie trasversali del terreno: in tal modo si

(\*) Abbiamo già dato alle stampe un esame completo di questo secondo argomento, e quanto qui si espone è dedotto appunto da un tale lavoro.

potranno evitare i lunghi e noiosi tentativi che sempre si debbono fare, allorché trattasi dello studio d'una strada ordinaria e si vuol avere riguardo all'economia nei movimenti di terra.

Si è per questo fatto che per le strade insediate in terreni ordinari ed orizzontali conviene tracciare le livellette di progetto sul profilo longitudinale più in alto della posizione che dovrebbero avere qualora si avesse riguardo all'equivalenza fra le aree gialle e rosse del profilo stesso, e tanto più si tengono alte quanto maggiormente le quote rosse si approssimano mediamente ai 3 metri. Si tengono invece meno alte se esse si approssimano al valore zero, oppure 6<sup>m</sup>,32.

Nello studio di strade in roccia le livellette di progetto devono generalmente essere situate al disotto della posizione suddetta, ed è appunto per queste strade che conviene avere la massima cura di far sì che si verifichi il compenso, perchè gli scavi in roccia sono sempre costosissimi. E siccome i terreni rocciosi sono generalmente più accidentati di quelli ordinari, lo studio dello spostamento in altezza delle livellette di progetto acquista in questo caso un'importanza anche maggiore.

Ing. V. BAGGI.

## BIBLIOGRAFIA

Ing. IGINIO MUZZANI. — **Tavole dei valori naturali di tutte le linee trigonometriche e delle ampiezze dell'angolo al centro per raggi da 250 a 2000 metri**, con 45 figure nel testo. — Torino, Tip. Camilla e Bertolero di N. Bertolero, 1897.

Il titolo dice chiaramente che cosa contenga il libro, per cui possiamo dispensarci da un'esposizione particolareggiata; è evidente che, contenendo esso i valori naturali delle linee trigonometriche, rende inutile l'uso delle tavole di logaritmi; per cui riesce di grande vantaggio nelle operazioni di tracciati e nelle calcolazioni trigonometriche, con risparmio di tempo e facilità di lavoro.

I valori naturali vi sono dati per ogni minuto primo da 0° a 70°; oltre questo angolo, le differenze seconde fra i valori delle tangenti e secanti, anche per angoli di un minuto primo, cambiano troppo rapidamente; perciò l'A., per gli angoli da 70° a 90°, ha dato i valori non più di minuto in minuto, ma di 30 in 30 secondi; l'interpolazione riesce così molto più approssimata, e l'esattezza vi guadagna. Questa interpolazione poi è resa facile in tutti i casi dall'aggiunta di una colonna contenente le differenze per minuto secondo, come si usa in tutte le tavole logaritmico-trigonometriche.

L'A. ha premesso alle sue tavole una breve istruzione indicante il modo di servirsene. Contribuisce specialmente a fare conoscere ed a rendere spedito l'uso delle tavole, il capitolo sul tracciamento delle curve, nel quale sono esposti con ordine e chiarezza i principali metodi, ed è di speciale interesse quello relativo alle curve in galleria.

Il libro dell'ing. Muzzani corrisponde allo scopo a cui è destinato, e siccome è molto elementare, può servire ad una larghissima classe di persone: assistenti, capi-mastri, periti, agronomi, imprenditori, ingegneri, ai quali lo raccomandiamo.

GAETANO CRUGNOLA.

Sono inoltre pervenute alla Direzione le seguenti pubblicazioni inviate dai loro Autori:

- R. Corte d'Appello di Firenze. — Perizia giudiziale dell'ing. Niccolò Giaccione nella causa tra la Provincia di Firenze e l'Impresa ing. A. Della Seta. — Op. in-4° di pag. 154.
- Progetto di riscaldamento e ventilazione per la nuova Aula di Montecitorio (Ing. G. B. Porta e C., di Torino). — Op. in 4° di pag. 15, con due tavole litografate.
- Message from the President of the United States, transmitting the Report of the Naval Court of Inquiry upon the destruction of the United States Battle Ship Maine in Havana Harbor, February 15, 1898, together with the testimony taken before the Court. — Op. in 8° di pag. 293, con n. 20 fotoincisioni e due tavole litografate. — Washington, 1898.
- Ing. P. Lanino. — La trazione elettrica. — Op. in-8 gr. di pag. 39. — Estr. dagli Atti della Società Emiliana degli Ingegneri ed Architetti. — Bologna, 1898.
- Ing. Francesco Mossa. — Il problema dello stile nell'architettura moderna. — Conferenza letta al Collegio degli Ingegneri ed Architetti della Sardegna il 13-15 settembre 1897. — Op. in 8° di pag. 152. — Estr. dal Bollettino del Collegio. — Cagliari, 1898.
- Ing. Elia Ovazza. — Calcolo grafico delle travi elastiche sollecitate a flessione e taglio. — Memoria in-4° di pag. 19, con due tavole litografate. — Estr. dalle Memorie della R. Accademia delle Scienze di Torino, serie II. tom. XLVIII. — Torino, 1898.

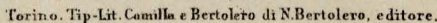




CARTA IDROGRAFICA DELLA GERMANIA SETTENTRIONALE.

*Scala da 1 a 5500.000.*

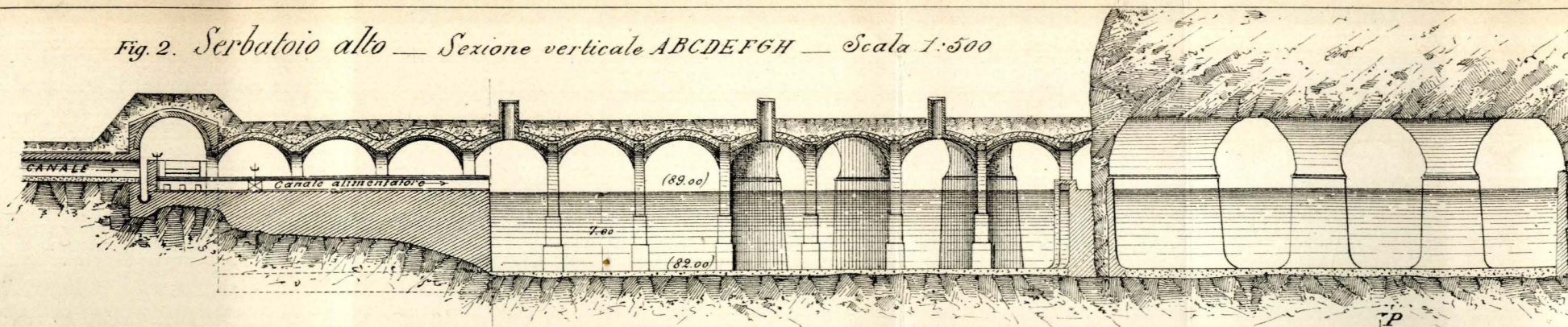




Scala da 1 a 1 500 000.

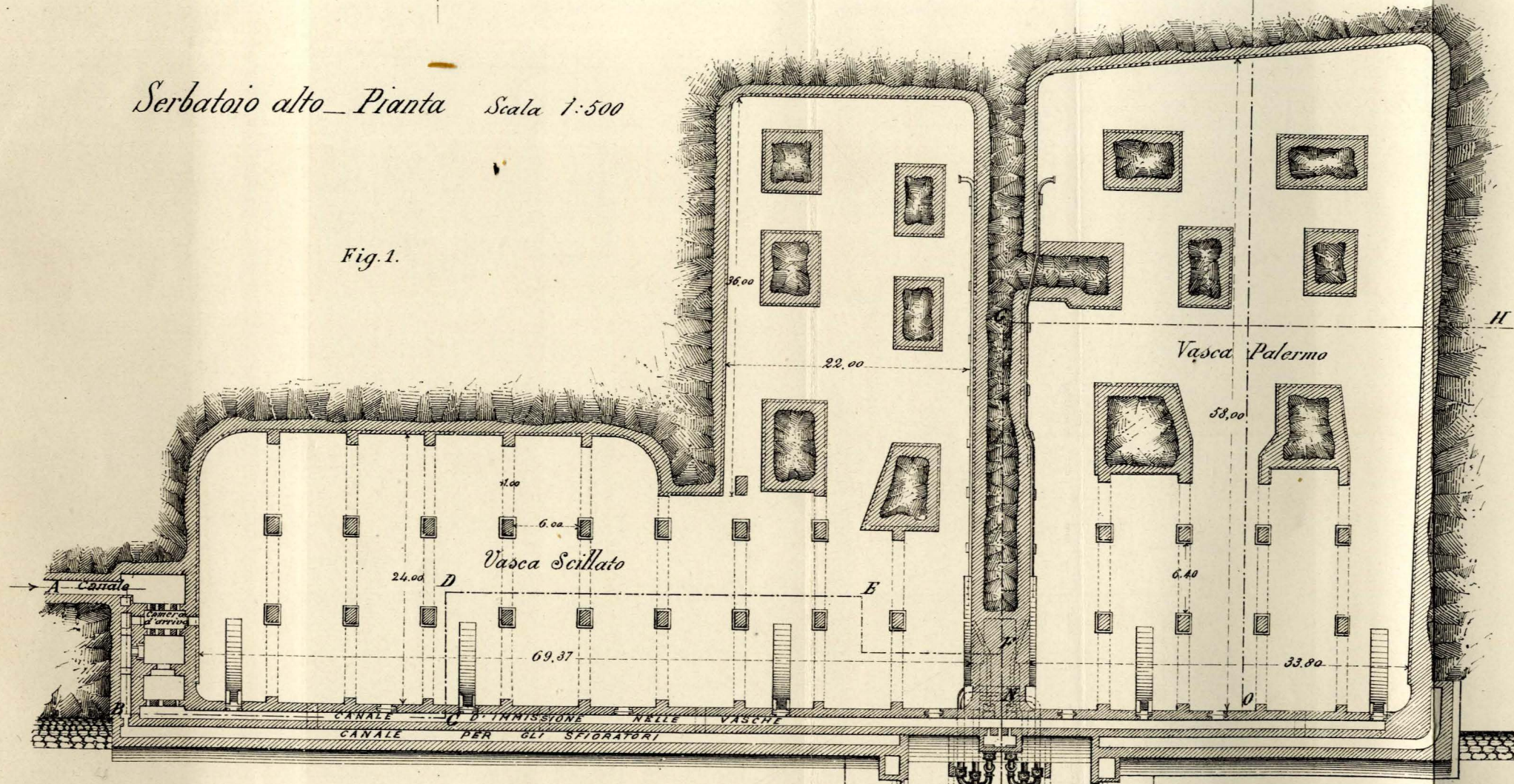


Fig. 2. Serbatoio alto — Sezione verticale ABCDEFGH — Scala 1:500



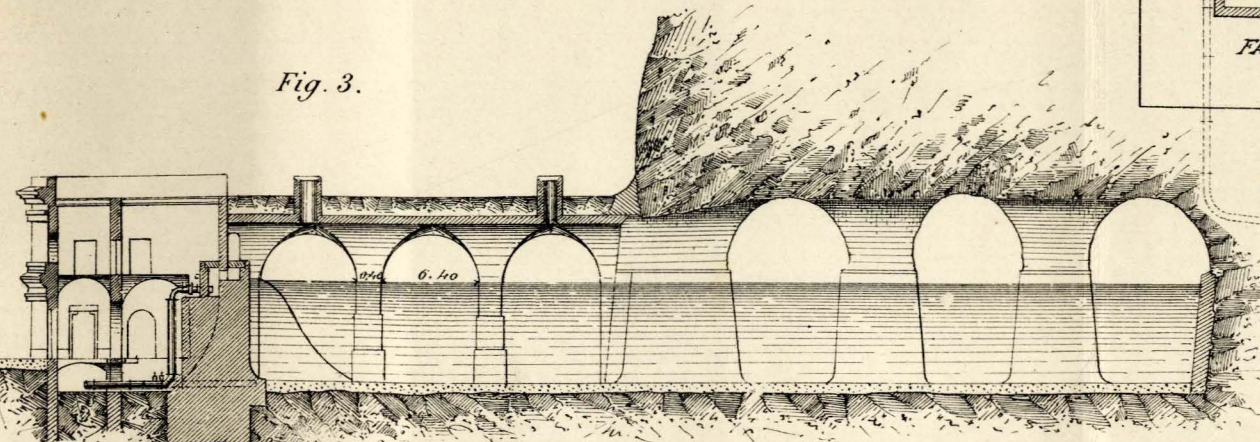
Serbatoio alto — Pianta — Scala 1:500

Fig. 1.



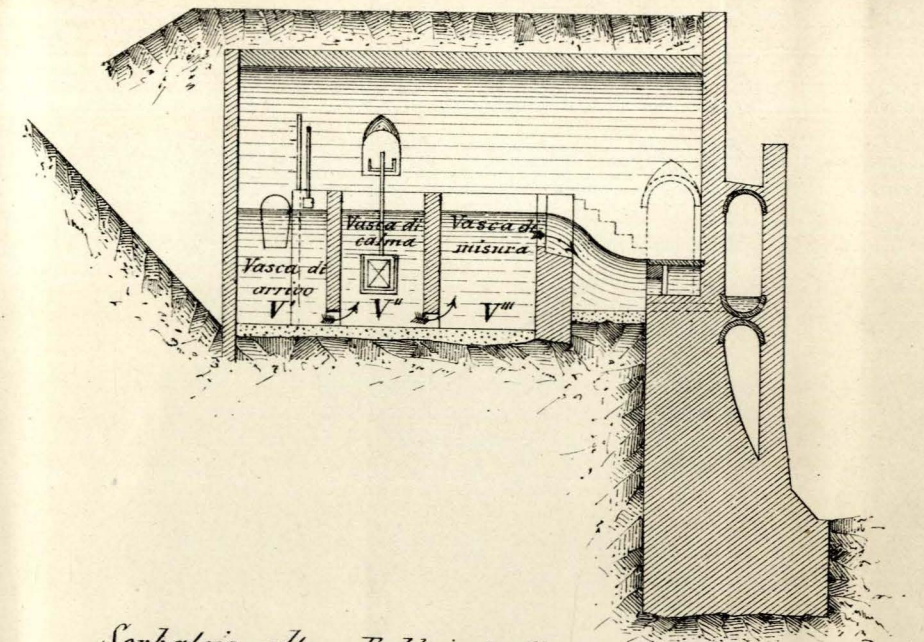
Serbatoio alto — Sezione verticale MNOP — Scala 1:500

Fig. 3.



Serbatoio alto — Fabbricato di arrivo. Sez. AB

Fig. 5. Scala 1:200



Serbatoio alto — Fabbricato d'arrivo

Pianta — Scala 1:200

Fig. 4.

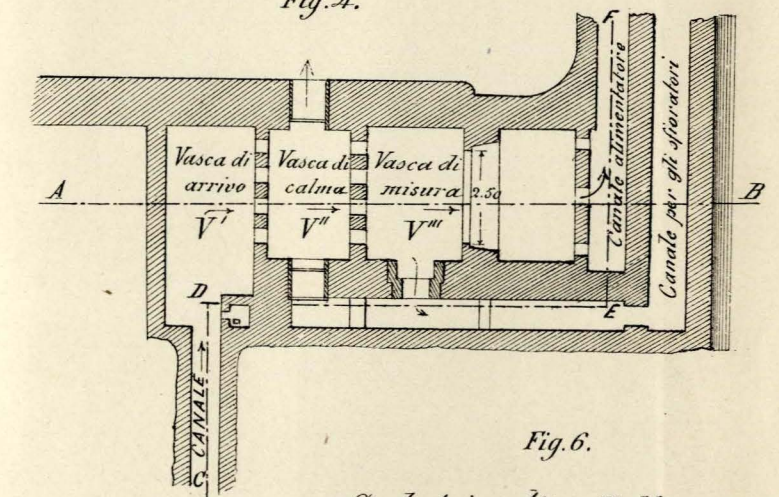
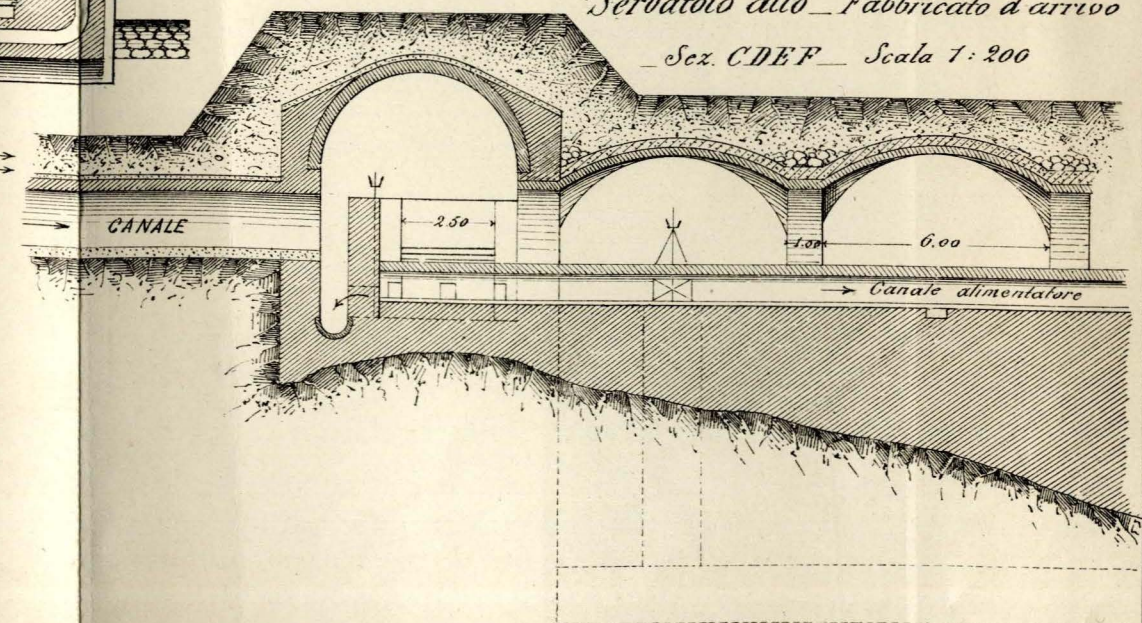


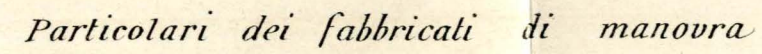
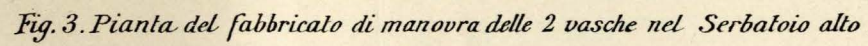
Fig. 6.

Serbatoio alto — Fabbricato d'arrivo

Sez. CDEF — Scala 1:200







This diagram shows a cross-section of a building's interior. The central feature is a staircase with a curved path, flanked by two large arched openings. The walls are thick and feature decorative elements like pilasters and cornices. The floor is shown with a hatched pattern, and the ceiling is also indicated. Various parts are labeled with letters and numbers, providing a detailed view of the architectural structure.

The diagram is a technical cross-section of a water supply system. On the left, a brick wall is shown with a vertical pipe and a horizontal pipe at the base. A large, arched structure, possibly a vaulted ceiling or a large pipe, dominates the center. The system includes various valves, pipes, and a large horizontal pipe at the top. The diagram is labeled 'Fig. 1' and 'Fig. 2'.

2.00

6.40

0.40

5.50

10.00

5.10

Per le figure 3, 4, 5, 6 e 7

canale alimentare

canale di scarico

dynamo

motori

alimentazione indiretta

alimentazione diretta

Tubo serv. al Rio

Tubo serv. al Rio

Scala di 1 a 200