

L'INGEGNERIA CIVILE

E

LE ARTI INDUSTRIALI

PERIODICO TECNICO QUINDICINALE

*Si discorre in fine del Fascicolo delle opere e degli opuscoli spediti franchi alla Direzione dai loro Autori od Editori.**È riservata la proprietà letteraria ed artistica delle relazioni, memorie e disegni pubblicati in questo Periodico.*

ELETTROTECNICA E SUE APPLICAZIONI

L'INDUSTRIA IN ITALIA

DELLE MACCHINE ED APPARECCHI ELETTRICI.

Se si dovesse giudicare dell'industria italiana delle macchine ed apparecchi elettrici da quanto figurava all'ultima Esposizione internazionale di Parigi, certamente nel confronto con ciò che fu esposto da costruttori elettrotecnici stranieri, si rimarrebbe assaliti da un senso di pena e di sconforto. Il concorso de' costruttori elettrotecnici italiani fu tanto meschino che le poche produzioni esposte scomparivano dinanzi alla mole di quelle straniere. Un tal fatto deve forse in parte attribuire alla convinzione, venutasi man mano formando presso tutti, della poca efficacia delle esposizioni succedentisi a brevi intervalli e con carattere piuttosto di speculazione, ma trova anche la sua ragione nella deficienza e cattiva ubicazione dello spazio concesso a Parigi alla Sezione elettrica italiana, per cui de' diversi nostri costruttori solo alcuni si decisero a prendere parte alla Mostra rassegnandosi ad esporre in modo inadatto o incompletamente le loro principali produzioni, senza riuscire a dare un'idea esatta della potenzialità delle loro officine.

Affinchè l'impressione che è rimasta in molti dopo la Esposizione parigina non dia ragione ad un giudizio ingiusto sulla industria elettromeccanica italiana, riassumo in queste brevi note ciò che oggi essa è in realtà.

*

I. — ALTERNATORI - DINAMO - MOTORI - TRASFORMATORI.

Mi occuperò innanzi tutto di quelle Ditte nazionali costruttrici le quali parteciparono alla Esposizione di Parigi. Esse furono appena quattro: la Ditta G. Ansaldo e C. di Cornigliano Ligure, la Società Esercizio Bacini di Genova, la Società anonima di costruzioni elettriche Brioschi, Finzi e C. di Milano e la Ditta Gadda e C., pure di Milano. Queste due ultime forse fra breve si fonderanno insieme nella Società Gadda, Brioschi, Finzi e C.

*

Ditta G. Ansaldo e C. — È fra le Ditte costruttrici di macchine elettriche quella d'installazione più recente, poichè cominciò la sua produzione soltanto ne' primi giorni del 1900. Dispone di un'officina che comprende due edifici principali affatto distinti: l'uno destinato per gli uffici, l'altro per la lavorazione. Questo è fornito di macchine utensili delle migliori Case costruttrici italiane, tedesche ed americane. Sono notevoli fra di esse la serie de' torni e delle fresatrici, le macchine per fare ingranaggi, le presse per stampare i lamierini indotti, le punzonatrici Bliss. Una grue scorrevole e vagoncini mobili su binari a scartamento ridotto facilitano il trasporto de' pezzi in lavorazione da un punto all'altro dell'officina.

L'energia occorrente per le macchine è somministrata da un motore a gas del tipo Charon ed, in caso di bisogno, anche da un motore elettrico che può ricevere la corrente da una batteria di accumulatori o da una delle altre due officine della stessa Ditta Ansaldo, dall'acciaieria cioè o dall'officina Delta, mediante apposite condutture elettriche aeree. Gli accumulatori sono del tipo Pescetto e sono posti in un piccolo edificio a parte. Servono anche per somministrare la corrente elettrica necessaria all'illuminazione della officina ed alle prove del macchinario costruito.

Un apposito locale è destinato per la costruzione degli avvolgimenti.

La Ditta Ansaldo e C. ha diversi scopi: la costruzione de' generatori di corrente elettrica e motori, delle survoltrici, de' trasformatori e commutatrici, de' reostati ed accessori per impianti elettrici, nonchè di tutte le applicazioni meccaniche dell'elettricità; l'esecuzione degli impianti per illuminazione, trazione e trasporto d'energia elettrica; la somministrazione ed installazione degli apparecchi di riscaldamento elettrico della Ditta Colin e C., di cui ha la rappresentanza per l'Italia. In modo particolare poi si occupa degl'impianti elettrici a bordo delle navi.

Ha già eseguiti diversi impianti e costrutte diverse macchine elettriche. Cito ad esempio: gl'impianti elettrici a bordo della corazzata italiana G. Garibaldi, della corazzata turca Mess-Oudijeh, de' due piroscafi Lombardia e Liguria della Navigazione generale italiana; le due gru elettriche della portata di 15 tonnellate per le officine di Pietrarsa della Società delle Ferrovie del Mediterraneo, i 12 montacarichi ed i 12 ventilatori elettrici per la corazzata Regina Margherita. Merita speciale menzione l'impianto testè ultimato per conto della Società napoletana per Imprese elettriche, nel quale sono notevoli: i 2 alternatori di 500 chilovoltampère a 92,5 giri con tensione che può salire fino a 1000 volt, i 6 gruppi di survoltaggio, sistema Magrini, della potenza di 70 chilowatt ciascuno.

All'Esposizione di Parigi la Ditta Ansaldo non poté far rilevare la sua importanza perchè, essendo entrata in esercizio, come ho detto, soltanto ne' primi giorni del 1900, non ebbe il tempo necessario per allestire una Mostra più conveniente. V'inviò soltanto una dinamo a corrente continua, studiata per fornire in via normale una corrente di 400 ampère alla tensione di 125 volt, ed, in via eccezionale, anche una corrente di 700 ampère.

Caratteristiche di questa dinamo erano le seguenti: induttore in acciaio con 6 poli riportati, indotto a tamburo dentato di m. 7,50 di diametro con avvolgimento a spirali separate, costrutte su sagome ed isolate dalla massa mediante tela micanite, collettore di rame elettrolitico isolato con mica, e spazzole di carbone.

Questa dinamo era accoppiata con un motore compound di 60 cavalli della Ditta Tosi di Legnano.

Quantunque la Ditta Ansaldo sia sorta da poco, si ha ragione di ritenere che fra non molto potrà annoverarsi tra le

migliori Ditte consorelle nazionali, imperocchè per lo scelto e grandioso corredo di macchine utensili di cui dispone o può disporre, in unione con le altre due officine della stessa Ditta, è in grado di assumere la costruzione di macchine elettriche anche di grandissima potenza.

Società Esercizio Bacini. — Questa Società, oltre a' bacini di carenaggio e ad un cantiere a Riva Trigoso, possiede un grande stabilimento meccanico, una fonderia ed una officina per la costruzione di macchine elettriche con annessi magazzini di deposito di materiale elettrico, sopra un'area complessiva di 20000 mq.

L'officina elettrica sorse nell'anno 1898, semplice officina per riparazioni del macchinario elettrico di bordo; essa non aveva allora che una ventina di operai. Andò via via estendendosi, occupandosi su vasta scala di notevoli impianti elettrici a bordo de' principali piroscafi facenti capo a Genova, e di non meno notevoli impianti per distribuzione di energia elettrica in stabilimenti industriali, e specializzandosi in modo particolare nell'applicazione de' motori elettrici a macchine utensili, grue, elevatori, ecc., ecc. Attualmente la sola officina elettrica dà lavoro ad oltre 200 operai.

La Società Esercizio Bacini possiede una stazione centrale elettrica della potenza motrice di 300 cavalli, la quale fornisce l'energia elettrica necessaria all'azionamento delle diverse macchine utensili dell'officina stessa, dello stabilimento meccanico e della fonderia, e provvede pure all'illuminazione de' detti stabilimenti e de' bacini di carenaggio. Le tre dinamo di detta centrale sono a corrente continua e della potenza di 66 chilowatt ciascuna a 110 volt, direttamente montate sull'albero di tre motrici Tosi a 150 giri al primo, della potenza di 100 cavalli ognuna. Una potente batteria a repulsione, tipo Tudor, funziona in parallelo con le dinamo, potendosi così eventualmente raggiungere una produzione complessiva di 300 chilowatt. Con questa energia vengono mosse parecchie grue, montacarichi, ventilatori per forni di fusione, trapani, torni, piallatrici, ecc., ecc., applicando, in una parola, a tutte le singole macchine utensili l'azionamento elettrico ripartito e distinto.

L'officina elettrica comprende i seguenti riparti principali:

1° Un locale per la costruzione meccanica e per il montaggio delle dinamo. In questo riparto essa dispone di macchine utensili di tipo moderno, come torni verticali, presse per stampare dischi di lamierino, una pressa idraulica per comprimere i collettori e gl'indotti sino a 100 atmosfere, oltre a un grande numero di torni orizzontali a punte ed a revolver, fresatrici, trapani radiali, cesoie, punzonatrici, ecc.;

2° Un locale per il bobinaggio, con annesso forno a vapore per l'essiccazione degli indotti;

3° Un locale per la meccanica fina, dove, oltre alle piccole parti accessorie delle dinamo, come collettori e portaspazzole, si fabbricano pure reostati di diversi tipi, interruttori, valvole, ventilatori ed estrattori elettrici, e si eseguisce la montatura de' quadri di distribuzione;

4° Un locale per i modellatori;

5° Una sala per le prove delle macchine, dove si dispone de' più sensibili apparecchi per la misura de' rendimenti e de' diversi dati elettrici delle dinamo, motori e trasformatori costruiti.

L'officina costruisce tanto dinamo e motori a corrente continua, quanto alternatori, motori trifasi e trasformatori.

Il tipo normale delle dinamo a corrente continua è quello rappresentato dalla figura 112. È un tipo chiuso, essenzialmente industriale, con induttore multipolare, indotto a tam-

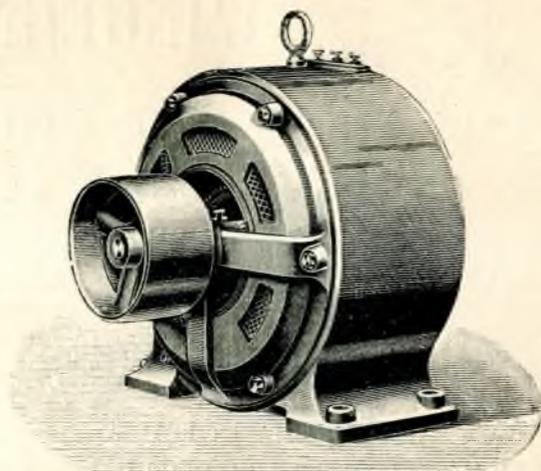


Fig. 112. — Dinamo a corrente continua della Società Esercizio Bacini.

buro dentato, collettore di rame trafilato durissimo, con portaspazzole speciali brevettate che permettono il facile ricambio delle spazzole anche durante la marcia. Tutti gli isolanti sono di mica; le spazzole sono di carbone e portate normalmente alla superficie del collettore, cosicchè si prestano assai bene, senza bisogno di essere rovesciate, all'eventuale invertimento di marcia delle macchine.

Di questo tipo la Società Esercizio Bacini ha costruito macchine anche di potenza rilevante, raggiungendo un rendimento industriale del 90 %. All'Esposizione universale di Parigi figurava appunto una di queste a 500 volt e 600 ampère, direttamente accoppiata a una motrice Tosi, contribuendo a produrre l'energia elettrica richiesta pel servizio dell'Esposizione. Il motore a vapore era del tipo Pilon a quadrupla espansione e a 4 cilindri ed era capace di sviluppare normalmente 600 cavalli, funzionando con una velocità angolare di 160 giri al primo; la potenza motrice di questo motore potevasi però spingere anche a 800 cavalli.

La dinamo con eccitazione in parallelo poteva fornire una corrente di 600 ampère sotto una tensione di 500 volt.

Il sistema induttore era costituito da una corona di ghisa colata in 2 parti insieme co' nodi polari di ferro dolce, che erano in numero di 16. Le espansioni polari avvitate su' nodi servivano a trattenere le bobine induttrici ripartite per serie di 4, aggruppate in parallelo.

Le lamine indotte del diametro esterno di m. 1,92 e con la periferia dentata, erano strette tra due anelli di ghisa per mezzo di bulloni, e assicurate su di una corona pure di ghisa, che si collegava ad un mozzo calettato sull'albero per mezzo di 6 doppie razze. Così riunite, queste lamine presentavano sulla superficie esterna 516 scanalature, in ciascuna delle quali erano collocate due sbarre conduttrici. Le 1032 sbarre erano riunite da nastri di rame in modo da costituire un avvolgimento a tamburo multipolare in quantità.

Il collettore di m. 1,00 di diametro e di m. 0,10 di larghezza era costituito da 516 settori isolati tra loro da mica. La corrente era raccolta dal collettore mediante 16 doppie spazzole di carbone portate da altrettanti alberelli solidali ad una corona mobile per mezzo di un settore dentato.

Una specialità di questa Ditta è la costruzione de' gruppi motrici-dinamo per uso di bordo e di stabilimenti industriali. I detti gruppi sono del tipo rappresentato dalla fig. 113. La dinamo e la macchina a vapore sono montati sullo stesso basamento di ghisa, occupando uno spazio ridottissimo. Sono quindi di ottima applicazione specialmente a bordo

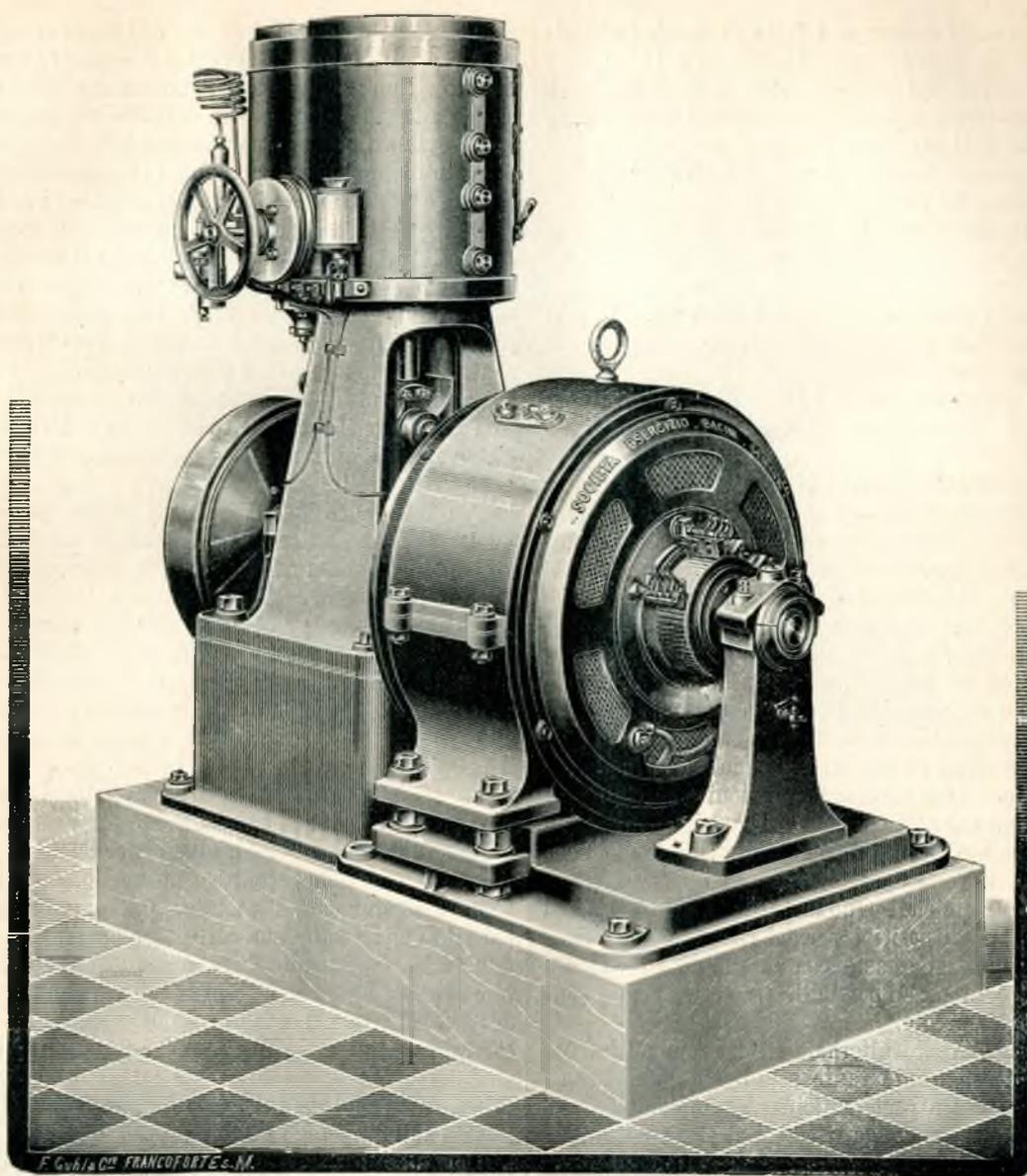


Fig. 113. — Gruppo motrice-dinamo della Società Esercizio Bacini.

de' piroscafi, dove si dispone spesso di spazio limitato e dove occorre del macchinario robusto e resistente. La Società Esercizio Bacini nel giro di pochi anni ha costruito più di un centinaio di detti gruppi per conto delle più importanti Compagnie di navigazione.

Anche nel campo delle correnti alternate trifasi, ha già fatte numerose ed importanti applicazioni; le ultime esperienze eseguite sopra i motori trifasi hanno dimostrato come essi accoppiano ad un elevato rendimento un valore pure elevato del fattore di potenza e un riscaldamento assai limitato, anche lavorando per più ore di seguito a pieno carico, o sovraccaricati. All'avviamento essi sviluppano uno sforzo superiore persino del triplo a quello normale e durante il lavoro normale possono sopportare anche per tempo considerevole un sovraccarico del 20 %, senza alcun pericolo di guasti o di soverchio riscaldamento. Lo slittamento massimo che si verifica in questi motori è del 4 %.

Ne' piccoli tipi l'armatura è chiusa in corto circuito; ne' tipi maggiori e, in ogni caso per forze superiori a' 10 cavalli, i tre capi liberi dell'avvolgimento indotto fanno capo ad un avviatore automatico disposto entro un tamburo, che

viene montato sull'estremità dell'albero opposta a quella ove trovasi la puleggia. Questo avviatore automatico brevettato, funzionando per forza centrifuga, toglie la resistenza inserita nell'indotto man mano che il motore si avvia, la mantiene disinserita durante la marcia del motore e ritorna ad inserirla quando il motore si arresta.

*

Ditta Brioschi, Finzi e C. — Sorse nel 1896 e prese così rapido sviluppo che nella fine del 1899 si trasformò nella Società anonima di costruzioni elettriche Brioschi, Finzi e C. L'officina, di cui dispone, occupa un'area di 6000 mq.; è costruita interamente in ferro con criteri affatto moderni; è ampiamente illuminata, e nella stagione invernale riscaldata a vapore.

Più di 85 macchine utensili sono impiegate nella lavorazione de' metalli; quasi tutte sono di Case costruttrici americane, notevolissime per bontà costruttiva e per riconosciuta precisione. Per la rapida e sicura manovra de' pezzi in lavorazione provvedono 3 grandi grue rispettivamente della portata di 8, 10 e 15 tonnellate, scorrevoli nelle 3 grandi campate dell'officina.

La distribuzione dell'energia vi è fatta mediante l'elettricità. La corrente elettrica che giunge a Milano a 13000 volt da Paderno e si trasforma a 3600 nelle officine di Porta Volta all'ingresso della città, è nuovamente trasformata nell'officina a 160 volt mediante un trasformatore di 70 chilowatt per alimentare ben 90 motori, disposti nelle posizioni più convenienti pel comando delle macchine operatrici. La stessa corrente serve per le prove del macchinario che si eseguono in un reparto dell'officina stessa protetto da stecato.

Il numero degli operai che vi lavora è circa 200. Il personale della Direzione ed Amministrazione occupa un comodo fabbricato a lato dell'officina.

Le macchine elettriche di questa Ditta sono notevoli per la loro originalità, bontà di materiale ed accuratezza di costruzione.

Invero essa ha adottato i suoi tipi di macchine e ne ha organizzata la fabbricazione metodica solo quando i lunghi studi fatti, seguendo i progressi delle officine estere ed introducendo i perfezionamenti suggeriti dalla propria attività, furono largamente compensati dalle ottime caratteristiche di funzionamento rilevate con numerose prove e regolari esperienze. Per principio poi non acquista che materiale di prima qualità. Così, ad esempio, adopera lamiere di ferro le quali in seguito a diligenti misure hanno presentato buoni requisiti magnetici, materiale isolante che non perda in poco tempo le sue peculiari proprietà. Cura inoltre in modo notevole la esecuzione delle diverse lavorazioni e specialmente quella delle spirali che costituiscono gli avvolgimenti, tanto importanti in questo genere di macchine. Queste non sono fatte a mano ma avvolte o su tornio o su apposite forme.

Norma poi generale che segue in tutte le sue costruzioni è quella d'adottare dispositivi per cui riesca facile di riparare un organo qualsiasi guasto con la rapida smontatura del minor numero di pezzi possibili. Le costruzioni perciò acquistano maggior pregio.

I generatori a corrente alternata trifase sono ad indotto fisso e ad induttore girante tanto se a basso quanto se ad alto potenziale. I circuiti magnetici sono completamente in acciaio laminato per modo da ritenersi affatto trascurabile l'azione delle correnti di Foucault. L'avvolgimento induttore è formato da matassine avvolte separatamente e montate su pezzi polari. L'indotto è in lamine di ferro e i relativi avvolgimenti a stella ne' tipi a bassa tensione sono formati da sbarre di rame nudo, collegate fra di loro a mezzo di caviglie o di saldature; in quelli ad alta tensione da matassine avvolte, isolate ed essiccate separatamente.

In questi ultimi inoltre il basamento è modellato e lavorato in modo che l'induttore rotante possa essere spostato longitudinalmente lungo l'asse svitando i bulloni che fissano uno de' supporti. Tale disposizione offre il vantaggio di smontare la macchina con la massima sollecitudine e facilità. Le figure 114 e 115 rappresentano rispettivamente un alternatore trifase da 60 cavalli e 3600 volt ed il gruppo di due alternatori pure trifasi a 250 cavalli e 2000 volt fornito al regio Arsenal e marittimo di Spezia.

I motori asincroni trifasi di media e grande potenza sono costrutti sul tipo de' generatori, con largo basamento, sul quale sono fissati i supporti; hanno l'avvolgimento simmetrico ed una razionale ventilazione. Quelli di potenza non superiore a' 10 cavalli, col rotore a *gabbia di scoiattolo*, sono provvisti di coperchi con finestre, o sono ermeticamente chiusi. Fino a 4 cavalli sono tipi in corto circuito; da 4 in su sono con avviatori e muniti perciò di anelli per l'inserzione delle resistenze di messa in marcia.

Gli anelli di rame o di bronzo, che mettono in corto circuito le sbarre collocate ne' canali del rotore, sono uniti non

semplicemente da saldature, ma da incastro meccanico, onde preservare il motore dall'eventuale eccessivo riscaldamento, dovuto ad un sopraccarico. Potendosi costruire per la precisione delle macchine utensili dell'officina con intraferri piccoli e costanti, presentano un alto coefficiente di rendimento e fattore di potenza. La figura 116 rappresenta un motore trifase con anello per inserire la resistenza di avviamento.

I motori trifasi di piccolo modello all'occorrenza sono completati da disposizioni speciali che li rendono in molti casi assai convenienti. Così si annette ad essi un riduttore ad ingranaggio con rapporto in media di 1/8, che ne facilita l'accoppiamento a macchine lente, senza l'uso di contralberi ingombranti e poco consigliabili. Hanno un funzionamento affatto silenzioso, poichè i rocchetti calettati su' loro alberi sono di cuoio di buffalo. In genere la costruzione meccanica di questi motori è a calibri, in modo da aversi la intermutabilità delle parti.

Fra le applicazioni de' piccoli motori per le varie industrie studiate dalla Ditta Brioschi, Finzi e C. sono notevoli quelle a telai meccanici, alle macchine utensili ed a quelle tipografiche. Il movimento è trasmesso in queste ultime mediante puleggia di frizione tenuta aderente al volano per mezzo di un compressore elastico, nelle macchine utensili invece con riduttori di velocità o disposizioni diverse, a seconda della natura di esse. In un tornio (fig. 117), ad esempio, il motore è fissato a bilico, in modo da tendere il piccolo tratto di cinghia col proprio peso.

Pe' telai meccanici la Ditta ha studiato la seguente disposizione abbastanza soddisfacente per ottenere il loro regolare funzionamento. All'albero del telaio è sospeso mediante una bussola eccentrica un anello, entro il quale può ruotare liberamente il motore. Questo, a mezzo di due occhielli avvitati sulla sua carcassa e passanti in due finestre dell'anello, è sostenuto da due molle verticali, portate da uno speciale sostegno a forma di cetra, che è fissato a terra accanto al telaio. L'anello è inoltre impedito di spostarsi lateralmente da altre due molle orizzontali portate dal sostegno medesimo. Il movimento dal motore è trasmesso alla prima ruota motrice del telaio da un rocchetto di cuoio calettato sull'albero del motore stesso.

Con tale disposizione innanzi tutto l'albero del telaio non è gravato dal peso del motore, ed in secondo luogo il colpo di spinta alla navetta viene assorbito dal complesso degli organi elastici suddetti, imperocchè si oppongono alla rotazione dell'anello intorno all'albero del telaio le molle orizzontali, ed alla rotazione del motore entro l'anello stesso quelle verticali. L'eccentricità della bussola poi permette di spostare la distanza tra gli alberi del motore e del telaio, e quindi di variare la velocità di quest'ultimo con la semplice sostituzione de' rocchetti di comando.

I trasformatori a corrente alternata sono monofasi e trifasi e sono caratteristici per la suddivisione assai spinta de' circuiti, per l'isolamento, raffreddamento ad olio e minima caduta induttiva di potenziale. Gli avvolgimenti sono in ogni caso matasse circolari di fili o di nastri separati da pezzi di porcellana.

La Ditta Brioschi, Finzi e C. costruisce anche generatori e motori a corrente continua, che non meno degli alternatori sono degni di considerazione, poichè rivelano lo studio che essa ha posto nell'ottenere macchine che abbiano un funzionamento perfetto e non abbisognino di sorveglianza continua o di speciali cure. La figura 118 rappresenta appunto un generatore a corrente continua.

L'abilità della Ditta si è maggiormente resa manifesta nella costruzione de' motori a corrente continua di piccola potenza, i quali presentano grandi difficoltà costruttive, derivanti dal poco spazio disponibile per gli avvolgimenti, il

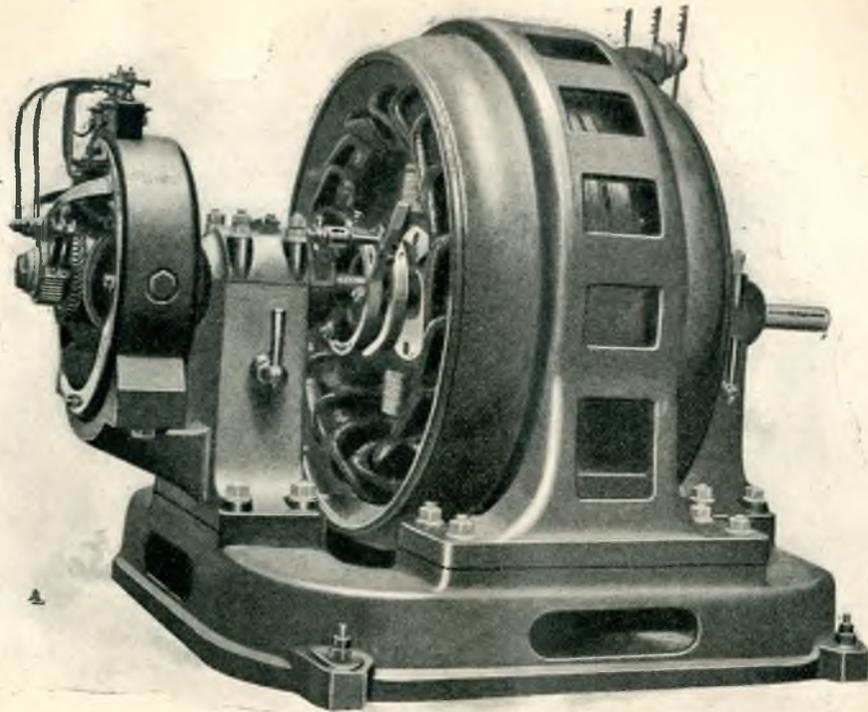


Fig. 114. — Alternatore trifase da 60 cavalli e 3600 volt della Ditta Brioschi, Finzie C

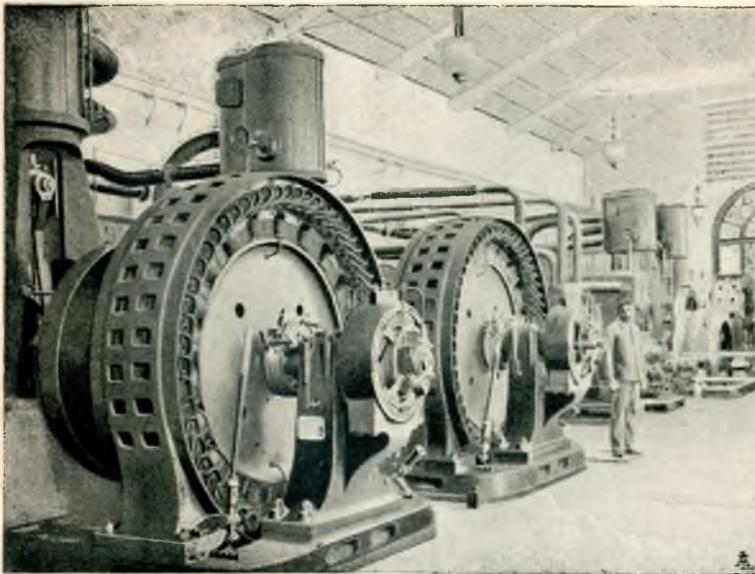


Fig. 115. — Gruppo di due alternativi trifasici da 250 cavalli e 2000 volt, della Ditta Brioschi, Finzi e C.

collettore e le spazzole. Gli avvolgimenti dell'indotto e dell'induttore sono formati separatamente ed a parti intermutabili. I collettori sono composti esclusivamente con segmenti di rame elettrolitico trafilato, lastre di mica e

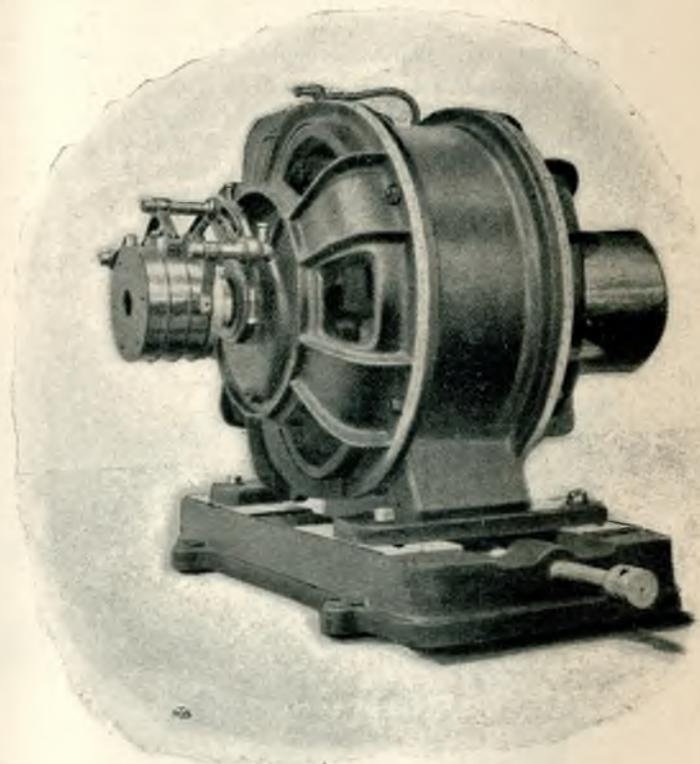


Fig. 116. — Motore trifase della Ditta Brioschi, Finzi e C.

pezzi isolanti interni di micanite, con graduale ed energica compressione a freddo. Le spazzole sono di carbone e sono fisse per qualunque carico.

Il tipo adottato è quello ermeticamente chiuso. Se è de-

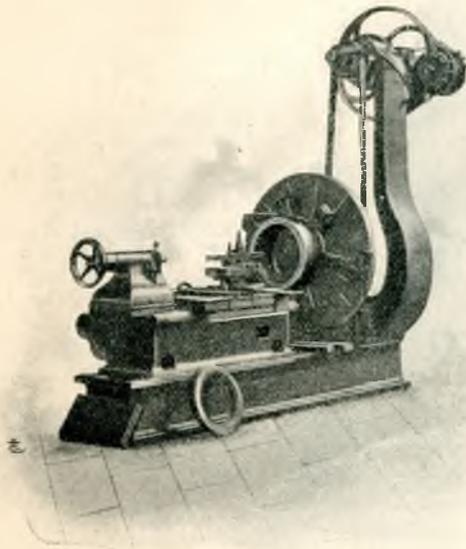


Fig. 117. — Applicazione ad un tornio di un motorino trifase della Ditta Brioschi, Finzi e C.

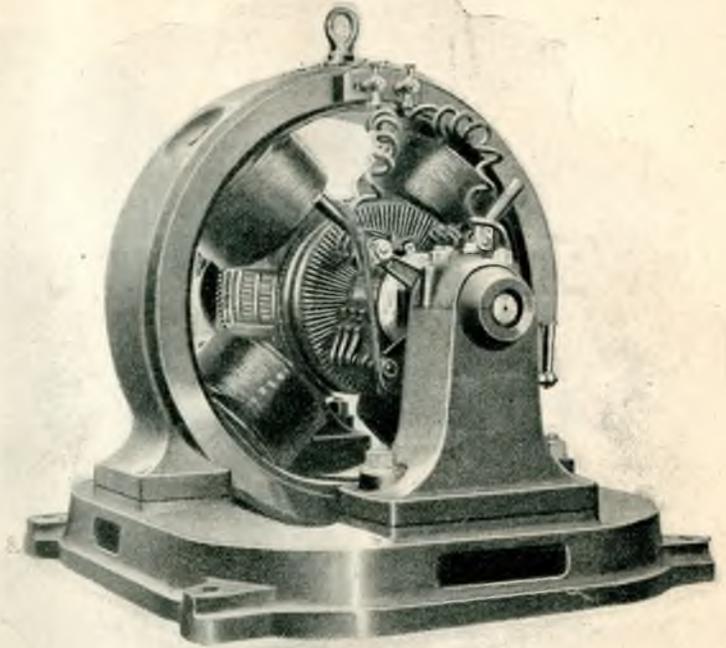
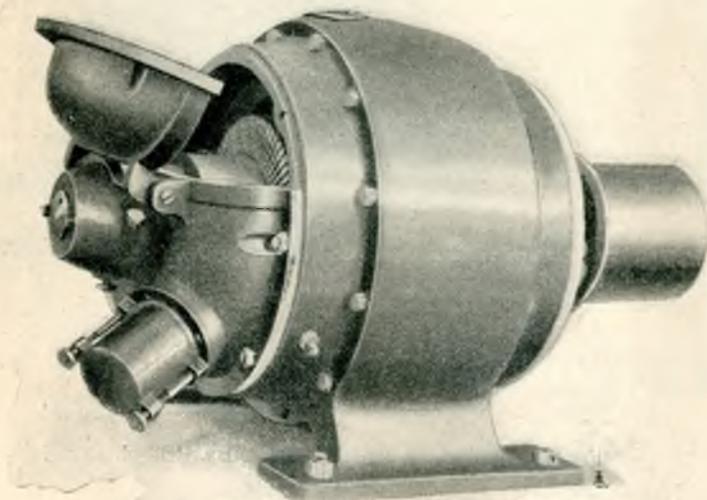


Fig. 118. — Dinamo a corrente continua della Ditta Brioschi, Finzi e C.

stinato per tram elettrici, l'induttore è tetrapolare con pezzi polari in acciaio fissati da bulloni alla carcassa, l'indotto è a tamburo con canali rettangolari, e la sospensione è resa doppiamente elastica per mezzo di un opportuno sistema di molle. Se invece è destinato per la marina (fig. 119), presenta la particolarità di avere l'entrata de' conduttori a mezzo di un innesto a più contatti, i sopporti con oliatura automatica

ad anelli e premistoppa per evitare versamenti in seguito ad ondulazioni del piano sul quale esso viene fissato. Sono questi motori compatti e robusti e sono adottati normalmente a bordo della nostra marina da guerra; ma hanno trovato anche grande favore nelle piccole industrie, dove sono lasciati in balia a sè stessi senza tema di guasti, nè d'interruzioni.



TIPO REGOLAMENTARE REGIA MARINA

Fig. 119. — Motore a corrente continua per la marina della Ditta Brioschi, Finzi e C.

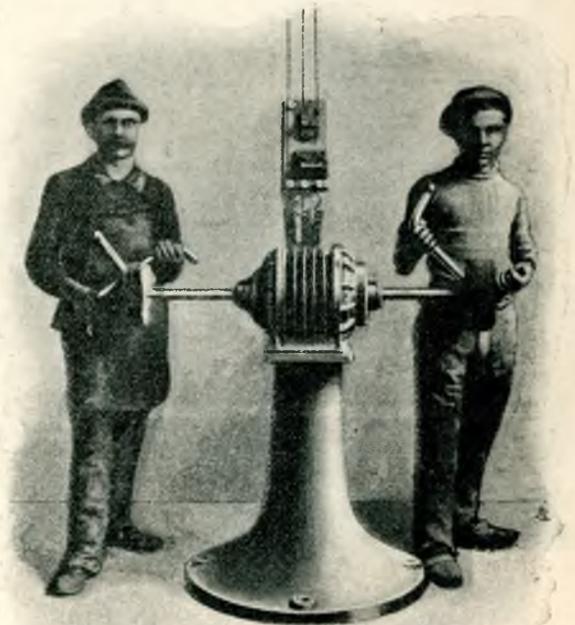


Fig. 120. — Applicazione del motore elettrico alle ruote di pulitura della Ditta Brioschi, Finzi e C.

La Mostra di questa Ditta a Parigi comprendeva un generatore trifase di 250 cavalli, 11 motori trifasici di potenza variabile da 18 a 0,25 cavalli, 4 motori a corrente continua di potenza variabile da 6 a 0,50 cavalli ed un quadro completo.

L'alternatore trifase era del tipo normale a bassa tensione (250 volt tra i fili di linea) con induttore rotante ed indotto fisso, ed era disposto per comando con puleggia. L'indotto portava alla sua periferia 69 fori, contenenti ciascuno due sbarre di rame. Il diametro di alesatura era di m. 1,30 e la carcassa completa della macchina misurava esternamente in altezza m. 1,82.

La serie de' motori trifasi comprendeva tipi in corto circuito e tipi con avviatore. Fra i primi ve ne era uno provvisto di riduttore di velocità ed un altro della sospensione per telaio meccanico; tre altri poi rispettivamente di 1,5, 1 e 0,5 cavalli, costruiti per un numero conveniente di giri, circa 2500, e montati su apposite colonne di ghisa, si prestavano per essere trasformati in pulitrici. A tale scopo l'asse era stato prolungato a' due capi per portare senz'altro le ruote di pulitura, come mostra la figura 120. Le pulitrici elettriche sono di una superiorità incontrastabile rispetto a quelle mosse meccanicamente mediante rinvii, contralberi e cinghie.

Sebbene la Mostra di questa Ditta non rappresentasse che un piccolo saggio di quanto produce nella sua officina, non credo di errare affermando che essa è una delle principali Ditte italiane costruttrici di macchine elettriche. Ha già costrutte macchine elettriche notevoli di elevata potenza motrice ed eseguiti numerosi impianti elettrici. Fra le prime sono degne di ricordo l'alternatore trifase da 400 cavalli a 550 volt per il comando de' motori elettrici dello stabilimento della Società siderurgica di Savona, ed i tre alternatori pure trifasi da 500 cavalli ciascuno a 600 volt per fornire l'energia elettrica a Varese, Laveno, Luino e per alimentare la linea ferroviaria Varese-Luino. Fra i secondi cito gl'impianti della Valtassina, di Mezzo Lombardo (Trentino), di Vercelli, ecc., ecc.

*

Ditta Gadda e C. — La Ditta Belloni e Gadda fu fondata nel 1895 con lo scopo di occuparsi della costruzione di

dinamo, motori e trasformatori. Fattasi subito apprezzare nel campo tecnico, guadagnò ben presto la confidenza degli industriali e de' capitalisti, tanto che, appena dopo quattro anni, si trasformò nella Società Gadda e C.

L'officina occupa una superficie di 18000 mq., di cui circa 9000 sono coperti. Essa comprende diversi reparti: quelli de' modellatori, delle forge, de' torni, delle tronchese e laminatoi, le sale di bobinaggio e di prove, magazzini, locali per la verniciatura e la spedizione, gli uffici. È riccamente fornita di macchine utensili delle migliori Case italiane e straniere. Fra di esse sono notevoli il gran tornio orizzontale, capace di lavorare pezzi di macchine elettriche di potenza superiore anche a' 1000 cavalli; il tornio americano verticale di 60 pollici; un altro pure americano, adatto per tornire fino a 3 metri; la serie de' torni speciali per le carcasse de' motori, quella delle tronchese a trasmissione per la lavorazione de' pezzi di 1 m. per 0,50 m., nonché quella delle limatrici americane a 8 velocità. Il sollevamento e trasporto del materiale in lavorazione è facilitato da un impianto completo di grue elettriche, di cui una è a 2 velocità di sollevamento e della portata di 15 tonnellate.

Anche le macchine utensili e le altre ausiliarie sono azionate elettricamente mediante piccoli motori trifasi indipendenti. La corrente elettrica di alimentazione è quella di Paderno, già trasformata alla stazione di Porta Volta e di nuovo abbassata di tensione all'officina. La stessa corrente, direttamente ed a tensioni diverse od anche per mezzo di motori elettrici, serve alle prove delle macchine prima che escano dall'officina. Un impianto a vapore di riserva può aumentare l'energia elettrica disponibile circa del doppio, se l'importanza delle prove l'esige. In complesso l'officina dispone di 350 cavalli ed occupa attualmente 700 operai circa.

La Ditta Gadda e C. costruisce macchine a corrente continua od alternata di tutti i tipi e di tutte le potenze, ma si è specialmente segnalata nella costruzione delle macchine a corrente alternata. Ciò è dovuto in parte allo scopo che si prefisse all'epoca della sua fondazione di occuparsi specialmente di queste macchine, ed in parte anche alla domanda del mercato. S'incarica pure d'installazioni complete per illuminazione pubblica e privata e per distribuzione di energia elettrica.

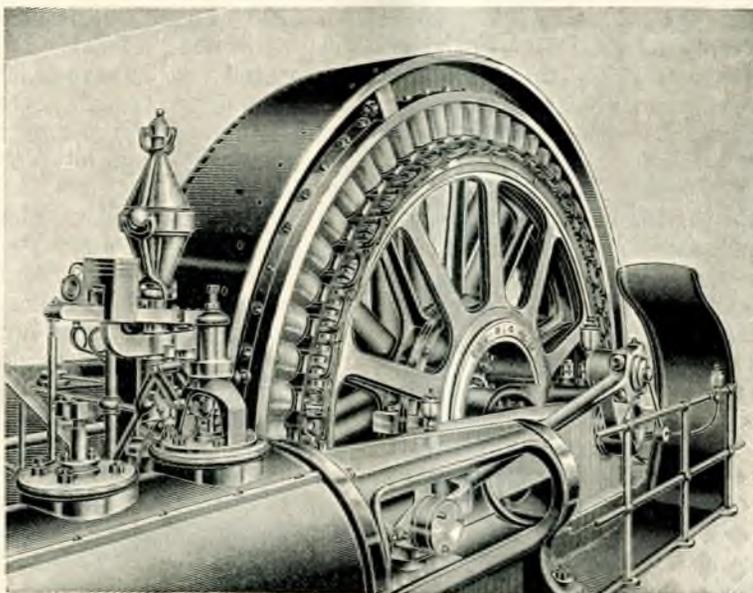


Fig. 121. — Alternatore accoppiato a motrice a vapore della Ditta Gadda e C.

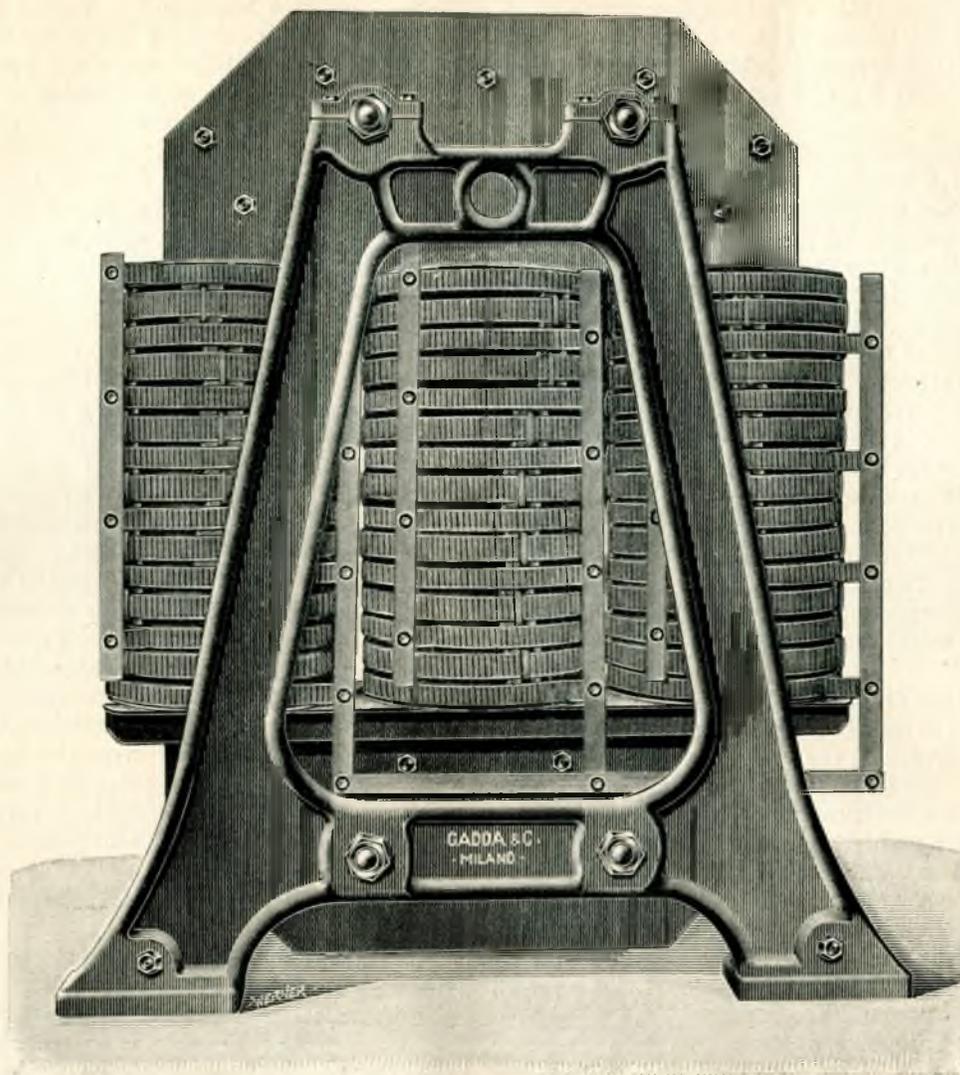


Fig. 122. — Trasformatore di 120 chilowatt della Ditta Gadda e C.

Ne' primi anni la Ditta Gadda costruiva un tipo speciale di alternatore a ferro rotante, che presentava, rispetto agli alternatori costruiti da altre Ditte a quell'epoca, rimarchevoli vantaggi. Ora ha abbandonato questo tipo ed ha preferito altri più perfezionati e meglio rispondenti alle richieste dell'industria moderna. Qualche Ditta estera continua però anche ora a fabbricare, se non alternatori proprio di quel tipo, di tipo molto consimile.

Il tipo di alternatore di costruzione corrente è quello trifase con induttore rotante ed indotto fisso o viceversa, e con eccitatrice montata sullo stesso albero od indipendente. Se è disposto per accoppiamento diretto colla motrice o turbina, l'albero è girevole entro due supporti, oppure entro tre, se azionato per cinghia o per corde.

I motori polifasi fino a 3 cavalli si costruiscono con indotto a corto circuito, da 10 cavalli in su con indotto avvolto; gli altri di potenza intermedia si costruiscono o con indotto a corto circuito o con indotto avvolto e reostato di avviamento. I motori a corrente alternata monofase, non avviandosi sotto carico, sono muniti di puleggia fissa e folle, oppure di puleggia doppia.

I trasformatori sono monofasi e trifasi, a due o a tre colonne, con primario e secondario avvolti sugli stessi nuclei magnetici. Gli egualizzatori poi sono a 3, 4 e 5 prese di corrente per distribuzioni a 2, 3, 4 gruppi di lampade in serie, alimentati da un solo alternatore.

La Ditta Gadda aveva esposto a Parigi un trasformatore trifase da 30 chilowatt con rapporto di trasformazione da 2200 a 50000 volt, che ha funzionato durante il tempo dell'Esposizione, mandando l'energia a un quadro di lampade attraverso un cavo della Ditta Pirelli, nonchè un alternatore di tipo speciale, a bassa tensione, di circa 200 cavalli, ed una serie di motori trifasici. Il trasformatore, non è guari, è stato acquistato dal Regio Istituto Tecnico Superiore di Milano.

Effettivamente anche la Mostra di questa Ditta fu assai modesta, e poteva essere molto più interessante, imperocchè essa ha costrutte diverse macchine elettriche notevolissime per potenza e per bontà meccanica e di funzionamento.

Cito, fra questi, i motori di 250 cavalli a 3600 volt, per la Società Edison di Milano; l'alternatore a piccola velocità (84 giri) di 500 cavalli (fig. 121), accoppiato a macchina a vapore, per l'Amministrazione comunale del Gas di Como, pure ad alta tensione; due alternatori monofasici a bassa tensione, di 750 cavalli, per alimentare forni elettrici della Società elettrosiderurgica Camuna; i trasformatori di 350 chilowatt per l'impianto di Monza, quelli di 120 chilowatt per la Ditta Gondrand e Mangili (fig. 122), ecc.

Attualmente ha in costruzione 3 unità di 2000 cavalli per l'utilizzazione della forza idraulica del Brembo ed un alternatore di 800 cavalli per Buenos Ayres.

Ha già eseguiti numerosi impianti elettrici per luce e

distribuzione di energia; nonchè numerose installazioni di piccoli motori elettrici per il comando delle macchine operatrici negli stabilimenti industriali.

La Ditta Gadda, sebbene conti appena pochi anni di vita, si è resa oramai nota non solo presso di noi, ma anche all'estero, dove comincia ad esportare alcune delle sue macchine, le quali sono effettivamente di una costruzione eccellente e possono sostenere il confronto con macchine di altre Case accreditate straniere.

(Continua)

Ing. IGNAZIO VERROTTI.

GEOMETRIA PRATICA

LA RISOLUZIONE DEL PENTAGONO COMPLETO E SUE APPLICAZIONI NELLA GEODESIA ELEMENTARE

dell'Ing. GIUSEPPE DELITALA

Professore nel R. Istituto Tecnico di Sassari.

Formule preliminari. — In alcune precedenti Note abbiamo dato le formule di risoluzione del *tetragono completo*, e dedotto come applicazione delle medesime una nuova risoluzione dei problemi di Geodesia elementare, conosciuti comunemente coi nomi di *problema di Pothénot* (Determinazione di una stazione al vertice di piramide), *problema di Hansen* (Determinazione simultanea di due stazioni incognite, e *problema della distanza inaccessibile* (appoggiata direttamente ad una base (*)).

Colla presente Nota offriamo la risoluzione del *pentagono completo*, che ci condurrà alla risoluzione di due altri problemi di Geodesia elementare, che diremo l'uno il *doppio problema di Pothénot* (Determinazione di due stazioni invisibili fra di loro), e l'altro il *problema della doppia base allineata* (quando i tre punti d'appoggio sono allineati).

Ricordiamo perciò le nostre formule di risoluzione generali:

$$\left. \begin{aligned} x &= \frac{bc}{q} \operatorname{sen}(\alpha - A) \\ y &= \frac{ca}{q} \operatorname{sen}(\beta - B) \\ z &= \frac{ab}{q} \operatorname{sen}(\gamma - C) \end{aligned} \right\} (1)$$

$$q^2 = b^2 \operatorname{sen}^2 \gamma + c^2 \operatorname{sen}^2 \beta + 2bc \operatorname{sen} \beta \operatorname{sen} \gamma \cos(\alpha - A)$$

o una delle altre due analoghe a quest'ultima.

Oppure le formule trasformate:

$$\left. \begin{aligned} x &= \frac{b \operatorname{sen} C \operatorname{sen}(\alpha - A)}{\Delta} = \frac{c \operatorname{sen} B \operatorname{sen}(\alpha - A)}{\Delta} \\ y &= \frac{c \operatorname{sen} A \operatorname{sen}(\beta - B)}{\Delta} = \frac{a \operatorname{sen} C \operatorname{sen}(\beta - B)}{\Delta} \\ z &= \frac{a \operatorname{sen} B \operatorname{sen}(\gamma - C)}{\Delta} = \frac{b \operatorname{sen} A \operatorname{sen}(\gamma - C)}{\Delta} \end{aligned} \right\} (2)$$

$$\Delta^2 = \operatorname{sen}^2 \beta \operatorname{sen}^2(\gamma - C) + \operatorname{sen}^2 \gamma \operatorname{sen}^2(\beta - B) + 2 \operatorname{sen} \beta \operatorname{sen} \gamma \operatorname{sen}(\beta - B) \operatorname{sen}(\gamma - C) \cos A$$

o una delle altre due formule analoghe a quest'ultima.

Le lettere (α, β, γ) rappresentano le *coordinate angolari* del quarto punto P rispetto al triangolo di riferimento ABC; (x, y, z) le *coordinate ceviane* PA, PB, PC dello stesso punto P rispetto al medesimo triangolo di riferimento; q e Δ dinotano il *valore del segmento fisso e della costante angolare*

(*) G. DELITALA, *La risoluzione completa del tetragono piano.* — Id., *Relazioni dipendenti da raggi uscenti da un punto, ecc.* — Id., *Una nuova risoluzione di due problemi di Geodesia elementare.*

dello stesso punto P rispetto a quel triangolo; $(\alpha - A)$, $(\beta - B)$, $(\gamma - C)$ sono le *differenze angolari* del punto P rispetto al triangolo di riferimento ABC.

Nel caso particolare in cui i tre punti dati A, B, C sieno allineati, sparisce la figura del tetragono e le formule generali di risoluzione (1) si semplificano, mentre le (2) diventano indeterminate; le (1) diventano (*):

$$\left. \begin{aligned} x &= \frac{bc}{q} \operatorname{sen} \alpha \\ y &= \frac{ca}{q} \operatorname{sen} \beta \\ z &= \frac{ab}{q} \operatorname{sen} \gamma \end{aligned} \right\} (3)$$

$$q^2 = b^2 \operatorname{sen}^2 \gamma + c^2 \operatorname{sen}^2 \beta - 2bc \operatorname{sen} \beta \operatorname{sen} \gamma \cos \alpha$$

o una delle altre due analoghe a questa.

Inoltre sono sempre verificate le seguenti relazioni di condizione angolare:

$$\left. \begin{aligned} A + B + C &= \pi \\ \alpha + \beta + \gamma &= \pm 2\pi \\ (\alpha - A) + (\beta - B) + (\gamma - C) &= \pi \text{ oppure } - 3\pi \end{aligned} \right\} (4)$$

Sono immediata conseguenza delle precedenti formule generali le seguenti relazioni, dove R è il raggio del circolo circoscritto al triangolo ABC:

$$\left. \begin{aligned} \frac{a}{\operatorname{sen} A} &= \frac{b}{\operatorname{sen} B} = \frac{c}{\operatorname{sen} C} = \frac{q}{\Delta} = 2R \\ \frac{ax}{\operatorname{sen}(\alpha - A)} &= \frac{by}{\operatorname{sen}(\beta - B)} = \frac{cz}{\operatorname{sen}(\gamma - C)} = \frac{2\Omega}{\Delta} \\ ax + by + cz &= \frac{8\Omega}{\Delta} \cos(\alpha - A) \cos(\beta - B) \cos(\gamma - C) \end{aligned} \right\} (5)$$

ed altre, essendo Ω l'area del triangolo di riferimento.

Infine in altro nostro breve studio si è trovato che fra gli *elementi secondari o angoli componenti* del tetragono completo esistono le seguenti relazioni angolari (**):

$$\left. \begin{aligned} A &= (A_2 - A_1) + 2n\pi \\ B &= (B_2 - B_1) + 2n\pi \\ C &= (C_2 - C_1) + 2n\pi \\ \alpha + \pi &= \pm (B_1 - C_2) \\ \beta + \pi &= \pm (C_1 - A_2) \\ \gamma + \pi &= \pm (A_1 - B_2) \end{aligned} \right\} (6)$$

$$\left. \begin{aligned} \alpha + \pi &= \pm (B_1 - C_2) \\ \beta + \pi &= \pm (C_1 - A_2) \\ \gamma + \pi &= \pm (A_1 - B_2) \end{aligned} \right\} (7)$$

dove $n = 0$ oppure $n = 1$ secondo le varie disposizioni della figura.

Nell'applicazione delle suddette formule si deve tener presente la convenzione angolare da noi stabilita, cioè, di assumere come positiva la terna delle coordinate angolari (α, β, γ) se sono queste descritte nel senso dell'ordine ciclico del triangolo di riferimento ABC, col segno negativo se sono descritte nel senso inverso. Inoltre si suppone che gli angoli componenti $(A_1, A_2; \dots)$ sieno pure descritti nel senso dell'ordine ciclico del detto triangolo a partire dalla rispettiva ceviana del vertice omonimo. Delle formule (7) si deve prendere il segno (+) se vi corrisponde il valore di $n = 1$; si deve prendere il segno (-) se vi corrisponde $n = 0$.

*

Elementi per la risoluzione del problema. — Consideriamo il sistema dei 5 punti o vertici (A, B, C, P, P') e delle 10 congiungenti che costituiscono il *pentagono completo*.

Per comodità di studio dobbiamo sempre intenderli aggruppati nel modo seguente: i tre vertici A, B, C formeranno il triangolo di riferimento o di base del sistema, gli altri due punti P, P' saranno i *due vertici di piramide o vertici del pentagono*; saranno (a, b, c) i *lati del triangolo*, (x, y, z) , (x', y', z') le due terne di lati concorrenti nei due vertici

(*) G. DELITALA, *Un correlativo del teorema di Stewart.*

(**) G. DELITALA, *La risoluzione generale del tetragono completo.*

(o le *coordinate ceviane* di questi due vertici rispetto al triangolo di base), e $PP' = d$ il decimo lato del pentagono completo o distanza fra i due punti P e P'.

Vuolsi notare che fra gli elementi lineari del sistema considerato esiste la nota relazione (*) sotto forma di un determinante simmetrico del 6° ordine eguagliato a zero.

$$\begin{vmatrix} 0, & c^2, & b^2, & x^2, & x'^2, & 1 \\ c^2, & 0, & a^2, & y^2, & y'^2, & 1 \\ b^2, & a^2, & 0, & z^2, & z'^2, & 1 \\ x^2, & y^2, & z^2, & 0, & d^2, & 1 \\ x'^2, & y'^2, & z'^2, & d^2, & 0, & 1 \\ 1, & 1, & 1, & 1, & 1, & 1 \end{vmatrix} = 0 \quad (8)$$

che non riceve utile applicazione nella Geodesia.

Oltre gli elementi lineari consideriamo gli elementi angolari del sistema e sono, le due terne di *coordinate angolari* dei due vertici P e P', $(\alpha, \beta, \gamma), (\alpha', \beta', \gamma')$ rispetto al triangolo di base A B C.

In generale il pentagono completo sarà determinato quando si conoscano 7 dei suoi elementi (lati ed angoli), fra i quali sia compreso almeno un lato e si potranno in ogni caso determinare i restanti elementi incogniti.

Qui ci proponiamo di esaminare il caso in cui « i dati del » problema sono: il lato $AB = c$ base di tutto il sistema, due » degli angoli del triangolo di riferimento A B C (il terzo si » conchiude), e due coppie di *coordinate angolari* dei due » vertici P, P', per esempio: $(\alpha, \beta), (\alpha', \beta')$ (le terze γ, γ' si possono conchiudere). Si vuole determinare il decimo lato del » pentagono completo $PP' = d$, e gli angoli che questo lato » forma colle direzioni delle due coppie di ceviane (PB, PA), » (P' B, P' A) che indicheremo colle lettere $(\lambda, \mu), (\lambda', \mu')$ ».

L'artificio al quale si ricorre per risolvere questo problema consiste nell'esprimere le relazioni per la determinazione della posizione dei due punti P e P' in funzione di tutti gli elementi misurati nelle due stazioni e nel considerare dapprima il tetragono completo A B P P' avente per triangolo di base A B P, quindi lo stesso tetragono avente per triangolo di base A B P'.

Nella prima di queste due ipotesi indicheremo colle lettere $(l, m, n), L, M, N$ i lati e gli angoli del triangolo di riferimento A B P; nella seconda ipotesi indicheremo con $(l', m', n'), (L', M', N')$ quelli del triangolo A B P'. E saranno, nella 1ª ipotesi, $(x', y', d), (\lambda', \mu', v')$ le *coordinate ceviane* e le *coordinate angolari* del vertice P' rispetto al triangolo A B P; mentre nella 2ª ipotesi saranno $(x, y, d), (\lambda, \mu, v)$ le coordinate ceviane e le coordinate angolari del vertice P rispetto al triangolo A B P'.

Si osserva subito da una semplice ispezione della figura che le due coppie di coordinate angolari $(\lambda, \mu), (\lambda', \mu')$ sono entrambe del medesimo segno delle due coppie di coordinate angolari congnite $(\alpha, \beta), (\alpha', \beta')$ nel caso della (fig. 123), sono invece entrambe del segno contrario nel caso della (fig. 124).

Inoltre, per la (fig. 1ª) sono verificate in valore assoluto le eguaglianze:

$$\alpha + \beta = \lambda + \mu, \quad \alpha' + \beta' = \lambda' + \mu'$$

e per la (fig. 2ª) le eguaglianze:

$$\alpha + \beta = 2\pi - (\lambda + \mu), \quad \alpha' + \beta' = 2\pi - (\lambda' + \mu').$$

Si osserva pure che gli angoli (A'_1, B'_2) sono *angoli componenti* del tetragono completo A B P P' della 1ª ipotesi, ed (A_1, B_2) *angoli componenti* dello stesso tetragono nella 2ª ipotesi.

Inoltre, sono evidenti le seguenti identità:

$$\left. \begin{matrix} l = y \\ m = x \\ n = c \end{matrix} \right\} \quad \left. \begin{matrix} l' = y' \\ m' = x' \\ n' = c \end{matrix} \right\}$$

(*) GINO LORIA, *Intorno ad alcune relazioni fra distanze* (« Periodico di Matematica », 1886). Tale relazione fu data per la prima volta da LAGRANGE nel 1773 nella sua celebre Memoria: *Solutions analytiques de quelques problèmes sur les pyramides triangulaires*. Conf.: *Oeuvres de Lagrange*, t. III, p. 677. In seguito fu oggetto di ricerche da parte di CARNOT: *Géométrie de position*, 1803, p. 417, e CAYLEY, che nel 1841 la pose sotto forma di determinante: *Mathematical Journal-Cambridge*, vol. II.

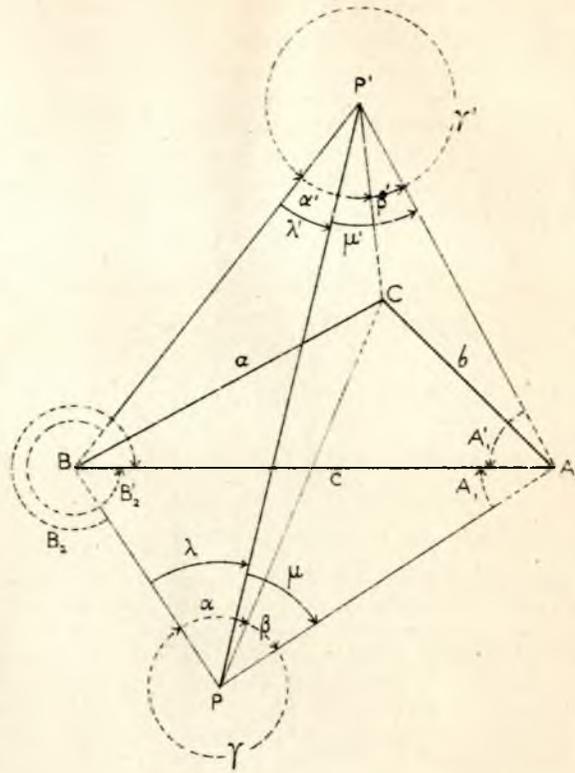


Fig. 123.

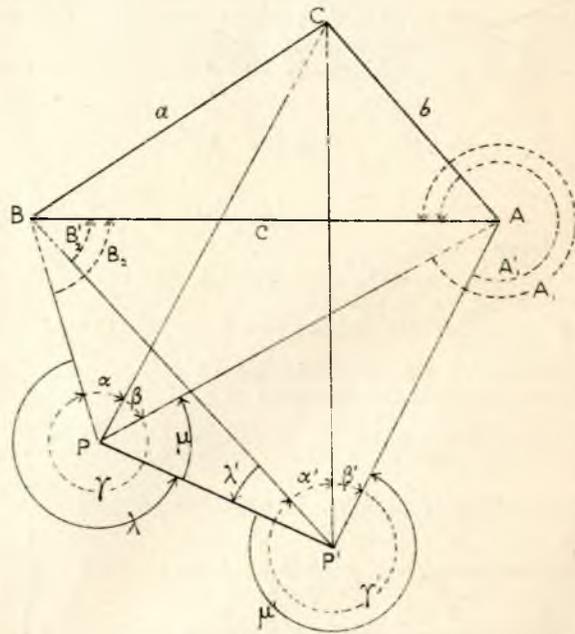


Fig. 124.

Ed in valore assoluto si avranno pel tetragono completo nella 1ª e nella 2ª ipotesi rispettivamente le seguenti relazioni:

Prima ipotesi:

$$\begin{matrix} L = A_1 & L' = A'_1 \\ M = 2\pi - B_2 & M' = 2\pi - B'_2 \\ N = \alpha + \beta & N' = \alpha' + \beta' \end{matrix}$$

$$\Sigma = \alpha + \beta + \alpha' + \beta'$$

Seconda ipotesi:

$$\begin{aligned} L &= 2\pi - A_1 & L' &= 2\pi - A'_1 \\ M &= B_2 & M' &= B'_2 \\ N &= \alpha + \beta & N' &= \alpha' + \beta' \\ \Sigma &= 4\pi - (\alpha + \beta) - (\alpha' + \beta'). \end{aligned}$$

Ciò premesso, passiamo alla *risoluzione del proposto problema.*

*

Determinazione degli angoli $(\lambda, \lambda'), (\mu, \mu')$. — Applichiamo la proprietà caratteristica del tetragono, espressa dal secondo gruppo delle formole (5) al tetragono completo A B P. P' della 1^a ipotesi, risulterà evidentemente:

$$\frac{y x'}{x y'} = \frac{\text{sen}(\lambda' - L)}{\text{sen}(\mu' - M)} \quad (9)$$

Sostituendo in questa eguaglianza per $(x, y), (x', y')$ i valori dati dalle formole generali (1), oppure (2), si ottiene:

$$\frac{\text{sen}(\lambda' - L)}{\text{sen}(\mu' - M)} = \frac{\text{sen}(\beta - B) \text{sen}(\alpha' - A)}{\text{sen}(\alpha - A) \text{sen}(\beta' - B)} = \frac{1}{h} \quad (9')$$

Ed osservando che esistono le identità:

$$\begin{aligned} L &= A_1, & \mu' &= \alpha' + \beta' - \lambda' \\ M &= \pi - (\alpha + \beta + A_1) \\ (\mu' - M) &= \Sigma + A_1 - \lambda' - \pi \end{aligned}$$

la (9') si può scrivere nel modo seguente:

$$\frac{\text{sen}(\lambda' - A_1)}{\text{sen}[\lambda' - (\Sigma + A_1)]} = \frac{1}{h} \quad (10)$$

dalla quale si ricava facilmente:

$$\text{tang} \lambda' = \frac{\text{tang} A_1 - \frac{\text{sen} \Sigma}{h - \cos \Sigma}}{1 + \frac{\text{sen} \Sigma}{h - \cos \Sigma} \text{tang} A_1} \quad (11)$$

E se poniamo:

$$\frac{\text{sen} \Sigma}{h - \cos \Sigma} = \text{tang} \rho \quad (12)$$

la (11) si potrà scrivere ancora:

$$\text{tang} \lambda' = \frac{\text{tang} A_1 - \text{tang} \rho}{1 + \text{tang} A_1 \text{tang} \rho} \quad (13)$$

da cui si ricava ancora:

$$\lambda' = A_1 - \rho \pm i \cdot \pi \quad (14)$$

dove i può essere nullo, intero, positivo o negativo.

Applichiamo ora la stessa proprietà caratteristica al tetragono A B P'. P nella seconda ipotesi; si avrà la relazione:

$$\left. \begin{aligned} \frac{y' x}{x' y} &= \frac{\text{sen}(\lambda - L')}{\text{sen}(\mu - M')} = \\ &= \frac{\text{sen}(\beta' - B) \text{sen}(\alpha - A)}{\text{sen}(\alpha' - A) \text{sen}(\beta - B)} = h = \frac{1}{k} \end{aligned} \right\} (15)$$

Ed osservando che esistono le seguenti identità:

$$\begin{aligned} L' &= A'_1, & \mu &= \alpha + \beta - \lambda \\ M' &= \pi - (\alpha' + \beta' + A'_1) \\ (\mu - M') &= \Sigma + A'_1 - \lambda - \pi \end{aligned}$$

la relazione (15) si può scrivere ancora nel modo seguente:

$$\frac{\text{sen}(\lambda - A'_1)}{\text{sen}[\lambda - (\Sigma + A'_1)]} = \frac{1}{k} \quad (16)$$

dalla quale con un procedimento analogo al precedente si ricava:

$$\text{tang} \lambda = \frac{\text{tang} A'_1 - \text{tang} \rho'}{1 + \text{tang} A'_1 \text{tang} \rho'} \quad (17)$$

da cui si ricava:

$$\lambda = A'_1 - \rho' \pm i \cdot \pi \quad (18)$$

qualora si ponga:

$$\text{tang} \rho' = \frac{\text{sen} \Sigma}{k - \cos \Sigma} \quad (19)$$

Nelle due formole di risoluzione (14) e (18) vi figurano gli *angoli componenti* A_1, A'_1 che si determinano dalla considerazione dei due triangoli A B P, A B P':

$$\left. \begin{aligned} \text{sen} A_1 &= y \frac{\text{sen}(\alpha + \beta)}{c} \\ \text{sen} A'_1 &= y' \frac{\text{sen}(\alpha' + \beta')}{c} \end{aligned} \right\} (20)$$

Sostituendo in queste ultime i valori di y e y' dati dalle formole (2), si ottiene:

$$\left. \begin{aligned} \text{sen} A_1 &= \frac{\text{sen} A \text{sen}(\beta - B) \text{sen}(\alpha + \beta)}{\Delta} \\ \text{sen} A'_1 &= \frac{\text{sen} A \text{sen}(\beta' - B) \text{sen}(\alpha' + \beta')}{\Delta'} \end{aligned} \right\} (21)$$

È notevole quest'ultimo risultato che ci permette di esprimere i due angoli componenti (A_1, A'_1) e quindi gli angoli incogniti (λ, λ') in funzione delle sole grandezze angolari, cioè indipendentemente dalla base del sistema $AB = c$.

Evidentemente si possono dedurre gli altri due angoli incogniti (μ, μ') dalle seguenti relazioni:

Per la fig. 123:

$$\begin{aligned} \mu &= \alpha + \beta - \lambda \\ \mu' &= \alpha' + \beta' - \lambda' \end{aligned}$$

Per la fig. 124:

$$\begin{aligned} \mu &= 2\pi - (\alpha + \beta + \lambda) \\ \mu' &= 2\pi - (\alpha' + \beta' + \lambda') \end{aligned} \quad (22)$$

I due angoli incogniti $(\mu$ e $\mu')$ si possono anche calcolare direttamente con un procedimento affatto analogo al precedente; si arriva al seguente risultato per i due angoli componenti (B_2, B'_2) :

$$\left. \begin{aligned} \text{sen} B_2 &= x \frac{\text{sen}(\alpha + \beta)}{c} = \frac{\text{sen} B \text{sen}(\alpha - A) \text{sen}(\alpha + \beta)}{\Delta} \\ \text{sen} B'_2 &= x' \frac{\text{sen}(\alpha' + \beta')}{c} = \frac{\text{sen} B \text{sen}(\alpha' - A) \text{sen}(\alpha' + \beta')}{\Delta'} \end{aligned} \right\} (23)$$

*

Determinazione del lato o distanza P P'. — Determinati gli angoli λ e λ' , si può concludere l'angolo $(\lambda + \lambda')$. Quest'angolo si può ricavare direttamente, e così si ha un mezzo di controllo delle operazioni numeriche eseguite; infatti, si ha (fig. 123):

$$\lambda + \lambda' = \Sigma - (\mu + \mu')$$

ma:

$$\mu + \mu' = \pi - (A_1 + A'_1)$$

quindi sarà:

$$(\lambda + \lambda') = \Sigma + A_1 + A'_1 - \pi. \quad (24)$$

Risolviendo il triangolo P B P', del quale si hanno le espressioni dei due lati $P B = y, P' B = y'$ e l'angolo da essi compreso, supplemento della somma $(\lambda + \lambda')$, si può scrivere in doppio modo l'espressione di detto lato o distanza:

$$\left. \begin{aligned} P P' &= y \frac{\text{sen}(\lambda + \lambda')}{\text{sen} \lambda'} = \frac{c \cdot \text{sen} A_1 \text{sen}(\lambda + \lambda')}{\text{sen}(\alpha + \beta) \text{sen} \lambda'} \\ P P' &= y' \frac{\text{sen}(\lambda + \lambda')}{\text{sen} \lambda} = \frac{c \cdot \text{sen} A'_1 \text{sen}(\lambda + \lambda')}{\text{sen}(\alpha' + \beta') \text{sen} \lambda} \end{aligned} \right\} (25)$$

Si poteva determinare questo lato o distanza in altro modo partendo dalla risoluzione del triangolo P A P', previa determinazione degli angoli componenti B_2, B'_2 e degli angoli μ, μ' .

Se la base cognita del sistema fosse stata $BC = a$, oppure $CA = b$, si sarebbe trovata direttamente la coppia di *coordinate angolari* riferita alla coppia di ceviane passanti per i due vertici B e C, oppure C ed A.

*

Risoluzione dell'n-gono completo. — Con un procedimento analogo a quello sopra indicato si può giungere a trovare le formole di risoluzione dell'esagono completo, ossia del sistema di 6 vertici e delle 15 congiungenti. Esso sarà determinato quando si conoscono 9 dei suoi elementi, fra i quali sia compreso almeno un lato (base del sistema).

Il caso più semplice ed importante che si potrebbe presentare nelle applicazioni della Geodesia sarebbe questo: « Dati » i 7 elementi del pentagono del risolto problema, e due delle » coordinate angolari del sesto vertice dell'esagono completo » rispetto allo stesso triangolo di riferimento A B C, trovare » i lati o le sue distanze dai rimanenti vertici ».

In generale un poligono (n-gono) completo è determinato quando si conoscono $(2n - 3)$ elementi fra i quali siavi almeno un lato. Per tutti i casi che si possono presentare nella risoluzione di questo problema, le precedenti formule potranno giovare, deducendole con metodo sistematico.

Il caso particolare del « problema della doppia base allineata ». — Nel caso particolare in cui i tre punti o vertici A, B, C sieno in linea retta, sparisce la figura del pentagono completo, e bisogna che sieno dati, perchè il problema precedente sia possibile, due dei segmenti $AB = c$, $BC = a$, $CA = b$.

Per le determinazioni occorrenti alla risoluzione di questo problema valgono le precedenti formule, tenendo conto dei particolari valori delle grandezze angolari, per esempio $A = 0$, $B = 0$, $C = \pi$, e ricordando che per questo caso non si possono applicare le formule generali di risoluzione (2).

Esempio numerico. — Trattandosi d'uno nuovo procedimento, noi riteniamo non solo utile, ma indispensabile la sua applicazione ad un caso concreto o numerico, sia per verificare l'attendibilità e l'esattezza delle formule ottenute, sia per agevolarne l'uso a coloro che vorranno giudicare sul merito del medesimo, anche dal lato pratico. A questi fin d'ora ci dichiariamo riconoscenti, se volessero in qualunque modo farci pervenire le loro osservazioni ed il loro giudizio.

Crediamo opportuno riassumere le formule d'applicarsi nella risoluzione del problema (fig. 125).

Formule di risoluzione:

$$\Delta^2 = \text{sen}^2 \alpha \text{sen}^2 (\beta - B) + \text{sen}^2 \beta \text{sen}^2 (\alpha - A) + 2 \text{sen} \alpha \text{sen} \beta \text{sen} (\alpha - A) \text{sen} (\beta - B) \cos C \quad (1)$$

$$\Delta'^2 = \text{sen}^2 \alpha' \text{sen}^2 (\beta' - B) + \text{sen}^2 \beta' \text{sen}^2 (\alpha' - A) + 2 \text{sen} \alpha' \text{sen} \beta' \text{sen} (\alpha' - A) \text{sen} (\beta' - B) \cos C \quad (2)$$

$$\text{sen } A_1 = \frac{\text{sen } A \text{sen} (\beta - B) \text{sen} (\alpha + \beta)}{\Delta} \quad (3)$$

$$\text{sen } A'_1 = \frac{\text{sen } A \text{sen} (\beta' - B) \text{sen} (\alpha' + \beta')}{\Delta'} \quad (4)$$

$$\Sigma = (\alpha + \beta) + (\alpha' + \beta') \quad (5)$$

$$\frac{\text{sen} (\alpha - A) \text{sen} (\beta' - B)}{\text{sen} (\beta - B) \text{sen} (\alpha' - A)} = h = \frac{1}{k} \quad (6)$$

REGISTRO PEL CALCOLO DELLA « Determinazione di due stazioni invisibili fra di loro ».

Dati del problema e angoli conchiusi. — Base = $c = m. 842,00$:

$A = 23^\circ, 12', 07''$
 $B = 15^\circ, 13', 41''$
 $C = 141^\circ, 34', 12''$

$\alpha = -45^\circ, 25', 55''$
 $\beta = -16^\circ, 29', 17''$
 $\gamma = \dots \dots \dots$

$\alpha' = 65^\circ, 25', 15''$
 $\beta' = 45^\circ, 25', 55''$
 $\gamma' = \dots \dots \dots$

Somma = π

$(\alpha - A) = -68^\circ, 38', 12''$
 $(\beta - B) = -31^\circ, 42', 58''$
 $(\gamma - C) = \dots \dots \dots$

Somma = -2π

Somma = -3π

Somma = 2π

$(\alpha' - A) = 42^\circ, 13', 08''$
 $(\beta' - B) = 30^\circ, 12', 14''$
 $(\gamma' - C) = \dots \dots \dots$

Somma = π

Calcolo di log Δ e di log Δ' :

(-) log sen $\alpha = 9,8527345$
 (-) log sen $(\beta - B) = 9,7207470$

log 1° prodotto = $1,5734815$
 log 1° termine = $1,1469630$
 1° termine = $0,14027$

Somma dei termini S = $0,0550465$

(-) log sen $\beta = 9,4530500$
 (-) log sen $(\alpha - A) = 9,9690845$

log 2° prodotto = $1,4221355$
 log 2° termine = $2,8442710$
 2° termine = $0,0698665$

log S = $2,7407258$

log 2 = $0,3010300$

log 1° prodotto = $1,5734815$

log 2° prodotto = $1,4221355$

(-) log cos C = $1,8939658$

(-) log 3° termine = $1,1906128$

3° termine = $-0,15510$

log $\Delta = 1,3703629$

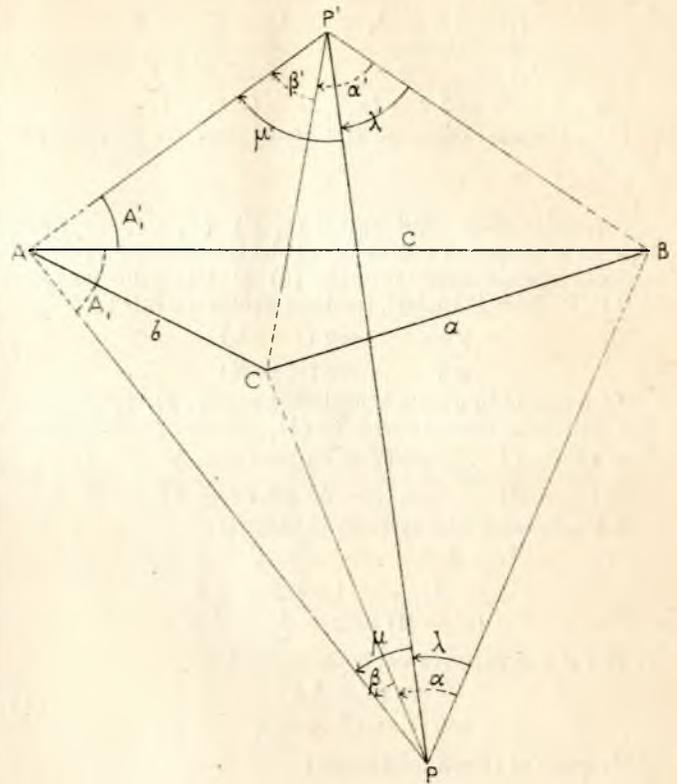


Fig. 125.

$$\text{tang } \rho = \frac{\text{sen } \Sigma}{h - \cos \Sigma} \quad (5)$$

$$\text{tang } \rho' = \frac{\text{sen } \Sigma}{k - \cos \Sigma} \quad (6)$$

$$\lambda' = A_1 - \rho \pm i \cdot \pi$$

$$\lambda = A'_1 - \rho' \pm i \cdot \pi$$

$$(\lambda + \lambda') = \Sigma + A_1 + A'_1 - \pi$$

$$P P' = d = \frac{c \cdot \text{sen } A_1 \text{sen} (\lambda + \lambda')}{\text{sen} (\alpha + \beta) \text{sen } \lambda'} \quad (7)$$

$$P P' = d = \frac{c \cdot \text{sen } A'_1 \text{sen} (\lambda + \lambda')}{\text{sen} (\alpha' + \beta') \text{sen } \lambda}$$

$\log \text{sen } \alpha' = 9,9587489$	$\log \text{sen } \beta' = 9,8527345$	$\log 2 = 0,3010300$
$\log \text{sen } (\beta' - B) = 9,7016358$	$\log \text{sen } (\alpha' - A) = 9,8273464$	$\log 1^{\circ} \text{ prodotto} = 1,6603847$
$\log 1^{\circ} \text{ prodotto} = 1,6603847$	$\log 2^{\circ} \text{ prodotto} = 1,6800809$	$\log 2^{\circ} \text{ prodotto} = 1,6800809$
$\log 1^{\circ} \text{ termine} = 1,3207694$	$\log 2^{\circ} \text{ termine} = 1,3601618$	$(-)\log \cos C = 1,8939658$
$1^{\circ} \text{ termine} = 0,20930$	$2^{\circ} \text{ termine} = 0,229172$	$(-)\log 3^{\circ} \text{ termine} = 1,5354614$
Somma dei termini $S' = 0,095340$	$\log S' = 2,9792751$	$3^{\circ} \text{ termine} = -0,343132$
		$\log \Delta' = 1,4896375$

Calcolo degli angoli A_1, A_1' e delle quantità h e k :

$\log \text{sen } A = 9,5954666$	$\log \text{sen } A = 9,5954666$	$(-)\log \text{sen } (\alpha - A) = 9,9690845$
$(-)\log \text{sen } (\beta - B) = 9,7207470$	$\log \text{sen } (\beta' - B) = 9,7016358$	$\log \text{sen } (\beta' - B) = 9,7016358$
$(-)\log \text{sen } (\alpha + \beta) = 9,9456120$	$\log \text{sen } (\alpha' + \beta) = 9,9705785$	$(-)\text{c. log sen } (\beta - B) = 0,2792530$
comp. log. $\Delta = 0,6296371$	comp. log. $\Delta' = 0,5103625$	c. log sen $(\alpha' - A) = 0,1726536$
$\log \text{sen } A_1 = 1,8914627$	$\log \text{sen } A_1' = 1,7780434$	$\log h = 0,1226269$
$A_1 = 51^{\circ}, 09', 24''$	$A_1' = 36^{\circ}, 51', 37''$	$\log k = 1,8773731$
$h = 1,3263$	$k = 0,7540$	

Calcolo degli angoli ausiliari ρ e ρ' e degli angoli $\lambda, \lambda', (\lambda + \lambda')$:

$h = 1,3263$	$\log \text{sen } \Sigma = 9,1036629$	$\log \text{sen } \Sigma = 9,1036629$
$-\cos \Sigma = 0,9940$	comp. log $(h - \cos \Sigma) = 9,6344559$	c. log sen $(k - \cos \Sigma) = 9,7574586$
$(h - \cos \Sigma) = 2,3203$	$\log \text{tang } \rho = 8,7381188$	$\log \text{tang } \rho' = 8,8611215$
$k = 0,7540$	$\rho = 3^{\circ}, 07', 55''$	$\rho' = 4^{\circ}, 09', 15''$
$-\cos \Sigma = 0,9940$	$A_1 = 51^{\circ}, 09', 24''$	$A_1' = 36^{\circ}, 51', 37''$
$(k - \cos \Sigma) = 1,7480$	$A_1 - \rho = \lambda' = 48^{\circ}, 01', 29''$	$A_1' - \rho' = \lambda = 32^{\circ}, 42', 22''$
$(\lambda + \lambda') = \Sigma + A_1 + A_1' - \pi$		$\lambda' = 48^{\circ}, 01', 29''$
$= 80^{\circ}, 43', 23''$		$\lambda + \lambda' = 80^{\circ}, 43', 51''$
Valore medio: $(\lambda + \lambda') = 80^{\circ}, 43', 37''$.		

Calcolo della distanza $P P'$:

$\log c = 2,9253121$	$\log c = 2,9253121$
$\log \text{sen } A_1 = 9,8914627$	$\log \text{sen } A_1' = 1,7780434$
$\log \text{sen } (\lambda + \lambda') = 9,9942870$	$\log \text{sen } (\lambda + \lambda') = 9,9942870$
c. log sen $(\alpha + \beta) = 0,0543880$	c. log sen $\alpha' + \beta' = 0,0294215$
c. log sen $\lambda' = 0,1287579$	c. log sen $\lambda = 0,2673409$
$\log P P' = 2,9942077$	$\log P P' = 2,9944049$
$P P' = 986,75$	$P P' = 987,20$
Valore medio: $P P' = \text{m. } 986,97$.	

Ing. G. DELITALA.

COSTRUZIONI IDRAULICHE

SUL CALCOLO DELLA CAPACITÀ DEI SERBATOI DA STABILIRSI NEI BACINI MONTANI

(Veggasi la Tavola XVIII)

Nel fascicolo n. 11, 1901, dell'*Ingegneria Civile* abbiamo esposto il metodo, dovuto al prof. ing. Luigi Zunini, per calcolare la capacità dei serbatoi d'acqua da stabilirsi nei bacini montani per uso agricolo ed industriale.

L'applicazione di questo metodo richiede, in generale, uno studio sperimentale del bacino, che si vuol intercludere, per determinare il coefficiente di esaurimento del terreno (k), il coefficiente di scolo annuo (g) e la portata minima assoluta (p_0) dell'alveo per kmq. di bacino idrografico e per secondo.

Successivamente, nella medesima Nota, abbiamo dato delle formole generali, ed abbiamo mostrato un metodo semplice per trovare l'altezza massima dell'acqua nella ritenuta in guisa da comprendere, oltrechè il volume d'acqua da utiliz-

zarsi, anche quello che si sperde per effetto dell'evaporazione e della filtrazione.

Ora esporremo un altro metodo fondato sul noto canone di Lombardini e sulla osservazione regolare, estesa ad un numero sufficiente di anni, delle altezze di pioggia cadute sul bacino, assunte mediante una rete di pluviometri razionalmente distribuiti nella valle a diverse altitudini. Faremo per ultimo seguire alcuni confronti tra questo metodo e quello proposto dal prof. Zunini.

Il problema si può porre sotto la forma seguente:

Trovare (*) la capacità da assegnarsi ad un serbatoio che si vuol costruire in un bacino montano perfettamente rilevato nei rapporti topografici, fisici e geologici, in base alle altezze di pioggia decadiche, o mensili, osservate per un periodo di anni sufficientemente lungo, ed in base ad una certa erogazione; inoltre trovare la capacità corrispondente alla massima erogazione consentita dal bacino medesimo.

Indichiamo con t il tempo e sia:

$$P_a = F(t)$$

(*) Cfr. ing. prof. ETTORRE PALADINI. — *Lezioni sulla condotta delle acque*, date nel R. Istituto Tecnico Superiore di Milano.

la quantità d'acqua che affluisce al serbatoio durante l'unità di tempo;

$$P_e = f(t)$$

l'erogazione, per unità di tempo, assegnata alla ritenuta;

$$P_p = \varphi(t)$$

le perdite, per unità di tempo, dovute all'evaporazione e alla filtrazione.

Noi, qui, abbiamo che in ogni intervallo infinitesimo di tempo la somma algebrica delle quantità d'acqua affluente, effluente, dispersa ed immagazzinata è nulla.

Tradotto questo concetto (canone di Lombardini) in linguaggio analitico, si ha:

$$P_a dt + P_e dt + P_p dt + dV = 0,$$

nella quale dV rappresenta il volume dell'acqua immagazzinata.

Dicendo S l'area di una curva di livello, posta all'altezza a sul punto più depresso della ritenuta, abbiamo:

$$S = \psi(a), \\ dV = S da$$

onde:

e per conseguenza:

$$P_a + P_e + P_p + S \frac{da}{dt} = 0,$$

che è l'equazione differenziale che regge la teoria dei laghi.

Quanto a P_p noi possiamo trascurarlo nel calcolo, perchè, ottenuta la capacità utilizzabile del serbatoio, noi abbiamo visto, nella nota che abbiamo precedentemente pubblicata, come si procede alla determinazione del volume delle perdite.

Dunque potremo ritenere:

$$P_a + P_e + S \frac{da}{dt} = 0.$$

Ora osservando che per

$$t = 0$$

si ha:

$$a = A,$$

altezza massima dell'acqua a serbatoio pieno, integrando, risulta:

$$\int_0^t (P_a + P_e) dt + \int_A^a S da = 0,$$

ossia:

$$W = \int_A^a S da = \int_0^t (P_a + P_e) dt.$$

La funzione W del tempo rappresenta il volume del serbatoio compreso tra il piano di livello all'altezza A ed il piano di livello all'altezza a . Perchè il problema sia possibile è necessario che la funzione W non diventi mai negativa nell'intervallo di tempo $(0, \tau)$ in cui sono state fatte le osservazioni pluviometriche per mezzo delle quali, usando il noto metodo d'interpolazione, si può costruire la funzione P_a . Generalmente P_e si assume continuativo e costante. E' chiaro quindi, ciò che del resto è naturale, che l'erogazione P_e ha un limite. Noi possiamo investigare la grandezza di tale limite, e vedremo in seguito in qual maniera, coll'esame delle condizioni fisiche del bacino e colla statistica delle osservazioni pluviometriche. E noi ci faremo un criterio tanto più esatto di questo limite quanto più estesa sarà la statistica delle altezze di pioggia osservate e quanto più breve, praticamente, sarà l'intervallo regolare di tempo che intercede tra un'osservazione e la successiva.

Amnesso dunque che P_e abbia un valore compatibile col bacino di cui si tratta, noi possiamo, generalmente, avere sempre la funzione W positiva nell'intervallo $(0, \tau)$, od in un intervallo più breve compreso nel precedente, scegliendo l'origine dei tempi in un periodo in cui P_a passa per una serie di valori sufficientemente maggiori di P_e .

Ciò posto è evidente che la capacità utile del serbatoio sarà data dalla massima differenza tra un massimo ed il minor minimo susseguente pei quali passa la W , mentre t varia da 0 a τ .

La costruzione analitica della W ci porterebbe ad un calcolo laborioso che non è il caso di affrontare, non essendovi corrispondente utilità. Bene si presta invece a risolvere il quesito il metodo grafico.

Perciò è conveniente esprimere tanto la quantità d'acqua meteorica che va, nell'unità di tempo, all'alveo, quanto l'erogazione assegnata al serbatoio, ciascuna, mediante l'altezza in millimetri della equivalente lama d'acqua distesa sopra tutto il bacino imbrifero.

Sia p' l'altezza di pioggia in mm. rilevata dai pluviometri in un mese qualunque del periodo $(0, \tau)$; sia σ l'ampiezza

del bacino in kmq.; sia $\frac{c}{100}$ il coefficiente di perdita relativo al mese considerato, il volume d'acqua che defluisce nell'alveo nel mese stesso è:

$$\sigma \cdot 10^6 \frac{p'}{10^3} \left(1 - \frac{c}{100}\right) = 10^3 \sigma \frac{p'}{100} (100 - c)$$

e ponendo:

$$p = (100 - c) \frac{p'}{100}$$

sarà $10^3 \sigma p$ l'espressione del volume medesimo. Esso è proporzionale a p , e noi assumeremo quest'altezza per rappresentarlo.

Similmente se l'erogazione assegnata al serbatoio è di ω mc. al'', l'altezza in mm. della lama d'acqua distesa sul bacino ed equivalente al volume erogato in un mese sarà:

$$q = 10^3 \frac{\omega mc \times 86400'' \times 365 \text{ giorni}}{10^6 \cdot \sigma mq \times 12 \text{ mesi}} = 2628 \frac{\omega}{\sigma}.$$

Pertanto, trattandosi di un caso pratico, la W assume la forma semplicissima:

$$W = \Sigma (p - q).$$

Sia ΔW in mm. la massima differenza tra un massimo ed il minor minimo susseguente che si verifica calcolando tutta la serie dei valori che la W assume, alla fine d'ogni mese, nel periodo $(0, \tau)$, allora la capacità utile C del serbatoio risulterà espressa dalla formola:

$$C = 10^3 \cdot \sigma \cdot \Delta W \text{ mc.}$$

*

Applicazione. — Applicheremo le precedenti considerazioni allo sbarramento di un torrente dell'Appennino, del quale abbiamo dovuto occuparci per ragioni d'ufficio.

Seguiremo un metodo grafico da noi adottato anche perchè ci permetterà di calcolare approssimativamente la massima erogazione che si può assegnare al serbatoio, e quindi la massima capacità di questo, compatibile colla grandezza e colle condizioni fisico-meteoriche del bacino imbrifero.

Diremo subito che abbiamo fatto uso delle osservazioni pluviometriche mensili del periodo 1884-1900, ma ciò conduce ad un lavoro grafico troppo esteso per una nota, come questa, il cui scopo è quello di mostrare unicamente il metodo, onde, qui, ci limiteremo alle osservazioni pluviometriche dal marzo 1898 al marzo 1900. Esse sono date dalla tabella seguente:

TABELLA I.

	1898	1899	1900
Gennaio	—	118,5	82,4
Febbraio	—	31,2	70,8
Marzo	157,1	30,7	81,3
Aprile	125,6	100	—
Maggio	118,7	193,3	—
Giugno	118,5	78,4	—
Luglio	65	13,3	—
Agosto	43,3	3,3	—
Settembre	44	36,6	—
Ottobre	185,8	56,5	—
Novembre	128,7	14,9	—
Dicembre	19,6	84,5	—
Totale		761,2	

L'alveo del torrente si svolge in sezione piuttosto ristretta tra sponde rocciose, accidentate, in taluni punti assai ripide; i versanti dei monti che lo racchiudono sono rivestiti, non però in tutte le zone, di una discreta vegetazione silvana e scendono con un pendio notevole e che diventa, in generale, tanto più sentito quanto più ci si avvicina al corso d'acqua.

Nella valle la temperatura estiva è piuttosto alta e talvolta si mantiene tale anche in settembre, l'inverno è molto rigido.

In base a queste considerazioni fisiche abbiamo ritenuto di poter assumere, per il coefficiente di perdita mensile e , i valori dati dal prof. Zunini per il bacino dell'Orba e cioè:

I II III IV V VI VII VIII IX X XI XII
 $c = 3 \quad 4 \quad 9 \quad 18 \quad 25 \quad 35 \quad 40 \quad 40 \quad 18 \quad 15 \quad 6 \quad 3$
 onde i valori mensili di p risultano dalla seguente tabella:

TABELLA II.

	1898	1899	1900
Gennaio	—	115	80
Febbraio	—	30	68
Marzo	142	28	74
Aprile	103	82	—
Maggio	89	145	—
Giugno	77	51	—
Luglio	39	8	—
Agosto	26	2	—
Settembre	36	30	—
Ottobre	158	48	—
Novembre	121	14	—
Dicembre	19	82	—
Totale		686	

Gli studi fatti nella portata del torrente indicarono come possibile ed opportuna un'erogazione di litri 2500 al secondo, cosicchè, essendo di 183 kmq. l'ampiezza del bacino idrografico, si ha, per la stessa erogazione riferita al mese e espressa in mm.:

$$q = 2628 \frac{2,5}{183} = \text{mm. } 36$$

in cifra tonda.

Abbiamo ora tutti gli elementi per eseguire il calcolo grafico della capacità utile del serbatoio.

Abbiamo assunto per unità di tempo il mese, rappresentato da un centimetro: per unità d'altezza d'acqua caduta il millimetro, la spezzata A B C D E F . . . HK (vedi Tavola XVIII) rappresenta il modo con cui ha variato presumibilmente il volume mensile d'acqua meteorica che defluisce all'alveo nel periodo di tempo compreso tra il marzo 1898 e il marzo 1900.

Se noi immaginiamo, in questo periodo, costruito il serbatoio con erogazione continua, costante di mc. 2,5 al", l'erogazione stessa è rappresentata in figura dalla orizzontale A' R' di ordinata uguale a 36 mm.

Quindi per avere la somma

$$W = \sum (p - 36)$$

bisogna costruire le linee integrali delle linee:

A B C D E F . . . HK e A' R'.

Scelta una base d'integrazione O A = 5 unità di tempo si sono costruite, col noto procedimento indicato dal calcolo grafico, la spezzata A L M N P, linea integrale della A B C D E F . . . HK, e la retta inclinata A R, linea integrale della orizzontale A' R'. La differenza delle ordinate delle due linee A L M N P, A R, corrispondenti ad una medesima ascissa, rappresenta il valore della somma W alla fine del tempo misurato dall'ascissa stessa.

Per avere la curva che rappresenta W basta far scorrere le differenze come T L sull'ordinata fino a far andare T in H, allora L cadrà in L', e così facendo per tutte le differenze si ricava la spezzata A L' M' N' P' che indica il modo di variare di W tra il marzo 1898 e il marzo 1900.

La maggior differenza tra un massimo e il minor minimo susseguente per cui passa W è data dalla differenza delle ordinate dei punti M' (30 giugno-1° luglio) N' (30 novembre-1° dicembre) e vale mm. 16, quindi:

$$\Delta W = 5 \times 16 = 80 \text{ mm.}$$

e per conseguenza la capacità utile della ritenuta risulta:

$$C = 1000 \times 183 \times 80 = \text{mc. } 14.640.000.$$

Il disegno porge immediatamente anche la durata del periodo di riserva del serbatoio, che è di mesi 5, e decorre dal 1° luglio al 30 novembre 1899.

Infine è chiaro che variando l'erogazione, varia l'ordinata dell'orizzontale A' R' e quindi l'inclinazione della retta A R. Conseguentemente varia la forma della spezzata A L' M' N' P' e variano la capacità del serbatoio e la durata del periodo di riserva. Noi, però, come abbiamo detto, non possiamo variare l'erogazione a piacimento; all'erogazione è imposto un limite dalla condizione $W > 0$, che deve essere sempre soddisfatta; onde ne deriva che, per una medesima ascissa, dovrà essere l'ordinata della A R minore dell'ordinata della spezzata A L M N P, ossia la A R potrà toccare, in uno o più punti, la A L M N P, senza mai tagliarla.

In altri termini, per una medesima ascissa non vi dovrà essere un'ordinata della A R maggiore dell'ordinata della A L M N P.

Nel caso nostro la posizione limite della retta A R è la retta A Q che tocca in N la spezzata A L M N P.

Conducendo la retta O A'' parallela alla A Q, l'ordinata della orizzontale A'' Q'' rappresenta la massima erogazione che può essere assegnata al serbatoio.

Ripetiamo che tale deduzione sarà tanto più attendibile quanto più lungo sarà il periodo di tempo in cui furono fatte le osservazioni pluviometriche e quanto più breve, praticamente, sarà l'intervallo di tempo che intercede tra un'osservazione e la successiva. Ad ogni modo converrà sempre assegnare alla ritenuta un'erogazione notevolmente minore dell'erogazione limite.

Qui abbiamo A A'' = mm. 64, onde:

$$\omega = \frac{64 \times 183}{2628} = \text{mc. } 4.45 \text{ al"}$$

Riportando la differenza delle ordinate delle linee A L M N P e A Q, corrispondenti ad una medesima ascissa, ortogonalmente all'asse dei tempi colla stessa ascissa, si costruisce la spezzata A L'' M'' N'' P'' che rappresenta l'andamento della W in base alla massima erogazione. Qui la massima differenza tra un massimo ed il minor minimo susseguente di W si rileva tra le ordinate dei punti L'' e N'' e vale mm. 47, onde la capacità utile della ritenuta è:

$$C = 183000 \times 5 \times 47 = \text{mc. } 43005000,$$

con una durata di periodo di riserva di 6 mesi dal 1° giugno al 30 novembre.

Come abbiamo visto, entrambi i metodi di valutazione della capacità dei serbatoi richiedono lo studio sperimentale del bacino che si vuole intercludere.

Col metodo proposto dal prof. L. Zunini si devono approssimare, il più che sia possibile, il coefficiente di esaurimento del terreno (k); la frazione dell'acqua caduta nell'anno che defluisce nel corso d'acqua (σ), e la portata minima assoluta del terreno per kmq. e per" (p_0). Quest'ultima è forse la grandezza che presenta maggiori difficoltà di ricerca, ed è anche quella che esercita, con piccole variazioni, un'influenza non trascurabile nelle formole:

$$\tau = \frac{2.3026}{k} \log \frac{0,116 h}{1000 \frac{\omega}{\sigma} - p_0}$$

$$C = 86,4 \left[(1000 \cdot \omega - \sigma p_0) \left(T - \tau - \frac{1}{k} \right) + 0,116 \frac{h \sigma}{k} e^{-kT} \right]$$

Infatti, come si può rilevare da alcuni esempi, non è, in molti casi, indifferente il ritenere, per esempio, $p_0 = 4$, piuttosto che $p_0 = 4,5$ quando vi sia incertezza nella scelta.

Inoltre il valore di ω viene calcolato sulla minima pioggia annua verificatasi in un certo periodo di anni di osservazione, e il valore di T viene dedotto dalle siccità più rilevanti che hanno avuto luogo nel periodo medesimo, cosicchè, in certo qual modo T (e conseguentemente $T - \tau$, durata del periodo di riserva) è scelto indipendentemente da ω e C, mentre sappiamo che tra queste tre grandezze havvi un legame.

Col secondo metodo sono indispensabili le osservazioni pluviometriche assunte, razionalmente ed in numero sufficiente, sul bacino idrografico; osservazioni che, del resto, necessitano

anche coll'applicazione del metodo Zunini. E, come in questo metodo, occorre altresì uno studio delle pendenze dei versanti, della permeabilità e stato superficiale del terreno, della vegetazione, delle portate del corso d'acqua misurate in varie epoche, delle temperature onde poter valutare colla maggior approssimazione possibile i coefficienti di perdita mensili. Però, secondo il nostro modesto avviso, il secondo procedimento, che noi proponiamo, presenta, su quello proposto dal prof. Zunini, il vantaggio di tener conto direttamente della influenza della distribuzione delle piogge e di calcolare contemporaneamente la capacità e la durata del periodo di riserva, ed infine, di permettere di stimare su quale erogazione massima si possa fare assegnamento.

Le difficoltà, che generalmente si incontrano in questa specie di studi, dipendono dalla mancanza, nelle nostre valli, di convenienti stazioni meteorologiche, per cui, il più delle volte, bisogna riferirsi a stazioni lontane, o procedere per confronti con altre valli già studiate. A noi sembra che si possa provvedere a questa deficienza di mezzi istituendo delle piccole stazioni meteorologiche nelle singole parrocchie e affidandone la direzione ai parroci stessi. Trascorsa una decina d'anni dall'impianto di queste stazioni si avrebbe una ricca serie di dati, raccolti razionalmente, che, oltre a facilitare lo studio dell'utilizzazione dei nostri bacini montani a scopo industriale ed agricolo, sarebbe di molto vantaggio anche per gli studi idrologici.

Ing. DIOFEO NEGROTTI.

BIBLIOGRAFIA

Il naviglio Volano e gli altri canali navigabili del Regno. — Nota dell'ingegnere del Genio Civile CUCCHINI ERMINIO. — Op. in-8° di pag. 35, con una planimetria della rete delle vie navigabili nell'antico e recente delta del fiume Po, e quadro riassuntivo dei principali dati idrografici e commerciali sui canali navigabili italiani (esclusi quelli della Toscana e della Campagna Romana). — Venezia, 1901, pubblicazione del Comitato centrale per lo sviluppo della navigazione interna in Italia.

L'accoppiare i benefici della bonificazione di un territorio a quelli di una migliorata navigazione interna, è stata ed è tuttora una delle principali mire della provincia di Ferrara, la quale deve la sua ricchezza al secolare tributo delle esondazioni del fiume Po ed alla fiorente navigazione che venne un tempo esercitata lungo i due rami principali del suo delta: Volano e Primaro.

In questo delta il poderoso fiume vagò per parecchi secoli, formando gli ubertosissimi piani della provincia ferrarese, ed in tale opera salutare di colmata fu sapientemente regolato da quei saggi agricoltori che furono gli Etruschi, i primi abitanti del delta medesimo, com'ebbe a dire, ne' suoi studi idrologici e storici sopra il grande Estuario Adriatico, il Lombardini.

Le recenti opere di bonifica artificiale, eseguite in questi ultimi tempi nel basso ferrarese, conquistando all'agricoltura non meno di 65 000 ettari di terreno, oltre ad arricchire la produzione nazionale, furono causa di notevole e continuato aumento nella popolazione su quel territorio, e dell'impianto di nuove e grandiose industrie. Donde la necessità di comunicazioni facili, e la ragione dell'importanza non lieve che acquista oggi il miglioramento della via navigabile lungo il Volano, la quale fu sempre oggetto di studi parecchi nel corso del passato secolo.

A tutti è noto che coll'attuazione della bonifica di Burana, oramai compiuta e con pieno successo, il Po di Volano venne sistemato in modo da servire quale emissario delle acque di quell'esteso territorio; le quali acque, del resto, come osservò il Lombardini, non erano estranee al basso territorio ferrarese, avendo già avuto corso per il Po di Ferrara, ossia per il Volano, prima della rotta di Ficarolo (1152), e successivamente, sebbene in modo sempre minore, per il conseguente interrimento del Po di Ferrara, fino al 1638.

Per la sistemazione del naviglio Volano ad emissario della bonifica di Burana, si rese necessaria una serie di studi lunghi e laboriosi, che furono fatti in diverse epoche.

La scelta del tracciato per il tratto dalla botte sotto Panaro fino a Ferrara, aveva suscitato specialmente vive ed appassionante discussioni per gli svariati interessi di scolo, di derivazione e di navigazione che si dovevano rispettare.

L'emissario venne con felice pensiero immesso nel Po di Volano in prossimità a S. Paolo, appunto dove ha sempre fatto capo la navigazione che si esercita lungo questo canale. Si conservarono, migliorandoli, gli scali preesistenti lungo le mura della città, ove si è sempre concentrato il commercio dei prodotti provenienti dalla linea fluviale,

e si rese così possibile la costruzione di una darsena, che sarà prossimamente allacciata allo scalo ferroviario di Ferrara.

Da Ferrara al mare il naviglio Volano subì parecchie opportune rettificazioni e correzioni, attalchè il Volano, che originariamente misurava dal ponte di S. Paolo alla foce metri 86 625, è oggi ridotto a 68 040 metri, circa tre quarti della lunghezza primitiva.

Le portate del nuovo naviglio variano naturalmente a misura che si procede verso il mare; alle acque di Burana, uscenti dalla botte sotto Panaro, si uniscono lungo il percorso dell'emissario le acque che scendono nella zona compresa fra la strada provinciale Ferrara-Bondeno ed il canale, su di un'estesa di ettari 790, portando un contingente di mc. 0.35.

A S. Paolo, origine del naviglio Volano, si aggiunge il tributo di un bacino versante, di ettari 20 165 circa, per cui la portata del canale sale a mc. 44,85.

Alla confluenza del Primaro entrano le pluviali di scoli appartenenti al IV Circondario per ettari 6810 e la portata diventa di metri cubi 49,62.

A Codigoro il naviglio riceve il tributo più notevole (che potrebbe arrivare a mc. 30), dovuto allo scarico della bonifica artificiale del I Circondario. Presentemente si ritiene di mc. 67 la portata del canale Volano nel tratto compreso fra le macchine di Codigoro ed il mare.

La pendenza del fondo varia da m. 0.068 per mille (Bondeno-Valpigliaro) a m. 0,085 (Valpigliaro-Codigoro). Da Codigoro al mare è di m. 0,05.

I sostegni a conca, da quattro, che erano prima della sistemazione, sono ridotti a due. Il salto in corrispondenza a ciascuno di essi è di oltre m. 2,00.

La velocità dell'acqua, che a sostegni chiusi è nulla, o quasi nulla, a sostegni aperti raggiunge colle portate massime i valori di m. 0,54, 0,56, 0,62 rispettivamente per i tre sovradistinti tronchi. Epperò anche nei periodi di massima piena ed a corso libero del canale, riesce ancora possibile la navigazione, il che torna di grande vantaggio al commercio ferrarese, e riesci a riconciliare Ferrara con la bonifica di Burana.

Raramente avviene che l'acqua sia deficiente per la navigazione, siccome pur troppo si verifica durante periodi più o meno lunghi nella maggior parte dei canali navigabili del Regno. Nel caso rarissimo di deficienza, il naviglio Volano può essere ravvivato con opportuna derivazione dal fiume Po per mezzo delle chiaviche Pila-stresi, situate presso Stellata. Questa derivazione soddisfa pure allo scopo eminentemente pratico di togliere in certe epoche dell'anno l'eccessiva salsedine alle acque delle valli di Comacchio, sopprimendo così uno dei principali pericoli che minaccia l'industria della piscicoltura.

L'ingegnere Cucchini, nella Memoria di cui discorriamo, dimostra con ricco corredo di dati statistici, tecnici e commerciali, come il naviglio Volano sostenga trionfalmente il confronto cogli altri canali navigabili del Regno, e li superi, anzi, in bontà sotto tutti i riguardi.

Il fondale minimo del Volano essendo di m. 1,88, ne segue che sopra 816 chilometri, costituenti la rete dei canali dell'Alta Italia, ve ne sono oggigiorno per 819 inferiori alle attuali condizioni del naviglio Volano, e per 119 paragonabili alle condizioni stesse.

Per la larghezza dello specchio d'acqua, che è di m. 29, il nuovo naviglio Volano può dirsi che abbia il primato.

La larghezza delle due conche è di m. 6 e 6,50.

Un provvedimento molto razionale, che ridonderebbe a tutto vantaggio del traffico fluviale, sarebbe l'allacciamento del Volano alla grande arteria del Po, secondo il progetto dell'ingegnere ispettore Gozzi, elaborato nel 1826 e perfezionato poi dall'ing. Ferlini, con un cauale che dal ponte di San Giorgio, insediandosi nella fossa di circonvallazione, a levante della città di Ferrara, e procedendo sul confine orientale del Barco, arrivasse al Po di Lombardia, all'estremità inferiore del caseggiato di Pontelagoscuro.

E parimenti la proposta bonificazione con esaurimento meccanico delle valli settentrionali di Comacchio (Trebba, Isola e Pont)j, permetterà al canale di Marozzo che le attraversa, purchè convenientemente approfondito ed allargato, di servire al trasporto dei nuovi prodotti della bonifica lungo il Volano, e di agevolare il traffico fra il porto di Magnavacca, la città di Ferrara e la rete dei canali navigabili del Regno.

Ma perchè i benefici, così dei lavori eseguiti come delle opere in progetto, non rimangano localizzati ai territori percorsi dal Volano, è soprattutto necessario che si pensi ad unire questo naviglio al Po di Venezia. L'apertura di così comodo e breve allacciamento (chilometri 7) dovrebbe richiamare l'attenzione speciale del Governo e degli enti locali sui mezzi più acconci a rendere possibile l'avvicinamento dei prodotti di un esteso e fertile territorio di 200 000 ettari all'intera rete navigabile dell'Alta Italia. Così l'operosità ognor crescente dell'agricoltura e delle industrie nel ferrarese troverebbe novello incitamento a dare a così nobile provincia, conquistata all'invasione delle acque, tutta la prosperità industriale e commerciale, che è il frutto della attività febbrile della civiltà moderna.

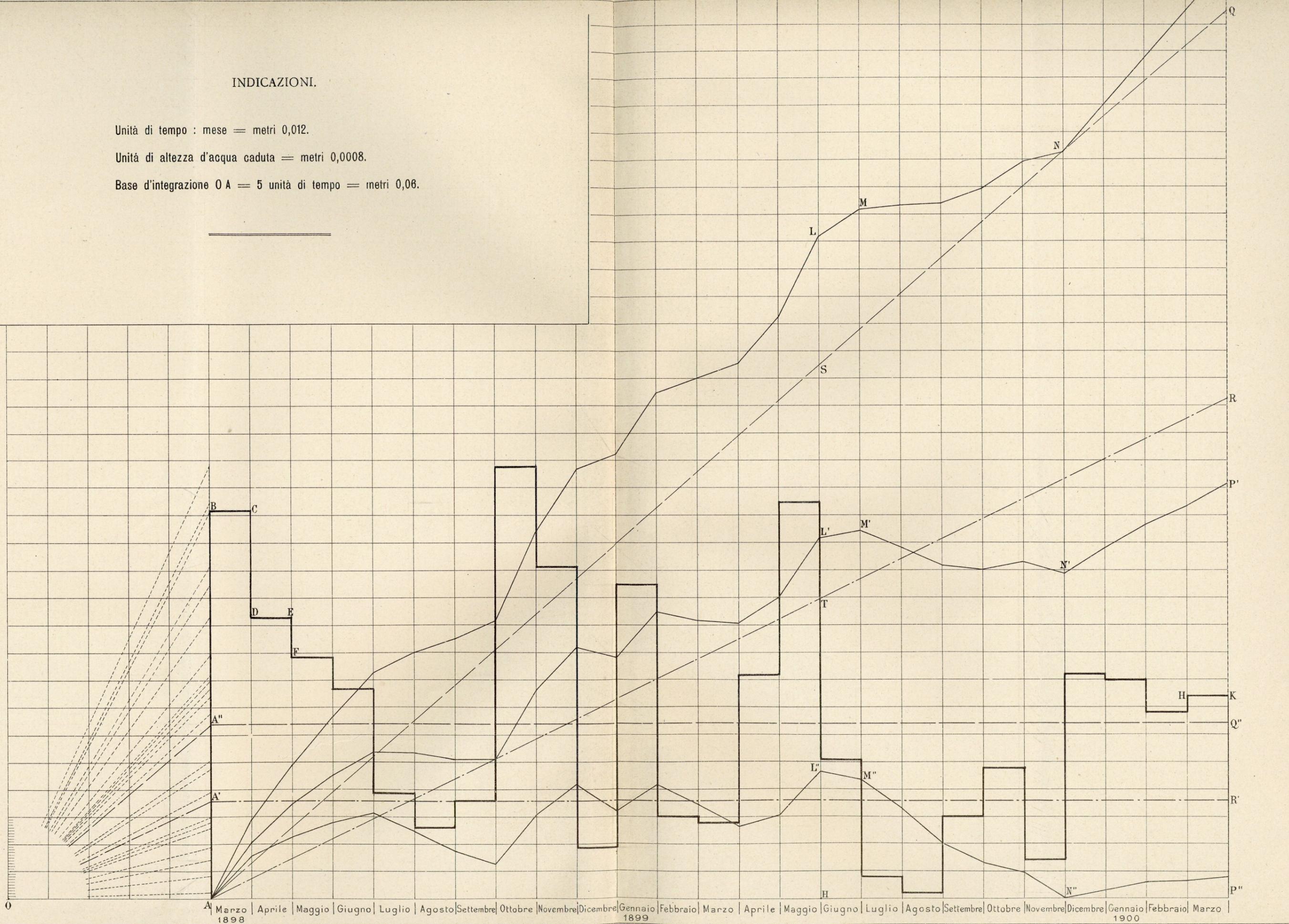
G. SACHERI.

INDICAZIONI.

Unità di tempo : mese = metri 0,012.

Unità di altezza d'acqua caduta = metri 0,0008.

Base d'integrazione 0 A = 5 unità di tempo = metri 0,06.



Torino. Tip-Lit. Camillo e Bertolero di N. Bertolero, editore.