



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 od Editori

ARCHITETTURA E COSTRUZIONI CIVILI

CONTRIBUTO ALLO STUDIO DELLE VOLTINE
E DELLE VOLTE SOPRA FERRI A I.

(Veggansi le Tavole I e II)

PARTE III.

I. — In questa parte descrivo alcune strutture di solai da me eseguiti sopra ferri a I, che partecipano della forma e delle proprietà delle volte. In questi il materiale laterizio non compie la sola funzione di sostenersi tra ferro e ferro, ed il ferro non è soltanto chiamato a resistere a forze verticali corrispondenti al peso dell'impalcatura che deve portare, ma serve anche ad elidere una spinta.

Partendo dal principio di utilizzare in modo razionale ed economico le proprietà di ciascuno dei materiali che compongono l'impalcatura, il costruttore può arrivare a conseguenze interessanti non solo nel campo teorico, ma anche nelle applicazioni pratiche.

Si sa che semplici barre di ferro tondo o quadro — sezioni di piccolo momento d'inerzia — immerse in gettate monolitiche di calcestruzzo cementizio, hanno fatto convenientemente servizio non solo come *impalcature*, ma anche come *travi*; la parte superiore delle gettate subisce sforzi di pressione, e il ferro, posto un po' in basso, sopporta la trazione. È pur degno di nota che questa trazione è resa minima per queste due circostanze concomitanti: cioè per il piccolo accorciamento subito dalla parte muraria, al quale non può corrispondere un grande allungamento del ferro che vi è intimamente collegato, e per la straordinaria aderenza tra il ferro e la parte cementizia.

Se per altro si tiene conto che i ferri tondi e quadri costano almeno il 30 0/0 più dei ferri a I, se si pensa che questa sezione si adatta meglio agli sforzi di taglio e specialmente a quelli di flessione, non si comprende come nei casi ordinari si debba rinunciare a questa sezione del ferro.

Pertanto, con questi intendimenti ho costrutte le forme che verrò esponendo:

Le figure 1, 2, 3, 4 (tav. II) rappresentano un soffitto eseguito nell'anno 1890 per la palazzina del cav. Bossi in Mortara. La forma è stata ideata insieme a scopo di decorazione e di economia. Il soffitto copre un'area di m. $6,92 \times 5,50$; ma l'imposta ai quattro angoli presenta quattro smussature necessarie per mascherare una canna di camino che sta nell'angolo II.

Omettendo quanto si può direttamente desumere dalle figure, indicherò brevemente il procedimento di costruzione adottato:

Ai ferri a I della ferreria di Vobarno, dell'altezza di millimetri 160 (peso chg. 14 per ml., momento di resistenza $J = 82000$ in mm.) si sono anzitutto applicati i mattoni

d'imposta m (fig. 3) della fornace Villanova di Strambino: quindi sotto ai ferri a I si è collocata una tavola orizzontale ab parallelamente alla parete più lunga (fig. 1) e per tutta la lunghezza compresa fra i due ferri estremi; due altre tavole inclinate $a_1 b_1$ si sono collocate fra ciascuno di questi

ferri e le pareti corte. Queste armature si sostennero mediante puntelli (fig. 2) che avevano un appoggio sul ponte di servizio, posto a m. 1,60 circa sotto i ferri a I. In tal modo il ponte si prestò anche per fare l'intonaco dell'intradosso.

Sopra le tavole ab si sono eseguite le dieci piattabande c , dando a ciascuna una monta di 20 a 30 mm., ottenuta aggraziando il piano delle tavole con sabbia; e sopra le tavole $a_1 b_1$ si sono eseguiti due archi come gh , pure aggraziando con sabbia.

Questi due archetti si fecero dello spessore di 110 mm., cioè di una testa; ma le piattabande si tennero alte quanto consentivano i travi di ferro, cioè mm. 150 ± 160 alla chiave e 180 all'imposta (fig. 3), formandole con mattoni pieni opportunamente tagliati. Si è anche avuto riguardo che la sezione trasversale delle medesime fosse alquanto cuneata, come vedesi in c (fig. 2), per facilitare l'impostamento dell'arco de destinato a sostenere ad opera compiuta la piattabanda e così anche il ferro a I.

Dopo ciò, mediante una tavola $a_2 b_2$, si è armato ed eseguito fra ciascuna delle pareti lunghe dell'ambiente e le piattabande nn un altro archetto ed , dello spessore pure di 110 mm. e della larghezza di 220 mm., corrispondente alla maggiore dimensione del mattone impiegato.

In seguito si è disarmato per dar luogo a questa prima parte della volta di assettarsi definitivamente, e si è completata la costruzione senza armatura, cominciando coll'eseguire le voltine a botte di quarto, corrispondenti ai cinque cassettoni centrali.

I muratori possono eseguire questi cassettoni col semplice uso di un regolo applicato contro i ferri a I, come scorgesi in ll (fig. 3). Col medesimo è possibile disporre i primi mattoni (che in questo esempio avevano dimensioni di millimetri $80 \times 160 \times 260$) in modo da formare un primo addentellato, mentre il resto del cassettoni si eseguisce conficcando i mattoni negli addentellati successivi che il lavoro continuamente presenta.

Terminati i cassettoni, restava da eseguire la parte a pagdigione tutto all'ingiro del soffitto. Questa si fece pure senza armatura, non più di quarto, ma di una testa, procedendo ad anelli dello spessore di un mattone, cioè in questo caso dello spessore di mm. 70, precisamente come se si trattasse di fare una volta a botte. Al pari di quanto si vede nelle fig. 10, 15 e 17 della tav. I, le linee di giunto sono in pianta leggermente curve. Queste curve sono determinate, nota essendo la direttrice del volto e il piano d'inclinazione dei mattoni. E pertanto, se la curva direttrice è, come ordinariamente avviene, un arco di circolo, le curve in pianta sono *archi di elisse*.

Siano (fig. 4) $p q$ e $p_1 q_1$ le direttrici dell'intradosso e dell'estradosso, $r' s'$, $r'' s''$ le tracce del ripetuto piano della superficie di giunto trasversale, riferite agli assi $xy z$. Le linee di giunto saranno in pianta rappresentate da $p' q'$, $p_1' q_1'$ che segnano l'intersezione del ridotto piano colle superfici cilindriche di imbotte e di sovrimbotte. La figura 4 fa vedere come di queste curve si possa in pianta trovare un punto qualunque l' .

I corsi si eseguiscano partendo dagli archetti ed , che servono di appoggio ai primi anelli (fig. 1).

Se non si vogliono ammettere gli archetti ed — per tema che siano slegati dal resto del volto — si può procedere come è indicato in $e_1 d_1$, cioè facendo sopra l'armatura non un archetto coi mattoni disposti colla lunghezza secondo le gene-

ratrici, ma disponendo invece anche i primi mattoni sulla tavola nel modo che è indicato in scala grande nella fig. 4, cioè colla forma che dovrebbero avere se si lavorasse senza armatura. Anche questi primi anelli $e_1 d_1$ è bene disarmarli prima di procedere innanzi.

Del resto, questo e gli altri slegamenti che si osservano in quella costruzione non sono per nulla mal sicuri, nello stesso modo che non sono difettose le piattabande con volterrane ad anelli indipendenti (fig. 5 della tav. I), che sono adottate da qualche costruttore per evitare di doverne tagliare alcune in corrispondenza alle pareti.

Finita la costruzione, si è sparso al disopra un manto di malta di calce magra e pastosa per inumidire i mattoni e per sigillare completamente le connesure.

Non è il caso di ripetere che questo procedimento può essere seguito da qualunque operaio, purchè lavori con malta di calce grassa e finamente stacciata e con mattoni asciutti.

Naturalmente si può eseguire la costruzione anche con altre manovre, ma questo metodo è il più economico e permette una sufficiente bontà di lavoro.

Esaminata la costruzione compiuta, si è riscontrato un aumento notevole di solidità a confronto dei soliti soffitti piani, aumento prevedibile e che nel caso pratico era accusato dalla rigidità dell'impalcatura provata sotto gli urti.

2. — Quanto al calcolo della resistenza di questa costruzione, non mi pare agevole istituire un sistema di conteggio teoricamente perfetto, il quale perciò dovrebbe considerare le simultanee deformazioni tanto della parte in ferro quanto dell'opera muraria, e tenere conto delle vicendevoli influenze di questi due sistemi resistenti.

Resterebbe cioè da considerare l'opera in ferro e quella in muratura come il sistema di due solidi omogenei ed elastici; e, noti essendo i moduli di elasticità e di resistenza dei due sistemi, resterebbe da trovarsi quella deformazione intermedia del ferro e della muratura per la quale è vinto il carico e si fanno equilibrio le forze interne con cui vicendevolmente si influenzano i due sistemi resistenti. Ma questa via di calcolo, se anche potrà non arrestarsi contro difficoltà di analisi, è impedita da mancanza di dati di fatto precisi.

A questa dichiarazione si è anche indotti essendo notorio che i numerosi calcoli proposti per la resistenza delle ordinarie volte dei fabbricati civili sono di solito nulla più di semplici ipotesi. E anche nei solai con travi di ferro, il sistema di calcolo che solitamente si usa, per essere veramente semplice e pratico, ha dovuto ridursi ad essere empirico: giacchè del concorso — che non è trascurabile — portato dalla parte murale alla resistenza complessiva dell'orditura, si tiene conto tutto al più nel coefficiente di sicurezza del ferro.

Fatte queste premesse, indicherò un metodo di calcolo, il quale, *almeno empiricamente*, credo raggiunga lo scopo di dare, con un procedimento breve, una plausibile ragione del modo di resistere del sistema ed un indizio del suo grado di stabilità.

Consideriamo la fig. 5, la quale offre lo schema di una volta eseguita come quella dianzi indicata:

La parte a padiglione CABD presenta verso la sommità un'apertura rettangolare sopra la quale si appoggiano le volticelle a botte che costituiscono la parte a cassettoni AB.

Nella volta suddescritta il suddetto contorno rettangolare è formato dalle citate piattabande un e dai due travi di ferro contigui alle pareti corte dell'ambiente.

Questo contorno può abbassarsi sotto l'azione del carico e del sovraccarico dell'impalcatura di quel tanto che è determinato dalla forma e dalla elasticità della materia, ma non può cadere all'indietro, essendone impedito dalle volticelle a botte.

Se supponiamo che questo abbassamento sia trascurabile di fronte agli spostamenti che sotto gli sforzi esterni può subire il trave in ferro, ciò equivale a ritenere che il trave di ferro resista come se fosse appoggiato in A e in B; ed in questa ipotesi, se si trascurano — a favore della stabilità — le resistenze interne che si sviluppano in corrispondenza ai piani di distacco AA' e BB' della parte a volticella colla parte a padiglione,

si potranno calcolare i travi di ferro non contigui alle pareti, precisamente come se sopra i medesimi, liberamente appoggiati in A e in B, gravitasse la sola parte d'impalcatura compresa fra A' e B'.

Ove si ammetta il suddetto modo di resistere del sistema di ferro e di muratura, non sarebbe indispensabile dare ai ferri a I una lunghezza tale da farli appoggiare sul vivo del muro in C' e D', ma basterebbe limitarne la lunghezza fino a dare ai medesimi un appoggio in corrispondenza ad A' e B'.

Pure ritenendo ammissibile questo modo di argomentare, ognuno vede che il fissare i ferri a I ai muri perimetrali apporta per altre cause tali vantaggi da non potersi in nessun caso consigliare di omettere questa pratica.

Per altra parte non vuolsi dimenticare che non sempre è ammissibile che l'abbassamento della parte a padiglione sia piccolo in confronto dell'abbassamento del trave in ferro: così, da alcuni esempi sono indotto a ritenere che: a) quando l non supera i m. 1,50 ed il quarto della portata p del soffitto; b) quando contemporaneamente la monta f della parte a padiglione sia maggiore di $1/5$ di l , cioè maggiore di un decimo della corda della stessa parte a padiglione; c) e quando ancora si dia all'arco CA un abbondante rinfianco, in questo caso si possono anche ritenere attendibili le conseguenze alle quali conduce il suddetto procedimento.

Per chi vuole andare più sicuro in ogni caso e far cosa a favore della stabilità, e specialmente quando la monta f è molto limitata e non è piccola la lunghezza l , il ferro a I si potrà calcolare supponendolo appoggiato liberamente in C' e D' e gravato del peso corrispondente a tutto il cassettoni AA'B'B.

Ciò per il calcolo dei travi di ferro intermedi; quanto ai due ferri contigui ai muri, ognuno vede che in generale si possono assumere più leggeri degli altri; infatti la loro azione si limita poco più che a costituire un giunto semilibero, una cerniera, in corrispondenza all'unione della prima voltina col padiglione.

Questa considerazione ci permette di coprire in modo affatto economico gli ambienti i quali hanno i lati non $> 5,00$; $5,50$. Infatti questi si possono coprire con volte eseguite come quelle della fig. 1 (tav. II), aventi un solo cassettoni centrale; ed in questo caso la spesa dei ferri a I si riduce ad un minimo.

In seguito vedremo alcuni esempi di questa costruzione. Calcoliamo ora i travi di ferro intermedi del soffitto col primo metodo suddetto.

Siano:

K lo sforzo unitario del ferro per mm^2 di sezione, e facciamo:

$$K = 12 \text{ chg.};$$

$\frac{J}{z}$ il momento di resistenza del ferro a I; nel caso nostro:

$$\frac{J}{z} = 82000 \text{ in mm. q.};$$

p il carico uniformemente distribuito che sulla lunghezza di un millimetro può portare il trave;

l la lunghezza fra i due appoggi, in mm., ossia:

$$l = 5500.$$

Avremo:

$$K \frac{J}{z} = \frac{1}{8} p l^2, \quad p = \frac{8 K \frac{J}{z}}{l^2}$$

$$p = \frac{8 \times 12 \times 82000}{5500 \times 5500} = \text{chg. } 0,497$$

ossia il carico uniformemente distribuito sulla lunghezza di un metro è di chg. 497; e per mq. è di:

$$\text{chg. } \frac{497}{1,08} = 442.$$

Da tale carico, tolto il peso proprio dell'impalcatura, che è di chg. 210, restano per il carico mobile chg. 232 per metro quadrato.

La costruzione venne a costare, tutto compreso, L. 235,35, ossia L. 6,20 per mq. La mano d'opera, compresa la formazione dei ponti, si compì con sei giornate da muratore coi relativi operai di servizio — garzoni e manovali — e costò circa L. 0,75 per mq.

Adottandosi il soffitto piano, colla più economica delle disposizioni dianzi esaminate, calcolando il solaio in base ad un sovraccarico di chg. 232 per mq., si avrebbe avuto un aumento di spesa di circa il 40 0/0.

A questa rilevante economia e ad una maggior grazia del soffitto vanno uniti altri considerevoli vantaggi.

Si riduce di molto la spinta che nei soffitti piani le due piattabande estreme esercitano sui muri paralleli ai ferri a I. Quanto alla spinta che può prodursi contro i muri che servono di appoggio ai ferri stessi, questa è di intensità così piccola che si può sempre trascurare. Non vi è certo paragone fra questa spinta e quella che è prodotta da una volta ordinaria, anche usando per questa le *porcelle* per alleggerirne il peso. Qui la nervatura *nn* stabilisce un giunto semilibero fra la parte a padiglione e le volticelle a botte, sicché la spinta sui muri AA' e BB' (fig. 1, tav. II) è anche minore di quella che corrisponderebbe ad una piccola piattabanda fra la nervatura ed il muro.

Osservisi ancora che nelle camere d'abitazione il sovraccarico trovasi in generale accumulato all'ingiro delle pareti, e non sarebbe quindi irrazionale nei soffitti piani usare in vicinanza ai muri i ferri a I più robusti, o fare più piccolo l'interasse delle due piattabande contigue ai muri stessi.

Ma colla orditura in esame avviene appunto che il soffitto in corrispondenza al contorno dei muri offre una resistenza eccezionale e quasi indipendente dalla resistenza dei ferri a I.

Nota ancora che, facendo la parte a padiglione poco arcuata, si può dare al soffitto una cubatura eguale a quella di un semplice soffitto piano, essendovi all'incirca compenso fra lo spazio acquistato nei cassettoni e quello perduto nel padiglione. Ed aumentando invece la monta della parte a padiglione si possono collocare sotto il piano dei travi di ferro, le canne dei caloriferi (osservazione che in alcuni casi ha speciale importanza).

La fig. 6 (tav. II) fa vedere un secondo esempio di soffitto eseguito col metodo precedente, nel quale si è fatta economia di spazio.

Per quanto si disse, non parmi opportuno spingere nei soffitti per ordinarie camere di abitazione la lunghezza *l* (figura 6), fra le pareti corte e i travi di ferro contigui, molto oltre l'accennata misura di m. 4,50, a meno che si tratti di soffitti del sottotetto o di padiglioni con monta considerevole. Anche l'interasse *i* fra due ferri contigui non dovrebbe andare molto al di là di m. 2,00, del resto può avvenire che le piattabande *nn* (fig. 1) non presentino più il necessario grado di stabilità, specialmente quando si costruiscono senza armatura, e perciò slegate tanto dal cassettoni quanto dal padiglione.

Naturalmente, usando l'armatura, si può eseguire la detta piattabanda *n* (fig. 7) come una nervatura collegata al padiglione *ab* e alle piccole teste di padiglione *cd* dei cassettoni. In tal modo il contrasto del volto ha luogo nel senso della freccia, e la nervatura non serve senonchè a formare un ingrossamento dove il volto riceve un peso maggiore, corrispondente alla reazione dell'appoggio dei ferri a I.

Se non si vuole affidarsi a questa nervatura *n* o alla piattabanda *nn*, converrà collegare i due travi di ferro principali F (fig. 8, tav. II) con un piccolo trave trasversale sussidiario S, che serve a risparmiare l'armatura dando appoggio al volto mentre si costruisce, e può anche servire come tirante. Si scorge però che ad opera finita questo ferro S non è chiamato a sopportare sensibili sforzi di flessione.

Finalmente ho spesse volte trovato opportuno predisporre a sbalzo l'imposta I del padiglione (fig. 7 ed 8): in tal modo si rinforza il muro invece di indebolirlo, si diminuisce la spinta e si accorcia la portata dell'arco *ab*. Nessun lontano dubbio si può avere che la detta imposta possa cedere a sforzi di taglio, finchè l'aggetto non supera i 20 ÷ 25 centimetri.

3. — Le fig. 9 della tav. II, fanno vedere una delle volte eseguite nell'anno 1893 in un caseggiato dei signori fratelli Gregotti in Comune di Ozero presso Abbiategrasso. Questo tipo è con qualche variante la figliazione di quello precedente.

Posti in opera i ferri a I ($H = 160$ mm.; peso chg. 14 per per ml.; $J = 82000$ in mm. q.) ed applicati ai medesimi i

mattoni copriferro per tutto il tratto *ab*, si eseguirono le nervature *nn*, *n'n'*, assecondando l'intradosso della volta. L'estradosso delle medesime si è determinato (fig. 9a) tenendo lo spessore dell'arco di mm. 200 — corrispondente alla lunghezza del mattone — fino dove col medesimo non si sopravanza sui ferri a I, e poi facendo l'arco dello spessore consentito dai ferri stessi.

Ciascuna di queste nervature si esegui sopra un'armatura fatta di tre tavole, aggraziando con sabbia; appena eseguite non si disarmarono, ma si allentarono un pochino le tavole, tanto da portare, come dicesi, *sul tiro* i vari archetti.

In seguito si aggiunsero i quattro archetti *cd* costrutti nello stesso modo, e si completò la volta eseguendo a mano libera le nove campate racchiuse fra questi e i precedenti archetti.

La volta si è rinfiancata subito con calcestruzzo magro e si è riempita con sabbia ghiaiosa, che veniva dagli scavi sul posto.

La costruzione, che si compose con mattoni forati $60 \times 100 \times 200$ in mm., è leggera quasi come un soffitto piano; produce sui muri paralleli ai ferri a I una spinta non maggiore di quella che sarebbe prodotta se l'ambiente fosse coperto con tre voltine a botte. Così per quei muri non si riconobbe necessario nessun tirante. Sui muri che danno appoggio ai travi di ferro la poca spinta è abbondantemente eliminata dal contrasto dei soffitti contigui o dall'ancoraggio dei travi stessi. Infine la volta ha una monta così ridotta — circa $1\frac{1}{20}$ — da presentare quasi l'aspetto di un soffitto piano.

Gli slegamenti che la volta presenta in corrispondenza degli archetti non sono in pratica pregiudizievole. Questo fatto può in parte avvenire in virtù della buona presa della malta di calce, ma non è da trascurarsi neppure il concorso che a stabilire questo fatto stesso arrecano le successive deformazioni che il volto è libero di subire durante la sua costruzione.

Del resto, se non si vogliono soffrire questi slegamenti, basta fare le nervature per il solo tratto *aa* e *bb*, e quindi proseguire la costruzione partendo dal mezzo di ciascuno dei quattro fusi del padiglione e disponendo sopra una tavola i primi corsi, come è stato indicato colla fig. 1, tav. II, in *e₁d₁*; oppure si può partire dagli spigoli del padiglione, come verrà fatto vedere in altre costruzioni in seguito descritte.

I travi di ferro non imbarazzano la formazione delle nove campate suddette, come a primo acchito si potrebbe supporre; anzi, colle prominente che presentano danno incartamento al sistema.

Per norma di coloro che si trovano in località dove gli operai non sono abituati a costruire senza armatura, farò osservare che in questa circostanza ed in qualche altra ho potuto constatare l'estrema facilità colla quale un buon operaio si rende subito capace di eseguire bene queste costruzioni.

Questa volta viene naturalmente a costare meno di un soffitto piano, perchè si fa un grande risparmio di ferro, senza aggravare in modo sensibile il costo della parte muraria.

Confrontata con una volta ordinaria, si ha, di fronte ad una maggiore spesa per i travi di ferro, il risparmio delle chiavi, dei radicamenti e dell'armatura.

Quanto alla resistenza, la volta può portare carichi molto superiori a quelli di un semplice solaio; e ritengo che questa proprietà sarebbe conservata anche usando ferri a I di peso ancora minore di quello che in questi primi saggi ho stimato adottare.

4. — Le fig. 10 e 11 (tav. II) danno due altri esempi di costruzioni di questo genere: l'una è una volta a schifo, l'altra è una volta con nervature, della quale la forma è definita dal disegno.

Per la prima si fece uso di un'armatura divisa in tre tamburi: *abcd ef, ghimed, afemi*, e corrispondente ad una metà della volta; e la si costruì appunto eseguendone prima l'una poi l'altra metà. I tamburi potevano essere tirati fuori dalle porte senza essere scomposti, ed usati per tutte le volte simili.

Questa volta, che serve per magazzino da riso, fu provata con un sovraccarico di circa quintali 18 per mq.

La seconda volta si eseguisce bene anche a mano libera, ed ha inoltre il vantaggio di consentire, a parità di circostanze, una monta minore della precedente, e di dare così una costruzione ancora più leggera.

Le piccole irregolarità di forma che si scorgono nel disegno (figura 11) non sono sfavorevolmente avvertite dall'occhio, perchè le nervature, le quali scompaiono la volta e si incrociano in quattro punti della medesima, non permettono di apprezzarle come nel disegno.

(Continua)

Ing. E. GREGOTTI.

GEOMETRIA PRATICA

VOLTIMETRIA.

VOLUME DELLA LUNETTA — SUPERFICIE DELLA LUNETTA E DEL FUSO LUNULATO.

1. — Accade sovente nella costruzione delle volte a superficie cilindrica di dover tagliare una porzione di volta principale per raccordarla con una secondaria, la cui monta è più piccola di quella della volta principale.

Tal fatto si ripete eziandio ogniqualvolta bisogna aprire dei vani in ambienti coperti con volte basse e tali che la generatrice più alta dell'arco di detti vani viene a trovarsi al disopra del piano d'imposta: ciò che accade, con regola quasi generale, nelle opere di fortificazione, ove, per ragioni dipendenti dalla tecnica militare, dovendosi coprire i locali con volte basse per quanto è possibile, tutti i vani aperti nei muri dei piedritti, sono accompagnati dalla corrispondente lunetta.

Nei trattati e nei manuali questo caso non trovasi considerato. Si tratta bensì del fuso cilindrico e dell'unghia cilindrica.

Com'è noto, il primo è generato da una retta che si muove parallelamente alla sua posizione d'origine, che nel caso in argomento è una orizzontale, appoggiandosi a due curve direttrici, d'ordinario due quarti di ellisse, tracciate nei due piani verticali, tra i quali esso fuso è compreso; la seconda consiste in quella porzione di superficie di cilindro, il cui diametro e lunghezza sono rispettivamente uguali al lato ed alla semicorda del fuso, tagliata dalla superficie del fuso stesso.

La riunione d'un certo numero di fusi od unghie, aventi la stessa monta, costituisce una volta a padiglione od una volta a crociera.

Nel caso di cui ci occupiamo, dovendosi coprire un ambiente rettangolare con una volta cilindrica, comunemente detta a botte, ed incontrarla con altra volta cilindrica di monta minore, situate le centine nei piani di testa e costruito il manto delle due volte, la curva secondo cui la superficie del manto dell'una va ad incontrare quello dell'altra, è quella che limita la lunetta.

La linea che delimita l'unghia ed il fuso, che per essa è comune, si compone di due *curve piane* (archi di ellisse) che si proiettano ortogonalmente sul piano orizzontale d'imposta nei due lati di un triangolo avente per altezza la semicorda e per terzo lato il lato del fuso: la linea invece che contorna la lunetta ed il fuso lunulato è una *curva a doppia curvatura* o *storta*, che sul piano orizzontale d'imposta si proietta in un ramo d'iperbole, avente per asse longitudinale l'asse stesso della volta minore e per centro il punto in cui s'incontrano gli assi delle due volte.

2. — Per l'intelligenza di quanto in seguito esporremo è bene premettere che per: *superficie della lunetta* intendiamo la porzione di volta minore sviluppata nel piano, compresa tra il piano verticale passante per la linea di imposta della volta maggiore e questa volta; *superficie del fuso lunulato* lo sviluppo della porzione di volta maggiore tagliata dalla lunetta; *volume della lunetta* il solido, contenuto tra detto piano verticale, la lunetta ed il fuso lunulato.

Occorrendo faremo uso dei nomi: corda, monta e lato come nel loro comune significato.

Quanto al volume della lunetta, non crediamo fuor di luogo aggiungere, che occorre valutarlo con una certa esattezza, in specie nella contabilità delle opere murarie, qualora occorra conoscere il volume di muratura soprastante alla volta, la cui materia e prezzo da quella sono diversi. Così, per es.: volendo il volume tra l'estradosso di una volta lunulata, i piani verticali passanti per le linee d'imposta e per gli archi di testa, ed un piano con cui la muratura è limitata nella parte superiore, non si ha che cercare il volume tra detto piano ed il piano d'imposta, e quindi sottrarre il volume tra l'estradosso ed il piano d'imposta aumentato di quello delle corrispondenti lunette.

Per tal computo, non essendo ancor ben definita la forma della lunetta, si ricorre finora a formole relative ad un solido di natura affatto differente da quello che qui consideriamo, le quali formole danno origine a risultati erronei; e l'errore si moltiplica a misura che diminuisce il rapporto tra le monte delle due volte.

La superficie poi della lunetta e del fuso lunulato, oltre che occorre nella misura della superficie delle volte, serve anche a dare il volume di volta tagliata e quello dell'altra ad essa rimpiazzata, col moltiplicare la superficie media per lo spessore.

Volume della lunetta.

3. — Abbiamo già ammesso che le due volte sono impostate sullo stesso piano, supponiamo inoltre che s'incontrino ad angolo retto; alle quali due condizioni, per ragione di estetica e di stabilità, si cerca comunemente di soddisfare nella pratica.

Adesso passiamo alla ricerca del volume della lunetta (figura 6).

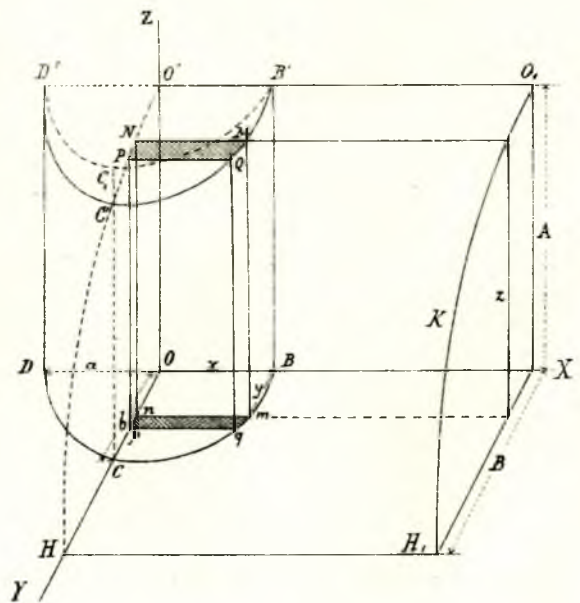


Fig. 6.

Partendo dal caso generale siano rispettivamente A, B; *a, b* i semiassi maggiore e minore delle ellissi direttrici delle due volte $O_1 K H_1$ e $B C D$; per comodo di dimostrazione imagi-

niamo che, nel fare il trasporto in disegno, il piano d'imposta rotoli d'un angolo retto.

Riferendo il sistema a tre piani coordinati sarà l'asse OZ quello del cilindro minore, l'asse OX quello del maggiore, e l'asse OY la normale al piano d'imposta passante pel punto d'incontro degli assi delle due volte.

Calcoleremo prima il volume BCD B'C'D'; questo sottratto dal semicilindro BCD B'C'D' di altezza uguale ad A, ci darà il volume B'C'D'G della lunetta.

Restringeremo ancora il calcolo al volume OBC O'B'C', il rimanente essendo uguale e simmetrico rispetto al piano ZOY.

L'equazione della ellisse direttrice della lunetta è:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1, \text{ da cui } x = \frac{a^2}{b} \sqrt{1 - \frac{y^2}{b^2}}.$$

La superficie della volta ha per equazione:

$$\frac{z^2}{A^2} + \frac{y^2}{B^2} = 1, \text{ da cui } z = A \sqrt{1 - \frac{y^2}{B^2}}.$$

Considerando il volume elementare p m P M, compreso fra

$$\frac{1}{2} V_1 = A \frac{a^2}{b} \int_0^b \left(1 - \frac{1}{2} \frac{y^2}{a^2} - \frac{1 \cdot 1}{2 \cdot 4} \frac{y^4}{a^4} - \frac{1 \cdot 1 \cdot 3}{2 \cdot 4 \cdot 6} \frac{y^6}{a^6} - \dots \right) \left(1 - \frac{1}{2} \frac{y^2}{B^2} - \frac{1 \cdot 1}{2 \cdot 4} \frac{y^4}{B^4} - \frac{1 \cdot 1 \cdot 3}{2 \cdot 4 \cdot 6} \frac{y^6}{B^6} - \dots \right) dy.$$

Facendo il prodotto ed escludendo per ora i termini di grado superiore alla 10^a potenza si ha:

$$(M) \quad \frac{1}{2} V_1 = A \frac{a^2}{b} \left[\int_0^b dy - \frac{1}{2} \frac{B^2 + a^2}{a^2 B^2} \int_0^b y^2 dy - \frac{1}{8} \frac{B^4 - 2B^2 a^2 + a^4}{a^4 B^4} \int_0^b y^4 dy - \frac{1}{16} \frac{B^6 - B^4 a^2 - B^2 a^4 + a^6}{a^6 B^6} \int_0^b y^6 dy - \right. \\ \left. - \frac{1}{128} \frac{5B^8 - 4a^2 B^6 - 2a^4 B^4 - 4a^6 B^2 + 5a^8}{a^8 B^8} \int_0^b y^8 dy - \right. \\ \left. - \frac{1}{256} \frac{7B^{10} - 5a^2 B^8 - 2a^4 B^6 - 2a^6 B^4 - 5a^8 B^2 + 7a^{10}}{a^{10} B^{10}} \int_0^b y^{10} dy \right]$$

Come vedesi ci siamo trovati dinanzi ad un integrale trascendente di nuova specie, che abbiamo dovuto risolvere con l'integrazione per serie. Ridotta alla (M) possiamo integrare

$$(I) \quad V = 1,5708 A a b - A a^2 \left[\frac{2}{3} - \frac{1}{3} \frac{B^2 + a^2}{B^2} \frac{b^3}{a^2} - \frac{1}{4} \frac{1}{5} \frac{B^4 - 2a^2 B^2 + a^4}{B^4} \frac{b^5}{a^4} - \frac{1}{8} \frac{1}{7} \frac{B^6 - B^4 a^2 - B^2 a^4 + a^6}{B^6} \frac{b^7}{a^6} - \right. \\ \left. - \frac{1}{64} \frac{1}{9} \frac{5B^8 - 4a^2 B^6 - 2a^4 B^4 - 4a^6 B^2 + 5a^8}{B^8} \frac{b^9}{a^8} - \right. \\ \left. - \frac{1}{128} \frac{1}{11} \frac{7B^{10} - 5a^2 B^8 - 2a^4 B^6 - 2a^6 B^4 - 5a^8 B^2 + 7a^{10}}{B^{10}} \frac{b^{11}}{a^{10}} \right]$$

Questa formola generale dà, come ci eravamo proposto, il volume della lunetta a direttrice ellittica in una volta a direttrice pure ellittica. Da essa possiamo ricavare altre tre formole che ci danno il volume: della lunetta ellittica in volta circolare di raggio R; della lunetta circolare di raggio r in volta ellittica di semiasse A e B, e della lunetta circolare in volta circolare. Così pure facendo b = B e sostituendo nella (I) ricaveremo il volume della lunetta ellittica avente la stessa monta della volta.

Ci fermeremo ai due ultimi dei tre casi ora esposti, che sono quelli che ordinariamente occorrono in pratica.

Nella (I) sostituendo r ad a e b, si ottiene una serie convergente ordinata secondo le potenze crescenti del rapporto $\frac{r^2}{B}$, ed ove ciascun termine rappresenta la somma d'una serie pure convergente di termini in quella data potenza. — Preso quindi per limite d'approssimazione un valore equamente scelto e spinti i calcoli fino alla 20^a potenza, chiuse le somme e fatte le riduzioni abbiamo ottenuto una nuova serie che si è potuto limitare fino al 5° termine, ossia alla 10^a potenza.

due piani distanti fra loro d'una quantità infinitesima dy rispetto ad y, tal volume sarà espresso da x z dy; ossia, sostituendo ad x ed y i valori trovati più sopra

$$dV_1 = \left(\frac{a^2}{b} \sqrt{1 - \frac{y^2}{a^2}} \right) \left(A \sqrt{1 - \frac{y^2}{B^2}} \right) dy.$$

Integrando fra i valori limiti della variabile y: 0 e b, si ha il volume OBC O'B'C' = $\frac{1}{2} V_1$, espresso da:

$$\frac{1}{2} V_1 = A \frac{a^2}{b} \int_0^b \sqrt{1 - \frac{y^2}{a^2}} \sqrt{1 - \frac{y^2}{B^2}} dy \quad (a)$$

Essendo $\frac{y^2}{a^2}$, $\frac{y^2}{B^2}$ quantità positive reali, comprese tra 0 e $\frac{b^2}{a^2} < 1$ tra 0 e $\frac{b^2}{B^2} < 1$ possiamo sviluppare in serie le espressioni sotto radice, e scrivere:

la funzione di y immediatamente nei limiti stabiliti o e b. Raddoppiato il valore risultante e sottrattolo dal semicilindro BCD B'C'D' = $\frac{\pi}{2} a b A$ si ottiene il volume della lunetta:

Il volume della lunetta sarà allora, in coefficienti decimali:

$$(I') \quad V = A r^2 \left(0,1990 \frac{r^2}{B^2} + 0,0254 \frac{r^4}{B^4} + 0,0081 \frac{r^6}{B^6} + \right. \\ \left. + 0,0037 \frac{r^8}{B^8} + 0,0020 \frac{r^{10}}{B^{10}} \right).$$

Il volume della lunetta circolare in volta circolare si ricava immediatamente ponendo nella (I') A = B = R.

Esso sarà:

$$(I'') \quad V = R r^2 \left(0,1990 \frac{r^2}{R^2} + 0,0254 \frac{r^4}{R^4} + 0,0081 \frac{r^6}{R^6} + \right. \\ \left. + 0,0037 \frac{r^8}{R^8} + 0,0020 \frac{r^{10}}{R^{10}} \right).$$

Per darci conto del grado di approssimazione a cui ci siamo spinti calcoleremo numericamente l'ultimo termine della serie. Ponendoci nel caso sfavorevole di una lunetta

molto grande rispetto alla volta, supponiamo sia il rapporto delle rispettive monte $\frac{4}{5}$, cioè si abbia:

$$\frac{r}{B} \text{ ovvero } \frac{r}{R} = \frac{4}{5} = 0,80.$$

L'ultimo termine sarà:

$$0,1074 \times 0,002 = 0,00021$$

ed il volume corrispondente:

$$0,00021 \times A r^3$$

ovvero:

$$0,00021 \times R r^3.$$

Supposta una volta avente il diametro di m. 10 con lunetta del diametro di m. 8 (si ottiene per volume il valore dato dall'ultimo termine della serie che è $m^3 0,017$). Ora la serie essendo rapidamente convergente, il termine che segue è molto più piccolo di quello testè calcolato, e così è dei termini ad esso successivi, la cui somma, convergendo essi termini ad un valore zero, è trascurabile.

Nel caso singolare di una lunetta circolare avente la stessa monta della volta, la (a) diventa:

$$V_1 = 2 A r \int_0^r \left(1 - \frac{y^2}{r^2}\right) dy.$$

La quale funzione essendo integrabile direttamente, ci dà il valore esatto del volume cercato. Infatti si ha:

$$V_1 = 2 A r \left(r - \frac{r^3}{3r^2}\right) = 2 A r \times \frac{2}{3} r = \frac{4}{3} A r^2,$$

valore che sottratto dal semicilindro $1,5708 A r^2$, ci dà per il volume della lunetta:

$$(a) \quad V = 0,2375 A r^2.$$

Superficie del fuso lunulato.

4. — Riprendiamo la fig. 6, di cui conserveremo la disposizione e le indicazioni. Consideriamo qui il caso più frequente dell'incontro cioè di due volte entrambe circolari, la prima di raggio minore $= r$, la seconda di raggio maggiore $= R$: il fuso lunulato sarà allora a tutta monta. Ciò premesso, un elemento di area del fuso intercettata fra due piani paralleli al coordinato $Z O X$, spaziatosi della distanza infinitesima dy , si proietta nel rettangolo $p q m n$. Chiamando ν l'angolo che la normale nel punto M di ordinata z fa col piano $Z O X$ sarà:

$$\text{Area } P Q M N = \frac{\text{area } p q m n}{\cos \nu} = \frac{x dy}{\cos \nu}.$$

Ora, essendo la volta maggiore circolare, la normale in M passerà per l'asse di essa: sarà quindi:

$$\cos \nu = \frac{z}{R};$$

ed essendo:

$$z = \sqrt{R^2 - y^2}$$

sarà:

$$\cos \nu = \frac{\sqrt{R^2 - y^2}}{R}$$

e quindi l'elemento di superficie sarà:

$$x \frac{R}{\sqrt{R^2 - y^2}} dy = R \frac{\sqrt{r^2 - y^2}}{\sqrt{R^2 - y^2}} dy$$

ossia:

$$dA = R \frac{\sqrt{r^2 - y^2}}{\sqrt{R^2 - y^2}} dy.$$

Integrando fra i limiti 0 ed r si avrà la metà area del fuso lunulato; onde:

$$\begin{aligned} \text{Area } O' B' M C' &= \frac{1}{2} A = R \int_0^r \frac{\sqrt{r^2 - y^2}}{\sqrt{R^2 - y^2}} dy = \\ &= r \int_0^r \frac{\sqrt{1 - \frac{y^2}{r^2}}}{\sqrt{1 - \frac{y^2}{R^2}}} dy \end{aligned} \quad (b)$$

Mettiamo l'espressione da integrarsi sotto la forma:

$$\left(1 - \frac{y^2}{r^2}\right)^{\frac{1}{2}} \left(1 - \frac{y^2}{R^2}\right)^{-\frac{1}{2}} dy.$$

Sviluppando in serie, giusta quanto in precedenza si è esposto, sarà:

$$\begin{aligned} (N) \quad \frac{1}{2} A &= r \int_0^r \left(1 - \frac{1}{2} \frac{y^2}{r^2} - \frac{1 \cdot 1}{2 \cdot 4} \frac{y^4}{r^4} - \right. \\ &\quad \left. - \frac{1 \cdot 1 \cdot 3}{2 \cdot 4 \cdot 6} \frac{y^6}{r^6} - \dots\right) \times \\ &\times \left(1 + \frac{1}{2} \frac{y^2}{R^2} + \frac{1 \cdot 3}{2 \cdot 4} \frac{y^4}{R^4} + \frac{1 \cdot 3 \cdot 5}{2 \cdot 4 \cdot 6} \frac{y^6}{R^6} + \dots\right) dy. \end{aligned}$$

Fatti i prodotti dell'espressione sotto integrale, ed eseguita la integrazione, si perviene ad una nuova serie convergente ordinata secondo le potenze crescenti del rapporto $\frac{r^2}{R^2}$ i cui coefficienti sono quelli della serie precedentemente trovata pel volume della lunetta, moltiplicati rispettivamente per i termini della serie crescente dei numeri dispari: 1, 3, 5, 7, ... $n - 1$. Tal fatto induce nella serie da integrarsi una convergenza minore di quella della serie primitiva, e bisognerebbe per conseguenza spingere l'approssimazione ancora più oltre di quanto innanzi abbiamo trovato; però osservando che la quantità che moltiplica la serie integrata è soltanto r^2 , mentre nel caso precedente tal quantità è $A r^2$ ovvero $R r^2$, ciascun termine della nuova serie viene ad essere diviso rispetto a quelli della primitiva per A o per R , e per conseguenza viene nuovamente ad accrescersi la convergenza: possiamo ammettere un certo equilibrio fra le due operazioni contrarie, e quindi fermarci anche qui al termine contenente la 10^a potenza. Fatta nella (N) l'integrazione e moltiplicando per 2 si ottiene l'area del fuso lunulato:

$$\begin{aligned} (II) \quad A &= r^2 \left(1,5763 + 0,1990 \frac{r^2}{R^2} + 0,0762 \frac{r^4}{R^4} + \right. \\ &\quad \left. + 0,0405 \frac{r^6}{R^6} + 0,0259 \frac{r^8}{R^8} + 0,0180 \frac{r^{10}}{R^{10}}\right). \end{aligned}$$

Nella figura 7 diamo lo sviluppo della superficie del fuso per rapporto della sua monta a quella della volta uguale a $\frac{3}{4}$.

Per sapere a qual grado di approssimazione siamo pervenuti, calcoliamo il termine che immediatamente segue nella (II). Esso è:

$$0,0143 \frac{r^{12}}{R^{12}};$$

supposta la monta del fuso uguale a $\frac{4}{5}$ quella della volta,

si avrà $0,0143 \frac{r^{12}}{R^{12}} = 0,0143 \times 0,0687 = 0,00098$. Omettendo quindi il 7^o termine si commette un errore in meno di $0,00098 r^2$: è evidente, come questo ed i termini seguenti che rapidamente convergono ad un valore zero, di poco possono alterare il risultato.

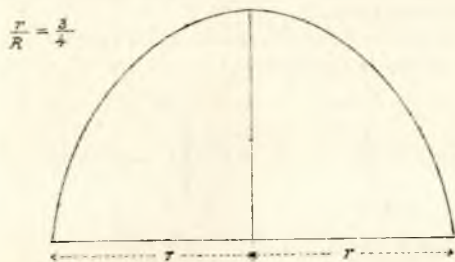


Fig. 7.

Nel caso singolare in cui la monta del fuso lunulato uguaglia quella della volta, la (b) si riduce all'espressione :

$$(\beta) \quad A = 2 R \int_0^{\pi} dy = 2 R^2$$

L'area sviluppata si presenta allora come nella fig. 8.

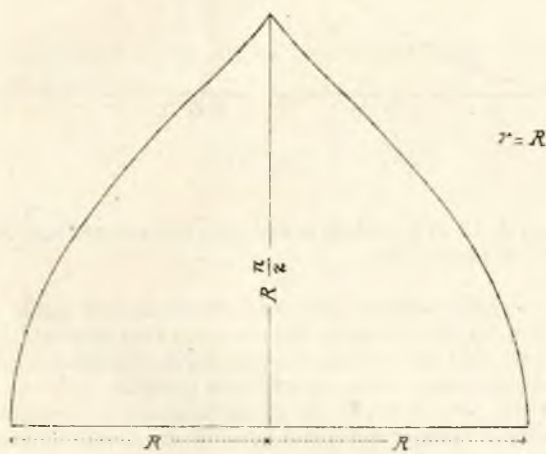


Fig. 8.

Superficie della lunetta.

5. — Completiamo l'argomento con la ricerca della superficie della lunetta. Supporremo anche qui sia essa a tutta monta, cioè abbia per direttrice una semicirconferenza (fig. 9). Calcoleremo metà superficie BDC sviluppata in B₁C₁D₁ (fig. 10), l'altra metà essendo uguale e simmetrica rispetto all'ordinata massima h. Sarà B₁C₁ uguale ad un quarto di circonferenza ed $h = R - \sqrt{R^2 - r^2}$.

L'elemento dA dell'area della lunetta, considerato alla distanza x dalla origine dell'arco sviluppato, contata a partire da C₁, avrà per base un tratto infinitesimo dx di arco e per altezza y. Sarà:

$$dA = y \cdot dx \tag{1}$$

Essendo $x = r\alpha$, sarà $dx = r d\alpha$.

Dalla fig. 9 abbiamo $k^2 = y(2R - y)$
da cui $y^2 - 2Ry + k^2 = 0$.

Inoltre essendo $k^2 = r^2 \text{sen}^2 \alpha$; sostituendo, avremo:

$$y^2 - 2Ry + r^2 \text{sen}^2 \alpha = 0$$

e risolvendo per y :

$$y = R \pm \sqrt{R^2 - r^2 \text{sen}^2 \alpha} = R \pm R \sqrt{1 - \frac{r^2}{R^2} \text{sen}^2 \alpha}$$

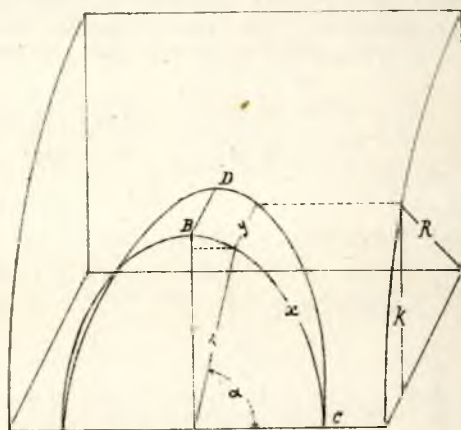


Fig. 9.

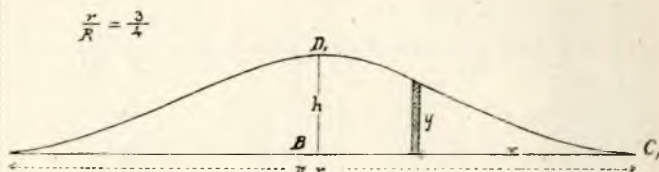


Fig. 10.

Sostituiamo nella (1) i valori trovati di dx ed y, avremo:

$$dA = R r \left(1 \pm \sqrt{1 - \frac{r^2}{R^2} \text{sen}^2 \alpha} \right) d\alpha$$

In ultimo integrando il valore di dA fra i limiti 0 e $\frac{\pi}{2}$ e moltiplicando per 2 per avere l'intera superficie, si ha che l'area della lunetta vien data da:

$$A = 2 r R \int_0^{\pi/2} d\alpha \pm 2 r R \int_0^{\pi/2} \sqrt{1 - \frac{r^2}{R^2} \text{sen}^2 \alpha} d\alpha \tag{c}$$

Il primo termine è integrabile immediatamente, il secondo invece contiene un integrale ellittico di 2° ordine, e bisogna ricorrere anche qui all'integrazione per serie.

Essendo il valore sotto radice compreso tra i limiti 0 ed 1, il primo dei quali si attinge contemporaneamente pei valori massimi $r = R$; $\alpha = 90^\circ$, possiamo svilupparlo in serie secondo le potenze crescenti del rapporto: $\left(\frac{r}{R}\right)^2$ cioè:

$$\sqrt{1 - \frac{r^2}{R^2} \text{sen}^2 \alpha} = 1 - \frac{1}{2} \frac{r^2}{R^2} \text{sen}^2 \alpha - \frac{1 \cdot 1}{2 \cdot 4} \frac{r^4}{R^4} \text{sen}^4 \alpha - \frac{1 \cdot 1 \cdot 3}{2 \cdot 4 \cdot 6} \frac{r^6}{R^6} \text{sen}^6 \alpha - \dots$$

$$\begin{aligned} (p) \quad & \int_0^{\pi/2} \sqrt{1 - \frac{r^2}{R^2} \text{sen}^2 \alpha} d\alpha = \int_0^{\pi/2} d\alpha - \\ & - \frac{1}{2} \frac{r^2}{R^2} \int_0^{\pi/2} \text{sen}^2 \alpha d\alpha - \frac{1 \cdot 1}{2 \cdot 4} \frac{r^4}{R^4} \int_0^{\pi/2} \text{sen}^4 \alpha d\alpha - \\ & - \frac{1 \cdot 1 \cdot 3}{2 \cdot 4 \cdot 6} \frac{r^6}{R^6} \int_0^{\pi/2} \text{sen}^6 \alpha d\alpha - \dots \end{aligned}$$

Ci fermeremo al termine contenente la 10^a potenza della serie, essendo allora, come vedremo, garantita una sufficiente approssimazione. Per fare le singole integrazioni nella (p) ricorreremo alla formola del calcolo integrale:

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin^m x dx = \frac{1.3 \dots (2m-1)}{2.4 \dots 2m} \frac{\pi}{2}$$

Sarà allora:

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin^2 x dx = \frac{1}{2} \frac{\pi}{2}; \quad \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin^4 x dx = \frac{1.3}{2.4} \frac{\pi}{2};$$

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin^6 x dx = \frac{1.3.5}{2.4.6} \frac{\pi}{2}; \dots$$

e sostituendo nella (p):

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} \sqrt{1 - \frac{r^2}{R^2} \sin^2 x} dx = \frac{\pi}{2} - \left(\frac{1}{2}\right)^2 \frac{\pi}{2} \frac{r^2}{R^2} - \left(\frac{1.3}{2.4}\right)^2 \frac{1}{3} \frac{\pi}{2} \frac{r^4}{R^4} - \dots$$

Indi nella (c):

$$A = \pi r R \left[1 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 \frac{r^2}{R^2} + \left(\frac{1.3}{2.4}\right)^2 \frac{1}{3} \frac{r^4}{R^4} + \left(\frac{1.3.5}{2.4.6}\right)^2 \frac{1}{5} \frac{r^6}{R^6} + \dots \right]$$

Dei due segni prenderemo gli inferiori, infatti ritornando alla (c) abbiamo:

$$A = \pi r R \left[1 - 2 \frac{r}{R} \right]$$

d'una certa funzione di x che, essendo essa positiva, darà per risultato un valore pure positivo; ora la fig. 10 ci fa vedere che l'area cercata è minore del rettangolo $\pi r \times h$, perchè ad essa circoscritto, ossia:

$$A < \pi r (R - \sqrt{R^2 - r^2})$$

ove $\sqrt{R^2 - r^2}$ è quantità essenzialmente positiva; sarà quindi a fortiori $A < \pi r R$.

Risulterà quindi l'area della lunetta:

$$A = \pi r^2 \left[\left(\frac{1}{2}\right)^2 \frac{r}{R} + \left(\frac{1.3}{2.4}\right)^2 \frac{1}{3} \frac{r^3}{R^3} + \left(\frac{1.3.5}{2.4.6}\right)^2 \frac{1}{5} \frac{r^5}{R^5} + \dots \right]$$

Fermandoci, per la riduzione avvenuta, al termine contenente la 9^a potenza, e convertendo in decimali i coefficienti, avremo in ultimo:

$$(III) \quad A = r^2 \left(0,7854 \frac{r}{R} + 0,1473 \frac{r^3}{R^3} + 0,0614 \frac{r^5}{R^5} + 0,0334 \frac{r^7}{R^7} + 0,0211 \frac{r^9}{R^9} \right)$$

Diamo ancora il termine immediatamente seguente a quelli trovati; esso è $0,0145 \frac{r^{11}}{R^{11}}$; ponendo anche qui

$$r = \frac{4}{5} R,$$

sarà detto termine uguale a $0,0145 \times 0,0859 = 0,0012$. Supposta, p. es., una lunetta del diametro di m. 6 l'omissione di detto termine darebbe un errore in meno di m.q. 0,01; i termini susseguenti decrescono rapidamente

fino ad annullarsi, e danno una somma trascurabile rispetto al grado di approssimazione, che richiedesi nella pratica applicazione della formola.

Nel caso singolare in cui la monta della lunetta raggiunge quella della volta, la (c) diventa:

$$A = 2 R^2 \int_0^{\frac{\pi}{2}} d\alpha - 2 R^2 \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos \alpha d\alpha$$

integrando fra i limiti 0 e $\frac{\pi}{2}$:

$$A = \pi R^2 - 2 R^2 \left[\sin \alpha \right]_0^{\frac{\pi}{2}} = \pi R^2 - 2 R^2$$

ossia:

$$(v) \quad A = 1,1416 R^2.$$

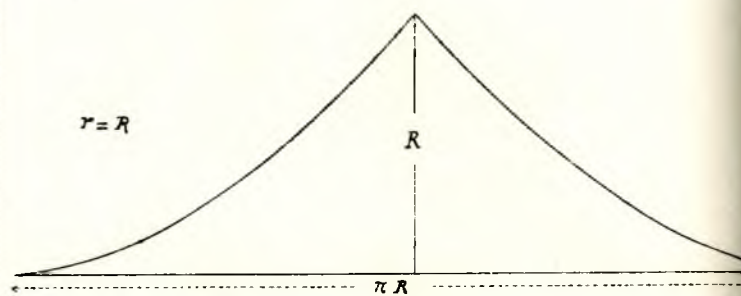


Fig. 11.

La fig. 11 ci fa vedere lo sviluppo della superficie della lunetta in questo caso.

6. — Aggiungiamo qualche considerazione sulla natura della curva che limita la lunetta ed il fuso lunulato.

Come abbiamo accennato, tale curva proiettata ortogonalmente sul piano di imposta dà una iperbole.

Infatti, conservando le denominazioni e le disposizioni relative al sistema delle due volte, le cui direttrici si vedono ribaltate nella figura 12, avremo:

$$y^2 = B^2 - \frac{B^2}{A^2} x^2$$

$$y^2 = b^2 - \frac{b^2}{a^2} x^2.$$

Eliminando la y e riducendo si perviene all'equazione in x ed x :

$$(m) \quad \frac{x^2}{B^2(B^2 - b^2)} - \frac{x^2}{b^2(B^2 - b^2)} = 1$$

che è l'equazione di una iperbole con l'asse in quello della volta minore avente per semiasse trasverso:

$$OC = \frac{A}{B} \sqrt{B^2 - b^2}$$

e limitata, alla distanza A dal centro, dalla corda MN uguale alla corda della lunetta. Nel caso che le direttrici sieno due semicerchi di raggio R ed r , la (m) diviene:

$$(n) \quad \frac{x^2}{R^2 - r^2} - \frac{x^2}{R^2 - r^2} = 1;$$

equazione di una iperbole equilatera, il cui semiasse trasverso è $\sqrt{R^2 - r^2}$, e limitata dalla corda $2r$ alla distanza R dal centro.

Se la monta della lunetta va acquistando valori crescenti, il vertice C della iperbole va avvicinandosi al centro O , e

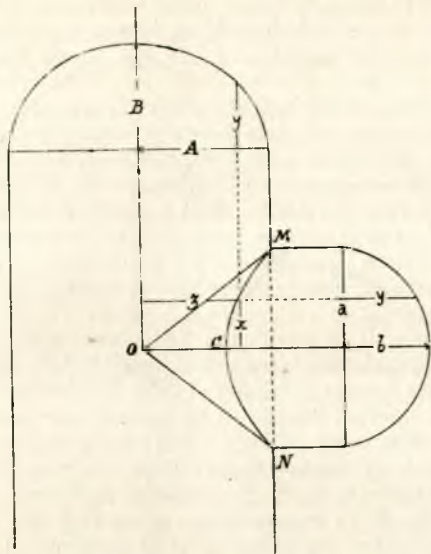


Fig. 12.

quando raggiunge il valore della monta della vólta, ponendo la (m) sotto la forma

$$\frac{z^2}{A^2 b^2} - \frac{x^2}{a^2 B^2} = \frac{1}{b^2} - \frac{1}{B^2}$$

per $b = B$ si ha :

$$\frac{z^2}{A^2 B^2} = \frac{x^2}{a^2 B^2}$$

ossia:

$$x = z \frac{a}{A};$$

equazione questa che ci fa vedere che nel caso singolare di due vólte di ugual monta la iperbole si converte in due rette passanti pel punto d'intersezione degli assi delle due vólte e per gli estremi della corda della vólta minore. Esse sono al tempo stesso le tracce, sul piano d'imposta, dei due piani verticali in cui sono segnate le due curve direttrici del fuso cilindrico.

Dalle considerazioni fatte, chiaro quindi risulta come il fuso e l'unghia cilindrica non sieno che un caso particolare di quello generale che ha dato materia al nostro studio.

7. — L'applicazione delle formole (I'), (I''), (II) e (III) potrebbe a taluni sembrare imbarazzante nelle comuni calcolazioni; massime se si riguarda che i manuali sogliono dare direttamente le potenze non superiori alla 3^a, e qui fa mestieri andare fino alla 10^a. Per ovviare a tale inconveniente abbiamo creduto bene fare quattro tavole: due pei volumi e due per le aree. Col loro aiuto basta conoscere il rapporto della monta della lunetta a quella della vólta, e trovare nelle tavole il corrispondente coefficiente numerico: questo moltiplicato per $A r^2$ o $R r^2$ ci dà il volume e per r^2 le aree. Pei casi di singolare importanza è bene fare uso delle formole.

Applicazione 1^a. — Diamo un esempio per mostrare di quanto si semplificano le calcolazioni ricorrendo alle tavole.

Si voglia il volume della lunetta circolare del raggio di m. 2,25 in una vólta ellittica avente la corda di m. 8,40 e la monta di m. 3,62. Si cercherà il rapporto $\frac{r}{B}$ del raggio della lunetta alla monta della vólta che risulta 0,62; il volume si troverà allato di tal numero ed è $A r^2 \times 0,08085$; ossia $4,20 \times 2,25^2 \times 0,08085 = mc. 4,719$.

Applicazione 2^a. — Si voglia anche qui la superficie del fuso lunulato e della lunetta a tutta monta di m. 2,25 ed il raggio della vólta sia di m. 3,62. Si ha $\frac{2,25}{3,62} = \frac{r}{R} = 0,62$, e dalle relative tavole II e III si ricava, per tal rapporto: Superficie del fuso lunulato

$$= r^2 \times 1,6674 = 2,25^2 \times 1,6674 = m.^2 8,44.$$

Superficie della lunetta

$$= r^2 \times 0,5292 = 2,25^2 \times 0,5292 = m.^2 2,68.$$

Messina, novembre 1893.

Ing. EMERICO LO PRESTI-AVERSA.

TAV. I'.

Volume della lunetta circolare di raggio r in vólta ellittica di corda 2A e monta B.

| Rapporto | Volume | Rapporto | Volume |
|----------------------|------------------------|----------------------|------------------------|
| $\frac{r}{B} = 0,10$ | $A r^2 \times 0,00199$ | $\frac{r}{B} = 0,56$ | $A r^2 \times 0,06521$ |
| » 0,12 | 0,00288 | » 0,58 | 0,07018 |
| » 0,14 | 0,00391 | » 0,60 | 0,07538 |
| » 0,16 | 0,00511 | » 0,62 | 0,08085 |
| » 0,18 | 0,00648 | » 0,64 | 0,08646 |
| » 0,20 | 0,00800 | » 0,66 | 0,09234 |
| » 0,22 | 0,00969 | » 0,68 | 0,09845 |
| » 0,24 | 0,01154 | » 0,70 | 0,10483 |
| » 0,26 | 0,01357 | » 0,72 | 0,11145 |
| » 0,28 | 0,01576 | » 0,74 | 0,11836 |
| » 0,30 | 0,01813 | » 0,76 | 0,12553 |
| » 0,32 | 0,02066 | » 0,78 | 0,13296 |
| » 0,34 | 0,02335 | » 0,80 | 0,14071 |
| » 0,36 | 0,02624 | » 0,82 | 0,14877 |
| » 0,38 | 0,02929 | » 0,84 | 0,15719 |
| » 0,40 | 0,03252 | » 0,86 | 0,16592 |
| » 0,42 | 0,03593 | » 0,88 | 0,17498 |
| » 0,44 | 0,03955 | » 0,90 | 0,18444 |
| » 0,46 | 0,04334 | » 0,92 | 0,19429 |
| » 0,48 | 0,04731 | » 0,94 | 0,20453 |
| » 0,50 | 0,05148 | » 0,96 | 0,21533 |
| » 0,52 | 0,05584 | » 0,98 | 0,22649 |
| » 0,54 | 0,06043 | | |

TAV. I''.

Volume della lunetta circolare di raggio r in vólta circolare di raggio R.

| Rapporto | Volume | Rapporto | Volume |
|----------------------|------------------------|----------------------|------------------------|
| $\frac{r}{R} = 0,10$ | $R r^2 \times 0,00199$ | $\frac{r}{R} = 0,56$ | $R r^2 \times 0,06521$ |
| » 0,12 | 0,00288 | » 0,58 | 0,07018 |
| » 0,14 | 0,00391 | » 0,60 | 0,07538 |
| » 0,16 | 0,00511 | » 0,62 | 0,08085 |
| » 0,18 | 0,00648 | » 0,64 | 0,08646 |
| » 0,20 | 0,00800 | » 0,66 | 0,09234 |
| » 0,22 | 0,00969 | » 0,68 | 0,09845 |
| » 0,24 | 0,01154 | » 0,70 | 0,10483 |
| » 0,26 | 0,01357 | » 0,72 | 0,11145 |
| » 0,28 | 0,01576 | » 0,74 | 0,11836 |
| » 0,30 | 0,01813 | » 0,76 | 0,12553 |
| » 0,32 | 0,02066 | » 0,78 | 0,13296 |
| » 0,34 | 0,02335 | » 0,80 | 0,14071 |
| » 0,36 | 0,02624 | » 0,82 | 0,14877 |
| » 0,38 | 0,02929 | » 0,84 | 0,15719 |
| » 0,40 | 0,03252 | » 0,86 | 0,16592 |
| » 0,42 | 0,03593 | » 0,88 | 0,17498 |
| » 0,44 | 0,03955 | » 0,90 | 0,18444 |
| » 0,46 | 0,04334 | » 0,92 | 0,19429 |
| » 0,48 | 0,04731 | » 0,94 | 0,20453 |
| » 0,50 | 0,05148 | » 0,96 | 0,21533 |
| » 0,52 | 0,05584 | » 0,98 | 0,22649 |
| » 0,54 | 0,06043 | | |

Tav. II.
Superficie del fuso lunulato di monta r e lato $2r$
in vòlta circolare di raggio R .

| Rapporto | Superficie | Rapporto | Superficie |
|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| $\frac{r}{R} = 0,10$ | $r^2 \times 1,5783$ | $\frac{r}{R} = 0,56$ | $r^2 \times 1,6479$ |
| » 0,12 | 1,5792 | » 0,58 | 1,6539 |
| » 0,14 | 1,5802 | » 0,60 | 1,6602 |
| » 0,16 | 1,5815 | » 0,62 | 1,6674 |
| » 0,18 | 1,5829 | » 0,64 | 1,6743 |
| » 0,20 | 1,5844 | » 0,66 | 1,6821 |
| » 0,22 | 1,5861 | » 0,68 | 1,6902 |
| » 0,24 | 1,5880 | » 0,70 | 1,6989 |
| » 0,26 | 1,5902 | » 0,72 | 1,7082 |
| » 0,28 | 1,5924 | » 0,74 | 1,7181 |
| » 0,30 | 1,5949 | » 0,76 | 1,7286 |
| » 0,32 | 1,5976 | » 0,78 | 1,7398 |
| » 0,34 | 1,6004 | » 0,80 | 1,7517 |
| » 0,36 | 1,6035 | » 0,82 | 1,7645 |
| » 0,38 | 1,6067 | » 0,84 | 1,7786 |
| » 0,40 | 1,6103 | » 0,86 | 1,7934 |
| » 0,42 | 1,6140 | » 0,88 | 1,8092 |
| » 0,44 | 1,6181 | » 0,90 | 1,8264 |
| » 0,46 | 1,6223 | » 0,92 | 1,8449 |
| » 0,48 | 1,6269 | » 0,94 | 1,8647 |
| » 0,50 | 1,6317 | » 0,96 | 1,8869 |
| » 0,52 | 1,6366 | » 0,98 | 1,9103 |
| » 0,54 | 1,6420 | | |

Tav. III.
Superficie della lunetta circolare di raggio r
in vòlta circolare di raggio R .

| Rapporto | Superficie | Rapporto | Superficie |
|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| $\frac{r}{R} = 0,10$ | $r^2 \times 0,0787$ | $\frac{r}{R} = 0,56$ | $r^2 \times 0,4698$ |
| » 0,12 | 0,0945 | » 0,58 | 0,4892 |
| » 0,14 | 0,1104 | » 0,60 | 0,5090 |
| » 0,16 | 0,1263 | » 0,62 | 0,5292 |
| » 0,18 | 0,1422 | » 0,64 | 0,5497 |
| » 0,20 | 0,1583 | » 0,66 | 0,5707 |
| » 0,22 | 0,1744 | » 0,68 | 0,5922 |
| » 0,24 | 0,1905 | » 0,70 | 0,6142 |
| » 0,26 | 0,2069 | » 0,72 | 0,6368 |
| » 0,28 | 0,2233 | » 0,74 | 0,6600 |
| » 0,30 | 0,2398 | » 0,76 | 0,6838 |
| » 0,32 | 0,2564 | » 0,78 | 0,7084 |
| » 0,34 | 0,2731 | » 0,80 | 0,7337 |
| » 0,36 | 0,2900 | » 0,82 | 0,7599 |
| » 0,38 | 0,3070 | » 0,84 | 0,7870 |
| » 0,40 | 0,3242 | » 0,86 | 0,8151 |
| » 0,42 | 0,3417 | » 0,88 | 0,8443 |
| » 0,44 | 0,3593 | » 0,90 | 0,8747 |
| » 0,46 | 0,3770 | » 0,92 | 0,9063 |
| » 0,48 | 0,3951 | » 0,94 | 0,9395 |
| » 0,50 | 0,4133 | » 0,96 | 0,9741 |
| » 0,52 | 0,4318 | » 0,98 | 1,0104 |
| » 0,54 | 0,4507 | | |

MECCANICA APPLICATA

PROBLEMI

SULLA TEORIA DELLE MACCHINE IN GENERALE.

I cultori di molte scienze hanno pubblicato e pubblicano dei problemi sulle teorie generali, onde chiarire l'applicazione di queste nei casi particolari.

Ho in animo di fare altrettanto per la scienza delle macchine, e credo di accingermi a cosa utile (almeno dal lato teorico) e sino ad ora trascurata.

Cosa utile, in primo luogo, perchè questa scienza, che ha un vasto campo d'applicazione, e si serve di parecchie altre, offre grande varietà tanto nelle questioni quanto nei modi di

risolverle. In secondo luogo, perchè nella sua pratica, ossia nella costruzione delle macchine, le teorie generali sono applicate poco esattamente e si rifugge spesso da calcoli rigorosi.

Ciò avviene sia per mal vezzo, sia per ignoranza, sia perchè molte costruzioni non potrebbero avvantaggiarsi da rigorosità di calcolo, sia infine perchè le condizioni pratiche risultanti da difficoltà ed esigenze di fabbricazione, dall'elasticità richiesta nel funzionamento, dalla variabilità delle condizioni di lavoro, debbono venire preposte alle condizioni teoriche.

In precedenti pubblicazioni ho già trattato con metodi miei alcune questioni e le ho corredate di esempi. Così nel lavoro *Volani e regolatori nelle motrici a vapore* (1) ho indicato il calcolo esatto di un volano, tenendo conto o meno delle masse a moto alternato. Nella nota *Sulle velocità del massimo rendimento nelle turbine a reazione* (1) ho dato un metodo per determinare quella velocità, ed in generale per studiare l'andamento relativo ad un'altra. Nella nota *Sulla tranquillità d'andamento dei manovellismi* (2) ho mostrato come si possano determinare tutti gli elementi degli urti nelle coppie cinematiche di un manovellismo motore. E così via.

Oggi pubblico una prima serie di problemi, e per ora essenzialmente sulle macchine termiche, che più delle idrauliche si prestano ad un trattamento rigoroso. A questa serie ne seguiranno altre.

Nelle motrici a vapore indicheremo con:

d = diametro di uno stantuffo;

c = sua velocità;

s = sua corsa;

F = sua sezione utile;

n = numero di giri;

V_r = volume di un ricevitore;

p_c = pressione nel condensatore;

p = pressione in caldaia;

N = numero di cavalli meccanici;

G = consumo orario di vapore in chg.;

G_m = » » » nell'involuppo in chg.;

G_i = » » d'acqua d'iniezione in chg.;

G_o = peso del vapore racchiuso nello spazio nocivo in chg.;

q_t = temperatura (3) dell'acqua d'iniezione;

q_c = » » di condensazione.

Gli altri simboli risultano dal diagramma teorico (fig. 13);

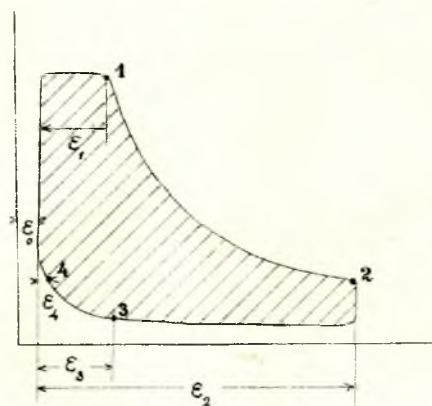


Fig. 13.

le ϵ sono espresse in percentuale di corsa; nelle motrici Compound i simboli relativi all'alta pressione sono individuati dall'apice 1.

(1) Edizione Camilla e Bertolero, 1890.

(2) Vedi l'*Ingegneria Civile*, 1892-1893.

(3) *Flüssigkeitswärme*.

PROBLEMA I.

Si richiede lo studio calorimetrico di una motrice a vapore monocilindrica, con condensatore a miscela, essendo dato:

| | | |
|----------------|------------------------|-----------------------|
| $d = 750$ | $\varepsilon_0 = 0,03$ | $G = 3792,0$ chg. |
| $s = 1500$ | $\varepsilon_1 = 0,16$ | $G_m = 235,20$ » |
| $p = 7,2$ atm. | $\varepsilon_2 = 1,0$ | $q_i = 10^{\circ}$ |
| $p_1 = 7,0$ » | $\varepsilon_3 = 0,05$ | $q_s = 31^{\circ},73$ |
| $p_c = 0,1$ » | $\varepsilon_4 = 0$ | $n = 40$ |
| $p_2 = 0,16$ » | | |

Calcoliamo anzitutto i lavori L_1, \dots, L_4 , rispettivamente sviluppati nelle quattro fasi, ed avremo:

| | | |
|--------------|---|-----------------|
| Ammissione | $L_1 = \varepsilon_1 F s p_1 = 7425$ | chgm. |
| Espansione | $L_2 = F s (\varepsilon_1 + \varepsilon_2) p_1 \ln \frac{1 + \varepsilon_1}{\varepsilon_1 + \varepsilon_2} = 14746$ | » |
| Scarico | $L_3 = - F s (1 - \varepsilon_3) p_3 = -1003$ | . . . » |
| Compressione | $L_4 = - F s (\varepsilon_3 + \varepsilon_4) p_3 \ln \frac{\varepsilon_3 + \varepsilon_4}{\varepsilon_3} = -83,63$ | » |

d'onde il lavoro indicato per ogni corsa:

$$L_i = \sum L = 21084,37 \text{ chgm.}$$

Nei punti caratteristici 1, 2, 3, 4, abbiamo:

$$p_1 = \dots = 7,0 \text{ atm.}$$

$$p_2 = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_0}{\varepsilon_2 + \varepsilon_0} p_1 = 1,33 \text{ »}$$

$$p_3 = \dots = 0,16 \text{ »}$$

$$p_4 = \frac{\varepsilon_3 + \varepsilon_4}{\varepsilon_3 + \varepsilon_1} p_3 = 0,432 \text{ »}$$

d'onde:

$$u_1 = 0,27$$

$$u_2 = 1,32$$

$$u_3 = 10,0$$

$$u_4 = 4,06.$$

Riferendosi ad una corsa, e ponendo $x_3 = 1$ (vedi nota), avremo:

$$G = \frac{G^1}{2 \times n \times 60} = 0,790 \text{ chg.}$$

$$G_0 = \frac{F s (\varepsilon_3 + \varepsilon_0)}{x_3 u_3 + \sigma} = 0,00564 \text{ chg.}$$

$$G_i = G \frac{\lambda_2 - q_s}{q_s - q_i} = 25 G = 19,75 \text{ chg.}$$

$$G_m = \frac{G_m^1}{2 \times n \times 60} = 0,049 \text{ chg.}$$

Per i titoli del vapore si ricava:

$$x_1 = \left[\frac{F s}{G + G_0} (\varepsilon_1 + \varepsilon_0) - \sigma \right] \frac{1}{u_1} = 0,52$$

$$x_2 = \left[\frac{F s}{G + G_0} (\varepsilon_2 + \varepsilon_0) - \sigma \right] \frac{1}{u_2} = 0,67$$

$$x_3 = \dots = 1$$

$$x_4 = \left[\frac{F s}{G_0} (\varepsilon_4 + \varepsilon_0) - \sigma \right] \frac{1}{u_4} = 0,92$$

Indicando infine con Q_1, \dots, Q_4 le quantità di calore suc-

cessivamente scambiate tra cilindro e vapore durante le quattro fasi, si ottiene:

$$Q_1 = G (q + x r + A p \sigma - q_1 - x_1 p_1) + G_0 (q_1 + x_1 p_1 - q_1 - x_1 p_1) - A L_1 = 160,8 \text{ cal.}$$

$$Q_2 = (G + G_0) (q_2 + x_2 p_2 - q_1 - x_1 p_1) + A L_2 = 32,87 \text{ cal.}$$

$$Q_3 = G_i (q_3 - q_i) - G (q_2 + x_2 p_2 - q_1 - A p \sigma) + G_0 (q_3 + x_3 p_3 - q_2 - x_2 p_2) - A L_3 = 130,50 \text{ cal.}$$

$$Q_4 = G_0 (q_4 + x_4 p_4 - q_3 + x_3 p_3) - A L_4 = 0,06 \text{ cal.}$$

La quantità di calore Q_r sviluppata dall'attrito tra stantuffo, stelo e cilindro è data (secondo Hirn) da:

$$Q_r = 0,01 A L_i = 0,492 \text{ cal.}$$

La quantità Q_m proveniente dall'involuppo, per cui vapore poniamo $x = 0,95$, risulta di:

$$Q_m = G_m x (p_1 + A p_1 u_1) = 23,7 \text{ cal.}$$

Finalmente le quantità Q_s di calore perduta ad ogni corsa per radiazione esterna sarà:

$$Q_s = Q_1 - Q_2 - Q_3 - Q_4 + Q_m + Q_r = 21,562 \text{ calorie.}$$

Nota. — Pel calcolo di G_0 , essendo necessario scegliere x_3 o x_4 , uno dei quali titoli si avvicina sensibilmente all'unità, conviene porre = 1 il maggiore di essi. E siccome il titolo x_m corrispondente ad una posizione qualsiasi ε_m è dato da:

$$x_m = \text{cost.} \frac{\varepsilon_m + \varepsilon}{u_m}$$

e nel nostro caso:

$$\frac{\varepsilon_3 + \varepsilon_0}{u_3} > \frac{\varepsilon_4 + \varepsilon_0}{u_4}$$

così abbiamo posto $x_3 = 1$.

PROBLEMA II.

All'imbocco di un tunnel sono disposti dei compressori per servizio delle perforatrici ad aria compressa. È richiesto il diametro D della condotta orizzontale d'ammissione che collega i primi alle seconde, essendo dato:

Lunghezza del condotto $L = 7500$ m.;

Consumo orario = 10.000 chg. d'aria;

$t_e = 10^{\circ}$; $t_i = 30^{\circ}$;

$p_e = 8,25$ atm.; $p_i = 8$ atm.

Gli indici e ed i individuano i valori relativi alle estremità esterna ed interna del condotto.

Pel moto di un gas in un condotto orizzontale si scrive notoriamente:

$$d \frac{w^2}{2g} + \lambda \frac{ds}{D} \frac{w^2}{2g} = -v dp \quad (1)$$

indicando con w le velocità, con ds l'elemento di lunghezza, con v i volumi specifici, con λ il coefficiente di resistenza.

Detta G la portata in chg., sostituendo nella (1) ed integrando, si ottiene:

$$\frac{8 G^2}{\pi^2 D^5 g} \int \frac{dv^2}{v^2} + \frac{8 \lambda G^2}{\pi^2 D^5 g} \int ds = \int - \frac{dp}{v} \quad (2)$$

Per risolvere l'ultimo integrale è necessaria una relazione tra p e v ; possiamo ricavarla ricorrendo alla relazione generale per i gas perfetti:

$$p v = R T \quad (3)$$

Infatti siccome nel nostro condotto, partendo dall'imbocco, la temperatura aumenta e la pressione diminuisce, e siccome l'aumento e la diminuzione possono ritenersi uniformi, così le pressioni e temperature a distanza l dall'imbocco potranno esprimersi colle:

$$\begin{aligned} T &= T_e + \mu l \\ p &= p_e - \varepsilon l \end{aligned} \quad (4)$$

dove μ e ε sono due coefficienti determinati dalle:

$$\begin{aligned} T_i &= T_e + \mu L \\ p_i &= p_e - \varepsilon L. \end{aligned}$$

Epperò la (3) si scrive:

$$p(a+v) = R T_e + a p_e = C = \text{cost.} \quad (5)$$

dove:

$$a = R \frac{\mu}{\varepsilon} = \text{cost.} \quad (6)$$

Ciò posto si ricava:

$$\int -\frac{dv}{v} = C \int \frac{dv}{(a+v)^2 v};$$

per risolvere l'integrale pongo:

$$\frac{1}{a+v} = x$$

ed ottengo:

$$\begin{aligned} \int \frac{dv}{(a+v)^2 v} &= -\int \frac{x dx}{1-ax} = \frac{x}{a} + \frac{1}{a^2} \log(1-ax) + \\ &+ c = \frac{1}{a(a+v)} + \frac{1}{a^2} \log\left(1 - \frac{a}{a+v}\right) + c. \end{aligned}$$

Integrando ora la (2) tra i limiti v_e e v_i si ottiene:

$$\begin{aligned} \frac{16 G^2}{\pi^2 D^3 g} \log \frac{v_i}{v_e} + \frac{8 \lambda G^2 L}{\pi^2 D^3 g} &= \\ = C \left[\frac{1}{a(a+v)} + \frac{1}{a^2} \log\left(1 - \frac{a}{a+v}\right) \right]_{v_e}^{v_i} \quad (7) \end{aligned}$$

Pei valori dei limiti basta ricordare che:

$$T_e = 283^\circ \text{ d'onde } v_e = \frac{R T_e}{p_e} = 0,401$$

$$T_i = 303^\circ \text{ d'onde } v_i = \frac{R T_i}{p_i} = 0,141.$$

Il coefficiente λ si prende, secondo *Grashof*:

$$\lambda = 0,01355 + \frac{0,001235 + 0,01 D}{D \sqrt{w_e}}$$

La (7) è un'equazione di 5° grado in D ; eseguendo i calcoli numerici si ricava:

$$D = 0,299 \text{ m.}$$

pel valore del diametro richiesto.

PROBLEMA III.

Dal diagramma teorico di una motrice monocilindrica, con condensazione a miscela, nella quale:

$$d = 350 \quad s = 700 \quad n = 85$$

si è rilevato:

$$N_i = 67$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_0 &= 0,03 & p &= 7 \text{ atm.} \\ \varepsilon_1 &= 0,15 & p_1 &= 6,5 \text{ »} \\ \varepsilon_3 &= 0,05 & p_3 &= 0,25 \text{ »} \end{aligned}$$

Dato che si alimenti dal condensatore, si domanda se è più economico collegare le pompe d'alimentazione e ad aria direttamente colla motrice, oppure muoverle con appositi motorini, il cui vapore di scarico serva a preriscaldare l'acqua d'alimentazione.

Il consumo orario G di vapore in chg. è:

$$G = 3600 \frac{F s n}{30} \left[\frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_0}{x_1 u_1 + \sigma} - \frac{\varepsilon_3 + \varepsilon_0}{x_3 u_3 + \sigma} \right]$$

la quale espressione, posto con abituale e buona approssimazione $x_3 = 1$, determinato x_1 colla formola di Hermann:

$$x_1 = 0,4 + 0,5 \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_0}{1 + \varepsilon_0} \left[z_1 - \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_0}{1 + \varepsilon_0} \right] = 0,55$$

e rilevato dalla tabella dei vapori saturi:

$$u_0 = 6,19 \quad u_1 = 0,30$$

fornisce:

$$G = 675 \text{ chg.}$$

cui corrisponde un consumo di 10,07 chg. per 1 N_i — ora.

Supposto per l'acqua di condensazione $q_1 = 35^\circ$, ed avendosi per vapore a 7 atmosfere:

$$\lambda = q + \rho + A p u = 656,53 \text{ cal.}$$

saranno complessivamente necessarie ogni ora:

$$G(\lambda - q_0) = 419532,75$$

calorie teoriche.

La pompa d'alimentazione deve vincere tali resistenze che il suo lavoro teorico si eguaglia con buona approssimazione a 2,5 volte il lavoro effettivo; essa richiederà quindi:

$$\frac{675 \times 60 \times 2,5}{3600 \times 75} = 0,375 \text{ N}$$

ossia un consumo di 3,78 chg. di vapore all'ora.

Pel lavoro della pompa ad aria abbiamo anzitutto:

$$G_e = G \frac{\lambda_2 - q_2}{q_2 - q_0}$$

dove:

$$\lambda_2 \text{ (per 1,1 atm.)} = 637,25 \quad q_2 = 10^\circ \quad q_0 = 35^\circ$$

quindi:

$$G_e = 16875 \text{ chg.}$$

Supponendo un rendimento $\mu = 0,8$ ed una contropressione di 1,5 atm., il lavoro sarà dato da:

$$\frac{(G + G_e) 15}{3600 \times 75 \times 0,8} = 4,218 \text{ N}$$

cui corrisponde un consumo di 12,265 chg. di vapore all'ora.

Le due pompe richiedono dunque complessivamente:

$$(3,78 + 12,265)(\lambda - q) = 9972,448$$

calorie all'ora.

Supponiamo invece di avere un cavallino d'alimentazione ed un piccolo motore per la pompa ad aria; entrambi lavorano in condizioni sfavorevoli e consumeranno circa 40 chg. di vapore per 1 N_i — ora; pel secondo dobbiamo supporre un rendimento:

$$\eta = 0,6.$$

Epperò il cavallino dovrà sviluppare:

$$0,375 \text{ N}$$

il piccolo motore:

$$\frac{(G + G_e) 15}{3600 \times 75 \times 0,6} = 1,624 \text{ N}$$

e consumeranno assieme:

$$(0,375 + 1,624) 40 = 79,96$$

chg. di vapore all'ora. Si avrà quindi un maggior consumo nel caso attuale di fronte al precedente di 63,92 chg. di vapore ogni ora, ed un'alimentazione oraria di 738,92 chg. d'acqua.

Ciò posto, supponiamo che l'80 0/0 delle 636,72 calorie (1 atm.) che ancora possiede ognuno dei 79,96 chg. di scarico dalle pompe, possa venire ceduto all'acqua d'alimentazione; la temperatura di questa sarà portata a:

$$\frac{0,8 (636,72 - 35) \times 79,96}{738,92} + 35 = 87^\circ.$$

Saranno quindi complessivamente necessarie ogni ora:

$$738,92 (656,53 - 87) = 420837,11$$

calorie teoriche. Ne risulta un maggior consumo di 1304,36 calorie ogni ora nel caso di motori speciali per le pompe, rispetto al caso del loro collegamento diretto colla motrice.

Si noti che date altre condizioni, e mantenendo il preriscaldamento dell'acqua d'alimentazione mediante lo scarico delle pompe isolate (indispensabile per la razionalità dell'andamento), può darsi che il vantaggio economico passi dalla parte di queste ultime. Esse offrono poi tali vantaggi pratici, che, specie nei grandi impianti, dovrebbero essere preferite; infatti cominciano ad esserlo.

Roma, novembre 1893.

UGO ANCONA.

CRONACA

Il grid» di un'anima convinta per una radicale riforma del nostro insegnamento superiore. — L'onorevole Colombo, professore del R. Istituto tecnico superiore di Milano, e Deputato al Parlamento, sotto la forma fin troppo modesta di un cenno bibliografico intitolato « Un libro istruttivo » (1) che pubblicò nel giornale « Il Politecnico » (1893, pag. 709-711) ha spezzato anche troppo timidamente, una sua lancia in favore dell'avvenire del nostro insegnamento superiore.

L'autorità del chiarissimo professore Colombo, il cui nome è egualmente famigliare agli ingegneri di tutte le Scuole italiane viene un po' tardi, se vuoi, ma pur sempre in tempo e molto efficacemente a confermare quanto da vent'anni andiamo sostenendo in queste colonne per il migliore e più utile indirizzo delle nostre scuole d'ingegneria. Non staremo qui a ripetere le cose dette e ripetute da tempo, e che i lettori conoscono; ma ci compiaciamo invece di riprodurre le testuali e autorevoli parole del prof. Colombo e di chiamare su di esse l'attenzione de' lettori.

« L'istituzione dei laboratori di meccanica, raccomandata nella pubblicazione dei signori Dwelshauvers-Dery e Weiler, non è che una piccola parte di quella grande riforma che l'insegnamento superiore attende da qualche tempo e che ha trovato già una larga attuazione nelle Università americane. Non solamente gli studi di scienza applicata, l'insegnamento delle scienze d'osservazione e quello delle tecnologie, ma gli stessi studi economici, sociali, giuridici e storici non si possono più fare oggi giorno in modo serio ed efficace, senza aggiungere il laboratorio alla scuola, senza accompagnare, cioè, l'insegnamento orale con esperienze, con ricerche, con studi speciali lasciati all'iniziativa dell'allievo sotto la sorveglianza del professore, e diretti in guisa, non solo da mettere l'allievo in un ambiente eguale a quello della pratica nella quale sta per entrare, ma anche da eccitare in lui lo spirito d'osservazione, la libertà del raziocinio, l'abitudine di pensare alle cose e di valutarle esattamente col metodo sperimentale.

« L'insegnamento della chimica non si è mai saputo concepire senza laboratori; quello della fisica li ha già da qualche tempo adottati negli Istituti speciali superiori; ed ora anche l'insegnamento della meccanica dovrà di necessità trasformarsi nel medesimo senso. Ma anche la storia, per citare un altro ordine di scienze, è il risultato delle ricerche negli archivi, dell'interpretazione delle fonti, delle esplorazioni sui luoghi che furono teatro di dati avvenimenti; anche l'economia politica ha bisogno di desumere le sue leggi dai fenomeni economici, dalla statistica degli scambi, dalle variazioni dei costi delle merci secondo le epoche ed i paesi. Non si potrebbe quindi immaginare un insegnamento perfetto di simili materie senza la parte pratica e sperimentale, come non si potrebbe immaginare l'insegnamento delle materie mediche senza le cliniche. Le sole lezioni orali, mentre non offrono all'allievo il riscontro e il controllo dell'esperienza, lo disavvezzano anche dal pensare colla propria testa; il laboratorio parallelo al corso orale, invece, sia esso un laboratorio di meccanica, o un laboratorio di studi storici ed economici, lo obbliga a ragionare e a fare da sé.

(1) *Referendum des Ingénieurs*; enquête sur l'enseignement de la Mécanique par M. V. DWELSHAUVERS-DERY professeur de Mécanique appliquée à l'Université de Liège, et JULIEN WEILER, ingénieur.

« Non è quindi senza un pensiero all'avvenire del nostro insegnamento, che noi abbiamo voluto chiamare l'attenzione sulla recente pubblicazione dei signori Dwelshauvers-Dery e Weiler. I tempi sono maturi per una riforma dell'istruzione superiore: ed è naturale e giusto che essa debba cominciare dalle scuole che si fondano sulle così dette scienze positive, come le scuole d'ingegneria. L'impulso per questa riforma dovrebbe venire dall'alto (?) nei nostri paesi, ove tutta l'iniziativa è lasciata al Governo, ove tutto è regolamentato e irreggimentato; ma c'è poco da sperare che venga... Potrebbe supplirvi quell'iniziativa locale o individuale, che in America è la molla di tutte queste istituzioni; e forse non sarebbe vano sperarlo, almeno laddove l'iniziativa locale è più viva... (E qui l'egregio professore accenna naturalmente a Milano dove si stanno facendo studi per avviare al nuovo indirizzo gli Istituti scientifici superiori milanesi). Ma, soggiunge e conclude, da qualunque parte l'iniziativa venga, una riforma in questo senso degli studi superiori è necessaria, anzi è urgente, se vogliamo mantenere alto il livello della coltura scientifica, che è il fondamento di ogni progresso economico ».

Dichiarandoci pienamente d'accordo coll'egregio professore, facciamo plauso alle sue parole, ed esprimiamo a nostra volta l'augurio che anche a Torino dove esiste una Scuola d'Applicazione nata si può dire per mettere in pratica tali precetti, ma che poi per disgraziate circostanze è andata in questi ultimi anni perdendo quasi di vista il proprio scopo; e dove esiste un Museo industriale che nella realizzazione delle idee del professore Colombo potrebbe soltanto trovare il suo vero programma e la sua ragione d'essere, addivengasi col buon volere di tutti a creare quei laboratori di scienza applicata ed a segnare quel nuovo indirizzo agli studi superiori che è necessario a tenere occupate tante giovani intelligenze e sviluppare in esse lo spirito d'iniziativa e l'abitudine della ricerca sulla guida sicura della propria e dell'altrui esperienza.

G. SACHERI.

NOTIZIE

Ferrovia tubolare subacquea fra Calais e Douvres. Progetto del signor EDWARD REED. — Il problema di riunire l'Inghilterra al continente da molto tempo preoccupa gli ingegneri, e fino ad ora varie sono state le proposte fatte più o meno ardimentose.

Fino dal 1802 il signor Mathieu, ingegnere delle miniere, progettava la perforazione di un tunnel sotto il passo di Calais ed il signor Fox, illustre uomo di Stato inglese, ne accoglieva favorevolmente l'idea; però i mezzi limitati di cui poteva disporre l'arte tecnica in quel tempo, ed il forte capitale necessario, non permisero di porre il progetto in esecuzione.

Più tardi fu ripresa la questione e si ebbero vari progetti fra i quali quello dei sigg. Schneider e Hersent che consisteva in un ponte gigantesco collegante le due rive opposte. L'idea fu però combattuta dalle persone di mare, e da altra parte non trovò appoggio in causa della enormità della spesa necessaria.

Il signor Edward Reed, membro del Parlamento inglese ed ingegnere capo dell'Ammiragliato, propone ora un nuovo progetto. Esso consiste nel calare sul fondo fra le due coste, due tubi metallici tali da poter dar passaggio ciascuno ad una ferrovia. Secondo il progetto, la linea partirebbe da un punto della costa francese al S. del Capo Grisnez e rasentando il Capo del Varne, giungerebbe sulla costa inglese, fra Douvres e Folkestone, dove potrebbe raccordarsi con le due linee South Eastern e London-Chatam-Dover. Lungo questa linea la profondità del mare varia da m. 25 a m. 53; per alcuni tratti il fondo può dirsi pianeggiante, per altri la pendenza è dolcissima, raggiungendo il massimo di 6 per mille.

Il tubo proposto dal sig. Reed è a doppia parete, in ferro od in acciaio; lo spazio interposto è rinforzato radialmente da ferri in forma di I composti ed è riempito di malta di cemento Portland.

Per garantire la libera circolazione delle correnti marine i tubi non poggiano direttamente sul fondo del mare, ma sibbene sopra immense

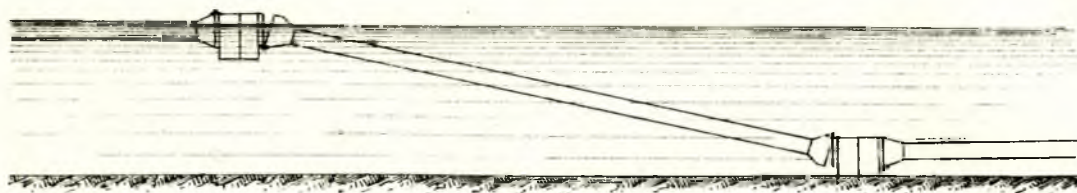


Fig. 14.

pile sottomarine, bassissime: in tal modo si rende pure uniforme la pendenza del tratto interposto fra le stesse.

La ventilazione dei due tubi, secondo l'autore, sarebbe assicurata dal movimento stesso dei treni, che si effettuerebbe sempre in uno stesso senso in ciascun tubo, dovendo l'uno dei tubi fare costantemente il servizio di andata e l'altro quello di ritorno; i treni agirebbero nei tubi come due grossi stantuffi, respingendo dinanzi a sé la colonna di aria più o meno viziata e aspirando dall'altro estremo del tubo una nuova colonna d'aria pura.

Dal punto di vista militare e nazionale il signor Reed difende il suo progetto col fare osservare che essendo i tubi per tutta la loro estensione a non molta profondità sotto il livello del mare, ed emergendo la loro estremità sulle due coste per una lunghezza di circa un chilometro per parte, essi sono facilmente attaccabili dalla dinamite e dalle torpedini, tanto dalla costa, quanto dalle navi nel canale, e quindi coll'allagamento puossi interrompere la comunicazione.

Il costo dell'opera sarebbe, secondo l'autore, di 375 milioni di lire, importo molto inferiore a quello dei progetti fino ad ora presentati, fra i quali il ponte, per il quale si esigerebbe una spesa di 900 milioni.

L'A. descrive anche il modo di affondamento dei tubi, che è assai originale. I tubi dovrebbero costruirsi in pezzi della lunghezza di circa 100 m., chiusi ermeticamente ai loro estremi, in modo da poter galleggiare ed essere così rimorchiati fino al luogo dell'impiego.

Le pile avrebbero forma di grossi cassoni, a ciascuna fronte dei quali sarebbero innestati due tubi, e dovrebbero essere affondate con i tubi stessi nel seguente modo.

È chiaro che se si ha un tubo galleggiante, e con un mezzo qualunque si obbliga una delle estremità a discendere fino al fondo, l'altra estremità emergerà, e il tubo prenderà una posizione inclinata. I diversi pezzi sono così discesi successivamente, collegati tra loro per mezzo di formidabili cerniere, e di un cassone-pila galleggiante che si fa discendere sul fondo zavorrandolo convenientemente. La figura 14 spiega anche meglio l'operazione semplicissima colla quale vengono discesi i diversi pezzi l'uno dopo l'altro.

Per resistere agli sforzi trasversali che possono prodursi nei tubi, quando una delle loro estremità resta a fior d'acqua, il signor Reed propone che i due tubi paralleli, distanti circa 70 piedi, vengano collegati da forti traverse metalliche, in modo da avere una specie di grande ferro in forma di I adagiato orizzontalmente, il quale offrirebbe una grande resistenza agli sforzi provenienti dal movimento dell'acqua.

(Génie Civil).

Progresso delle locomotive stradali in Inghilterra. — Il sig. John Mac Laren, uno tra gli Ingegneri i quali siansi maggiormente occupati in Inghilterra della questione delle locomotive stradali, ha pubblicato una interessante Memoria che il giornale *Ironmonger* di Londra così riassume:

Malgrado i molti ostacoli che si oppongono allo sviluppo dei mezzi di trasporto col vapore sulle strade ordinarie, tuttavia in Inghilterra si contano a migliaia le locomotive stradali, impiegate vuoi a trasportare dalle campagne alle stazioni ferroviarie i prodotti dell'agricoltura, e da queste a quelle i concimi artificiali ed altre merci; vuoi nelle miniere di carbone, nelle cave, nelle fornaci, nelle fabbriche di birra, ecc., per il trasporto dei prodotti al luogo di consumo o di vendita, o delle materie prime ai luoghi di fabbricazione. Ma gran numero di queste macchine vengono adoperate, da una cascina all'altra, al trasporto

delle trebbiatrici, ed a mettere quest'ultime sul posto in movimento per mezzo di una cinghia accavalciata sul volante. Esse adunque funzionano pure come motori fissi, ed è perciò che la locomotiva stradale è destinata poco a poco a rimpiazzare le locomobili finora adoperate in agricoltura con generale buon successo.

I progressi compiutisi nella fabbricazione dell'acciaio fuso hanno reso grandi servigi alla costruzione delle locomotive stradali, permettendo di combinare insieme la leggerezza e la resistenza in alcune parti essenziali e soprattutto negli ingranaggi di trasmissione.

La locomotiva stradale è riuscita oggidì così bene proporzionata ed equilibrata nelle diverse sue parti, che il governo di tali macchine riesce oltremodo facile, ed un operaio di media capacità diviene in pochissimo tempo padrone della macchina, ossia la può dirigere per le vie colla stessa facilità con cui un macchinista della ferrovia guida la sua locomotiva. A meno di qualche straordinaria accidentalità, si può prevedere con sufficiente esattezza il tempo occorrente a percorrere una determinata distanza. Come esempio di lavoro usuale è citato il caso di una macchina in esercizio da 16 anni, che dopo avere lavorato a muovere la trebbiatrice fino a mezzogiorno, partita subito dopo, per andare a prendere un carico a 22 chilometri di distanza, rientrò la sera stessa col carro, dopo avere così percorso nel pomeriggio 44 chilometri tra andata e ritorno.

L'uso delle locomotive stradali in Inghilterra si svilupperebbe ben più, se non vi fossero tante restrizioni legali imposte dal Parlamento. Tra le prescrizioni più vessative v'è l'obbligo di avere le ruote colla corona cilindrica e liscia o tutto al più armate di risalti diagonali, la cui larghezza non superi i 79 millimetri, lo spessore 18, e la distanza vicendevole 75. Queste prescrizioni minute impediscono ogni miglioramento nella costruzione, e s'è presentato il caso che macchine le più perfezionate si sono viste rifiutare il permesso della circolazione perchè le ruote non erano in conformità alle prescrizioni regolamentari, abbenchè gli Ispettori stessi ammettessero che le nuove ruote erano meno nocive alla manutenzione delle strade di quelle prescritte nel regolamento.

Se la velocità dev'essere un poco considerevole, è necessario che le macchine stradali siano montate su molle; la difficoltà che presentava questa disposizione dal punto di vista meccanico, essendo pure stata risolta, i servigi che le locomotive stradali potranno rendere, si sono notevolmente accresciuti. Con macchine appositamente studiate, è stato attuato già da qualche anno, e fu esercitato a condizioni vantaggiose, un servizio di messaggerie tra Grenoble e Lione, per una distanza di oltre 100 chilometri. Il servizio si faceva di notte alla velocità media di 12 chilometri l'ora, e con un carico utile di 5 tonnellate.

Nella Nuova Zelanda le locomotive stradali sospese su molle mettono in comunicazione le fattorie coi porti della costiera per il trasporto di merci, provvigioni e di prodotti agricoli. Una di tali macchine, rimorchiando un carico netto di 20 tonnellate, passò da Christchurch a Grassmere, e ritornò al punto di partenza, percorrendo in totale 240 chilometri in due giorni e mezzo, compresi il tempo necessario per caricare. Le due stazioni essendo a un dislivello di 940 metri, coi mezzi ordinari sarebbero occorsi 11 carri con 5 paia di buoi ciascuno, ossia 110 buoi, ed il viaggio avrebbe durato 12 giorni.

In Inghilterra il costo dei trasporti col mezzo di locomotive stradali può essere ridotto a fr. 0,125 per tonnellata-chilometro. Una Società che eserciva alcune cave economizzò 12 mila franchi in un anno ricorrendo ad una locomotiva stradale. Tale prova indusse la Società a far

subito acquisto di due altre macchine, ed ora essa eseguisce tutti i trasporti per mezzo di locomotiva stradale. L'uso di queste macchine è specialmente indicato per il trasporto di grossi pezzi, come caldaie, piastre di corazzate, ecc.

A Liverpool una locomotiva stradale ha rimorchiato una caldaia marina di 60 tonnellate su di un carro che pesava 20 tonnellate, ossia in totale un peso di 80 tonnellate, alla distanza di 3200 metri in meno di un'ora; e non s'impiegarono che tre uomini. Diversamente sarebbero occorsi 60 cavalli e 20 a 30 persone, e si sarebbe impedita la circolazione per parecchie ore.

(*Chronique de la Société des Ingénieurs Civils*).

Della influenza di considerevoli masse di ferro nelle misure magneto-telluriche. — È nota la necessità di evitare gli errori provenienti da masse di ferro che siano in vicinanza del luogo dove si fanno osservazioni sul magnetismo terrestre. Ed è altresì utile di conoscere fin dove si faccia sentire l'azione di tal causa perturbatrice. Il dottore S. Palazzo ebbe occasione di provare nel 1892 quali fossero le perturbazioni nelle misure del magnetismo terrestre prodotte dalla vicinanza della corazzata Palestro al luogo di osservazione. In seguito ad osservazioni fatte alla Maddalena ed a Caprera, ed in un punto (Villa di Odastròlo) distante quest'ultimo di 135 metri dalla corazzata, trovò che la nave alterava di circa 10' la *declinazione* magnetica della stazione scelta; ma la ingente massa di ferro (peso del ferro a bordo 5500 tonnellate; spessore della corazza 22 centimetri) non aveva influenza sulla *inclinazione* e sulla *intensità orizzontale*.

È ne concluse che, riscontrandosi sensibili irregolarità soltanto nella declinazione, ed avuto riguardo al rapido decrescimento delle azioni magnetiche coll'aumentare della distanza, a soli 200 metri dalla corazzata non si sarebbe più palesata alcuna sensibile differenza nella misura di tutti e tre gli elementi del magnetismo terrestre.

(*Il Nuovo Cimento*).

Nuovo processo per l'estrazione dello zinco dalle piriti, di C. F. CROSELMIRE. — È patentato in Germania, Francia, Inghilterra e Belgio ed è favorevolmente giudicato. Si fonda sull'ossidazione del solfo, a caldo in corrente di aria e vapor acqueo.

Il minerale polverizzato e impastato con poca argilla si foggia a mattonelle, con fori traversanti, destinati a dar maggior contatto all'aria. Queste, dopo essiccamento, sono introdotte in forno a cilindro, rivestito di materiale refrattario e munito nello spessore delle pareti di alcune serie di tubi per introduzione di aria e di vapore. Caricato il forno, e lutata la porta di caricamento, lo si scalda a fiamma diretta di carbone, finchè il solfo incominci a bruciare; poi si sospende il fuoco perchè la combustione del solfo somministra il calor necessario. Quando la massa è sufficientemente calda si iniettano aria e vapore, il cui ufficio, indipendentemente dall'azione chimica, è di moderare la temperatura, che non deve superare il rosso rovente. L'andamento della operazione è sorvegliato con semplicissime prove chimiche, tentate su campioni che si estraggono di tempo in tempo. Il solfo è completamente ossidato in una settimana, dopo di che, raffreddato il forno, le mattonelle sono liscivate con acqua calda all'ebollizione, che esporta tutto lo zinco e parte del ferro allo stato di solfati. L'apparecchio di lisciviazione è costituito di quattro botti in batteria; nella prima, munita di iniettore di vapore, si lisciviano le mattonelle; nella seconda si deposita il ferro allo stato d'ossido, per la decomposizione del solfato; nella terza si precipita lo zinco, come carbonato con soda calcinata e nella quarta, che fa da pozzo filtrante, si separa dal liquido il carbonato ottenuto. Questo contiene 51,90% di zinco (teorico % = 52,06). La differenza è dovuta a impurità della soda impiegata.

Il metodo è raccomandabile per la minima quantità di combustibile occorrente, per la facilità di raccogliere i prodotti secondari (acido solforico e solfato di sodio) e per la minima parte di argento e piombo, che eventualmente accompagnano lo zinco nei minerali lavorati.

(*Rivista Scientifico-Industriale*).

QUESTIONE PROFESSIONALE E DISPOSIZIONI REGOLAMENTARI

Circolare concernente i periti giudiziari, i curatori nelle procedure di fallimento ed i sequestratori giudiziari.

Ministero di Grazia e Giustizia. — Roma, 13 gennaio 1894 — N. 450, Ufficio Stati giudiz., 1310 del registro circolare.

La Commissione per la statistica giudiziaria nella sessione tenuta nel mese di giugno 1893 deliberò di richiamare l'attenzione di questo Ministero sulla opportunità di urgenza d'investigare accuratamente come procedono i servizi delle perizie giudiziarie in materia civile, dei sequestratori giudiziari, e dei curatori nelle procedure di fallimento, dappoichè, secondo l'esame portato sulle annuali relazioni concernenti l'amministrazione della giustizia, erasi potuto rilevare come l'andamento di tali servizi lasci a desiderare, specialmente in taluni luoghi, una maggiore regolarità.

Riconoscendo giusti ed opportuni i concetti che ispirarono il deliberato della Commissione, mi rivolgo alle SS. LL. Ill.me, affinché si compiacciano farmi conoscere:

1° Se presso ciascuna Corte e presso ciascuno dei dipendenti tribunali trovisi un *albo dei periti giudiziari*;

2° Se tale albo sia soggetto a periodiche revisioni e rinnovazioni ed in caso affermativo con quali criteri, ed in quali determinati periodi si compiono la revisione e la rinnovazione;

3° Se l'albo sia diviso in speciali e determinate categorie, secondo la natura delle varie operazioni affidate ai periti;

4° Quale procedura si segua per ottenere la iscrizione nell'albo;

5° Se per quelle materie, nelle quali il conferimento del titolo è subordinato al compimento di un regolare corso di studi, ed alla constatazione del profitto e del merito acquistato mediante giudizio dell'autorità scolastica, siano iscritti nell'albo soltanto coloro che fecero quei determinati studi e che ottennero la constatazione di cui sopra;

6° Di quali precisi requisiti si usi richiedere la dimostrazione per la iscrizione nell'albo di coloro i quali, attese le relative specialità della professione di perito, è consentito l'esercizio di questa, anche senza avere frequentato un regolare corso di studi;

7° Se nei casi di cui al numero precedente sia opportuno accertare, anche mediante esame, la idoneità e attitudine di colui che chiede la iscrizione;

8° Se, non ostante l'esistenza dell'albo, vengano scelti come periti anche individui non iscritti nell'albo stesso;

9° Se avvenga che dal P. M. si provochi la cancellazione dall'albo di chi vi sia illegalmente iscritte, e quale sia la giurisprudenza al riguardo adottata;

10° Se, e come sia attuata dalle Camere di Commercio la disposizione di cui alla lettera C dell'art 2 della legge 6 luglio 1862, n. 650, giusta la quale le Camere anzidette, a richiesta dei Tribunali, debbono compilare i ruoli dei periti per le materie commerciali;

11° Se le SS. LL. reputino conveniente che nei ruoli compilati dalle Camere di Commercio queste debbano limitarsi ad inscrivere coloro che hanno i titoli legali per esercitare la professione peritale in determinate materie, o se invece credono che le Camere predette possano richiedere anche altri requisiti ed a questi subordinare le iscrizioni in ruoli;

12° Se, e come funzionano le disposizioni dell'art. 715 del Codice di Commercio concernenti la formazione dei ruoli dei curatori nelle procedure di fallimento, e quali norme si osservino per la iscrizione nei detti ruoli;

13° Quale ordine si tenga, e quali criteri si seguano nella designazione dei periti nelle controversie civili, nella nomina dei curatori per le procedure di fallimento, e dei sequestratori giudiziari;

14° Se siano designati a tali incarichi anche funzionari dello Stato, ed in caso affermativo, con quali criteri, e per quali speciali motivi siano questi preferiti a coloro che esercitano la libera professione;

15° Quali criteri e norme si seguano circa la tassazione degli onorari spettanti ai periti, ai sequestratori giudiziari ed ai curatori nelle procedure di fallimento;

16° Quali speciali osservazioni siano a farsi circa il modo come funzionano i servizi delle perizie e dei sequestratori giudiziari e dei curatori anzidetti;

17° Se, e come sia esercitata dall'autorità giudiziaria la vigilanza diretta ad accertare che i periti adempiano con sollecitudine ed in conformità di giustizia gl'incarichi ad essa affidati;

18° Se sia ravvisata necessaria una legge speciale, che mediante prescrizioni uniformi, regoli l'assunzione della qualifica di perito giudiziario, e lo istituto delle perizie giudiziali, ed a quali criteri tale legge dovrebbe ispirare, tenuto anche conto delle disposizioni legislative, regolamentarie e consuetudinarie, che circa il servizio delle perizie attualmente si osservano secondo le varie regioni e che saranno all'uopo specificate;

19° Quali provvedimenti siano reclamati, e si possano adottare intanto in linea amministrativa sul più regolare andamento del servizio succitato.

Le SS. LL. vorranno favorire la risposta della presente circolare esponendo pure tutte le altre notizie, osservazioni e proposte che ravviseranno convenienti, mediante particolareggiate relazioni da indirizzarsi a questo Ministero, Ufficio della statistica giudiziaria, non più tardi del 30 aprile p. venturo.

Ai Sigg. Primi Presidenti delle Corti di Appello del Regno. *Pel Ministro: Il Sotto-Segretario di Stato E. DANEQ.*

BIBLIOGRAFIA

1.

Sulla sistemazione dei torrenti. — Nota di CARLO VALENTINI, ingegnere del Genio Civile. — Op. in 8° di pag. 53 con 5 tavole litografate. — Estratto dal *Giornale del Genio Civile*. — Roma, 1893.

Il nome dell'autore non è nuovo ai lettori. Abbiamo avuto occasione di parlare l'anno passato (1893, pag. 47) di altro suo lavoro intitolato della *Sistemazione dei fiumi*.

Or quello studio incominciava per lo appunto con un accenno alla necessità di curare il male dalle origini, incominciando dalla montagna e dai corsi torrentizi per giungere man mano a regolare le condizioni più critiche della pianura, essendochè i lavori al piano e nei corsi di deiezione, da soli, sono insufficienti a fornire una difesa stabile e duratura.

Nella seconda *Memoria* che ci sta sott'occhi, l'ing. Valentini prende appunto a considerare il caso di quei torrenti, i quali oltrechè all'essere un pericolo continuo per le strade e le proprietà, esercitano la loro azione perturbatrice sopra il corso d'acqua di cui sono tributari.

Quind'è che l'Autore ripete doversi pur qui cercare di produrre artificialmente quella pendenza stabile o di definitivo assetto che il corrente tende a procacciarsi per via naturale, ma in tempo necessariamente lungo, ed a spese di erosioni e franamenti, dando ai depositi la forma del profilo di *compensazione*.

Intervenendo con opportune opere, si può produrre artificialmente il profilo di compensazione, sopprimendo le erosioni longitudinali ed i conseguenti franamenti e scoscescimenti laterali. Ma ad ogni modo non si può arrivare dalla pendenza primitiva al profilo di definitivo assetto se non passando per diversi profili o linee di compensazione intermedie. E qui l'autore distingue tre periodi di lavori. Nel primo dei quali si costruiscono briglie alte e distanti, ma in modo che la linea congiungente il piede di una briglia col ciglio di quella successiva, sia inclinata secondo la pendenza di compensazione. Così si costringono le materie trasportate dal torrente a depositarsi dietro le briglie e si ottiene la permanenza del letto.

Intanto col procedere delle opere di rimboscimento e di sistemazione scemano le materie di trasporto e arrivasi così ad uno stato di torrenzialità in cui il profilo di compensazione tende a raddolcirsi e allora incominciano i lavori del 2° periodo, intesi a contrastare qualsiasi nuova tendenza allo scavo costruendo sugli interrimenti formati dalle prime briglie, altre più basse o *soglie*, intercalate fra le precedenti, e destinate a stabilire altrettanti gradini, secondo una linea di 2° compensazione.

Infine quando siano compiuti l'imboscimento e il consolidamento di tutto il bacino di ricevuta, le acque non dovendo più trasportare materie o trasportandone solo in quantità piccolissima, ed avendo tutta la loro forza erosiva, tendono a dare al profilo longitudinale la pendenza d'equilibrio, ossia quella per cui la resistenza delle materie più minute e mobili fa equilibrio alla forza di trasporto.

Si richiedono perciò nuovi lavori complementari per impedire che le briglie e le soglie siano danneggiate o distrutte. Al che basterebbero vimate trasversali all'alveo, e longitudinali al piede delle rive sistemate. Ma come ben osserva l'autore, bisogna prendersi guardia dal ricorrere alle vimate prima che la causa delle alluvioni sia completamente esaurita, perchè altrimenti queste opere in legno possono essere distrutte dalle materie trasportate dalle acque di piena.

Questa la teoria, per non dire addirittura l'ideale da tenersi presente nella sistemazione dei torrenti. Ed è in base a quest'ideale che l'ing. Valentini esamina, descrive i mezzi più acconci e dà i particolari delle opere più adatte, a partire di dove sono burroni e valloni con pendenze fortissime, a venire alla sistemazione dei tronchi a poca pendenza, e di quelli scorrenti sui con di deiezione.

Tutte cose eccellenti, sebbene assai difficili ad attuarsi per l'indeterminata variabilità della sezione dei torrenti, e della natura del terreno che attraversano, per la entità delle spese attuali in confronto di vantaggi da ricavarsi in tempi necessariamente lontani, ma soprattutto per la molteplicità degli interessati, e la difficoltà di convincere in ogni caso ed i privati e le Amministrazioni della convenienza di costituire un Consorzio unico, il quale curi la sistemazione di tutto un torrente, dalle briglie alla foce e secondo l'ordine voluto perchè le materie provenienti dall'alto non abbiano a guastare i lavori che si devono eseguire al basso.

Ad ogni modo l'ingegnere che fosse incaricato di progettare qual-

siasi delle opere idrauliche occorrenti alla sistemazione di un alveo, troverà nella *Memoria* dell'ing. Valentini i dati pratici e i disegni occorrenti meglio che nel miglior capitolo del migliore dei proutuarii.

G. SACHERI.

II.

Ing. PIETRO DE NAVA. — *Sui torrenti della Prima Calabria Ulteriore fra la punta di Calamizzi e il capo Vaticano e sul modo di sistemarli.* — Op. in-8°, di pagine 80. — Reggio Calabria, 1894.

È una variazione sul medesimo motivo, di cui nel precedente cenno bibliografico.

Le Memorie consultate, le Autorità citate sono ancora le stesse. Ma lo scopo della pubblicazione è assai differente. Esso ci pare quello di popolarizzare quei medesimi precetti che, esposti nudi e crudi, e sotto forma algebrica e grafica dall'ing. Valentini, non potrebbero ottenere presso tutti gli interessati alla sistemazione dei torrenti, ed in specie presso le pubbliche e private Amministrazioni quell'accoglimento e quel successo che pur sarebbe desiderabile ottenessero.

Essenzialmente, come dice la stessa prefazione, è un lavoro scolastico che il De Nava presentava alla Commissione esaminatrice della Scuola di Napoli per ottenere il diploma di laurea. Ma la parte, diremo così, teorica o dei principii generali è solo brevemente riassunta nelle prime pagine. Bentosto l'attenzione del lettore è richiamata ai principali torrenti e fiumi torrenziali del versante d'occidente dell'Appennino Calabrese in Provincia di Reggio, alla natura geologica e mineralogica della roccia che è in continuo disfacimento, alle opere inopportune costruite dai rivieraschi negli infimi tronchi, alla necessità di imboscire colline e montagne per premunire la città di Reggio dai tre torrenti che le sono alle spalle e che « sono per lei ciò che è il Vesuvio per Torre del Greco », come diceva un secolo fa Andrea Savarese.

L'A. brevemente riassume le relazioni di Commissioni tecniche governative prima e dopo l'unificazione del Regno. Ma tosto soggiunge che le belle idee di tanti valentuomini dormono negli scaffali, perchè vuoi l'indolenza, vuoi le difficoltà finanziarie, vuoi l'imperfetto o cattivo ordinamento dei Consorzi di arginazione, hanno impedito l'attuazione così dei bei progetti di rimboscimento elaborati dagli Ispettori forestali, come di quelle opere di sistemazione generale sugli alti bacini escogitati da distinti idraulici ed approvati dalle Autorità competenti.

L'A. nella parte seconda si diffonde molto opportunamente a spiegare la duplice azione dei boschi sul consolidamento delle coste dei monti e sul regime dei corsi d'acqua. Scagiona la pratica dell'imboscimento dall'accusa di lungaggine, spiegando come non occorran quercie secolari, e come in Francia, ad attenuare i danni delle piene, siansi estese colla legge dell'8 giugno 1864 alla coltivazione dell'erba in montagna (*gazonnement*) le disposizioni relative all'imboscimento. Certamente non sempre il prato potrà sostituire il bosco; ma dovunque è questione di criterio e di discernimento.

Vorrebbe l'A. che la legge imponesse il rimboscimento, e che non solo lo Stato, le Provincie ed i Comuni, ma anche i privati fossero obbligati a rimboscire, come dispone appunto la legge francese. Deplorea che non sia stato approvato il progetto di legge del luglio 1874 secondo cui i Comuni erano obbligati ad imboscire o ad alienare; perchè quella legge sarebbe stata un passo sicuro sulla via della rigenerazione della montagna.

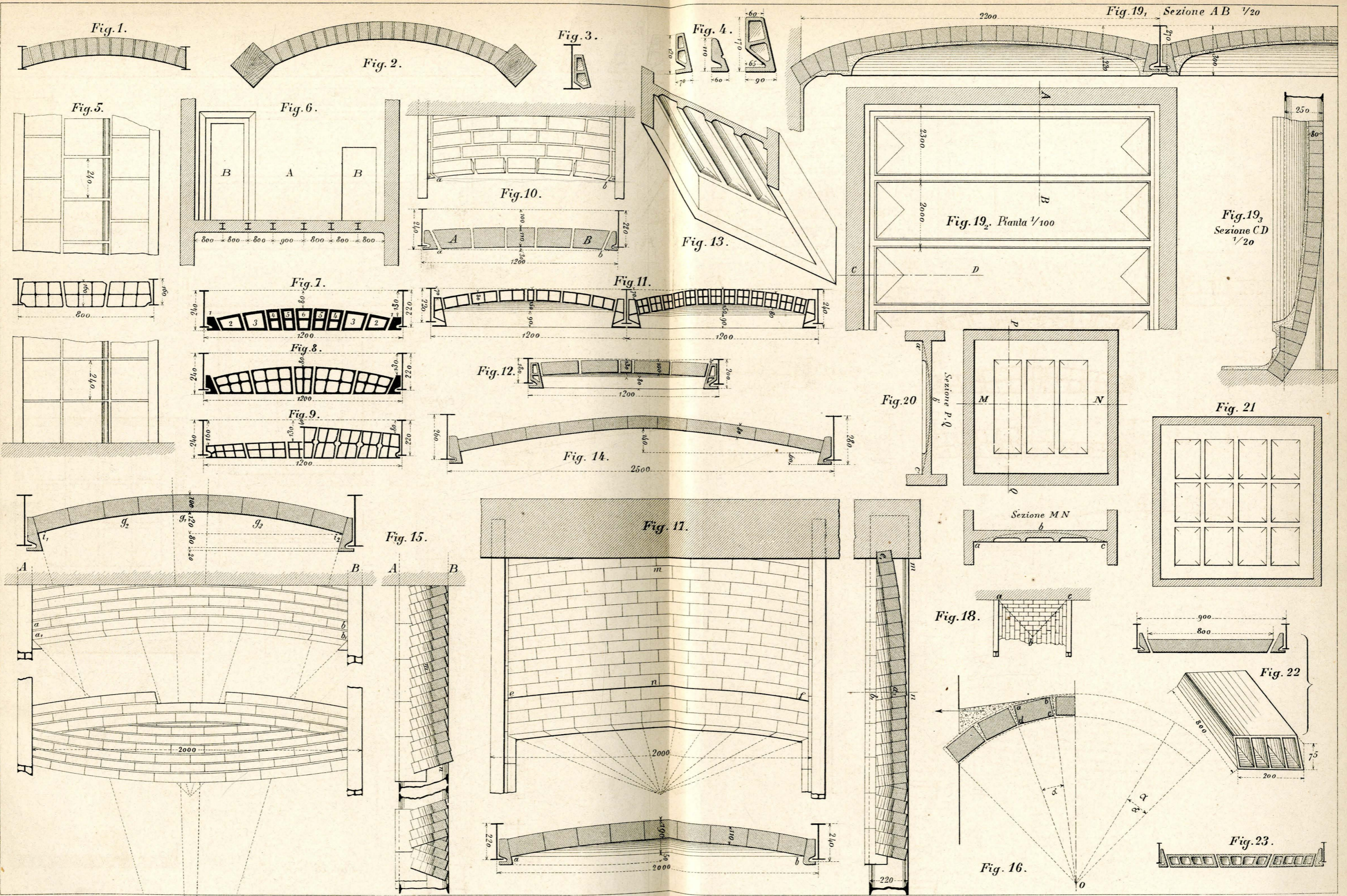
Non seguiremo l'A. nell'ulteriore svolgimento del suo tema, in quanto dimostra l'utilità delle serre e grandi e piccole, e insiste sulla necessità di fare in modo che non solo i tecnici, ma tutti i cittadini capiscano queste verità.

Ma poichè noi crediamo che le verità vogliono essere soprattutto divulgate colla forza dell'esempio, così troviamo molto opportunamente citati a cagion d'onore ed il *Consorzio del torrente Ombrone e delle serre*, formatosi da tempo nel Pistoiese, il quale ha reso e rende segnalati servizi; ed il Consiglio provinciale di Sondrio, il quale con deliberazioni e sussidi incoraggiò la costruzione delle traverse, non che la costituzione di molti Consorzi, e tra questi quello di Villa di Tirano, che frenò una estesissima valle, detta Valmaggione, con ben 250 traverse.

Incoraggiamo vivamente il giovane ingegnere De Nava a proseguire l'apostolato da lui intrapreso con tanto discernimento e pari calore. Non basta inalberare una bandiera; bisogna lavorare senza posa a sostenerla ed a raggiungere lo scopo per cui si è inalberata. Egli non ha ottenuto finora che un primo e buon successo, quello di riscuotere gli elogi del suo chiarissimo maestro ingegnere comm. Bruno della Scuola degli Ingegneri di Napoli.

Ma lo scopo ultimo ed essenziale al quale egli deve mirare è la sistemazione razionale dei torrenti della regione Calabria da lui prediletta. Il lavoro che ci ha presentato, per quanto lodevole, non è che il primo passo e il più facile. Egli ha dimostrato di conoscere i ferri del mestiere e di saperli adoperare. Scenda adunque in campo e lavori e proponga, nè si stanchi di insistere e soprattutto dia opera ad eccitare un pochino più le private iniziative.

G. SACHERI.



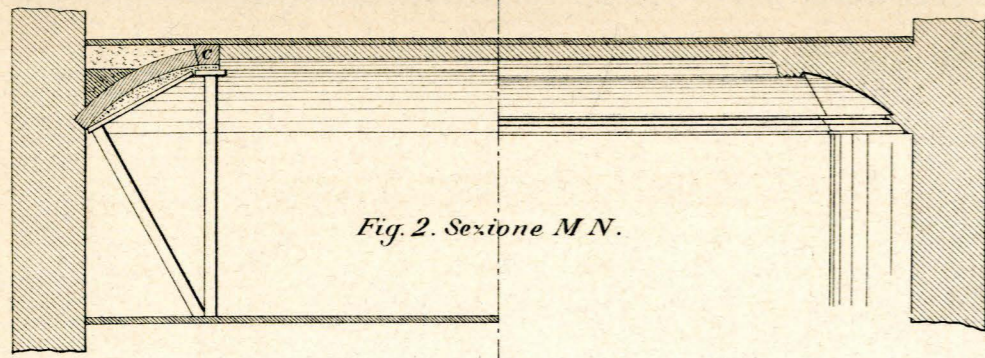


Fig. 2. Sezione M N.

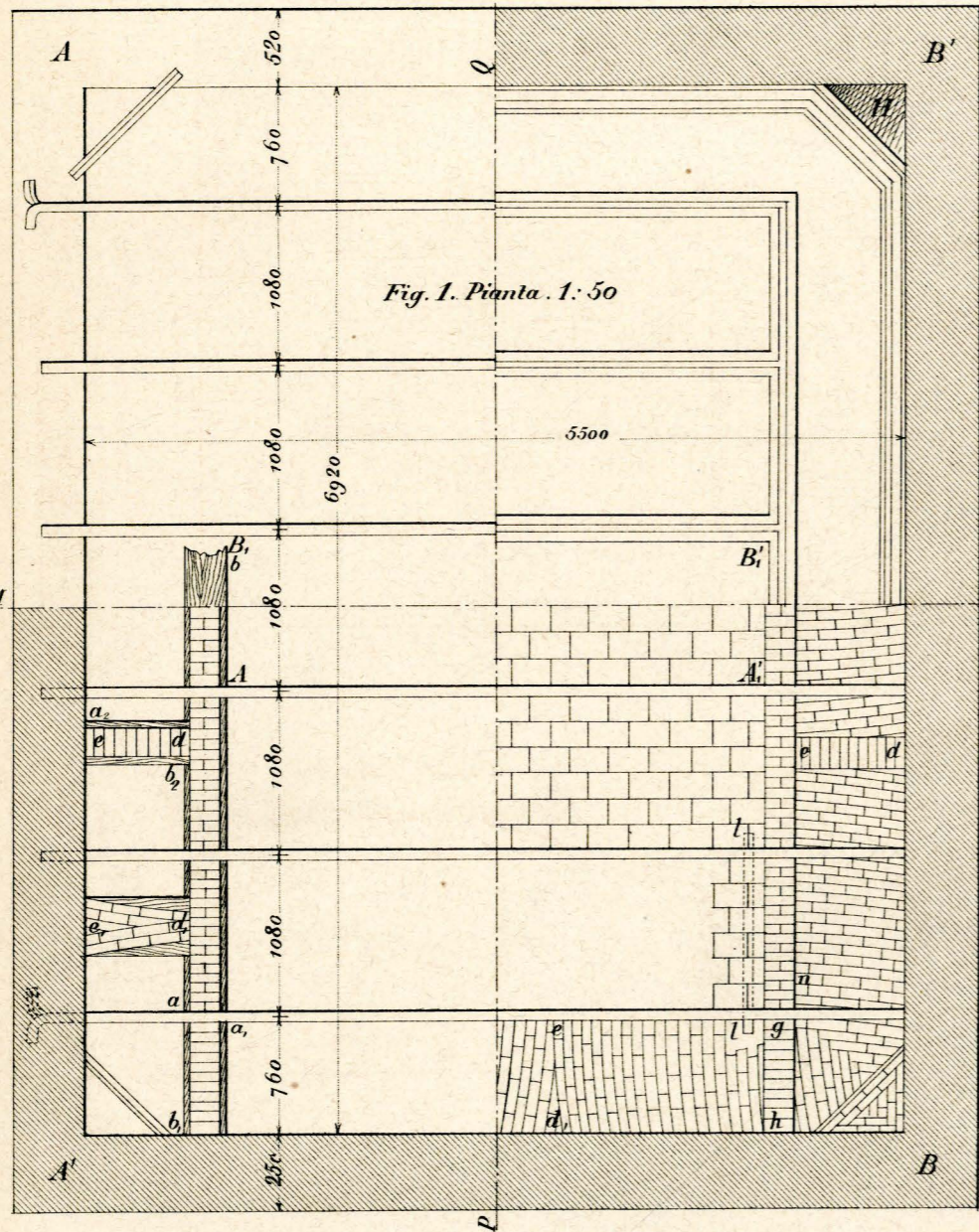


Fig. 1. Pianta. 1:50

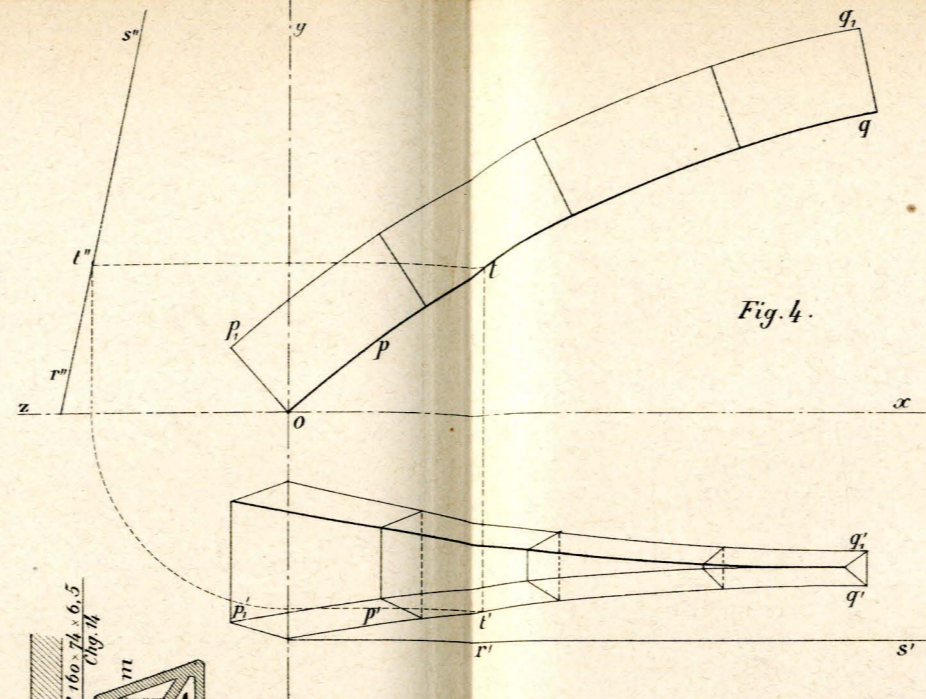


Fig. 4.

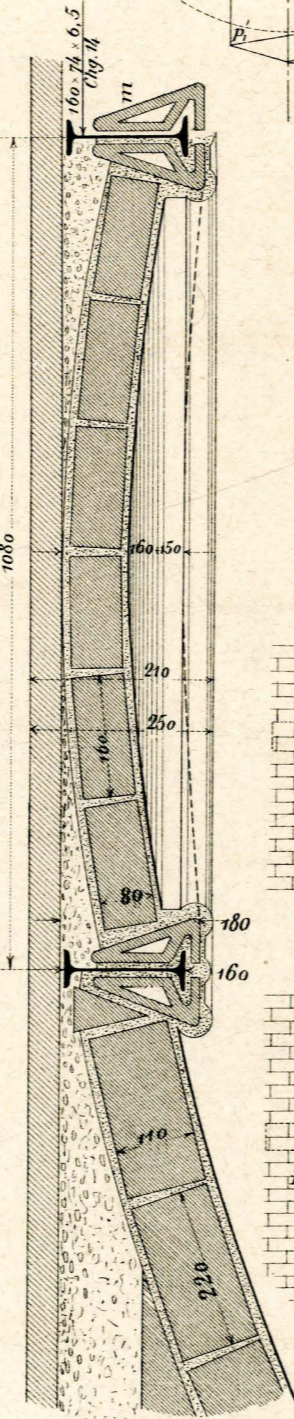


Fig. 3. Sezione PQ. 1:10

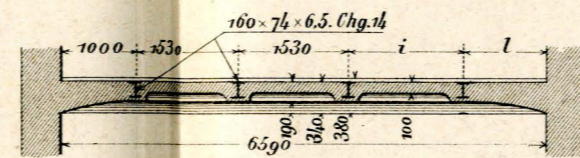


Fig. 6. - 1:100

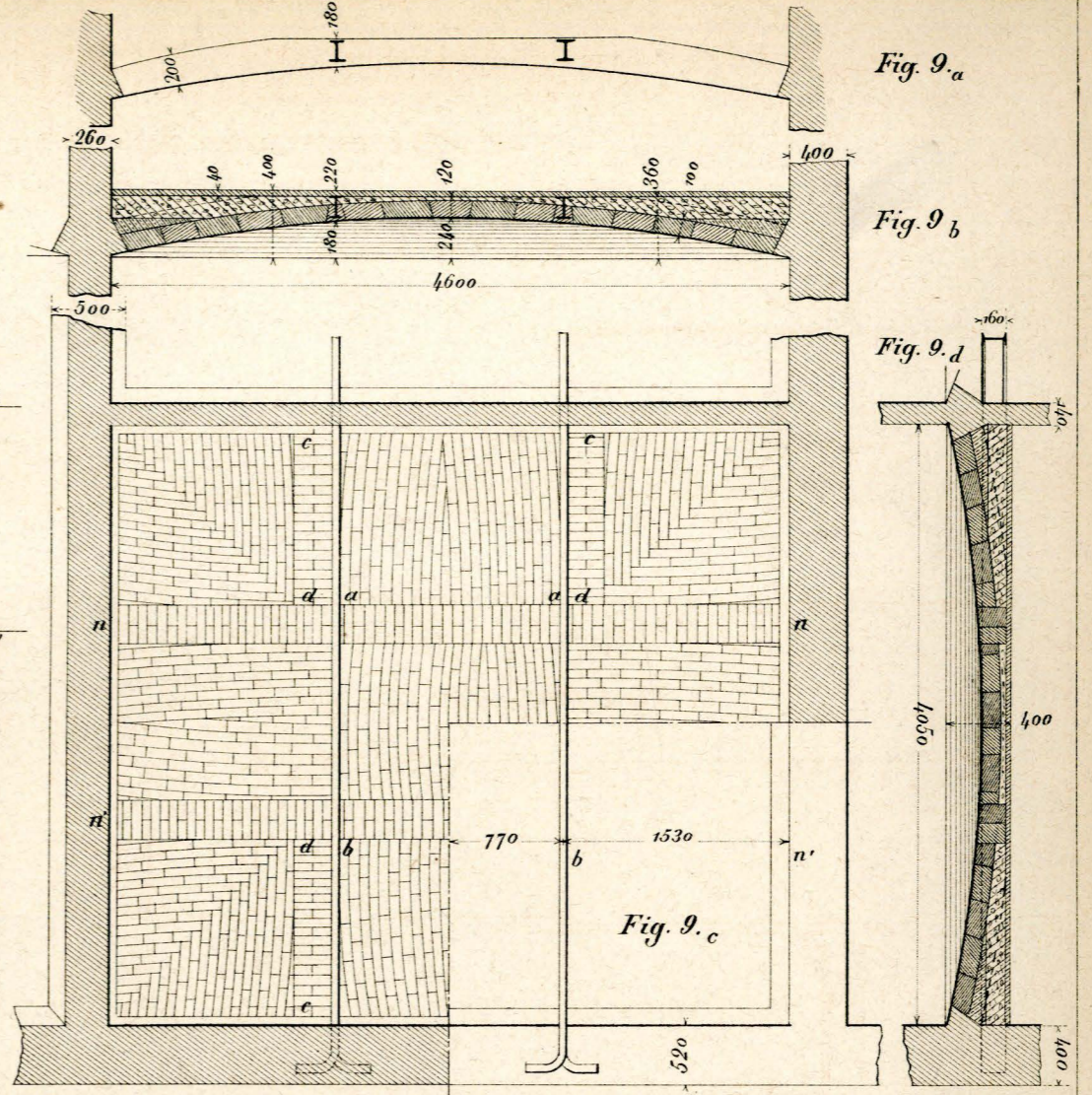


Fig. 9. a

Fig. 9. b

Fig. 9. d

Fig. 9. c

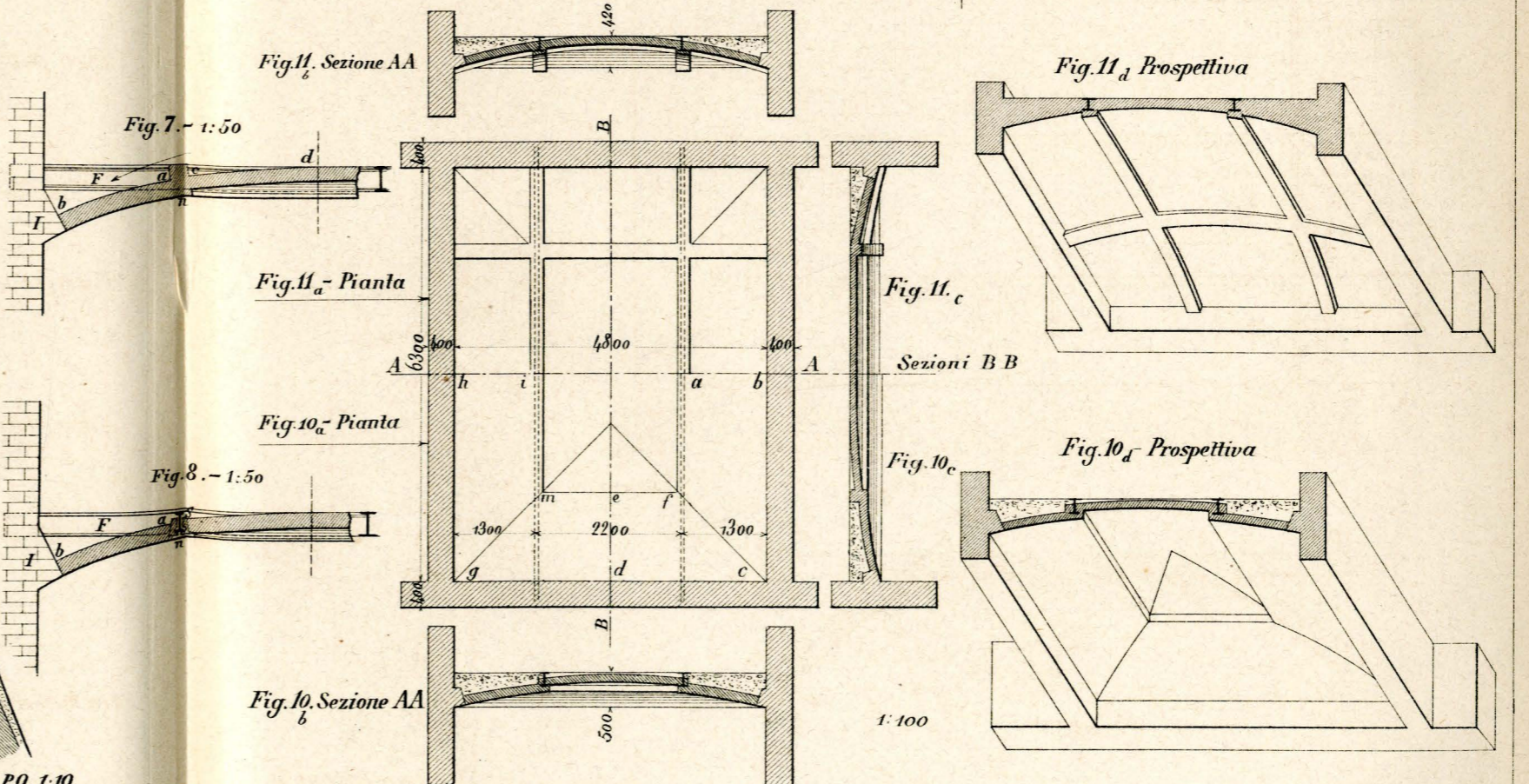


Fig. 7. - 1:50

Fig. 8. - 1:50

Fig. 10. Sezione AA

Fig. 10. Sezione BB

Fig. 10. Sezione AA

Fig. 11. Sezione AA

Fig. 11. Prospettiva

Fig. 11. c

Sezioni B B

Fig. 10. Prospettiva

Fig. 10. c

1:100

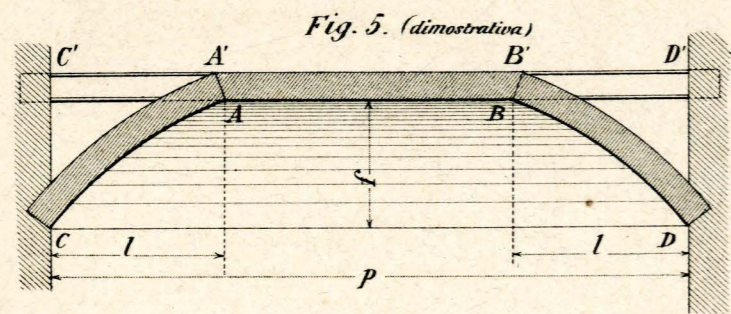


Fig. 5. (dimostrativa)