

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.

TRAZIONE SUI PIANI INCLINATI (*)

LA FERROVIA FUNICOLARE DEL VESUVIO

Una singolare ferrovia a trazione funicolare venne inaugurata con grande solennità il 6 giugno 1880 ed è quella che partendo dal piede del cono di eruzione del Vesuvio alla quota di 800 metri sul livello del mare ed in linea retta, ascende fino alla piattaforma in prossimità del cratere per una lunghezza misurata secondo la sua inclinazione di metri 820 ed elevandosi così alla quota di metri 1180. Di dove fino al cratere non vi è più che da percorrere un tratto a piedi di circa 400 metri.

L'idea di agevolare con mezzi meccanici la salita del cono vesuviano era sorta nella mente di parecchi da vari anni. L'esempio recente ed il successo, più che l'esempio, di ferrovie poste in condizioni eccezionali di pendenza, esercite talune con locomotive, altre con sistemi funicolari, dovevano tentare i nostri imprenditori e stimolarli ad affrontare le non poche difficoltà del problema. D'altra parte lo splendido panorama che dalla cima del Vesuvio si presenta al viaggiatore e la possibilità di osservare sì da vicino una delle più terribili e curiose manifestazioni dell'attività centrale del nostro pianeta, erano tali attrattive da assicurare alla storica e singolare montagna buon numero di visitatori, una volta tolto il disagio non indifferente di una salita pedestre.

Tra i progetti che si concepirono merita per la sua curiosità di essere notato quello del signor D. E. Mesnil che nel marzo 1878 chiedeva al ministero dei lavori pubblici facoltà di attuare un sistema aereo di trazione funicolare, secondo cui una specie di fune continua sostenuta ad una certa altezza dal suolo e disposta secondo l'inclinazione del cono vesuviano, avvolgevasi su grandi puleggie fissate alla sommità ed alla base del cono; ed una macchina a vapore dando movimento alla puleggia inferiore comunicava il moto alla fune. Assicurate le mani ai tiranti che pendevano dal cavo superiore, il viaggiatore operava la sua ascensione trascinato dalla fune ma camminando colle proprie gambe.

Questo sistema che ben può dirsi un perfezionamento di quello a trazione animale adoperato da certe guide quando a rendere meno faticosa una salita si attaccano colle mani alla coda del quadrupede che porta in sella la persona cui accompagnano, non veniva attuato.

(*) Ringrazio in particolar modo i professori CORRADO e BONOLIS per avere somministrate le notizie occorrenti alla compilazione di questo articolo, e spinta la cortesia al punto di inviarmi il modello operante della nuova vettura con una porzione del piano inclinato, da cui si è potuto ricavare i disegni particolareggiati del nuovo freno automotore. Ringrazio ancora il signor ing. Ernesto Fergola che volle gentilmente incaricarsi di eseguire alcuni disegni. Inoltre mi sono grandemente giovato di una Memoria sull'argomento dell'ing. Luigi Ferrara pubblicata negli Atti della Società degli Ingegneri di Napoli, e di altra Memoria pubblicata nel Politecnico di Milano, memorie che mi furono gentilmente inviate dai loro autori.

Fu invece accolta la proposta del signor Oblieght, di nazionalità ungherese, a cui è dovuta l'iniziativa di aver fatto studiare il progetto del quale ci occupiamo, di aver chiesta la concessione governativa, ed infine di avere realizzato l'ardito concetto. Intorno al quale vuolsi notare aver egli lavorato per oltre otto anni avvalendosi degli studi fatti dagli ingegneri Sigl, Galanti e Wolfart, autori di piani inclinati eseguiti in Europa.

Gravi difficoltà si presentavano intorno al tracciato di questa ardita ferrovia funicolare. Si trattava anzitutto di scegliere un andamento che fosse stato il meno possibile esposto alle irruzioni delle lave che vomita il vulcano. Si è seguito ad un dipresso il cammino che percorrono le guide quando scendono dal cratere.

Altra gravissima e nuova difficoltà era quella di poter assicurare su per la montagna l'armamento stradale in modo stabile, atteso che la lava non esiste che in pochi punti, scompare affatto alla parte più alta dove tutto il cono è coperto di mobilissimo lapillo o cenere a cui non è possibile afferrarsi non presentando alcuna resistenza allo sdruciolamento.

L'ing. Emilio Olivieri, a cui l'Oblieght si rivolse nel 1879 per la compilazione del progetto, pensò di risolvere il problema lasciando da parte i sistemi di armamento in uso, ricorrendo ad una intelaiatura pressochè indipendente dal terreno, perfettamente rigida, e studiata in modo da offrire ai viaggiatori tutte le garanzie richieste dalle eccezionali difficoltà del luogo. Inquantochè la ferrovia a trazione funicolare del Vesuvio è pur quella che presenta la maggiore inclinazione su quante se ne sieno finora costruite. Infatti, dal profilo risulta che per un tratto di lunghezza inclinata di 160 metri, la pendenza è del 63,353 per 100, mentre nessuno degli altri piani inclinati esistenti supera il 50 per 100. Citerò fra questi i più importanti, cioè il piano inclinato della Croce Rossa a Lione che ha la lunghezza di metri 489,20 e la pendenza di 46,05 per 100: il piano inclinato di Buda in Ungheria, che è lungo soli 90 metri ed ha la pendenza del 50 per 100, i quattro piani inclinati della Serra

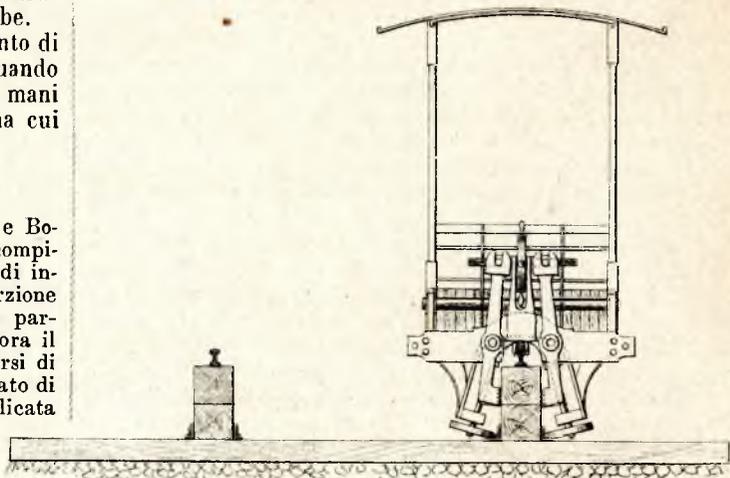


Fig. 1. — Elevazione di fronte della vettura. Scala di 1:50.

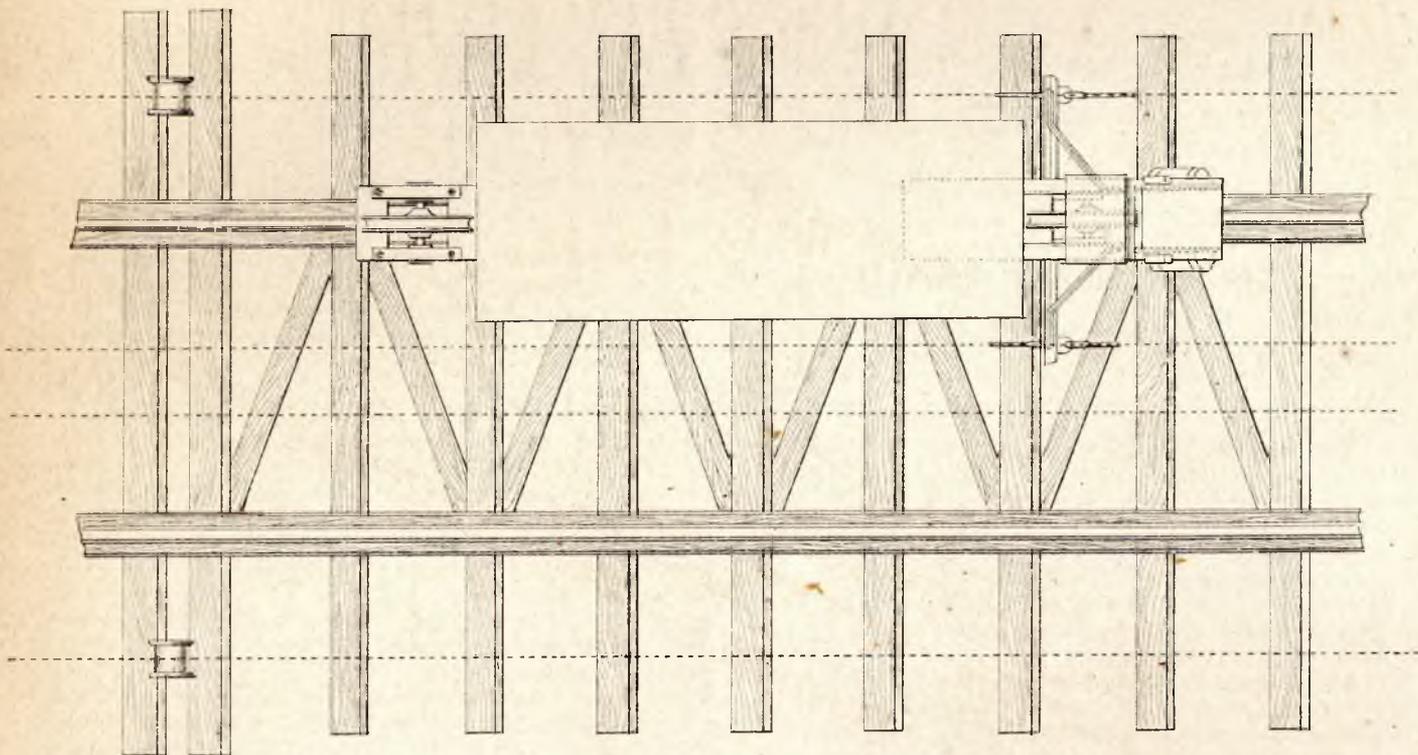


Fig. 2. — Proiezione orizzontale di un tratto dell'armamento. Scala di 1:50.

do Mar nel Brasile che hanno la pendenza del 10,25 0/0. Sonvi poi altri piani inclinati, come, ad esempio, quello del Rigi, la cui pendenza massima è del 25 0/0, ma che è ad ingranaggio centrale con locomotive del sistema Riggenbach. Infine il piano inclinato sperimentale di Lans-le-Bourg sul Moncenisio, la cui pendenza raggiunge il 38 0/0, ed in cui abbiamo la dentiera centrale; la funicolare di Agudio sul colle di Superga avrà l'inclinazione del 25 al 30 0/0.

L'Olivieri si propose di risolvere il problema per modo da soddisfare alle più rigorose condizioni di sicurezza. L'armamento della strada dovendo avere tale rigidità e tale solidità da poter resistere, senza deformarsi, agli sforzi diretti lungo il suo asse, e derivanti dalla tendenza che l'armamento stesso avrebbe a scorrere in giù, volle che fosse assicurato fermamente al suolo in quei punti in cui la natura del terreno lo permettesse; e quanto al sistema di trazione volle che fosse reso pressochè impossibile alle vetture di fuorviare o di capovolgersi; che la trazione si effettuasse col mezzo di due funi secondo le prescrizioni del Consiglio Superiore dei lavori pubblici, ciascuna delle quali fosse sufficiente a sostenere la vettura allorchè l'altra avesse a rompersi. E volle infine che vi fosse un meccanismo con cui potere arrestare la vettura anche quando tutte due le funi avessero a rompersi per effetto di una strana eventualità imprevedibile, per opera di male-intenzionati.

E d'altra parte ognuno ammetterà che l'aggiunta di un freno potente è cosa indispensabile a raggiungere lo scopo di garantire moralmente il viaggiatore, perchè egli sappia di non essere solo in balia di due funi su di un pendio del 63 0/0 ad un'altezza vertiginosa.

ARMAMENTO DELLA FERROVIA. — Il piano inclinato è a doppia via; ciascuna di esse si compone (fig. 1) di una sola guida *G*, che è una rotaia Vignolle fissata su di una lungarina *L*, la quale è di legno quercia, ed in sezione ha la larghezza di 0^m,26 e la considerevole altezza di 0^m,47; contro ed a fianco di questa lungarina dalle due parti sono

fissati due altri regoli di guida *g*, *g* fermati al piede della lungarina suddetta.

Le due travi di quercia anzidette sono collocate alla distanza di metri 2,10 da asse ad asse, ed assicurate mediante chivarde, che le attraversano per tutta l'altezza, alle traverse di legno sottostanti, le quali poggiano sul suolo.

Le traversine sono collocate in media ad 1 metro di distanza fra loro (fig. 2), e ad ogni quindici metri sono binate per assicurarvi i sostegni delle puleggie o rulli di appoggio delle funi di trazione.

Ad assicurare solidamente al suolo, dove ciò era possibile, cotesto sistema di travi e traverse, si costruirono otto briglie in muratura a ridosso delle traversine, e poggiate sulla lava, con che resta impedito lo scorrimento della piattaforma di legname, che posa su lapilli senza coesione.

VETTURE. — Potendo ad ogni dieci minuti aver luogo una partenza, le vetture non hanno che dieci posti, e non v'è che una sola vettura che sale mentre l'altra discende. Ogni vettura dovendo essere a cavalcioni della rotaia non è sostenuta che da due ruote le quali sono disposte quasi a modo di un velocipede nel medesimo piano verticale che passa per la mezziera della vettura, e sono a doppio bordo dovendo scorrere sull'unica guida *G* portata dalla lungarina. Ad assicurare la stabilità della vettura e ad impedire il rovesciamento, servono quattro ruote di guida, di diametro alquanto minore, girevoli in piano inclinato a circa 45°, due da una parte e due dall'altra, le quali ruotano lungo le guide *g*, *g* addossate ai fianchi della lungarina. Il centro di gravità della vettura riuscendo assai basso, ogni rovesciamento laterale è pressochè impossibile.

La forma della vettura, oltre ad essere vincolata al sistema dell'armamento deve pur esserlo alla pendenza eccezionale della strada (fig. 3). E poichè la strada ha l'inclinazione media del 50 0/0 si vede tosto che i compartimenti non possono restare sullo stesso piano orizzontale, ma che formano invece due scaloni orizzontali l'uno sottoposto all'altro per 0^m 90.

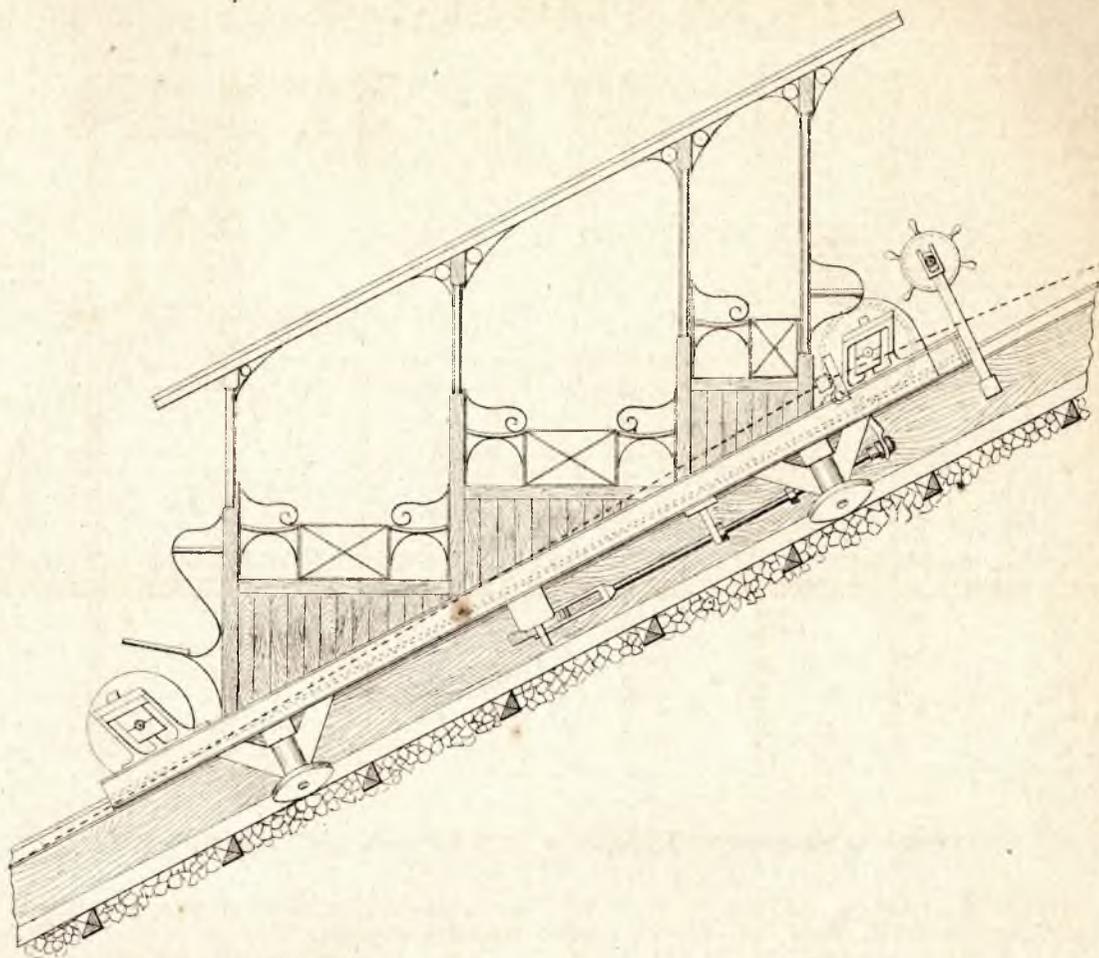


Fig. 3. — Elevation di una vettura. Scala di 1:50.

Ciascuna vettura, nella parte a monte, è munita di un potente freno a tanaglie con ganasce metalliche a punta di diamante. Tale freno che vedesi meglio sulla fig. 1^a è mosso a mano per mezzo della ruota a pioli che girando nell'un senso o nell'altro avvicina od allontana le due madreviti della vite su cui essa è inalberata, e così le punte delle ganasce possono essere allontanate o spinte ad introdursi nelle faccie laterali della lungarina centrale, nel quale ultimo caso si arresta il movimento della vettura.

Oltre a questo freno comandato dall'uomo, havvene un altro il quale agisce automaticamente, appenachè le due funi di trazione per un accidente qualsiasi venissero a spezzarsi, ed il suo modo di funzionare vedremo tra poco, dopo aver presa conoscenza del sistema di trazione.

SISTEMA DI TRAZIONE. — Ogni vettura è tirata quando sale, e sostenuta quando scende, da due funi senza fine, le quali ripiegandosi sopra due puleggie di rinvio ai due estremi del piano inclinato, formano quattro tratti, due ascendenti con una vettura, e due discendenti coll'altra, mentre ciascuna vettura sale e discende sulla stessa via. Così il piano diventa quasi automotore. Le due funi sono attaccate a ciascuna delle due vetture. Al piede del piano inclinato le funi, oltre a passare sulle puleggie di rinvio, passano ciascuna su di una puleggia tenditrice che abbracciano per metà e su di una puleggia motrice, da cui ritornano per completare il loro ciclo alle puleggie direttrici. A ben comprendere tale disposizione, basta osservare le figure 4, 5 e 6. Vedonsi cioè le due funi discendenti d e d' accavallarsi per un quarto di giro ciascuna sulla propria puleggia direttrice b e b' ; quindi passare per

mezzo giro sulle rispettive puleggie di tensione c e c' per indi dirigersi sulle puleggie motrici m ed m' ed accavallarsi per ritornare sulle puleggie direttrici b e b' e diventare così il tratto ascendente e ed e' .

Quando una vettura ha compiuto il suo tragitto ascendente che ha luogo in 10 minuti primi, il motore inverte il movimento, ed allora i capi ascendenti diventano discendenti, e viceversa, i discendenti ascendono. Perciò la macchina fissa a vapore, la quale comanda l'albero delle puleggie motrici per mezzo di una coppia di ruote dentate, R ed r deve necessariamente essere ad invertimento di marcia. La forza motrice occorrente è di 45 cavalli vapore effettivi, e dicesi che un terzo circa di questo lavoro sia necessario per far muovere a vuoto il sistema. La forza motrice è sviluppata da macchine orizzontali senza condensazione, munite, come si è detto, del meccanismo per la inversione del movimento e di un freno sull'albero motore per il caso in cui il peso della vettura discendente fosse preponderante.

Alla stazione superiore (fig. 7 ed 8) non vi sono che due grandi puleggie di rimando p e p' , parallele al piano inclinato, aventi il diametro di metri 2,10 ed assicurate ad un grande telaio di legno collocato sopra una platea di muratura. Alla stazione inferiore le puleggie di rinvio, b e b' , inalberate ad un asse quasi verticale e situate in prossimità delle ruote motrici hanno anch'esse il diametro di metri 2,10. Le due puleggie tenditrici c e c' , poste anch'esse al piede del piano inclinato, hanno pure il diametro di metri 2,10 e sono poste su due zattere scorrevoli su guide di ferro mercè l'azione di due contrappesi i quali discendono in un pozzo e servono a dare alle funi le debite tensioni.

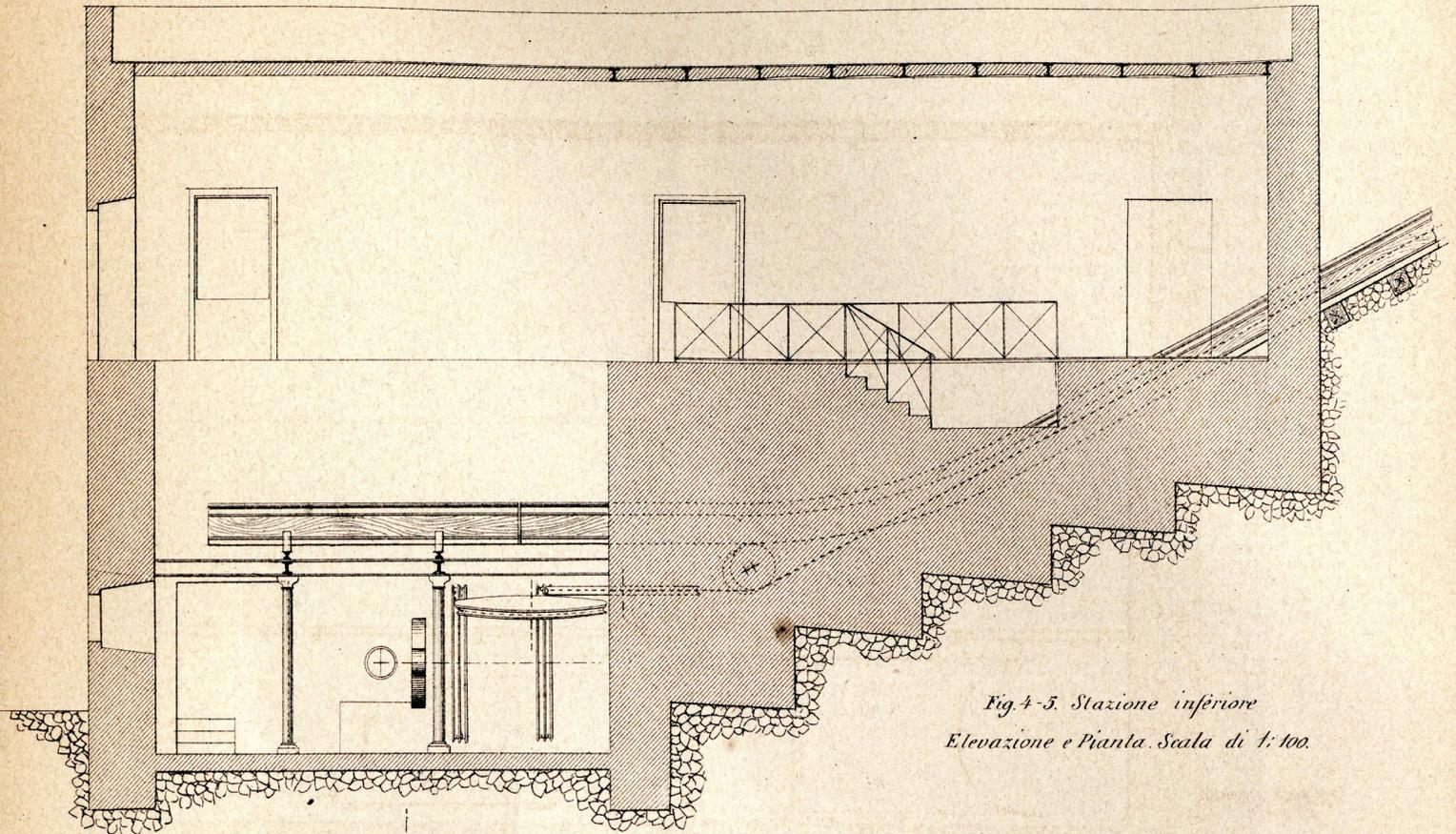
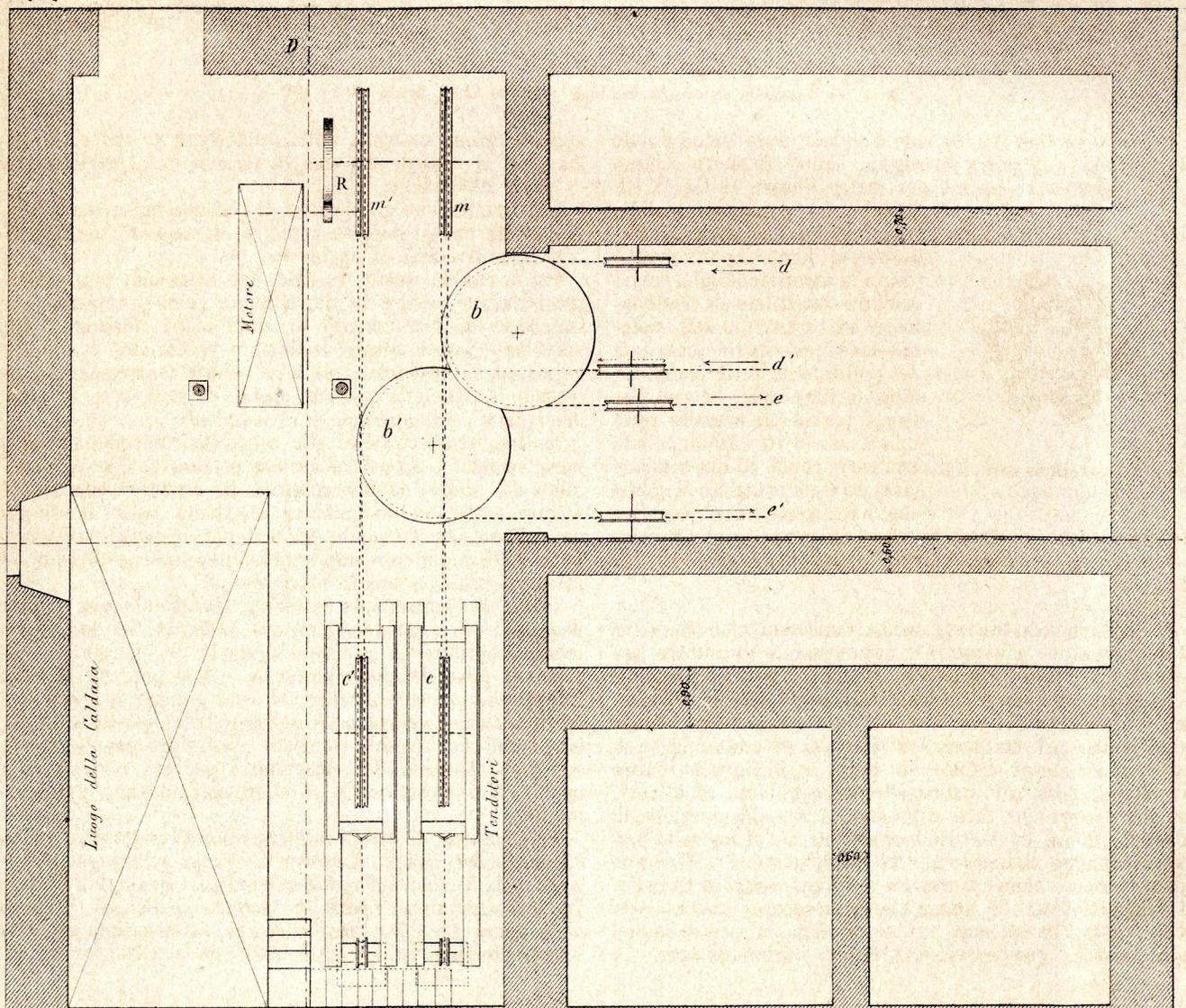


Fig. 4-5. Stazione inferiore
Elevation e Pianta. Scala di 1:100.



15,50

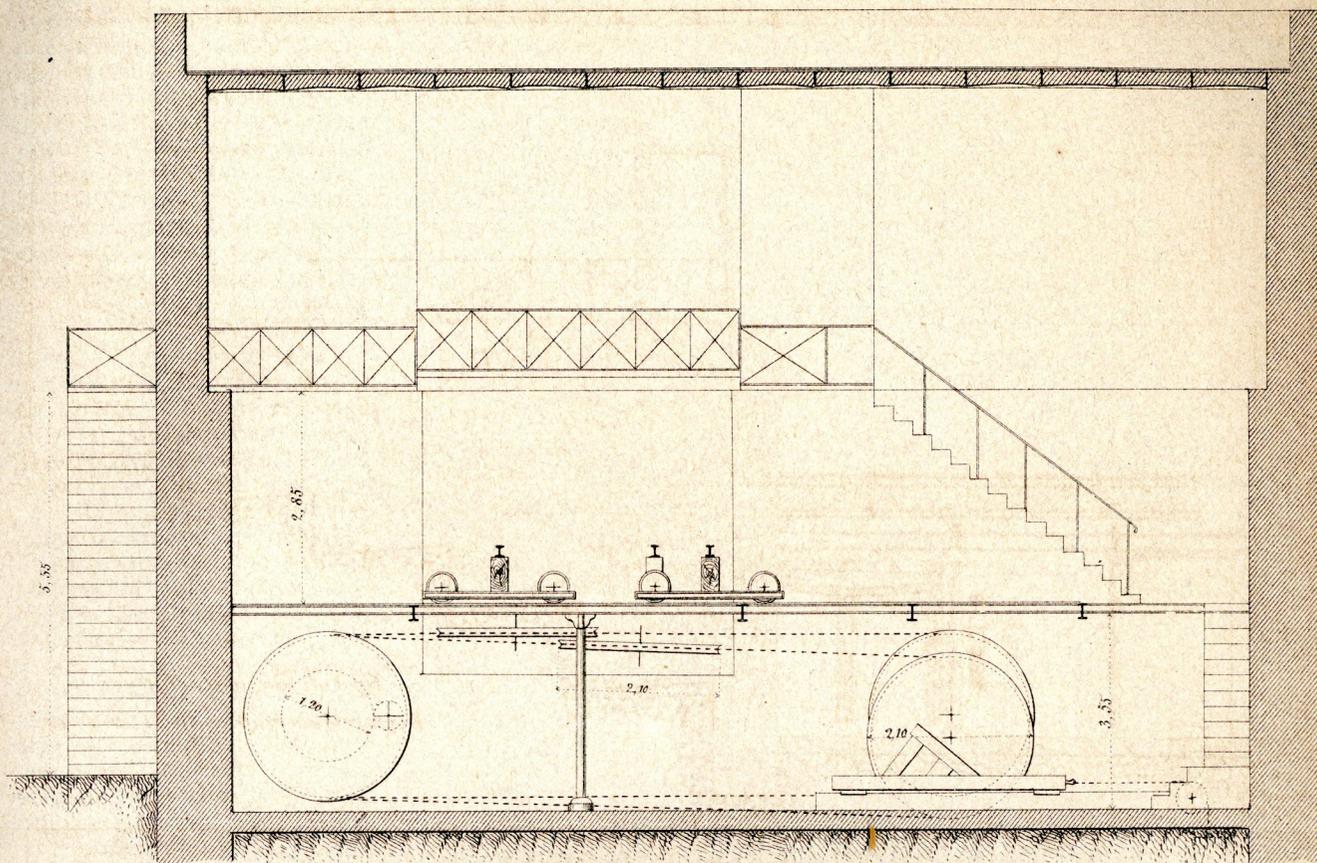


Fig. 6. — Stazione inferiore. Sezione secondo C D. Scala di 1 : 100.

FUNI. — Le funi (fig. 9) sono d'acciaio, a sei trefoli di otto fili ciascuno, coll'anima di canapa, hanno diametro esterno di 23 millimetri e pesano per metro lineare chilog. 2,10.

Esse furono somministrate dalla casa Feller e Guillaume di Mülheim sul Reno. La loro resistenza fu sperimentata nel regio cantiere marittimo di Castellamare con l'assistenza della Commissione governativa incaricata del collaudo di detto piano. Un capo di fune lungo 2 metri si ruppe presso gli attacchi sotto uno sforzo di 19 a 20 tonnellate che corrisponde ad una tensione circa 10 volte maggiore di quella che effettivamente si deve sostenere, poichè lo sforzo massimo al quale dovrà resistere ciascuna fune, secondo i calcoli fatti, risulta di circa due tonnellate.

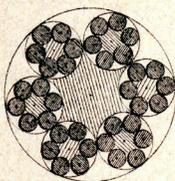


Fig. 9. — Sezione della fune al vero.

stenero, poichè lo sforzo massimo al quale dovrà resistere ciascuna fune, secondo i calcoli fatti, risulta di circa due tonnellate.

MODIFICAZIONI APPORTATE DALLA COMMISSIONE GOVERNATIVA DI COLLAUDO. — Il sistema di armamento e di vetture, ora descritto, venne eseguito dall'ingegnere Olivieri. Esso, quanto a principio, ha molta analogia coll'antico sistema Palmer, che fu applicato per un tratto di ferrovia a Posen, lungo 1800 metri, pel trasporto di prodotti di una fabbrica di mattoni. Lo stesso sistema fu pure applicato per servire ad altri stabilimenti industriali in Inghilterra ed altrove. Le due vetture che furono presentate alla Commissione di collaudo, divise in due scompartimenti nel senso della lunghezza, lunghe ciascuna m. 1,80 e larghe metri 1,30, erano completamente chiuse come gli ordinarii vagoni di ferrovia. Il compartimento di prima classe, capace di quattro persone; quello di seconda, uguale all'altro, capace di contenerne incomodamente sei; e così dieci persone in tutto. Le

vetture furono costruite dalla ditta Miani e Venturi di Milano, ed il peso di ciascuna di esse a vuoto può ritenersi di circa 2000 chilog.

La Commissione governativa di collaudo ha creduto indispensabile che si dovesse arrecare al materiale mobile alcune modificazioni ed aggiunte.

Pensò che in quella regione ove dominano venti impetuosissimi, le vetture su descritte, le quali presentano una superficie di investimento di circa metri quadrati 7,50, avrebbero potuto venire facilmente rovesciate, e credette necessaria la costruzione di altre vetture conformate (fig. 3) secondo il tipo delle carrozze aperte de' tramways, le quali presentano poca superficie di investimento.

Inoltre, avuto riguardo alle condizioni anormali di detto piano inclinato, sia per l'eccessivo pendio, sia per la instabilità del suolo, la Commissione ha creduto bene che le vetture, oltre del freno a mano, dovessero essere munite di un potentissimo freno automotore per arrestare la discesa della vettura nel caso non impossibile, sebbene difficile ad avverarsi, che le funi si rompessero.

Infine la Commissione osservava che quando una vettura discende, ed avvenendo la rottura delle funi nei due capi a monte, seguiterebbe ad essere tirata in giù dal motore che esiste al piede del piano inclinato, e non potendo la forza traente vincere la resistenza del freno a mano, il quale trovandosi chiuso stringe colle ganasce la lungarina centrale, la piattaforma stradale di legno, potrebbe essere smossa con grave pericolo dei viaggiatori; per cui ravvisavasi la necessità di trovar modo di allontanare anche questo pericolo.

La soluzione di questi interessantissimi miglioramenti, fu suggerita dal comm. Annibale Corrado, professore di ferrovie nella R. Scuola d'applicazione degli ingegneri di Napoli. Le carrozze furono costruite secondo il disegno indicato nelle figure 1^a e 3^a. Come si scorge, si è aggiunto un terzo scompartimento ed un altro sediolino a valle per un se-

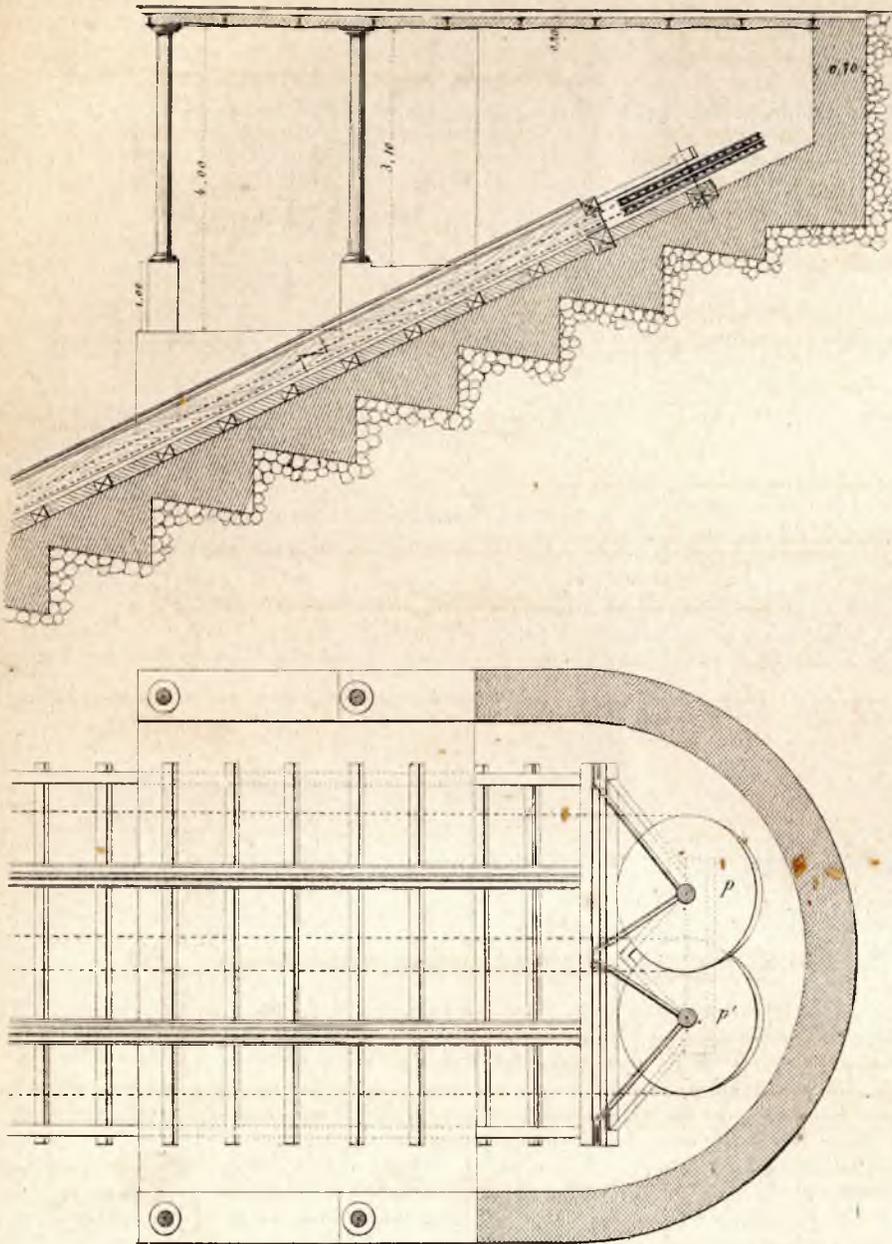


Fig. 7-8. — Stazione superiore. Elevazione e Pianta. Scala di 1 : 103.

condo guarda-carrozze. E quanto alle misure di sicurezza esse furono ottenute colle seguenti disposizioni.

MODO DI ATTACCARE LE FUNI ALLA VETTURA. — Sul davanti (fig. 10, 11 e 12) ed attraverso il telaio di ciascuna vettura fu disposto un asse di ferro $a a'$ girevole nei proprii cuscinetti di sostegno; presso le due estremità, si fissarono saldamente due forcine $F F'$ rivolte all'insù e nelle cui gole devono poggiare le funi, alle quali sono perciò saldamente attaccati due manicotti $m m'$, maggiori del vuoto di ciascuna forcina. Mentre una vettura è al piede e l'altra è alla sommità del piano inclinato, i due manicotti vengono fissati sulle funi a ridosso delle forcine; così è chiaro che se la vettura sale e quindi il moto delle relative funi è ascendente, i manicotti appoggiandosi alle forcine fanno montare la vettura.

Se poi la vettura discende, siccome la velocità della fune è grandemente inferiore a quella che la gravità imprime alla vettura, così è ancora evidente che gli stessi manicotti sostengono la vettura nella sua discesa e ne moderano la velocità.

Nel caso poi che una fune si rompesse, l'asse $a a'$ non potrebbe girare perchè è sostenuto ancora dall'altro manicotto, e per conseguenza la vettura può compiere il suo

corso, e se finalmente tutte due le funi si rompessero, ancorchè la rottura avvenisse nei tratti a monte, le funi abbandonando la vettura, non solo il motore non ha più alcuna influenza sulla vettura, ma l'asse $a a'$ resta libero di girare nei proprii guancialini, e le vetture sono istantaneamente fermate dalla rotazione dell'albero per effetto del freno automotore che del pari risulta dalle figure succitate e che si passa a descrivere.

FRENO AUTOMOTORE. — Sotto ciascuna vettura ed ai fianchi della lungarina centrale LL trovansi stabilmente raccomandati al telaio due settori dentati $ACB ACB$ non circolari ma coi raggi sempre crescenti da CA fino a CB .

È evidente che se questi settori mobili attorno ai loro centri C nel momento della rottura delle funi, cioè quando l'asse $a a'$ ha girato, si trovassero coi raggi CA a contatto colle pareti laterali della lungarina L comincierebbe immediatamente l'aderenza; e l'azione della gravità la quale tende a far scendere la vettura, opererebbe energicamente per incastrare sempre più i denti dei settori nella lungarina; e siccome la resistenza che reagisce è immensa, così la vettura è obbligata a fermarsi, ma si fermerà senza urto violento poichè i denti di incastro aumentano in modo differenziale.

Ad ottenere questo risultato serve la seguente disposizione meccanica:

I settori sono abbracciati da una staffa G e ad essa collegati per mezzo di un perno O di maniera da formare uno snodo. La staffa è unita ad una lunga asta GM la quale è pure unita all'altra sua estremità mediante articolazione ad un braccio di leva aM fissato sull'asse $a a'$. Una molla a spirale HH gira intorno all'asta GM ; essa è attaccata per un estremo ad una mensola N la quale permette all'asta GM lo scorrimento longitudinale pur servendole di guida. All'altra estremità essa è fissata all'asta GM . Quando le funi sono in buono stato, e quindi l'asse $a a'$ per la spinta che i manicotti esercitano contro le forcine non può girare, i settori AB sono tenuti discosti dalla lungarina L , e per conseguenza rimane compressa la molla HH . Rompendosi le funi, l'asse $a a'$ è reso libero, il braccio di leva aM non può più tenere compresse le molle H , e queste facendo scorrere il gambo GM , avvicinano il settore alla lungarina e la vettura si ferma. Le nuove vetture così modificate furono costruite nello stabilimento meccanico del signor G. Pattison, sotto la direzione del prof. Corrado, appositamente delegato dalla Commissione di collaudo.

COSTO DEL PIANO INCLINATO. — Il piano inclinato comprese le carrozze, le macchine, costò circa 350.000 lire; l'armamento di quercia costò (comprese le addizionali) lire 130 al metro cubo a piede d'opera. Per la messa in opera venne impiegato un sistema automotore con due carri che si muovevano sul tratto di linea già fatto mediante

corde di canapa e così si continuò fino ad oltre metà della lunghezza del piano inclinato; dopo di che venne messo a posto il gran telaio di legno alla sommità del piano inclinato e portante le puleggie di rimando colle funi di acciaio. Il carro discendente si riempiva di lapillo finchè valesse a far salire l'altro col suo carico di 500 a 600 chg. Il collocamento dell'armatura completa, compresa la manutenzione dei carretti, corde, ecc., il trasporto a braccia sul monte delle puleggie di rimando nelle tre stazioni che furono fatte (l'una a metri 240, la seconda a metri 600 e la terza al termine, metri 820) costò 40 lire il metro lineare di binario.

Al piede del piano inclinato, oltre alla stazione di muratura che contiene le macchine, l'ufficio telegrafico e le camere per

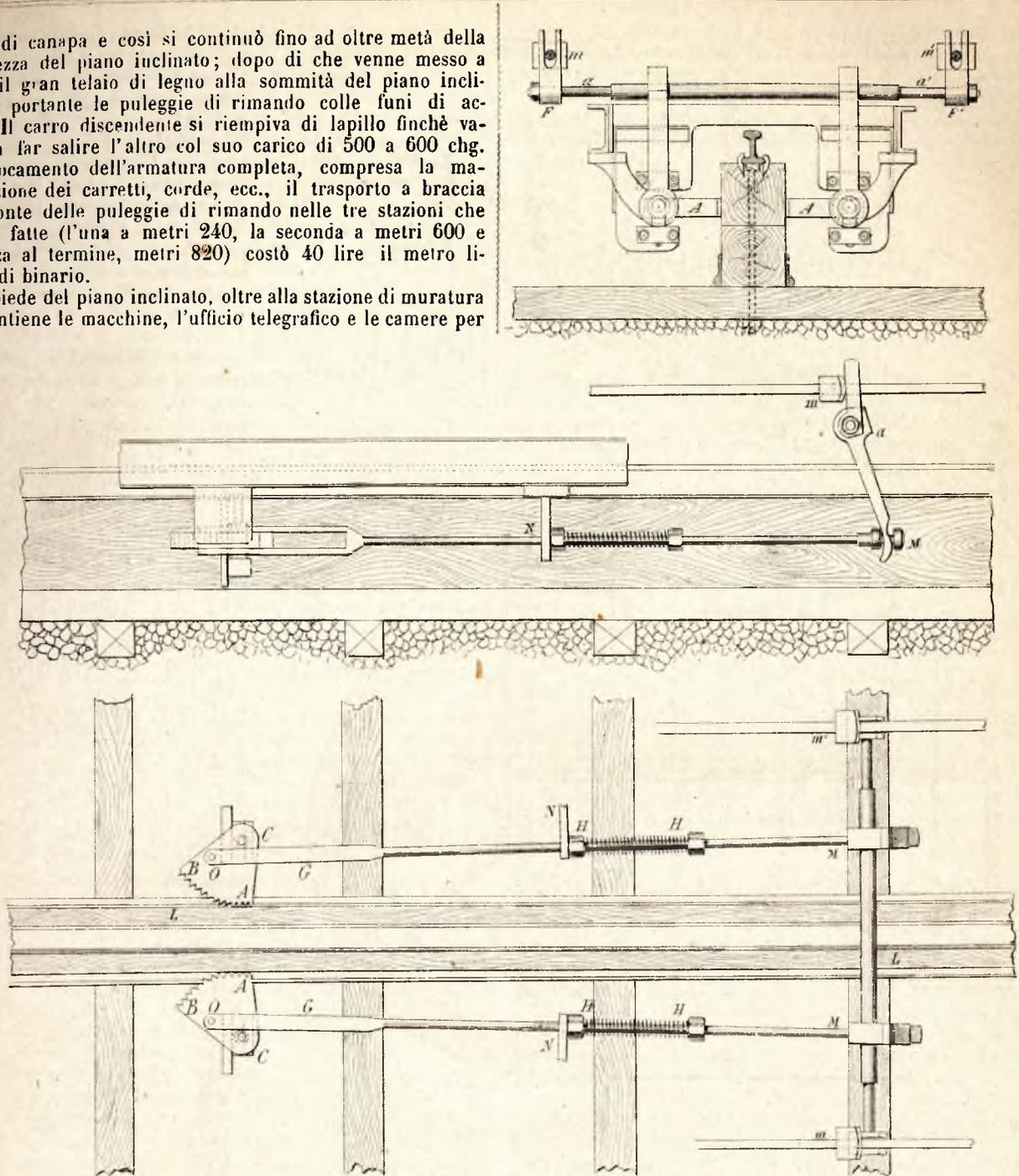


Fig. 10, 11 e 12. — Modo di attacco delle funi e particolari del freno automatico. Scala di 1 : 25.

gli impiegati fu pure eretto a fianco di essa un caffè di stile pompeiano che serve ad ospitare i viaggiatori. Più in basso una scuderia dà ricovero ai cavalli, ed una modesta casetta alloggia i cocchieri. Le difficoltà pratiche non potevano mancare in un lavoro così eccezionale e così eccezionalmente situato. I fabbricati dovettero essere costruiti in modo da reggere a venti potentissimi ed ai terremoti. Quindi muri solidissimi, solai, travature e coperture bene collegate a mezzo di chiavi. Si dovette pensare agli alloggi per operai ed ai trasporti. Prima che si fosse costruita dalla Società la strada carrozzabile lunga 3200 metri, che dall'osservatorio sale sviluppandosi sulla falda del monte con pendenze inferiori all'8 per 100 fino alla stazione inferiore del piano inclinato, si dovettero portare a braccia i materiali per costruire una prima baracca di legno trasformata ora in scuderia. Si dovette sistemare un servizio per avere l'acqua quasi tutta portata da Resina, e che veniva a costare 4 centesimi al litro. Si ebbe poi un po' d'economia su questa spesa

essendosi costruiti 4 serbatoi collettori delle acque piovane cadenti dai primi edifici o raccolte su tegolati opportunamente disposti sul lapillo. E ricordisi che tutto questo lavoro si fece nell'inverno scorso, rigidissimo per operai non abituati alle basse temperature; i venti di tramontana violenti al punto da trasportare una carrozza a 100 metri; la neve che invadeva tutto il lavoro, e rotolando giù mista al lapillo faceva perdere molto tempo a rimettere le cose nel primo stato; ed i geli che impedivano ogni opera muraria.

Oltre all'ingegnere Emilio Olivieri, merita di essere menzionato come assiduo ed infaticabile in quest'opera l'appaltatore Alvino Luigi. Alla energia di tutti ed alla coraggiosa iniziativa del signor Oblioght devesi codest'opera eccezionalmente ardua; ciò che sembrava una utopia è diventato un fatto compiuto. La funicolare del Vesuvio continua a funzionare con risultati soddisfacenti sia per chi se ne vale, sia per la Società esercente che vi trova il suo tornaconto economico. Ed alle

impressioni che si risentono da tutti coloro che imprendono l'ascensione al Vesuvio, al movimento ed alla vita che la mano dell'uomo ha saputo trasferire in quelle regioni montuose e solitarie, non tarderanno ad aggiungersi i vantaggi che gli studiosi potranno ricavare per la grande facilità di compiere un'ascensione finora faticosissima e non a tutti permessa.
G. S.

FISICA TERRESTRE

DEL CALORE SOTTERRANEO

e della sua influenza sui progetti e sistemi di esecuzione dei grandi tunnels.

II.

6. — Durante i lavori del primo traforo delle Alpi, al colle del Fréjus furono fatte alcune osservazioni, le quali non sono certamente dell'importanza di quelle che si fecero in seguito nella galleria del Gottardo, ma che tuttavia non vogliono essere trascurate.

Nel quadro che segue sonvi le osservazioni più essenziali state riassunte dall'Ing. Borelli:

N° d'ordine dell'osservazione	DISTANZA dall'imbocco	PROFONDITÀ sotto la superficie	TEMPERATURA nella galleria	PROFONDITÀ a cui la temperatura cresce di 1° cent.
	Metri	Metri	Centigradi	Metri
3	Sud 1000	520	17. 0	24
5	» 2000	520	19. 4	27
8	» 3000	520	22. 8	33
9	» 4000	520	23. 6	35
10	» 5000	910	27. 5	36
11	» 6000	1370	28. 9	46
12	Nord 5785	1609	29. 5	50
14	» 5233	1447	27. 0	51

Da questo quadro appariscono anzitutto differenze considerevoli nel rapporto di accrescimento della temperatura per rispetto all'altezza verticale del massiccio sovrapposto. Nella parte centrale della montagna troviamo un grado di aumento ogni 51 metri di profondità, mentre alle estremità troviamo un grado ogni 24 metri.

Ma ciò che ben più di codeste cifre medie per noi deve avere importanza, è la constatazione del fatto che la parte culminante della montagna non pare che rechi alcun accrescimento di calore nell'interno della galleria.

Ed invero la temperatura che ad un'altitudine di 2950 metri, è di 27° 5 sotto uno spessore di 910 metri, diventa solo di 29° 5, ossia non subisce che un aumento di 2 gradi sotto un maggior spessore di 700 metri, e ad una distanza di 2785 metri più verso l'interno. Noi vedremo ora che un risultato presso a poco identico scaturisce dalle più recenti e più numerose osservazioni fatte al traforo del San Gottardo.

7. — Esaminando il profilo longitudinale del traforo del San Gottardo, appare manifesta, ad onta della maggior lunghezza di 2587 metri, una certa analogia con quello del Fréjus. L'ammasso che sovrasta alla galleria ha in tutti e due i casi una altezza massima di 1600 a 1700 metri; al San Gottardo dal lato dell'imbocco Nord fra Göschenen ed Andermatt abbiamo un'estensione di 4 chilometri circa, per cui l'altezza del profilo del monte sul tunnel non è grande ed è quasi costante, presso a poco come succede al Fréjus dal lato dell'imbocco Sud fra Bardonecchia ed il torrente Merdovin. La parte centrale del San Gottardo presenta, in vero, tra Kastelhorngrat ed il Glockenthurmli, una forma più conglobata che non la parte centrale del Fréjus; ma questa particolarità congiuntamente a quella di un maggiore spessore di 100 metri, permette appunto di congetturare per il San Gottardo un qualche leggiero aumento nel massimo della temperatura; e codesto massimo essendo stato al Fréjus di 29° 5 centigradi, era ragionevole supporre per il San Gottardo, per analogia, una temperatura massima di 30 a 31 centigradi. Or tutti sanno che la massima temperatura

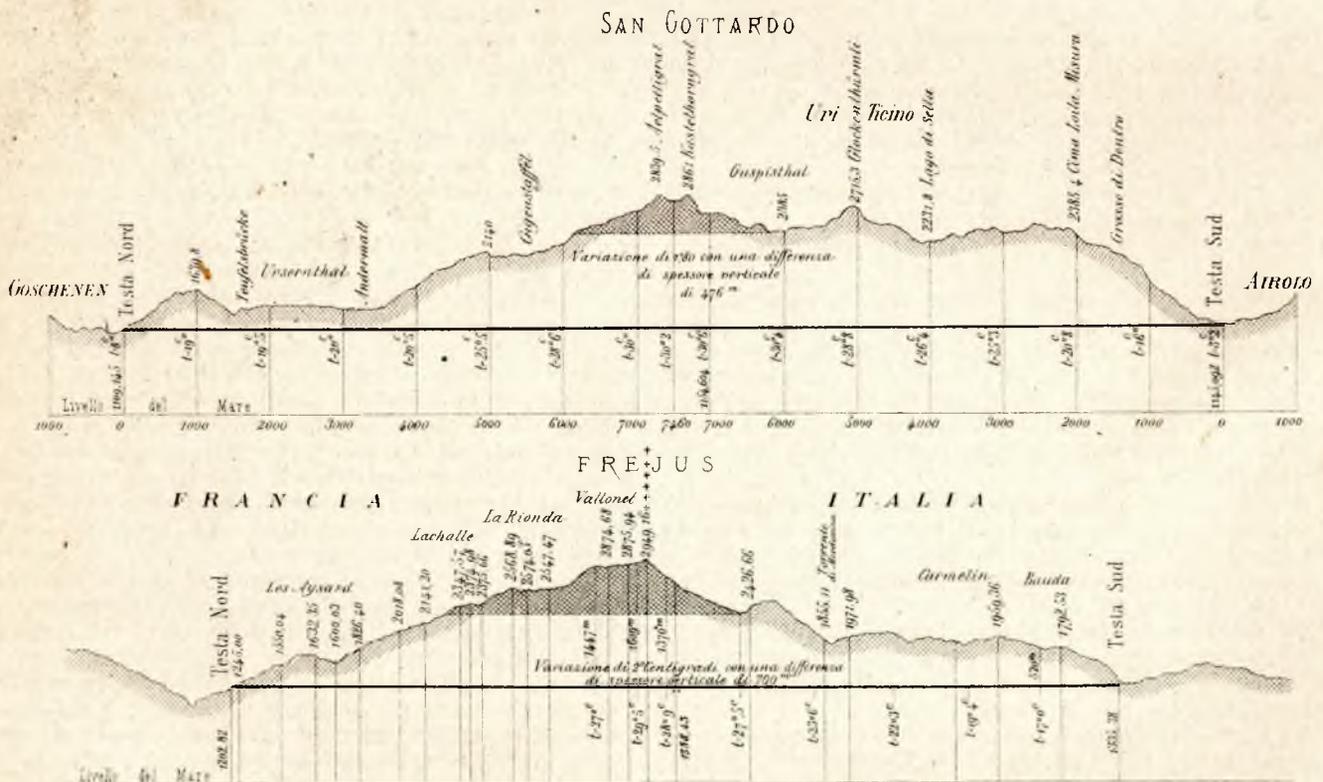


Fig. 13. — Profili dei due tunnels del S. Gottardo e del Fréjus. Scala di 1 : 100000 per le lunghezze e le altezze.

della roccia nella galleria di avanzamento al San Gottardo si è effettivamente riscontrata di 30°.8 centigradi, ossia di 1°.3 più grande di quella incontrata nel traforo del Fréjus, e che nel punto precisamente il più profondo, sotto la punta del Kastelhorngrat, non si ebbe che la temperatura di 30°.2.

III.

8. — Riassunti e registrati per tal modo i risultati di osservazioni antiche e moderne, i quali costituiscono ciò che vi ha di positivo sulla questione, l'Ing. Lommel si propone di esaminare sino a qual punto sia possibile, in base ai fenomeni osservati, dedurre una legge generale, una formola di pratica utilità, o quanto meno buon numero di coefficienti abbastanza sicuri onde servirsi di guida nei progetti di lavori sotterranei.

Fin dal 1876 la Sezione geologica montanistica della Compagnia del Gottardo aveva cercato di stabilire una formola generale per determinare le temperature sotterranee che sarebbero incontrate nell'esecuzione del grande traforo. La galleria di avanzamento del San Gottardo era allora arrivata a 4 chilometri circa dai due imbocchi, ed occupava perciò la metà soltanto della totale lunghezza del tunnel di 15 chilometri. E per altra parte era una metà assai poco concludente dal punto di vista delle osservazioni, essendochè riferivasi alle parti in cui il profilo del monte era meno elevato.

Basandosi ad ogni modo sulle esperienze fatte e sulle altezze verticali del profilo longitudinale, il dottore Stapf, geologo della Compagnia del Gottardo, aveva dato la seguente formola sull'accrescimento S , della temperatura di un punto nell'interno del monte, sulla temperatura dei punti alla superficie verticalmente sovrapposti all'altezza h su quella considerata:

$$S = \pm \sqrt{41,6593 - 0,1517 h + 0,00011195 h^2} + 6,4544 + 0,01058 h$$

Per mezzo di questa formola, alla quale si sostitui più tardi la formola semplificata $t = 0,02068 h$ il dottore Stapf era arrivato nel 1877 alla conclusione che la massima temperatura nella parte centrale del San Gottardo sarebbe stata di 32°.8, pur ammettendo limiti d'errori che la avrebbero fatta variare fra 30 e 35 gradi.

Non pare invero cosa molto conseguente ammettere coefficienti a cinque decimali in una formola nei cui risultati si è disposti ad ammettere una differenza di 5° su 30°.

Per altra parte il buon senso istesso rifugge da una ipotesi in virtù della quale se sul vertice del Gottardo si elevasse ancora la piramide di Cheope o la cattedrale di Strasburgo, per questo solo fatto dovrebbero avere a perpendicolo nell'interno del tunnel un aumento di 3 a 4 gradi.

E ciò è sì vero che negli scritti dello Stapf del 1877 si trova a fianco della formola semplificata più sopra riferita, nella quale è in funzione l'altezza verticale, quest'altra:

$$t = 0,02159 n$$

in funzione della minima distanza radiale n dalla superficie. Nè occorre osservare che il più delle volte le due formole, tuttochè presentate l'una a fianco dell'altra (*Revue Universelles des Mines*, 1880), applicate ad uno stesso caso pratico, darebbero risultati disparatissimi, sì da indurre ad attenersi preferibilmente a quella della minima distanza radiale, tuttochè lontana ancora dal rispondere all'apprezzamento pratico dei fenomeni.

9. — Evvi invero un altro elemento di capitale importanza, che non vuol essere negletto; quello del maggiore o minor grado di conducibilità degli strati che si attraversano, tanto per l'azione del calore centrale, quanto per quella refrigerante dell'atmosfera.

L'importanza di tale elemento è chiaramente stabilita dagli esempi precedentemente citati. Se in certe miniere di Cournaulles riscontrasi un aumento di temperatura molto lento (1 centigrado ogni 42 metri) sebbene situate a pochissima altitudine, ed anche sotto al livello del mare, ciò è senza dubbio dovuto all'influenza refrigerante delle acque del mare, la quale facilmente si esercita attraverso gli strati superiori, che sono porosi e buoni conduttori, mentre l'azione del calore interno devesi manifestare attraversando rocce granitiche e compatte, pochissimo atte a trasmettere il calore.

Un esempio in senso opposto abbiamo nel pozzo di Neufen, nel Wurtemberg, profondo 385 metri, nell'interno del quale l'accrescimento della temperatura si fa estremamente rapido, si da raggiungere un 1° di aumento ogni 10,5 metri di profondità. Lo strato superiore, il quale confina col suolo esteriore, consta di schisti bituminosi dello spessore di 250 metri circa, e la parte inferiore del pozzo è nelle rocce calcari giurassiche. Or bene, è perfettamente ovvio ammettere in questo caso che gli strati superiori intercettano e rallentano l'azione refrigerante esterna, presso a poco come il manto di sostanze poco conduttrici, con cui attorniasi una caldaia a vapore, contribuisce ad impedire il disperdimento del calore. La quale spiegazione non contraddice per nulla e piuttosto conferma e completa quella dataci dallo scienziato Daubrèe, supponendo una concentrazione di calore causata dallo strato giurassico per il contatto di eruzioni basaltiche più moderne.

Lo stesso tunnel del San Gottardo offre ancora un esempio evidentissimo della influenza grande che sulla temperatura interna esercitano la conducibilità degli strati e certe azioni di decomposizione chimica. A 4 chilometri circa dall'imbocco Nord il tunnel si trova sotto il piano di Andermatt, alla profondità di 300 metri circa. La temperatura esterna è in media di 6°.3, e stando alla formola del dottore Stapf l'aumento di temperatura per la profondità di 300 metri non sarebbe che di 0,02068 $h = 6°.2$ donde una temperatura interna di 12°.5. Ma in realtà quella temperatura è di 22°.7.

Meglio adunque che abbandonarsi alla ricerca di nuove formole, converrà per i pratici delineare le grandi linee, dalle quali la soluzione del problema rimane in ogni caso circoscritta.

10. — L'esame il più elementare dei grandi fenomeni geologici oggimai indiscutibili ci insegna come la corteccia terrestre trovisi costantemente sottoposta a due azioni, l'una calorifica che parte dalla massa fluida centrale, e l'altra refrigerante dovuta alle influenze atmosferiche.

Sotto il dominio di codeste due azioni contrarie, gli strati intermediari della crosta terrestre devono modificarsi ad ogni istante, tendendo lentissimamente ad un raffreddamento graduale. La legge di codesta trasformazione continua e lentissima sembra essere determinata per ogni strato della crosta terrestre dai tre seguenti fattori:

a) Lo spessore medio degli strati intermediari che separano da una parte lo strato che si considera dal contatto dell'atmosfera, e dall'altra parte dalla massa fluida interna;

b) Il grado di conducibilità degli strati intermediari da attraversarsi sia per l'azione calorifica del centro, sia per quella refrigerante esterna;

c) La superficie sulla quale si esercitano i contatti ora cennati sia per la trasmissione del calore sia la irradiazione del freddo.

Prendendo a considerare separatamente ciascuno di codesti fattori principali, si è subito indotti a supporre che l'azione calorifica interna presentisi come la più uniforme e costante. Ed invero ci è permesso di supporre che la massa fluida centrale abbia la forma di una sfera leggermente appiattita ai poli, o in altri termini che le superficie di contatto interne della crosta terrestre sieno superficie curve sensibilmente parallele al livello del mare ed alle grandi pianure. Codesta ipotesi non vuol essere tuttavia posta in modo troppo assoluto, essendo pure ammissibile che sotto l'influenza della varia conducibilità della corteccia terrestre, il movimento di ritiro della massa fluida abbia dato luogo ad alcune ondulazioni.

L'azione refrigerante esterna deve variare dipendentemente dalla configurazione del suolo. In un'estesa pianura, poco al disopra del livello del mare ed in cui il clima è uguale dappertutto, può essere molto uniforme.

Nelle regioni montagnose, non solamente le superficie di contatto diventano più considerevoli, ma ancora l'azione sulle diverse zone della superficie cambierà secondo la diversa loro altitudine e secondo le temperature medie le quali corrispondono a tali altitudini. Infine l'influenza della conducibilità degli strati attraversati dall'azione calorifica e dall'azione refrigerante sembra essere sottomessa alle più grandi variazioni, le quali inoltre sono ancora poco note.

I dati sperimentali per ciò che si riferisce alla conduttività degli strati non ci permettono ancora di dedurre leggi generali, applicabili a qualsiasi specie ed a qualsiasi spessore di rocce. Epperò, pur insistendo sull'importanza di codesto fattore, e raccomandandolo all'attenzione dei fisici e dei geologi, è d'uopo restringerci a considerare fatti piuttosto topografici e procedere quasi per via di analisi.

E senza abbandonarsi nel caso delle montagne ad ipotesi, le quali poi in definitiva condurrebbero ad ammettere delle superficie isoterme presso a poco fra loro equidistanti e parallele alla superficie esterna della montagna, ossia a conseguenze non meno inverosimili delle ipotesi da cui vorrebbe partire, basterà osservare non esservi realmente difficoltà ad ammettere un'azione refrigerante esterna più grande dovuta al rapido decrescimento della temperatura nelle regioni più elevate. Ciò non ha d'uopo d'essere dimostrato. E quanto all'azione calorifica interna si è pure condotti ad ammettere che i raggi calorifici anziché seguire una direzione ascendente verticale, cerchino invece il viaggio per loro più breve per arrivare alla superficie.

E tale ipotesi ci porta a concludere che le cime dei monti sfuggono d'ordinario a codesta azione calorifica, o quanto meno non vi partecipano che in proporzioni assolutamente minime. Invece l'azione refrigerante aumenta in proporzione più che geometrica, sotto la duplice influenza di un rapido decrescimento della temperatura esterna e di un non mai rapido aumento nel rapporto tra la superficie esterna ed il volume delle masse attorniate.

Nulla adunque di più naturale che ammettere le sommità dei monti, qualunque ne sia la configurazione geometrica, come affatto raffreddate. E così le curve isoterme in prossimità dei vertici appariranno ribattute, appiattite, fors'anco ricurve al rovescio, per l'azione intensa del freddo esterno, e appariranno a grandi distanze fra loro in senso verticale, mentre codesta distanza andrà diminuendo a misura che si discenderà alle altitudini degli alti piani, e che si raggiungeranno gli strati di poco superiori al livello del mare. È chiaro allora apparisce che la legge di variazione della temperatura interna nel senso verticale debba condurre a divergenze tanto più grandi, quanto più è elevato il picco della montagna che vogliasi considerare.

Ma, come benissimo osserva l'Ing. Lommel nel lavoro che stiamo riassumendo, non pare sia il caso di stabilire delle formole, ponendo invece dell'altezza verticale, o dello spessore radiale, il rapporto delle superficie refrigeranti a quelle di base ed ai cubi della massa considerata a diverse zone di altitudine. La questione non è ancora abbastanza matura per un simile tentativo di generalizzazione; e molto probabilmente non vi si presterà mai.

Noi siamo dinanzi ad un problema complesso a più variabili, e con coefficienti ignoti, come, ad es., quelli che si riferiscono al grado di conduttibilità delle masse.

In tale stato di cose ed in presenza di influenze locali le più disparate, non sarà mai possibile formulare una legge generale, la quale non potrebbe essere che un semplice esercizio algebrico senza alcuna utilità pratica.

Ma le difficoltà di trovare una formola generale non ci dispensano dai tentativi per dilucidare e meglio precisare le condizioni termiche dell'interno del nostro globo, o quanto meno della materia terrestre. Sovente bastano a fornire argomento a congetture bastantemente vicine alla verità le constatazioni fatte nei pozzi di miniere e nelle gallerie di strade ferrate, per cui è ancora molto scarso il numero delle osservazioni. E conviene nel farle tener ben presente il problema della conduttibilità del calore e del potere refrigerante in rapporto alle forme stereotomiche, alla natura mineralogica e geologica delle masse. Bisogna favorire e centralizzare le osservazioni nelle gallerie di miniere; e le esperienze di gabinetto dei fisici possono in questo caso benissimo assecondare le constatazioni pratiche dei geologi.

E noi speriamo che codesto appello caloroso che l'Ingegnere Lommel rivolse alla Società Elvetica delle scienze naturali, sarà impegnosamente accolto dai pratici.

TECNOLOGIA INDUSTRIALE

I FORNI A GAS E I COMBUSTIBILI ITALIANI

Monografia dell'ingegnere CELSO CAPACCI

CAPITOLO IV.

Combustione dei gas.

§ 1. — Condizioni e modi della combustione dei gas.

La combustione dei gas si ottiene mediante processi e disposizioni particolari, variabili a seconda delle proprietà dell'elemento combustibile e degli effetti calorifici che si vogliono ottenere.

Le condizioni essenziali affinché la combustione di un gas sia possibile, sono le seguenti:

1. Miscuglio intimo del gas e dell'aria comburente;
2. La camera di combustione scaldata al calor rosso.

È necessario che il miscuglio di gas e aria sia intimo, acciocché la combustione sia completa e si effettui colla quantità d'aria il più vicino possibile a quella teoricamente richiesta.

Se l'aria non è ben mescolata od è in proporzione insufficiente, l'effetto calorifico è inferiore a quello teorico, e di più la fiamma sarà riduttiva.

Se l'aria è in proporzione troppo grande, l'effetto calorifico sarà anche questa volta minore di quello teorico, a causa del calore assorbito dall'eccesso d'aria, e la fiamma sarà ossidante.

Dunque al punto di vista dell'effetto calorifico, la combustione deve essere completa e la quantità d'aria distribuita in modo da mischiarsi intimamente al gas ed in quantità strettamente necessaria.

In metallurgia poi si richiedono talvolta delle combustioni riduttive ossidanti o neutre a seconda di un dato effetto chimico che si vuol produrre, ed allora l'importanza di questo è tale che gli si sacrifica l'effetto calorifico.

Gli apparecchi di combustione impiegati in pratica per mischiare fra loro il gas e l'aria sono tre:

1. L'aria è iniettata in filetti nel mezzo alla corrente dei gas;
2. L'aria e il gas arrivano in lame parallele alternanti e di spessore proporzionale ai volumi richiesti;
3. L'aria ed il gas arrivano in correnti parallele e sovrapposte.

La disposizione dell'aria iniettata in filetti nel mezzo della corrente gassosa, inventata dal Faber du Faur, è applicata al riscaldamento delle caldaie col gas degli alti forni, ai forni a riverbero per saldare e pudellare il ferro di Carinzia ed anche in quello Bicheroux. In generale i getti dell'aria sono obliqui per rapporto alla corrente gassosa, in modo da penetrarvi e produrre un miscuglio omogeneo.

La disposizione del gas e dell'aria arrivanti in lame parallele è una variante del primo metodo, applicata con vantaggio in alcuni casi. È stato però osservato che quando le lame gassose sono parallele, il miscuglio è meno intimo di quando s'incontrano. E per questo che il Muller nella sua camera di combustione, ha fatto arrivare il gas dalle fessure del fondo della camera rettangolare, mentre l'aria arriva per delle fessure praticate nelle pareti lunghe, ed alternanti colle fessure del gas. Per tal modo mentre le lame non si contrariano arrivano però nella camera ad angolo retto fra loro ed hanno quindi agio di mescolarsi.

Infine la disposizione per la quale il gas e l'aria arrivano in correnti parallele e sovrapposte, se è la meno efficace, è però la più usitata in pratica, come quella che può esser meglio applicata agli apparecchi metallurgici nei quali si richiede la massima semplicità di costruzione a causa della natura delle operazioni che in essi si fanno e delle elevate temperature in essi sviluppate.

Le disposizioni precedenti invece comportano una certa complicazione nella costruzione ed una certa delicatezza nell'uso.

Nei forni Siemens, Ponsard, Boctius, ecc., il gas e l'aria arrivano in correnti parallele e sovrapposte, e questa disposizione dà buoni risultati.

Consideriamo ora l'altra condizione, che cioè la camera di combustione deve essere scaldata al calor rosso.

Ognun sa che un corpo per entrare in combustione, oltre essere mescolato ad una giusta proporzione dell'elemento comburente, deve essere anche scaldato ad una certa temperatura, o messo in contatto ad un corpo in ignizione, il che è lo stesso al punto di vista della teoria della combustione.

È già noto del pari che un gas deve essere scaldato al calor rosso acciocché si possa infiammare, e ciò sarà tanto più necessario per i gas impiegati nei forni metallurgici, i quali, sia che provengano dall'alto forno, sia da un gasogeno, contengono in generale solo un terzo per cento di elementi combustibili CO,

mentre gli altri due terzi sono composti di gas inerti ($\text{CO}^2 + \text{Az}$) anzi dannosi in quanto che ne diminuiscono la combustibilità e l'effetto calorifico per unità di peso.

Per ottenere una camera di combustione scaldata al calor rosso, noi potremo impiegare due metodi: sia scaldare realmente la camera ove succede la combustione, sia scaldare previamente il gas o l'aria, oppure ambedue.

Ne derivano quindi tre modi di combustione dei gas, che sono i seguenti e sui quali m'intratterò separatamente.

1. *Aria e gas non riscaldati.* — È necessario introdurla in una camera di combustione, la quale è mantenuta al calor rosso da un focolare speciale.

Questo è il caso in cui si vuol ottenere una temperatura giustamente moderata in una grande concamerazione, per l'effetto del semplice riscaldamento.

Di tal sistema abbiamo un gran numero di esempi nell'applicazione dei gas degli alti forni, non solo al riscaldamento delle caldaie destinate a dare il vapore alla macchina soffiante ed al montacariche che servono al forno, ma anche al riscaldamento degli apparecchi destinati a riscaldare il vento da insufflare in esso.

La disposizione adottata in casi simili è semplicissima. La caldaia, o l'apparecchio di riscaldamento del vento, possiede anteriormente un focolare analogo a quelli ordinari, se non che in esso tanto la porta di caricamento, che quella del cinerario, sono ermeticamente chiuse. Nella faccia anteriore del focolare sbocca il tubo adduttore del gas, il quale termina d'ordinario in una cassa da cui questo esce in una lama nella quale mediante tubi si dà l'accesso all'aria, che non è insufflata ma sì vero aspirata dal gas e dal tiraggio prodotto dal camino. Quest'aria serve alla combustione del gaz ed a mantenere in ignizione il carbone acceso sulla grata.

Qui dunque il gas e l'aria si mescolano freddi, ed il loro miscuglio a contatto del fuoco e delle pareti del focolare, arriva alla temperatura necessaria alla sua combustione.

2. *Gas non riscaldato ed aria calda.* — La temperatura che portano gli elementi gassosi è sufficiente per la loro ignizione e non si richiede un focolare speciale.

Questo modo è particolarmente impiegato allorché si ha un gas puro e che quindi lo si può bruciare direttamente al suo uscir dal gasogeno, onde utilizzare la temperatura ch'esso ha a questo momento (600° a 900°).

L'aria viene scaldata ad una giusta temperatura (300° a 800°) circolando in apparecchi ove si utilizza il calore perduto del forno.

Dalla combustione di questi due elementi riscaldati si ottiene una temperatura locale abbastanza intensa quale si richiede nei forni a riverbero per il pudellaggio e riscaldamento del ferro.

Questo sistema sarà dunque utilissimo ogniqualvolta s'impieghino nel gasogeno dei combustibili di qualità superiore (litanttrace) il cui gas sia ricco e puro, e quindi direttamente combustibile senza richiedere nessuna purificazione e raffreddamento.

Noi avremo quindi in tal caso il gasogeno adiacente al forno, ed i gas uscendo dal primo passeranno subito sul ponte ove saranno bruciati dall'aria calda.

Per tal modo sono utilizzati nella combustione anche gl'idrocarburi combustibili contenuti nel gas.

Di questo sistema sono i forni seguenti: quello di Ebelmen, costruito a Audincourt; quello di Carinzia, e quelli Ponsard, Boetius, Bicheroux e Dutreix, i quali tutti sono a riverbero e servono al pudellaggio ed al riscaldamento del ferro.

Nel forno di Ebelmen il gasogeno era contiguo al forno, e l'aria era scaldata in tubi disposti a serpentino alla base del camino, secondo la disposizione ben nota di Wasseraffingen.

Nel forno di Carinzia il gasogeno è contiguo al forno, e l'aria è scaldata nei tubi a serpentino, disposti sia nella base del camino, sia nelle pareti del forno, o in altre parti ove sia innocuo ed anzi utile togliere del calore.

Nel forno Ponsard il gasogeno è contiguo al forno. L'aria si riscalda nel recuperatore, il quale è una concamerazione ripiena di mattoni vuoti formanti dei canali, nei quali passano in un senso i prodotti della combustione, mentre l'aria circola in senso inverso onde riscaldarsi più efficacemente.

Nel forno Boetius il gasogeno è contiguo al forno, e l'aria si scalda circolando nelle pareti e nella volta di esso.

Nel forno Bicheroux il gasogeno è contiguo al forno, e l'aria si scalda circolando sotto il piano e nel ponte del forno.

Nel forno Dutreix il gasogeno è pure adiacente al forno; l'aria però non è riscaldata e vien soffiata dal ventilatore sul ponte ove brucia il gas in virtù della sua temperatura e di quella irraggiante dal laboratorio del riverbero.

L'apparecchio di combustione applicato in questi casi è vario, e noi abbiamo: sia quello inventato dal Faber in cui l'aria è iniettata in filetti nella corrente gassosa come si pratica nel forno di Ebelmen, di Carinzia, del Dutreix e del Bicheroux;

sia quello ove il gas e l'aria arrivano in due correnti contigue, come nei forni Ponsard e Boetius.

Questi forni, soprattutto gli ultimi inventati, danno risultati ottimi.

Anche nei gas degli alti forni, i quali arrivano al luogo di loro utilizzazione ad una temperatura (100° a 200°) molto inferiore a quella che hanno i gas uscanti dal gasogeno, si hanno da notare delle applicazioni di questo secondo modo di combustione, cioè per mescolanza con aria calda.

Così per esempio piacemi ricordare come il primo forno a gas costruito fosse quello a riverbero di Wasseraffingen ove il Faber utilizzava i gas dell'alto forno bruciandoli con dell'aria scaldata nel tubo a serpentino situato nella base del camino.

Modernamente poi questo sistema fu applicato con vantaggio agli apparecchi Whitwell, destinati al riscaldamento ad alta temperatura, del vento destinato agli alti forni. Quivi i gas provenienti dall'alto forno sono bruciati nel serpentino refrattario a mezzo dell'aria che si è riscaldata circolando nelle pareti del serpentino stesso. Così si ottiene una temperatura di combustione molto elevata, quale si richiede al riscaldo del vento.

3. *Aria e gas riscaldati* preventivamente più o meno a seconda della temperatura che si vuole ottenere nell'ambiente da scaldare.

Le condizioni di applicazione di questo terzo modo di combustione sono varie.

Prima di tutto sarà indispensabile applicarlo ogniqualvolta si vogliono ottenere delle temperature molto elevate in un ambiente esteso. Difatti siccome la temperatura di combustione di un dato gas è matematicamente inalterabile, così l'unico mezzo di innalzarla al grado voluto, sarà quello di riscaldare esso e l'aria separatamente avanti la combustione fino ad una data temperatura.

In secondo luogo è indispensabile impiegare questo sistema quando con dei gas freddi si vogliono ottenere delle temperature elevate. Questo caso si presenta, come ognuno vede, sempre quando si hanno dei gas impuri, i quali debbono essere raffreddati e purificati dalle polveri, dal vapor acqueo e dai vapori non combustibili.

Questo è dunque il caso dell'impiego nel gasogeno di combustibili di qualità inferiore (lignite, torba, legno), dei quali la purificazione e quindi il raffreddamento sono già stati dimostrati necessari a sufficienza nel capitolo precedente.

In terzo luogo questo sistema di combustione è utilissimo in quanto che dà al metallurgista una padronanza assoluta sulla temperatura ch'egli vuole produrre nel forno, il che egli otterrà scaldando più o meno previamente il gas e l'aria, e di più gli permette di regolare a piacere la natura chimica e l'estensione della fiamma.

Il forno tipico di questo sistema è quello di Siemens. Qui si hanno due paia di ricuperatori o meglio recuperatori del calore perduto del forno. Le fiamme perdute uscendo dal rampante vanno al paio di recuperatori ove ha luogo attualmente il ricupero e li traversano dall'alto al basso, lasciando il loro calore al reticolato di mattoni, mentre invece nel paio adiacente il gas e l'aria arrivano separatamente ciascheduno al rispettivo recuperatore, lo traversano dal basso all'alto togliendo il calore al reticolato di mattoni, e scaldatisi nel modo il più efficace giungono al ponte ove si mischiano e bruciano.

L'unico inconveniente di questo sistema è quello che di quando in quando, allorché i recuperatori che operano il riscaldamento si sono raffreddati al disotto di un certo limite, è necessario invertire il passaggio delle correnti gassose e far giungere in questi le fiamme perdute, mentre negli altri, ora caldi, andranno a passare il gas e l'aria.

Questo fatto dell'invertimento delle correnti gassose produce un momento di sosta nel loro andamento, giacché il tiraggio resta momentaneamente interrotto finché non venga ristabilito dal camino a traverso la nuova via che gli è aperta.

Però quest'inconveniente è più teorico che effettivo, ed in pratica a causa della temperatura esistente nel forno l'andamento di questo non viene a risentire nessuna alterazione per il fatto dell'invertimento delle correnti.

I forni sistema Siemens si trovano oggi frequentissimamente impiegati nelle industrie ove rendono i più grandi servigi e realizzano i più considerevoli vantaggi.

Nella fabbricazione del ferro i forni Siemens servono al riscaldamento dei prodotti da laminare e da martellare ed al pudellaggio della ghisa. Nella fabbricazione dell'acciaio essi servono nei forni Martin. Per le grandi fusioni di ogni industria, come per la ghisa, per l'acciaio in crogiuoli, per il vetro, la soda, ecc., i forni Siemens sono utilissimi.

Il numero di essi che oggi noi troviamo nelle industrie è molto superiore a quello degli altri forni a gas.

Un altro mezzo per aver l'aria ed il gas riscaldato avanti di bruciarli nel gasogeno è stato realizzato dal Ponsard nei suoi forni a gasogeno soprariscaldato.

Quivi il gasogeno ha una disposizione speciale, e l'aria che lo alimenta invece di venire direttamente dall'atmosfera, traversa prima il recuperatore ed arriva calda al generatore in modo da utilizzare il suo calore all'accrescimento della temperatura dei gas prodotti.

L'aria poi è riscaldata siccome nel sistema semplice Ponsard, traversando il recuperatore.

Questo sistema del gasogeno soprariscaldato mi pare racchiuda varii e gravi difetti.

Prima di tutto la complicazione per la disposizione speciale da dare al gasogeno onde condurvi l'aria calda, e per il fatto che sviluppandosi nel gasogeno delle temperature molto elevate, esso è posto in cattive condizioni di resistenza e di durata. Bisogna sopprimere la graticola che altrimenti fonderebbe, e costruire un tino complicato con speciale cura.

Da contrapporre a questi inconvenienti noi abbiamo la semplicità e i vantaggi delle camere di ricupero ordinarie e dei gasogeni ordinari ove non si sviluppano temperature elevate.

In secondo luogo è evidente che quanto maggiore sarà la temperatura sviluppata nel gasogeno, tanto maggiori sono le perdite di calorico a traverso le pareti, nelle ceneri e nei gas non combustibili ($CO^2 + A^2$) uscenti dal gasogeno. Dunque il maggior calore che hanno i gas uscenti da un gasogeno soprariscaldato non è proporzionale a quello introdotto in esso dall'aria proveniente dal recuperatore, ma anzi quello utilizzato sarà inversamente proporzionale in una data ragione.

A ciò abbiamo da contrapporre la facilità con cui possiamo ottenere il più elevato calore oggi possibile, riscaldando previamente il gas e l'aria nei rigeneratori di Siemens, ove sappiamo che si aumenta la temperatura in modo rapido ed efficace regolando giustamente le inversioni della corrente.

In terzo luogo infine col gasogeno soprariscaldato cade anche lo scopo di aver dei gas ricchi in idrocarburi combustibili, come avviene nei forni Ponsard ordinari, giacchè questi idrocarburi trovandosi in una corrente calda saranno decomposti nello stesso modo di quelli che traversano i rigeneratori di Siemens.

Parni dunque sia evidente la poca convenienza dei forni a gasogeno soprariscaldato.

Detto così per sommi capi del modo di ottenere gli effetti calorifici, dirò qualche parola sulla facilità e sulla variabilità degli *effetti chimici* che è dato ottenere nei forni a gas.

Ognun sa come nei forni metallurgici si vogliono ottenere, a seconda dei casi, delle azioni ossidanti, riduttive o neutre, e come queste corrispondono ad una determinata natura chimica della fiamma.

Nei forni a combustibile solido la condotta è in generale delicata ed è ben difficile proporzionare esattamente l'afflusso dell'aria alla natura chimica desiderata nella fiamma.

Nei forni a gas invece, ove i volumi relativi dell'elemento combustibile e di quello comburente sono regolati con un registro, e la temperatura è quale vien concessa nel regolatore, noi abbiamo tutti gli elementi in mano per far variare a volontà l'effetto chimico della fiamma e per mantenerlo indefinitamente ogniquivolta abbiamo raggiunto quello desiderato.

§ 2. — *Effetti calorifici ottenuti nei forni a gas.*

Dopo aver spiegato nel paragrafo precedente i modi e i processi coi quali si raggiunge la migliore combustione dei gas nei forni impiegati nelle industrie, faremo ora un esame analitico e comparativo degli effetti calorifici in essi ottenuti.

Dividerò al solito questo studio in due parti, di cui la prima sarà relativa ai gas degli alti forni, la seconda a quelli dei gasogeni. Ciò faccio perchè l'utilizzazione del calore negli apparecchi che generano il gas e quindi l'effetto utile della gassificazione è differente nei due casi in ragione del vario modo di produzione.

Effetti calorifici dei gas degli alti forni. — Nel capitolo II ho spiegato diffusamente le ragioni per le quali dalla bocca degli alti forni esce un gas combustibile (CO) ed ho dato anche la composizione media di esso.

Se dall'alto forno esce un gas combustibile contenente una certa proporzione di ossido di carbonio, è evidente che in esso l'utilizzazione del calore, che il combustibile solido può dare, non è completa. Ciò si vede subito ponendo mente che:

1 chg. di carbonio bruciando a CO^2 produce 8080 calorie
 1 » » » » a CO » 2473 »

Ma è stato anche calcolato esattamente quale è la quantità di calorico utilizzata negli alti forni e quale quella che se ne va asportata dai gas combustibili.

Il Gruner nei suoi importanti studi sugli alti forni e sulla utilizzazione del calore in essi prodotto, ha calcolato esattamente quale è il numero di calorie virtualmente disponibili nel forno e quale quello delle calorie in esso realmente utilizzate.

Prendendo la media di molti calcoli fatti tanto sugli alti forni alimentati a coke che su quelli alimentati a carbone di

legno, tanto soffiati ad aria fredda che ad aria calda, si trovano i seguenti dati:

Produzione di ghisa di	chg.	1
Carbonio bruciato	»	1
Calore totale prodotto supponendo la combustione completa a CO^2	calorie	8080
Calore realmente prodotto eguale a quello utilizzato nel forno, perso nelle ceneri, a traverso le pareti e asportato dai gas	»	4000 a 4200
Rapporto del calore totale possibile a quello realmente sviluppato (circa)	»	0,50
Rapporto fra la capacità calorifica dei gas uscenti dall'alto forno e quella del combustibile in esso introdotto	»	0,50

Dunque in media, in un alto forno, non si utilizza che la metà del calore che il combustibile introdotto può sviluppare, mentre l'altra metà va coi gas combustibili uscenti dalla bocca.

Queste cifre, oltre a dimostrare all'evidenza la necessità di utilizzare i gas degli alti forni, permettono poi anche di renderci conto della quantità di gas e di calore che noi potremo raccogliere da un dato alto forno, in modo da proporzionare esattamente l'effetto che ci proponiamo alla quantità e capacità calorifica dei gas fornitici da esso.

Facciamo il calcolo approssimativo delle calorie disponibili nel gas. Prendiamo un alto forno il quale:

Produce ghisa per 24 ore chg. 30000
 Consuma carbonio » » 30000

Siccome in esso non si utilizza che il calore corrispondente alla metà del carbonio bruciato, ne segue che i gas avranno una capacità calorifica o potere calorifico, corrispondente all'altra metà del carbonio non utilizzato nel forno, cioè:

Potere calorifico dei gas per 24 ore
 $15000 \times 8080 = \text{calorie } 121\ 200\ 000.$

Vediamo ora a quanti forni noi potremo soddisfare con tal numero di calorie.

Consideriamo un *forno da riscaldare il ferro* ordinario, ma ben impiantato, per il quale si abbiano gli elementi seguenti: Litantrace bruciato per tonn. di ferro riscaldato . chg. 300
 Produzione per 24 ore » 10000

Supponendo che il litantrace contenga 80 0/0 di carbonio ne segue che in 300 chg. di esso saranno contenuti 240 di carbonio, quindi per un tal forno avremo:

Carbonio bruciato per 24 ore $240 \times 10 = \text{chg. } 2400.$
 Calore ad esso corrispondente
 $2400 \times 8080 = \text{calorie } 19\ 392\ 000.$

Paragonando questo numero di calorie richieste nel forno a riscaldare col numero di calorie disponibili nei gas dell'alto forno, si ha:

$$\frac{121\ 200\ 000}{19\ 392\ 000} = 6$$

dunque un alto forno produttore 30 tonnellate di ghisa al giorno può dare tal quantità di gas da alimentare 6 forni da riscaldare il ferro.

Considerando un *forno da pudellare* ordinario pel quale si abbia: Consumo di litantrace per tonnellata di ferro grezzo chg. 650
 Produzione in 24 ore » 3000
 si troverebbe che il gas dell'alto forno considerato potrebbe alimentare 7 a 8 forni da pudellare.

Questi calcoli empirici non tengon conto di una quantità di elementi favorevoli all'utilizzazione dei gas e quindi sono troppo tenui. I risultati dell'esperienza constatarono come la quantità di gas richiesta sia inferiore a quella calcolata.

Difatto è certo che il gas di un alto forno il quale consumi 3000 chg. di carbone per 24 ore è sufficiente all'alimentazione sia di un forno da riscaldare come anche di un forno da pudellare. Quindi è che nel caso del forno considerato, il quale brucia 30000 chg. di carbone per giorno, il numero di forni cui esso potrebbe coi suoi gas soddisfare, sarebbe dai 9 a 10.

Consideriamo ora l'impianto di una caldaia. Sia una macchina a vapore ordinaria per la quale si richiedono 20 chg. di vapore a 5 atmosfere, per cavallo-vapore di forza e per ora.

Ammettiamo d'altra parte che 1 chg. di litantrace produca 5 chg. di vapore a 5 atm. all'ora, come generalmente ha luogo nelle caldaie ordinarie.

Ne segue che 4 chg. di litantrace corrispondono ad una forza prodotta di 1 cavallo-vapore all'ora.

Prendiamo una caldaia di tali dimensioni da poter somministrare 500 chg. di vapore a 5 atm. all'ora e sufficiente quindi a mettere in movimento una macchina di 25 cavalli di forza.

A questa macchina corrisponderà un consumo di litantrace di
 $25 \times 4 = 100 \text{ chg. all'ora,}$
 e per una giornata di 24 ore 2400 chg. di litantrace.

Supponendo al solito che il litantrace contenga 80 0,0 di carbonio ne segue che ai 2400 chg. corrispondono 1920 di carbonio il cui potere calorifico è:

$$1920 \times 8080 = \text{calorie } 15\ 513\ 600.$$

Paragonando questo numero di calorie richieste per la caldaia a quello disponibile nei gas dell'alto forno, noi avremo:

$$\frac{121\ 200\ 000}{15\ 513\ 600} = 7$$

dunque l'alto forno produttore 30 tonnellate di ghisa può dare tal quantità di gas da alimentare 7 caldaie, di cui ciascheduna corrisponde ad una forza di 25 cavalli-vapore.

Infine per riunire in una regola empirica quel che è relativo all'utilizzazione del gas degli alti forni, dirò che sta in fatto come esso sia sufficiente di per sé solo al riscaldamento dell'apparecchio ad aria calda, ed al riscaldamento delle caldaie che fanno muovere la macchina soffiante ed il montacariche.

Questo dato di esperienza è confortato anche dal calcolo, nel quale non entrerà per non dilungarmi di troppo.

Un'ultima osservazione voglio fare, ed è che i calcoli suesposti sono fatti secondo dei criterii medii industriali e pratici, e non son voluto entrare nella discussione dei casi particolari per ognuno dei quali si hanno delle cifre differenti, tutte però assai vicine a quelle date.

Il potere calorifico dei gas degli alti forni, potrà essere calcolato assai facilmente secondo le formule date nei trattati.

Per far questo computo sceglierò, come composizione media in peso dei gas, la seguente:

CO	26,20	} 100,00
CO ²	15,50	
Az	58	
H	0,30	

Il potere calorifico di questo gas si otterrà sommando le capacità calorifiche di ciascheduno dei suoi elementi combustibili: $0,262 \times 2403 + 0,003 \times 34462 = 629,586 + 103,386 = 732,972$ ossia 733 calorie.

Supponiamo ora di bruciare questo gas sia sotto delle caldaie, sia in un apparecchio a scaldar l'aria per l'alto forno. Noi sappiamo allora che il gas e l'aria vi arrivano freddi e che la combustione è mantenuta con un piccolo fuoco di litantrace esistente nel focolare.

La temperatura di combustione di questo gas si otterrà applicando la formula ordinaria. Siano:

- P — Peso del combustibile.
- C — Calorico specifico del combustibile.

p — Peso dei prodotti della combustione.

- c — Calorico specifico dei prodotti della combustione.
- t — Temperatura di combustione.

Si ha la ben nota relazione: $PC = pct$, da cui:

$$t = \frac{PC}{pc}$$

Quindi, la temperatura di combustione è il rapporto esistente fra la quantità di calore prodotta nella combustione e la quantità di calore assorbita dai prodotti della combustione per unità di grado.

Convieni ora interpretare convenientemente il valore da dare nel caso presente ai termini componenti la formula.

Siccome qui si tratta di un combustibile complesso, i cui prodotti della combustione sono pure complessi, trattandosi inoltre di un gas che ha una certa temperatura, e di un elemento comburente (l'aria) che ha la temperatura ambiente, la formula suddetta prenderà la forma seguente:

$$t = \frac{\Sigma PC + PC'T' + P''C''T''}{\Sigma pc}$$

nella quale le nuove lettere introdotte hanno il significato seguente:

- ΣPC — Quantità di calore prodotta nella combustione.
- C' — Calore specifico del combustibile.
- T' — Temperatura con cui il combustibile entra nel forno.
- PC'T' — Calorie fornite dal combustibile.
- P'' — Peso dell'aria richiesta per la combustione.
- C'' — Calore specifico dell'aria.
- T'' — Temperatura con cui l'aria entra nel forno.
- P''C''T'' — Calorie fornite dall'aria.

Σpc — Quantità di calore assorbito dai prodotti della combustione per unità di grado.

Nel caso attuale dell'analisi data qui sopra, noi daremo alle lettere suddette i valori seguenti:

Valore di ΣPC . Operando sull'unità di peso, abbiamo: $P = 1$ $C = 733$ ora trovato, quindi $\Sigma PC = 733$.

Valore di PC'T'. $P = 1$ $C' = 0,25$ prendo 0,25 come media proporzionale dei differenti calorici specifici degli elementi costi-

tuenti il gas. $T' = 30^\circ$ giacchè suppongo che il gas dell'alto forno avanti di giungere al luogo della utilizzazione sia stato purificato e quindi raffreddato. Avremo dunque

$$PC'T' = 0,25 \times 30 = 7,50.$$

Valore di P''C''T''.

Bisognerà prima di tutto determinare la quantità d'aria necessaria alla combustione dell'unità di peso del gas, ora considerato.

26,20 di ossido di carbonio esigono per trasformarsi in acido carbonico 14,93 di ossigeno, cui corrispondono 65 d'aria.

0,30 di idrogeno richiedono per trasformarsi in acqua 2,40 di ossigeno, cui corrispondono 10,344 d'aria.

Dunque la quantità d'aria necessaria teoricamente per la combustione completa del gas è la seguente: $65 + 10 = 75$.

Cioè, in cifra rotonda, 1 chg. di gas dell'alto forno richiede teoricamente 0,75 d'aria per la sua combustione completa.

Vedremo come in pratica questa cifra sia inferiore alla realtà. Ritornando ora al termine P''C''T'', avremo: $P'' = 0,75$ $C'' = 0,24$ $T'' = 15^\circ$ temperatura media ambiente.

$$\text{Quindi: } P''C''T'' = 0,75 \times 0,24 \times 15 = 2,70.$$

Valore di Σpc . Qui abbiamo da considerare i vari elementi costituenti i prodotti della combustione, che sono: l'acido carbonico, il vapor acqueo e l'azoto proveniente dall'aria. Dando a ciascheduno un simbolo speciale che ne rappresenti il peso p' p'' p''' ed un altro che ne rappresenti le caloricità specifiche c' c'' c''' , avremo: $\Sigma pc = (CO_2)p'c' + (H_2O)p''c'' + (Az)p'''c'''$. Cerchiamo ora i valori corrispondenti a ciascun termine.

L'acido carbonico contenuto nei prodotti della combustione deriva da due fonti diverse:

1. Quello contenuto nel gas combustibile.
2. Quello proveniente dalla combustione.

Riguardo a questo si può dedurre da quel che è stato detto precedentemente che 26,2 di ossido di carbonio danno 40,70 di acido carbonico, quindi:

1. Acido carbonico contenuto nel gas 15,50
2. " " prodotto dalla combustione dell'ossido di carbonio 40,70

Dunque ad 1 chg. di gas corrispondono 0,562 di acido carbonico nei prodotti della combustione, allora avremo:

$$p' = 0,562 \quad c' = 0,216$$

$$p'c' = 0,562 \times 0,216 = 0,1215 = 0,122.$$

Il vapor acqueo dei prodotti della combustione è quello corrispondente all'idrogeno contenuto nei gas combustibili.

0,3003 d'idrogeno producono 0,027 di acqua, quindi:

$$p'' = 0,027 \quad c'' = 0,475$$

$$p''c'' = 0,027 \times 0,475 = 0,013.$$

L'azoto dei prodotti della combustione deriva da 3 fonti:

1. Da quello contenuto previamente nel gas;
2. Da quello proveniente dall'aria che ha bruciato l'ossido di carbonio;
3. Da quello proveniente dall'aria che ha bruciato l'idrogeno.

Queste due ultime quantità si ottengono facilmente dai calcoli suesposti, e quindi avremo successivamente:

1. Azoto del gas 58
2. Azoto corrispondente al CO² 50 } 116
3. Azoto corrispondente al H²O 8 }

Noi avremo allora per unità di peso:

$$p''' = 1,16 \quad c''' = 0,244$$

$$p'''c''' = 1,16 \times 0,244 = 0,283.$$

Il denominatore della formula avrà dunque il valore:

$$\Sigma pc = 0,122 + 0,013 + 0,283 = 0,418.$$

Introducendo i valori trovati nella formula della temperatura di combustione, avremo:

$$t = \frac{733 + 7,50 + 2,70}{0,418} = \frac{743}{0,418} = 1777,50.$$

Dunque la temperatura di combustione teorica del gas preso ad esame, è di 1777°, o in cifra rotonda 1700°.

Questa cifra teorica però non è quella che praticamente si raggiunge nei nostri forni industriali.

Le cause che influiscono su questa diminuzione dell'effetto calorifico, sono qui, come in ogni altra combustione, di varia natura. Le principali però sono le seguenti:

La dissociazione, per la quale alcuni composti anche dei più fissi, non resistono alle elevate temperature e si scindono, non realizzando così il calore che teoricamente potrebbero produrre a quelle temperature.

La quantità d'aria che spesso è superiore a quella teorica o inferiore, per cui la temperatura calcolata non è raggiunta.

In favore invece degli effetti calorifici da ottenere dai gas sta il fatto dello stato di condensazione del corpo combustibile, giacchè è ben noto che il potere calorifico di un combustibile è tanto più elevato, quanto minore è la sua densità.

Quindi nel caso della combustione dell'ossido di carbonio essendo qui il carbonio allo stato gassoso, noi abbiamo un potere calorifico superiore a quello del carbonio fisso.

Quantità d'aria necessaria alla combustione del gas dell'alto forno considerato.

In pratica occorre conoscere quali sono le proporzioni fra la materia combustibile e la sostanza comburente, onde poter determinare le dimensioni degli organi relativi.

Peso d'aria per unità di peso del gas. — Nei calcoli esposti più sopra, abbiamo già trovato che 1 chg. di gas richiede teoricamente per la sua combustione completa 0,750 d'aria.

Volume d'aria per unità di volume del gas. — Calcolando la composizione in volume del gas di cui conosciamo già quella in peso, e facendo i calcoli relativi ai volumi d'aria richiesti per la combustione dei suoi vari elementi si trova che 1 metro cubo di gas esige per la sua combustione circa 0,600 d'aria a 0° e a 760 mill. di mercurio.

Con ciò restano determinati i principali dati relativi agli effetti calorifici che possono ottenersi dai gas degli alti forni.

(Continua)

NECROLOGIE

Giuseppe Alby. — Il 27 dello scorso dicembre moriva in Torino il distinto Ingegnere Alby. Era nato in Issime (Valle di Aosta) nel 1814. Erasi laureato con distinzione nella Scuola Politecnica di Parigi; e ritornato in patria fu tra gli Ingegneri che iniziarono i primi lavori e diressero l'arduo ed osteggiato impianto delle reti ferroviarie del Piemonte.

Quell'epoca memorabile segnò il primo successo dell'egregio ingegnere che prese a salire rapidamente e con onore i diversi gradini di sua carriera.

Allievo-ingegnere nell'Azienda generale delle Strade ferrate nel 1849, era già ingegnere capo-servizio nel 1856; fu nominato ingegnere di 1ª classe nel Corpo del Genio Civile nel 1859; direttore delle Officine delle Ferrovie dello Stato nel 1864, e infine nel 1871 Ingegnere-Capo negli Uffici centrali della manutenzione e lavori nelle Ferrovie dell'Alta Italia, nel quale posto servì col massimo zelo finché la mal ferma salute l'obbligò a mettersi a riposo.

La sua vita fu tutta abnegazione ed operosità. Di cuore generoso e patriottico, di animo gentile, e di non comune ingegno, il cav. Alby prestò importanti servizi al suo paese, e talvolta compì il suo dovere in difficili e pericolose circostanze.

Giacinto Gautero. — Nativo di Verzuolo (Saluzzo) il professore Ingegnere Giacinto Gautero morì a Bologna il 29 scorso dicembre nell'età di soli 33 anni.

Erasi laureato molto onorevolmente nella Scuola degli Ingegneri di Torino l'anno 1868. In quell'occasione diede alle stampe la sua dissertazione sui compressori idropneumatici a colonna ed a tromba impiegati nel primo traforo delle Alpi, lavoro importantissimo, nel quale prendendo a norma ciò che fin dal 1863 il conte Paolo di St. Robert aveva pubblicato sui compressori a colonna, il Gautero dimostrava teoricamente anche dal solo punto di vista del rendimento in aria compressa la superiorità dei compressori a tromba su quelli a colonna.

Inviato a spese del Governo a fare studi di perfezionamento all'estero, e segnatamente nel Belgio, al suo ritorno in patria il Gautero fu dapprima professore nell'istituto tecnico di Catania, e nel 1872 professore di meccanica e tecnologia nella Scuola professionale di Biella e direttore della stessa scuola.

Le sue lezioni autografate sulla meccanica razionale fatte alla Scuola professionale di Biella sono un lavoro serio e coscienzioso. Quelle per i fuochisti tenute al corso serale della stessa scuola, scritte e pubblicate in pochi mesi, con tutto il cumulo di lavoro che lo accasciava, se attestano nella forma la fretta con cui furono scritte, sono però utilissime e gli fanno onore.

Quasi contemporaneamente a questi lavori (1877) concorse ad un premio dell'Accademia dei Lincei con una memoria sul modo di dedurre la potenza di una turbina senza far uso di dinamometri. La memoria fu stampata integralmente nei volumi dell'Accademia, ma non ebbe il premio per insufficienza di prove dedotte da esperimenti. Più tardi, raccolti i necessari dati sperimentali e quando già aveva vinto il concorso alla Cattedra di Meccanica applicata nella Scuola di Applicazione degli Ingegneri di Bologna, faceva rilevare tutta la esattezza e l'importanza pratica della sua Memoria con un lavoro intitolato: *Di alcune formole proprie alla discussione delle esperienze dinamiche sulle ruote a turbine*, che pubblicò nelle dispense di maggio, giugno e luglio dell'annata scorsa dell'*Ingegneria Civile*.

Ricorderanno pure i nostri lettori che il Gautero in altra nota corresse errori gravi e reconditi contenuti nelle opere di celebrati scrittori di cinematica, quali il Willis ed il Rankine in Inghilterra sulle *ruote iperboliche*, ed il Reuleaux in Germania, sulle *ruote elicoidali cilindriche*.

Anche l'Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna accolse un anno fa una sua memoria intitolata: *Di una classe di meccanismi a tre membri*, nella quale gli organi cinematici compresi sotto i nomi di cunei, eccentrici, manovelle a gruocia, bocciuoli cilindrici o conici, ecc., dianzi considerati come non aventi tra loro un modo di formazione comune, e studiati isolatamente, venivano dal Gautero ridotti, per quel che ne riguarda la genesi, ad un concetto unico, potendosi così considerare come casi particolari, come forme speciali di uno solo.

Lo studio intenso, eccessivo, da cui non parve valessero a distoglierlo le cure amorose della moglie e dei figli, fu la causa precipua per cui abbiamo ora a rimpiangere l'amara perdita del nostro collega ed amico; ed è perdita grave per i figli che lasciò in tenera età, per la Scuola di Bologna che lo accolse, e per la Scuola di Torino che lo ebbe allievo.

Ma chi si abitua nel campo delle astrazioni, a considerare e il tempo, e lo spazio, e le forze al di là del mondo finito, non ha sempre il coraggio di rientrare in sé, per rimanere nella cerchia limitata e ristretta della realtà delle cose e perfino nel supremo istante in cui l'anima sua scioglie i vincoli del mondo e vola a Dio, lo sorregge il pensiero che rimane ancora nell'orbita delle leggi naturali la molecola, che vive anch'essa e vibra eternamente unisona coll'armonia delle sfere.

G. S.

BIBLIOGRAFIA

Théorie de l'équilibre des systèmes élastiques et ses applications, par A. Castigliano, Ingénieur des chemins de fer de la Haute Italie. Op. in-8° di 480 pagine, con 15 tavole di figure. Turin, 1880.

1. — Fin dal 1873, il signor Castigliano nella sua dissertazione a stampa per conseguire il diploma di Ingegnere nella R. Scuola di applicazione degli Ingegneri di Torino, diede per il primo una dimostrazione rigorosa del *teorema del minimo lavoro*, del quale già prima di lui avevano intuito la esistenza A. Cournot, Pagani, Mossotti, Alessandro Dorna ed il Generale Menabrea. Quest'ultimo anzi in due memorie lette alla Accademia delle Scienze di Torino, l'una nel 1857 e l'altra nel 1868, aveva presentata la questione sotto il titolo di *principio di elasticità*, e come i veri principi i quali non si dimostrano, ma si intuiscono e si spiegano, il Menabrea ne aveva dato amplissima spiegazione, applicandolo a molti casi particolari, e notando la identità delle conseguenze alle quali la sua applicazione conduce, ed alle quali erasi abituati ad arrivare per altra via.

Distolto da importantissimi ed alti uffici, il Menabrea non poteva evidentemente continuare codeste ricerche speculative. Il giovane Ingegnere Castigliano poté invece di tali studi formare oggetto di predilezione, favorito ancora dalla natura delle attribuzioni affidategli nell'Ufficio delle Costruzioni delle ferrovie dell'Alta Italia. Così nel 1875 in una memoria che fu stampata negli Atti della Accademia delle Scienze in Torino, col titolo di *Nuova teoria intorno all'equilibrio dei sistemi elastici*, dimostrava nel modo il più completo il teorema delle derivate del lavoro, e quello del minimo lavoro quale corollario di esso.

E successivamente nell'intento di far bene apprezzare ai pratici i vantaggi di brevità e semplicità dei calcoli, e le utili conseguenze che dall'applicazione di tali teoremi derivano, fece esempi di casi pratici di pubbliche costruzioni, dapprima in questo periodico (*Ingegneria Civile*, settembre e ottobre 1876). Più tardi, in occasione della Esposizione di Parigi del 1878, raccolse in una nuova pubblicazione un maggior numero di esempi; e finalmente nel libro di cui prendiamo a discorrere, il Castigliano ci diede un vero trattato elementare, metodico e completo sull'equilibrio dei sistemi elastici, basato interamente sull'applicazione del teorema delle derivate del lavoro.

Esaminiamo brevemente il libro.

2. — Nella PRIMA PARTE, premesse le opportune definizioni, l'Autore conduce in poche pagine il lettore, quand'anche fosse ancora digiuno di codeste questioni, a ben comprendere il teorema delle derivate del lavoro, il quale è così enunciato:

« Esprimendo il lavoro di deformazione di un sistema articolato in funzione degli spostamenti relativi delle forze estrinseche applicate ai vertici, si ottiene una formola le cui derivate, rispetto agli spostamenti stessi, danno il valore delle forze corrispondenti.

« Ed inversamente: esprimendo il lavoro di deformazione di un sistema articolato in funzione delle forze estrinseche, si ot-

tiene una formola, le cui derivate, rispetto a dette forze, ci danno gli spostamenti relativi dei loro punti di applicazione ».

L'A. dimostra in seguito rigorosamente, in due diversi modi, il teorema del minimo lavoro, ossia dimostra che « le tensioni le quali si verificano in un sistema articolato dopo la sua deformazione elastica, sono quelle appunto che rendono minimo il lavoro di deformazione del sistema ».

Infine spiega il modo di procedere nel caso in cui le sbarre del sistema siano soggette a variazioni di tensioni, come ad es., per effetto dei cangiamenti di temperatura.

Nel II capitolo si vede come il teorema delle derivate del lavoro e quelle del minimo lavoro siano applicabili al caso in cui il sistema consta di pezzi incastrati gli uni negli altri, anziché riuniti a snodo. Donde deriva che il teorema del minimo lavoro è egualmente applicabile ai corpi solidi di qualsiasi forma o dimensione. Ora è evidente che non sarebbe possibile in tal caso scrivere, come si fa per ogni vertice dei sistemi articolati, le tre equazioni di equilibrio per ogni singola molecola di un monolito. Ma in pratica avviene che le incognite da determinarsi sono funzioni delle forze elastiche e solamente dipendono dalle forze molecolari operanti in certe sezioni piane interne, nelle quali le reazioni dei punti o delle superficie sono legate da condizioni particolari, epperò, come le forze elastiche devono rendere minimo il lavoro di deformazione di un sistema, così pure dev'essere delle incognite in funzione delle quali il lavoro di deformazione s'è potuto particolarmente esprimere.

Ond'è che constatiamo con piacere che il Castigliano sia finalmente arrivato ad enunciare il teorema del minimo lavoro così: « Qualunque siano le incognite in funzione delle quali siasi espresso il lavoro di deformazione di un sistema, i valori che tali incognite debbono avere dopo che la deformazione è avvenuta, sono quelli che rendono minimo tale lavoro, tenuto conto delle equazioni di condizione che debbono aver luogo fra le incognite stesse ».

Nel III capitolo si studiano le condizioni d'equilibrio nei solidi elastici in generale, e come si semplifichino le formole espressive delle forze elastiche nei diversi casi particolari. Le considerazioni dell'equilibrio nei soli casi di tensione e pressione, di flessione e torsione, quando i corpi sollecitati hanno forme prismatiche speciali, sono per l'autore altrettanti facili esempi coi quali trova modo di allettare il lettore a seguirlo nella più difficile questione, se sia meglio accettare il principio ipotetico secondo cui in tutti i corpi isotropi dello stesso materiale, comunque siano applicate le forze estrinseche, si raggiungerebbe il limite dell'elasticità quando la più grande dilatazione abbia acquistato un determinato valore, siccome ammette il *Saint-Venant*, ovvero: quando la più grande forza elastica abbia acquistato un determinato valore, siccome preferisce ammettere con altri autori il *Clebsch*. Sono questioni in apparenza astruse, le quali non hanno fatto finora capolino nelle nostre scuole di ingegneria, ma che ci paiono per altra parte di importanza pratica capitale; e segnatamente nel collegare i risultati sperimentali sulla resistenza dei materiali colla forma dei prismi di saggio, e col modo di sperimentare, codesto sistema meno empirico di considerare la questione, ne pare adattissimo ad offrirci un orizzonte nuovo, ed a preparare un campo sperimentale fecondo delle più utili innovazioni nell'arte di fabbricare.

Nei capitoli IV-X vengono le applicazioni fatte in via di approssimazione, ai solidi ed ai sistemi d'ordinario adoperati e suggeriti dalla pratica, ai prismi uniformemente caricati di pesi, e in diverso modo incastrati od appoggiati alle travi a traliccio, ai ponti a travate continue, ecc.; ai solidi inizialmente curvi, alle arcate metalliche con imposte cilindriche o piane; ai sistemi composti, incavallature, ecc.

E infine nel capitolo XI si spiega come nei sistemi imperfettamente elastici (tali, ad es., le volte di muratura per arcate di ponti, fino a che le malte non abbiano fatto completamente la loro presa), il calcolo possa essere basato sugli stessi principii adoperati per i sistemi elastici, eliminando così ogni indeterminazione, e liberandoci dall'empirismo.

3. — La SECONDA PARTE del libro è la riproduzione in massima parte di quella felicissima raccolta di esempi pratici, di cui abbiamo più sopra tenuto parola, e che sono altrettanti applicazioni numeriche delle teorie esposte. È una raccolta completa, graduata e metodica che va dal semplice al complesso, che comprende tutti i tipi di costruzioni in uso, colla indicazione della località ove si trovano in opera, del grado di stabilità di cui sono dotate, dei pregi e difetti che i nuovi calcoli conducono a scoprire. E così, per es., troviamo lo studio completo delle grandi centine semicircolari a traliccio di ferro, dell'apertura netta di 48 metri, e senza tiranti, state impiegate per la grandiosa tettoia della stazione di Torino; — di una centina ad arco circolare abbassato con un solo tirante orizzontale, avente la corda di metri 47,70 e la saetta di m. 12,10 che è il

caso della tettoia principale nella stazione di Genova; — di un'incavallatura del sistema Polonceau di 26 metri di ampiezza; — di altra incavallatura delle stesse dimensioni in cui i puntoni rettilinei sono sostituiti da una centina arcuata; — di una incavallatura centinata con tiranti a sistemi triangolare (centine a falce) della portata di 30 metri; — di un ponte ad arco in ferro di 45 metri di corda e 5,50 di saetta; — un ponte ad arco in muratura laterizia di 42 metri di corsa e metri 11,90 di saetta, stato costruito sull'Oglio per la ferrovia da Milano a Venezia; — ed infine del grand'arco in pietra da taglio costruito sulla Dora a Torino dall'illustre Carlo Mosca colla corda di 45 metri e la saetta di metri 5,50.

Da tutti questi esempi pratici appare grandissima l'importanza dei nuovi metodi di calcolo con cui si arriva a conclusioni che diversamente rimarrebbero ignorate dagli ingegneri. Cito ad es. quelle relative alla influenza che la temperatura del luogo esercita sulla distribuzione delle pressioni nelle grandi centine metalliche quando esse sono fisse all'estremità. Nella tettoia della stazione centrale di Torino vediamo variare la maggior pressione alle imposte da chilogr. 4,2 a 6,8 per millimetro quadrato fra le temperature estreme di -10° e $+40^{\circ}$. E questi calcoli sono molto più necessari a farsi per il caso delle centine ad archi molto ribassati per le quali sono invece le diminuzioni della temperatura, che fanno accrescere le più grandi pressioni e codeste diminuzioni hanno luogo in inverno, quando le tettoie possono avere già a sopportare il loro sovraccarico accidentale completo, un considerevole strato di neve.

Un altro esempio vogliamo addurre per cancellare dalla mente di qualche nostro associato l'idea fissa che i nostri edifici di calcoli possano tutto al più servire per qualche costruzione metallica di proporzioni eccezionali. Quanto non scrissero teorici e pratici e quali congetture non fecero dai più remoti tempi e fino ad ora sull'abbassamento delle volte murali in seguito al disarmo, e per le grandi arcate di pietra sulla convenienza, o meno, di interporre la malta fra le superficie di giunto?

L'ingegnere Castigliano risolve appunto coi nuovi metodi di calcolo una tale questione per il Ponte Mosca, fa vedere come pel caso della malta fra i giunti, siavi pressione in tutti i punti, e la volta si comporti come un monolito; ma la curva dei centri di pressione passa al disotto del centro della sezione alla chiave; epperò non solo arguisce, ma ci dà la misura della grande influenza che sulla distribuzione delle pressioni hanno gli strati di malta assai più compressibili del granito. Ed ecco i numeri: Nel Ponte Mosca l'arcata è composta di 93 cunei di granito eseguiti in modo che seguissero l'intrados di 45 metri di corda, e 5^m,50 di saetta, senza interposizione di malta. Invece le centine si eseguirono secondo un arco di circolo di 45 metri di corda e 5^m,75 di saetta. E codesta disposizione permise di disporre i cunei per modo che in prossimità delle imposte i giunti di malta dal 1° all'11° avessero una certa spessezza all'intrados, (da 0,009 a 0,002) e quasi nulla all'estrados; dall'11° al 36° non fuvvi interposizione di malta; e dal 31° al 47° (giunto di chiave) si lasciò inversamente una certa spessezza all'estrados (da 0,001 a 0,008 gradatamente) e nulla all'intrados.

Or tutte queste disposizioni erano state da Carlo Mosca dirette allo scopo di ottenere una buona distribuzione delle pressioni. E fino a qual punto vi sia desso riuscito ce lo dice con esattezza matematica il Castigliano nel suo libro. Se i cunei si fossero disposti a preciso contatto gli uni cogli altri, senza interposizione di malta, la massima pressione sul centimetro quadrato sarebbe stata di chilogr. 60,82, pressione che per la pietra del Malanaggio non sarebbe stata ancora eccessiva; ma le disposizioni adottate si appalesano ad ogni modo di grande influenza sulla stabilità dell'opera, inquantoché hanno per effetto di ridurre la massima pressione sul centimetro quadrato da chg. 60,82 a chg. 41,24.

Benevoli lettori, v'è stato uno di voi che ricevuto il fascicolo di dicembre dell'*Ingegneria civile*, inviava gentilmente a questa direzione il numero preciso degli articoli pubblicati nell'annata trascorsa, che diviso aveva in due serie, teorici e pratici; ed esternava il voto che diminuissero di numero i primi, che aumentassero i secondi. A parte il compiacimento che indubbiamente si prova quando ne giunge un segno così palpabile dell'interesse che altri prende di noi, la lettera amica mi ha posto nel più grave impaccio nel giudicare de' miei articoli. Temo ad esempio di aver scritto con questo cenno bibliografico cose troppo teoriche, mentre a me sembrano immensamente pratiche. Chi si liberò da tali scrupoli è l'autore del libro di cui ho tenuto discorso, che da buon italiano lo ha pubblicato in lingua francese. Così l'editore troverà oltre Alpi i lettori che ancora in Italia difettano ed il lavoro del Castigliano prenderà nella letteratura tecnica di Europa il posto che gli compete.

R. SCUOLA D'APPLICAZIONE PER GLI INGEGNERI IN TORINO

CLASSIFICAZIONE

degli Allievi che nell'anno 1880 riportarono il Diploma di INGEGNERE CIVILE o di ARCHITETTO
secondo il Regolamento approvato con Decreto Reale in data 8 ottobre 1876.

N° d'ordine di classificazione	COGNOME, NOME E PATRIA del Candidato	VOTI OTTENUTI		TOTALE dei voti	N° d'ordine di classificazione	COGNOME, NOME E PATRIA del Candidato	VOTI OTTENUTI		TOTALE dei voti
		nelle prove di profitto di 2° e 3° anno	nell'esame generale				nelle prove di profitto di 2° e 3° anno	nell'esame generale	
	Ingegneri civili.	massimo num. 1200	massimo num. 100	massimo num. 1300		Ingegneri civili.	massimo num. 1200	massimo num. 100	massimo num. 1300
1	Del Mastro Calvetti Gius. <i>Saluzzo (Cuneo)</i>	1163	100	1263	37	De-Ria Paride <i>Trieste</i>	892	80	972
2	Cagnoli Achille <i>Reggio Emilia</i>	1160	98	1258	38	Ponzi Ercole <i>Traversetolo (Parma)</i>	898	70	968
3	Zeni Tancredi <i>Torino</i>	1163	95	1258	39	Arcangeli Camillo <i>Brescia</i>	885	77	962
4	Quaini Pietro <i>Bogogno (Novara)</i>	1111	96	1207	40	Ferraria Francesco <i>Aosta (Torino)</i>	872,500	88	960,500
5	Pedrazzini Edoardo <i>Torino</i>	1105	92	1197	41	Rossi Mario <i>Casorzo (Alessandria)</i>	875	75	950
6	Valerio Cesare <i>Torino</i>	1088	82	1170	42	Scarzella Antonio <i>Asti (Alessandria)</i>	852	92	944
7	Salimbeni Alfonso <i>Modena</i>	1068	95	1163	43	Colonnelli Alcibiade <i>Semiana (Pavia)</i>	864	78	942
8	Mandrilli Camillo <i>Cassine (Alessandria)</i>	1065	95	1160	44	Satti Pietro <i>Castelnuovo Garfagnana (Massa Carrara)</i>	861	72	933
9	Bon Giuseppe <i>Torino</i>	1068	90	1158		Gurgo-Salice Giacinto <i>Biella (Novara)</i>	845	75	920
10	Hannau Vico <i>Trieste</i>	1058,500	90	1148,500	45	Salveti Guglielmo <i>Fogizzo (Torino)</i>	846,500	73	919,500
11	Novarese Umberto <i>Torino</i>	1048	80	1128	46	Travaglini Pietro <i>Galliate (Novara)</i>	844	70	914
12	Berrone Giuseppe <i>Torino</i>	1041	85	1126	47	Bollati Felice <i>Novara</i>	824,500	85	909,500
13	Lamberti Tommaso <i>Carmagnola (Torino)</i>	1033	90	1123	48	Seacheri Giovanni <i>Castelnuovo Scrivia (Alessandria)</i>	833	72	905
14	Bacciarollo Michele <i>Bene-Vagienna (Cuneo)</i>	1010	90	1100		Delitala Giuseppe <i>Sassari</i>	832	70	902
15	Billia Ernesto <i>Torino</i>	1009	78	1087	50	Dalla Volta Ferruccio <i>Mantova</i>	829	72	901
16	Pagliano Vittorio <i>Torino</i>	995,500	85	1080,500	51	Fubini Leone <i>Torino</i>	815	70	885
17	Stura Franc. <i>Buttig. d'Asti (Alessandria)</i>	971,500	90	1061,500	52	Cagna Giovanni Battista <i>Cherusco (Cuneo)</i>	802	75	877
18	Mercenati Alfredo <i>Torino</i>	972	85	1057	53	Mellini Carlo <i>Genova</i>	800	70	870
19	Salvadori Giacomo <i>Trento (Inspruk)</i>	966	80	1046	54	Malinverni Oreste <i>Vercelli (Novara)</i>	789,500	78	867,500
20	Comune Felice <i>Asti (Alessandria)</i>	955,500	90	1045,500	55	Gossi Alberto <i>Carmagnola (Torino)</i>	769,500	75	844,500
21	Cassini Francesco <i>Frugeto (Alessandria)</i>	967	75	1042	56	Panzano Emilio <i>Ghilazza (Cagliari)</i>	731,333	70	801,333
22	Barmaz Polidoro <i>Pré St-Didier (Torino)</i>	930	88	1018	57	Ubertoni Pietro <i>Thiene (Vicenza)</i>	724	70	794
23	Chionio Tancredi <i>Torino</i>	937,500	80	1017,500	58	Arnò Carlo <i>Reggio Emilia</i>	705,250	80	785,250
24	Garbarino Giovanni Battista <i>Torino</i>	931,500	83	1014,500	59	Gazzinelli Giacomo <i>Valmadrera (Como)</i>	708,333	70	778,333
25	Villanis Alessandro <i>Fogizzo (Torino)</i>	926	87	1013	60				
26	Tosi Giacinto <i>Moncuoco (Alessandria)</i>	933	75	1008		Bajardi Berengario <i>Parma</i>		80	
27	Massari Giovanni <i>Torino</i>	925	80	1005		Finzi Giustino <i>Mantova</i>		75	
28	Lazzari Emilio <i>Trigolo (Cremona)</i>	930	75	1005		Petrini Cesare <i>Piacenza</i>		75	
29	Gatti Giuseppe <i>Piacenza</i>	908	95	1003		Riotti Riccardo <i>Trieste</i>		72	
30	Ciampini Luigi <i>Terranova-Bracc. (Arezzo)</i>	925	77	1002					
31	Baronio Pasquale <i>Vogogna (Novara)</i>	925	75	1000		Architetti.			
32	Cordoni Clodoveo <i>Cassolnovo (Pavia)</i>	895	95	990		Demicheli Giuseppe <i>Novi Ligure (Alessandria)</i>		77	
33	Correggiari Luigi <i>Valle Lomellina (Pavia)</i>	908	78	986					
34	Farina Corrado Giuseppe <i>Torino</i>	892	90	982					
35	Ferraria G. Vincenzo <i>Biella (Novara)</i>	903	75	978					
36	Gabet Enrico <i>Ciamberi (Francia)</i>	902,500	75	977,500					

Voti di classificazione per aver superato presso altri Istituti alcune delle prove di profitto di secondo e di terzo anno.

R. SCUOLA D'APPLICAZIONE PER GL'INGEGNERI IN ROMA.

Elenco degli Allievi che superarono l'esame generale e conseguirono il diploma di INGEGNERE CIVILE nell'anno scolastico 1879-80.

N° d'ordine	Cognome e Nome	Punti riportati nell'esame
1	Viola Carlo	100 su 100
2	Pantaleoni Guido	99 »
3	Lesti Leonello	98 »
4	Pizzetti Paolo	92 »
5	Fontana Basilio	82 »
6	Martorelli Luigi	82 »
7	Mancini Ernesto	80 »
8	Vannicola Luigi	75 »
9	Castiglione Antonio	70 »
10	Leonori Aristide	70 »
11	Rebecchini Gaetano	70 »
12	Volpe Angelo	70 »

Furono gentilmente inviate alla Direzione dai loro autori le seguenti pubblicazioni:

1. — Sulle ruote dentate — Nota di Prospero Richelmy, negli Atti della R. Accademia delle Scienze. — Torino 1880.
2. — Giovanni Curioni. — Appendice all'arte di fabbricare. Raccolta di progetti di costruzioni. Dispensa iv del vol. iv colle tavole in-folio XXI-XXVI. — Torino 1880.
3. — Sulla equazione dei momenti inflettenti nelle sezioni corrispondenti a tre appoggi successivi di una trave prismatica. Nota di Giovanni Curioni, negli Atti della R. Accademia delle Scienze. — Torino 1880.
4. — Macchina per sperimentare le resistenze dei materiali da costruzione, per Giovanni Curioni, con tre grandi tavole litografate — Memoria pubblicata dall'Accademia delle Scienze. — Torino 1880.
5. — Atti del IV Congresso artistico italiano tenutosi in Torino. Op. in-8° di pag. 230. — Torino 1880.
6. — Circa l'estensione del servizio economico sulle linee secondarie della rete ferroviaria dell'Alta Italia — Relazione al Consiglio d'Amministrazione del Vice-Presidente E. B e u a z z o. Op. in-8° gr. di pagine 25, con due grandi tavole in cromolitografia delle distanze chilometriche e dei proventi dell'esercizio. — Milano 1880.