

L'INGEGNERIA CIVILE

E

LE ARTI INDUSTRIALI

PERIODICO TECNICO MENSILE

Ogni numero consta di 16 pagine a due colonne in-4° grande, con coperta stampata, con incisioni nel testo e disegni litografati in tavole a parte.

Le lettere ed i manoscritti relativi alla compilazione del Giornale vogliono essere inviati alla Direzione in Torino, Via Carlo Alberto, 4.

Il prezzo d'associazione
PER UN ANNO
è di Lire 12 in Italia
e di Lire 15 all'Estero.

Per le associazioni, le inserzioni, i pagamenti, ecc. rivolgersi agli EDITORI Camilla e Bertolero in Torino, Via Ospedale, N. 18.

Non si restituiscono gli originali nè si ricevono lettere o pieghi non affrancati.

Si annunziano nel Giornale tutte le opere e gli opuscoli spediti franchi alla Direzione dai loro Autori od Editori.

SOMMARIO.

COSTRUZIONI CIVILI E STRADALI. — Formole razionali ed esempi numerici per il calcolo pratico degli archi metallici e delle volte murali (con due tavole litografate ed una incisione nel testo).

IDRAULICA PRATICA. — Sulle turbine a distribuzione parziale. Esperimenti di una turbine ad elice, e confronti coi risultati della teoria.

CHIMICA DOCIMASTICA. — L'acqua marcia in Roma.

ESPOSIZIONE UNIVERSALE DI PARIGI DEL 1875. — Il concorso fra gli architetti e i suoi risultati.

COSTRUZIONI CIVILI E STRADALI

Formole razionali ed esempi numerici per il calcolo pratico degli archi metallici e delle volte a botte murali.

di A. CASTIGLIANO

Ingegnere delle ferrovie dell'Alta Italia

(Veggansi le tavole XI e XII).

Introduzione.

Nella mia dissertazione di laurea pubblicata nell'anno 1873, io enunciai (n° 9, pag. 26) il principio fondamentale della vera teoria degli archi e delle volte. Esso fu sviluppato l'anno appresso nella dissertazione di laurea di un distinto ed a me carissimo allievo della scuola d'applicazione degli ingegneri in Torino, il signor Annibale Gavazza; e nel 1875 un altro allievo della medesima scuola, il signor M. Levi, lo applicò ad un esempio numerico per lo studio di un gran ponte che eragli stato proposto come tema d'esame.

Nell'intervallo tra queste due ultime pubblicazioni, anche l'egregio signor ingegnere Giovanni Curioni, professore alla detta scuola accettò il nuovo principio e lo pose a fondamento di una teoria delle volte, che stampò negli *Atti dell'Accademia delle Scienze di Torino*, pur accennando al mio lavoro in cui erasi posta per la prima volta sulla vera strada la teoria degli archi e delle volte a botte, per il che io sono lieto di porgergli qui un pubblico tributo di gratitudine.

Seguitando nello stesso ordine d'idee in una mia memoria presentata alla fine del 1875 all'Accademia delle Scienze di Torino e pubblicata ne' suoi *Atti* (1), trattai di nuovo, fra le altre cose, degli archi metallici e delle volte a botte in-

dicando un procedimento di approssimazione per mezzo del quale si schivavano le difficoltà delle integrazioni, e si riduceva tutto il calcolo a semplici operazioni numeriche.

Per debito d'ufficio ho ora avuto ad applicare questo metodo ad alcuni casi pratici, esortato da' miei superiori, ai quali la lunga pratica delle costruzioni congiunta alle sode cognizioni teoriche facevano maggiormente sentire il pregio d'un metodo, che fondato sopra un principio semplicissimo ed evidentemente esatto, bandisce le arbitrarie ipotesi e basta a determinare tutte le incognite del problema.

Queste applicazioni dimostrarono che la nuova teoria non è punto più laboriosa delle antiche, per modo che anche sotto l'aspetto della brevità non havvi ragione di non adottarla in pratica. Si vide inoltre la possibilità di preparare alcune formole facilissime ad essere applicate, coll'uso delle quali tutte le operazioni riescono così ordinate, che mentre diventano difficili gli errori, tutto il calcolo si riduce ad un meccanismo, che può essere facilmente imparato anche da chi abbia pochissime cognizioni matematiche.

L'esposizione di tali formole è lo scopo del presente lavoro: io non darò dimostrazioni, perchè queste si possono facilmente trovare applicando il metodo da me esposto nella su cennata memoria del 1875, pubblicata negli *Atti dell'Accademia delle Scienze di Torino*; invece esporrò qui rapidamente le considerazioni geometriche, le quali servono di fondamento alla nuova teoria tanto per archi metallici quanto per le volte di muratura, e presenterò alcune osservazioni.

1° Se un arco è simmetrico rispetto alla chiave, disarmandolo e caricandolo simmetricamente, la sezione verticale alla chiave non può nè spostarsi orizzontalmente, nè ruotare. Esprimendo queste due condizioni geometriche si hanno due equazioni, le quali servono a determinare la spinta alla chiave e il suo punto d'applicazione.

2° Se un arco è simmetrico rispetto alla chiave, disarmandolo e caricandolo disegualmente sulle due metà, nasce alla chiave una spinta inclinata all'orizzonte. L'arco può supporre diviso nelle due metà per mezzo del piano verticale alla chiave, purchè a ciascuna metà si applichi una forza uguale alla spinta ed applicata nel medesimo punto: o bene, le due metà dell'arco considerate ciascuna da sè, si deformano per l'azione dei loro carichi e della spinta alla chiave; ma in tale deformazione i centri delle sezioni alla chiave per le due mezze volte devono subire gli stessi spostamenti tanto nel senso orizzontale, quanto nel senso verticale, ed inoltre le dette due sezioni debbono ruotare del medesimo angolo. Esprimendo queste tre condizioni geometriche, evidentemente necessarie affinchè i due mezzi archi rimangano riuniti per le sezioni alla chiave, si ottengono tre equazioni, che servono a terminare le componenti orizzontale e verticale della spinta e il suo punto d'applicazione.

(1) Nuova teoria intorno all'equilibrio dei sistemi elastici.

3° Se un arco metallico invece di essere terminato alle estremità dai piani d'imposta è terminato da superficie cilindriche, cosicchè s'appoggi alle imposte per due superficie strettissime il cui centro sia prossimamente nel punto ove l'asse dell'arco incontra le imposte, le reazioni verticali alle estremità dell'arco si determinano colla statica dei corpi rigidi qualunque sia la distribuzione del carico. Anche la spinta orizzontale all'imposta è applicata nel punto d'appoggio, e perciò non rimane altra incognita, fuorchè l'intensità di questa spinta. Ora, poichè nella deformazione dell'arco i due punti d'appoggio all'imposta restano immobili, è chiaro che se si suppone reso libero l'arco togliendo gli appoggi e sostituendovi le reazioni verticali, che prima vi avevano luogo, e la reazione uguale e contraria alla spinta orizzontale, dovrà quest'ultima aver tale valore che nella deformazione dell'arco la distanza delle due estremità di esso non cangi. L'equazione, che esprime questa condizione geometrica, serve a trovare il valore della spinta orizzontale.

Finchè questi principii si applicano agli archi metallici o di legno, credo che nessuno oserà contestarne la esattezza. Per gli archi di muratura mi occorre fare alcune osservazioni.

1° Essi non sono omogenei, ma fatti quasi sempre con materiali diversi, e le formole qui proposte suppongono la volta omogenea. Questo difetto ha poca importanza, perchè l'eterogeneità è la stessa in tutte le sezioni, cioè il coefficiente d'elasticità medio è prossimamente lo stesso in tutta la volta.

2° Se una volta si disarmo quando le malte han fatto buona presa, essa può riguardarsi come fatta d'un sol pezzo e le formole, che io do, sono applicabili ad essa non meno che agli archi metallici.

3° Se una volta si disarmo prima che le malte abbiano fatto presa, il che sovente avviene, non è possibile, io credo, trovare alcuna teoria rigorosamente applicabile, perchè il modo di comportarsi della volta dipende dalla maggiore o minor diligenza colla quale si è fatta la costruzione, su di che non può fondarsi alcuna teoria. Se la volta è stata costrutta con grande diligenza, cosicchè i giunti siano strettissimi, e i materiali scelti, la volta si comporta prossimamente come se fosse costrutta senza malta, o come se questa avesse già fatto presa, e la nuova teoria è applicabile. In tutti i casi poi essa dà risultati esatti per quanto riguarda l'effetto del carico permanente e dei sopraccarichi, poichè disarmando una volta anche poco diligentemente costrutta e in seguito caricandola, l'effetto del carico si può esattamente studiare colle nuove formole, ammesso solo che dopo il disarmo della volta e la presa delle malte non siano rimaste rotture o discontinuità.

Conchiudo che la nuova teoria è applicabile alle volte di muratura sempre quando una teoria è possibile.

Alcuni pensano che la teoria dei solidi elastici non sia applicabile alle volte, perchè in queste non deve aver luogo tensione: osserverò dapprima non essere assolutamente vero che nelle volte non debba mai aver luogo tensione, perchè in una volta nella quale le malte abbiano già fatto presa, l'aggiunta di un sopraccarico può benissimo far nascere delle tensioni in alcuni punti, senza che perciò la volta soffra menomamente, purchè tali tensioni non eccedano certi limiti.

Del resto quando si studia il progetto d'una volta, e si riconosce colla nuova teoria che vi sono dei punti ove avrebbe luogo tensione, e questa non si vuole, bisognerà cangiare la forma dell'arco o aumentarne la saetta.

Consta questo lavoro di quattro esempi, due pel calcolo degli archi metallici, e due per quello delle volte murali; e sono essenzialmente destinati a mostrare il procedimento del calcolo.

PROBLEMA 1°.

Arco simmetrico incastrato per le estremità o appoggiato per tutta l'estensione delle sezioni estreme, e caricato di pesi distribuiti con qualunque legge sulla sua lunghezza.

1. Incognite. — Q spinta orizzontale alla chiave;

S componente verticale della spinta assoluta alla chiave, ossia sforzo verticale rivolto all'insù col quale il mezzo arco

di destra tende ad impedire l'abbassarsi alla chiave del mezzo arco di sinistra: questa forza S è nulla quando le due metà dell'arco sono ugualmente caricate;

D distanza del punto d'applicazione della spinta Q dal centro della sezione alla chiave, supposto quel punto al disopra di questo centro.

2. Notazioni. — Chiameremo, come al solito, *asse dell'arco* il luogo geometrico dei centri di gravità delle sezioni dell'arco normali all'asse medesimo. In pratica si determinerà con tutta la necessaria approssimazione questa linea nel modo seguente: si condurranno delle sezioni normali all'intradosso, e se ne cercheranno i centri di gravità; pei

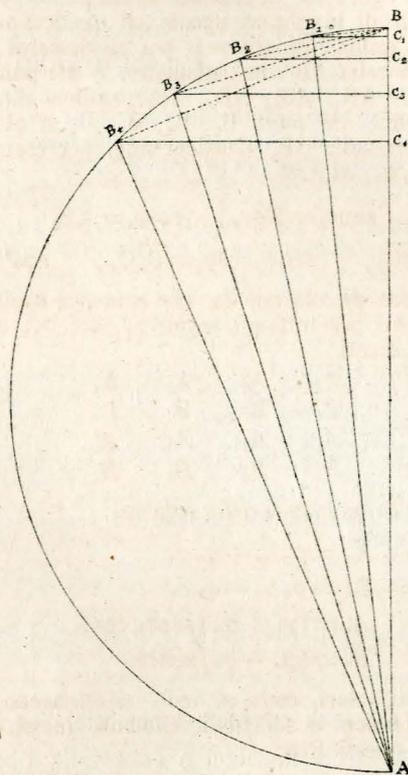


Fig. 73. — Costruzione grafica dei seni, coseni, loro quadrati e loro prodotti.

punti ottenuti si farà passare una linea continua, la quale si prenderà per asse dell'arco.

Dividasi poscia quest'asse in un numero *pari* di parti uguali, per esempio, in 8, e descritte le sezioni che passano pei punti di divisione, di queste sezioni si calcolino, o si misurino sul disegno fatto con diligenza:

1° le aree

$$\Omega_0 \quad \Omega_1 \quad \Omega_2 \quad \Omega_3 \quad \Omega_4;$$

2° i momenti d'inerzia

$$I_0 \quad I_1 \quad I_2 \quad I_3 \quad I_4;$$

3° le ascisse dei loro centri, cioè le loro distanze

$$x_1 \quad x_2 \quad x_3 \quad x_4$$

dal piano verticale condotto pel vertice dell'arco;

4° le ordinate dei medesimi centri, cioè le loro distanze

$$y_1 \quad y_2 \quad y_3 \quad y_4$$

dalla orizzontale condotta pel centro della chiave;

5° gli angoli

$$\phi_1 \quad \phi_2 \quad \phi_3 \quad \phi_4$$

che fanno colla verticale le dette sezioni.

Poi si trovino graficamente i pesi

$$p_1 \quad p_2 \quad p_3 \quad p_4; \quad q_1 \quad q_2 \quad q_3 \quad q_4,$$

che gravitano sui tronchi

$$A1, A2, A3, A4; \quad A1', A2', A3', A4';$$

e le distanze orizzontali

$$b_1, b_2, b_3, b_4; \quad c_1, c_2, c_3, c_4$$

dei loro centri di gravità dai centri delle sezioni

$$1, 2, 3, 4; \quad 1', 2', 3', 4'.$$

3. Calcoli preparatorii. — Si vedrà in seguito che per ciascuno degli angoli $\phi_1, \phi_2, \phi_3, \phi_4$ occorre conoscere il seno, il coseno, i quadrati ed il prodotto di queste linee trigonometriche: questi elementi non è necessario averli con grande esattezza, e si possono perciò trovare graficamente con una sola e semplice operazione, la quale vedesi rappresentata nella figura 73. Si conduce da un punto qualunque A una retta AB di lunghezza uguale ad un decimetro e parallela alla sezione di chiave; poi si descrive un semicerchio sulla retta AB come diametro, e dal punto A si tirano le corde AB_1, AB_2, AB_3, AB_4 parallele alle sezioni 1, 2, 3, 4; infine dai punti B_1, B_2, B_3, B_4 si abbassano le perpendicolari sulla AB. Considerando, per esempio, l'angolo $BAB_3 = \phi_3$, si avrà:

$$\text{sen } \phi_3 = \overline{BB_3}, \quad \text{cos } \phi_3 = \overline{AB_3}$$

$$\text{sen}^2 \phi_3 = \overline{BC_3}; \quad \text{sen } \phi_3 \text{ cos } \phi_3 = \overline{B_3 C_3}; \quad \text{cos}^2 \phi_3 = \overline{AC_3}$$

Formata una piccola tabella, che contenga i valori di tutti questi elementi per tutti gli angoli $\phi_1, \phi_2, \phi_3, \phi_4$, si calcoleranno i numeri

A_1	A_2	A_3	A_4
B_1	B_2	B_3	B_4
A_1	A_2	A_3	A_4
B_1	B_2	B_3	B_4

applicando le formole generiche seguenti:

$$A_n = p_n b_n + q_n c_n$$

$$B_n = p_n b_n - q_n c_n$$

$$A_n = (p_n + q_n) \text{sen } \phi_n \text{ cos } \phi_n$$

$$B_n = (p_n - q_n) \text{sen}^2 \phi_n$$

Tutti questi valori, come si vede, si ottengono con semplici moltiplicazioni e addizioni. Ottenuti questi numeri si calcoleranno questi altri:

$$E = \frac{1}{2} \frac{1}{I_0} + \frac{1}{I_1} + \frac{1}{I_2} + \frac{1}{I_3} + \frac{1}{2} \frac{1}{I_4}$$

$$F = \frac{y_1}{I_1} + \frac{y_2}{I_2} + \frac{y_3}{I_3} + \frac{1}{2} \frac{y_4}{I_4}$$

$$G = \frac{A_1}{I_1} + \frac{A_2}{I_2} + \frac{A_3}{I_3} + \frac{1}{2} \frac{A_4}{I_4}$$

$$H = \frac{y_1^2}{I_1} + \frac{y_2^2}{I_2} + \frac{y_3^2}{I_3} + \frac{1}{2} \frac{y_4^2}{I_4}$$

$$J = \frac{y_1 A_1}{I_1} + \frac{y_2 A_2}{I_2} + \frac{y_3 A_3}{I_3} + \frac{1}{2} \frac{y_4 A_4}{I_4}$$

$$K = \frac{x_1^2}{I_1} + \frac{x_2^2}{I_2} + \frac{x_3^2}{I_3} + \frac{1}{2} \frac{x_4^2}{I_4}$$

$$L = \frac{x_1 B_1}{I_1} + \frac{x_2 B_2}{I_2} + \frac{x_3 B_3}{I_3} + \frac{1}{2} \frac{x_4 B_4}{I_4}$$

$$E' = \frac{1}{2} \frac{1}{Q_0} + \frac{1}{Q_1} + \frac{1}{Q_2} + \frac{1}{Q_3} + \frac{1}{2} \frac{1}{Q_4}$$

$$H' = \frac{1}{2} \frac{1}{Q_0} + \frac{\text{cos}^2 \phi_1}{Q_1} + \frac{\text{cos}^2 \phi_2}{Q_2} + \frac{\text{cos}^2 \phi_3}{Q_3} + \frac{1}{2} \frac{\text{cos}^2 \phi_4}{Q_4}$$

$$J' = \frac{A_1}{Q_1} + \frac{A_2}{Q_2} + \frac{A_3}{Q_3} + \frac{1}{2} \frac{A_4}{Q_4}$$

$$K' = \frac{\text{sen}^2 \phi_1}{Q_1} + \frac{\text{sen}^2 \phi_2}{Q_2} + \frac{\text{sen}^2 \phi_3}{Q_3} + \frac{1}{2} \frac{\text{sen}^2 \phi_4}{Q_4}$$

$$L' = \frac{B_1}{Q_1} + \frac{B_2}{Q_2} + \frac{B_3}{Q_3} + \frac{1}{2} \frac{B_4}{Q_4}$$

Vedesi facilmente con quanta semplicità e regolarità si possano fare questi calcoli; perchè ottenuti i termini di E si moltiplicheranno questi termini (salvo il primo) rispettivamente per

$$y_1, y_2, y_3, y_4$$

oppure per

$$A_1, A_2, A_3, A_4$$

e si avranno i termini di F e di G. Questi a lor volta si moltiplicheranno rispettivamente per

$$y_1, y_2, y_3, y_4$$

e si avranno tutti i termini di H e di J; infine i termini di E, salvo sempre il primo, si moltiplicheranno ordinatamente per

$$x_1, x_2, x_3, x_4$$

e si avranno dei prodotti, i quali moltiplicati di nuovo per

$$x_1, x_2, x_3, x_4,$$

oppure per

$$B_1, B_2, B_3, B_4$$

daranno i termini di K e di L. Analogamente si dica per gli altri valori. Il numero E' non entra, a dir vero, nelle formole seguenti; ma esso è utile, sia perchè i suoi termini servono a calcolare quelli di H', J', K', L', sia perchè calcolato E' non si ha più da calcolare K', giacchè

$$K' = E' - H'.$$

4. Valori delle incognite. — Cogli elementi fin qui calcolati, si ottengono i valori delle incognite S, Q, D dalle formole seguenti:

$$S = \frac{1}{2} \frac{L + L'}{K + K'};$$

$$Q = \frac{1}{2} \frac{E(J - J') - FG}{E(H + H') - F^2};$$

$$D = \frac{G(H + H') - F(J - J')}{E(J - J') - FG}.$$

5. Curva delle pressioni e valori delle massime pressioni per mq. nelle sezioni considerate. — Ottenuti colle precedenti formole i valori delle tre incognite si potrebbe proseguire l'operazione col solito metodo grafico per determinare la curva delle pressioni e poscia le massime pressioni per mq. nelle sezioni considerate. Questa ricerca riesce molto spedita a cagione dei pesi già conosciuti dei tronchi

$$A_1; A_2; A_3; A_4; \quad A_1'; A_2'; A_3'; A_4';$$

e dei loro centri di gravità, i quali già sono determinati, poichè si hanno le distanze

$$b_1; b_2; b_3; b_4; \quad c_1; c_2; c_3; c_4;$$

Tuttavia io credo che cogli elementi di calcolo già preparati si ottenga maggiore speditezza; e certo poi si ottiene maggiore esattezza, continuando l'operazione col metodo numerico. Il che si fa con molta regolarità e con poche operazioni numeriche sostituendo i numeri alle lettere nella seguente tabella, nella quale tenute le precedenti notazioni si sono introdotte queste altre, cioè:

$$v_0, v_1, v_2, v_3, v_4,$$

ed

$$u_0, u_1, u_2, u_3, u_4$$

per indicare le distanze proiettate sul piano della figura dei centri delle sezioni considerate dai punti più lontani dell'intradosso e dell'estradosso nelle sezioni medesime.

Sezioni	Pressione normale	Momento di flessione	Distanza del centro di pressione dal centro della sezione	Pressione massima all'intradosso	Pressione massima all'estradosso
4	$N_4 = Q \cos \phi_4 + (p_4 - S) \sin \phi_4$	$M_4 = Q(D + y_4) + S x_4 - p_4 b_4$	$D_4 = \frac{M_4}{N_4}$	$\frac{N_4}{Q_4} - \frac{M_4}{I_4} v_4$	$\frac{N_4}{Q_4} + \frac{M_4}{I_4} u_4$
3	$N_3 = Q \cos \phi_3 + (p_3 - S) \sin \phi_3$	$M_3 = Q(D + y_3) + S x_3 - p_3 b_3$	$D_3 = \frac{M_3}{N_3}$	$\frac{N_3}{Q_3} - \frac{M_3}{I_3} v_3$	$\frac{N_3}{Q_3} + \frac{M_3}{I_3} u_3$
2	$N_2 = Q \cos \phi_2 + (p_2 - S) \sin \phi_2$	$M_2 = Q(D + y_2) + S x_2 - p_2 b_2$	$D_2 = \frac{M_2}{N_2}$	$\frac{N_2}{Q_2} - \frac{M_2}{I_2} v_2$	$\frac{N_2}{Q_2} + \frac{M_2}{I_2} u_2$
1	$N_1 = Q \cos \phi_1 + (p_1 - S) \sin \phi_1$	$M_1 = Q(D + y_1) + S x_1 - p_1 b_1$	$D_1 = \frac{M_1}{N_1}$	$\frac{N_1}{Q_1} - \frac{M_1}{I_1} v_1$	$\frac{N_1}{Q_1} + \frac{M_1}{I_1} u_1$
0	$N_0 = Q$	$M_0 = Q D$	$D_0 = D$	$\frac{N_0}{Q_0} - \frac{M_0}{I_0} v_0$	$\frac{N_0}{Q_0} + \frac{M_0}{I_0} u_0$
1'	$N_{1'} = Q \cos \phi_1 + (q_1 + S) \sin \phi_1$	$M_{1'} = Q(D + y_1) - S x_1 - q_1 c_1$	$D_{1'} = \frac{M_{1'}}{N_{1'}}$	$\frac{N_{1'}}{Q_1} - \frac{M_{1'}}{I_1} v_1$	$\frac{N_{1'}}{Q_1} + \frac{M_{1'}}{I_1} u_1$
2'	$N_{2'} = Q \cos \phi_2 + (q_2 + S) \sin \phi_2$	$M_{2'} = Q(D + y_2) - S x_2 - q_2 c_2$	$D_{2'} = \frac{M_{2'}}{N_{2'}}$	$\frac{N_{2'}}{Q_2} - \frac{M_{2'}}{I_2} v_2$	$\frac{N_{2'}}{Q_2} + \frac{M_{2'}}{I_2} u_2$
3'	$N_{3'} = Q \cos \phi_3 + (q_3 + S) \sin \phi_3$	$M_{3'} = Q(D + y_3) - S x_3 - q_3 c_3$	$D_{3'} = \frac{M_{3'}}{N_{3'}}$	$\frac{N_{3'}}{Q_3} - \frac{M_{3'}}{I_3} v_3$	$\frac{N_{3'}}{Q_3} + \frac{M_{3'}}{I_3} u_3$
4'	$N_{4'} = Q \cos \phi_4 + (q_4 + S) \sin \phi_4$	$M_{4'} = Q(D + y_4) - S x_4 - q_4 c_4$	$D_{4'} = \frac{M_{4'}}{N_{4'}}$	$\frac{N_{4'}}{Q_4} - \frac{M_{4'}}{I_4} v_4$	$\frac{N_{4'}}{Q_4} + \frac{M_{4'}}{I_4} u_4$

Il calcolo di questa tabella è molto più semplice di quanto pare a primo aspetto a cagione delle molte quantità ripetute, essa inoltre dà tutto quello che è necessario conoscere.

La quarta colonna serve a descrivere la curva delle pressioni.

6. Carico simmetricamente distribuito rispetto al mezzo dell'arco. — In questo caso i pesi q sono uguali ai pesi p , e le distanze c alle distanze b ; perciò si ha:

$$\begin{aligned}
 A_1 &= 2 p_1 b_1 & A_1 &= 2 p_1 \sin \phi_1 \cos \phi_1; \\
 A_2 &= 2 p_2 b_2 & A_2 &= 2 p_2 \sin \phi_2 \cos \phi_2; \\
 A_3 &= 2 p_3 b_3 & A_3 &= 2 p_3 \sin \phi_3 \cos \phi_3; \\
 A_4 &= 2 p_4 b_4 & A_4 &= 2 p_4 \sin \phi_4 \cos \phi_4;
 \end{aligned}$$

e le quantità

$$B_1, B_2, B_3, B_4, \quad B_1, B_2, B_3, B_4$$

son nulle. Ne segue

$$L = 0, \quad L' = 0, \quad \text{e perciò } S = 0.$$

Le altre due incognite si determinano colle due ultime formole date al numero 4, per le quali il calcolo dei coefficienti K, K' è inutile.

Osservisi che i coefficienti E, F, H e K , come pure E', H' e K' non variano comunque varii il carico dell'arco; cosicchè volendo considerare diverse ipotesi di carico non si hanno da calcolare per ciascuna ipotesi se non i cinque coefficienti G, J, L, J', L' . Se poi dopo aver esaminato il caso di un carico non simmetrico rispetto al mezzo, si vuol esaminare quello di un carico simmetrico, si dovranno calcolare di nuovo soltanto i coefficienti G, J, J' , giacchè, come abbiam detto, gli altri due L ed L' sono nulli.

Alla tabella data al numero precedente si sostituisce quest'altra più semplice:

Sezioni	Pressione normale	Momento di flessione	Distanza del centro di pressione dal centro della sezione	Pressione massima all'intradosso	Pressione massima all'estradosso
0	$N_0 = Q$	$M_0 = Q D$	$D_0 = D$	$\frac{N_0}{Q_0} - \frac{M_0}{I_0} v_0$	$\frac{N_0}{Q_0} + \frac{M_0}{I_0} v_0$
1	$N_1 = Q \cos \phi_1 + p_1 \sin \phi_1$	$M_1 = Q(D + y_1) - p_1 b_1$	$D_1 = \frac{M_1}{N_1}$	$\frac{N_1}{Q_1} - \frac{M_1}{I_1} v_1$	$\frac{N_1}{Q_1} + \frac{M_1}{I_1} v_1$
2	$N_2 = Q \cos \phi_2 + p_2 \sin \phi_2$	$M_2 = Q(D + y_2) - p_2 b_2$	$D_2 = \frac{M_2}{N_2}$	$\frac{N_2}{Q_2} - \frac{M_2}{I_2} v_2$	$\frac{N_2}{Q_2} + \frac{M_2}{I_2} v_2$
3	$N_3 = Q \cos \phi_3 + p_3 \sin \phi_3$	$M_3 = Q(D + y_3) - p_3 b_3$	$D_3 = \frac{M_3}{N_3}$	$\frac{N_3}{Q_3} - \frac{M_3}{I_3} v_3$	$\frac{N_3}{Q_3} + \frac{M_3}{I_3} v_3$
4	$N_4 = Q \cos \phi_4 + p_4 \sin \phi_4$	$M_4 = Q(D + y_4) - p_4 b_4$	$D_4 = \frac{M_4}{N_4}$	$\frac{N_4}{Q_4} - \frac{M_4}{I_4} v_4$	$\frac{N_4}{Q_4} + \frac{M_4}{I_4} v_4$

ESEMPIO NUMERICO.

7. Problema. — *Devesi costruire un ponte ad archi di ferro colla corda di m. 36,00 e la saetta di m. 4,00, il quale deve servire per una ferrovia a due binari percorsa dalle locomotive Sigl, ed essere composto di quattro archi, ciascuno dei quali sopporti una delle rotaie. Gli archi si fanno a traliccio coll'altezza di m. 1,80 alla chiave e m. 2,50 all'imposta, e si appoggiano alle spalle per mezzo di faccie piane, perchè si desidera che si comportino come se fossero incastrati alle estremità. Studiare le condizioni d'equilibrio di tali archi.*

8. Calcoli preparatorii. — Coi dati del problema si cominciano a calcolare le seguenti quantità:

$$\begin{aligned} \text{Raggio dell'intradosso} &= \frac{18,00^2 + 4,00^2}{2 \times 4,00} = 42,5 \\ \text{Angolo del giunto d'imposta colla verticale: } \theta &= 25^\circ 3' 27'', 4 \\ \text{Proiez. orizz. del giunto d'imposta} &= 2,50 \times \sin \theta = 1,0588 \\ \text{Id. verticale id.} &= 2,50 \times \cos \theta = 2,2647 \\ \text{Corda dell'estradosso} &= 36,00 + 1,0588 \times 2 = 38,1176 \\ \text{Saetta id.} &= 4,00 + 1,80 - 2,2647 = 3,5353 \\ \text{Raggio id.} &= \frac{1}{2} \left(\frac{(19,0588)^2}{3,5353} + 3,5353 \right) = 53,1406 \\ \text{Corda dell'arco medio} &= 36,00 + 1,0588 = 37,0588 \\ \text{Saetta id.} &= 4,00 + 0,90 - 1,1323 = 3,7677 \\ \text{Raggio id.} &= \frac{1}{2} \left(\frac{(18,5294)^2}{3,7677} + 3,7677 \right) = 47,4473 \end{aligned}$$

Oltre questi elementi geometrici bisogna calcolare approssimativamente il peso proprio del ponte ed il sopraccarico. Ora, ciascun arco di ferro sostiene per mezzo di montanti una trave rettilinea di ferro, sulla quale è saldamente fis-

sata una longarina di legno, che porta la rotaia. Le quattro travi rettilinee di ferro sono congiunte fra loro da travi trasversali di ferro, e gli archi sono collegati fra loro da controventi orizzontali e da altri obliqui. Supporremo che per rendere più rigido il ponte, il che si ottiene aumentando la massa, i riquadri fra le travi rettilinee e le travi trasversali siano riempiti con voltini di muratura di mattoni.

Alle travi rettilinee esterne sono fissate delle mensole di ferro le quali portano i marciapiedi.

Ciò posto, fatto un calcolo approssimato, si trova che il peso proprio del ponte per metro lineare e per uno degli archi intermedi è di circa kgr. 1800.

Il sopraccarico lo supporremo formato da locomotive Sigl, ciascuna col suo tender; e siccome questi due veicoli insieme pesano kgr. 73,700 ed occupano una lunghezza di m. 16,00, il sopraccarico sarebbe di kgr. 2303 per ogni m. l. di rotaia, se esso fosse uniformemente distribuito; ma per tener conto della non uniforme distribuzione, l'abbiamo portato a kgr. 2500.

Dunque nell'esempio che stiamo facendo adatteremo sempre il carico di kgr. 1800 per m. l. di rotaia in tutta la parte di ponte, che non è sopraccarica e quello di kgr. 4300 per la parte sopraccarica.

Faremo due ipotesi, cioè:

1° Supporremo il sopraccarico soltanto sulla metà a sinistra del ponte:

2° Supporremo il sopraccarico su tutto il ponte.

9. 1ª Ipotesi. — *Il sopraccarico trovasi soltanto sulla metà dell'arco a sinistra.* — Nella tav. XI, fig. 1ª sono indicate le parti in cui l'arco è stato diviso: i pesi $p_1, p_2, \dots, q_1, q_2, \dots$ si ottengono moltiplicando 4300 o 1800 per le lunghezze di rotaia corrispondenti ai diversi tronchi 0,1; 0,2; ecc., e i centri di gravità dei medesimi pesi sono nei punti di mezzo delle dette lunghezze.

Ciò posto, prendendo le misure sul disegno, si forma facilmente la seguente tabella:

$x_1 = 4,75$	$y_1 = 0,25$	$p_1 = 20\ 855$	$q_1 = 8\ 730$	$b_1 = c_1 = 2,30$
$x_2 = 9,48$	$y_2 = 0,96$	$p_2 = 41\ 495$	$q_2 = 17\ 370$	$b_2 = c_2 = 4,65$
$x_3 = 14,10$	$y_3 = 2,15$	$p_3 = 61\ 920$	$q_3 = 25\ 920$	$b_3 = c_3 = 6,85$
$x_4 = 18,53$	$y_4 = 3,77$	$p_4 = 82\ 130$	$q_4 = 34\ 380$	$b_4 = c_4 = 9,03$
$\text{sen } \phi_1 = 0,100$	$\text{cos } \phi_1 = 0,995$	$\text{sen}^2 \phi_1 = 0,010$	$\text{sen } \phi_1 \text{ cos } \phi_1 = 0,100$	$\text{cos}^2 \phi_1 = 0,990$
$\text{sen } \phi_2 = 0,200$	$\text{cos } \phi_2 = 0,980$	$\text{sen}^2 \phi_2 = 0,040$	$\text{sen } \phi_2 \text{ cos } \phi_2 = 0,196$	$\text{cos}^2 \phi_2 = 0,960$
$\text{sen } \phi_3 = 0,296$	$\text{cos } \phi_3 = 0,955$	$\text{sen}^2 \phi_3 = 0,087$	$\text{sen } \phi_3 \text{ cos } \phi_3 = 0,283$	$\text{cos}^2 \phi_3 = 0,913$
$\text{sen } \phi_4 = 0,391$	$\text{cos } \phi_4 = 0,919$	$\text{sen}^2 \phi_4 = 0,152$	$\text{sen } \phi_4 \text{ cos } \phi_4 = 0,359$	$\text{cos}^2 \phi_4 = 0,848$
$A_1 = 68\ 045$	$B_1 = 27\ 887$	$A_2 = 2\ 958$	$B_2 = 121$	
$A_2 = 273\ 722$	$B_2 = 112\ 181$	$A_3 = 11\ 538$	$B_3 = 965$	
$A_3 = 601\ 704$	$B_3 = 246\ 600$	$A_4 = 24\ 859$	$B_4 = 3132$	
$A_4 = 1052\ 085$	$B_4 = 431\ 182$	$A_4 = 41\ 944$	$B_4 = 7258$	

Per l'applicazione delle formole generali date bisogna ora conoscere le aree ed i momenti d'inerzia delle sezioni 0, 1, 2, 3, 4 dell'arco: queste quantità si ottengono facilmente quando si studiano le condizioni d'equilibrio di un arco già costruito; ma quando si tratta di fare un progetto bisogna imporsi qualche condizione. Or bene, poichè il nostro arco è a traliccio, ed ha un'altezza assai grande, noi supporremo che i due longoni, che sono le sole parti resistenti alla flessione, abbiano sezione costante e che si possano riguardare come concentrati nei due archi d'intradosso e d'estradosso. I due longoni devono già avere in ciascuna sezione la stessa area per la condizione da noi posta fin da principio che l'asse dell'arco coincida coll'arco medio.

Per tal modo detta h l'altezza ed Ω l'area di una sezione, il suo momento d'inerzia sarà

$$I = \frac{1}{4} \Omega h^3;$$

e poichè l'area Ω essendo costante per tutte le sezioni sparisce dalle formole finali, basterà prendere

$$\Omega_1 = \Omega_2 = \Omega_3 = \Omega_4 = 1$$

e

$$I_0 = \frac{h_0^2}{4}; \quad I_1 = \frac{h_1^2}{4}; \quad I_2 = \frac{h_2^2}{4}; \quad I_3 = \frac{h_3^2}{4}; \quad I_4 = \frac{h_4^2}{4};$$

Ora, misurando nel disegno le altezze delle sezioni, si trova:

$$h_0 = 1,80; \quad h_1 = 1,85; \quad h_2 = 2,00; \quad h_3 = 2,20; \quad h_4 = 2,50$$

onde si forma facilmente la seguente tabella:

$\frac{1}{2} \frac{1}{I_0} = 0,6173$								
$\frac{1}{I_1} = 1,1687$	$\frac{y_1}{I_1} = 0,2922$	$\frac{A_1}{I_1} = 79\ 524$	$\frac{y_1^2}{I_1} = 0,0731$	$\frac{y_1 A_1}{I_1} = 19\ 881$	$\frac{x_1^2}{I_1} = 26,37$	$\frac{x_1 B_1}{I_1} = 154\ 809$		
$\frac{1}{I_2} = 1,0000$	$\frac{y_2}{I_2} = 0,9600$	$\frac{A_2}{I_2} = 273\ 722$	$\frac{y_2^2}{I_2} = 0,9216$	$\frac{y_2 A_2}{I_2} = 262\ 773$	$\frac{x_2^2}{I_2} = 89,87$	$\frac{x_2 B_2}{I_2} = 1\ 063\ 476$		
$\frac{1}{I_3} = 0,8264$	$\frac{y_3}{I_3} = 1,7768$	$\frac{A_3}{I_3} = 497\ 248$	$\frac{y_3^2}{I_3} = 3,8201$	$\frac{y_3 A_3}{I_3} = 1\ 069\ 083$	$\frac{x_3^2}{I_3} = 164,30$	$\frac{x_3 B_3}{I_3} = 2\ 873\ 433$		
$\frac{1}{2} \frac{1}{I_4} = 0,3200$	$\frac{1}{2} \frac{y_4}{I_4} = 1,2064$	$\frac{1}{2} \frac{A_4}{I_4} = 366\ 667$	$\frac{1}{2} \frac{y_4^2}{I_4} = 4,5481$	$\frac{1}{2} \frac{y_4 A_4}{I_4} = 1\ 382\ 335$	$\frac{1}{2} \frac{x_4^2}{I_4} = 109,88$	$\frac{1}{2} \frac{x_4 B_4}{I_4} = 2\ 556\ 737$		
$E = 3,9324$	$F = 4,2354$	$G = 1\ 217\ 161$	$H = 9,3629$	$J = 2\ 734\ 072$	$K = 390,42$	$L = 6\ 648\ 455$		

Trovansi poi con semplici somme:

$H' = 3,7825; J' = 60327; K' = 0,21; L' = 7847$

onde

$H + H' = 13,1454; J - J' = 2\ 673\ 745;$

$K + K' = 390,63; L + L' = 6\ 656\ 302$

$E(J - J') - F G = 5\ 358\ 800$

$E(H + H') - F^2 = 33,753$

$G(H + H') - F(J - J') = 4\ 676\ 000.$

e quindi, applicando le formole del N. 4,

$S = \frac{6\ 656\ 302}{2 \times 390,63} = 8520$

$Q = \frac{5\ 358\ 800}{2 \times 33,753} = 79\ 382$

$D = \frac{4\ 676\ 000}{5\ 358\ 800} = 0,8726$

Sostituendo questi valori di S, Q e D nella tabella del n. 5, si ottengono i seguenti risultati:

Sezioni	Pressione normale	Momenti di flessione	Distanza del centro di pressione dal centro della sezione	Pressione all'estradosso $\frac{N}{2} + \frac{M}{h}$	Pressione all'intradosso $\frac{N}{2} - \frac{M}{h}$
4	$N_4 = 101\ 700$	$M_4 = -218\ 000$	$D_4 = -2,15$	$-36\ 350$	$138\ 100$
3	$N_3 = 91\ 800$	$M_3 = -74\ 200$	$D_3 = -0,81$	$12\ 200$	$79\ 600$
2	$N_2 = 84\ 400$	$M_2 = 32\ 800$	$D_2 = 0,39$	$58\ 600$	$25\ 800$
1	$N_1 = 80\ 200$	$M_1 = 81\ 600$	$D_1 = 1,02$	$84\ 200$	$-4\ 000$
0	$N_0 = 79\ 382$	$M_0 = 69\ 000$	$D_0 = 0,87$	$78\ 090$	$1\ 400$
1'	$N_{1'} = 80\ 700$	$M_{1'} = 28\ 400$	$D_{1'} = 0,36$	$55\ 700$	$25\ 000$
2'	$N_{2'} = 83\ 000$	$M_{2'} = -16\ 600$	$D_{2'} = -0,20$	$32\ 700$	$50\ 300$
3'	$N_{3'} = 86\ 200$	$M_{3'} = -67\ 600$	$D_{3'} = -0,78$	$12\ 400$	$73\ 800$
4'	$N_{4'} = 89\ 800$	$M_{4'} = -102\ 000$	$D_{4'} = -1,14$	$4\ 100$	$85\ 700$

La quarta colonna di questa tabella serve a descrivere la curva delle pressioni, la quale nella tavola XI, fig. 1^a è segnata con una linea rossa (punteggiata a tratti). Vedesi che in due luoghi questa curva esce fuori dell'altezza dell'arco, il che significa che verso la chiave l'intradosso invece di essere premuto è teso, e il contrario ha luogo verso l'imposta sinistra, ciò che risulta anche dalle due ultime colonne della tabella.

Questi risultati parranno forse strani ad alcuni; e tuttavia se il mio scopo fosse ora quello di svolgere considerazioni teoriche, piuttosto che di dare formole pratiche, non mi sarebbe difficile dimostrarne la esattezza con ragionamenti assai semplici.

Ove poi invece di fare i longoni di sezione costante, si volessero fare di sezione variabile, in modo che l'arco diventasse prossimamente di ugual resistenza, si otterrebbero le aree

dei longoni nelle sezioni considerate dell'arco, dividendo i numeri delle due ultime colonne pel coefficiente di resistenza del ferro. I risultati così ottenuti non devono però essere immediatamente accettati, ma bisogna confrontarli con quelli che si ottengono, quando il sopraccarico è su tutto il ponte, per scegliere i maggiori.

10. — 2^a Ipotesi. — Il sopraccarico trovasi su tutto l'arco.

In questo caso si ha:

$A_1 = 95\ 932 \quad A_1 = 4\ 171$

$A_2 = 385\ 903 \quad A_2 = 16\ 266$

$A_3 = 848\ 304 \quad A_3 = 35\ 047$

$A_4 = 1\ 483\ 268 \quad A_4 = 59\ 134$

onde:

$$\begin{aligned} \frac{A_1}{I_1} &= 112\ 116 & \frac{y_1 A_1}{I_1} &= 28\ 031 \\ \frac{A_2}{I_2} &= 385\ 903 & \frac{y_2 A_2}{I_2} &= 370\ 467 \\ \frac{A_3}{I_3} &= 701\ 038 & \frac{y_3 A_3}{I_3} &= 1\ 507\ 267 \\ \frac{1}{2} \frac{A_4}{I_4} &= 474\ 645 & \frac{1}{2} \frac{y_4 A_4}{I_4} &= 1\ 789\ 413 \\ G &= 1\ 673\ 702 & J &= 3\ 695\ 178 & J' &= 85\ 051 \\ & & J - J' &= 3\ 610\ 127 \end{aligned}$$

I valori dei coefficienti E, F, H + H' rimangono gli stessi come nel caso precedente del sopraccarico soltanto a sinistra; quindi applicando le due ultime formole del n. 4 si ottiene:

$$Q = 105\ 380$$

$$D = 0,9443$$

e facendo gli opportuni calcoli numerici, la tabella del n. 6 si cambia nella seguente:

Sezioni	Pressione normale	Momento di flessione	Distanza del centro di pressione dal centro della sezione	Pressione all'intradosso $\frac{N}{2} + \frac{M}{h}$	Pressione all'extradosso $\frac{N}{2} - \frac{M}{h}$
0	$N_0 = 105\ 380$	$M_0 = 99\ 510$	$D_0 = 0,944$	107 970	— 2 590
1	$N_1 = 106\ 600$	$M_1 = 67\ 500$	$D_1 = 0,632$	89 790	16 810
2	$N_2 = 111\ 300$	$M_2 = 7\ 000$	$D_2 = 0,063$	59 150	52 150
3	$N_3 = 118\ 300$	$M_3 = - 99\ 000$	$D_3 = - 0,837$	14 150	104 150
4	$N_4 = 228\ 200$	$M_4 = - 245\ 000$	$D_4 = - 1,910$	— 33 900	162 100

La quarta colonna serve a descrivere la curva delle pressioni, la quale è segnata nella tav. XI, figura 1^a con una linea rossa (continua). Vedesi che anche questa curva, come quella ottenuta pel sopraccarico a sinistra, esce fuori dell'altezza dell'arco alla chiave e verso le imposte; cosicchè alla chiave il longone superiore è teso invece di essere pre-muto, e il contrario ha luogo alle imposte.

Combinando poi i risultati contenuti nelle due ultime colonne di questa tabella, con quelli contenuti nelle due ultime colonne della tabella data al numero precedente, si potranno trovare le sezioni da assegnarsi a ciascun longone in modo da rendere l'arco prossimamente di uguale resistenza.

Il calcolo così fatto ha una grande analogia con quello che ordinariamente si fa per le travate metalliche continue, ove si adopera la formola di Clapeyron, la quale suppone costante il momento d'inerzia, mentre poi coi risultati ottenuti si fa variare il detto momento. Ora, io mi propongo di far vedere che nel caso dell'arco da noi studiato questo modo di calcolo è perfettamente accettabile.

Difatti, verso la chiave essendo maggiore la sezione del longone superiore, e verso le imposte quella del longone inferiore, l'asse dell'arco, cioè il luogo dei centri di gravità delle sezioni si solleva verso la chiave e si abbassa verso le imposte; onde ne diminuisce la corda e ne aumenta la saetta, il che, in generale, migliora le condizioni dell'arco.

Tuttavia volendo ottenere risultati ben esatti bisognerà stabilire la forma dei longoni adottando i ferri che trovansi in commercio e combinandoli in modo che in ciascuna sezione le aree dei longoni siano almeno uguali a quelle risultanti dai calcoli precedenti: allora si determinerà nel modo detto al n. 2 l'asse dell'arco, e si rifarà il calcolo seguendo il metodo esposto.

Si osservi ancora che alle imposte il longone superiore essendo teso (nel caso del sopraccarico su tutto l'arco), affinché i risultati ottenuti siano esatti, bisogna che l'arco sia davvero incastrato nelle estremità. Se invece l'arco è semplicemente appoggiato alle imposte, come noi abbiamo supposto da principio, vedesi che il calcolo fatto ed i risultati ottenuti non sono più applicabili; essi dimostrano solamente che le sezioni d'appoggio si staccano all'estradosso dalla spalla, cosicchè la pressione alle imposte si porta tutta all'

intradosso, cioè sul longone inferiore. Bisognerebbe dunque rifare il calcolo considerando l'arco (nel caso del sopraccarico completo) come semplicemente appoggiato alle estremità ed appoggiato solo pel centro del longone inferiore. Quando il sopraccarico è solo a sinistra appare dai risultati ottenuti che bisognerebbe supporre l'arco incastrato all'imposta destra ed appoggiato pel longone inferiore all'imposta sinistra. Le formole per questi calcoli son facili ad ottenersi, ma io non le do, perchè quando un arco si trova nelle condizioni di quello da noi studiato, bisogna cambiarne il modo d'appoggio, terminandolo alle estremità con superficie cilindriche, in guisa che l'arco s'appoggi alle imposte nei punti ove i piani d'imposta sono incontrati dall'arco medio fra l'intradosso e l'estradosso. Questo modo d'appoggio è ora il più adoperato nei ponti in ferro ad archi; perciò nel seguente capitolo io darò le formole generali ed un esempio numerico del calcolo degli archi così appoggiati.

IDRAULICA PRATICA

SULLE TURBINI A DISTRIBUZIONE PARZIALE

del Prof. RICHELMY.

II.

Esperimenti di una turbine ad elice dello stabilimento idraulico della Scuola di applicazione degli Ingegneri di Torino.

10. — Lo stabilimento idraulico della Scuola di applicazione degli Ingegneri è munito di un complesso di edifici ed apparecchi destinato allo studio sperimentale delle turbine. La circostanza di potersi servire di una stessa vasca per la misura dell'acqua motrice condusse a disporre i nuovi edifici, che sono il portato recente dell'idraulica industriale, di fronte a quella torre famosa di Michelotti e Bidone che ricorda all'Europa i primi e più celebri conati dell'idraulica pratica, quando essa incominciò a basarsi sui risultati di replicate esperienze (1).

(1) Codesta torre serve agli allievi per studiare ogni anno l'efflusso sotto grandi e piccoli battenti dell'acqua da luci aperte in diversi modi, tanto

Presentemente la Scuola dispone già di tre diversi sistemi di turbini a distribuzione parziale; due di queste sono state costruite dalla fabbrica Ansaldo di Sampierdarena, e la terza dagli ingegneri Nagel e Kaemp di Amburgo.

Le formole date nel primo capitolo sono applicabili alla prima turbine ad elice della fabbrica Ansaldo, alla quale pure si riferisce il disegno che abbiamo dato nel testo (fig. 65 a pag. 117) a maggiore dilucidazione delle cose esposte; ed è di questa che intendesi per ora parlare, mentre si dirà a suo tempo delle altre.

11. — L'acqua che deve animare le turbine giunge nel piano superiore dello stabilimento per un edificio di presa a luci galleggianti ed automobili, stato ideato dal prof. Richelmy, e che permette, col ricambio delle luci modulari non meno che coll'addizione di pesi sulla cassa galleggiante, di precisare la portata che più si desidera.

Introdotta nello stabilimento l'acqua motrice è fatta prima arrivare in una gran vasca o serbatoio di livello, essendochè serve durante gli esperimenti a mantenere sensibilmente costante l'altezza di carico sugli orifizi d'uscita dell'acqua, sia che questi stiano aperti o mantengansi chiusi. Servono a tale intento opportuni sfioratori a vite di comando; e d'altronde codesta vasca avendo la considerevole superficie di 300 metri quadrati, una variazione in essa dell'altezza di livello pari ad 1 millimetro corrisponde già ad una variazione in volume di ben 300 litri di liquido.

I canali che dalla vasca di misura conducono l'acqua motrice ai pozzetti delle turbine sono in muratura, a fondo rigorosamente orizzontale, a pareti lisce verticali, rivestite a cemento.

Un muro di sostegno delle terre per un'altezza utile di metri 7,50 separa la spianata superiore dal piano inferiore dello stabilimento, ove stanno le turbine e gli altri edifici di sperimentazione, protetti da ampio porticato che fronteggia lo stabilimento verso Po.

La turbine di cui è parola fa parte di un edificio siffattamente congegnato da potervi facilmente adattare le turbine di quasi tutti i sistemi, e da poterle facilmente sostituire l'una all'altra per soddisfare alla necessità di uno studio comparativo, e così senza gravi spese d'impianto tener dietro alle successive variazioni che i progressi dell'idraulica pratica dimostrano utili al perfezionamento di codesto genere di motori.

Un grosso tubo di ghisa del diametro di 45 centimetri parte orizzontalmente dal pozzetto in muratura dell'acqua di arrivo, e dopo aver attraversato il muro di sostegno di cui s'è detto più sopra, si ripiega verticalmente all'ingiù; dopo un certo tratto esso ripiegasi di bel nuovo orizzontalmente per immettersi in una grande camera d'acqua cilindrica pur essa di ghisa e del diametro di metri 1,40.

Questa finozza, che trovasi sostenuta ad una certa altezza dal suolo mediante mensole diagonali raccomandate a quattro pilastri in muratura che si elevano ai quattro vertici di una sottostante vasca, non è punto munita di fondo, ma porta solamente una ripiegatura all'indietro e tutto all'intorno, la quale permette di annettervi con semplice giuntura tornita

in pareti sottili, quanto da luci armate di brevi tubi addizionali cilindrici, conici, divergenti e convergenti; la contrazione parziale e totale della vena fluida, ed il fenomeno della comunicazione laterale del moto; infine a determinare i coefficienti di riduzione della portata, l'urto della vena contro una lastra, ecc.

Codesta torre sperimentale è la riproduzione precisa di quella stata eretta alla Parella a 4 chilometri di distanza da Torino nel 1763, per decreto di Carlo Emanuele III, sotto la direzione e secondo i disegni dell'ingegnere D. F. Michelotti. Questa torre aveva poi un corredo preziosissimo di piccoli apparecchi di sperimentazione i quali occupano tutta una sala.

Nell'impianto del nuovo stabilimento idraulico al Valentino premeva al prof. Richelmy di continuare la bella e secolare tradizione europea che già veniva alla Scuola dall'antico stabilimento idraulico della Parella, e fu perciò che scrisse in una certa occasione le seguenti belle parole: «Dopo le celebri ricerche, ed i più celebri trovati del Michelotti e del Bidone, altri annette alla torre della Parella, ed io con essi le ho sempre annesse una certa venerazione come a strumento di patrie glorie. Ragion voleva pertanto che se l'occasione veniva ad imporci di abbandonarla, ricopiandola altrove, si avesse a fare a noi stessi illusione per guisa da poter dire, che non le abbiamo dato addio, ma quasi la abbiamo condotta con noi.»

a cono qualsiasi tubo di prolungamento portante il sistema di turbine che più si desidera, sia desso a distributore sovrapposto, ovvero a distributore concentrico.

Il canale di fuga dell'acqua ha il suo fondo orizzontale al piano dello stabilimento, e mediante altro tratto di canale sospeso fatto di lamiera di ferro, e posto in prolungamento del primo, si giunge ad immettere l'acqua smaltita dalla turbine o nella vasca di misura ovvero nel canale sottostante di scarica, e ciò col solo girare d'una valvola a battente e senza che per codesto movimento riesca punto turbato l'andamento dell'acqua nel canale di fuga della turbine.

Si riesce così a raccogliere e misurare colla precisione di un litro la quantità d'acqua smaltita dalla turbine mentre essa lavora in un certo intervallo di minuti secondi, il quale naturalmente dipende dal numero delle luci aperte del distributore e dalla capacità della vasca.

Chi ebbe ad occuparsi di turbine e conosce quanta elasticità di apprezzamenti vi sia nella determinazione del loro coefficiente di rendimento (V. *L'Ingegneria civile*, vol. I, pag. 70 e 71), non può a meno di riconoscere di quanto vantaggio per la scienza e per l'industria potrebbe rendersi capace uno stabilimento così bene ideato, e che continua perciò ad avere il vanto di essere il primo in Europa, siccome continua a destare la sorpresa e l'ammirazione di quanti Ingegneri stranieri si recano a visitarlo. Qual peccato che esso debba rimanere inoperoso almeno undici mesi dell'anno!

12. — La turbine di cui ora si tratta è la prima introdotta nello stabilimento, e fu fabbricata a Sampierdarena nello stabilimento Ansaldo. Essa è del sistema elicoidale ed a distribuzione parziale. Si hanno poi per lo stesso distributore due distinte ruote motrici, inquantochè non essendosi colla prima di esse potuto raggiungere un coefficiente di rendimento notevolmente superiore al 60 0/0 siccome il costruttore sperava, questi ne regalò una seconda, la quale non differendo dalla prima che per un maggior numero di palmette motrici, non somministrò poi coefficienti di rendimento guari superiori a quelli del primo.

Il capitolo che segue è destinato appunto a dare, coll'aiuto della teoria, la spiegazione del piccolo coefficiente di rendimento, e a ricercare ove realmente esistevano i difetti. Ciò che abbiamo fatto precedere ne parve indispensabile a far ben rilevare agli ingegneri pratici l'importanza di questo lavoro, e ad invogliarli a seguirlo con noi il bel lavoro del prof. Richelmy, al quale pertanto lasciamo ora di bel nuovo la parola.

13. — Le esperienze istituite in diversi anni sovra l'una o l'altra di queste due ruote, vennero sempre fatte presente la scolarca e colla cooperazione della medesima, imperciocchè all'uno degli allievi veniva affidata la misura di certe parti dell'altezza della caduta, ad altri il novero del numero dei giri dati dalla ruota in un tempo determinato, ad altri un'altra cosa: recarono tuttavia sempre risultati simili; perciò qui le espongo in minor numero, contentandomi di riferire i principali risultati ottenuti quest'anno colla turbine prima introdotta nello stabilimento; forse col tempo, se soprattutto mi venga dato di eseguirle da solo, od almeno coll'assistenza di pochi ed intelligenti aiuti, con quella pacatezza, cioè, che desidero di avere per renderle immuni da qualsivoglia censura, potrò tornarvi sopra non per cangiarne di molto i principali risultati, ma per farne meglio risaltare le leggi di variazione dei coefficienti.

Intanto le dimensioni principali di queste turbine sono le seguenti:

Sistema distributore:

Numero degli orifizi 10, distribuiti 5 da una parte e 5 dall'altra della circonferenza della base del tino su due archi di 45° ciascuno.	
Lunghezza dei medesimi nel senso del raggio metri	0,060
Groschezza dei diaframmi »	0,0035
Vano tra un diaframma e l'altro »	0,053
La groschezza del diaframma cresce a misura che si scende verticalmente, cosicchè alla base inferiore essa diventa di »	0,015
e l'apertura del vaso si riduce a »	0,0415

I diaframmi partono in direzione normale alla circonferenza, cioè verticale dalla base superiore da cui si staccano, cadono poi obliquamente sulla base inferiore, cosicchè la mutua loro distanza misurata presso alla base inferiore ed in direzione ad essi normale non è più che metri 0,0170 onde l'angolo

$$\varphi = \arcsen \left(= \frac{170}{415} \right) \text{ ossia } \varphi = 24^\circ 11'$$

L'altezza verticale dei canali distributori è circa metri 0,070

Sistema motore:

Numero delle palmette e dei vasi fra le medesime compresi, n. 40.
 Lunghezza delle palmette nel senso del raggio alla base superiore » 0,062
 Il sistema è campanulato, la lunghezza alla base inferiore » 0,130
 Distanza di una palmetta dall'altra sulla circonferenza media » 0,0565
 cioè uguale a quella del sistema distributore. Cotesta distanza è distribuita per modo che alla base superiore la grossezza della palmetta è » 0,0010
 ed il vano tra una palmetta e l'altra . . . » 0,0555
 Alla base inferiore la grossezza della palmetta è » 0,0150
 La larghezza del vano misurata sulla circonferenza è » 0,0415
 Finalmente la larghezza della luce misurata normalmente alle palmette è
 alla base superiore » 0,036
 alla base inferiore » 0,017
 Conseguenze da questi dati che i due angoli θ ed ε hanno i valori seguenti:

$$\theta = \arcsen \left(\text{sen} = \frac{360}{555} \right) \text{ ossia } \theta = 40^\circ 26' 20''$$

$$\varepsilon = \varphi = 24^\circ 11' 00''.$$

Ci occorre ancora aggiungere che l'altezza del motore è $h_2 = 0,410$
 e che il raggio medio della turbine, uguale al raggio medio del distributore è $r = 0,360$

14. — Esporrò qui i risultati più attendibili delle esperienze fatte sopra questa turbine nei giorni 5 e 15 del mese di giugno 1875. L'acqua vi viene condotta per un canale di notevole sezione fino all'imbocco del tubo che la

porta dentro del tino già descritto. Il canale con sponde verticali in muratura ha queste sponde che si sollevano fino all'altezza di metri 7,5 precisi sul fondo del piccolo recipiente dove entra l'acqua appena sgorgata dalla turbine. Da questo recipiente poi, per mezzo del canale di fuga e di una doccia che ne forma il prolungamento, è portata a volontà dello sperimentatore od a versarsi nella vasca di misura, ovvero a cadere dentro di un condotto sotterraneo che la dirige al Po. Per simile disposizione sono esattamente misurate l'altezza della caduta, e la portata unitaria. La prima si ottiene sottraendo semplicemente dai metri 7,50 prima notati la somma delle due altezze del ciglio delle sponde del canale a monte sopra il pelo liquido, e della superficie superiore dell'acqua dentro al recipiente che la riceve dalla turbine sopra il fondo di questo recipiente. La portata si ricava conducendo l'acqua per un certo numero conosciuto di minuti dentro alla vasca di misura, poi dividendo il volume d'acqua raccolto per il numero dei secondi durante i quali si raccolse. Con queste misure così esattamente fatte riesce facile paragonare la portata teorica che si ottiene moltiplicando la velocità dovuta all'altezza della caduta per la somma delle aree distributrici che insieme emettono acqua, colla portata effettiva, e ricavare dal paragone il coefficiente medio di questa portata. Noterò tuttavia per quelli de' miei lettori i quali volessero ripetere i calcoli, che siccome il distributore rimane sollevato sul pelo che ha l'acqua nel piccolo recipiente, di tutta l'altezza della turbine (metri 0,11), e sovente ancora di qualche centimetro di più, così nel calcolo della dispensa teorica occorre diminuire l'altezza della caduta registrata della differenza che esiste fra l'altezza riconosciuta del pelo d'acqua su quel fondo, ed il numero fisso m. 0,445, altezza della base inferiore del distributore sopra del fondo medesimo. Simile differenza si trova registrata nella colonna n. 5 del quadro che segue.

Il freno dinamometrico impiegato in questi esperimenti ha due metri di lunghezza di braccio, e per conseguenza si ottiene lo spazio che conviene moltiplicare per il peso posto sul piattello moltiplicando il numero fisso 12,5664 per il numero dei giri dati dalla turbine per ogni minuto secondo. Il prodotto registrato nel quadro nella colonna n. 10 intitolata *spazio virtuale*. Il freno dinamometrico avendo l'anello fissato immediatamente sull'albero verticale della turbine non occorre tener calcolo del peso del braccio o delle mascalles, ma siccome potrebbe tendere a piegare l'albero della turbine, così conviene sorreggerlo; noi ciò facemmo per mezzo di corde. Se non del braccio è tuttavia necessario inchiudere col peso posto sul piattello quello dello stesso piatto: ciò si fece sempre nelle nostre esperienze. Quindi la colonna 8^a è intitolata peso *del piattello* e non peso *sul piattello*.

QUADRO delle esperienze eseguite in giugno 1875 sulla turbine ad elice dello Stabilimento idraulico della Scuola d'Applicazione per gli Ingegneri in Torino.

Numero d'ordine	NUMERO degli emissari aperti	DATI RIGUARDANTI LA FORZA DEL CORSO D'ACQUA					DATI RIGUARDANTI L'EFFETTO UTILE				COEFFICIENTI di rendimento
		Acqua smaltita in ciascun minuto secondo	Altezza della caduta	Differenza per il calcolo del coefficiente della portata	Lavoro motore dell'acqua	Coefficiente della portata	Peso del piattello	Numero dei giri dati dalla ruota in ogni 1''	Spazio virtuale	Effetto utile	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		lit.	m.	m.	ch. m.		ch.				
1	2	22,587	7,237	0,250	163,914	0,942	3,258	2,23	28,022	91,296	0,557
2	2	23,136 (a)	7,194	0,245	166,384	0,973	3,781	1,71	21,489	81,443	0,489
3	2	24,066 (a)	7,204	0,240	173,371	1,010	2,476	2,81	35,312	87,433	0,504
4	4	44,987	7,224	0,187	324,565	0,939	7,052	2,23	28,023	197,646	0,609
5	4	45,934	7,129	0,180	327,463	0,963	6,628	2,32	29,134	193,310	0,590
6	6	67,497	7,137	0,127	483,075	0,939	12,270	1,97	24,755	303,744	0,628
7	8	89,964	7,232	0,204	650,620	0,940	13,543	1,97	24,753	384,717	0,591
8	10	111,760	7,114	0,174	790,061	0,940	17,645	2,13	26,766	472,287	0,594
9	6	67,278	7,032	0,104 b	474,444	0,942	9,779	2,08	25,761	251,917	0,531
10	6	67,290	7,081	0,120 (b)	476,480	0,942	8,816	2,21	27,772	244,838	0,514

(a) Talvolta chi era deputato ad aprire le luci del distributore apriva un po' troppo, cosicchè invece di due luci aperte si ebbero due e due frazioni. Per tal fatto si aumenta di troppo il coefficiente di riduzione della portata, sminuisce il coefficiente di rendimento, poichè i vasi del motore si riempiono meno bene.

(b) Nella esperienza 9^a e 10^a l'acqua saliva nella vaschetta entro cui gira la turbine fino a coprire, o quasi coprire, la base inferiore della turbine. Basta questo fatto a sminuire il coefficiente di rendimento.

La prima conseguenza che dedurremo dal quadro precedente sarà, riguardo al valor medio del coefficiente di riduzione della portata, abbandonando le esperienze 2^a, 3^a, e 5^a nelle quali pare che sia sfuggita la maggiore apertura del registro delle luci, avvertita nella osservazione (a); quelli di tutte le altre coincidono quasi perfettamente e danno un valore medio 0,94, il quale anche per esperimenti già stati eseguiti negli anni precedenti mi pare si possa accettare con gran fiducia per questo distributore. Dirò anzi di più che lo stesso coefficiente all'incirca mi parve eziandio adottabile per altre turbine che ebbi occasione di vedere allorché ho assistito a certe determinazioni sperimentali dei coefficienti di rendimento, fatte da diversi ingegneri collo scopo di verificarne la bontà (1). Ora siccome il quadrato di 0,94 è 0,8836, ne viene che nella nostra turbine e negli altri motori pei quali il distributore è fatto in modo da darci press'a poco il medesimo coefficiente di riduzione della portata, i 12 centesimi circa del lavoro motore rappresentano il complesso delle perdite che questo lavoro subisce per causa degli attriti e dei cambiamenti di direzione e di velocità che l'acqua è costretta a risentire prima di giungere dentro al motore.

Un'altra piccola frazione del lavoro motore che rimane sovente perduta e che lo è anche per le otto prime esperienze da noi riferite nel quadro, è rappresentata da quella parte di caduta che intercede fra il livello dell'acqua nel canale di fuga e la base inferiore del motore. Questa parte è però sempre minima, delle esperienze contenute nel quadro è massima per la prima e non è che di 14 centimetri a fronte di 725, meno cioè del 2 per cento, ciò non toglie tuttavia che non si debba calcolare in qualche speciale occorrenza.

15. Applicazione al caso pratico delle formole esposte nel capitolo precedente. — Vengo al calcolo teorico del lavoro ricavato dalle nostre formole ed applicato a qualcuna delle esperienze. Prendiamo a cagion d'esempio la quarta. Siccome l'angolo ϕ è, come abbiamo più sopra avvertito, di 24° 41', l'angolo θ di 40° 26' 20", l'angolo $\varepsilon = \phi$; ed inoltre abbiamo

$$V_0 = 0,94\sqrt{2g \cdot 7,037} = 11,043,$$

ne dedurremo la seguente serie di valori:

V_0	= 11,043	Log. V_0	= 1,0430731
$\text{sen } \phi$	= 0,410	Log. $\text{sen } \phi$	= 9,6124211
$\text{cos } \phi$	= 0,912	Log. $\text{cos } \phi$	= 9,9601088
$V_0 \text{ sen } \phi$	= 4,524	Log. $V_0 \text{ sen } \phi$	= 0,6554942
$V_0 \text{ cos } \phi$	= 10,074	Log. $V_0 \text{ cos } \phi$	= 1,0031929
$\text{sen } \theta$	= 0,649	Log. $\text{sen } \theta$	= 9,8120015
$\text{cos } \theta$	= 0,761	Log. $\text{cos } \theta$	= 9,8814407
v_0	= 6,974	Log. v_0	= 0,8434927
$v_0 \text{ sen } \theta$	= 4,524	Log. $v_0 \text{ sen } \theta$	= 0,6554942
$v_0 \text{ cos } \theta$	= 5,308	Log. $v_0 \text{ cos } \theta$	= 0,7249334
$r\Omega$	= 4,766	Log. $r\Omega$	= 0,6781087

Siccome per altra parte abbiamo il numero dei giri dati dalla turbine di 2,23 per ogni minuto secondo, troviamo la velocità angolare $\omega = 14,011$ ed essendo il raggio $r = 0,36$ avremo ancora:

$r\omega$	= 5,044	Log. $r\omega$	= 0,7027837
W	= 0,278	Log. W	= 9,4440448

Quindi colla formola che dà

$$v_1 = \sqrt{2gh_1 + V_0^2 - r_0^2 \Omega^2 - 2r\omega v_0 \cos \theta}$$

si dedurrà:

v_1	= 6,917	Log. v_1	= 0,8399273
$v_1 \text{ sen } \varepsilon$	= 2,834	Log. $v_1 \text{ sen } \varepsilon$	= 0,4523484
$v_1 \text{ cos } \varepsilon$	= 6,310	Log. $v_1 \text{ cos } \varepsilon$	= 0,8000361

(1) Vedi l'Ingegneria Civile, vol. I, pag. 70 e 71.

Mettendo i valori calcolati nella espressione del lavoro

$$L_m = \Pi \frac{r\omega (V_0 \cos \phi - r\omega + v_1 \cos \varepsilon)}{g}$$

si troverà questo lavoro motore espresso per:

$$L_m = \Pi 5,833;$$

e paragonandolo colla forza del corso d'acqua $\Pi \cdot 7,224$ si troveranno teoricamente utilizzati dalla turbine gli 807 millesimi del lavoro speso. Praticamente non trovammo che il coefficiente di rendimento 0,609; ciò vuol dir dunque che le molte cagioni di perdita che abbiamo enumerate nei paragrafi 7 ed 8 sono così importanti che consumano quasi il 20 per 0/0 da se sole. Dico quasi, imperciocché a quelle che indicammo in quegli articoli, una o due devono ancora aggiungersi, cioè: l'attrito della ruota sulla ralla, quello della puleggia su cui passa la corda portante il piattello sul suo piccolo albero, la rigidità di cotesta fune della cui importanza non abbiamo tenuto conto, e finalmente la resistenza dell'aria al movimento della ruota. Tutte queste resistenze sono tuttavia assai piccole e non devono aver grande influenza. Assai maggiore stimò l'influenza delle prime già nominate nei citati articoli.

Parmi non inutil cosa il cercare l'importanza numerica di quelle che la nostra formola ci dà mezzo di calcolare, e di stimare almeno grossolanamente quella delle altre annote nei già più volte citati articoli e soprattutto quella indicata sul finire del num. 8. Per il primo di questi oggetti ripiglio la formola che rappresenta il lavoro trasmesso alla ruota, e la scrivo così:

$$L_m = \Pi \left\{ \frac{V_0^2}{2g} + h_2 - \frac{W^2}{2g} - \frac{v_1^2 \text{ sen }^2 \varepsilon}{2g} - \frac{(v_1 \cos \varepsilon - r\omega)^2}{2g} \right\}$$

Già ho notato che la differenza che corre fra l'altezza della parte h_1 di caduta e quella cui è dovuta la velocità V_0 sale al 12 circa per 0/0 di questa parte e più che all'11 per 0/0 della caduta totale, poi che quella piccola frazione della caduta che sta tra la faccia inferiore del motore ed il livello del recipiente ove l'acqua cade, rappresenta ancora dall'uno ai due centesimi di quella caduta; gli altri sette centesimi son rappresentati dai tre termini sottrattivi

della parentesi e si distribuiscono così: il termine $\frac{W^2}{2g}$ come

noi lo abbiamo calcolato è piccolissimo a fronte dell'altezza $H = h_1 + h_2$; il termine $\frac{v_1^2 \text{ sen }^2 \varepsilon}{2g}$ sale al 5 $\frac{2}{3}$ per 0/0 ed il

terzo termine sottrattivo contiene il rimanente 1 e poco più per 0/0. In tutto il 19,3 per 0/0. Quanto alla sottrazione anche maggiore degli altri 19,8 centesimi è dovuta, come si è detto, a diverse cagioni; fra queste credo utile ritornare su quella cui si riferiscono le osservazioni del num. 8 riguardo al tempo del vuotamento dei vasi del motore. Adunque nel caso nostro concreto il prodotto della sezione estrema di questi vasi per la velocità relativa con cui l'acqua deve corrervi dentro, paragonando con la quantità d'acqua che ciascun d'esso riceve, si vedrà che il primo sta alla seconda nel rapporto di 1,41 all'unità, e siccome l'allargamento della sezione interna del vaso nel verso del raggio a causa della campanulatura si verifica fin dall'origine di quel vaso stesso, cioè appena oltrepassata la base superiore della turbine, così potrà dirsi che l'acqua non riempie mai completamente questi vasi; ma se non li riempie la sua pressione contro la palmetta anteriore, può diventare ben più piccola di quello che si derivi implicitamente dalla teoria che siamo venuti fin qui svolgendo, ed ecco una causa assai sensibile di smanco nel lavoro trasmesso alla ruota. Ed a renderci viepiù ragione del difetto cui io accenno qui, il quale si verifica allorché l'acqua non riempie bene i vasi, consideriamo la sezione suprema, in essa giunge l'acqua con una velocità assoluta V_0 contro la parte superiore della palmetta, scomponendo questa velocità in due, l'una nella direzione della palmetta, l'altra normale sarà quest'ultima $V_0 \text{ sen } (\theta - \phi)$. Intanto la palmetta sfugge davanti con ve-

locità, la quale giudicata sempre nella direzione normale alla palmetta stessa è $r\omega \sin \theta$, questa può essere minore, uguale o superiore alla precedente; se sia minore succederà un urto, contro la palmetta, e sarà una delle componenti della velocità perduta W che si calcolò al num. 7, se siano uguali non vi ha urto, e saremo nel caso migliore; ma se invece sia $r\omega \sin \theta > V_0 \sin(\theta - \varphi)$ l'urto tenderà a farsi sulla palmetta posteriore sulla sua convessità e tenderà non solo a distrurre una parte di lavoro per causa del cambiamento brusco della velocità dell'acqua, ma anche a rallentare la ruota. In questa ipotesi tuttavia l'effetto sarà piccolo se la differenza fra le due velocità normali sia piccola e se l'acqua riempia bene il vano che è fra l'una e l'altra palmetta, la posteriore infatti colla sua rotazione spingerà allora l'acqua che la precede contro la palmetta anteriore e non si avrà che la perdita di carico dovuta all'altezza W . Quando invece il vaso non sia compiutamente ripieno è facile sentire che l'urto della palmetta posteriore nell'acqua che essa rotando incontra, va tutto a danno del lavoro motore. Or si noti che ciò ch'io per spiegarmi meglio ho riferito alla sezione suprema del motore può ripetersi per tutte le sezioni inferiori, e si capirà da ciò il perchè io ho detto fin da principio che non credo in questa specie di ruote utile la campanulatura suggerita da Girard, eccettuato che essa sia tenuta nei limiti per cui nella sezione ultima del vaso ed anche in tutte le precedenti si abbia sempre il prodotto dell'area di essa sezione per la velocità relativa che vi avrà l'acqua o niente o di pochissimo superiore al volume primo entrato dentro al vaso medesimo. Il calcolo non è difficile, poichè invece di un vaso solo se ne potrà sempre considerare un complesso la cui lunghezza misurata secondo la circonferenza media sia la a

16. Sebbene le tre altezze dovute alla velocità estinta per urto W e componenti di quella assoluta con cui l'acqua abbandona il motore siano come si è visto dal calcolo numerico ben poca cosa; poichè la prima come abbiamo visto $\frac{W^2}{2g}$ è quasi insensibile (non sale ad un millesimo dell'altezza della caduta); la seconda è appena i 5 centesimi e un terzo di quell'altezza, la terza $\frac{(v_1 \cos \varepsilon - r\omega)^2}{2g}$ è poco più che un centesimo, tuttavia non sarà inutile cosa il vedere le condizioni che si sarebbero potute adempiere per diminuirle ancora e per diminuire soprattutto la $\frac{v_1^2 \sin^2 \varepsilon}{2g}$. Il problema è evidentemente complesso poichè diminuendo questa non bisogna fare salire le altre. Stando alla ruota tal quale essa è fatta non vi sarà altra possibilità fuorchè quella di alterare la velocità angolare, e sarà il caso di cercare quella del lavoro massimo, valendoci dei metodi indicati al num. 9. Prendo il seguente: parto dalla equazione $r\omega = v_1 \cos \varepsilon$; e dicendo x questa incognita $r\omega$ trovo per determinarla l'equazione:

$$x^2 = (2gh_2 + V_0^2 - r^2\Omega^2 - 2xv_0 \cos \theta) \cos^2 \varepsilon,$$

dalla quale ricavasi $x = 5,775$; poi piglio questo primo valore approssimato di x lo sostituisco nell'espressione di v_2 che è:

$$v_1 = \sqrt{2gh_2 + V_0^2 - r^2\Omega^2 - 2xv_0 \cos \theta},$$

e quindi il valor di v_1 così ottenuto introduco nella

$$(V_0 \cos \varphi - 2x)v_1 - v_1^2 \cos \varepsilon - xv_0 \cos \varepsilon \cos \theta = 0,$$

per risolvere questa ancora rispetto ad x . Procedendo avanti nello stesso modo trovo i valori successivi di questa incognita 5,732; 5,765; e 5,743. Al quale è lecito fermarsi poichè chi cercasse il quinto valore di x lo troverebbe coincidente col 4° nelle tre prime cifre decimali.

Preso adunque

$$r\omega = 5,743;$$

e dividendo questo prodotto per $2\pi r = 2,262$ trovasi che sotto questo aspetto la migliore velocità angolare è quella che corrisponde ai 2,54 giri dati per ogni minuto secondo.

Giova tuttavia notare che la differenza teorica che si trova nella quantità di lavoro perduta è assai piccola, nel passaggio dal caso in cui la ruota si finga dare giri 2,54 per ogni minuto secondo, al caso in cui essa ne dia soli 2,23 come nell'esempio citato della esperienza 4ª.

Piacemi ancora cercare quale sarà la massima velocità angolare che possa concepire questa ruota. Si ricava dalla equazione riferita al num. 9:

$$r\omega = V_0 \cos \varphi - v_0 \cos \theta \cos^2 \varepsilon + \cos \varepsilon \sqrt{2gh_2 + V_0^2 \sin^2 \varphi - v_0^2 \cos^2 \theta \sin^2 \varepsilon},$$

ossia notando che $\varphi = \varepsilon$

$$r\omega = \cos \varphi \left\{ V_0 - v_0 \cos \theta \cos \varepsilon + \sqrt{2gh_2 + V_0^2 \sin^2 \varphi - v_0^2 \cos^2 \theta \sin^2 \varphi} \right\}$$

a numeri:

$$r\omega = 0,912 \left\{ 11,043 - 4,842 + \sqrt{2,157 + 20,864 - 4,725} \right\}$$

e fatti tutti i calcoli:

$$r\omega = 9,516.$$

Se si fosse presa la formula approssimata:

$$r\omega = V_0 \left\{ \frac{\sin(\theta - \varphi)}{\sin \theta} + \sin \varphi \right\},$$

si sarebbe trovato il valore $r\omega = 9,290$ come vedesi abbastanza prossimo al precedente, trattandosi dell'approssimazione che è lecito sperare in questo genere di ricerche. Frattanto $r\omega = 9,516$ corrisponde ad una velocità angolare di quattro giri e un quinto per minuto secondo.

17. Ho detto superiormente che trattandosi di una ruota già costruita, per rendere massimo l'effetto utile che se ne ricava, non abbiamo altro mezzo di cui possiamo disporre salvo quello di stabilire convenientemente la velocità angolare. Se all'incontro si trattasse di una ruota che ancora dovesse fabbricarsi, è certo che si potrebbe disporre degli elementi della medesima col fine di farle rendere il massimo possibile effetto utile. Ma di questo intendo particolarmente occuparmi in altro capitolo.

Solo parlando della ruota su cui si aggirarono le nostre esperienze, noterò che i principali difetti cui mi pare si debba attribuire la picciolezza dei coefficienti di rendimento sono: 1° l'angolo ε troppo grande, conseguenza della quale grandezza è il valore troppo forte della componente verticale $v_1 \sin \varepsilon$ della velocità assoluta V_1 con cui l'acqua abbandona la ruota; 2° la troppo grande campanulatura data al motore per cui esso si vuota d'acqua troppo presto; 3° il troppo poco giuoco lasciato fra il distributore ed il motore, per cui l'atmosfera penetra difficilmente in quell'intervallo (1).

CHIMICA DOCIMASTICA

L'acqua marcia in Roma.

Relazione chimica-igienica approvata dal Consiglio provinciale di sanità nella adunanza del 18 marzo 1876, ed esposta dal dottore CLITO CARLUCCI, dott. PIETRO BALESTRA, e professore FAUSTO SESTINI, componenti la Commissione sanitaria provinciale nominata dall'illustrissimo signor Prefetto di Roma, il dì 27 dicembre 1874.

La relazione, di cui presentiamo un riassunto, va indubbiamente annoverata fra le migliori che in simile genere di lavoro si fanno; in essa gli autori tendono spassionatamente a mettere in chiaro la verità, e ad infondere nella mente del lettore che si accinge a meditarla la convinzione dell'esposto intorno al

(1) Quest'ultimo non può dirsi difetto di costruzione, bastando prevenirne chi pone in opera annualmente la turbine per le prove. Tale giuoco può farsi invece tanto grande quanto si vuole, e basterà chiavettare la ruota motrice sull'albero più in basso di alcuni millimetri.

(Nota della Direzione).

soggetto tecnico-amministrativo della bontà dell'Acqua marcia in Roma.

Dalla esposizione storica fatta precedere sull'antichità di quest'acquedotto, che risale ai tempi di Marco Agrippa, e da cui la denominazione di Marcia, troviamo che l'acqua per esso condotta a Roma fu sempre tenuta per ottima se non la migliore; quali furono mai le cause per cui essa fu abbandonata? furono fisiche od economiche? o le une e le altre cospiranti assieme? Non abbiamo né i mezzi né il tempo di indagarle nella caligine della antichità, e solo riportiamo che uguale sorte toccò anche ad altri acquedotti, arguendolo da un passo di uno scrittore, il quale asseriva che quando i Papi furono in Avignone, Roma si ridusse a non avere altra acqua, che quella del biondo Tevere, i facchini la trasportavano, e la vendevano per le strade, che erano lungi dal fiume.

Contentiamoci dunque di sapere, che un di quest'acqua era abbondantissima, e tenuta in gran pregio; venne quindi meno sino al suo sperdimento, e che ai tempi nostri, il 10 settembre 1870, alla presenza del sommo Pontefice Pio IX e di una moltitudine di popolo accorsa sulla piazza delle Terme Diocleziane, venne restituita all'uso pubblico e privato dalla benemerita anonima Società romana.

In sulle prime l'Acqua marcia per la sua limpidezza, freschezza e grato sapore era assai celebrata, e da molti richiesta, poichè per l'alto suo livello poteva essere condotta fino agli ultimi piani delle case.

Ma questo entusiasmo è durato poco, e si sono in seguito sollevati dubbi sulla identica natura e bontà dell'Acqua marcia attuale con quella antica, per la ragione che attualmente e non rare volte si vedeva giungere torbida, e perchè si riconobbe che lasciava, quantunque limpida, depositi nei recipienti, talchè parecchie tubature di piombo che distribuivano l'acqua nell'interno delle abitazioni si rinvennero ostruite quasi in totalità per sedimenti depositativi.

Codesti dubbi accresciuti, e divenuti reclami, il Ministero dei Lavori Pubblici officiava il prefetto della provincia di Roma perchè consultasse il Consiglio provinciale di sanità sulla qualità e quantità delle incrostazioni depositatesi nella condotta e nelle tubature di distribuzione dell'acqua marcia, e se queste fossero indizii che la detta acqua potesse recare nocimento alla salute di chi ne facesse uso per bevanda.

Intanto lo stesso Ministero aveva commesso all'ingegnere Capo del genio civile sig. Castellini di eseguire studii e verificazioni sull'acquedotto dell'acqua marcia e contemporaneamente aveva commesso ad altro ingegnere del Genio civile sig. Cantalupi di procurarsi le maggiori notizie sull'acqua immessa nell'acquedotto Marcio, e sulle cause che promuovevano le visibili incrostazioni.

Dalla relazione dell'ing. Castellini la Commissione rileva che l'acquedotto marcio nella pianura di Roviano giace di poco superiore al piano di campagna, ed è per conseguenza soggetto all'inondazione del fiume Aniene per la lunghezza di metri 1800, le cui torbide acque si infiltrano nell'acquedotto.

La Società dell'Acqua marcia ha già cercato di porre riparo a tale inconveniente facendo ristabilire l'intradosso della volta dell'acquedotto con intonaco di cemento romano. Quante volte però con un simile spediente non si riuscisse di impedire l'infiltramento delle acque torbide nell'acquedotto sarebbe di necessità rimuovere questo almeno per i primi tre chilometri e mezzo, e trasportarlo ove le piene dell'Aniene non arrivano.

L'ing. Cantalupi ebbe poi a verificare che delle tre serene (sorgenti chiare) e del lago di Santa Lucia che costituiscono i quattro separati e distinti gruppi delle sorgenti dell'Acqua marcia, la Società aveva prescelta la seconda serena allacciando le sue sette sorgenti in altrettanti canali coperti, e convergenti in tre collettori, i quali scaricano tutte le acque di quella serena in un bottino centrale. Verificò pure essere limpidissima l'Acqua marcia nelle sue scaturigini, nè lasciare alcuna traccia sensibile d'incrostazione nel primo tratto dell'acquedotto. Però quando al settimo chilometro hanno principio le così dette cadute, in allora appariscono le incrostazioni quale conseguenza dello sperdimento di una parte del gaz acido carbonico. Trovò pure che le incrostazioni nell'interno dei tubi di ghisa erano minori relativamente a quelle dell'acquedotto in muro.

Il Consiglio provinciale di sanità nel prendere le mosse per eseguire il commessogli incarico trovò che i termini del mandato erano troppo ristretti per potere risolvere la questione e con insistenza ottenne che l'incumbenza venisse estesa alla nomina di una Commissione, in cui facesse parte anche un distinto chimico e coll'incarico di fare l'analisi completa dell'Acqua marcia tanto presso alla sua sorgente, quanto presso al bottino del fontanone di Mosè, di investigare le cause delle incrostazioni, e di pronunciare un giudizio sul grado di potabilità, dappoichè dalla semplice analisi chimica delle incrostazioni, il Consiglio

provinciale di sanità non avrebbe potuto rispondere adeguatamente alla domanda direttagli dal Ministero dei Lavori Pubblici.

La Commissione suldata appena la stagione lo permise, e dopo avere fatto alcuni studii preparatorii, si recò il giorno 26 maggio 1875 lungo la valle Arsolana dell'Aniene a visitare tratto tratto l'acquedotto, in ispecie quel tratto di esso costruito in muro ove si andavano facendo riparazioni e restauri ed anche alcune deviazioni più urgenti.

L'ing. sig. Angelo Filonardi, ingegnere capo della Società anonima dell'Acqua marcia con intelligenza ed accuratezza seppe rispondere alle varie domande direttegli dalla Commissione, coadiuvando non poco a rendere più facile e spedita la esplorazione dell'acquedotto, e delle corrispondenti opere murarie, e la Commissione si compiacque di attestargliene la sua piena soddisfazione.

Così si riscontrò che l'acquedotto in opera muraria misura met. lin. 26809 mentre il susseguente sifone in ghisa misura metri lin. 26840. L'acquedotto a muro giunge sino all'antico serbatoio di Quintilio Varo, ove il sifone ha principio e beve dirigendosi giù per la china del monte Quintiliano. Lo speco più piccolo dell'acquedotto in muro ha m. 1,90 di altezza e m. 0,83 di larghezza, per cui è praticabile nel suo interno, ed è capace come se ne fece l'esperienza, di contenere 6000 once d'acqua. Però la Società non ve ne fa immettere che sole 4500 oncie, le quali si scaricano nel serbatoio Quintiliano presso Tivoli, serbatoio ben costruito che ha una lunghezza di metri 30 su 9 di larghezza e 3,60 di altezza.

La Commissione sostava alle sorgenti dell'Acqua marcia nella valle d'Arsoli. Quest'acqua deriva dal *Campo Secco* uno dei più alti piani (1300 m. sul livello del mare) del monte Autore, attraversa pei naturali interni meati il monte della Prugna, e dà perenne e copioso alimento alle molteplici sorgenti che qua e là si veggono ripullulare nella vallata a fior di suolo. Le diverse riunioni di queste sorgenti furono distinte col nome di prima, seconda, terza serena e del lago di Santa Lucia.

La Società fra queste sorgenti prescelse la seconda serena per la maggiore limpidezza e chiarezza delle acque, e per l'analisi istituita dal Campbell il quale riscontrò l'acqua della seconda serena migliore delle altre due serene, e del lago di Santa Lucia per le sue qualità fisico-chimiche.

Il bottino centrale primo che riceve quest'acqua è una luminosa e spaziosa camera in muratura, ben difesa dalle intemperie, munita di impalcatura per accedervi, e di due emissari regolati dalle corrispondenti saracinesche per le quali o può immettersi a piacere una quantità d'acqua nell'acquedotto, oppure la si può derivare per una apposita forma lasciando in secco l'acquedotto.

Ad evitare poi che le acque meteoriche le quali discendono torbide dal monte Prugna, e le acque dell'Aniene nelle sue alluvioni, non si mescolino colle acque delle sorgenti e del bottino centrale, si è dalla parte del monte Prugna rialzato e livellato il piano della via Sublacense, e dall'altra parte rispondente al corso dell'Aniene, si è costruita una forte diga dandole un livello superiore alle più alte escrescenze avvenute nel fiume.

Quantunque la Società abbia con sollecitudine ed accuratezza messo in opera ogni mezzo onde quel tratto dell'acquedotto che soggiace alle non rare alluvioni dell'Aniene fosse in modo costruito da opporsi agli infiltramenti sia delle acque traboccate sia di quelle meteoriche, pur tuttavia non può disconoscersi l'inconveniente della giacitura di un tal tratto di acquedotto, e la necessità di una vigilanza onde non avvengano infiltramenti di acque estranee.

Senza dubbio la prima proposta di far passare l'acquedotto al disopra della via Sublacense per sottrarlo alle alluvioni dell'Aniene sarebbe stato il miglior partito se la grave spesa non avesse distolto la Società dall'attuarlo.

Pur troppo ciò che si è voluto risparmiare in spesa si è perduto in sicurezza, e forse un giorno dovrà tornarsi alla prima proposta, giacchè i ripetuti traboccamenti dell'Aniene e le acque meteoriche, e le varie intemperie non potranno a meno, per loro natura, di non arrecare danno all'acquedotto, il quale non può presumersi che si mantenga in uno stato d'impermeabilità continua e perfetta.

Dopo avere esposto in modo così chiaro le condizioni in cui trovansi l'acquedotto, e per quanto poteva avere influenza sull'incarico commessole, la Commissione passa ai preparativi dell'analisi dell'acqua, che estrasse dal primo bottino o cisternone suominato con tutto l'occorrente per esaminare le proprietà che presenta quest'acqua al momento che scaturisce dal suolo, e per raccogliere ed imbottigliare con tutte le cure necessarie circa 40 litri di liquido da sottoporsi all'analisi chimica; queste operazioni alla sorgente furono eseguite dalle 10 ant. alle 1 pom. dello stesso giorno 26 maggio. Siccome poi l'acqua impiega 8 o 10 ore a percorrere tutto il condotto ed arrivare entro il regolatore della distribuzione, che trovasi in Roma al principio

di via Venti Settembre, così sul far della sera del predetto 26 maggio fra le 5 e 7 pom., il signor prof. Del Torre, operatore chimico per conto della Commissione, e con le stesse regole usate alla sorgente, raccoglieva il liquido che in quello stesso giorno alimentava tutte le fontane dell'acqua marcia in Roma.

Caratteri fisici. — L'acqua raccolta alla sorgente nel gran serbatoio di Arsoli è incolore, inodora e limpida come il più perfetto cristallo. Al palato non reca che la grata impressione delle buone acque sorgive ben provviste di gaz acido carbonico, che uniscono alla purezza piuttosto bassa temperatura. Se si lascia per assai lungo tempo in vaso scoperto depone del carbonato calcareo, che aderisce facilmente alle pareti dei recipienti incrostandoli, e più prontamente produce tali deposizioni facilitando, coll'agitazione del liquido, l'evoluzione del gaz carbonico.

La sua temperatura fu trovata 9° centigradi alle sorgenti (entro il gran serbatoio di Arsoli) il 26 maggio 1875 alle ore 10,30 antimeridiane; mentre quella dell'aria all'ombra era 25°,4. In Roma al sopracitato distributore in via Venti Settembre alle ore 5 pom. dello stesso giorno la temperatura dell'acqua era di 11° centigradi; ed il 26 dicembre successivo si trovò alle ore 10 antim. uguale a 10°,2 centigradi mentre quella dell'aria era 8° centigradi. Il peso specifico fu determinato con picnometri riempiti sul posto e risultò per l'acqua presa ad Arsoli = 1,00045 a 23° centigradi; per quella raccolta in Roma = 1,000435 a 22° cent.

Aria svoltasi col calore dell'Acqua marcia. — Le ricerche qualitative eseguite alla sorgente misero ben presto in chiaro che l'Acqua marcia non conteneva né anche tracce di acido solfitrico, e che il gaz acido carbonico insieme con gli elementi dell'aria atmosferica costituiva il misto dei gaz disciolti, i quali analizzati colle dovute precauzioni diedero per risultamenti finali: ossigeno ed azoto svolti coll'ebollizione di un litro d'acqua a 0° cent. e a m. 0,76 di pressione barometrica.

Per l'Acqua marcia attinta alla sorgente ossigeno c. c. 4,167 — azoto c. c. 15,720; e per l'Acqua marcia attinta al gran sifone di distribuzione in Roma ossigeno c. c. 6,815 ed azoto c. c. 17,001. L'anidride carbonica che si svolse nello stesso tempo dei gaz costituenti l'aria atmosferica fu di c. c. 54,285 per quella raccolta in Roma, ma come ormai è ben certo col far bollire le acque potabili alla pressione atmosferica di circa 760 m. m. non si può avere allo stato gazzoso che una parte del gaz carbonico che esiste nelle acque stesse, come suol dirsi *semicombinato*, massime se esse contengono sali alcalini.

Quantità complessiva delle sostanze fisse. — Residuo ottenuto per evaporazione ragguagliato ad un litro d'acqua attinta alle sorgenti gr. 0,3053 — in Roma gr. 0,2855; quindi l'acqua a misura che si discosta dalla sorgente perde una quantità di sostanze disciolte e dà ragione delle incrostazioni dei tubi.

Durezza. — Per valutare la durezza dell'Acqua marcia la Commissione ha adottato il metodo di Boudron e Boudet, ed ha trovato che quella alla sorgente ha una durezza complessiva di 38°, durezza permanente 18° e durezza temporanea 20°; ed a Roma rispettivamente 36° 1/2, 20° e 16° 1/2.

Materie organiche. — Perdita di peso avuta per calcinazione del residuo salino di un litro d'acqua attinta alle sorgenti gr. 0,0800; in Roma gr. 0,0198. Questa perdita che altra volta si sarebbe valutata come altrettanta materia organica decomposta dal calore, ora con più giusti criteri si attribuisce alla somma di tutte le sostanze volatili che si trovano nel residuo salino; mentre, come in appresso vedremo, piccola era la quantità dei cloruri, piccolissima quella dei nitrati, inapprezzabile quella dei sali ammoniaci, sostanze tutte che potevano almeno in parte ridursi in vapore, non scarsa era invece la quantità del carbonato di magnesio; laonde oltre che all'acqua di combinazione di alcuni sali ed alla piccola quantità di materia organica, la perdita sofferta pel calore dal residuo dell'evaporazione, proveniva al certo dal predetto carbonato di magnesio, che colla calcinazione perde una gran parte del proprio acido carbonico, convertendosi in ossido di magnesio acido, il quale non può ripristinarsi allo stato di carbonato nel trattamento sopra descritto.

La Commissione ha quindi fatto diverse determinazioni volumetriche con una soluzione titolata di permanganato di potassio seguendo il metodo di Kübel, i risultamenti ottenuti confermarono che tenue era la quantità delle sostanze organiche che si contiene in un litro di Acqua marcia, ed assai minore alla perdita risultante per la calcinazione, e per dire più precisamente era tale da doversi ritenere inferiore ad $\frac{1}{100,000}$, perciò non esattamente valutabile (1).

(1) Troviamo molto lodevole questo tentativo di svincolarsi del tutto, nelle analisi delle materie organiche, dal sistema condannevole della calcinazione, che pur troppo ha ancora molti cultori, i quali leggendo que-

Ammoniaca. — Trattata l'Acqua marcia con tutti i reattivi non si poterono scoprire tracce apprezzabili di ammoniaca, anche in 10 litri d'acqua ridotta per concentrazione a piccolo volume.

Acido azotico. — Tanto nell'acqua della sorgente quanto in quella a Roma non fu possibile scoprire la presenza dell'acido azotico colla brucina, ma concentrando assai l'acqua quasi a secco si poté conoscere che contenga qualche traccia di nitrati, ma in quantità non maggiore di $\frac{1}{10,000,000}$.

Acido carbonico totale. — La Commissione con infinite precauzioni, operazioni e trattamenti ha potuto determinare che l'anidride carbonica totale dell'acqua marcia presa alle sorgenti e ragguagliata ad 1 litro era di gr. 0,31030, in quella attinta in Roma era di gr. 0,2580.

Calce e magnesia. — La calce che è uno dei principali costituenti dei sali che stanno disciolti nell'Acqua marcia fu determinata e nell'acqua allo stato ordinario e nell'acqua dalla quale erano stati coll'ebollizione separati i carbonati terrosi e dopo un'infinità di operazioni si è trovato che i carbonati terrosi avuti da 1 litro d'acqua seccati a 110 c. in quella della sorgente erano gr. 0,2555 ed in quella attinta in Roma gr. 0,1838; e che l'anidride carbonica dei carbonati terrosi era per la prima di gr. 0,1075 e per la seconda gr. 0,0890.

Prosegue la Commissione nell'analizzare l'acqua per scoprirvi le tracce di altri componenti dei residui sali come i fosfati suddividendoli in diversi modi, ma trattandosi di dosi infinitamente piccole, le crediamo trascurabili, e da doversi considerare il risultato finale dell'operazione assolutamente convincente, riportandolo nel seguente prospetto.

Prospetto della composizione chimica dell'Acqua marcia per ogni litro d'acqua

	Acqua attinta alle sorgenti	Acqua attinta in Roma
A 0° e 760 m. m. di pressione boromet.	c. c.	c. c.
Gaz ossigeno	4,167	6,815
> azoto	15,720	17,000
> acido carbonico libero	21,360	13,530
	gr.	gr.
Cloruro sodico	0,0054	0,0064
Solfato potassico	0,0026	0,0035
> sodico	0,0034	0,0010
> calcico	traccie	0,0055
Carbonato acido di calcio (C ² H ³ C ² O ⁶)	0,3486	0,3123
> > di magnesio (Mg H C ² O ⁶)	0,1331	0,0996
> > di ferro (Fe ² H ⁴ C ² O ⁶)	0,0028	0,0036
Fosfati stronzio	traccie	traccie
Acido silicico	0,0030	0,0033
Materie organiche	traccie	traccie
Azotati	traccie	traccie

In seguito la Commissione ha analizzato due incrostazioni, avvenute nei tubi di condotta. Una segnata A tolta da un tubo di piombo rimesso dalla prefettura, di m. 0,020 di diametro interno, pressochè ostruito; l'altra segnata B si distaccò da un tubo metallico, che già aveva servito per tre anni, del diametro interno di 3 centimetri con una incrostazione circolare di 5 millimetri, in posizione discendente.

La sostanza incrostante di questi tubi era giallastra, ed aveva struttura cristallina, e trovò il seguente risultato:

	A.	B.
Carbonato di calcio	96,57	96,09
> di magnesio	2,25	1,13
Solfato di calcio	0,16	traccie
Ossido ferrico	0,92	1,89
Silice	0,10	0,40
Sostanze non determinate e perdite	0,00	0,49
	100,00	100,00

Oltre le incrostazioni suddette si esaminò un abbondante sedimento fangoso rinvenuto in una cassetta di divisione del Casamento al Corso, n° 472, e si riconobbe costituito di 44% di

sto lavoro della Commissione vedranno quanto gravi siano gli errori che si possono incontrare con tale pratica: vero è però che coll'uso dell'acido e del permanganato secondo l'esperienza, si ottengono risultati non sufficientemente delicati, perchè anche con tale ossidante energico non tutte le sostanze organiche sono trasformate in azoto ed anidride carbonica; ma è altresì vero che mancano ancora i sistemi di una esattezza assoluta, e che trattandosi di acqua poverissima di materiali organici, anche il sistema più esatto dell'analisi elementare non avrebbe dato risultati di molto diversi da quelli avuti dalla Commissione.

carbonato di calcio e di magnesio: il rimanente 56% era terra argillosa mista a sabbia fina; mentre una incrostazione pure copiosissima, ma non molto compatta anzi friabile distaccata dalle pareti della cassetta medesima si trovò composta di 82,3 di carbonati terrosi, e di 17,7% di terra argillosa con poca sabbia finissima.

La composizione chimica delle sostanze incrostanti conferma chiaramente la causa della loro formazione. L'Acqua marcia per poco che si scaldi o si agiti, va perdendo gaz acido carbonico e lascia quindi deporre a poco a poco parte dei carbonati terrosi che tiene in soluzione, i quali aderendo alle pareti dei condotti e delle casse di deposito, le incrostanto con facilità straordinaria. Da questo fatto nascono sospetti e diffidenze per l'Acqua marcia e non già per l'Acqua di Trevi, o Vergine, la quale ultima, sebbene contenga sostanze minerali in proporzione maggiore dell'Acqua marcia, e fra queste una non tenue quantità di azotati, tanto temuti dagli idrologi, pur tuttavia ha potuto guadagnarsi miglior riputazione della Marcia. Il perchè quest'acqua, nonostante i molti buoni requisiti, presenta un inconveniente non piccolo e che salta agli occhi di tutti e s'impone in certo modo al giudizio del volgo. Siffatto inconveniente consiste in questo, che l'Acqua marcia contiene calce e magnesia in tale stato di combinazione che facilmente questi due ossidi alcalino-terrosi si depongono allo stato di carbonato, producendo le note incrostazioni. Colui che osserva a poco a poco formarsi qualche sedimentazione nelle vasche e quel che è peggio, otturarsi in due o tre anni i condotti, teme che altrettanto debba avvenire nel proprio corpo e non beve più di buon grado l'Acqua marcia, ignorando che anche i carbonati terrosi sono sostanze che fanno parte integrale del nostro organismo e che l'Acqua marcia ne contiene meno di quello che ne contengono altre acque potabili avute in conto di buone e provenienti da terreni di formazione calcarea, come meglio vedremo in seguito. Non dubitiamo affermare che se l'Acqua marcia, oltre a quelle quantità di carbonato di calcio e di magnesio, che in essa veramente si rinvenivano, contenesse altresì quelle quantità di azotati e sali alcalini e materie organiche, delle quali non è difetto nelle altre acque più reputate di Roma, nondimeno purchè non producessero le mal temute incrostazioni, sarebbe da tutti ritenuta per ottima e superiore ad ogni altra.

Le prove di fatto di questo nostro convincimento si hanno dai risultati sperimentali ottenuti dalla Commissione e che riferiti nella relazione si trovano.

Da tutto ciò che oggi si conosce intorno l'azione chimica e fisica dei sali solubili sopra altri sali dotati di una solubilità relativamente minore, non era guari difficile prevedere che alcuni dei composti salini che accompagnano il carbonato di calcio nelle acque potabili potevano impedire o ritardare le deposizioni dei carbonati terrosi nelle acque stesse. Infatti non rinvenendosi nell'Acqua marcia che assai poco o punto di quei sali che per ordinario sogliono associarsi ai carbonati alcalino-terrosi, si poteva con fondamento ascrivere a questa sua maggiore purezza la proprietà incrostante in essa riconosciuta. In altre parole l'Acqua marcia, all'infuori dei carbonati terrosi, contiene sciolta minor copia di sali fissi e di sostanze organiche che quella di Trevi; ora a questa sua purezza relativa, a questa minor quantità di sostanze solide disciolte si deve senza dubbio attribuire se la marcia non fa buona prova agli occhi del pubblico, siccome avviene dell'acqua di Trevi, comechè questa sia più carica di sali. La cagione precipua e forse unica per la quale l'Acqua marcia è caduta in tanto discredito presso il volgo vuolsi ripetere dalla stessa sua purezza. Che se quest'acqua, oltre i sali terrosi avesse contenuto maggior copia di altri sali fissi, benchè non al tutto innocui siccome quelli, essa non avrebbe per fermo abbandonato così facilmente tanta copia di sedimenti, e prodotto incrostazioni, ma avrebbe tuttavia conservata integra ed illesa la bella fama in cui meritamente venne presso i nostri antichi.

Ma qui si affacciavano materialmente alcuni quesiti. I sali che si riscontrano nelle acque potabili sono tutti idonei ad impedire la deposizione del carbonato di calcio? Alcuni di essi non potrebbero avere invece una virtù affatto opposta; e tra quelli che realmente godono della proprietà anticrostante, non ve ne sarebbe per avventura alcuno che la possiede in grado maggiore di altri?

Coll'intendimento di risolvere siffatte questioni fu dalla Commissione intrapresa una lunga serie d'esperimenti e dall'esame delle cifre esposte appare che tutte le sostanze cementate all'esperimento, ad eccezione di alcuni sali di calcio e di magnesio (eccezione peraltro naturale e già preveduta) hanno le proprietà d'impedire la deposizione dei sali calcarei dall'acqua bollita. Ma che soltanto i sali ammoniacali, tranne però il carbonato, sono quelli che in un grado eminente, come da prima conoscevano i tecnologi, hanno la singolar proprietà d'impedire i depositi che formano le incrostazioni. Ed invero ad impedire

siffatti incrostamenti nell'interno delle caldaie delle macchine a vapore si usano da molto tempo a preferenza di ogni altra sostanza i sali ammoniacali, siccome quelli che danno ottimi resultamenti.

Dopo i sali ammoniacali vengono quelli di potassio e di sodio, specialmente gli azotati ed i cloruri, indi seguono le sostanze organiche e prime tra queste la gomma arabica e la gelatina animale, poi l'urea e per ultimo gli zuccheri.

Cosicchè se l'Acqua marcia contenesse maggior quantità di sali alcalini, segnatamente di azotati ed alquanto di sali ammoniacali e di sostanze organiche, siccome avviene colle altre acque potabili di Roma, certamente produrrebbe incrostazioni assai meno appariscenti e potrebbe fare miglior comparsa agli occhi dei più. Qualunque fosse il sale ammoniacale che in via d'esperimento si sia aggiunto all'Acqua marcia, si verificò costantemente durante l'ebollizione uno svolgimento d'ammoniaca libera; il che naturalmente proviene dalla doppia scomposizione che a poco a poco va compendosi tra il carbonato di calcio ed il sale di ammonio e dalla successiva decomposizione del carbonato d'ammonico formatosi.

Poteva peraltro sorgere il dubbio che i fenomeni osservati con l'Acqua marcia bollente non avvenissero, o avessero luogo in diverso modo con essa acqua nelle condizioni ordinarie di temperatura e pressione; e per conseguenza si credè utile sperimentare se i sali ammoniacali anche senza la cooperazione del calore potessero ugualmente impedire i depositi d'incrostamento. A tal uopo si presero otto recipienti di vetro della capacità di circa 600 c. c., e si pose in ognuno di essi mezzo litro di Acqua marcia, ed in tutti, salvo che in uno, si disciolsero 50 centigrammi di vari sali, due dei quali erano ammoniacali. Si osservò che soltanto l'acqua a cui erasi unito il cloruro ed il solfato ammonico non dette luogo a deposizione alcuna di sale calcareo, rimanendo il liquido sempre limpidissimo, nè da essa si depositò alcuna materia solida sulle pareti del vaso.

L'esperimento ebbe principio verso la metà del luglio 1875 ed i recipienti coperti con carta, furono conservati in una camera terrena, ove la temperatura variava da 15° a 22° C. Trascorsi due mesi, anche l'acqua in cui erano stati disciolti i sali ammoniacali s'intorbidò lievemente, ma non tardammo molto a riconoscere che la turbata limpidità proveniva non già dai carbonati, o da altro sale calcareo insolubile, sibbene dal germogliare di un'alga biancastra che quasi contemporaneamente era comparsa eziandio nell'acqua di tutti gli altri recipienti.

Dal che si conchiude che anche alla temperatura ordinaria in tempo di estate, compresa tra i limiti di 15° e 22° C, i sali ammoniacali hanno la proprietà d'impedire la deposizione dei sali calcarei nelle acque potabili.

Conosciuti e raffrontati i fatti esposti, era facile inferire il perchè l'Acqua marcia al suo stato naturale lascia deporre i carbonati terrosi tanto abbondantemente da rivestire in breve tempo d'incrostazioni calcaree i recipienti ove abbia bollito, o soggiornato a lungo. Già si disse che questi carbonati vi si trovano disciolti dall'eccesso di gaz acido carbonico; ora questo gaz pel calore, o per l'agitazione del liquido, o pel contatto prolungato dell'aria, facilmente si sprigiona abbandonando i carbonati alcalino-terrosi, i quali per le ragioni fisico-chimiche di sopra accennate, ossia per la quasi mancanza degli altri composti fissi nell'Acqua marcia, e in specie di nitrati e materie organiche, che hanno il potere di trattenerli più tenacemente disciolti, con facilità si depongono sotto forma di minuti cristallini. Da questo deriva che la stabilità di soluzione del carbonato di calcio è relativamente debole nell'Acqua marcia in confronto di quella Vergine e di altre acque potabili; le quali, lo si noti bene, tuttochè assai più ricche in carbonati terrosi della marcia, pure non abbandonano sì facilmente pel calore tanta copia di deposizioni come avviene in quest'ultima.

Le stesse ragioni valgono altresì a spiegare il perchè tanto presto si ostruiscano i tubi ed i condotti per ove corre l'Acqua marcia. Il debole grado di stabilità con la quale i carbonati di calcio e di magnesio vi stanno disciolti fa sì che questi si separino ben presto e si vadano deponendo a poco a poco intorno alle pareti de' tubi. Siffatte incrostazioni sono poi in singolar modo favorite da qualunque viva agitazione o scotimento, come segue nell'Acqua marcia, la quale atteso la grande pressione sotto cui si trova, viene con forza agitata e scossa entro i condotti, specialmente quando essa vi scorre senza riempirli al tutto, siccome avviene dopo che l'acqua passò a traverso le chiavi di registro. Infatti, lungo quei tratti di conduttura che trovansi innanzi chiavi ordinarie l'acqua riempiendo l'intera luce dei tubi non vi è così vivamente agitata come lo è lungo il tratto che segue fino alle chiavi di registro, entro le quali l'acqua è spinta con forza grandissima, passando per un foro di piccolo diametro in altro vano più grande, ove è siffattamente dibattuta contro le pareti da produrre un fremito, o meglio un sibilo caratteristico a tutti ben noto. E un fatto ripetutamente osser-

vato che ne' tubi adduttori innanzi alle chiavi di registro non si formano quasi mai incrostazioni o al più tenuissime, mentre dopo quelle chiavi essi tubi assai facilmente vengono ostruiti. Per le stesse cagioni vengono ostruiti in breve tempo e con maggior facilità degli altri anche i condotti annessi alle cassette di scarico e di divisione, entro le quali l'acqua riversandosi e rimanendo alquanto esposta all'aria, lascia sprigionare un'abbondante quantità di bollicine di gaz carbonico, donde segue che i carbonati si depongono più presto ed in maggior copia tanto per entro quelle cassette, come che ne' tubi successivi.

La temperatura ancora influisce non poco sullo sprigionamento del gaz acido carbonico, il quale si separa dall'acqua tanto più facilmente ed in maggior quantità, quanto più la temperatura è elevata; il che ci spiega perchè nell'estate l'Acqua marcia più presto intorbida ed incrosta i recipienti di quello che avvenga nella stagione fredda, e perchè non appena fatta bollire, depone quasi tutti i carbonati terrosi, rimanendo essa acqua pressochè pura e tale che alcuni fotografi non dubitano sostituirla all'acqua stillata per i loro usi.

La grande pressione, dunque, con cui vien spinta un'acqua, che può salire fino al quinto piano ne' quartieri dell'Esquilino; il considerevole scotimento che prova nei condotti, massime in quelli ne' quali vi scorre non riempendoli completamente; il ripartirsi ch'essa fa nelle innumerevoli arterie che alimentano tante case; la poca fissità o tenacità di soluzione de' carbonati terrosi che contiene, ed infine la temperatura calda dell'estate fanno sì che l'Acqua marcia separi assai facilmente questi sali e li deponga entro la cassa ed i condotti in guisa da ostruirli in poco volger di tempo. Una conferma di quanto asseriamo si ritrae pure dall'aver verificato come l'Acqua marcia appena giunta in Roma nel sifone di ghisa e prima della grande chiave regolatrice, non intorbida nelle caraffe, nè lascia deporre incrostazioni ne' serbatoi in cui è raccolta così facilmente come avviene dopo ch'essa vien divisa e ripartita in quella miriade di tubi, che serpeggiano per le vie e nelle case di Roma. Pertanto è legge di cristallizzazione che quando sulle pareti d'un vaso si è formato uno strato cristallino qualunque, per tenue ch'esso sia, le asprezze di questo strato, favoriscono potentemente, come fossero punti d'attrazione, la sovrapposizione di altre sostanze solide, donde vuolsi derivare l'accrescimento progressivo e sempre più celere delle materie incrostanti. Non appena le incrostazioni appaiono in un tubo di piccolo diametro è ben difficile che in breve tempo non aumentino a dismisura fino a chiuderne interamente la luce.

Un'altra cagione che produce non tanto le incrostazioni, quanto gli abbondanti depositi che rinvengonsi al fondo delle casse e dei serbatoi e che la Commissione ha riconosciuto esser costituiti da sostanze terrose ed argillose miste a sabbia finissima, vuolsi derivare dalle continue riparazioni degli acquedotti in opera muraria, dal rivestimento interno con cemento che vi si sta compiendo, e dalle infiltrazioni di altre acque impure che trapelano fra i meati e le fenditure che per avventura vi si vanno formando. Infatti l'Acqua marcia viene spesso in Roma intorbidata da quelle sostanze eterogenee, come ci è dato non di rado verificare dopo le grandi alluvioni dell'Aniene e le forti piogge torrenziali; ma qui si soggiunge che tali sconci non si sono per buona sorte tanto spesso avverati in Roma nell'anno scorso, poichè la Società, non badando a spese, ha posto mano a restauri ed a lavori tanto alla sorgente, quanto lungo l'acquedotto murario affine da cessare qualunque infiltrazione estranea; e quando questi lavori saranno ultimati, e meglio ancora mantenuti e sorvegliati, potrà vantarsi la Società di condurre in Roma l'Acqua marcia sempre chiara e limpida come cristallo, quale si mostra costantemente alla sua sorgente, alla quale perciò a buon diritto fu apposto il nome di Serena; ed il pubblico potrà meglio apprezzarla, e tenerla fra le migliori di Roma, come se ne ebbe a convincere la Commissione colle sue analisi ed esperimenti in modo chiaro ed incontrastabile; per cui conchiuse che l'Acqua marcia contiene disciolte sostanze fisse cloruri, solfati, nitrati e materie organiche in quantità decisamente minore dell'Acqua vergine (di Trevi) quali sostanze sono quelle che sono più nocive alla salute, e che i carbonati terrosi di calce e magnesia che esistono nell'Acqua marcia non sono in quantità eccessiva ed anormale da potersi ritenere come un'acqua non potabile, e men che buona; la quale cosa è confermata dalla esperienza di sei anni in cui non ha ingenerato nemmeno il sospetto di essere riuscita talvolta dannosa alla salute di chi ne fa uso giornaliero per bevanda, nè di avere recato loro la benchè lieve molestia o sofferenza, e quindi essa vuolsi a buon diritto ritenere siccome al tutto igienica e saluberrima; che i sedimenti e le incrostazioni che forma l'Acqua marcia vogliansi ascrivere alla poca tenacità dello stato di soluzione in cui si trovano disciolti i sali terrosi che essa contiene, derivante cioè soprattutto dalla stessa purezza dell'acqua; quali incrostamenti

non sono pregiudicievole all'igiene, ma solo arrecano danni alle condutture dei tubi di piombo che in breve tempo vengono ostruiti, e messi fuori d'uso; quali inconvenienti assieme agli altri temporanei e passeggeri derivanti dalle speciali condizioni dell'acquedotto dell'Acqua marcia, che talvolta dopo le grandi alluvioni dell'Aniene, e le piogge torrenziali conduce in Roma acqua impura e torbida per sostanze terrose ed argillose miste a sabbia finissima, scompariranno del tutto, od almeno si verificheranno più di rado in seguito ai restauri ed alle lavorazioni intraprese lungo l'acquedotto dalla benemerita Società anonima romana.

Noi intanto auguriamo a tutte le grandi città acqua potabile in condizione non inferiore a quella somministrata dall'Acquedotto marcio in Roma, a malgrado di tutti i suoi piccoli inconvenienti quasi inevitabili in tutte le grandi condotte.

ESPOSIZIONE UNIVERSALE DI PARIGI DEL 1878

Il concorso fra gli architetti ed i suoi risultati

1. — Mentre si dice e si ripete in tutti i toni che le Esposizioni universali hanno fatto il loro tempo, le nazioni rivali seguitano l'una dopo l'altra a gareggiare di previdenza nel decretare ciascuna la propria.

Dopo l'Esposizione mondiale di Vienna del 1873, dopo quella di Filadelfia del 1876, tuttora aperta, una nuova Esposizione universale si sta preparando a Parigi per il 1878.

La relazione che accompagna il decreto presidenziale del 4 aprile ultimo scorso, dichiara l'opportunità della nuova esposizione, osservando che l'ordine naturale delle cose dà luogo incessantemente a nuove generazioni avidi di vedere ed imparare, ed a nuovi produttori impazienti di acquistarsi il favore del pubblico, e gareggiare con quelli che li precedettero; conchiude dichiarando che dopo i progressi compiutisi in Francia dal 1867 in poi, dopo 11 anni di intervallo dall'ultima Esposizione di Parigi, quella del 1878 non potrà mancare di bella riuscita sotto tutti gli aspetti.

Nè la questione strettamente finanziaria preoccupa punto il Ministro di Francia, il quale osserva semplicemente che nel 1867 le spese si sono elevate a 23 milioni, e gli introiti di tutte specie a 14 milioni. La sovvenzione della città di Parigi e del Governo, che doveva essere di 12 milioni, si trovò quindi ridotta a 10, e si poté inoltre distribuire come dividendo la somma di 1 milione agli industriali che avevano sottoscritto il capitale di garanzia.

Epperò il Ministro è di parere che, tenendo conto della maggiore estensione necessaria, e dell'aumento probabile delle entrate, sarà possibile con altra sovvenzione di 10 a 12 milioni di far fronte a tutte le spese di questa solennità.

2. — Dopo codesto annunzio ufficiale la Commissione a ciò nominata ebbe a risolvere la solita serie di quesiti di massima. E primieramente, se l'Esposizione del 1878 doveva essere fatta nella cerchia della città di Parigi, o all'infuori di essa.

Tra tutte le capitali d'Europa, la città di Parigi è quella che offre nella sua cerchia le disposizioni più favorevoli ad un gran concorso di gente in luogo abbastanza vicino al suo centro. Tant'è che tutte le Esposizioni industriali precedenti trovarono il loro posto dapprima al Louvre, e poi per il maggiore sviluppo, in piazza della Concorde, più tardi ai Campi Elisi, e infine al Campo di Marte.

Era adunque ben naturale seguire il programma che ben può dirsi tracciato dalla stessa esposizione dei luoghi.

D'altra parte non potevasi dimenticare che l'impiantare una Esposizione fuori di Parigi era lo stesso che togliere ad una parte della popolazione la possibilità di farvi visite frequenti, un rendere queste visite molto più disagiati e più dispendiose, di molto minore durata, epperò meno proficue per tutti. Non potevasi dimenticare che le Esposizioni industriali sono divenute in Francia, più che altrove, assai popolari; che esse formano oggetto di studi speciali per gli artisti e gli industriali; e che perciò era sommamente utile che gli operai potessero frequentemente intervenire senza perdita di tempo e senza grave spesa.

Per questi motivi fu scelto nuovamente il Campo di Marte.

3. — Veniva in seguito una seconda questione a decidere, se cioè le costruzioni da farsi dovevano essere costruzioni permanenti, o soltanto provvisorie. A vero dire, codesta seconda questione erasi già un po' pregiudicata colla scelta fatta del Campo di Marte. Ma indipendentemente da questa considerazione altri motivi militavano pure in favore della provvisorietà delle costruzioni.

È un fatto che le Esposizioni universali, per la sempre maggiore estensione non meno che per le condizioni essenzialmente mutabili di ogni ramo d'industria, esigono certe disposizioni tutt'altro che fisse e prevedibili. Ogni nuova Esposizione parve finora

più che mai indicata a farci vedere tutto quello che sarebbesi dovuto fare, e per quanto siasi sempre tenuto conto degli errori commessi e dei desiderii espressi nelle precedenti Esposizioni, non è men vero che nuove condizioni e nuove esigenze lasciarono sempre addietro in ogni Esposizione l'esperienza acquistata dalle precedenti.

Lasciando adunque da parte la questione della spesa, che pure meriterebbe seria riflessione, un edificio destinato in permanenza ad uso di Esposizione sarà sempre un'idea inattuabile; perchè se voi riusciste per eccellenza al giorno d'oggi, la vostra disposizione non sarebbe più in grado di soddisfare al programma del domani.

4. — Essendo poi evidente per tutti la insufficienza del Campo di Marte che già aveva servito per la Esposizione del 1867, la Commissione si trovò nella necessità di unirvi il Trocadero. L'edificio principale della Esposizione del 1867 copriva un'area di 153 mila metri quadrati, o meglio di 148 mila, ove si faccia astrazione dal giardino centrale. E vuolsi notare che a rendere codest'area appena sufficiente eransi stabiliti parecchi annessi, oltre all'Esposizione separata di Billancourt, rimasta assai poco visitata a malgrado della sua importanza.

Se ora si tien conto del grande sviluppo che presero assai recentemente alcuni rami industriali, i cui prodotti esigono non poco spazio, quelli segnatamente di alcune nazioni che prima contavano pochissimo, come la Germania, l'Italia, la Svizzera, e quanto prima in modo appena credibile la Russia, era evidente la necessità di aumentare lo spazio, e di portare la superficie dell'area coperta nel Campo di Marte a 220 mila metri quadrati, con che si abbandonasse il sistema circolare, che dava luogo, per quanto ingegnoso si fosse, a molto spazio perduto, e si adottasse quello rettangolare di gallerie longitudinali e trasversali.

Codesto edificio principale, che sorgerà nel bel mezzo del Campo di Marte, sarà rilegato per mezzo di una grande galleria coperta al Trocadero, dove sorgeranno altri edifici costituenti una superficie coperta di 50 mila metri quadrati.

5. — Rimaneva un'ultima questione. Trattavasi cioè di decidere se meglio convenisse indirizzarsi tosto ad una società che si assumesse l'impresa, ovvero se fosse preferibile fissare dapprima le idee su di un progetto, riserbando poi l'Amministrazione di darvi essa stessa esecuzione diretta, o di affidarne la costruzione a qualche società.

È qui la Commissione, osservando che il miglior sistema di guadagnar tempo è poi sempre quello di procedere metodicamente, e di raccogliere tutti gli elementi i più idonei ad aiutare l'Amministrazione prima di dar principio al lavoro; considerando che in un'impresa di tale importanza e di tanto interesse per il paese sarebbe stato utile rivolgersi a tutte le intelligenze e fare assegnamento sulla esperienza di già acquistata non meno che sulle nuove e più giovani idee; che al postutto l'Amministrazione, sulla quale pesava tutta la responsabilità, avesse pur d'uopo di tutta la sua libertà d'azione, deliberò di aprire un concorso a brevissima scadenza allo scopo di conoscere e raccogliere quanti elementi meglio rispondessero alla grandezza dell'opera.

Fu quindi allestito d'urgenza il programma di concorso che venne aperto il 25 aprile per essere chiuso il 15 maggio, lasciando così appena venti giorni di tempo!

Ecco le principali condizioni del concorso.

Una Esposizione internazionale dell'industria avrà luogo nel Campo di Marte e nei terreni liberi del Trocadero.

Una superficie coperta di 220 mila metri quadrati occuperà la parte centrale del Campo di Marte, ed altra di 50 mila metri quadrati sul Trocadero.

L'edificio nel Campo di Marte sarà costruito interamente in ferro con intermezzi di muratura in pietra o di laterizi.

Le gallerie avranno doppia direzione, l'una in senso longitudinale e l'altra in senso trasversale, in guisa da presentare in un senso i prodotti della stessa natura a qualunque nazione appartengano, e nell'altro senso i prodotti divisi per nazionalità.

La struttura di codesto complesso di gallerie sarà studiata per modo da avere una ripetizione indefinita delle stesse travate, degli stessi pezzi e delle stesse dimensioni, la quale non presenti alcuna difficoltà di esecuzione o di posa, e che permetta ad un tempo la loro scomposizione con tutta facilità ed il loro impiego in edifici destinati ad altri usi.

Nel centro di questo grandioso edificio coperto vogliansi disporre le sale per l'esposizione degli oggetti d'arte, delle opere di pittura e scultura dovute ai maestri dell'arte moderna, dei disegni e modelli necessari alla produzione industriale.

Il grandioso edificio del Campo di Marte sarà posto in comunicazione cogli edifici minori del Trocadero per mezzo di una galleria coperta che passerà a sufficiente altezza sul ponte di Jena, in modo da lasciare completamente libera la circolazione

delle vetture e dei passeggeri, e da prendere solamente appoggio sulla base delle pile.

Perciò dal palazzo del Campo di Marte incomincerà una salita sufficiente a raggiungere il livello di codesta galleria, la quale arriverà poi dalla parte del Trocadero fra gli edifici inferiori disposti ad anfiteatro sulla riva destra, ed i quali potranno essere progettati in ferro od anche in legno.

I 50 mila metri quadrati di area coperta sul Trocadero e le sue rampe saranno destinate alle esposizioni agricole, all'orticoltura, agli animali domestici, ai modelli riferentisi al servizio delle miniere, alla navigazione fluviale e marittima, al riscaldamento ed alla ventilazione.

Sulla parte più culminante del Trocadero vuolsi elevare una sala capace di 10 mila persone, fatta a grandi tribune, e destinata a pubbliche adunanze, alle solennità d'apertura e di distribuzione delle ricompense, a concerti, conferenze, ecc.

La galleria coperta che passerà la Senna all'altezza non minore di 5 metri sul piano stradale del ponte di Jena potrà essere progettata in legno, e dovrà essere dalle due parti munita di continui recessi convenientemente utilizzabili dagli espositori, per guisa che non siavi a vedersi lacuna dall'una all'altra parte dell'Esposizione.

Gli edifici destinati ad uso di caffè e *restaurants* non potranno essere compresi nel perimetro della Esposizione, ma saranno stabiliti nei giardini sia dal lato della Scuola Militare, sia dal lato della Senna, o negli spazi liberi del Trocadero.

I disegni generali furono prescritti nella scala di mezzo millimetro per metro, e quelli dei particolari nella scala di cinque millimetri per metro.

I progetti dovevano essere firmati dai loro autori.

Un premio di lire 5000 era riservato al progetto che risultasse classificato in prima linea; seguivano un premio di lire 3000 e tre altri premi di 2000 lire ciascuno per quei progetti che sarebbero stati classificati immediatamente dopo.

I progetti scelti restavano a disposizione dell'Amministrazione, la quale riservavasi pure ogni diritto relativamente alla esecuzione ed alla direzione dei lavori.

Seguivano le indicazioni dei 20 gruppi secondo cui intendendosi classificare i prodotti, e che si pensò di contenere e disporre in 10 gallerie.

6. — Già la sola lettura delle condizioni di codesto concorso aveva dato luogo a parecchie obiezioni che l'esame dei progetti presentati valse mirabilmente a confermare.

Dicevasi infatti che il concorso avrebbe dovuto prefiggersi lo scopo di arrivare al *non plus ultra* della concezione artistica del paese, al *maximum* della sua produttività industriale. Dovevasi in una parola dar luogo ad uno sforzo supremo del genio attuale di quella nazione.

Era perciò necessario che le intelligenze le quali parevano più indicate fossero state in alcun modo moralmente forzate a concorrervi; che le condizioni del concorso avessero presentato tali attrazze da non dar motivo reale di astensione a quegli artisti di grido che non corrono sì facilmente il rischio di perdere il primato dell'arte loro se non di fronte a vantaggi egualmente apprezzabili.

Due condizioni essenziali del concorso parevano invece poco rispondenti a codeste esigenze. La riserva la più assoluta posta dall'Amministrazione per tutto ciò che si riferisce alla direzione dei lavori ed il tempo concesso che era materialmente insufficiente. Venti giorni di tempo! per coprire il Campo di Marte e il Trocadero, e per riunirli tra loro; per dare i progetti e la spesa, e tutto comprendervi, gli acquedotti di scolo, le opere da drenaggio, le prese d'acqua, le condotte di gas, gli apparecchi di ventilazione, ecc.

7. — Non è quindi da meravigliare se la maggior parte dei più decantati architetti di Francia non vi hanno preso parte.

Ciononostante furono ben 94 i concorrenti che hanno presentato il loro progetto, e non pochi di essi diedero splendida prova di una attività veramente francese. Entrando nella sala di Melpomene della Scuola delle Belle Arti, ove i progetti erano stati esposti al pubblico, non potevasi a meno di restarne grandemente meravigliati.

Ecco intanto il risultato del concorso. La Commissione non ha creduto di accordare ad alcuno dei concorrenti il primo premio di lire 5000. Prese in considerazione i sei progetti appartenenti ai signori Davioud e Bourdais, Bruneau, Crépinet, Coquart, Picq, Roux, accordando un premio di lire 3000 ai loro autori; e diede un premio di lire 1000 ai signori De Baudot, Simil, Eiffel, Raulin, Hié e Flon.

Con decreto del 5 agosto il Presidente della Repubblica francese nominava il senatore Krantz, ingegnere in capo dei ponti e strade, a Commissario generale per la Esposizione universale del 1878. E pare che una parte degli Architetti, i cui progetti furono premiati al concorso, saranno addetti alla direzione dei lavori sotto la direzione suprema del suddetto Commissario generale.

J.