L'INGEGNERIA CIVILE * * * * * * * * * * * ED INDUSTRIALE

PERIODICO TECNICO

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

GEOMETRIA PRATICA

L'INTEGRAFO DI ABDANK-ABAKANOWICZ DESCRIZIONE ED USO.

Memoria dei Dottore C. Burali-Forti e Tenente E. Scalfaro

professori, titolare ed aggiunto, di Geometria Analitico-Proiettiva nella R. Accademia Militare

(Continuazione e fine)

§ III. - Applicazioni.

Aree piane e loro centri di gravità.

- 1. Area piana a contorno qualunque.
- a) Si voglia trasformare in un rettangolo, o calcolare numericamente in cm², l'area limitata da una linea chiusa non intrecciata (priva di nodi) γ . (fig. 86).

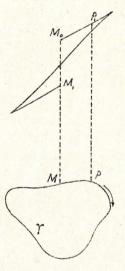


Fig. 86.

Si dispone l'integrafo con l'asse X X in posizione arbitraria. Si percorre tutta la linea γ , una sol volta, partendo da un suo punto M arbitrario, e si segna la posizione iniziale \mathbf{M}_o e la posizione finale \mathbf{M}_1 della punta integrale. Il rettangolo che ha per dimensioni \mathbf{M}_o \mathbf{M}_1 e la base u (scelta ad arbitrio) dell'integrafo, è equivalente all'area racchiusa dalla linea γ . Per il calcolo numerico basta leggere sull'asta graduata lo spostamento del carrello integrale, variando la punta integrale da \mathbf{M}_o ad \mathbf{M}_1 , e moltiplicare il numero letto per il numero che misura u; il prodotto dà l'area in cm².

Dim. — Siano x(t), y(t), funzioni di t, le coordinate del punto generico P di γ e supponiamo che variando t, da t_0 a t_1 , P percorra una sola volta la curva γ partendo da M per tornare in M. L'area σ racchiusa da γ è la somma algebrica delle aree elementari (positive o negative) $y d x = y \frac{d x}{d t} d t$ e quindi:

$$\sigma = \int_{t_0}^{t_1} y \, \frac{dx}{dt} \, dt.$$

Se y_1 (t_i è l'ordinata del punto P_1 della linea integrale di γ corrispondente a P_i sappiamo che:

$$y_{\perp}(t) = \frac{1}{u} \int y \, \frac{dx}{dt} \, dt;$$

quindi:

$$\overline{\mathbf{M}_{0} \ \mathbf{M}_{1}} = y_{1} \left(t_{1} \right) - y_{1} \left(t_{0} \right) = \frac{1}{u} \int_{t_{0}}^{t_{1}} y \, \frac{d \, x}{d \, t} \, d \, t \, .$$

e, in conseguenza:

$$\sigma = \overline{M_0 M_1 . u} , c.d.d.$$

b) Se, ad es., si percorre la linea disegnata nella fig. 87 (Lemniscata di G. Bernouilli) come è indicato dalle frecce interne, le due posizioni, iniziale e finale, della punta integrale coincidono ($M_o = M_1$), cioè l'area ottenuta è nulla. Se invece si percorre come è indicato dalle frecce esterne si ottiene un'area doppia di una delle foglie.

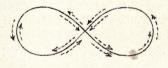


Fig. 87.

È facile regolarsi nei casi particolari di contorni intrecciati, osservando che si *sommano* le parti di aree percorse in modo da lasciare le aree stesse da una stessa parte, si sottraggono le altre.

- 2. Trasformazione d'un settore in un triangolo equivalente. (fig. 88.)
- a) Dato, in un piano, un arco AB qualunque, costruire un segmento HK tale che, comunque si fissi il punto O del piano, l'area del settore OAB sia equivalente all'area del triangolo OHK, e tale, inoltre, che percorrendo le due aree

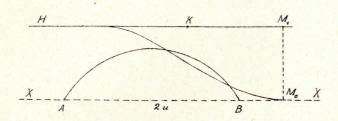


Fig. 88.

nei versi OAB, OHK queste aree rimangano entrambe a destra o a sinistra di chi le percorre (*).

Si prenda come base, u, dell'integrafo la metà della corda AB dell'arco dato. Si disponga lo strumento con l'asse XX parallelo alla corda A B. Si disponga la punta differenziale in B, si porti la punta integrale sulla retta AB, e sia Mo la sua posizione. Si percorra con la punta differenziale l'arco A B da B ad A, poi si continui il movimento percorrendo la corda da A a B, si arresti il movimento, e si segni la posizione finale M, della punta integrale (Mo M, normale ad A B). Sulla parallela ad A B condotta da M₁ si segni una qualunque delle coppie di punti H, K tali che ABKH sia un parallelogrammo. Il segmento HK, o il suo simmetrico rispetto ad A B, è il segmento cercato. Per riconoscere se HK o il suo simmetrico è il segmento cercato basta dare al punto arbitrario O la posizione speciale, A o B, ed esaminare se le due aree O A B, O H K, hanno o no egual verso.

Dim. — Cominciamo col dimostrare l'esistenza del segmento HK con le condizioni indicate. Prendiamo A come origine e AB come asse delle x di un sistema cartesiano ortogonale. L'area limitata da \overline{AB} e dall'arco \widehat{AB} è $\sigma = \int_{0}^{2} u y \, dx$. Si costruisca un segmento HK di lunghezza 2u sulla retta di equazione $y = \frac{\sigma}{u}$. Se x_0 , y_0 sono le coordinate di un punto qualunque O si ha:

area settore OAB =
$$\sigma + u y_o$$
, area triangolo OHK = $\left(y_o + \frac{\sigma}{u}\right) u = \sigma + u y_o$,

e quindi essendo eguali le due aree è dimostrata l'esistenza (e l'univocità, a causa dei segni) del segmento HK.

Come è noto il rettangolo che ha per dimensioni u e il segmento $\overline{M_0}$ $\overline{M_1}$, determinato con l'integrafo, è l'area σ racchiusa dalla corda $\overline{A}\,\overline{B}$ e dall'arco $\widehat{A}\,\overline{B}$ e quindi $\overline{M_0}$ $\overline{M_1} = \frac{\sigma}{u}$, cioè, in virtù delle cose precedenti, $\overline{H}\,\overline{K}$ è il segmento cercato.

b) La retta HK è il luogo dei punti O per i quali l'area del settore O A B è nulla (area a contorno intrecciato).

Il luogo dei punti O per i quali l'area del settore O A B ha un valore dato a^2 è formato da due rette parallele ad A B e distanti da queste $\frac{a^2}{u}$.

3. — Decomposizione di un'area in parti proporzionali a dati numeri, mediante rette uscenti da un punto all'infinito o proprio. (fig. 89.)

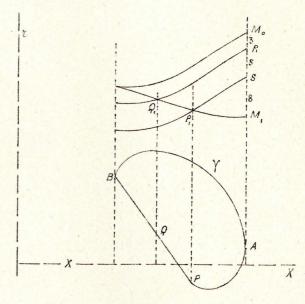


Fig. 89.

a) Decomporre un'area a contorno concavo in parti proporzionali ai numeri (o grandezze omogenee) m, n, p con rette parallele ad una retta r data.

Si conducano le *lambenti* al contorno γ dell'area data, parallele alla retta r e siano A, B i punti di lambimento.

Fissata ad arbitrio la base u, si dispone l'integrafo in modo che il suo asse principale X X sia normale ad r. Si percorre con la punta differenziale il contorno di γ partendo da A (o da B) e ritornando in A; la punta integrale descrive una linea della quale Mo è il punto iniziale e Mi il punto finale. Si costruiscano i punti R S della retta Mo M, in modo che M_{\circ} R, RS, SM₁, siano proporzionali ai numeri m, n, p. Avendo lasciato l'integrafo con l'asse X X nella primitiva posizione si percorra ancora la parte A B di arco y percorsa per la prima con la prima operazione prendendo però S come posizione iniziale della punta integrale; si ripeta la stessa operazione prendendo R come punto iniziale. Le due linee integrali così ottenute tagliano la prima che è stata descritta, in due punti P1, Q1 corrispondenti a due punti P, Q di γ per i quali passano le parallele ad r che dividono l'area nel modo voluto.

Dim. — I rettangoli $u \overline{M_0} R$, $u \overline{RS}$, $u \overline{SM_1}$ sono equivalenti alle parti di aree che cerchiamo.

Il problema proposto è dunque ridotto a trovare dei segmenti di lunghezze M_0 R, RS, S M_1 paralleli ad r e compresi tra i due rami della curva integrale trovata con la prima operazione (il che potrebbe anche farsi per tentativi). Ciò appunto abbiamo fatto tracciando le due ultime linee integrali, poichè con la scelta di S come punto iniziale si è data alla linea integrale la traslazione da M_0 ad S, ecc.

- b) Se γ ha un segmento H K parallelo ad r, B (o A) è un punto qualunque di H K. La precedente costruzione rimane invariata poichè percorrendo H K con la punta differenziale, quella integrale rimane ferma.
- c) Per un contorno non concavo si può operare come in a) osservando però che in certi casi una delle parti che si cercano può essere somma di due o più parti dell'area.

^(*) In altri termini: « l'area percorsa da O P quando P varia da A a B nell'arco A B sia eguale e dello stesso segno dell'area percorsa da O Q quando Q varia da H a K sulla retta H K.

d) La divisione di un'area in parti proporzionali a due dati numeri m, n, p,... per mezzo di una retta uscente da un punto proprio, bisogna farla per tentativi resi facili dalla rapidità con la quale si determina l'area mediante l'integrafo.

4. — Centro di gravità di un'area piana. (fig. 90.)

a) Abbiasi da determinare una retta (parallela, se si vuole, ad una data direzione) contenente il centro di gravità di un'area di contorno, non intrecciato, γ.

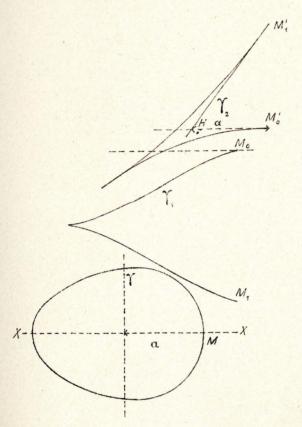


Fig. 90.

Si disponga l'integrafo con l'asse X X collocato comunque (o normale alla direzione data), fissando la base u ad arbitrio. Si costruisca la linea integrale γ_1 di γ percorrendola tutta a partire da un suo punto qualunque M; e siano M_o , M_1 le posizioni iniziale e finale della punta integrale. Si porti l'asse principale X X dell'integrafo sulla parallela ad X X uscente da M_o ; si descriva la linea integrale γ_2 di γ_1 senza cambiare la base u, partendo da M_o per finire ad M_1 , e siano M'_o M'_1 le posizioni iniziale e finale della punta integrale. Si costruisca (vedi § I, n. 4, b) la tangente in M'_1 a γ_2 e sia H il punto nel quale essa incontra la parallela ad X X uscente da M'_o . La normale ad X X, che dista da M del segmento M'_o H (nel verso da M'_o ad H) contiene il centro di gravità dell'area limitata da γ .

Dim. — Supponiamo, il che toglie nulla alla generalità, che le linee γ , γ_1 , γ_2 siano riferite tutte ad uno stesso sistema cartesiano con l'asse delle y uscente da M. Le coordinate del punto P generico di γ siano funzioni di t, e γ sia descritta partendo da M per t variabile da t_0 a t_1 .

Le equazioni di γ_1 e γ_2 sono:

(1)
$$y_1(t) = \frac{1}{u} \int_{t_0} y \, dx$$
, $y_2(t) = \frac{1}{u} \int_{t_0} y_1 \, dx$.

La tangente nel punto generico P₂ di γ₂ ha per equazione:

$$y-y_{z}\left(\mathbf{t}\right)=\frac{d\;y_{z}}{d\;x}\left(x-x\left(\mathbf{t}\right)\right)=\frac{y_{z}\left(\mathbf{t}\right)}{u}\left(x-x\left(\mathbf{t}\right)\right)\;;$$

questa tangente incontra l'asse delle x nel punto di ascissa:

(2)
$$a(t) = \frac{x(t) y_1(t) - u y_2(t)}{y_1(t)}$$

Mediante integrazione per parti, tenendo conto delle (1) e prendendo $y \, d \, x$ come fattore differenziale, si ha:

(3)
$$\int_{t_0} xy dx = u x(t) y_1(t) - u \int_{t_0} y_1 dx = u \left\{ x(t) y_1(t) - u y_2(t) \right\}.$$

Se σ è l'area racchiusa dal contorno γ:

$$\sigma = u y_1(t_1)$$
.

Dunque dalle (2), (3) si ha:

$$a(t_1) = \frac{1}{\sigma} \int_{t_0}^{t_1} x y dx,$$

che è appunto, come è noto, l'ascissa del centro di gravità dell'area γ .

- b) Determinate, nel modo ora indicato, due rette contenenti il centro di gravità dell'area data, la loro intersezione dà il centro di gravità dell'area.
- c) Si determina pure facilmente il centro di gravità di un sistema di aree, di contorni γ , γ' , γ'' ,... non intrecciati che non si tagliano fra loro. (fig. 91.)

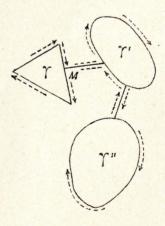


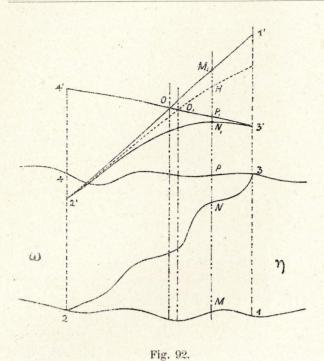
Fig. 91.

Si unisce il contorno γ al contorno γ' mediante un tratto rettilineo uscente da un punto arbitrario M di γ . Nello stesso modo si unisce γ' con γ'' , ecc. Si sono così aggiunte al sistema delle aree nulle. Per la determinazione di una retta contenente il centro di gravità del sistema, bisogna percorrere il nuovo contorno come è indicato nella figura. 91.

d) Se il sistema γ ammette (come nella figura 9) un asse di simmetria, allora il centro di gravità sta in tale asse che è conveniente sia preso come asse X X nella prima operazione.

5. — Rettificazione di confine. (fig. 92.)

Le due aree limitrofe ω , η sono separate dalla linea 2, 3. Si vuole sostituire a questa linea di separazione una linea



retta parallela ad una data direzione e che tagli da ω ed η due aree aventi dato rapporto.

Dai punti 2, 3 si conducano le parallele 2 . 4 , 3 . 1 alla direzione data. Posto l'asse X X dell'integrafo normale a tale direzione, si disegni la linea integrale 1'. 2'. 3'. 4' della linea 1 . 2 . 3 . 4. Si disegni per punti (ad es. col compasso di riduzione) la linea H tale che il rapporto (vedi figura 92) $\frac{M_1\,N_1}{N_1\,H} \, {\rm sia} \, {\rm eguale} \, {\rm al} \, {\rm rapporto} \, {\rm dato} \, ({\rm tra} \, {\rm l'area} \, {\rm di} \, _{\rm o} \, {\rm e} \, {\rm quella} \, {\rm di} \, _{\rm o}). \, {\rm Se} \, {\rm tale} \, {\rm linea} \, {\rm taglia} \, {\rm in} \, {\rm O}_1 \, {\rm la} \, {\rm linea} \, 3'. \, 4', \, {\rm allora} \, {\rm O}_1 \, {\rm dista} \, {\rm da} \, 1'. \, 3' \, {\rm di} \, {\rm quanto} \, {\rm la} \, {\rm retta} \, {\rm cercata} \, {\rm dista} \, {\rm da} \, 1 \, . \, 3.$

Una parallela alla direzione data tagli la linea (a zeta) 1. 2.3.4 nei punti M, N, P. I segmenti $M_1\,N_1$, $N_1\,P_1$ rappresentano le aree M.2.N, N.3.P, il che dimostra quanto abbiamo affermato.

Il punto O comune alle due linee 1'. 2', 3'. 4' risolve il problema nel caso che il dato rapporto valga l'unità.

6. — Movimenti di terre. (fig. 93.)

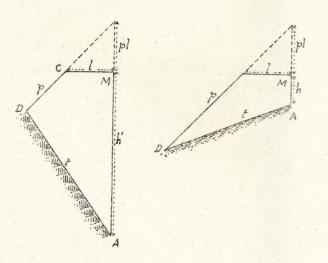


Fig. 93.

a) L'integrafo permette di costruire con gran facilità la tavola di parabole per il calcolo delle sezioni stradali. Tanto per fissare le idee, si considerano semi-sezioni, in rilevato, A D C M del tipo indicato dalla figura 93.

Se: h' è la quota rossa d'asse;

l » semi larghezza stradale;

p » pendenza della scarpata;

R » l'area della semi-sezione;

allora è noto che:

(1)
$$R = \frac{(h' + p \, l)^2}{2 \, (p \pm t)} - \frac{p \, l^2}{2},$$

il segno \pm riferendosi alle figure a sinistra e a destra. Se si pone, essendo u una lunghezza arbitraria:

(2)
$$x = h' + p l$$
, $y = \frac{R}{u} + \frac{p l^2}{2 u}$,

allora dalla (1) si ha:

(3)
$$y = \frac{1}{2 u (p+t)} x^{2},$$

che per valori fissi di p e t è l'equazione di una parabola conica.

In un determinato progetto, e per sezioni del tipo considerato, l e p sono costanti. Le sezioni da calcolarsi possono ripartirsi in gruppi in ciascuno dei quali t è (o può ritenersi) costante: per ogni sezione del gruppo l'area R dipende soltanto dalla quota rossa h'. Dalle (2) è facile vedere come si possa ottenere graficamente R una volta costruita la parabola (3).

In pratica si può operare così (fig. 94.) La retta A B abbia la pendenza p rispetto alla normale A C_o ad X X; le rette A C le pendenze t dei vari gruppi. Se O è il piede perpendicolare condotta da B ad X X allora le rette A C, cioè le rette r, hanno per equazione:

$$y = \frac{1}{p \pm t} x$$

e le loro linee integrali sono appunto le parabole (3). Ecc.

b) L'integrafo si adopera pure utilmente quando si voglia fare, col metodo del Bruckner, lo studio della distribuzione delle terre per la costruzione di una strada. Ottenuto il profilo semplice delle aree, con i metodi ordinari, la linea integrale di questo si costruisce rapidamente con l'integrafo e si risparmia così il lungo lavoro ordinario dal quale deve dedursi la posizione dei cantieri di compenso, e dei cantieri di imprestito. La seconda linea integrale dà i momenti di trasporto, e quindi le distanze medie dai singoli cantieri, ecc.

c) Nei lavori di fortificazione si presenta la questione seguente:

Stabilito il profilo della trincea e del parapetto determinare la larghezza del fosso di data profondità, ovvero la profondità del fosso di data larghezza, in modo da ottenere l'equilibrio nei movimenti di scavi e di rilevati delle terre.

Se si vuol determinare la larghezza (fig. 95), si tracci il profilo 1.2.3.4.5.6.l., si assuma per asse X X la linea di terra e si disegni la linea integrale 1'.2'.3'.4'.5'.6'.l'.;

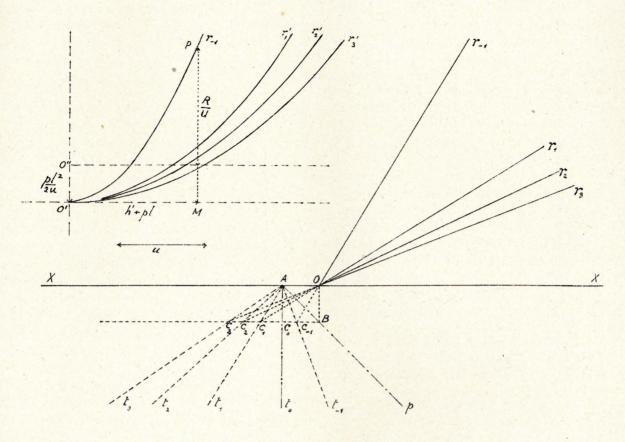


Fig. 94.

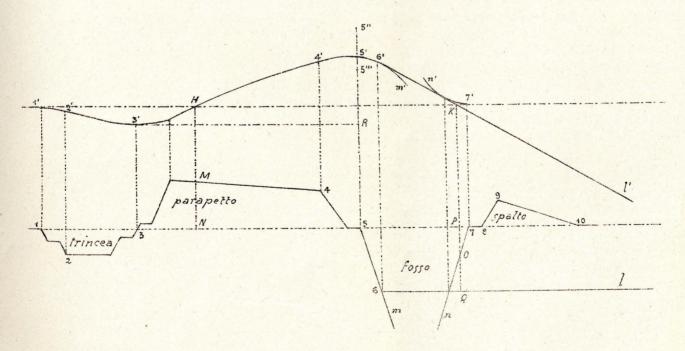


Fig. 95.

la parallela ad X X per 1' taglierà tale linea nei punti H, K, da questi punti si abbassino le perpendicolari ad X X. Risulta subito che la M N divide l'area del profilo del parapetto in due parti; quella a sinistra di M N è equivalente all'area del profilo della trincea, quella a destra è equiva-

lente all'area 5.6.Q.P. Dal punto medio di QP si tracci una retta inclinata secondo la scarpa esterna del fosso e si trova così il punto 7 che dista dal punto 5 della larghezza richiesta.

Se data la larghezza si vuol determinare la profondità del

fosso, si segni il profilo 1.2.3.4.5.m e la retta 7.u secondo l'inclinazione della scarpa esterna del fosso. Si tracci la linea integrale 1'.2'.3'.4'.5'.m' del profilo, e la linea integrale 7'.u' della retta 7.u. Il tratto di linea 5'.m' e 7'.u' sono due archi di parabola, si conduca la tangente comune, e da uno dei punti di contatto 6' la perpendicolare ad X X, che incontrerà 5.m nel punto 6, distante da X X della profondità cercata.

Infatti il fondo del fosso essendo parallelo ad XX, il tratto di curva integrale ad esso corrispondente deve essere rettilineo e diretto tangenzialmente ai tratti integrali corrispondenti delle scarpe interna ed esterna (*),

Osservazioni. — 1ª) Qualora oltre il fosso dovesse costruirsi lo spalto di dato profilo, tracciata la linea 1′ 2′ 3′ 4′ 5′, si faccia scorrere l'apparecchio mantenendo la punta differenziale su X X fino a raggiungere il punto 8, si percorra quindi il profilo 8. 9.10, e si riporti l'apparecchio con la punta differenziale in 5. In questa nuova posizione la punta integrale si troverà in 5′′′ rappresentando 5′ 5′′ l'area del profilo dello spalto, che rimane così aggiunta all'area del profilo del parapetto; si continui quindi l'operazione nel modo suesposto.

 2^a) Volendo tener conto dell'aumento delle terre, tracciata la 1'2'3'4'5'5'', si tenga ferma la punta differenziale e si trasporti la punta integr in 5''' tale che sia $5''5'''=\frac{1}{n}5'''$ R essendo $\frac{1}{n}$ il coefficiente di aumento, noto, e variabile secondo la natura delle terre, R la proiezione di 3' su 5.5'. È chiaro che 5'. R rappresenta la somma delle aree dei profili del parapetto e dello spalto; 5'''R rappresenterà la stessa area diminuita dell'aumento delle terre. Da 5''' si continuino il tracciamento della linea integrale e le operazioni precedentemente esposte.

§ IV. — Momenti.

1. — Alcune formule generali.

Sia fissato un sistema di assi cartesiani ortogonali. Le funzioni x(t), y(t) della variabile t siano le coordinate di un punto P che, per t variabile la t_0 a t_1 , percorre (una sola volta) una linea chiusa γ non intrecciata.

Come è noto, le quantità:

$$\int_{t_0}^{t_1} x \, y \, dx \quad , \quad \int_{t_0}^{t_1} x^2 \, y \, dx \quad , \quad \int_{t_0}^{t_2} x^3 \, y \, dx \quad , \quad \dots$$

sono i momenti del 1°, 2°, 3°,... ordine dell'area racchiusa da γ rispetto all'asse y.

Essendo u una costante, poniamo:

$$y_1(t) = \frac{1}{u} \int_{t_0}^{t} y \, dx$$
, $y_2(t) = \frac{1}{u} \int_{t_0}^{t} y_1 \, dx$, $y_3(t) = \frac{1}{u} \int_{t_0}^{t} y_2 \, dx$,...

Mediante integrazione per parti si ha facilmente:

$$\begin{pmatrix} \int_{t_{o}}^{t} x \, y \, dx = -u^{2} \, y_{2}(t) + \begin{vmatrix} t \\ (u \, x \, y_{1}) \\ t_{o} \end{vmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} \int_{t_{o}}^{t} x^{2} \, y \, dx = 2 \, u^{3} \, y_{3}(t) + \begin{vmatrix} t \\ (-2 \, u^{2} \, x \, y_{2} + u \, x^{2} \, y_{1}) \\ t_{o} \end{vmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} \int_{t_{o}}^{t} x^{3} \, y \, dx = -6 \, u^{4} \, y_{4}(t) + \begin{vmatrix} t \\ (6 \, u^{3} \, x \, y_{3} - 3 \, u^{2} \, x^{2} \, y_{2} + u \, x^{3} \, y_{1}) \\ + u \, x^{3} \, y_{1} \end{pmatrix}$$

2. — Momento statico.

a) Si voglia determinare il momento statico (momento del primo ordine) di un'area piana limitata da una linea γ , non intrecciata, rispetto ad un asse r che ha con γ almeno un punto M comune.

Si disponga l'integrafo con l'asse X X normale ad r, fissando ad arbitrio la base u. Si costruisca la linea integrale γ_1 di γ partendo da M per tornare in M e siano M $_o$, M $_1$ le posizioni iniziale e finale della punta integrale. Si costruisca la linea integrale γ_2 di γ_1 rispetto alla parallela ad X X uscente da M $_o$ e con la base u, percorrendo γ_1 da M $_o$ ad M $_1$, e siano M' $_o$, M' $_1$ le posizioni iniziale e finale della punta integrale. Il prodotto della distanza, col segno, di M' $_o$ da M' $_1$ per u^2 è il momento cercato.

Dim. — Valgano le ipotesi del n. le si supponga inoltre che 'asse delle y passi per M. In tal caso $x(t_0) = x(t_1) = 0$ e la lprima delle formule (1) dà:

$$\int_{t_0}^{t_1} x \, y \, dx = -u^2 \, y_2 \, (t_1) = -u^2 \, \overline{\mathbf{M}'_0 \, \mathbf{N}'_0} \, , \quad c. \, d. \, d.$$

b) Se r non incontra γ si unisce con un tratto (rettilineo o no) un punto M di r col contorno γ . Analogamente per un sistema di aree come è indicato nella figura 96.

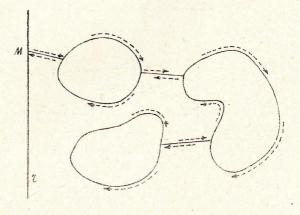


Fig. 96.

3. — Momento d'inerzia.

Per trovare il momento d'inerzia (momento del secondo ordine) di un'area limitata da un contorno γ , rispetto ad un asse r, si ripetono prima le due operazioni indicate nel numero precedente. Poi: si costruisce la linea integrale γ_3 di γ_2 rispetto alla parallela ad X X uscente da M' e con la

^(*) Come norma di controllo dei punti di contatto della tangente ai due tratti parabolici, si verifichi che le proiezioni di essi su $5 \cdot m$ e $7 \cdot u$ stiano sulla stessa parallela ad X X.

base u, percorrendo γ_2 da M'_o ad M'_1 , e siano M''_o , M''_1 le posizioni iniziale e finale della punta integrale. Il prodotto della distanza (assoluta) di M''_o da M''_1 per $2~u^3$ è il momento cercato.

Dim. — Si deduce dalla seconda delle formule (1) del n. 1 ripetendo la precedente dimostrazione.

4. — Diagramma dello sforzo di taglio e del momento flettente e curva elastica di una trave soggetta a carichi.

Una trave prismatica rettilinea semplicemente appoggiata alle estremità sia soggetta ad un carico ripartito comunque, rappresentato da un diagramma le cui ordinate siano uguali al carico riferito all'unità di lunghezza che si ha nei singoli punti della trave.

È noto che la prima linea integrale di questo diagramma viene a dare il diagramma dello sforzo di taglio; la seconda linea integrale dà il diagramma del momento flettente, la terza il diagramma delle inclinazioni degli elementi della trave, e la quarta la curva elastica.

Nella pratica si è costretti di eseguire le dette integrazioni successive in modo approssimato, costruendo dei poligoni funicolari che risultano iscritti nelle rispettive curve; oppure, seguendo il metodo di Mohr, costruire dapprima la curva funicolare del diagramma di carico che dà senz'altro il diagramma del momento flettente, e poi la curva funicolare di quest'ultimo, considerato come diagramma di carico, per avere in essa la curva elastica.

Nel primo caso la costruzione dei quattro poligoni d'integrazione è assai laboriosa. Nel secondo caso la costruzione è bensì semplificata, in quanto che si riducono a due i poligoni funicolari da costruire; ma la curva elastica si viene però sempre a ricavare sotto forma di un poligono, il quale questa volta è ad essa circoscritto; inoltre non si passa più per il diagramma dello sforzo di taglio, che nella maggior parte dei casi interessa di avere.

Utilissimo aiuto viene pertanto a prestare nelle costruzioni anzidette l'integrafo, mediante il quale si potranno eseguire rapidamente ed in modo esatto le quattro integrazioni successive.

Nel fare le integrazioni medesime non sempre si potrà stabilire a priori la posizione da darsi all'asse X X per il diagramma da integrarsi, in quanto che le costanti che risultano determinate dalle condizioni di carico e di posa della trave, e quindi note, possono essere quelle relative alla integrazione susseguente. In simili casi si comincerà ad eseguire l'integrazione in base ad un asse parallelo arbitrario, ottenendo per tal modo una curva affine (Cfr. § I, n. 5) alla linea integrale che si deve costruire; sarà poi facile dedurre questa da quella, in base alle condizioni note cui essa deve soddisfare, ed utilizzando l'affinità medesima della quale l'integrafo stesso può dare l'asse.

Quanto alle basi d'integrazione possono esse scegliersi in modo da ottenere le ordinate della curva elastica, non quali dovrebbero essere in base alla scala del disegno, ma in scala maggiore, per es., in vera grandezza. Ma il voler entrare in questi ed in altri dettagli, per quanto importanti, ci porterebbe troppo in lungo. A noi basti di aver accennato a questa importantissima applicazione dell'integrafo.

§ V. — Altre applicazioni dello strumento.

L'integrafo può farsi pure utilmente servire al tracciamento di *logaritmiche*; della *catenaria* e sua evolvente o *trattrice*; delle *curve di probabilità* e degli *errori* e rispettivi punti di flesso; non che alla risoluzione numerica di equazioni complete di qualsiasi grado; alla integrazione di equazioni differenziali, ed alla rettificazione di archi di cerchio, di ellisse, di parabola, ecc.

I limiti di spazio e la natura del periodico non ci permettono evidentemente di esporre anche queste applicazioni che, meno frequentemente delle precedenti si presentano nella pratica dell'ingegneria, e sono di indole essenzialmente matematica: rimandiamo perciò il lettore, che desiderasse averne una trattazione completa, all'opuscolo edito a parte, dal quale sono stati desunti i su riferiti capitoli.

IDRAULICA PRATICA

ALCUNE CONSIDERAZIONI

SUL

TRASPORTO DELL'ACQUA A SCOPO INDUSTRIALE.

DELL'IMPIEGO
DELL'ENERGIA IDRAULICA.

Generalmente si ritiene che quando si possa usufruire di una caduta di acqua, anche con la necessità di un'estesa conduttura, vi sia convenienza di utilizzarne l'energia; e già non sono trascorsi molti anni che si eseguirono a questo scopo opere colossali, alle quali bene si adatterebbe il motto auso romano, con risultati però impari all'aspettativa, superando il costo dell'unità di energia di molto quello delle stesse unità ottenute col carbone.

L'allarme generale dell' esaurimento del carbone in una epoca non lontana, la quasi mancanza di questo elemento principale dell'attività umana in alcuni paesi, e specialmente nel nostro, la possibilità, con le meravigliose e moderne applicazioni dell'elettrotecnica, del trasporto dell'energia idraulica a grandi distanze, giustifica in parte questo concetto, ed è lodevole tale utilizzazione dell'acqua, fonte inesauribile di energia, dove abbondano, sulle alte regioni, forti cascate, potendosi ritenere vantaggiosa la loro utilizzazione se anche l'unità di energia eguagli in costo od alquanto oltrepassi la corrispondente ottenuta col carbone; ma estendendola oltre certi limiti, senza fondati criteri, si arrischia la quasi immobilizzazione di grossi capitali, causa talora di immani disastri finanziari.

Sono le macchine a fuoco che stabiliscono i limiti più convenienti dell'impiego dell'energia idraulica, la quale va considerata, e nella sua quantità, e nella possibile estensione che ad essa può essere assegnata sul territorio circostante.

Per stabilire la convenienza dell'impiego dell'energia

idraulica, fatta astrazione del costo dei meccanismi, basta semplicemente considerare il costo annuo dell'energia prodotta col carbone, ed il corrispondente della derivazione e conduzione dell'acqua sino alle macchine.

Se con una data caduta è possibile ottenere HP cavalli, l'analoga energia ottenuta con buone macchine a vapore costerà approssimativamente di carbone per cavallo e per anno, la somma, in lire, espressa dalla seguente formola empirica:

$$c = \left\{ 0.08 - \sqrt{\alpha + \beta} \text{ HP} \right\} \text{NR}$$

dove.... N, rappresenta il numero di giorni lavorativi annui di 24 ore ciascuno.

R, il costo per tonn.^a di carbone, espresso in lire, α ; β due coefficienti che variano col numero di cavalli nel modo seguente:

per HP compreso fra:

1 e 60
$$\alpha = -0.000043$$
; $\beta = 0.000043$
60 » 500 $\alpha = 0.002272$; $\beta = 0.0000038$
500 » 1000 $\alpha = 0.003967$; $\beta = 0.00000026$

per oltre 1000 cavalli può ritenersi c costante ed eguale a:

$$c = 0.015 \text{ NR}$$

Se quindi con C₁ esprimiamo il costo totale di derivazione e conduzione dell'acqua ai meccanismi, esclusi questi, il costo per cavallo sarà

$$c_1 = \frac{C_1}{HP}$$

ed indicato con r il reddito per unità di moneta, compreso l'ammortamento, del capitale impiegato, il costo annuo per cavallo risulta

$$c_{_1} r = \frac{\mathrm{C}_{_1} r}{\mathrm{HP}}$$

e quindi sarà vantaggioso l'impiego dell'energia idraulica, quando sia

$$C_{1} \le \left\{ 0.08 - \sqrt{\alpha + \beta \text{ HP}} \right\} NR \frac{HP}{r}$$
 (1)

e solo di poco potrà essere superata questa somma, quando sussista la possibilità di una certa suddivisione dell'energia in diversi impianti industriali reciprocamente indipendenti, in modo che per ciascuno il costo unitario annuo per cavallo idraulico riesca inferiore a quello ottenuto con macchine a vapore.

I. — Della forma di sezione più conveniente da assegnarsi ai condotti adduttori dell'acqua.

La forma della sezione liquida da assegnarsi ad un canale per il trasporto dell'acqua a scopo industriale, specialmente quando il canale deve svilupparsi per una certa estesa, ha un'importanza non indifferente in questi lavori.

Difatti potendosi considerare lungo il canale il moto dell'acqua uniforme, indicando con

S, l'area della sezione liquida,

R, il raggio medio,

Q, la portata per secondo,

J, la cadente, o pendenza unitaria,

approssimativamente è

$$S = Q \sqrt{\frac{\alpha}{R.J}}$$
 (2)

essendo a un coefficiente.

Da questa espressione si scorge, come per una data portata Q e cadente J, diminuisca S all'accrescersi di R; e siccome tutto il lavoro di scavo del canale è direttamente proporzionale ad S, ne segue che si dovrà cercare il modo che per il profilo di sezione assunta abbia a riescire massimo R.

Seguendo le norme dei massimi e minimi, nella sezione trapezia facilmente si dimostra, che indicata con h l'altezza dell'acqua sul fondo, il massimo valore di R è dato dalla

$$R = \frac{1}{2}h$$

e che la inclinazione delle scarpe laterali per uno di altezza è

$$n = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

col qual valore si ha:

l'area della sezione liquida $S = \sqrt{3}. h^2$

il perimetro bagnato

$$C=2.\sqrt{3}. h$$

la larghezza del canale $\begin{cases} \text{in base } l = \frac{2}{\sqrt{-3}} \cdot h \\ \text{allo specchio liquido } \lambda = \frac{4}{\sqrt{-3}} \cdot h \end{cases}$

Per la sezione semicircolare invece si hanno i seguenti valori

$$\mathrm{S}=1.5708.\,h^{\circ}\;;\quad \mathrm{C}=3.1416.\,h\;;\quad \lambda=2.\,h$$
e quindi $\mathrm{R}=rac{1}{2}\,h$

Finalmente nella sezione parabolica (*), detto p il parametro, si ha

$$p=\frac{1}{2}h$$

(*) Essendo l'equazione della parabola riferita al vertice $y^z=2~p~x$; l'espressione del perimetro bagnato sarà

$$C = 2 \cdot \int_{o}^{x} \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^{2}} dx = 2 \cdot \int_{o}^{x} \sqrt{1 + \frac{p}{2x}} dx = 2$$

posto $x = \varphi y$, sarà

$$C = y \left\{ \sqrt{4 \varphi^2 + 1} + \frac{1}{4 \varphi} lg \frac{\sqrt{4 \varphi^2 + 1} + 2 \varphi}{\sqrt{4 \varphi^2 + 1} - 2 \varphi} \right\};$$

e quindi

$$S = 1.3333. h^2;$$
 $C = 2.9579. h;$ $\lambda = 2. h,$ donde:

$$R = 0.45077. h$$

Se ora in queste tre diverse sezioni si supponga S costante il valore di h risulta :

per la sezione trapezia . .
$$h=0.75984\, \text{V}\mbox{\sc S}$$

» » semicircolare.
$$h = 0.79788 \sqrt{\overline{S}}$$

» » parabolica .
$$h = 0.86603 \sqrt{S}$$

e sostituiti nei rispettivi raggi medi, ad h i valori ora trovati, si ottiene

per la sezione trapezia . . $R = 0.37992 \sqrt{S}$

» » semicircolare. $R = 0.39895 \sqrt{S}$

» » » parabolica . $R = 0.39038 \sqrt{S}$

fra le quali è facile rilevare come per la stessa area di sezione liquida il maggior raggio medio si abbia per la sezione semicircolare, superando di pochissimo quello della parabolica, e del 2 $^{\rm 0/o}$ circa quello della trapezia, conseguentemente importando nel canale adduttore di perdere il meno che sia possibile di cadente, fra le varie forme di sezione, sarà da darsi la preferenza alla semicircolare od alla parabolica che di poco variano fra di loro.

Questa preferenza riesce tanto più giustificata, se si considera l'estesa del perimetro bagnato, quando, come è buona regola per impedire le infiltrazioni, fondo e sponde vengono rivestite in muratura.

Difatti, posto nei valori del perimetro bagnato in luogo di h il corrispondente valore in funzione di S costante, risulta:

per la sezione trapezia . .
$$C=2.6322\,\mathrm{p/s}^{-1}$$

» » semicircolare . $C = 2.5066 \, / \bar{S}$

» » parabolica . . $C = 2.5616 \sqrt{S}$

quindi le sezioni semicircolare e parabolica per metro di percorrenza del canale, risparmiano in estesa di perimetro circa 0.051/S sulla sezione trapezia.

Se consideriamo finalmente la larghezza all'imbocco della sezione, supposto che il pelo liquido sia depresso di f dal livello delle banchine laterali, e che la parte emergente delle sponde, segua la tangente al profilo dove viene intersecato dallo specchio liquido, si ha:

per la sezione trapezia, essendo

$$n = \frac{1}{\sqrt{3}}$$
 . $\lambda = 1.7507. \sqrt{\hat{S}} + 1.1547. f$

ed essendo S l'area della sezione liquida, sarà $y=\sqrt{rac{3\,\mathrm{S}}{4\,arphi}}$ e quindi il raggio medio

$$R = \frac{\sqrt{s}}{\sqrt{3}} \sqrt{\varphi + \frac{1}{4 \varphi} + \frac{1}{(4 \varphi)^{\frac{s}{2}}} lg \frac{\sqrt{4 \varphi^2 + 1} + 2 \varphi}{\sqrt{4 \varphi^2 + 1} - 2 \varphi}}$$

e fatta la derivata di R presarapporto a φ ed eguagliata questa al o zero, risulta che il valore di φ che rende massimo R è $\varphi=1$; donde R = 0.45077. h, e quindi C = 2.9579. h.

per la sezione semicircolare, essendo
$$n=0$$
 . . . $\lambda=1.5958 \ \text{VS}$ per la sezione parabolica, essendo $n=\frac{1}{2}$. . . $\lambda=1.7321 \ \text{V}\overline{\text{S}}+f$

Dal qual confronto si rileva che la minima larghezza in bocca la si ha per la sezione semicircolare, e quindi per quella parabolica. Dipendendo la spesa delle espropriazioni dalla larghezza dell'imbocco del canale, sarebbe la sezione da preferirsi quella semicircolare; considerato però che questa sezione richiede per le sponde veri muri, in luogo di semplici rivestimenti emerge che l'economia nelle espropriazioni sarebbe assorbita nella maggior spesa delle murature, e quindi che fra i tre tipi di sezione ancora il più conveniente risulta il parabolico col parametro eguale alla metà dell'altezza dell'acqua sul fondo.

Le obbiezioni che si possono fare a questo tipo di sezione riguardo alla difficile materiale sua esecuzione, non hanno gran valore, non occorrendo nello scavo grossi rivestimenti murali, maggiori di quelli delle sezioni trapezie, e le sagome di guida non presentano difficoltà di sorta nel profilamento, essendo la parabola una delle curve di facile tracciamento.

In quei tratti dove il canale deve seguire in galleria, la sezione da preferirsi sarà la circolare, con l'acqua che si elevi sul fondo in modo che l'angolo formato dai due raggi che concorrono all'incontro dello specchio liquido col contorno sia di 102°, corrispondendo a questo il massimo raggio medio.

Il diametro d lla sezione del vano della galleria viene dato dalla

$$D = 1.2083 \sqrt{S}$$

l'altezza dell'acqua sul fondo, dalla

$$h = 0.9844 \, \text{l/s}$$

ed il raggio medio dalla

$$R = 0.3677 \sqrt{S}$$

Per i passaggi sopra ponti acquedotti converrà mantenere la sezione normale.

II. — DEI RIVESTIMENTI DELLA SEZIONE.

Nei rivestimenti delle sponde e del fondo di un canale industriale, essendo noto che la pendenza unitaria cresce in funzione della maggiore irregolarità delle superficie direttamente bagnate dall'acqua, per i grandiosi impianti di Paderno, di Vizzola, del Cellina, e di altri, si usarono rivestimenti perfettamente lisci mediante intonaci in cemento. Questa intonacatura però delle pareti rivestite con muratura ordinaria in calcestruzzo o pietrame, importa una spesa non indifferente, tale da non giustificarne alle volte l'adozione.

Per formarsi, in via approssimata, un criterio in proposito, basta istituire un parallelo fra due sezioni con diverso genere di rivestimento corrispondenti alla stessa portata e cadente.

Se nell'espressione (2) si pone

$$R = \phi \sqrt{S}$$

la sezione del canale sarà

$$S = \left(\frac{\alpha}{\phi} \cdot \frac{Q^2}{J}\right)^{\frac{2}{5}}$$

Basandosi sui coefficienti proposti dall'idraulico francese sig. H. Bazin, per valori di S compresi fra mq. 1 e mq. 15, mediamente si ha:

per pareti perfettamente liscie (intonacate) $\alpha = 0.0002$ per pareti in muratura greggia. . . . $\alpha = 0.0003$ Sarà quindi per lo stesso valore di Q e di J, posto $\varphi = 0.39038$ corrispondente alla sezione parabolica:

per pareti perfettamente liscie; S = $0.048 \left(\frac{Q^2}{T}\right)^{\frac{2}{5}}$

per pareti in muratura greggia: $S_1 = 0.057 \left(\frac{Q^2}{J} \right)^{\frac{2}{5}}$

Le paretiperfettamente lisciate danno quindi un risparmio di sezione

$$S_1 - S = 0.009 \left(\frac{Q^2}{J}\right)^{\frac{2}{5}}$$

ed essendo i rispettivi perimetri bagnati:

per pareti perfettamente liscie: $C = 0.562 \left(\frac{Q^2}{T}\right)^{\frac{1}{5}}$

per pareti in muratura greggia: $C_1 = 0.611 \left(\frac{Q^2}{I}\right)^{\frac{1}{5}}$ con pareti perfettamente liscie si avrà un risparmio di perimetro bagnato

$$C_1 - C = 0.049 \left(\frac{Q^2}{J}\right)^{\frac{1}{5}}$$

I costi di scavo e di rivestimento sono proporzionali alla sezione liquida, ed al perimetro bagnato. Indicati con:

γ il costo dell'unità di volume di scavo,

γ, quello dell'unità di superficie di rivestimento, il risparmio pecuniario che si ottiene con le pareti perfettamente liscie, sarebbe

$$\left\{0.009, \gamma, \left(\frac{Q^2}{J}\right)^{\frac{1}{5}} + 0.049, \gamma_1 \right\} \left(\frac{Q^2}{J}\right)^{\frac{1}{5}}$$

A questo risparmio va contrapposta la spesa dell'intonacatura, la quale sarà proporzionale al perimetro bagnato e detto γ_2 il costo di intonaco per unità superficiale, sarà questa spesa

$$0.562. \gamma_2. \left(\frac{Q^2}{I}\right)^{\frac{1}{5}}$$

Sarà quindi vantaggioso l'uso delle pareti perfettamente liscie quando risulta

$$0.562. \, \gamma_2 < 0.009. \, \gamma. \, \left(\frac{Q^2}{J}\right)^{\frac{1}{5}} + 0.049. \, \gamma_1$$

ossia

$$\frac{J}{Q^2} < \sqrt{\frac{0,009. \, \gamma}{0.562. \, \gamma_2 - 0,049 \, \gamma_4}} \right\}^5 \tag{3}$$

Da questa espressione emerge, che nella pluralità dei casi, ammesso che non sia Q molto grande ed J assai piccolo, riesce più economico l'uso del rivestimento con muratura greggia.

Se si considera poi la difficoltà che gli intonaci in cemento perfettamente lisciati si conservino tali per lungo tempo, causa l'azione del gelo, la possibile vegetazione di muschi. ed altro, che provocano screpolature e sgretolamenti aumentati dal continuo scorrimento dell'acqua, se questa specialmente è dotata di una certa velocità, sgretolamenti più difficili a manifestarsi su rivestimenti in muratura greggia. tanto più emerge la preferenza da darsi a quest'ultimi; quindi, tranne rari casi, che possono essere dedotti dalla (3), sia per avere una certa economia nella costruzione del canale, come per diminuire in seguito le spese di manutenzione, converrà l'uso dei rivestimenti in muratura greggia.

(Continua).

Ing. G. TURAZZA.

COSTRUZIONI STRADALI

1L PONTE FEDERICO AUGUSTO

CON ARCO IN PIETRA DI 90 m. DI CORDA E 18 m. DI SAETTA SULLA SYRA PRESSO PLAUEN (SASSONIA)

(Veggasi la tav. VI).

Dopo il ponte in muratura costruito a Morbegno sull'Adda, con arcata di 70 m. di luce, e m. 10 di saetta (1) per la ferrovia della Valtellina; ed il ponte Adolfo sulla Petrousse a Lussemburgo di 84 metri di corda e metri 31 di saetta (2), offriamo ai lettori un nuovo esempio di costruzione muraria ancora più ardita, nella quale la luce di 84 metri, la massima che fosse stata prima d'ora raggiunta, risulta ancora superata; ed è l'esempio del ponte per strada ordinaria sul burrone della Syra presso la città di Plauen in Sassonia, inauguratosi nello scorso autunno; il quale ci presenta una grande arcata in pietra da taglio, a tre centri, di 90 m. di corda e soli 18 metri, ossia un quinto, di monta. Non intendiamo con ciò di disconoscere i nuovi e sempre interessanti progressi raggiunti colle costruzioni metalliche, e quelli anche più recenti delle costruzioni in cemento armato, per superare burroni di grande ampiezza; ma non è meno interessante il constatare che anche le grandi arcate murarie, od in pietra da taglio, vanno assumendo parallelamente ai progressi della scienza delle costruzioni, sempre maggiori e più ardite proporzioni, ed anzichè essere messe da parte, continuano, nei molti casi in cui sono ancora possibili, ad avere la preferenza per la maggiore sicurezza che presentano, la minore spesa di manutenzione e sorveglianza, e la maggiore durata.

Non sì tosto che la città di Plauen deliberò di gettare un ponte attraverso il burrone della Syra, parecchi costruttori presentarono i loro progetti, ed era stato prescelto quello dei signori Liebold, impresari a Langebrück, presso Dresda

Tav. X e XI.

(2) V. Ingegneria Civile, Vol. XXVII, anno 1901, pag. 369 e
Tav. XXIII e XXIV.

⁽¹⁾ V. Ingegneria Civile, Vol. XXIX, anno 1903, pag. 161, e

il quale per altro constava di tre arcate; ma successivamente, il desiderio di economizzare nelle fondazioni, le quali si presentavano assai difficili presso le sponde del rivo, condusse alla trasformazione del progetto in quello ad una sola arcata, che malgrado la sua straordinaria arditezza venne accettato ed eseguito con pieno successo.

Nella tavola annessa e segnatamente nella fig. 1 che ne dà il prospetto, e nella fig. 2 che ne rappresenta la sezione longitudinale, vedesi come il ponte consista di una arcata principale a tre centri, ribassata ad un quinto, con grandi aperture ovoidali nei timpani; ed anzi da una parte una di queste aperture è stata notevolmente ingrandita fino ad avere la luce di m. 14 per far luogo ad una arcata secondaria con cui è dato passaggio ad una strada che dal fondo del burrone sale alla parte alta dell'abitato; e per ciò l'opera non è simmetrica. Superiormente alle dette aperture ovoidali corre orizzontalmente su esili piedritti una serie di piccoli archi, i quali per altro non sfondano che di un metro, e sono perciò di effetto semplicemente decorativo dando alla costruzione un più leggero aspetto.

Il ponte propriamente detto ha la larghezza (fra le pareti esterne dei timpani) di 16 metri; ma la larghezza della strada che vi sta sopra è di 17 metri a motivo che nelle parti laterali è sostenuta a sbalzo per mezzo di modiglioni; la parte centrale, riservata al carreggio, è di 11 metri; ed i marciapiedi laterali hanno la larghezza di 3 m. ciascuno.

Le sponde del burrone, costituite da massiccio di diabase, resistente alla pressione di 1600 kg. per cent. q., erano nelle migliori condizioni per offrire una stabile base di appoggio alle imposte di una grande arcata. Tutte le fenditure della roccia nelle vicinanze del piano d'imposta ed al disotto del medesimo, furono accuratamente riempite di muratura con malta di cemento; e fu pure riempita un'antica galleria sotterranea scopertasi in prossimità della spalla sud, che per maggiore sicurezza venne pure coperta da una serie di travi in ferro annegate nel calcestruzzo di cemento.

La pressione massima contro la roccia essendo stata limitata a 25 kg. per cent. q, rimase così un largo margine di sicurezza di fronte alla resistenza suddetta della roccia medesima, che è pur quella della pietra da taglio adoperata per la costruzione della volta e di tutto il ponte, uno schisto di color grigio azzurrognolo, delle cave di Teuma e di Tippersdorf, situate a pochi chilometri da Plauen.

Il sovraccarico a cui volevasi che avesse a resistere il ponte fu prestabilito nelle tre seguenti ipotesi: un peso distribuito di 575 kg. per metro quadrato; una fila di carri carichi di 15 tonnellate per asse; e passaggio di tre rulli compressori a vapore del peso di 23 tonnellate ciascuno

Gli sforzi massimi nelle sezioni più pericolose furono limitati a 70 kg. per cent. q., mentre è di oltre 400 kg. per cent. q. la resistenza della muratura di pietra, come è stata eseguita; essendochè la malta di cemento adoperata per la volta e che era nella proporzione di 1 di cemento e 3 di sabbia, offriva, dopo 45 giorni di presa, una resistenza di 40 Kg. per cent. q. alla trazione, e di 400 Kg. alla compressione.

Le condizioni di stabilità su riferite vennero ottenute assegnando alla volta uno spessore alla chiave di m. 1,50, alle reni di m. 2,00 ed all'imposta di 4 metri. Vuolsi qui notare che il raggio d'intrados della parte centrale è di ben 105 m. cifra questa prima d'ora inusitata per arcate di struttura murale. La parte centrale dell'arcata che ha questo raggio, è misurata da una corda di ben 65 metri, e da una saetta di 6,50 ossia abbiamo una monta di appena un decimo.

Come risulta dalla sezione longitudinale del ponte, alle reni della grande arcata fu elevato un muro trasversale che limita e trattiene il riempimento di terra dalla parte della spalla, e così la parte centrale dell'arcata viene ad essere alleggerita per mezzo di sei voltine longitudinali, di m. 1,40 di luce con piedritti dello spessore di m. 0,40, che anche meglio si vedono sulla sezione orizzontale (fig. 3) e sulla sezione trasversale (fig. 4). Mercè di queste voltine, l'altezza del riempimento sotto la carreggiata, per tutta la parte centrale dell'arcata, ha potuto essere limitata ad 1 m. circa.

La grande arcata è stata costruita sopra la sua armatura per tratti successivi, lasciando tra i tratti medesimi dei vuoti o distacchi secondo le generatrici e per tutta la larghezza dell'arcata; questi vuoti, i quali avevano la larghezza di 1 metro all'intradosso e di 2 metri all'estradosso erano mantenuti con sbadacchi di legno assicurati a forza da cunei di legno, e venivano poi riempiti a volta compiuta per mezzo di cunei di pietra dello spessore di 10 cent., precisamente come se si trattasse di chiudere una volta a mattoni; l'ultimo di tali vuoti ad essere riempito fu quello alle reni.

Le centine dell'armatura erano sostenute da dodici castelli in legno contrastati in ogni senso da traverse diagenali, orizzontali ed oblique, che la fig. 2 della tavola annessa, e la fig. 97 inserta nel testo chiaramente rappresen-

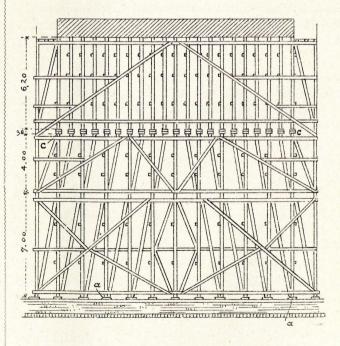


Fig. 97. — Sezione trasversale dell'arco con proiezione delle centine dell'armatura.

tano. Due impalcature o passerelle di servizio, l'una a livello presso a poco della futura strada, l'altra ad una altezza intermedia, stabilivano le comunicazioni del cantiere colle sponde del burrone ed avevano la pendenza necessaria a facilitare lo scorrimento dei vagonetti carichi di materiali. I castelli di legno poggiavano su solide basi murali di fondazione di 20 metri circa di lunghezza. Tutta questa immensa catasta di legname, di un peso enorme, il cui volume si è calcolato raggiungere circa la metà del volume di tutta la volta, fu preparata nei cantieri dell'impresa a Langebrück, trasportata per ferrovia a Plauen, e messa in opera nello spazio di tre mesi e mezzo.

Per disarmare la volta si cominciò col togliere i cali a (fig. 97) frapposti tra la muratura di fondazione e le traverse inferiori dei castelli; poi disserrando i cunei c (fig. 97), sorreggenti la parte superiore dell'armatura. Quest'operazione, che ha dovuto essere condotta con tutta circospezione e colla necessaria lentezza, durò dall'11 luglio fino al 7 settembre; e nessun pelo, o lesione, ebbe a verificarsi nella grande arcata, sebbene l'abbassamento alla chiave risultasse di 15 centimetri.

Tutte le murature vennero protette sull'estradosso con una cappa di asfalto destinata ad impedire le infiltrazioni.

Le volte trasversali a botte con cui si sono vuotati i timpani, ebbero una forma ovoidale, alquanto schiacciata, suggerita dallo studio della ripartizione delle pressioni nella massa dello spallone.

Non è qui il luogo di estenderci su maggiori particolari, o sui particolari di finimento decorativi. Aggiungeremo solo che dal lato sud, all'estremità del ponte, due scalinate in granito, di m. 2,50 di larghezza, permettono di scendere dalla strada superiore a quella che passa sotto l'arcata laterale, di 14 m. di luce.

I lavori incominciarono nell'agosto del 1903; le operazioni del disarmo della grande arcata ebbero luogo, come si disse, dal luglio al settembre 1904, e tutte le opere accessorie e di finimento furono compiute nell'estate del 1905.

Il volume totale delle murature in pietra impiegate per questo ponte è stato di 4850 mc., dei quali ben 3770 mc., occorsero nella costruzione della grande arcata.

La spesa complessiva dell'opera non sarebbe arrivata che a lire 735 000, di cui lire 26 000 occorsero per espropriazioni di terreni o fabbricati: e così il costo del ponte può essere ragguagliato a lire 154 per metro quadrato di fronte, ossia di varco superato; a lire 113 per metro quadrato di proiezione orizzontale di viadotto ed a lire 1951 per metro corrente di strada della considerevole ampiezza di m. 17.

Le quali cifre sono tutte modestissime, avuto riguardo alle eccezionali dimensioni ed all'arditezza della costruzione.

Tutte queste notizie abbiamo riassunte dal periodico francese le Génie Civil, e dall'opera tedesca Handbuch der Ingenieurwissenschaften, II Teil, Brückenbau, (Leipzig, 1904), da cui sono pure desunte le figure della tavola annessa.

G. SACHERI.

TECNOLOGIA INDUSTRIALE

L'INDUSTRIA DEL FREDDO
NELLE PRINCIPALI CITTÀ ITALIANE.

Il freddo artificiale è un magazzino di energia potente, altrettanto sicura e precisa ne' suoi effetti, quanto una qualsiasi sorgente di calore; il frigorifero ha preso oramai fra gli apparecchi industriali il suo posto, precisamente come il calorifero fra i sistemi di riscaldamento, ed è sintomo confortante che vada sempre più facendosi strada il convincimento dell'utilità del freddo artificiale, ottenuto cioè coi processi scientifici che l'industria delle macchine frigorifere ha saputo utilizzare.

Oramai non vi è centro abitato di qualche importanza che non possegga macchine da fare il ghiaccio per i bisogni della calda stagione. Ma dovunque va pure facendosi strada l'impiego industriale del freddo per mezzo dei frigoriferi, ossia degli ambienti refrigerati.

Nelle località dove prospera l'industria del caseificio, l'impiego delle macchine frigorifere ha preso largo sviluppo. Così in Lombardia si acquistano nei luoghi di produzione, durante la stagione calda in cui la produzione è maggiore, grandi quantità di burro a prezzo relativamente mite, che si conserva per mesi in un frigorifero, e tornata la stagione di minor produzione e di maggior consumo, il burro, impastato, lavato e mescolato con una certa quantità di burro fresco, si smercia anche all'estero.

Al freddo si fa pure ricorso per conservare i formaggi ottenuti da un latte che fu adoperato un po' in ritardo, e di cui un lieve principio di alterazione è causa di una successiva fermentazione del formaggio preparato col latte stesso; fermentazione che la bassa temperatura e le ripetute salature valgono ad arrestare.

La Danimarca e la Svezia ci offrono un esempio meraviglioso di ciò che ha potuto una sagace applicazione del freddo, nella conquista di un mercato colossale come quello di Londra, dove ogni giorno il burro ed il latte, danese e svedese, si riversano in quantità enormi. E si noti che anche l'esportazione del burro dall'Australia e la sua introduzione in Inghilterra sono in continuo aumento, senza pregiudizio delle provenienze dalla Siberia, dal Canadà, dalla Nuova Zelanda; e tutto ciò dipende in massima parte dalle riduzioni dei prezzi di trasporto sui battelli frigorifici, fatte dalle Compagnie di navigazione, per cui le spese di trasporto di 1 kg. di burro refrigerato, da Melbourne a Londra, viene a costare appena 10 centesimi.

Le nostre regioni del mezzogiorno, e in particolar modola Sicilia, le quali avevano il primato per la bellezza e l'abbondanza delle frutta, non solo sostengono ormai malamente la concorrenza dei prodotti americani, ma per poco non sono invase dai prodotti stessi. Si calcola che nell'anno scorso gli Stati Uniti abbiano importato in Europa tanta frutta, fresca o conservata coll'essiccamento, per un valore di circa 56 milioni di lire, di cui quasi un milione e mezzo di aranci! L'esportazione che è fatta con ogni cura, ha il maggiore suo smercio in lnghilterra, ed è il Governo federale che per favorirla ed aiutarla ha stabilito depositi e trasporti nei quali si effettua la refrigerazione.

Nei magazzini genovesi diedero ottimi risultati i tentativi di conservazione col freddo artificiale di una gran quantità d'uva di Napoli e di Almeria, che posta in botticelle, circondata da sughero in minuti frammenti, ed introdotta nel frigorifero, appariva in gennaio tanto bene conservata da sembrare allora staccata dal tralcio, per cui non v'è dubbio che sapendo scegliere.

certi prodotti e ricorrendo al freddo artificiale, sia possibile di ottenere benefici non lievi presentando i prodotti stessi, sani e freschi, fuori stagione.

Altra applicazione da segnalare è quella della conservazione del pesce, al quale per mezzo delle basse temperature si fanno percorrere distanze immense, essendovi vapori muniti di frigoriferi, che seguono le barche peschereccie e ne immagazzinano subito il raccolto, portandolo a terra, dove i vagoni refrigerati lo distribuiscono dovunque. In tal modo i salmoni della California arrivano sino a Southampton, ad Amburgo e a quel colossale emporio pel commercio del pesce che è oggi Basilea. Ed in Francia, coll'aiuto della congelazione artificiale si pensa ad eseguire il trasporto del pesce dalle coste occidentali africane.

Una delle importazioni più utili che i frigoriferi possono favorire, è quella della carne, riuscendosi così a risolvere una questione importantissima per la pubblica alimentazione: avere della carne a buon prezzo, mentre coll'incessante aumento di prezzo delle carni fra noi, la soluzione si fa sempre più difficile. Or bene vediamo che l'Inghilterra, dove non esiste dazio di entrata, importa per circa mezzo milione di tonnellate di carni conservate col freddo dall'Australia e dall'America. Ed è natu rale che si domandi perchè non si riesce a dirigere questa corrente benefica anche verso il nostro paese, dove in media la quantità di carne consumata all'anno per ogni abitante non sarebbe che di 15 kg., mentre essa è di kg. 35,5 in Francia, 45 in Germania, 55 in Inghilterra, 68 negli Stati Uniti e 119 nella Australia. E ciò tanto più se si pon mente al buon risultato ottenutosi da recenti tentativi sia colle spedizioni dei magazzini genovesi, sia con quelle di Catania, dove la carne, arrivata in ottimo stato dall'Argentina, si potè vendere, a quanto si è riferito, ad 80 centesimi al chilogramma.

Una Casa Argentina, che esporta carni congelate, faceva sapere alla Società delle ghiacciaie napoletane, che l'esportazione della carne di bue e di montone sarebbe possibile in Italia, per quantità piuttosto importanti, e che la carne bovina imbarcata per Napoli, potrebbe arrivare a un minimo di L. 0,77 al kg. e quella di montone ad un massimo di lire 1,25.

Risulta ormai provato che la refrigerazione delle carni, che in Germania è obbligatoria, non serve soltanto alla conservazione, ma si palesa di una rara efficacia nel rendere più tenere e digeribili le carni, nel frollarle in modo che esse divengono più digeribili e quindi più nutrienti.

Ed un problema di molta importanza che si cerca oggi di risolvere colla carne congelata è quello del rifornimento degli eserciti e delle piazze forti. Si è calcolato che con un treno di 5 vagoni refrigerati, con una velocità di 30 km. all'ora, si possono portare 300 mila razioni di carne subito distribuibili, e rappresentanti una mandria di 22 mila montoni. In Germania, dove in fatto di questioni militari si è molto previdenti, si munirono i forti principali di frigoriferi, nei quali si conserva per un anno carne refrigerata con cure speciali, proveniente dall'Australia e dall'America del sud; dimodochè un frigorifero di 400 mq. di superficie racchiude un milione di razioni. Anche in Francia si studia ora seriamente il rifornimento degli eserciti con carni refrigerate, senza ricorrere al difficile e pericoloso trasporto delle mandrie, che esige numeroso personale e forte consumo di foraggi, mentre un solo vagone frigorifero può trasportare 25 mila razioni di carne, e 33 mila ne può trasportare un vagone merci ordinario.

L'enorme quantità di carne che dai pascoli del Nuovo Mondo giunge in Europa è sovratutto dovuta ai battelli provvisti di frigoriferi, battelli che formano oggi una flotta, e ognuno dei quali è capace di contenere e di conservare la carne di 125 mila montoni, ed ai vagoni frigoriferi che negli Stati Uniti, da 600 che erano nel 1887, circolano oggi in numero di oltre 80 mila su 50 linee diverse.

Ed ove in fine si pensi che l'Inghilterra ricevette dalle sue

colonie nel solo anno 1900 derrate alimentari per un valore di oltre a mezzo miliardo di lire, e due anni prima aveva già importato 409 mila tonnellate di carne congelata, sarà facile concludere come sia ormai tempo che la nostra industria privata, cogli eccitamenti e cogli aiuti del Governo prenda risolutamente il suo posto.

Per buona ventura gli impianti frigorifici incominciano a moltiplicarsi anche in Italia, per quanto nella maggior parte ancora modesti, e destinati a modeste applicazioni, ed a limitate industrie.

Di fronte a così colossali applicazioni del freddo artificiale all'estero, ottimamente fece il Ministero di Agricoltura, Industria e Commercio incaricando l'egregio Ingegnere Ernesto Mancini di visitare i principali impianti frigorifici sorti in questi ultimi anni nelle principali città italiane e di stendere una Relazione sullo stato attuale dell'industria frigorifera in Italia (1). Da essa brevemente sono state riassunte le notizie tutte di questa breve memoria, e siamo persuasi che la nostra incipiente industria frigorifica si avvantaggerà, come scrisse lo stesso Ing. Mancini, dalla conoscenza esatta dello stato e della potenzialità degli impianti esistenti dai più vasti ai più modesti, facilitando scambi e associazioni e provocando nuove iniziative ed una più larga diffusione delle applicazioni del freddo artificiale.

l'e notizie raccolte dall'Ing. Ernesto Mancini confermano che nei nostri impianti attuali predominano, come tipi di macchine per la produzione del freddo, quelli ad ammoniaca e ad acido carbonico; meno usate sono le macchine ad anidride solforosa. La compressione, la liquefazione del gas e la successiva espansione del gas liquefatto, che produce il freddo, sono oggi ottenute con apparecchi di grande perfezione, dei quali non è neppur tanto facile lo stabilire il pregio relativo. Per gli uni, ad es., si vanta la facilità di liquefazione del gas ammoniaco e della anidride solforosa, mentre questi gas riescono pericolosi in caso di fughe; per l'acido carbonico si apprezza la sua innocuità, quando venga a sfuggire, per le persone e per le sostanze, ma gli si fa appunto delle forti pressioni cui deve essere sottoposto, e della conseguente necessità di usare apparecchi robusti.

Certo è che queste macchine produttrici del freddo hanno ormai rilevato notevoli perfezionamenti sia per quanto riguarda il loro rendimento, che la semplicità del loro funzionamento, e si adattano facilmente a tutte le esigenze, a tutti gli scopi. Dai colossali impianti dell'Hall, del Linde, dell'Escher Wyss, del Pictet, si scende ai piccoli apparecchi del Larrien e Bernat, i quali permettono di fabbricare da 13 a 15 kg. di ghiaccio all'ora, con la forza di un quarto di cavallo, e quelli Grimault più semplici ancora, contenenti una soluzione ammoniacale, che senza necessità di forza motrice, funzionano col fuoco e coll'acqua.

Fra gli impianti frigorifici che l'Ing. Mancini ha visitato e descritti, merita indubbiamente il primo posto quello in *Torino* della « *Società italiana del ghiaccio artificiale* ». Esso trovasi fuori di Porta Susa, vicinissimo alla linea ferroviaria. Tre grandi motori elettrici, due della forza di 92 cavalli ed uno di 175 cavalli fanno funzionare le macchine Linde ad ammoniaca, delle quali una è specialmente adibita alservizio dei locali da refrigerare, mentre le altre servono alla fabbricazione del ghiaccio.

la quantità di ghiaccio che lo stabilimento può produrre giornalmente è di 120 tonnellate, e la congelazione delle forme

⁽¹⁾ Ing. Ernesto Mancini, L'industria frigorifica in Italia: Relazione a S. E. il Ministro di Agricoltura, Industria e Commercio, (pubblicata negli Annali dell'Industria e del Commercio, del 1905).

si compie in ore 21. Il prezzo medio del ghiaccio, a seconda delle condizioni di vendita, va da un minimo di L. 1,70 a L. 3 il quintale.

La refrigerazione degli ambienti vi può essere ottenuta o direttamente inviando la soluzione incongelabile nelle tubature che passano entro i magazzini, o per mezzo di corrente d'aria che dopo avere lambito i serpentini contenenti la soluzione, e poi lo stesso bagno incongelabile che ne assorbe tutta la umidità, finisce per arrivare all'ambiente freddissima e perfettamente secca.

I magazzini refrigeranti, vastissimi, della capacità complessiva di 7000 metri cubi, occupano il pian terreno ed il primo piano, sul quale è riservata all'avvenire la costruzione di un secondo piano. I muri furono fatti impermeabili al calore per mezzo di numerose intercapedini e dei consueti strati di sughero, in fogli ed in polvere; le porte hanno chiusure ermetiche di fattura speciale, costrette ad aderire fortemente per mezzo di un sistema di leve, semplici e potenti, di rapida manovra.

Nei magazzini a terreno lavorano in poste o celle separate da graticci di ferro, i preparatori di carni suine. I due grandiosi magazzini del primo piano sono destinati alla conservazione delle carni macellate, il cui trasporto nei magazzini stessi è consentito dopo non meno di 12 ore dalla macellazione.

I magazzini torinesi dispongono pure di un vasto locale mantenuto ad una temperatura prossima a zero per la conservazione delle uova. Un ventilatore mosso dall'elettricità mantiene la temperatura voluta ed assicura il rinnovamento dell'aria. Migliaia e migliaia di uova, disposte su reti di cordicella, stanno là ad aspettare la stagione propizia per uscire sul mercato. Il problema del ritorno delle uova alla temperatura normale è stato risoluto in modo assai semplice e pratico, collocando le uova in apposite casse, ben chiuse, che si trasportano a mano in ambienti successivamente meno freddi; acceade così che sulle uova non si deposita che quel po' di umidità la quale sta chiusa entro la cassa, e che perciò non sudando eccessivamente, le uova stesse non subiscono alcuna alterazione. I commercianti torinesi di uova si sono persuasi ben presto della utilità del nuovo, sicuro ed innocuo mezzo di conservazione, per cui oggidì il sistema di ricorrere all'acqua di calce o a procedimenti analoghi per la conservazione delle uova è stato quasi totalmente abbandonato, e si dà la preferenza al freddo.

Lo stabilimento torinese pratica pure con ottimo successo la concentrazione dei vini, mercè un processo ideato dal professore Eudo Monti, che permette di separare dal vino, coll'aiuto del freddo e trasformata in ghiaccio, l'acqua purissima senza tracce di alcool o d'altre sostanze. E in tal modo valendosi della azione del freddo che rispetta la composizione naturale dei vini si arriva a portare del vino che ha un grado alcoolico del 10 per cento, ad averne il 20 e più, senza le solite aggiunte di spirito, o di miscele, senza necessità di fermentazioni.

Continuano pure con ottimo successo gli esperimenti per la preparazione di succhi naturali di frutta fresche, concentrati quasi per mezzo del freddo, in seguito alla solidificazione ed asportazione dell'acqua contenuta nei succhi medesimi. Questi succhi e conserve, che non subiscono alcuna alterazione dal fuoco, come avviene per le conserve ordinarie, mantengono intatti i loro profumi, le loro delicate fragranze, e sembrano appena spremuti allora dai frutti relativi, pesche, fragole, ecc.

L'industria del freddo ha trovato in *Genova* coraggiosi e ferventi sostenitori e largo sussidio di capitali, in modo che fu possibile far sorgere in breve tempo, nei locali dell'antica Darsena, un impianto di grande importanza, assai bene disposto e in via di continuo incremento. Lo stabilimento è diviso in tre sezioni, di cui una per le merci che non debbono

più sottostare a diritti di dogana o di dazio, un'altra per le merci soggette a dazio comunale, e la terza per le merci che sono sotto il vincolo doganale in caso di introduzione, e ne sono esenti se riesportate.

Vicino all'ingresso ed agli ufficî, in un vasto ambiente a terreno sono disposti due sistemi completi di macchine refrigeranti ad anidride carbonica, della fabbrica Hall, capaci di dare 60 mila frigorie ognuna; ciascun sistema può da solo produrre e diffondere il freddo necessario a tutto lo stabilimento. Le pompe iniettano nelle condotture la soluzione incongelabile di cloruro di calcio, e da appositi termometri sulle condotture di ritorno è facile osservare l'andamento della temperatura e l'opportunità di modificarlo. Oltre a ciò le sonerie in ogni ambiente refrigerato avvisano se mai la temperatura si scosta dal grado normale ed un quadro di segnalazioni automatiche permette ad ogni istante di leggere la temperatura in determinati punti.

Un terzo sistema di macchine refrigeranti è in procinto di essere preparato per i locali del terzo piano dello stabilimento, che si vogliono adibire alla conservazione delle carni congelate del Nord e del Sud dell'America.

Attualmente le macchine funzionano coll'energia elettrica somministrata dalle officine genovesi d'illuminazione; ma si ha in animo di fare un impianto proprio a gas povero.

Nei locali refrigerati, di una capacità complessiva di mc. 3600, si usufruisce della ventilazione e delle tubulature contenenti il liquido incongelabile. Nei due piani dello stabilimento, cui si accede con ascensore, stanno le camere refrigerate, bene illuminate a luce elettrica, in particolar modo preparate e disposte per la conservazione di una infinità di prodotti e difese dal calore esterno con pareti rivestite di denso strato di sughero in polvere.

Tre camere, divise ciascuna in 12 celle da graticci di ferro, sono adibite alla conservazione della carne fresca, mediante circolazione d'aria fredda e secca; la camera destinata alla conservazione delle carni congelate sta invece alla temperatura di 10 gradi sotto zero per l'azione diretta dei tubi a liquido incongelabile.

Vi sono camere per la selvaggina, a 5 gradi sotto zero, nelle quali si conservano migliaia di capi, venuti dalla Sardegna, accumulati e ridotti allo stato come di pietre, privi di qualsiasi odore. E così le grosse pollanche di Bresse dai frigoriferi di Ginevra passano perfettamente mantenute a quelli di Genova. Ed un quarto di bove, indurito come il marmo, ed arrivato da molto tempo da Buenos Ayres, sembra macellato da pochi giorni soltanto. In tutti i locali refrigerati, nemmeno negli ambienti destinati alla conservazione del pesce, è avvertita traccia alcuna di odore.

I magazzini genovesi sono provvisti di un apparato elettrico, immaginato dall'ing. Lanfranco, per la scongelazione delle carni e delle uova, operazione che come si sa, è della massima importanza per l'ulteriore conservazione delle sostanze refrigerate; anzi nei lavori di ampliamento, uno o due cameroni sono destinati a conservare ciascuno un milione e mezzo di uova, delle quali i magazzini faranno direttamente il commercio.

Nella città di *Napoli* vi sono due stabilimenti frigoriferi importanti in esercizio, ed un terzo è in progetto.

Il primo che appartiene alla Società delle ghiacciaie e neviere napolitane ha il suo edificio presso la stazione ferroviaria, recentemente ampliato e provveduto di macchine potenti. La Società servivasi in addietro di un generatore Linde capace di produrre 12 tonn. di ghiaccio al giorno, e di un generatore Pictet, ad anidride solforosa, atto a prepararne 24 tonnellate. Ora la Società possiede una nuova macchina Linde che può darne 60 tonnellate. La forza motrice è data da macchina a

vapore di 150 cavalli. Per l'acqua necessaria al funzionamento delle macchine si forarono due pozzi artesiani, sino alla profondità di 120 m. dei quali ciascuno dà 40 mc. d'acqua all'ora, acqua che risultò mineralizzata, ma di buona qualità. Non occorre dire che per la fabbricazione del ghiaccio si usa l'acqua eccellente del Serino.

Nell'ampliato edificio della Società delle ghiacciaie napolitane, si prepara pure la neve artificiale per mezzo della frantumazione del ghiaccio, ottenuta con rulli provvisti di denti metallici disposti ad elica, neve che poscia viene compressa, con macchine apposite, in forma di cubi. Questa fabbricazione è necessaria a Napoli, dove il pubblico ha l'abitudine di raffreddare le bevande mescolandole alla neve naturale, raccolta e trasportata nella stagione invernale dalle montagne di Avellino. Ma la Società ha pure intrapreso, come prima prova, la costruzione di 60 celle, da mantenere a bassa temperatura con apposito refrigerante, nella fiducia di volgarizzare l'impiego del freddo alla conservazione delle carni macellate, del pesce, delle frutta, ecc., mentre attualmente codeste derrate si conservano a Napoli in grotte profonde, scavate per lo più nel tufo, ed in pessime condizioni igieniche, senza ventilazione, ed il cui affitto rappresenta nondimeno in un anno l'egregia somma di lire 50 mila.

L'altro impianto che a Napoli è sorto con la destinazione ben netta di magazzino frigorifero, tenendo solo come accessorio la fabbricazione del ghiaccio, è quello dovuto all'iniziativa della Ditta *Starita e Cirio*. Il nuovo edificio, fabbricato con molta cura e con tutte le norme per lo scopo industriale cui deve servire, occupa un'area di 170 mq. sulle calate del porto mercantile, ed è collegato colla ferrovia. Esso ha attualmente due piani ed è suscettibile di ampliamenti.

Il frigorifero della Ditta Starita e Cirio si compone di due complessi (compressori, condensatori ed evaporatori) ad acido carbonico, sistema Hall, capaci di dare 51 mila frigorie all'ora, lavorando con acqua di circolazione a 15 gradi. La forza motrice è data dalla corrente elettrica, la quale serve pure per 'illuminazione e a far funzionare le gru per le manovre delle forme del ghiaccio, i ventilatori e le pompe destinate alla circolazione della miscela refrigerante ed alla provvista dell'acqua occorrente al funzionamento delle macchine. L'acqua si estrae da un pozzo artesiano, a fianco dell'edificio, alla temperatura di 14'; essa contiene soltanto sali magnesiaci in piccola quantità. Il ghiaccio però si fabbrica coll'acqua del Serino, col solito sistema degli agitatori, e lo si conserva in ghiacciaie dove passano i tubi refrigeranti. Lo stabilimento è anche munito dell'occorrente per fabbricare il ghiaccio interamente cristallino e per trasformare il ghiaccio in neve; ma per la vendita del ghiaccio deve sottostare ad una tassa, perchè la Società delle ghiacciaie ha il monopolio di questa vendita.

I locali refrigerati hanno pareti isolanti costituite da strati di legno con detriti di sughero interposti per uno spessore di 25 centimetri, e rivestimenti di carta impermeabile detta *ruberoid* che funziona da isolante pel calore e per l'elettricità. Le porte delle camere sono imbottite con pelo di vacca.

La refrigerazione degli ambienti, illuminati a luce elettrica, è ottenuta, come al solito, in parte colla circolazione del liquido incongelabile portato ad 8º sotto zero e in parte facendo giungere nei locali aria raffreddata da due appositi refrigeratori. A seconda della natura delle derrate la temperatura nei rispettivi ambienti vi è mantenuta al grado di freddo voluto da 0 ad 8º. Vi è pure una camera di decongelazione, con particolare disposizione di serpentini, per ottenere il progressivo riscaldamento delle uova. La ventilazione è assicurata da due elettro-ventilatori; le celle raggiungono una capacità complessiva di oltre 1000 metri cubi.

Un terzo impianto, tuttora in progetto, che la Ditta Gaiotti propose all'Autorità municipale di Napoli rifletterebbe, non già la costruzione di un grande stabilimento, ma la creazione, per maggiore comodità degli esercenti e del pubblico, di sette gruppi di celle in altrettanti punti della città, presso il mattatoio e presso i mercati principali e la peschiera; in tutto sarebbero 196 celle e i vari stabilimenti possederebbero macchine dello stesso tipo, ma di varia potenzialità, proporzionata al numero delle celle da servire, ed azionate dall'energia elettrica.

L'industria del freddo a *Roma* non sarebbe per ora almeno indirizzata che allo scopo principale della fabbricazione del ghiaccio e ciò per opera delle « Società riunite Fabbrica di ghiaccio e Ditta Francesco Peroni » il cui importante edificio, a mano a mano ingranditosi, è stato pure completato colla costruzione di celle frigorifere.

Alla preparazione del ghiaccio sono adibite le macchine Linde. Quattro di esse, le più potenti, possono produrre complessivamente 75 tonn. di ghiaccio al giorno; le due macchine minori, per 10 e 5 tonn. rispettivamente, sono destinate la prima alla conservazione della birra, e la seconda alla refrigerazione delle celle. La forza motrice è data dall'elettricità, ed è complessivamente di 300 cavalli.

Il ghiaccio si fa coll'acqua Marcia; la congelazione richiede 24 ore, e la trasparenza vi è ottenuta cogli agitatori. Lo si vende a 2 lire il quintale. Lo Stabilimento fabbrica inoltre la neve artificiale, ed ha locali di deposito del ghiaccio, della capacità di 700 tonn. mantenuti a 2 e 3 gradi sotto zero per mezzo di tubulature nelle quali circola il liquido incongelabile.

Colle celle refrigerate si è voluto fare un esperimento che dovrebbe dare importanti risultati in una città come Roma dove per la mancanza di impianti frigoriferi i prezzi di alcune derrate alimentari si fanno assai elevati. I locali refrigerati sono due, divisi ognuno da reticolati in ferro in 14 celle di circa 4 mq. ciascuna, con 3 m. di altezza; il sistema di ventilazione con aria fredda ed asciutta che ha avuto il contatto diretto coi serpentini in cui avviene l'evaporazione dell'ammoniaca liquida, è risultato ottimo come effetto, ma piuttosto costoso.

Nella fabbrica di birra una tubulatura contenente la miscela incongelabile serve a portare ed a mantenere a 4° il liquido ottenuto dalla cottura dell'orzo unito al luppolo che si trasforma in birra, e mantiene pure alla temperatura da + 1° a + 3° le cantine in cui la birra vien fatta stagionare per tre o quattro mesi.

Qualche piccolo frigorifero per uso privato ha pure cominciato in Roma a fare buona prova e a dare il buon esempio; così lo « Splendid Hotel » con un impianto ad energia elettrica della Casa Hall, può fabbricare due quintali e mezzo di ghiaccio in sette ore circa, e mantenere vicino a zero alcune celle assicurandone la ventilazione.

Ed un altro piccolo frigorifero che merita di essere segnalato è quello destinato alla sola refrigerazione delle celle nel negozio di pescheria Beltramme.

Nella città di *Milano* funzionano due impianti frigoriferi, uno più antico e che è il primo frigorifero sorto in Italia, e l'altro che sorse cinque anni or sono.

Il primo impianto misura 1900 metri cubi e dispone di 112 celle, ognuna di 8 a 10 mq.

Il secondo impianto, della ditta Gondrand e Mangili, ha macchine del sistema Linde, con 5 compressori e 4 condensatori ed evaporatori; fabbrica sino a 100 tonn. di ghiaccio al giorno e dispone di celle frigorifere per la conservazione delle carni macellate (temp. di +2 a +4); per la conservazione dei pesci e della cacciagione a -4°; dei salumi a +4° e di un magazzino per le uova a 0°, che può contenerne sino a nove milioni. Gli ampi magazzini servono inoltre alla conservazione del burro ed alla ibernazione del seme di bachi.

A Modena il Municipio finì per decidersi egli stesso alla costruzione di uno stabilimento frigorifero che incominciò a funzionare nell'agosto dell'anno scorso. La spesa per l'edificio era stata calcolata in lire 60 mila e in lire 65 mila quella del macchinario. Per la produzione del freddo venne data la preferenza agli apparecchi della casa Linde, ad espansione diretta di ammoniaca. I tubi nei quali circola il gas raffreddato dopo l'espansione, formano tre sistemi di condotture, destinato uno alla fabbricazione del ghiaccio, l'altro al raffreddamento delle celle per le carni macellate, e il terzo a quello dei locali per la conservazione delle sostanze alimentari e del ghiaccio fabbricato.

Si fabbricano 5 tonn. di ghiaccio cristallino ogni 24 ore e lo si vende a lire 2,50 il quintale.

Le celle, in numero di 32, indipendenti e della capacità di 10 mc. ciascuna, hanno temperature costanti da + 6 a - 2°

In Alessandria un frigorifero del sistema Fixary, con macchine capaci di 120 mila frigorie all'ora, mantiene a bassa temperatura le celle che sono date in affitto e il cui prodotto compensa in gran parte le spese di esercizio, mentre l'energia frigorifera che resta, viene impiegata alla fabbricazione del ghiaccio.

A Brescia il Comune costruì un frigorifero con 44 celle del complessivo volume di 760 metri cubi; in media le celle hanno un'area di mq. 5 a 6,25 ed un'altezza di m. 2,75; le celle più ampie possono contenere 32 quintali di carne macellata.

A Bergamo la Società anonima del ghiaccio artificiale ha fatto un importante impianto per la fabbricazione del ghiaccio e per la refrigerazione di celle destinate alla conservazione delle carni macellate e delle derrate alimentari. Le macchine sono del sistema Linde ad ammoniaca, ma lievemente modificate dalle officine del Pignone, da cui furono costrutte. Le celle, in numero di 80, della capacità ciascuna di 10 mc. sono date in affitto per lire 250 all'anno, ma gli esercenti si mostrano ancora restii alle innovazioni. La fabbrica del ghiaccio può dare 12 tonn. di ghiaccio al giorno a un prezzo che in media è di L. 2 il quintale.

A Livorno un impianto di magazzini frigoriferi costruiti dalla casa Linde non ebbe finora buon successo dal lato finanziario, epperò presentemente è utilizzato soltanto per fabbrica e deposito di ghiaccio. Si attribuisce la causa dell'insuccesso all'aver trascurato l'isolamento delle pareti, ed alla difficoltà di allacciamento colla ferrovia. Anche la fabbricazione del ghiaccio lotta contro difficoltà maggiori che in altre città dovendosi far uso di acqua distillata, non disponendosi di altra acqua adatta. Ma è da augurare che l'impresa riesca a porsi coraggiosamente sulla buona via completando i magazzini e mettendoli in condizione da assicurare il loro perfetto ed utile funzionamento.

A Bologna è tuttora in progetto uno stabilimento frigorifero modello col quale la importante Ditta Grabinski e C. intende di allargare la propria industria della fabbricazione di estratti, brodi e conserve, e di intraprendere quella dell'importazione delle carni sud-americane, approfittando dell'ottima qualità e del costo limitato del bestiame argentino che in mandrie sterminate pascola nelle pianure di La Plata e ripromettendosi di poter vendere in Italia la carne argentina ad l lira il kg.

Merita infine una speciale menzione la fabbrica di ghiaccio di Venezia per le condizioni particolari nelle quali funziona. Essa appartiene alla « Compagnia generale delle acque » la quale esegui l'acquedotto che da S. Ambrogio nel Trevisano, a 36 chilometri da Venezia, porta a Venezia l'acqua potabile.

Lo stabilimento si serve di tutta l'acqua distillata prove-

niente dal condensatore di un grande motore di 80 cavalli adibito alla distribuzione dell'acqua potabile, e completa il riempimento delle forme con acqua potabile. Sono 1060 forme disposte in file di 20 ciascuna, che immerse successivamente nella miscela frigorifera di cloruro di calcio raffreddata da macchine ad ammoniaca, esigono 36 ore per una completa congelazione. Si possono così fabbricare 25 tonn. di ghiaccio al giorno, e siccome il consumo giornaliero a Venezia arriva in certi periodi anche al doppio, lo stabilimento ricorre in tali casi alla succursale di Verona, capace di una produzione giornaliera di 70 tonn. con cui provvede i paesi vicini.

Il prezzo medio al quale il ghiaccio si vende a Venezia è di L. 2 al quintale, essendo sempre grande la concorrenza fatta al ghiaccio artificiale da quello naturale che si raccoglie durante l'inverno nei fossati di Mestre e che vien conservato in ghiacciaie. Questo ghiaccio, come è facile immaginare, è pieno di impurità, ma si presta pur sempre a molti usi, mentre d'altra parte a Venezia non vi è molta simpatia per le bevande in ghiaccio.

Accanto alle su riferite, non numerose, ma ben promettenti iniziative del nostro paese in fatto di frigoriferi, non mancano purtroppo deficienze veramente strane e deplorevoli, e specialmente fra queste quella, assai grave, del mattatoio di Roma, dove manca tuttora un frigorifero che si sostituisca alle grotte del Testaccio, in cattive condizioni igieniche, buone tutto al più per la conservazione del vino.

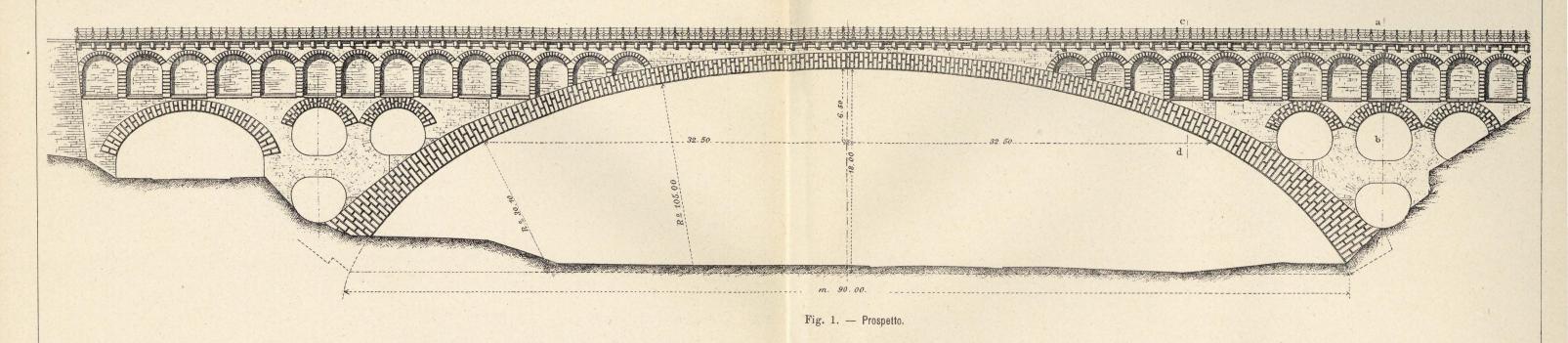
Al rapido sviluppo fra noi d'impianti frigoriferi importanti muovonsi ostacoli di varia natura, ma essenzialmente è la poca conoscenza che si ha dei loro effetti e della loro importanza che ingenera diffidenza o frena lo slancio di ogni iniziativa. Sono particolarmente le autorità municipali che non sanno, in generale, valutare i vantaggi che un frigorifero puo dare per l'economia, per il benessere, per la salute del pubblico. Ed il frigorifero che in Germania è divenuto ovunque obbligatorio, tra noi è ancora considerato come un impianto di lusso, ed un'impresa sterile o passiva.

Ma il vero ed il buono, pure come il bello, finiscono sempre coll'imporsi e seguire veloci la via del progresso. Ed è assai degno di considerazione un progetto presentato dalle Società dei Magazzeni genovesi per dotare l'Italia di una rete di impianti frigoriferi; progetto ardito, che esige somme non lievi, ma che fatalmente, in modo più o meno completo e rapido finirà coll'attuarsi sotto la spinta di imperiose necessità.

Cominciando dalle località dove, per le condizioni di produzione e di traffico, nei porti di mare ad es., appariscono più necessari o più suscettibili di sviluppo i frigoriferi; tenendo come capisaldi importanti gli impianti che già esistono, come quelli di Torino, di Milano, di Genova, di Napoli, senza contare gli impianti minori, non è eccessiva la speranza che colla buona volontà e col buon accordo degli industriali, col favore e coll'aiuto dei Municipi e del Governo, una rete frigorifica possa estendersi sul nostro paese a totale vantaggio della produzione e del commercio

Onde concludiamo anche noi colle stesse parole che l'egregio ing. Ernesto Mancini rivolge al Ministero di Agricoltura, Industria e Commercio: « favorendo la buona volontà di chi tenta le nuove applicazioni del freddo, eccitando ed aiutando i produttori onde si valgano di siffatte applicazioni, riconosciute oramai tra i più potenti fattori di prosperità, noi contribuiremo ad eliminare molte angustie sociali, a combattere la minacciosa concorrenza straniera, a renderè più rapido quel promettente risveglio economico del nostro ferace e giovane paese, risveglio dovuto al lavoro tenace ed alla fidente sicurezza dell'avvenire ».

G. S.



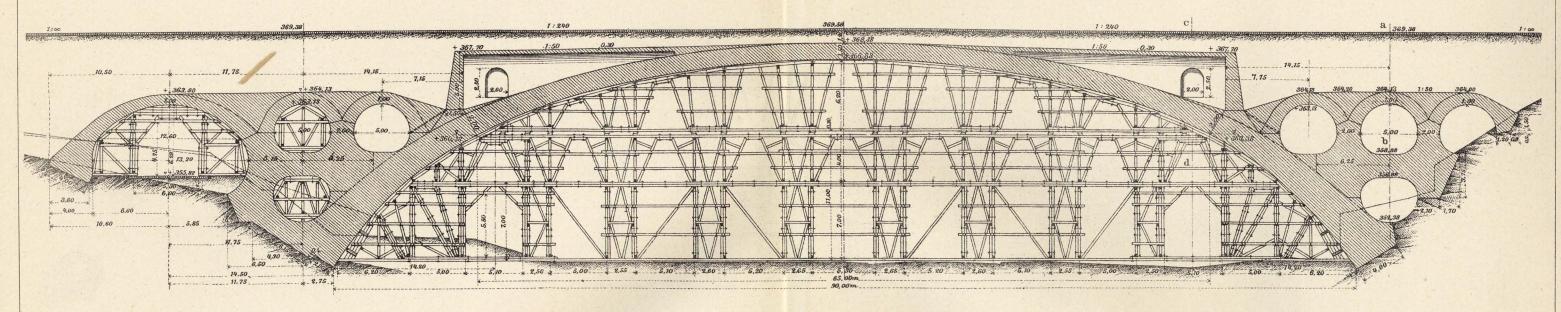


Fig. 2. - Sezione longitudinale, e prospetto delle armature.

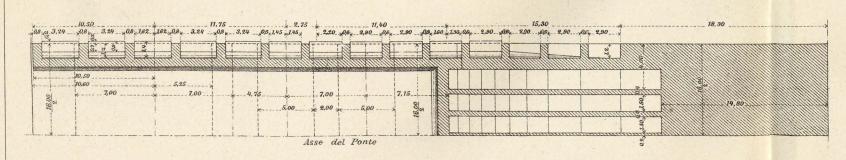


Fig. 3. - Sezione orizzontale di un quarto del Ponte, all'altezza della chiave.

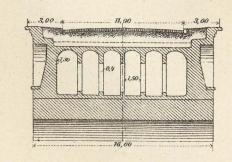


Fig. 4. — Sezione trasversale secondo c d.

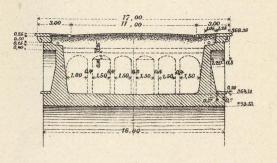


Fig. 5. - Sezione trasversale secondo a b.