

L'INGEGNERIA CIVILE

E

LE ARTI INDUSTRIALI

PERIODICO TECNICO QUINDICINALE

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

SCIENZA DELLE COSTRUZIONI

ARCHI ELASTICI CONTINUI CON CERNIERE ALLE IMPOSTE SU PILE ELASTICHE

(Continuazione e fine)

§ 17. — Per poter fare applicazione delle precedenti formule, conviene evidentemente conoscere i valori di:

$$A \quad B \quad D \quad c \quad f \quad h \quad \frac{\Omega d}{I} \quad \frac{\omega d}{i} \quad \gamma \quad \theta$$

che si possono determinare solo caso per caso.

Volendo però arrivare a qualche risultato generale, per formarsi un criterio, sia pure approssimativo, dell'economia che si può conseguire adottando questo tipo di ponte, ricordiamo che la freccia f è una certa frazione ψ della corda c , e cioè:

$$f = \psi c;$$

poniamo:

$$\frac{c}{h} = \tau \quad \frac{I}{i} = r.$$

$\frac{\Omega d}{I}$ è inversamente proporzionale all'altezza a dell'arco, la quale a sua volta si assume in ragione di una data parte della corda (vedi § 12):

$$\frac{\Omega d}{I} = \frac{\omega}{a}, \quad a = \rho c, \quad \text{quindi} \quad \frac{\Omega d}{I} = \frac{\omega}{\rho c} \quad \text{ed anche} \quad \frac{\Omega}{I} = \frac{2\omega}{\rho^2 c^2}.$$

Sostituendo questi valori nelle disuguaglianze di condizione, si avrà: $V_m > V_l$ se:

$$\frac{2}{3} \psi q + \frac{\omega}{12\rho} (2p + q) (1 - \gamma) + \frac{\gamma q}{8\psi} \frac{(16 \psi^2 \tau^3 \omega + 20 r \omega + 15 \rho^2 \tau^3) (16 \psi^2 \tau^3 \omega + 15 \rho^2 \tau^3) - 100 r^2 \omega^2}{(16 \psi^2 \tau^3 \omega + 10 r \omega + 15 \rho^2 \tau^3) (16 \psi^2 \tau^3 \omega + 30 r \omega + 15 \rho^2 \tau^3)} > 0$$

$$V_e > V_b \quad \text{se:} \quad \frac{2}{3} \psi q + \frac{\omega}{12\rho} (2p + q) (1 - \gamma) + \frac{\gamma q}{8\psi} \frac{(16 \psi^2 \tau^3 \omega - 10 r \omega + 15 \tau^3 \rho^3)}{(16 \psi^2 \tau^3 \omega + 30 r \omega + 15 \tau^3 \rho^3)} > 0$$

$$v_1 > v_2 \quad \text{se:} \quad \frac{\gamma}{8\psi} \frac{16 \psi^2 \tau^3 \omega + 15 \rho^2 \tau^3}{16 \psi^2 \tau^3 \omega + 30 r \omega + 15 \rho^2 \tau^3} > \theta \frac{\xi}{\nu}$$

nelle quali, per archi molto ribassati si potrà porre:

$$\psi = 0,1 \quad \omega = 3,10 \quad \rho = 0,02 \quad \gamma = 0,9876$$

$$\theta = 1,1777 \quad \xi = 0,05 \quad \nu = 5.$$

Ciò posto, le disuguaglianze precedenti di condizione si convertono nelle seguenti:

$$V_m > V_l \quad \text{se:}$$

Analogamente:

$$\frac{\omega d}{i} = \frac{\nu}{e_1} \quad (\S 16),$$

essendo e_1 il diametro della colonna, che si prende una certa parte dell'altezza della pila:

$$e_1 = \xi h,$$

quindi:

$$\frac{\omega d}{i} = \frac{\nu}{\xi h} = \frac{\nu}{\xi} \frac{\tau}{c}.$$

Da posizioni precedenti abbiamo:

$$A = \int_0^c \frac{y^2 ds}{I} = \frac{1}{I} \int_0^c y^2 dx = \frac{1}{I} \int_0^c \frac{16 f^2 x^2 (c-x)^2 dx}{c^4} =$$

$$= \frac{8}{15} \frac{c f^2}{I} = \frac{8}{15} \frac{\psi^2 c^3}{I}$$

$$B = \int_0^h \frac{z^3 dz}{i} = \frac{h^3}{3i} = \frac{c^3}{3i\tau^3}$$

$$D = \int_0^c \frac{ds}{\Omega} \left(\frac{dx}{ds} \right)^2 = \frac{1}{\Omega} \int_0^c dx = \frac{c}{\Omega}.$$

$$\tau^6 \left(0,3683 + 0,0807 \frac{p}{q} \right) + \tau^3 r \left(52,547 + 19,945 \frac{p}{q} + \right)$$

$$+ r^2 \left(923,50 \frac{p}{q} - 532,16 \right) > 0,$$

$V_e > V_b$ se:

$$\tau^3 \left(0,7336 + 0,1608 \frac{p}{q} \right) + r \left(29,7972 \frac{p}{q} - 17,1678 \right) > 0$$

$$v_1 > v_2 \quad \text{se:} \quad 0,4972 \tau^3 > 0,886 r.$$

Per facilitare le ricerche ho compilato le tre tabelline seguenti :

$r =$	10	5	4	3	2	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
$\frac{p}{q} = 3$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
$\frac{p}{q} = 2$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
$\frac{p}{q} = 1$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
$\frac{p}{q} = \frac{1}{2}$	2,231	1,776	1,649	1,504	1,299	1,039	1,000	0,9605	0,9206	0,8663	0,8291	0,7652	0,6980	0,6028	0,4821
$\frac{p}{q} = \frac{1}{3}$	3,333	2,647	2,455	2,233	1,948	1,547	1,494	1,436	1,373	1,305	1,229	1,140	1,036	0,9045	0,7179

In questa prima, stabilito il valore di r (rapporto fra i due momenti di inerzia $\frac{I}{i}$) ed il rapporto fra i due carichi unitari $\frac{p}{q}$, per tutti i valori di τ (rapporto fra la corda dell'arco e l'altezza della pila $\frac{c}{h}$) maggiori di quelli elencati nella tabella, è $V_m > V_l$, e viceversa per valori minori è $V_m < V_l$. Dove il valore di τ manca, ed è sostituito da una lineetta orizzontale, in qualunque caso è $V_m > V_l$.

$r =$	10	5	4	3	2	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
$\frac{p}{q} = 3$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
$\frac{p}{q} = 2$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
$\frac{p}{q} = 1$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
$\frac{p}{q} = \frac{1}{2}$	3,032	2,406	2,234	2,030	1,773	1,407	1,359	1,307	1,250	1,187	1,117	1,037	0,9422	0,823	0,6533
$\frac{p}{q} = \frac{1}{3}$	4,513	3,582	3,325	3,021	2,639	2,095	2,023	1,945	1,860	1,767	1,662	1,543	1,402	1,225	0,9723

In questa seconda tabella, a valori particolari di r e $\frac{p}{q}$, sono elencati i valori corrispondenti di τ , tali che per τ maggiore dei numeri scritti è $V_e > V_b$ e viceversa. Dove il valore di τ manca ed è sostituito da una lineetta orizzontale, in qualunque caso è $V_e > V_b$. Finalmente in quest'ultima, fissato ancora r , se per τ si assumono valori superiori a quelli segnati, sarà $v_1 > v_2$; in caso opposto sarà $v_1 < v_2$.

$r =$	10	5	4	3	2	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
$\tau =$	2,612	2,073	1,925	1,749	1,528	1,212	1,171	1,126	1,076	1,022	0,9622	0,8933	0,8116	0,709	0,5627

Coll'uso di queste tabelle (entro i limiti delle ipotesi fatte), caso per caso si potrà determinare di quali parti sarà formato il volume complessivo del ponte (escluse le spalle), senza dover sviluppare in particolare i calcoli relativi, e col- l'applicazione delle formule precedenti si potrà anche avere tale volume complessivo, che nel paragrafo precedente venne indicato col simbolo V .

A facilitare tali ricerche, introduciamo nelle espressioni di V_m , V_e , V_l , V_b , v_1 , v_2 i valori di ψ , ϖ , ρ , γ , ecc., e si ottiene:

$$\begin{aligned}
 V_m &= \frac{c^2}{R} \left[1,4614 p + 12,9833 q - q \frac{47,2091 \tau^6 + 8745,9323 r \tau^3 + 180029,6875 r^2}{4,097335 \tau^6 + 1012,09376 r \tau^3 + 46\,875 r^2} \right] \\
 V_e &= \frac{c^2}{R} \left[1,4614 p + 12,9833 q - q \frac{47,2091 \tau^6 + 5830,6245 r \tau^3 + 180029,6875 r^2}{4,097335 \tau^6 + 1012,09376 r \tau^3 + 46\,875 r^2} \right] \\
 V_l &= \frac{c^2}{R} \left[1,1409 p + q \frac{3540,0256 r \tau^3 + 437215,625 r^2}{4,097335 \tau^6 + 1012,09376 r \tau^3 + 46\,875 r^2} \right] \\
 V_b &= \frac{c^2}{R} \left[1,1409 p + q \frac{7080,0513 r \tau^3 + 437215,625 r^2}{4,097335 \tau^6 + 1012,09376 r \tau^3 + 46\,875 r^2} \right] \\
 2 v_1 &= \frac{c^2}{R} \left[2,3554 \frac{p}{\tau} + 1,1777 \frac{q}{\tau} + 1,1777 \frac{k}{\tau^2} + q \frac{505,816 \tau^5 + 62471,487 r \tau^2}{4,097335 \tau^6 + 1012,09376 r \tau^3 + 46\,875 r^2} \right] \\
 2 v_2 &= \frac{c^2}{R} \left[2,3554 \frac{p}{\tau} + 2,3554 \frac{q}{\tau} + 1,1777 \frac{k}{\tau^2} + q \frac{31235,75 r \tau^2}{4,097335 \tau^6 + 1012,09376 r \tau^3 + 46\,875 r^2} \right]
 \end{aligned}$$

§ 18. — Cominciamo ora a formare la prima delle espressioni di V , cioè il volume totale di tutto il ponte considerato come sistema elastico, escluse sempre le spalle:

$$\begin{aligned}
 V &= 2 V_m + V_e + 2 v_1 = \frac{R}{c^2} \left[4,3842 p + 38,9499 q + 2,3554 \frac{p}{\tau} + 1,1777 \frac{q}{\tau} + 1,1777 \frac{k}{\tau^2} + \right. \\
 &\quad \left. + q \frac{\tau^5 (505,816 - 141,6273 \tau) + r \tau^2 (62471,487 - 23322,4861 \tau) - 540089,0625 r^2}{4,097335 \tau^6 + 1012,09376 r \tau^3 + 46\,875 r^2} \right].
 \end{aligned}$$

Ordinariamente *a priori* vengono fissati: lo sforzo unitario R e la corda c , dalla quale dipende, per lo meno in gran parte, il valore di p ; τ è funzione di h , che si desume immediatamente dall'alveo da attraversare, k dipende da h e da c ,

e q è relativo al carico accidentale, cioè alla destinazione del ponte. L'unica quantità che noi possiamo variare nell'espressione di $V = 2 V_m + V_e + 2 v_1$ è dunque la r , cioè il rapporto fra i momenti d'inerzia I ed i . Il termine che contiene r è:

$$\frac{\tau^5 (505,816 - 141,6273 \tau) + r \tau^2 (62471,487 - 4861 \tau) - 540089,0625 r^2}{4,097335 \tau^6 + 1012,09376 r \tau^3 + 46\,875 r^2} = \zeta.$$

È utile il vedere come vada variando questa funzione ζ al variare di r . Per avere una nozione esatta, converrebbe attribuire a τ una serie di valori, per ciascheduno dei quali sarebbe

da indagare come si comporta la funzione. Io mi limito semplicemente a fare l'indagine per $\tau = 1$ cioè per $h = c$.

In tale ipotesi si ha:

$$\zeta = \frac{-540089,0625 r^2 + 39\,149 r + 364,1887}{46\,875 r^2 + 1012,09376 r + 4,097335}$$

Applicando i procedimenti di massimo e minimo si arriva all'equazione:

$$2\,381\,718\,051 r^2 + 38\,568\,520 r + 208\,187 = 0,$$

le cui radici sono immaginarie, per cui la funzione in termini reali non ammette nè massimo nè minimo.

Nella tabella seguente si sono raccolti i valori di ζ dati i valori di r sopra elencati.

$r =$	0,001	0,01	0,02	0,04	0,05	0,1	1	10	100
$\zeta =$	78,127	37,114	21,609	8,9145	5,6514	-1,9542	-10,452	-11,414	-11,537

Si vede che la funzione ζ è decrescente rapporto ad r , ovvero che tanto più grande è il rapporto r , cioè quanto è più piccolo il momento d'inerzia della pila a confronto di quello dell'arco, e tanto più piccolo diventa il volume del ponte. Dei valori di r ammessi nella tabella, molti sortono dal dominio della pratica, però, dai risultati teorici è chiaro il convincersi che

a partire da un certo limite di r , col continuare ad aumentare il suo valore, così da portarlo da 1 a 10 a 100, il beneficio che se ne ottiene nel volume è molto piccolo, perchè da $\zeta = -10,542$ si passa a $\zeta = -11,414$ e $\zeta = -11,537$.

Pigliamo in considerazione $V = 2 V_m + V_e + 2 v_2$; sostituendo si ha:

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{c^2}{R} \left[4,3842 p + 38,9499 q + 2,3554 \frac{p}{\tau} + 2,3554 \frac{q}{\tau} + 1,1777 \frac{k}{\tau^2} + \right. \\
 &\quad \left. + q \frac{-141,6273 \tau^5 + r \tau^2 (31235,75 - 23322,4861 \tau) - 540089,0625 r^2}{4,097335 \tau^6 + 1012,09376 r \tau^3 + 46\,875 r^2} \right].
 \end{aligned}$$

Fatto $\tau = 1$ nel termine variabile ζ , si ottiene:

$$\zeta = \frac{-540089,0625 r^2 + 7913,2639 r - 141,6273}{46875 r^2 + 1012,09376 r + 4,097335}, \quad \frac{d\zeta}{dr} = 917552500 r^2 - 8852102 r - 175764,9 = 0.$$

Risolta questa equazione, si trova che ζ , e quindi il volume del ponte, ammette un massimo per $r = 0,01948$ ed un minimo per $r = -0,00983$; quest'ultimo risultato pratica-

mente non ha valore alcuno.

Troviamo per la serie di valori qui sotto elencati di r , i valori corrispondenti di ζ .

$r =$	0,001	0,01	0,02	0,04	0,05	0,1	1	10	100
$\zeta =$	-26,036	-6,1625	-4,6275	-5,7638	-6,3774	-8,2765	-11,1151	-11,4803	-11,518

Analogamente:

$$V = 2V_m + V_b + 2v_1 = \frac{c^2}{R} \left[4,0637 p + 25,9666 q + 2,3554 \frac{p}{\tau} + 1,1777 \frac{q}{\tau} + 1,1777 \frac{k}{\tau^2} + \right. \\ \left. + q \frac{\tau^5 (505,816 - 94,4182 \tau) + r \tau^2 (62471,487 - 10411,8133 \tau) + 77156,25 r^2}{4,097335 \tau^6 + 1012,09376 r \tau^3 + 46875 r^2} \right],$$

per $\tau = 1$ si ha:

$$\zeta = \frac{77156,25 r^2 + 52059,674 r + 411,398}{46875 r^2 + 1012,09376 r + 4,097335},$$

$$\frac{d\zeta}{dr} = 2362200700 r^2 + 37936330 r + 203067 = 0$$

equazione quest'ultima che ammette due radici immaginarie, quindi ζ non ha nè massimo nè minimo in termini reali. Compilando la solita tabella si ha:

$r =$	0,001	0,01	0,02	0,04	0,05	0,1	1	10	100
$\zeta =$	89,8957	49,7051	34,4276	21,8867	18,6591	11,1294	2,7067	1,7534	1,6568

Similmente:

$$V = 2V_m + V_b + 2v_2 = \frac{c^2}{R} \left[4,0637 p + 25,9666 q + 2,3554 \frac{p}{\tau} + 2,3554 \frac{q}{\tau} + 1,1777 \frac{k}{\tau^2} + \right. \\ \left. + q \frac{-94,4182 \tau^6 + r \tau^2 (31235,75 - 10411,8133 \tau) + r^2 77156,25}{4,097335 \tau^6 + 1012,09376 r \tau^3 + 46875 r^2} \right]$$

per $\tau = 1$ si ha:

$$\zeta = \frac{77156,25 r^2 + 20823,9367 r - 94,4182}{46875 r^2 + 1012,09376 r + 4,097335}$$

$$\frac{d\zeta}{dr} = 898032700 r^2 - 9483970 r - 180383 = 0$$

risolta questa equazione, si trova che la funzione ζ ammette un massimo per $r = 0,02039$ ed un minimo per $r = -0,00983$, che per la natura del problema stesso non ha significato pratico.

Si ha anche:

$r =$	0,001	0,01	0,02	0,04	0,05	0,1	1	10	100
$\zeta =$	-14,2577	+6,4286	8,1905	7,2085	6,6303	4,8071	2,0439	1,6868	1,6501

In modo analogo:

$$V = 2V_l + V_e + 2v_1 = \frac{c^2}{R} \left[3,7432 p + 12,9833 q + 2,3554 \frac{p}{\tau} + 1,1777 \frac{q}{\tau} + 1,1777 \frac{k}{\tau^2} + \right. \\ \left. + q \frac{\tau^5 (505,816 - 47,2091 \tau) + r \tau^2 (62471,487 + 1249,4297 \tau) + r^2 694401,563}{4,097335 \tau^6 + 1012,09376 r \tau^3 + 46875 r^2} \right]$$

$$\zeta = \frac{694401,563 r^2 + 63720,916 r + 458,607}{46875 r^2 + 1012,09376 r + 4,097335 r^2}$$

che non ammette nè massimo nè minimo in numeri reali.

Si ha inoltre:

$r =$	0,001	0,01	0,02	0,04	0,05	0,1	1	10	100
$\zeta =$	101,433	61,6351	46,676	34,441	31,303	23,995	15,840	14,917	14,844

$$V = 2 V_l + V_e + 2 v_2 = \frac{c^2}{R} \left[3,7132 p + 12,9833 q + 2,3554 \frac{p}{\tau} + 2,3554 \frac{q}{\tau} + 1,1777 \frac{k}{\tau^2} + \right. \\ \left. + q \frac{-47,2091 \tau^6 + (31235,75 + 1249,4297 \tau) r \tau^2 + 694401,5625 r^2}{4,097335 \tau^6 + 1012,09376 r \tau^3 + 46\,875 r^2} \right] \\ \zeta = \frac{694401,5625 r^2 + 32485,1797 r - 47,2091}{46\,875 r^2 + 1012,09376 r + 4,097335}$$

che ammette un massimo per $r = + 0,022252$ ed un minimo per $r = - 0,009914$.

Compilando la solita tabella, questa risulta:

$r =$	0,001	0,01	0,02	0,04	0,05	0,1	1	10	100
$\zeta =$	-2,7208	+18,359	20,429	19,679	19,274	17,673	15,177	14,851	14,818

$$V = 2 V_l + V_b + 2 v_1 = \frac{c^2}{R} \left[3,4227 p + 2,3554 \frac{p}{\tau} + 1,1777 \frac{q}{\tau} + 1,1777 \frac{k}{\tau^2} + \right. \\ \left. + q \frac{505,816 \tau^5 + (14160,1025 \tau + 62471,487) r \tau^2 + 1\,311\,646,875 r^2}{4,097335 \tau^6 + 1012,09376 r \tau^3 + 46\,875 r^2} \right] \\ \zeta = \frac{1\,311\,646,875 r^2 + 76\,631,5895 r + 505,816}{46\,875 r^2 + 1012,09376 r + 4,097325}$$

il cui massimo e minimo ha luogo per valori immaginari di r .

$r =$	0,001	0,01	0,02	0,04	0,05	0,1	1	10	100
$\zeta =$	113,212	74,226	59,484	47,413	44,311	37,079	28,998	28,738	27,992

Finalmente:

$$V = 2 V_l + V_b + 2 v_2 = \frac{c^2}{R} \left[3,4227 p + 2,3554 \frac{p}{\tau} + 2,3554 \frac{q}{\tau} + 1,1777 \frac{k}{\tau^2} + \right. \\ \left. + q \frac{(14160,1024 \tau + 32235,75) r \tau^2 + 1\,311\,646,875 r^2}{4,097335 \tau^6 + 1012,09376 r \tau^3 + 46\,875 r^2} \right] \\ \zeta = \frac{1\,311\,646,875 r^2 + 46395,8524 r}{46\,875 r^2 + 1012,09376 r + 4,097335}$$

ammette un massimo per $r = + 0,022645$ ed un minimo per $r = - 0,009929$.

$r =$	0,001	0,01	0,02	0,04	0,05	0,1	1	10	100
$\zeta =$	9,2522	31,478	33,711	33,069	32,573	30,931	28,356	28,020	27,976

Quantunque per arrivare a questi ultimi risultati, si sieno dovute fare delle ipotesi ed assumere dei numeri, che in pratica potranno anche variare di alcun poco, ciò non toglie di generalità alle conclusioni che si possono trarre, e cioè:

La ζ , che è funzione di r nell'espressione del volume V , è tale che, o non ammette affatto nè massimo nè minimo per valori reali di r , oppure ammette un massimo per valori di r prossimi a $+0,20$, ed un minimo per valori di r prossimi a $-0,0098$. Valori negativi di r non hanno significato pratico, e perciò è inutile di prenderli in considerazione; quanto poi al massimo di ζ esso ha luogo per un valore di r che è tanto lontano dai valori medi che si assumono in pratica, che non è certo da temere che si verifichi, anche lontanamente, il caso, che il volume del ponte abbia da essere un massimo.

Nei casi pratici più comuni r oscilla attorno all'unità, e dagli sviluppi precedenti riesce evidente che in prossimità a tale valore la funzione ζ è sempre decrescente, e quindi si può concludere: che quanto è più piccolo il momento d'inerzia della pila rapporto a quello dell'arcata, tanto più piccolo diventa il volume, e quindi il costo del ponte.

Tale conclusione è importante pel fatto che nei ponti elastici su pile elastiche, ad ugual grado di stabilità, diminuendo r , non solo si economizza nel materiale, e quindi nel prezzo, ma anche contemporaneamente si lascia maggior libertà alla corrente che passa di sotto, la qual cosa, in molti casi, può avere un'importanza capitale.

§ 19. — Ed ora facciamo l'ipotesi che le arcate elastiche sieno sorrette da pile rigide.

Ammettiamo ancora che le arcate sieno completamente cariche o completamente scariche del carico accidentale; in base a ciò l'ipotesi più svantaggiosa è che le arcate sieno sollecitate dal permanente e dall'accidentale.

La spinta S_a (vedi § 10 e § 12) è data da:

$$S_a = \frac{E}{A + D} = \frac{\gamma c^2}{8f} (p + q);$$

il momento inflettente prende la forma:

$$M_a = (p + q) \frac{x(c-x)}{2} (1 - \gamma);$$

e lo sforzo normale:

$$N_a = (p + q) \left[\frac{2f(c-2x)^2}{c^2} + \frac{\gamma c^2}{8f} \right],$$

quindi il volume V_a dell'arcata sarà espresso da:

$$V_a = \frac{1}{R} \int_0^c \left(N_a + M_a \frac{\Omega d}{I} \right) dx = \\ = \frac{(p+q)}{R} \left[\frac{2}{3} fc + \frac{\gamma c^3}{8f} + (1-\gamma) \frac{c^3}{42} \frac{\Omega d}{I} \right].$$

Le condizioni invece più svantaggiose della pila sono date, quando delle due arcate adiacenti una è sollecitata dall'accidentale e l'altra no. In tale ipotesi, in sommità della pila troviamo una forza verticale, agente dall'alto in basso, della intensità $\frac{c}{2} (2p + q)$ ed uno sforzo orizzontale $\frac{\gamma q c^2}{8f}$ corrispondente alla spinta del carico accidentale.

Indicato con k_1 il peso per unità corrente della pila, la componente normale è data da:

$$N_p = \frac{c}{2} (2p + q) + k_1 z;$$

ed il momento inflettente:

$$M_p = \frac{\gamma q c^2 z}{8f}.$$

Trattandosi di pile rigide, e quindi a grandi dimensioni trasversali, non è il caso di tener conto della flessione nella loro sollecitazione. Ciò posto, il volume V_p di una pila sarà dato da:

$$V_p = \frac{h}{2R} \left[2pc + qc + hk_1 + \frac{\gamma q c^2 h}{8f} \frac{\omega d}{i} \right],$$

ed il volume complessivo delle tre arcate e delle due pile risulterà espresso da:

$$V_o = 3V_a + 2V_p = \\ = \frac{3(p+q)c^2}{R} \left[\frac{2f}{3c} + \frac{\gamma c}{8f} + \frac{(1-\gamma)c}{42} \frac{\Omega d}{I} \right] + \\ + \frac{h}{R} \left[2pc + qc + hk_1 + \frac{\gamma q c^2 h}{8f} \frac{\omega d}{i} \right].$$

Fatte le solite posizioni, risulta ancora:

$$V_o = \frac{4,38396(p+q)c^2}{R} + \frac{c^2}{\tau R} \left[2p+q + \frac{k_1}{\tau} + 123,45q \right],$$

§ 20. — I risultati ottenuti in questi due ultimi paragrafi possono essere utilizzati in ricerche sommarie, in indagini di prima approssimazione, per sapere, presso a poco, quale sarà il volume del ponte, e quanta sarà l'economia che si potrà raggiungere con una determinata composizione.

Così, ad esempio, supponiamo un ponte in cui la portata delle arcate sia uguale all'altezza delle pile: dunque $c = h$ e quindi $\tau = 1$. Siccome in pratica non è da ritenere che sia $r > 10$, nè $r < 0,1$, entro tali limiti, come risulta dalle due prime tabelle del § 17, per:

$$\frac{p}{q} \geq 1 \quad \text{è} \quad V_l > V_m \quad \text{e} \quad V_b > V_c;$$

e finalmente, per tutti i valori di r (vedi la terza tabella allo stesso paragrafo) compresi fra 10 e 0,5612 è $v_2 > v_1$, e per valori di r inferiori a 0,5612, è $v_1 > v_2$.

Si hanno quindi le due espressioni del volume totale V (escluse le spalle):

$$V = 2V_l + V_b + 2v_2 \quad \text{per} \quad 10 > r > 0,5612 \quad \text{e} \quad \frac{p}{q} \geq 1$$

$$V = 2V_l + V_b + 2v_1 \quad \text{per} \quad 0,5612 > r \quad \text{e} \quad \frac{p}{q} \geq 1.$$

Per $r = 0,1$ si ha:

$$V_1 = 2V_l + V_b + 2v_1 = \\ = \frac{c^2}{R} [5,7781 p_1 + 38,2566 q + 1,1777 k_1];$$

per $r = 0,8$:

$$V_2 = 2V_l + V_b + 2v_2 = \\ = \frac{c^2}{R} [5,7781 p_2 + 30,7767 q + 1,1777 k_2].$$

Per $r = 1$:

$$V_3 = 2 V_l + V_b + 2 v_2 = \\ = \frac{c^2}{R} [5,7781 p_3 + 30,6914 q + 1,1777 k_3] ;$$

per $r = 1,20$:

$$V_4 = 2 V_l + V_b + 2 v_2 = \\ = \frac{c^2}{R} [5,7781 p_4 + 30,6337 q + 1,1777 k_4] ;$$

per $r = 10$:

$$V_5 = 2 V_l + V_b + 2 v_2 = \\ = \frac{c^2}{R} [5,7781 p_5 + 30,3735 q + 1,1777 k_5] ;$$

nelle quali :

$$p_1 < p_2 < p_3 < p_4 < p_5 , \quad k_1 > k_2 > k_3 > k_4 > k_5 .$$

In mancanza di dati precisi, che dipendono da altri elementi, se, per semplicità, si suppone che coll'aumentare di r ciò che si risparmia in k vada a compensare quello che si ha in più in p , oppure addirittura si ammette che le p e k rimangano costanti per tutti i casi (e si ricordi che c ed h sono mantenuti fissi) allora i volumi V diventano più facilmente comparabili fra di loro.

Si scorge infatti, immediatamente, che i volumi totali V vanno diminuendo coll'aumentare di r , ma da $r=1$ ad $r=10$ le diminuzioni di V che se ne ottengono sono talmente piccole che al di là di certi limiti il voler tenere il momento di inerzia della pila troppo piccolo rapporto a quello dell'arcata conduce ad economie irrisorie.

Il volume V_0 della stessa costruzione, progettata nell'ipotesi di pile rigide, porta ai seguenti valori (§ 19), ammesso

$$\text{ancora } \frac{f}{c} = \frac{1}{10} , \quad \frac{\omega d}{t} = \frac{100}{h} , \quad \tau = 1 :$$

$$V_0 = \frac{c^2}{R} [6,384 p_0 + 128,834 q + k_0] ,$$

e quindi :

$$V_0 - V_3 = \frac{c^2}{R} [6,384 p_0 + 128,834 q + \\ + k_0 - 5,7781 p_3 - 30,6914 q - 1,1777 k_3] ,$$

e supposto $p_0 = p_3$ e $k_0 = k_3$, mentre che sarà k_0 notevolmente maggiore di k_3 , si ha :

$$V_0 - V_3 = \frac{c^2}{R} [0,6059 p + 98,1426 q - 0,1777 k] .$$

Questo risultato, per quanto le ipotesi e le semplificazioni introdotte possano influire sul grado di approssimazione vera, prova chiaramente come l'economia di volume nei ponti completamente elastici per la massima parte cresca col crescere di q ; cresce pure coll'aumentare di p , e finalmente si realizza un'economia tanto più grande quanto minore è la k ; si scorge poi che l'influenza di questi due elementi p e k è ben piccola a confronto di quella di q , osservando i coefficienti da cui sono affette queste tre quantità. E siccome nei ponti di piccola luce il carico accidentale è preponderante sul permanente, si può concludere che in essi appunto si avrà maggior vantaggio se saranno progettati ad archi elastici su pile elastiche.

Si ammetta di aver un ponte a tre luci, e sia $c = 20$ m. e per ogni armatura sia $p = 800$ Cg. al m. corr., $q = 800$ Cg. e $k = 200$ Cg. ed inoltre $R = 6\,000\,000$ Cg. al m²; tenute ferme tutte le posizioni precedenti si ha :

$$V_0 - V_3 = m^3 5,264 ,$$

mentre che :

$$V_0 = m^3 7,221 ;$$

quindi su m³ 7,221, che sarebbero domandati dal sistema a pile rigide, si avrebbe un risparmio di m³ 5,264 pel sistema elastico, il che apporterebbe all'economia di $\frac{5,264}{7,221} = 0,729$, cioè al 72,9 per cento.

Si potrebbe obiettare a questo proposito, che per pile rigide così alte sarebbe preferibile anziché la forma a stilata, quella a palata, e se con ciò il volume, per quanto riguarda specialmente la pila, verrebbe diminuito, resterebbe però sempre il maggior ingombro dentro la corrente.

Per pile basse questa economia diminuisce rapidamente. Difatti, anziché $\tau = 1$ si faccia $\tau = 5$, cioè $h = 0,20$ e ripetiamo il conto, supposto ancora $r = 1$.

Dalle tabelle del § 17, essendo $\frac{p}{q} = 1$, si ricava :

$$V_m > V_l \quad V_e > V_b \quad v_1 > v_2 .$$

Quindi :

$$V_3 = 2 V_m + V_e + 2 v_1 = \\ = \frac{c^2}{R} [4,8553 p + 28,5461 q + 0,0471 k] ;$$

d'altra parte :

$$V_0 = \frac{c^2}{R} [4,784 p + 29,274 q + 0,04 k] ;$$

quindi :

$$V_0 - V_3 = \frac{c^2}{R} [p(4,784 - 4,8553) + \\ + (29,274 - 28,5461) q + (0,04 - 0,0471) k] = \\ = \frac{c^2}{R} [-0,0712 p + 0,7279 q - 0,0071 k] ,$$

ed ammesso ancora che per ogni armatura sia $p = 800$ Cg., $q = 800$ Cg., $k = 200$ Cg., tenuto sempre $c = 20$ m., $R = 6\,000\,000$ Cg. al m² si avrà :

$$V_0 - V_3 = m^3 0,0349 \quad V_0 = m^3 1,817 ;$$

quindi la proporzione del risparmio nel volume di un ponte tutto elastico, su altro della stessa composizione con pile rigide, è data dal rapporto :

$$\frac{0,0349}{1,817} = 0,01921 ,$$

ovvero dell'1.92 per cento.

Si può quindi concludere che i ponti ad archi su cerniere di estremità, completamente elastici, risultano tanto più economici quanto maggiore è l'altezza delle pile.

Se un ponte dovesse risultare costituito da una serie piuttosto numerosa di arcate, non sarebbe certo prudente di progettare elastiche tutte le pile, perchè al sopravvenire di un guasto qualunque, questo si propagherebbe da una spalla all'altra; sarà più opportuno di dividere tutte le arcate in gruppi di tre in tre, ad esempio, e fra ogni gruppo intercalare una grossa pila-spalla, tale che la sua stabilità sia as-

sicurata anche sotto l'azione della spinta e del peso di una arcata laterale, mancando l'altra.

E' chiaro poi che il progetto definitivo non potrebbe essere compilato sulle formule semplificate, che si sono adoperate in questi ultimi paragrafi, ma colle formule più esatte che si trovano in principio di questa Memoria. Si potrà rendere più spinta l'approssimazione se nel lavoro di deformazione di tutto il sistema si terrà conto, oltre che del momento inflettente e della componente normale, anche dello sforzo di taglio, e se in luogo di considerare ogni arcata o completamente carica, o completamente scarica del carico accidentale, si verrà determinando per ogni singola sezione la posizione che esso deve occupare perchè produca in unione al permanente ed alle variazioni di temperatura l'effetto più svantaggioso in corrispondenza alla sezione considerata.

§ 21. — Le espressioni delle spinte, che si sono trovate nei primi paragrafi, valgono, qualunque sia l'altezza delle pile.

Se si suppone che le pile vadano successivamente diminuendo, fino a diventare nulle in altezza, allora evidentemente i termini $B_1 B_2 B_3$, $b_1 b_2 b_3$ del § 5 diventano tutti uguali allo zero, e poichè a pile di nessuna altezza devono corrispondere abbassamenti nulli, è chiaro che si avrà $\lambda_1 = \lambda_2 = \mu_2 = \mu_3 = 0$.

Portate tali modificazioni nelle espressioni delle spinte, i valori di queste varranno pel caso in cui i tre archi sieno affatto indipendenti, su cerniere fisse di estremità, perchè nelle ipotesi fatte, le pile si sono supposte incastrate al loro piede. Ma se invece si ammette che la stessa altezza delle pile vada mano crescendo fino a divenire infinitamente grande, senza che diventi infinito il momento di inerzia i , si viene implicitamente a formare l'ipotesi che le pile siano elasticissime, cioè che le loro estremità superiori si possano muovere senza incontrare nessuna resistenza, il che corrisponde al caso di archi continui appoggiati su cerniere situate su di un piano orizzontale, su del quale possano scorrere senza attrito; oppure che il sistema di archi continui a cerniera, appoggi su pile a cerniera inferiore, e ciò anche se la lunghezza delle pile non è infinita. Perchè queste condizioni sieno soddisfatte, conviene anche qui ammettere $\lambda_1 = \lambda_2 = \mu_2 = \mu_3 = 0$.

Si prenda l'espressione di Q_1 (§ 5), e dividiamo numeratore e denominatore per $B_1 b_1$, e quindi si faccia $B_1 = b_1 = \infty$, risulta allora:

$$Q_1 = \frac{E_1}{(A_1 + A_2 + A_3 + D_1 + d_1 + \delta_1)}$$

nella quale conviene tener presente che $\lambda_1 = \lambda_2 = \mu_2 = \mu_3 = 0$.

Operando in modo analogo su Q_2 e su Q_3 si troverebbe:

$$Q_1 = Q_2 = Q_3 = \frac{E_1}{(A_1 + A_2 + A_3 + D_1 + d_1 + \delta_1)}$$

cioè, nel sistema ad archi continui su cerniere, di cui quelle di estremità sono fisse, e tutte le altre sono scorrevoli senza attrito sul piano orizzontale passante per quelle di estremità, le spinte orizzontali in ciascun arco sono tutte uguali fra di loro, conclusione alla quale si poteva pervenire col considerare l'equilibrio delle componenti orizzontali attorno a ciascuna coppia di cerniere a contatto.

Se poi gli archi si suppongono tutti uguali fra di loro, allora:

$$A_1 = A_2 = A_3 = A \quad D_1 = d_1 = \delta_1 = D$$

e quindi:

$$q_1 = q_2 = q_3 = \frac{E_1}{3(A + D)}$$

cioè la spinta in ciascun arco non è altro che la terza parte di quella che competerebbe ad una sola arcata a cerniere fisse e sollecitata dagli stessi carichi, come nel sistema continuo. E' chiaro che alla stessa conseguenza si arriverebbe se il peso P si trovasse nella seconda o nella terza arcata.

Riesce poi evidente che a pari caricamento, nei ponti ad archi continui su pile elastiche, queste opponendosi in parte alla trasmissione delle spinte, nelle arcate cariche si avranno spinte che saranno maggiori delle corrispondenti con pile a cerniera, nelle arcate scariche, spinte che saranno minori. Ma al § 12 si è visto che negli archi parabolici carichi il volume è maggiore quanto più piccola è la spinta; e per gli archi scarichi il volume diventa pure massimo quanto invece è maggiore la spinta; per cui si può concludere che a pari cimento, per quanto spetta alle arcate, si richiederà minor volume nel sistema con pile elastiche anzichè in quello con pile a cerniera, conclusione a cui si poteva venire direttamente per via induttiva, riflettendo che nei sistemi completamente elastici anche le pile intervengono alla resistenza di flessione, mentre che nei sistemi su cerniere le pile lavorano solo alla compressione.

Il ponte con pile a cerniere costituisce dunque il limite a cui convergono i ponti con pile elastiche, quando la loro altezza vada indefinitamente crescendo.

Fatta eccezione delle pile a cerniera, tutti i ponti ad arco dovrebbero essere computati come se appoggiassero su pile elastiche, perchè tutti i materiali sono elastici, se non che la semplicità di calcolo e la maggiore garanzia di sicurezza fanno preferire nella pratica i ponti a pile rigide; ma in tutti quei casi in cui è importante l'ostacolare il meno che si può la corrente e le pile si possono formare facilmente elastiche, come nelle costruzioni in calcestruzzo armato, il sistema di archi elastici su pile elastiche può offrire dei vantaggi notevoli sul sistema oggidi comunemente usato.

Padova.

Ing. GIORDANO TOMASATTI.

TRAMVIE E FERROVIE ECONOMICHE

IL CONGRESSO DI LONDRA DEL 1902
SULLE TRAMVIE E FERROVIE ECONOMICHE
ed il problema
delle ferrovie secondarie in Italia (1)

Con questo titolo i tre delegati del Governo italiano, l'onorevole L. Rava, professore all'Università di Bologna, e gli ingegneri V. Capello e V. De-Benedetti del R. Ispettorato generale delle Strade Ferrate, pubblicarono la loro Relazione sui lavori del Congresso che fu tenuto in Londra, nei primi di luglio del 1902, dall'Unione internazionale permanente delle tramvie e con l'intervento dei delegati di quasi tutti gli Stati d'Europa.

(1) Relazione a S. E. il Ministro dei Lavori Pubblici. -- Op. in-4° di pagine 118, con 24 figure nel testo. -- Torino, Tip. Lit. Camilla e Bertolero, 1903.

Il Governo inglese e le grandi Associazioni degli ingegneri di Londra diedero largo appoggio e provvidero perchè contemporaneamente al Congresso, e negli stessi locali fosse aperta una importante esposizione di macchine ed apparecchi relativi alle tramvie ed alle ferrovie economiche, alla quale presero parte le più importanti Case costruttrici d'Inghilterra e degli Stati Uniti d'America.

Le questioni poste all'ordine del giorno si riferivano alla concessione, alla costruzione ed all'esercizio delle diverse categorie di ferrovie poste lungo le strade ordinarie per tutto o per parte del loro percorso, dalle tramvie urbane alle suburbane, alle intercomunali ed a quelle d'interesse assolutamente locale.

Il grande interessamento preso ora, solamente, dai Governi ai lavori dell'Unione internazionale, che già conta tanti anni di esistenza, prova come la questione delle ferrovie secondarie, destinate a soddisfare ad interessi e bisogni cui le ferrovie ordinarie non possono per diverse ragioni provvedere, venga sempre più a costituire un problema di primaria importanza per l'economia nazionale, specialmente oggi che la trazione meccanica, applicata alle ferrovie poste in tutto od in parte lungo le strade ordinarie, aumentando il numero delle comunicazioni, offrendo alla classe numerosa degli operai ed impiegati nei grandi centri, di raggiungere dai sobborghi di loro abitazione in modo rapido ed economico i rispettivi posti di lavoro, e facilitando alle regioni agricole lo scambio e il trasporto economico dei prodotti ai punti di mercato, ha reso possibili miglioramenti sociali che, fino a pochi anni sono, non si potevano neppure prevedere.

Epperò tutte le nazioni hanno cercato di disciplinare con leggi speciali questa categoria caratteristica di ferrovie, ammettendo quasi sempre per quelle extraurbane un concorso da parte dell'erario nazionale allo scopo di favorirne l'impianto. E in Irlanda, in Olanda, nel Belgio, in Germania, in Francia ed in Austria si ottennero già risultati soddisfacenti, specialmente nei rapporti col miglioramento economico delle regioni esclusivamente agricole.

In Italia, invece, la legge del 1896 sulle tramvie e ferrovie economiche, basandosi sui risultati invero lodevoli ottenutisi nell'Italia superiore e centrale, volle lasciare alla sola iniziativa locale la costruzione delle ferrovie sulle strade ordinarie, e le escluse da ogni aiuto da parte dello Stato, limitando questo alle sole ferrovie, che definiva come economiche, e pei soli tratti in sede propria. Onde le regioni meno ricche e precisamente tutta l'Italia meridionale ed insulare, dove non era possibile prevedere in breve periodo di anni un traffico sufficiente a remunerare le spese d'impianto ed esercizio, rimasero prive assolutamente di questo moderno ed economico servizio di trasporti, fatta eccezione di talune brevi zone presso i grandi centri abitati.

Fece quindi benissimo il Governo italiano ad inviare delegati di sua fiducia al Congresso dell'Unione tenutosi in Londra, ed egregiamente fecero i delegati medesimi, non limitandosi ad ascoltare relazioni e discussioni, ed a riassumere i voti e le proposte del Congresso, ma studiando in

correlazione dei voti espressi e di quanto con vantaggio dell'economia generale delle popolazioni si è fatto o si sta per fare presso altre nazioni, le modificazioni da apportarsi alla nostra legislazione in materia di ferrovie secondarie e di tramvie, e proponendo una riforma delle norme tuttora da noi vigenti per la concessione, la costruzione e l'esercizio delle tramvie e delle ferrovie economiche, la quale riforma è diretta ad agevolare la costruzione di ferrovie d'ordine secondario, a scartamento ridotto, atte a dar vita (come insegnano il Belgio, la Francia, l'Inghilterra, l'Austria e la Germania) a regioni povere e bisognose di mezzi di comunicazione non dispendiosi.

*

I quesiti posti all'ordine del giorno del Congresso erano 12.

Il *quesito 1°* aveva per titolo: « Legislazione dei tramways e delle ferrovie vicinali (*light railways*) » e l'ingegnere R. H. Scotter di Londra presentò al Congresso un suo studio sulla legislazione delle tramvie nei diversi paesi di Europa. Dal quale studio è risultato che le legislazioni in materia presso i differenti Stati sono troppo differenti, perchè si potesse addivenire senz'altro ad una discussione coordinata ed efficace, e senza incorrere in equivoci.

Mentre in Francia ed in Italia prendono il nome di *tramvie* tutte le ferrovie che corrono su strade rotabili ordinarie, senza impedire che sulla stessa zona di strada si effettui il pubblico carreggio, nel Belgio, in Olanda, in Germania, in Inghilterra e negli Stati Uniti d'America diconsi *tramvie* quelle sole ferrovie su strade che si sviluppano nell'interno degli abitati o nel suburbio, e diconsi *ferrovie vicinali* o *regionali* (*Kleinbahnen, light railways*), le altre ferrovie che, pure svolgendosi su strade rotabili, tendono ad unire fra loro diversi comuni o diverse regioni.

In Francia le tramvie sono, al pari delle ferrovie d'interesse locale le quali hanno sede distinta, sotto la sorveglianza del Governo, e quando la tramvia serve ad interessi intercomunali o interprovinciali, lo Stato accorda sussidi come alle altre ferrovie locali, nello stesso modo come li accordano la Germania, il Belgio, l'Inghilterra e l'Austria-Ungheria.

In Italia, lo Stato, salvo i pochissimi casi in cui la strada percorsa è nazionale, si disinteressa di tutto quanto riguarda la concessione, e non concede sussidi, limitandosi ad assicurarsi che le modalità di costruzione e di esercizio siano conformi alle esigenze fondamentali della sicurezza. Viceversa, vengono chiamate *ferrovie economiche* quelle che scorrono in sede propria, quand'anche fossero d'importanza inferiore a certe tramvie; per esse l'intervento degli enti locali è escluso, e l'azione di sorveglianza e di controllo è assunta completamente dallo Stato.

Di fronte a questa varia condizione di cose nei diversi Stati, la Relazione dell'ing. Scotter limitossi ad indicare della complessa questione quali in realtà siano i punti pei quali convenga che dalle diverse nazioni siano stabiliti criteri e norme uniformi.

In materia di *concessione*, l'ing. Scotter crede che siavi molto da imparare per tutti dall'eccellente sistema che fun-

zione in Belgio, dove « hanno riuniti insieme tre elementi discordanti che separatamente avrebbero posto una grande quantità di impedimenti: il Governo, le Autorità locali ed il pubblico. Il Belgio ha saputo riunirli in tale proporzione che ognuno di essi, da solo, è senza forza. Nessuna ferrovia vicinale o secondaria può essere con successo fatta senza che questi interessi siano fra loro combinati ».

Solo nel Belgio, in Inghilterra ed in Francia è ammessa la necessità di speciale inchiesta preliminare per riconoscere l'utilità pubblica della tramvia o ferrovia vicinale. « In Inghilterra, dopo la presentazione dei progetti e dei piani, la Reale Commissione per le tramvie e ferrovie leggere tiene una locale inchiesta nella regione che deve essere servita dalla nuova linea. Tutti gl'interessati possono intervenire alle sedute e parlare pro e contro. È veramente sorprendente quale buona impressione abbia prodotto questa innovazione sugli Inglesi ».

Anche in quanto alla durata della concessione sono sensibili le differenze esistenti tra i diversi paesi. Essa ad ogni modo dovrebbe essere tale da garantire l'ammortizzazione del capitale. Nel Belgio le concessioni sono a perpetuità; in Baviera di 90 anni; in Svizzera di 80. In Inghilterra la durata della concessione è di 33 ed anche di 52 anni, dopo di cui l'Autorità concedente può acquistare il binario al prezzo che viene di volta in volta stabilito, avuto riguardo ed alle spese eventualmente occorse per l'allargamento della strada, ed al consumo del materiale od alla deficienza di manutenzione della linea.

Anche per lo scartamento del binario lo Scotter segnala differenze sensibili. Mentre nel Belgio, come in Francia ed in Italia, nel Brunswick ed in Turchia lo scartamento di un metro è quello generalmente in uso, in Irlanda si costruirono oltre 600 miglia di ferrovie leggere con 6 differenti scartamenti, donde l'impossibilità degli scambi del materiale mobile, ed il danno di avere officine, stazioni, piazzali per ognuno dei tipi di scartamento. Oltrecchè con uno o tutt'al più con due scartamenti (quelli, ad esempio, di 1 m. e di 1,50) si può pure avere il vantaggio che il materiale mobile e le locomotive possono essere sempre più economicamente acquistate.

Il Congresso ha preso atto delle considerazioni e proposte del signor Scotter, nonchè di quelle aggiunte dal signor J. W. Addyman che lamentò le difficoltà che l'attuale legislazione inglese oppone all'impianto di nuove tramvie, le opposizioni che le municipalità muovono ed i gravami che impongono, e chiese che anche su questi punti avesse ad estendersi l'esame e l'inchiesta del Comitato composto da membri dei diversi paesi che dovrà fornire i chiesti elementi per il nuovo Congresso fissato per il 1904 a Vienna.

*

Il quesito 2° rifletteva i « Canoni da pagarsi alle Amministrazioni concedenti il suolo stradale ».

Il relatore, signor Albert Janssen, segretario generale dei tramways brussellesi, osservando che i compensi richiesti dalle Amministrazioni concedenti vogliono essere giudiziosamente stabiliti ed equamente fissati, mentre le popola-

zioni ricavano dal servizio delle tramvie ben altri vantaggi economici che non siano i compensi pecuniari diretti, e che vuol essere scartato ogni sistema di compenso o canone suscettibile per contraccolpo di spingere l'esercente a misure in opposizione coll'interesse o col *comfort* dei viaggiatori, propose al Congresso che i compensi alle Amministrazioni concedenti abbiano ad essere stabiliti sul principio di una percentuale sul beneficio netto dell'esercizio distribuito dall'azienda. La quale proposta, sebbene combattuta dai delegati della Francia e della Prussia, e perchè ivi le Compagnie pagano solo alle Amministrazioni concedenti un diritto di pedaggio coll'obbligo della manutenzione di un tratto della zona stradale, e perchè il sistema proposto obbligherebbe le Autorità ad un controllo sulle gestioni sociali che non potrebbe essere ammesso, è stata nondimeno approvata.

Ma, come bene osserva la Relazione dei Delegati italiani, questa deliberazione riuscirebbe pressochè inattuabile in Italia, non solo per la difficoltà di controllare la gestione in modo da ben stabilire quali siano i benefici netti, ma anche di ben definire quale sia il capitale realmente impiegato nell'azienda che deve partecipare agli utili, tanto più che molte Società concessionarie sono estere, con uffici d'amministrazione a Londra, a Bruxelles, a Parigi: donde la impossibilità di eseguire un controllo o riscontro serio ed efficace.

Il quesito 3°: « Vantaggi ed inconvenienti dello scartamento ridotto e di quello normale per le ferrovie di interesse locale » presentava anche per noi un'importanza grandissima, ora specialmente che in base alla Legge Balenano del dicembre 1902 per la costruzione delle ferrovie complementari, si sta per dare al binario ridotto una maggiore applicazione colle nuove linee della Sicilia e della Calabria.

La Relazione del signor De Burlet, direttore generale della Società Nazionale delle strade ferrate vicinali del Belgio, riassumendo le conclusioni dei precedenti Congressi, concludeva in favore dello scartamento ridotto a causa della minor spesa d'impianto e d'esercizio, e della grande adattabilità del tracciato che permette di vincere le difficoltà topografiche e di andare a cercare il traffico alle sue sorgenti.

Nè deve darsi molta importanza al timore che lo scartamento ridotto limiti di troppo la potenzialità del traffico. Basta ricordare l'entità del traffico realizzato sulle ferrovie a scartamento ridotto da Festiniog a Fort Madoc, della Bosnia, da Illigon a Darjeeling, e da noi della Bari-Barletta (42 mila viaggiatori ed 8 mila tonnellate di merci in un mese), della Napoli-Nola-Bajano (un milione di viaggiatori ed 80 mila tonnellate di merci in un anno). Vi sono in Belgio delle ferrovie vicinali su cui si realizzano fino a 52 mila franchi di prodotto chilometrico annuale per solo traffico di viaggiatori, e da 5 a 16 mila franchi per linee a traffico di viaggiatori e merci.

Che cosa si possa ottenere dalla ferrovia a scartamento ridotto fu pure meravigliosamente dimostrato, siccome ebbe a dire al Congresso l'ingegnere inglese, sig. Leslie S. Robertson, nel Sud-Africa in occasione della recente guerra. Il binario non era che di m. 1,067, eppure tutto il materiale

da guerra e tutte le truppe vi furono trasportate. E si sarebbe anche potuto adottare lo scartamento delle linee militari del Nord dell'India che è di m. 0,762, e che una lunga esperienza ha dimostrato suscettibile di un grande lavoro.

L'unico inconveniente, quello dei trasbordi ai transiti, non è neppure praticamente di grande importanza, poichè lo scambio di materiale rotabile all'atto pratico non si verifica fra le linee secondarie e la rete principale a cui possono essere allacciate, il materiale delle prime non potendo restare troppo tempo lontano senza essere sostituito, ed occorrendo alle prime una maggiore solidità dell'armamento per ricevere il materiale della grande ferrovia. D'altra parte, la spesa del trasbordo si riduce a poca cosa, oscilla dai 15 ai 25 centesimi per tonnellata, e mentre non potrebbe essere evitata che per i carichi di wagone completo, è spesa trascurabile a confronto coi vantaggi nelle spese d'impianto e d'esercizio proprii dello scartamento ridotto. Le spese di costruzione e quelle di esercizio collo scartamento di un metro sono in generale minori rispettivamente del 50 e del 25 per cento di quelle collo scartamento ordinario.

Alcuni oratori, e specialmente i rappresentanti delle tramvie tedesche, opposero la convenienza di avere lo scartamento normale sulle ferrovie vicinali e tramvie sulle quali abbiasi la trazione elettrica a vece di quella a vapore, per poter dare una migliore disposizione ai motori nelle vetture automotrici e per meglio provvedere alla loro manutenzione. E poichè la discussione erasi andata spostando dalle ferrovie vicinali alle tramvie urbane e specialmente a quelle elettriche, così il Presidente propose, e l'assemblea approvò, di rimandare le conclusioni ad un prossimo Congresso, in cui anche i punti non trattati verranno discussi.

Ma con ciò non deve intendersi che il Consiglio fosse contrario allo scartamento ridotto per le ferrovie vicinali (ferrovie economiche e tramvie intercomunali), mentre la sospensiva vuole essere riferita, per quanto riguarda la larghezza del binario conveniente, nel caso di trazione elettrica, specialmente sulle tramvie urbane.

*

Il quesito 4° rifletteva « i vari sistemi di trazione elettrica diversi da quello con filo aereo, spese d'impianto e di esercizio, inconvenienti e vantaggi ».

La riluttanza, oramai non troppo giustificata, che in talune città continuasi ad avere per la trazione elettrica a mezzo del filo aereo, ha obbligato ed obbliga a ricorrere alla canalizzazione sotterranea, od alla presa di corrente per contatti superficiali, od a ricorrere al sistema degli accumulatori elettrici.

Il relatore, signor ing. E. A. Ziffer, premesso che su 100 km. di tramvie a trazione elettrica, 82 sono col filo aereo, 11 cogli accumulatori e 7 soltanto con canalizzazione sotterranea o con contatti superficiali, raccolse dati interessanti sulle spese d'impianto e d'esercizio.

A Bruxelles, dove si hanno 10 chilometri di doppio binario con canalizzazione sotterranea (il conduttore è laterale e collocato sotto ad una delle rotaie), è risultato che la spesa

di trazione e di manutenzione sarebbe di L. 0,1422 colla conduttura sotterranea, e di L. 0,1283 col filo aereo, onde le differenze nelle spese di esercizio tra i due sistemi sarebbero lievi; ma è il costo d'impianto che è tanto diverso. Il costo della canalizzazione è stato di circa L. 100 mila per chilometro, oltre alla spesa di riparazione del pavimento stradale.

A Parigi, dove la « Compagnie générale parisienne de tramways » possiede nell'interno della città le tre linee: St. Ouen - Champ de Mars, Bastille - Gare de Montparnasse et Place de l'Étoile - Gare de Montparnasse, le spese d'impianto per la conduttura sotterranea furono in media di L. 265 mila il chilometro, comprese in questa somma circa L. 60 mila per la pavimentazione. La spesa di pulizia della conduttura sotterranea è di circa L. 2100 per chilometro all'anno, mentre il consumo di corrente è poco diverso da quello col filo aereo.

A Budapest il costo per chilometro variò da L. 71 mila a L. 110 mila; a Berlino fu di L. 102 mila, a Blackpool di L. 111 mila, a Dresda di L. 103 mila.

Nè meno costosi risultano i diversi tipi finora sperimentati di trazione con presa di corrente in punti isolati per contatti a livello del suolo.

Il sistema Claret-Vuilleumier, adottato sulla Parigi-Romainville, di 7 chilometri, costa per il solo impianto dei *feeders* principali, del distributore, dei *feeders* secondari, delle placche di contatto e dei diversi accessori, L. 21 547 per chilometro di semplice binario.

Il sistema perfezionato « Diatto », che è il più esteso, trovandosi adottato dalla « Compagnie Industrielle de traction pour la France et pour l'étranger », per circa 130 km. di binario, richiede per le sole spese d'equipaggiamento elettrico, sistema Diatto, L. 30 mila per chilometro di semplice binario; nè si sarebbe riusciti ad escludere totalmente il pericolo mortale alle persone ed agli animali che fossero messi a contatto di una placca, quando la cavaglia che porta la corrente alla placca rimanesse incantata, come talvolta avviene.

Lo stesso deve dirsi del sistema Brown, adottato in Inghilterra dalla « Lorain Steel Company », basato sullo stesso principio del sistema Diatto, con una modificazione relativa al mercurio dell'interruttore, perchè non abbiasi a ricambiare troppo spesso.

Epperò le conclusioni del Relatore in merito a tutti codesti sistemi di trazione, vuoi a conduttura sotterranea e presa continua, vuoi a contatti superficiali isolati, sono che le grandi spese d'impianto e di manutenzione dei sistemi di canalizzazione sotterranea sono un ostacolo alla loro applicazione fuori dei grandi centri, mentre i sistemi a contatti superficiali isolati non offrono ancora abbastanza sicurezza per il servizio.

Senonchè non parve nel momento attuale che fosse possibile al Congresso di emettere alcun voto al riguardo.

Bensì si trovarono i diversi oratori tutti concordi nel condannare senz'altro il sistema di trazione elettrica per mezzo di accumulatori, essendo risultato che a Dunkerque la trazione elettrica ad accumulatori, fatta con 11 vetture auto-

motrici, è costata in un anno 158 mila lire, mentre il servizio a cavalli, che si faceva in precedenza, non costava in media 68 mila lire all'anno; che a Berlino le Autorità concedenti, le quali avevano insistito per il sistema ad accumulatori, dovettero ritornare sul loro avviso, e permettere che fosse abbandonato, come lo è stato in Austria, a Torino, ecc.

*

Il quesito 5°, riflettente il costo dell'energia elettrica applicata alla trazione tramviaria, per quanto non si trattasse di quesito posto in discussione, ma solo di raccolta di dati, pure riuscì di speciale importanza in grazia della Memoria letta dal signor ing. Thonet, direttore della Società anonima di *Entreprise générale de Travaux*, di Liegi.

Il quale cominciò a rilevare che negli impianti delle Officine centrali sono generalmente prescritte le caldaie tubolari a focolare interno, del tipo Cornovaglia, a preferenza di quelle multitubolari, perchè di più economica manutenzione, e producenti vapore più secco. Va pure generalizzandosi l'impiego di apparecchi riscaldatori o economizzatori, tipo Green, capaci di un'economia che varia dal 7 al 25 per cento, e diverse Società hanno pure adottato i sovrariscaldatori.

Le macchine a vapore sono in generale compound-tandem, ed al di là di 1000 cavalli sono generalmente compound gemelle, colla dinamo fra i due cilindri. A Parigi ed a Berlino per grosse unità si impiegano macchine a tripla espansione.

Con macchine compound-tandem ed a condensazione da 300 a 700 cavalli, il consumo di carbone si può ritenere in media di kg. 1,30 per kilowatt-ora negli esperimenti di garanzia e di kg. 1,70 in servizio normale.

Il rendimento di queste macchine a vapore, che varia dall'80 al 90 per cento, risentesi molto dell'influenza della variazione nel carico; il consumo di carbone per kilowatt-ora, da kg. 1,70 con carico del 60 per cento della potenza, sale a kg. 1,85, con carico ridotto al 45 per cento. Per cui vi è grande interesse negli impianti di forza, nei quali il carico è variabile, ad adottare batterie di accumulatori-*tampons*.

Le spese di manutenzione giornaliera delle macchine fisse a vapore per vettura-chilometro, comprese le spese del personale di condotta, variano da L. 0,004 a L. 0,008 per vettura-kilometro.

Negli impianti con motori a gas povero, o misto, quali si hanno per i tramways di Losanna, Zurigo, Orléans, Poitiers, Reims, Cassel, Barcellona-Tibidabo, le spese di manutenzione dei motori sono meno elevate. Il consumo di carbone non è che di kg. 1,00 per kilowatt-ora; ma il consumo d'olio arriva a 17 grammi per kilowatt-ora, mentre colle motrici a vapore non è che di 4-7 grammi.

La maggior parte delle Società impiegano dinamo a corrente continua in derivazione kyper-compound o ad eccitazione shunt a 550 volts. Pochi sono gli impianti con correnti trifasi ad alta tensione e stazioni di trasformazione. La spesa di manutenzione delle dinamo è quasi insignificante; il consumo d'olio è di grammi 0,15 circa per kilowatt-ora.

L'uso delle batterie di accumulatori detti *tampons* nelle tramvie elettriche va sempre più estendendosi. Riescono con

essi grandemente diminuite le variazioni nel voltaggio; le variazioni sulla linea scendono da 150 ampères a 50, e l'economia che ne segue in carbone è dal 10 al 25 per cento.

Una Società di tramvie, avente da 24 a 28 vetture in servizio ed effettuante da 2700 a 4300 km.-vettura per settimana, abbisognava di tre macchine a vapore di 200 kilowatt, delle quali due accoppiate in parallelo; il servizio massimo momentaneo raggiungeva i 410 kilowatt, mentre la media era di soli 175 kilowatt. Cogli accumulatori potè sopprimere una delle tre unità. Il costo d'impianto che era di L. 525 000 circa, fu così ridotto del 30 per cento, aumentandolo però del costo delle batterie e *survolteurs*, circa L. 150 000. E così pure diminuirono le spese d'esercizio; il costo del kilowatt-ora scese da L. 0,074 a L. 0,05.

Il costo di primo impianto delle stazioni centrali può ritenersi in media di L. 790 per kilowatt installato, ove trattisi d'impianti funzionanti a vapore; di L. 800 se con motori a gas povero, e non minore di L. 1000 se con motori idraulici. Ma per questi ultimi le spese d'esercizio sono però molto inferiori, cosicchè le officine idroelettriche possono fornire la corrente a prezzi varianti fra L. 0,05 e L. 0,08 per kilowatt-ora.

In ogni caso conviene sempre alle tramvie l'aver una stazione centrale propria, perchè, acquistando l'energia elettrica da terzi, i prezzi per kilowatt-ora sono assai più elevati, ed oscillano da L. 0,13 (tramways di Cristiania) a L. 0,20 (tramways di Liegi).

*

Il quesito 6° « sui tipi di freno preferibili per le tramvie urbane », non potè dar luogo a conclusioni definitive da parte del Congresso, che deliberò si continuassero gli studi e se ne riferisse ad altra assemblea.

Il relatore, signor Poetz, ingegnere-capo della Società dei tramways di Amburgo, premesse le condizioni alle quali dovrebbero soddisfare i freni, sia di una vettura motrice, sia d'un treno composto della vettura motrice e di una rimorchiata, confrontando i diversi sistemi di freni in uso presso venti Società tramviarie esercenti linee a trazione elettrica, dalle quali potè avere i necessari elementi, conchiuse:

Che tra i freni a mano, quelli a vite non possono essere ammessi come freni di servizio, ma solo come freni di sicurezza, perchè il loro maneggio stanca troppo il personale. Invece i freni a catena, il cui rapporto di trasmissione varia da 1:80 ad 1:100, per vetture a due assi, non troppo pesanti, circolanti colla massima velocità permessa nell'interno delle città, risultano, dalle numerose esperienze, ordinariamente sufficienti, ben inteso se non vi sono vetture di rimorchio;

Che tra i freni elettrici possono ritenersi come freni di servizio soltanto quelli a corto circuito ed i freni elettromagnetici azionati da corrente messa in corto circuito, i quali peraltro non potendo fermare completamente, massime nelle pendenze, debbono essere aiutati dal freno a mano, che basta chiudere leggermente.

La sicurezza dell'esercizio esige che tutti gli assi siano frenati, massime se si fa uso di rimorchi e sono necessarie

le fermate a breve distanza. In questi casi si fa uso del freno *solenoid*e montato sulla timoneria del freno a mano.

Ma quando il numero delle vetture rimorchiate è più di una, è indispensabile il freno continuo ad aria compressa, che molte tramvie hanno adottato anche per una sola vettura rimorchiata e non senza avere prima applicato il freno elettrico, e sebbene siavi da opporre la maggiore complicazione e l'essere soggetto il freno ad aria ad inconvenienti per il gelo. Tuttavia è bene osservare che il Congresso, dopo animata discussione, non prese alcuna deliberazione sulla preferibilità del freno ad aria compressa sul freno elettrico.

*

Il *quesito* 7° riguardava le disposizioni regolamentari di buona esecuzione e di collaudo relative alla potenza dei motori e dei generatori.

Il Relatore, sig. G. Rasch, insegnante alla Scuola politecnica di Aix-la-Chapelle, propose che fosse ammesso il Regolamento adottato dapprima in prova per un anno dall'Associazione tedesca degli Ingegneri elettricisti, il quale ora sta per essere approvato in via definitiva dall'Associazione stessa.

Venne però fatto osservare da altri membri del Congresso che le condizioni della trazione elettrica sono così diverse nei singoli paesi, causa le leggi ed i regolamenti vigenti in proposito, da doversi ritenere, se non impossibile, poco pratico il prescrivere norme generali uniformi. E poichè in Inghilterra, sotto la presidenza del sig. William Preece, esiste un Comitato per lo studio di tali norme generali, fu accettata la proposta dell'ing. Scotter di deferire a detto Comitato l'incarico di studiare tali prescrizioni generali.

E intanto, in vista della sempre crescente applicazione che la trazione elettrica va prendendo anche in Italia, e della necessità che disposizioni regolamentari siano emanate anche da noi in materia di trazione elettrica, i delegati italiani hanno pubblicato, in appendice alla Memoria che stiamo riassumendo, una traduzione del Regolamento tedesco, raccomandato al Congresso dal relatore Rasch, e fanno istanza perchè il Ministero faccia pratiche per conoscere pure il risultato degli studi al riguardo fatti dal Comitato inglese presieduto dall'ing. Preece.

*

Il *quesito* 8°, relativo al servizio dei biglietti di corrispondenza, ebbe a relatore il sig. Lavalard, amministratore delegato degli Omnibus di Parigi, il quale fece osservare che il servizio di corrispondenza data a Parigi fin dal 1852 ed andò sempre estendendosi; che su 18 Compagnie esercenti tramways che a lui inviarono elementi per il Congresso, 16 hanno adottato la corrispondenza con altre linee, ottenendone buoni risultati, e 13 danno la corrispondenza gratuita, mentre le altre fanno pagare un leggero supplemento.

Anche nelle grandi città dell'America del Nord il servizio di corrispondenza è adottato in larga scala, da quasi tutte le Compagnie.

Per quanto il sistema della corrispondenza possa prestarsi alla frode tanto da parte degli agenti tramviari che del pubblico, tuttavia, usando le debite precauzioni, la corri-

spondenza ha condotto sempre ad un aumento del traffico; solo per l'interno delle città è consigliabile la gratuità della corrispondenza, mentre per i Comuni suburbani vi deve essere sempre una tariffa supplementare. Il cambiamento di colore nella carta, soprattutto per distinguere il senso del viaggio, e l'indicazione del giorno e dell'ora all'atto della consegna del biglietto, sono precauzioni utilissime. Inoltre può essere conveniente di sopprimere la corrispondenza nei giorni di forte affluenza, come nei giorni festivi.

Nei casi di corrispondenza fra linee di Compagnie diverse, il Relatore ricorda la conclusione presa dal Congresso del 1887, che cioè la ripartizione del prodotto dev'essere fatta, non in ragione della lunghezza assoluta del percorso effettuato, ma delle condizioni reali d'esercizio.

Le conclusioni del Relatore furono in massima accettate, ma la discussione sui mezzi di evitare le frodi condusse alla nomina di una Commissione incaricata di studiare questa parte della questione, tenendo presenti gli inconvenienti a cui la corrispondenza ha dato luogo nei diversi paesi ed i risultati ottenuti coi diversi sistemi in uso.

*

Il *quesito* 9°, riguardante la convenienza di estendere il servizio dei tramways urbani al trasporto dei bagagli, delle merci e delle corrispondenze postali, ebbe a relatore il signor ing. Marsal, direttore delle ferrovie economiche biellesi, il quale informò il Congresso che questo genere di trasporto è ben lungi dall'aver avuto nei diversi paesi d'Europa lo sviluppo di cui sarebbe suscettibile.

La sola Società dei tramways di Strasburgo risulterebbe avere istituito un servizio regolare di trasporto bagagli e messaggerie in piccoli colli; il prezzo di trasporto è uguale a quello dei biglietti corrispondenti ai posti da viaggiatori occupati, ed il servizio è limitato alle ore in cui non vi è grande affluenza di viaggiatori.

A Torino, Lipsia, Zurigo, Brünswick, Porto-Said e Barmen-Elberf si permette il trasporto gratuito dei colli portati a mano, percependo una tassa uguale al valore del biglietto del posto occupato dal collo, quando sia alquanto voluminoso.

A Lipsia ed a Strasburgo i tramways urbani trasportano i pacchi delle corrispondenze postali in un cesto sulla piattaforma anteriore, che gli agenti postali ritirano in punti determinati.

Parve, in conclusione, al Relatore che l'esempio della Germania possa consigliare l'attuazione di questo servizio dei trasporti di bagagli e colli di merci come pure di derrate alimentari sui tramways urbani, inquantochè il mezzo di trasporto popolare che offre il tramway potrebbe offrire una sorgente di traffico per lunghi percorsi nei sobborghi, remuneratore per l'esercente ed economico per le popolazioni operaie che i tramways urbani sono chiamati a servire.

*

Il *quesito* 10° rifletteva i vari sistemi di riscaldamento delle vetture per le tramvie e ferrovie vicinali (scaldini mobili, stufe, mattonelle od apparecchi speciali sotto i sedili, ad aria calda, a vapore, ad acqua calda, riscaldamento elettrico).

Il relatore, sig. Peiser, direttore aggiunto della grande Società dei tramways di Berlino, concluse che i diversi esperimenti ed i dati raccolti non permettono ancora di consigliare un sistema di riscaldamento piuttosto che un altro, ed il Congresso fu pure del medesimo avviso, essendosi specialmente fatte notare le gravi difficoltà di provvedere al riscaldamento delle vetture nei percorsi urbani, in causa della frequenza con cui le porte vengono aperte.

I tramways di Berlino hanno vetture a cavalli ed altre elettriche a *trolley* riscaldate con una stufa mobile provvista di griglia e riposta in una cassetta di lamiera di ferro posta sotto il sedile. L'apparecchio pesa 18 kg. e costa circa 85 lire, per ogni vettura da 20 posti a sedere, per l'impianto e circa 0,55 è la spesa in media di riscaldamento per giornata di 16 ore.

In alcune altre vetture elettriche dei tramways di Berlino si sarebbero adottati gli apparecchi elettrici della « Allgemeine Elektrizitäts Gesellschaft » di Berlino, consistenti in 4 registri di riscaldamento, o quadri di ferro (di metri $1 \times 1,35$ e $0,09$ di altezza) che mantengono tesi i fili arroventati. Ma l'impianto ne è molto costoso (da lire 420 a 560 per vettura) ed il costo dell'energia consumata è di circa lire 0,18 per ora.

La Società dei tramways di Aix-la-Chapelle sta provando il sistema di riscaldamento elettrico dell'« Union », con due apparecchi per ogni vettura, composti ciascuno di due corpi cilindrici di porcellana con un disco intermediario di lamiera di ferro sul quale è avvolto il filo di riscaldamento propriamente detto. Due apparecchi (del peso ciascuno di 6 kg.) sono accoppiati in serie con una tensione di 600 volts; il consumo di corrente è di 3 ampères; la spesa d'impianto è di circa 100 lire.

La Società dei tramways di Hanovre riscalda le vetture per mezzo di un filo avvolto su sè stesso e posto immediatamente sul pavimento, contro le pareti verticali dei sedili e che corre per tutta la lunghezza della vettura entro una guarnitura d'amianto protetta da lamierina di ferro perforato. Occorre una corrente di 3,5 ampères a 500 volts per portare il filo a color rosso, e la spesa d'impianto è di L. 50 circa per vettura. Questo genere di riscaldamento sarebbe riconosciuto sufficiente per i percorsi suburbani, ma per i percorsi nell'interno delle città, a motivo del continuo aprire delle porte, darebbe risultati poco soddisfacenti.

*

Sul *quesito 11°*, relativo alle ferrovie sotterranee, il relatore, M. Mahon, ingegnere in capo della « City and South London Railway », ha presentato al Congresso un'elegante e completo lavoro, dal quale i Delegati italiani hanno dedotte le seguenti notizie:

1. La linea « City and South London Railway », di km. 10,560, che parte da Stokwell ed attraversa la City fino ad Angel per essere prolungata fino ad Islington, consta di due gallerie parallele, rivestite di anelli di ghisa della larghezza di m. 0,50, composti di 7 pezzi, e collocati in opera durante lo scavo. Fra la roccia e gli anelli fu inietata

della malta cementizia con macchine speciali; il rivestimento interno è fatto con mattonelle smaltate.

Il binario, che è di m. 1,435, ha rotaie Vignolles del peso di kg. 27 e kg. 36 per m. e poggianti su traverse. Una rotaia tipo Brunel fra il binario serve alla trasmissione della corrente elettrica a 500 volts. La corrente è generata a Stokwell a 2000 volts e vi sono due sotto-stazioni a London Bridge e ad Angel con batterie di accumulatori.

Il materiale mobile consta di 41 locomotive elettriche separate, del peso di tonn. 13,65, e di 87 vetture a due carrelli, capaci ciascuna di 128 posti a sedere. Il treno è formato da una locomotiva a tre vetture, le quali pesano tonnellate 28,16 se vuote e 36,16 se occupate. Il numero dei treni in moto è da 18 a 25; essi si succedono a circa 3 minuti d'intervallo nel periodo di massimo traffico. La velocità media è di circa 23 km. all'ora, ed escluse le fermate di km. 28. Dal dicembre 1890 fino al giugno 1902 i viaggiatori trasportati furono 72 779 608. Nel 1° trimestre 1901 l'introito fu di sterline 58 654 e le spese di esercizio di sterline 28 557.

2. La linea « Waterloo and City Railway », di 2 km. e mezzo, con due sole stazioni di estremità, viene esercita con corrente a 500 volts e con treni di quattro carrozze, di cui le estreme automotrici hanno due motori capaci di sviluppare da 46 a 60 HP assorbendo 70 a 100 ampères. Il peso dei treni carichi è di circa 100 tonn.; la durata del viaggio è di 5 minuti circa, e la velocità di circa 18 miglia all'ora. Nelle ore di minor traffico il servizio è fatto colle automotrici isolate, impiegando 4 minuti, ossia con una velocità di 22,5 miglia all'ora. Negli ultimi sei mesi si trasportarono circa 2 milioni e mezzo di viaggiatori.

3. La linea « Central London Railway », aperta all'esercizio il 30 luglio 1900, di circa 9 km. e mezzo, a due binari in tunnels separati e di poco più di 1 chilometro a semplice binario, ha scartamento di m. 1,435 ed è armata con rotaie Bridge (Brunel) del peso di 45 kg. al m. Essa ha 13 stazioni; quella estrema di Shepherd's Bush ha presso di sè la grandiosa stazione generatrice con 6 macchine Corliss-Reinolds di tipo Compound a condensatore, della forza caduna di 1300 cavalli, e 6 generatori di corrente trifasica a 5000 volts che viene trasformata a 550 nelle 4 sotto-stazioni esistenti lungo la linea.

Il materiale mobile consta di 28 locomotive elettriche munite di quattro motori ciascuna, della forza di 117 cavalli, del peso di 44 tonn., e che a pieno carico possono assorbire 1200 ampères, e di 168 vetture a due carrelli aventi ognuna 48 posti a sedere. Il treno consta di 7 vetture del peso totale a vuoto di 98 tonn.

Dall'apertura dell'esercizio (30 luglio 1900) al 31 dicembre 1901 si trasportarono 20 802 650 viaggiatori.

*

Il *quesito 12°* ed ultimo, riguardava l'utilizzazione del materiale, nel senso di stabilire il rapporto tra il numero dei viaggiatori trasportabili e quello dei posti offerti sulle diverse linee in un'annata di esercizio, per giorno, e nelle diverse ore della giornata; di stabilire se una riduzione di

tariffe potrebbe elevare sensibilmente questo rapporto, ed in caso affermativo quale sarebbe il valore massimo del rapporto con un buon esercizio che soddisfaccia tanto gli interessi del pubblico che quelli dell'esercente; infine di vedere se vi sia vantaggio ad impiegare su talune linee dei tramways urbani vetture di differente grandezza per tener conto della variazione del traffico.

Ma il relatore, sig. ing. Neiszen, direttore dei tramways di Amsterdam, non potè, cogli elementi assai scarsi e poco concordanti pervenuti al riguardo dalle diverse Società tramviarie, addivenire a conclusioni definitive e propose di rinviare la trattazione del tema ad altro Congresso, limitandosi ad osservare che nella maggior parte dei casi una riduzione di tariffa può elevare favorevolmente il rapporto tra il numero dei viaggiatori e quello dei posti offerti; che per le linee sulle quali in certi giorni e in talune ore del giorno circolano vetture vuote o quasi vuote, non è possibile stabilire il valore del rapporto che corrisponde nei momenti di grande affluenza; e che solo in casi specialissimi si potrà far fronte utilmente alle oscillazioni del traffico con vetture di diverse grandezze, mentre in generale è preferibile il sistema delle vetture di rimorchio.

(Continua)

G. S.

NOTIZIE

Il grandioso progetto dell'ingegnere Antonio Averone per la sistemazione idraulica del Mantovano, la bonifica e la navigazione interna dal Mincio al mare. — La questione della bonifica di tutta la plaga sinistra del Po, dal Cremonese al mare, è di eccezionale importanza per i territori mantovani, ed involge problemi, la cui soluzione ha affaticato, fin dai tempi più remoti, le menti di quanti ebbero ad occuparsene con competenza.

Agli antichi quesiti oggi se ne aggiungono altri di non minore importanza, relativi alla navigazione interna nella valle del Po ed alla utilizzazione della gran copia di energie idrauliche inopere.

Sembra ora che si possano insieme collegare tutti questi problemi e raggiungere la loro soluzione con un progetto unico di relativa facile esecuzione. Tale è almeno il parere di tecnici competentissimi e di molti interessati del Mantovano e delle regioni finitime.

L'ingegnere cav. Antonio Averone, dell'Ufficio del Genio Civile di Mantova, il cui nome è già favorevolmente noto ai lettori dell'*Ingegneria Civile*, il quale ebbe modo di studiare a fondo, con quell'amore e quell'attività che lo distinguono, tutti i complessi e difficili problemi che si riferiscono alla grande opera della sistemazione idraulica del Mantovano, aderendo all'invito dai colleghi di Mantova e della Provincia, tenne addì 22 marzo 1903, nell'aula dell'Accademia Virgiliana, in Mantova, una conferenza su di un suo progetto diretto a raggiungere il triplice scopo della radicale *bonificazione* agricola dei laghi di Mantova e del territorio mantovano alla sinistra del Po; del relativo *miglioramento igienico* e dell'incremento della *navigazione interna*, facendo Mantova centro delle comunicazioni fluviali tra il lago di Garda, l'Alta e media Lombardia e il mare Adriatico.

L'ing. Averone premise che la benemerita Commissione per la navigazione interna, presieduta dall'on. comm. Romanin Jacur, ha proposto nella sua relazione la sistemazione del lago di Garda, riducendo il Mincio a bocca tassata (colla portata costante di 60 metri cubi circa al minuto secondo) e stabilendo una comunicazione d'acqua di grande potenzialità tra il lago di Garda e Mantova, comunicazione che dà modo di creare un'ingente forza idraulica utilizzabile a scopo industriale.

Queste proposte, mentre hanno di per sè il gran merito di presentare l'attuabilità di un complesso di provvedimenti, dai quali la città e la provincia di Mantova e tanti altri paesi trarranno indiscutibili vantaggi, hanno anche il pregio di facilitare, col sostanziale cambiamento di regime del Mincio, l'esecuzione del progetto del signor ingegnere Averone, progetto, grandioso e complesso nei suoi nobili scopi, ma invece molto semplice nei mezzi proposti per l'attuazione degli scopi medesimi.

Il progetto Averone integrerebbe infatti ed in parte sostituirebbe i progetti di bonifica:

- a) del territorio a sud di Mantova (Paio);
- b) di Roncocorrente;
- c) Mantovana-Cremonese (Navarolo);
- d) delle Valli Veronesi Ostigliesi;
- e) dei laghi di Mantova;
- f) della sistemazione della navigabilità del Tartaro, Canal Bianco e Po di levante;
- g) del territorio alla sinistra del Po (Polesine).

È noto come per l'esecuzione di questi progetti vennero stanziati nel bilancio dello Stato, o preventivate, somme ragguardevoli (circa quaranta milioni), e l'egregio ingegnere Averone conterebbe di far servire dette somme all'attuazione del suo progetto, il quale è più razionale, perchè mira ad attuare bonificazioni naturali con un unico canale collettore continuo, direttamente sfociante nel mare; e meno costoso, perchè sopprimerebbe le gravosissime spese d'esercizio delle bonifiche artificiali, e anche le spese di manutenzione sarebbero in confronto infinitamente inferiori; più completo, perchè tende ad ottenere concomitantemente gli scopi suddetti (bonificamento igienico, intensificazione della produzione agricola e incremento della navigazione interna), mentre i progetti singoli di bonificazione artificiale retroindicati non riuscirebbero tutti efficacemente, frustrandosi, se non altro, lo scopo igienico, come ormai è convinzione generale, dopo i risultati dei recenti studi sulla malaria.

Il progetto Averone si basa:

a) Sul ristabilimento della comunicazione diretta del Mincio col mare, ottenuta coll'apertura di un altro alveo fra il Mincio attuale e il Tartaro, seguendo la traccia del colatore Fissero (antico corso del Mincio, fino al quinto secolo): col Tartaro verrebbero sistemati il Canal Bianco e il Po di Levante;

b) Sulla creazione di un canale di comunicazione del Mincio (presso Goito) coll'Oglio (presso San Michele in Bosco), per scaricare nell'Oglio le eventuali sovrabbondanze del Mincio;

c) Sull'abbassamento del livello delle acque dei laghi o stagni di Mantova (circa alla quota 12), le quali acque verrebbero raccolte in un canale mediano disarginato, corrispondente presso a poco all'antico letto del Mincio, prima della costruzione della diga Ponte Mulini (Pitentino, 1198); questa diga verrebbe sostituita da altra da costruirsi poco a monte della stazione di Mantova, con apposita conca per la navigazione del corso superiore del Mincio;

d) Sul coordinamento della bonifica cremonese-mantovana con quelle del restante territorio alla sinistra del Po, facendo sottopassare il canale collettore, con apposita botte, sotto il fiume Oglio, e dirigendolo a sboccare nel Mincio nei pressi della chiavica Bolognina.

L'esecuzione del progetto Averone appare anche relativamente facile, perchè mira a fare, alla sinistra del Po, quanto si è fatto e si sta facendo alla destra di quel fiume, avendo su questo il vantaggio di fruire delle migliori condizioni altimetriche del territorio e di giovare di opere da tempo esistenti e suscettibili di modificazione.

È il raggiungimento del triplice intento propostosi sembra anche abbastanza facile, almeno da quanto si deduce dall'esame delle linee generali del progetto.

In quanto alla *bonificazione agraria e all'incremento della produzione agricola*:

La bonificazione agraria generale della plaga a sinistra del Po, dal basso Cremonese al mare, si otterrebbe con un canale (vedi sopra la lettera d) che raccoglierebbe le acque scolanti a destra dell'Oglio, e, sottopassando all'Oglio con apposita botte, convoglierebbe le acque

del comprensorio di Roncocrete e di quelle della restante plaga a destra del Mincio (molto vasta), le cui condizioni idrauliche sono molto cattive, e pel miglioramento delle quali si agitano attualmente tanti interessati.

La bonificazione dei laghi di Mantova e delle terre basse circostanti si otterrebbe in modo naturale coll'abbassamento del livello delle acque dei laghi e colla conseguente emersione delle terre adiacenti all'antico letto del Mincio, poichè le acque scorrerebbero nel canale del Mincio che si immetterebbe nel Fissero e poscia nel Tartaro.

Siccome poi il livello di massima piena del canale di scarico, giunto fino alle Valli Ostigliesi-Veronesi, vi avrebbe una quota molto più bassa di quella dei territori più depressi, così la questione del deflusso delle acque di quelle terre sarebbe risolta nel modo più felice.

Altrettanto sembra si possa dire del territorio del Polesine, le cui condizioni idrauliche odierne verranno anzi di gran lunga migliorate coll'approfondamento e l'allargamento del canale emissario.

L'incremento della produzione agraria sarebbe dato dalla possibilità di creare nuove irrigazioni (al disotto del canale a destra del Mincio) (vedi sopra lettera *b*), fra Goito e San Michele in Bosco, di redimere e rendere poi irrigui terreni ora acquitrinosi e di intensificare le irrigazioni a sinistra del Mincio col rendere costante e più ricca la portata della fossa di Pozzuolo.

La bonificazione igienica di Mantova si otterrebbe col funzionamento del canale corrispondente press'a poco all'antico letto del Mincio, abbassando, come sopra si disse, il livello di questo da 17 a 12 metri, e ottenendo l'emersione delle valli e delle ripe, che potrebbero allora ridiventare i verdeggianti prati cantati da Virgilio.

Siccome le acque del canale sarebbero correnti su tutta la superficie, costanti nel livello e alimentate a volontà per mezzo della sistemazione del regime del Garda, con cui si ridurrebbe il Mincio a Peschiera al trattamento di bocca tassata, così si renderebbe impossibile la procreazione delle zanzare malarigene, le quali, come venne provato non possono vivere nell'acqua morta e corrente.

La navigazione interna verrebbe poi grandemente facilitata. È noto che il regime del Po andò continuamente peggiorando in causa delle arginature sue e dei suoi confluenti fin dalle sue prime origini, e che tali arginature, restringendone la sezione, sollecitano le acque ad un più rapido deflusso, producendo magre e piene pronunciate ed il trasporto di grandi quantità di sabbie ostacolanti, nelle magre, la navigazione. Al corso del Po si sostituirebbe un comodo canale continuo a leggera pendenza, con portata quasi costante e con acque chiare, che permetterebbero non solo la comunicazione odierna dal mare coi territori alla destra e sinistra del Po nelle regioni Veneta, Lombarda ed Emiliana, ma anche le comunicazioni, ora inesistenti, per via d'acqua, dal mare col lago di Garda, coll'alta Lombardia e col Piemonte.

Infatti dal mare i navigli carichi di merce salirebbero per il Canal Bianco, il Tartaro e il Mincio a Mantova, donde si dirigerebbero al Trentino pel lago di Garda o all'alta Lombardia pei canali esistenti o progettati fra il Ticino, l'Adda, il Po e l'Oglio.

La nuova via interna sarebbe poi messa in comunicazione colla via fluviale parallela del Po mediante appositi canali secondari, facenti capo a Cavanella di Po, Polesella, Ostiglia e Governolo.

La città di Mantova ritrarrebbe dall'attuazione del progetto Averone una grande prosperità. Migliorate le condizioni igieniche della città e del territorio adiacente, resa possibile l'utilizzazione di cospicue forze idrauliche in appositi stabilimenti industriali costruiti vicino alla via d'acqua e alla stazione ferroviaria, la città di Mantova, la quale, coll'odierna navigazione fluviale lungo al Po, viene lasciata fuori dalla linea principale di traffico, verrebbe, col progetto Averone, a diventare il centro del traffico di navigazione interna tra il mare, la Lombardia e il Trentino.

Il porto di Mantova comunicherebbe col mare pel Mincio inferiore, il Tartaro, il Canal Bianco; col lago di Garda pel Mincio superiore; coll'Oglio per il nuovo canale fra Goito, San Michele in Bosco, e cogli altri porti padani coi canali secondari di allacciamento.

La distanza da Mantova al mare, che ora, per la via del Po, è di circa km. 200, sarebbe ridotta, per la via del Canal Bianco a km. 150.

Qualcuno potrebbe obiettare che il bisogno della costruzione di canali per la navigazione interna è meno sentito al presente, perchè le ferrovie si sono assicurate il quasi completo monopolio dei trasporti delle merci. Questa obiezione non ha fondamento, anzitutto perchè le merci povere hanno bisogno di un mezzo di trasporto a buon mercato, e secondariamente perchè, coll'aumentare del traffico, e specialmente delle industrie, il servizio di trasporto fatto dalle ferrovie è insufficiente e disadatto a fronteggiarne le crescenti esigenze. Ora le Amministrazioni ferroviarie sono costrette a tener alte le tariffe per compensarsi del danno loro derivante dalla necessità di soddisfare le richieste di trasporto delle merci povere, trasporto fatto in perdita, perciò la navigazione interna, sollevando le ferrovie dall'onere di questo trasporto, sarà utile tanto per le Amministrazioni ferroviarie, quanto per il ceto dei commercianti e industriali, che potranno attendersi qualche ribasso delle tariffe ferroviarie.

La prova che l'incremento della navigazione interna è causa ed effetto del crescere del movimento del traffico la si ha negli Stati più progrediti nelle industrie (Francia, Germania, Austria-Ungheria, Inghilterra, Belgio, Olanda, Stati Uniti d'America), che, non badando alla spesa di centinaia di milioni, si sono affrettati a costruire una estesa rete di canali per la navigazione interna.

La Camera di Commercio di Mantova, facendosi eco della popolazione mantovana, che ha appreso con tanta soddisfazione le proposte della benemerita Commissione governativa di navigazione interna e si interessa tanto del progetto dell'egregio ingegnere Averone, ha espresso voti fervidissimi che questi studi di conclamata e riconosciuta importanza generale pel Mantovano non solo, ma di tanta parte d'Italia superiore, siano presentati sollecitamente all'approvazione delle competenti Autorità, con raccomandazione vivissima di attuazione completa.

(Gazzetta di Mantova).

BIBLIOGRAFIA

L'Ingegnere. — Manuale per gli Ingegneri civili ed industriali, compilato dall'ing. EGIDIO GARUFFA. — Op. in-16° di pag. 783, con 802 figure nel testo. — Torino, U. T.-E., 1903. — Prezzo lire 8.

Il manuale è fra le opere di ingegneria quella che maggiormente attira l'attenzione degli Editori oculati, e che fino ad un certo punto solletica l'amor proprio degli Autori, inquantochè esso risponde ogni giorno più al bisogno assoluto del professionista, per il continuo progredire della scienza applicata, e dei metodi e degli accorgimenti dell'arte.

Ogni anno escono a centinaia dalle nostre scuole d'ingegneria i laureati, desiderosi di lavorare e frettolosi di arrivare a far molte cose in poco tempo e col massimo rendimento. E ce ne fossero dei manuali! È cosa naturale che se li procurino tutti, se pure non lo hanno fatto anche prima, per accelerare il compimento dei loro progetti di studio o temi d'esame. Anche l'ingegnere provetto, conscio della insufficienza dei manuali più in uso, come ebbe già tante volte a riconoscere nell'esercizio pratico della sua professione, non resiste alla tentazione di procurarsi o la nuova edizione del manuale che già conosce, od il nuovo manuale, che naturalmente si annunzia come l'integrazione di tutti i manuali più recenti e più pregiati, noti in Italia ed all'estero.

Onde al nuovo manuale dell'ing. Garuffa, di cui annunziamo la pubblicazione, desiderosi pure di rispondere alla cortesia della Casa Editrice che ce ne fece dono, ed il cui nome è già per se stesso una garanzia assoluta dell'eccellenza di tutto ciò che dallo stampatore o dall'editore può dipendere, non sarà per mancare il favore degli Ingegneri italiani, tanto più che l'opera dell'ing. Garuffa, del quale ci è nota la straordinaria attività nel raccogliere e pubblicare, presentasi effettivamente densa di dati pratici, di formole e di oltre 250 tabelle numeriche, e non mancano argomenti di vera novità, che nei precedenti manuali non potevano ancora essere entrati.

Della coscienza dell'Autore nel compiere l'opera intrapresa abbiamo pure una prova nella sincerità delle parole stesse colle quali l'ingegnere Garuffa chiude la propria prefazione al manuale: « In una pubblicazione del genere, colla necessaria concentrazione delle cifre e dei dati, saranno certamente incorsi errori e dimenticanze; sarò gratissimo a chi vorrà segnalarmi e gli uni e le altre ».

Auguriamo pertanto al nuovo manuale molti lettori ed altrettanti revisori, e quindi molte edizioni rivedute e corrette, e ciò nell'interesse della scienza applicata e dell'ingegneria pratica.

G. SACHERI.