



Ing. EFFREN MAGRINI



I

NUOVI SISTEMI DI FERROVIE IN EUROPA

Ferrovie sotterranee
Ferrovie ad una rotaia



Torino-Roma
CASA EDITRICE NAZIONALE
Roux e Viarengo

MVE 2701

Ing. EFFREN MAGRINI



I

NUOVI SISTEMI DI FERROVIE IN EUROPA

Ferrovie sotterranee
Ferrovie ad una rotaia



TORINO-ROMA
CASA EDITRICE NAZIONALE
ROUX E VIARENGO
1903

INDICE

PREFAZIONE	Pag. 5
INTRODUZIONE	" 7
Parte I. — Le ferrovie sotterranee elettriche nelle grandi città europee	" 17
I. — Ferrovie sotterranee di Londra	" ivi
II. — Ferrovie sotterranee di Parigi	" 33
III. — La ferrovia sotterranea di Buda-Pest	" 57
IV. — Ferrovia sotterranea di Glasgow	" 61
La ferrovia elevata e sotterranea di Berlino	" 65
Considerazioni sulle ferrovie sotterranee elettriche nelle grandi città	" 71
Parte II. — Le ferrovie ad una rotaia	" 77
Introduzione	" ivi
Ferrovie sospese	" 89

Ai miei genitori

PREFAZIONE

Durante l'anno 1902 furono pubblicati nella *Rivista Tecnica delle scienze e delle arti applicate all'industria* due miei studi sulle ferrovie sotterranee elettriche nelle grandi città e sulle ferrovie ad una rotaia.

Questi due nuovi sistemi di ferrovie recentemente applicate in Europa, ed anzi il secondo applicato solamente in Europa, danno prova degli studi medesimi fatti dagli ingegneri che si occupano di ferrovie e danno a sperare che ben presto, con l'applicazione dell'elettricità alla trazione, si abbiano fra le grandi città europee e nelle città stesse sistemi rapidi e comodi di trasporto con immenso vantaggio delle industrie e del commercio.

Gli studi e le prove fatte in Germania sulla utilizzazione delle correnti ad alto potenziale, per la trazione elettrica sulle ferrovie, hanno dimostrato quali grandi velocità si possono raggiungere: un nuovo sistema di ferrovia è stato ideato per rendere possibile praticamente questi rapidi mezzi di trasporto ed è la ferrovia sospesa ad una rotaia sistema Langen.

Nell'interno della città le ferrovie elettriche non si potevano certamente costruire al livello del suolo e si sono quindi sviluppate su larga scala le ferrovie metropolitane sotterranee. Onde far conoscere quali sono le linee ove questi sistemi vennero applicati, quelle ove si applicheranno e quali i vantaggi ottenuti praticamente, abbiamo pensato di riunire in un solo volume i nostri due studi, dopo di averli ampliati e coordinati fra di loro.

Ing. EFFREN MAGRINI.

INTRODUZIONE

Il continuo sviluppo delle industrie e del commercio nelle grandi città ha indotto i tecnici a studiare sistemi rapidi di trasporto, sia delle persone che delle merci, tanto nell'interno delle città quanto fra le città stesse.

Il problema che riguarda il trasporto delle persone nell'interno delle città e quello che riguarda il trasporto delle persone e delle merci fra una città e l'altra hanno molti punti di contatto: essi infatti hanno lo stesso scopo che è quello della massima velocità commerciale e della massima economia, così pare presentano la stessa risoluzione nella costruzione di una linea apposita e speciale; ma differiscono appunto nella natura di questa linea speciale da costruirsi inquantochè nel primo caso si adottano linee sotterranee, mentre nel secondo caso si costruiscono linee o al livello del suolo o sospese: non è però mancato il progetto di linea sotterranea anche nel secondo caso, come per la proposta ferrovia a grande velocità fra Vienna e Budapest.

La prima questione da studiarsi per la soluzione di entrambi i problemi è quella della natura della forza motrice da adottarsi. Per le ferrovie a lungo percorso, cioè quelle che uniscono grandi città, è ormai quasi da tutti ammesso che l'applicazione delle locomotive elettriche è la soluzione che si presenta con maggior probabilità di riuscita, come appunto venne dimostrato con le recenti esperienze fatte presso Berlino: con ciò però non cessano gli studi per costruire locomotive a vapore a grande velocità, ed una prova è la nuova locomotiva Thuile.

Noi in questo studio non trattiamo profondamente delle ferrovie elettriche, essendo nostro scopo quello di illustrare le ferrovie ad una rotaia, ove oltre ad usare locomotive elettriche, si fa uso di una speciale linea.

Ad ogni modo ci basta il constatare che paragonando la trazione elettrica a quella a vapore si hanno i seguenti risultati (1):

(1) EDUEN OSERHATI - Comparaison entre la traction électrique et la traction à vapeur.

L'Eclairage Electrique, n. 30, 27 juillet 1901, t. XXVIII, p. 130. Paris.

1°) Al punto di vista del consumo di vapore e di carbone, la trazione elettrica presenta seri vantaggi, perchè, se è vero che le locomotive le meglio costruite non consumano che 8 kg di vapore per cavallo-ora effettivo, le macchine fisse, compound, a condensazione, al di là di 2000 cavalli, non consumano che 5.5 kg di vapore per cavallo-ora effettivo, in modo che, tenendo conto delle perdite che si producono nelle dinamo generatrici, nei conduttori, nei trasformatori e nei motori, che sono circa il 30 %¹, il cavallo-ora effettivo nella ruota della locomotiva elettrica non consuma più di 8 kg di vapore nell'officina centrale.

Ora se è eguale il consumo di vapore per le locomotive elettriche e per le locomotive a vapore, il consumo di carbone è minore nelle prime che non nelle ultime, perchè 1 kg di carbone produce in media 6 kg 13 di vapore nella caldaia di una locomotiva e ne produce kg 8 nelle caldaie fisse di buona costruzione, in modo che la differenza è del 20 %¹, in meno in favore delle locomotive elettriche.

2°) Al punto di vista del peso delle due locomotive, l'Oserhati dimostra che il peso per cavallo utile è di 100 a 110 kg per le locomotive a vapore, mentre è solamente di 66 kg nelle locomotive elettriche e di 33 kg per le vetture automotrici; cioè il peso morto è del 40 al 70 %¹ più piccolo nel caso della trazione elettrica.

3°) Al punto di vista della ricuperazione dell'energia, i motori trifasici si raccomandano per la trazione elettrica, perchè si sa che il numero dei giri di un tale motore è praticamente costante a tutto carico, e che se si aumenta questa velocità per una causa esterna, il motore diventa generatore: ne risulta che allorchando un treno è in discesa e che la velocità aumenta al di là della velocità di regime, esso ricupera dell'energia sotto forma di corrente elettrica rinviata ai conduttori.

4°) Altri vantaggi si hanno con l'applicazione della trazione elettrica dal punto di vista delle spese di manutenzione delle caldaie e delle spese del personale, dal punto di vista del traffico e di quello strategico.

Vediamo ora se anche nelle ferrovie metropolitane sotterranee è utile la trazione elettrica.

Per dimostrare i vantaggi che si hanno usando la trazione elettrica diamo un calcolo delle spese per l'esercizio della ferrovia metropolitana di Berlino, tanto con la trazione a vapore, quanto con la trazione elettrica (1).

(1) Questi dati vennero dati dalla *Union Electricitäts Gesellschaft* di Berlino nella proposta da questa Società presentata per la trasformazione della ferrovia metropolitana di Berlino dalla trazione a vapore alla trazione elettrica.

Vedere l'articolo: « La trazione elettrica sulla Metropolitana di Berlino » nella rivista *The Tramway and Railway World* — Giugno 1900, vol. ix, Londra.

Trazione a vapore.

Capacità annuale 3.418.300 treni-miglia.

Interesse del capitale (3 $\frac{1}{2}$ % ¹ su 137.500.000 lire)	4.812.500
<i>Esercizio</i>	
78.000 tonnellate di coke	1.437.500
Caricamento, manutenzione e trasporto del coke	68.750
Acqua	75.000
Olio, lubrificanti, ecc.	62.500
Illuminazione dei treni	72.500
Riscaldamento dei treni	62.500
Personale	812.500
Manutenzione e riparazione della linea	437.500
Manutenzione e riparazione del materiale mobile (5 % ¹ su 13.750.000)	687.500
Totale esercizio	3.716.250
Totale generale L.	8.528.750

cioè lire 2,40 per treno-miglia con la trazione a vapore.

Trazione elettrica.

Capacità annuale 4.102.000 treni-miglia, corrispondenti a 6.563.000 treni-miglia a vapore.

Interesse del capitale (3 $\frac{1}{2}$ % ¹ su 177.500.000)	6.212.500
<i>Esercizio</i>	
3 ingegneri elettricisti	37.500
2 capi stazione	7.500
Personale tecnico	148.750
79.200 tonnellate di carbone	1.782.000
Olio e lubrificanti per stazione centrale, vetture, ecc.	150.000
Spese per i conduttori di vetture	625.000
Manutenzione e riparazione della distribuzione	215.625
" " della linea	437.500
" " degli edifici	32.875
" " del materiale generatore	425.000
" " delle batterie	450.000
" " delle vetture	1.187.500
Totale L.	5.489.250
Totale generale L.	11.701.750

cioè circa lire 1,70 per treno-miglia con la trazione elettrica.

Si ha adunque una economia di quasi il 30 % in favore della trazione elettrica.

Questi dati, calcolati teoricamente, corrispondono anche nella pratica; infatti nella trasformazione della Manhattan Elevated Railway di New York le spese per km-vettura erano di centesimi 38,15 quando la trazione era a vapore, diminuirono invece a cent. 33,53 quando si applicò la trazione elettrica e se si considera lo stesso numero di km-vetture annue; ma se si considera il numero reale di km-vetture, allora la spesa diminuisce a cent. 29,42.

Ciò si può facilmente vedere dalle seguenti tabelle che ci danno appunto le spese di esercizio della ferrovia metropolitana di New York.

Manhattan Elevated Railway di New York.

Trazione a vapore per un percorso di 69.479.165 km-vetture.

NATURA DELLA SPESA	Spese annue	Spese per km-vettura
	Lire	Centesimi
<i>Manutenzione:</i>		
Linea	2.320.195	3,34
Rotaie e scambi	276.565	0,39
Locomotive	1.189.360	1,73
Vetture	1.437.160	2,07
Diverse	579.755	0,82
Totale manutenzione	5.803.435	8,35
<i>Esercizio:</i>		
Macchinisti e fuochisti	4.269.520	6,22
Personale dei treni	4.682.680	6,73
Impiegati d'ufficio	3.486.270	5,01
Combustibili, olio, ecc.	4.220.920	6,04
Spese di stazione	1.100.385	1,56
Indennità per infortuni	213.510	0,30
Diverse	986.745	1,41
Totale esercizio	19.019.030	27,37
<i>Spese generali</i>	1.689.295	2,43
Totale generale	26.511.760	38,15

Trazione elettrica

NATURA DELLA SPESA	Spese per km-vettura da 69.479.165 km-vet.	Spese per km-vettura da 39.638.900 km-vet.
<i>Manutenzione:</i>		
Linea	3,73	3,23
Rotaie e scambi	1,73	1,46
Locomotive	2,07	1,77
Vetture	0,82	0,71
Diverse		
Totale manutenzione	8,35	7,17
<i>Esercizio:</i>		
Macchinisti e fuochisti	3,98	3,48
Personale dei treni	6,73	5,80
Impiegati d'ufficio	4,99	4,31
Combustibili, olio, ecc.	3,68	3,68
Spese di stazione	1,56	1,44
Indennità per infortuni	0,30	0,24
Diversi	1,41	1,22
Totale esercizio	22,75	20,17
<i>Spese generali</i>	2,43	2,08
Totale generale	33,53	29,42

Ma non solo dal lato economico è conveniente la trazione elettrica alla trazione a vapore nelle ferrovie metropolitane sotterranee, ma anche dal lato igienico.

Uno dei massimi inconvenienti, che impediva appunto lo sviluppo delle ferrovie sotterranee quando ancora non si applicava l'elettricità alla trazione, era la ventilazione.

Le gallerie percorse dai treni si riempivano ben presto di fumo e la respirazione diventava penosa quantunque un po' di ventilazione ci fosse per il movimento stesso, in un solo verso dei treni: ora invece, con la trazione elettrica questo inconveniente è tolto e le vetture moderne sono benissimo ventilate.

Ma dobbiamo farci una domanda: dal punto di vista dei trasporti nell'interno delle città, è migliore questo sistema di trasporto che non gli altri già esistenti?

Per rispondere a questa domanda, risolviamo dapprima un'altra questione: fra due mezzi di trasporto, a quale darà di preferenza il viaggiatore?

Rispondendo a questa questione, rispondiamo anche a quella che ci eravamo dapprima imposta.

L'ing. Marcel Delmas studiò profondamente questa questione e ne riferì alla Société des ingénieurs civils de France (1).

Egli ha enunciati i seguenti principi:

1° Tra due mezzi di trasporto, il viaggiatore dà la preferenza, non al più rapido, ma a quello in virtù del quale il tragitto del viaggiatore sarà più rapido, comprendendovi: il tempo per andare alla stazione, la durata probabile di attesa prima della partenza, la probabilità di trovare il posto, la durata media del trasporto, il tempo per andare dalla stazione di arrivo al luogo ove deve recarsi il viaggiatore.

Come si vede, il tempo medio di trasporto non costituisce che uno dei cinque elementi del tempo totale.

2° Il viaggiatore fa molto più attenzione alla durata del tragitto che alla differenza delle tariffe fra due mezzi di trasporto.

3° Il viaggiatore darà la preferenza, anche a diversità di tariffa, al mezzo di trasporto ove egli è sicuro di partire e d'arrivare all'ora fissata, senza essere esposto ad un ritardo per ingombro o mancanza di posto.

4° La considerazione precedente è ancora più importante che la velocità, salvo a non esagerare la lentezza.

Onde rendere minimo il tempo impiegato dal viaggiatore a raggiungere la stazione di partenza e per andare dalla stazione di arrivo al luogo scopo del suo viaggio, bisognerebbe creare una linea tortuosa e con frequenti fermate; ora con ciò, agevolando una persona, si rende molto più lento il trasporto a tutti gli altri viaggiatori. Non potendosi così rendere minimi questi due tempi, bisogna pensare alle altre parti che sono comprese nel tempo totale: uno di essi è naturalmente il tempo medio di trasporto; per far ciò si debbono creare linee a percorso minimo ed a grande velocità e ridurre il più possibile il numero delle stazioni; in quanto alle altre due parti si possono rendere minime facendo numerose partenze susseguenti a breve spazio di tempo.

Il tempo di attesa, ad esempio a New York, è reso minimo facendo succedere i tramways ogni 10 secondi nella grande arteria di Broadway.

Nel tempo di percorso propriamente detto, bisogna tener conto di parecchi coefficienti: bisogna adottare una grande velocità e questa certamente non

può ottenersi che con quel mezzo di trasporto che dispone di una via speciale non percorsa da vetture, carri, pedoni, ecc., che possono ingombrarla ed obbligare così a moderare la velocità normale; oltre a ciò bisogna ridurre al minimo il tempo delle fermate, e ciò si ottiene facendo poche stazioni e fermate brevissime (nelle ferrovie elevate di New York e di Chicago si hanno fermate di quattro a cinque secondi ed inferiori quasi sempre a dieci secondi); bisogna infine ridurre al minimo il tempo perso nel frenare il treno all'arrivo delle stazioni, come pure il tempo impiegato, nell'avviamento, a raggiungere la velocità normale.

Ora se ben si considerano tutte queste condizioni richieste per soddisfare al primo principio esposto dal Delmas, come pure agli altri quattro, esse si trovano tutte nelle ferrovie metropolitane quando il servizio sia sempre fatto in modo regolare.

In quanto alla velocità dei diversi sistemi di trasporto nelle città si hanno i dati seguenti, che dimostrano la superiorità delle ferrovie sotterranee.

Il Delmas nella sua comunicazione alla Société des ingénieurs civils de France aveva riportato dei dati sulle velocità dei tramway in Parigi: a questa comunicazione fece seguito una lettera dell'ing. G. Leroux, ingegnere in una Compagnia di Tramway, che corresse i dati del Delmas (1); noi riportiamo entrambi i dati, dando però più precisione ai dati del Delmas, che vennero desunti calcolando, con il cronometro alla mano, il tempo realmente impiegato nei vari percorsi:

Velocità di alcuni tramways parigini.

L I N E A	Durata del percorso		Velocità commerciale in km		Numero stazioni della fermate	Pendenza media della fermate
	Lunghezza m	l'	Delmas	Leroux		
Vincennes-Louvre	8.258	46	7,6	10,77	26	330
Passy-Hôtel-de-Ville	6.396	37	8,8	10,37	15	456
La Muette-Rue Taibout	4.146	35	10,1	10,53	16	410
Auteuil-Madeleine	7.411	45	6,8	9,88	19	411
Charenton Bastille	7.900	27	—	16,00	17	450
Etoile-Montparnasse	4.025	27	—	8,95	15	287

(1) M. DELMAS, « Améliorations des transports en commun - Mémoires et compte rendu de la Société des ingénieurs civils de France, Dic. 1900, pag. 706.

— PIERRE LEROY-BEAULIEU, *Economiste Français*, Samedi 30 mars 1901, 29^e année, vol. 1, n. 13, pag. 413.

(1) Questa lettera venne indirizzata al presidente della Société des ingénieurs civils de France, e venne letta all'assemblea del 7 dicembre 1900. Trovasi inserita nelle *Mémoires et compte rendu de la Société des ingénieurs civils de France* nel numero di dicembre del 1900, a pag. 660.

Diamo ora invece una tabella delle velocità che si hanno nelle ferrovie sotterranee elettriche che noi studieremo:

Velocità di alcune ferrovie metropolitane sotterranee.

FERROVIA	Lastrina	Perita del perono	Identi- tà conser- vata in sfilata	Numero fermie laterali	Velocità media delle fermate
	m	l'	in sfilata	m	m
City and South London R.	11.000	27	30	10	1.000
Waterloo and City R.	2.500	5 a 6	30	nessuna	2.500
Central London R.	11.000	25	60	8	1.220
Metropolitana di Parigi	54.697	—	25 a 30	—	—
Ferrovia sotterranea di Buda-Pest	3.800	10	20 a 25	9	380
Ferrovia sotterranea ed elevata di Berlino	12.800	26	28	11	1.066

Nei tramways quindi si ha una velocità media di circa 11.1 km all'ora con un massimo di km 16 secondo i dati del Leroux ed un massimo di km 10.1 secondo il Delmas; nelle ferrovie metropolitane elettriche si ha invece una velocità media da km 30.5 a km 32.0 con un massimo di km 60.0 ed un minimo di km 20.

Le ferrovie sotterranee nelle grandi città offrono quindi, sotto tutti i riguardi, grandi vantaggi su tutti gli altri mezzi di trasporto in comune che si usano attualmente in pratica.

Passiamo ora a vedere i vantaggi delle ferrovie ad una rotaia.

Sui vantaggi di queste ferrovie non ci fermiamo molto ora, perchè ci riserveremo di parlarne a lungo quando avremo descritti particolarmente i vari tipi di queste speciali ferrovie.

I vantaggi generali si possono riassumere nei seguenti:

- 1° Una minore spesa nella loro costruzione e manutenzione.
- 2° La possibilità di adottarsi curve di raggio minimo con maggior facilità, quindi di ottenere grandi velocità.
- 3° Una conveniente inclinazione assunta dal treno percorrendo le curve a grandi velocità, inclinazione che permette, senza alcuna scossa e pericolo di sorta, adottare queste grandi velocità.
- 4° Il massimo rendimento dal punto di vista elettrico (specialmente nel sistema Langen).

Come si è visto, le nuove ferrovie studiate e costruite in Europa, le ferrovie metropolitane sotterranee elettriche e le ferrovie ad una rotaia (siano esse sospese od al livello del suolo), offrono numerosi vantaggi al crescente

traffico fra le grandi città europee e nell'interno delle città stesse, ed è naturale quindi che in questi ultimi anni esse si siano sempre più sviluppate e perfezionate.

Compito di questo studio è quello di far conoscere questi importanti sistemi di ferrovie: il nostro lavoro venne diviso in due parti. Nella prima si parla delle ferrovie sotterranee elettriche in Londra, Parigi, Buda-Pest, Glasgow e Berlino, e, dopo di averle descritte tanto nella linea quanto nel materiale mobile, ne abbiamo riassunti in una breve conclusione i dati più importanti e fondamentali che debbono tenersi presenti nello studio di una nuova simile ferrovia.

Nella seconda parte si parla invece delle ferrovie ad una rotaia e specialmente del sistema Behr e Langen, riassumendo infine i vantaggi principali che questi sistemi presentano.

LE FERROVIE SOTTERRANEE ELETTRICHE NELLE GRANDI CITTÀ EUROPEE

I. — Ferrovie sotterranee di Londra.

Generalità. — Una delle città ove si senti maggiormente il bisogno di avere mezzi rapidi di trasporto da un punto all'altro è certamente Londra, colla sua immensa popolazione e coll'enorme traffico concentrato nella City.

La città di Londra si può considerare divisa in tre parti:

a) City of London, la parte più piccola, al centro della città, con una superficie di 671 acri: ivi hanno sede gli uffici centrali di numerose Banche, Compagnie d'assicurazioni, Società industriali, ecc.; essa è posta sotto la giurisdizione del Lord Mayor e del Consiglio municipale;

b) County of London che circonda completamente la City ed ha una superficie di 74,771 acri: essa è posta sotto la giurisdizione di un Consiglio apposito;

c) « Più grande di Londra », che comprende i dintorni di Londra con una superficie di 443,421 acri: comprende parecchie città e villaggi; non tarderà molto che essa farà un corpo solo con Londra.

La popolazione di Londra si ha dalla seguente tabella: (1)

Anni	Abitanti	Casa abitate
1871	3.266.587	419.642
1881	3.834.194	488.885
1891	4.232.118	547.130
1896	4.433.018	653.119
1901	4.536.063	*

Se si tiene conto dei dintorni di Londra, allora la popolazione totale è di 5.633.806 nel 1891, di 6.124.848 nel 1896 ed ha raggiunto ora i 6.550.000 abit.

Tutto il commercio essendo concentrato nella City, si comprende l'immenso traffico che deve esistere nelle parti della città che circondano la City e nella

(1) *Dictionnaire du Commerce, de l'Industrie et de la Banque de YVES GUYOT*
et A. RAFFALOVICH, Paris, vol. II, pag. 662.

Il successo di questa linea ed il desiderio di una unione del centro della City con la South Western Railway, una delle più importanti linee ferroviarie inglesi, indussero a costruire una seconda linea: essa è la Waterloo and City ed unisce la stazione di Waterloo con Mansion House alla parte opposta della Banca d'Inghilterra; essa ha una lunghezza di circa 2 chilometri e mezzo.

A queste linee ben presto se ne aggiunse una terza di maggior importanza, cioè la Central London Railway; essa è stata progettata nel 1890, incominciata nel 1896 ed inaugurata nel giugno 1900; riguardo alla sua posizione nella città rassomiglia molto alla ferrovia sotterranea di New-York.

Essa unisce la stazione di Liverpool nella City al distretto suburbano di Shepherd's Bush, passando attorno alla Banca d'Inghilterra e sotto Cheapside, Newgate, Holborn Viaduct, Oxford Street, St. Paul's Cathedral, Hyde Park e Kensington Gardens, con una lunghezza di circa km. 11.500.

A queste linee ben presto altre si aggiunsero in modo da avere ora un completo sistema di ferrovie sotterranee.

Diamo qui l'elenco delle linee che vennero progettate sino al 1901 (fig. 2).

Vennero di già approvate le seguenti (1):

- 1*) City and South London approvata con leggi del 1884 e 1887; venne di già aperta al traffico nel dicembre 1890.
- 2*) City and South London (Chapham estensione) approvata nel 1890; aperta al pubblico in giugno 1900.
- 3*) City and South London (Islington estensione) approvata nel 1893; inaugurata il 17 novembre 1901.
- 4*) Central London, approvata nel 1891 ed inaugurata il 30 luglio 1900.
- 5*) Great Northern and City approvata nel 1892; è in costruzione.
- 6*) Charing Cross, Euston and Hampstead, autorizzata nel 1893 e 1899.
- 7*) Waterloo and City, approvata nel 1893 ed inaugurata in agosto 1898.
- 8*) Baker Street and Waterloo, approvata nel 1893 e 1896; è in costruzione.
- 9*) Brompton and Piccadilly, autorizzata nel 1897.
- 10*) City and Brixton, approvata nel 1898.
- 11*) Greater Northern and Strand, approvata nel 1899.
- 12*) North West London, approvata nel 1899.
- 13*) Metropolitan District Railway, approvata nel 1897.

Le seguenti linee vennero proposte nella sessione del 1901 alla Camera dei Comuni.

13 agosto 1841 ed aperto venti mesi dopo al transito del pubblico. È costato 15 milioni di lire. (*Le grandi scoperte*, FRANCESCO REULEAUX, *Il commercio ed i suoi mezzi*, parte 1, pag. 227-228, Torino, 1890).

(1) HENRY L. CRIPPS = London Underground Railways, *Report*. London 1901, pag. 382, appendix B.

- 14*) Brompton and Piccadilly (estensione).
- 15*) Central London (estensione).
- 16*) Charing Cross, Euston and Hampstead.
- 17*) * * * Hamersmith and District.
- 18*) City and North East Suburban.
- 19*) Islington and Euston.
- 20*) Kings Road.



Fig. 2. — Ferrovie sotterranee di Londra.

- 21*) North East London.
- 22*) Piccadilly and City.
- 23*) West and South London Junction.

Fra tutte le linee di Londra, nel 1893 tre vennero aperte al pubblico e fra esse la più importante è certamente la Central London.

City and South London Railway. — Essa è stata la prima linea concessa ed anche la prima linea aperta al pubblico. Con una legge del 1884 venne approvata questa linea per una lunghezza di circa miglia 1,2 e doveva essere completa nel 1889; con legge successiva del 1887 si estese la linea

di miglia 1,6 in modo da avere un totale di circa 3 miglia; questa linea completa doveva essere finita entro il 1892; i lavori vennero affrettati in modo che venne aperta il 18 dicembre 1890 (1). A questa linea primitiva venne nel 1890 autorizzato un prolungamento da Stockwell a Clapham per riunirsi alla linea della London Chapham Railway. Coll'estensione di Islington, approvata nel 1893 ed inaugurata il 17 novembre 1901 (2), la ferrovia sotterranea City and South London è completa con una lunghezza totale di miglia 6,7.

Il lavoro arduo della costruzione di questa linea venne intrapreso dalla ditta Greathead; ed essa compì il traforo a mezzo di un apparecchio speciale.

Esso consiste in un coltello anulare che si fa avanzare progressivamente ed all'interno del quale si toglie all'indietro il cilindro di terra tagliato, mentre si mettono nella faccia interna degli anelli successivi in acciaio, di diametro leggermente inferiore. In questo modo vengono costruiti molto facilmente dei veri tubi sotterranei in acciaio lunghi come si desidera: la terra viene tolta a mezzo di pozzi che si praticano sulla linea o nelle stazioni (3). La linea della City and South London è formata di un doppio tubo che parte da Islington Station, passa sotto l'angolo di King William Street e di Gracechurch Street nella City a 200 m. dal Tamigi, discende la King William Street, attraversa il fiume un poco a monte del London Bridge, passa in seguito sotto Borough High Street, Blackman Street, Newington Causeway, Kennington Park, Road e Chapham Road ed arriva al sobborgo di Stockwell.

Si hanno le seguenti stazioni:

Chapham Common Station; Chapham Rd. Station; Stockwell Station; Kennington Oval Station; New Station Elephant and Castle Station; Borough Station; London Bri. Station; Bank Station; Moorgate Street Station; Old Street Station; City Rd. Station; Islington Station.

L'ultimo tratto da Moorgate St. Station a Islington Station è quello recentemente inaugurato.

I due tunnels hanno un diametro di 3,30 (4) e sono ad una profondità di 13 a 20 metri sotto il suolo: sotto il Tamigi essi si trovano a 15 metri sotto il livello dell'acqua ed a 4,50 sotto il letto del fiume.

(1) « Verein für Eisenbahnkunde zu Berlin » *Glaser Annalen für Gewerbe und Baugesen*, 15 novembre 1901, n. 586, pag. 189.

(2) « The City and South London Railway », *The Electrician*, 22 novembre 1901, n. 1237, vol. XLVIII, pag. 167.

(3) CH. JACQUIN « Notes sur la traction électrique dans quelques grandes villes d'Europe », *L'éclairage électrique*, tome XII, samedi, 10 juin 1892, 6^e année, n. 23, pag. 361.

(4) I. W. CURRA « Le chemin de fer électrique de Londres (City and South London) » *L'Electricien*, 2^a série, tome IV, n. 80, 9 juillet 1892, pag. 301.

Le rotaie sono in acciaio e distano fra loro di 1,20; fra esse è posto il terzo conduttore (d fig. 3): esso è appoggiato su isolatori in porcellana, ed è diviso in più sezioni onde poter scoprire facilmente i guasti.

Questo conduttore ha la forma di un U rovesciato. Esso riceve la corrente a 450 volt da una officina posta all'estremità sud della linea a Stockwell; il ritorno della corrente si fa per mezzo delle rotaie ordinarie di servizio.

Stazione generatrice. — In questa stazione vi sono 8 caldaie in due batterie di 4 caldaie; ogni batteria ha un proprio camino: le caldaie sono del tipo Lancashire con due focolari interni: hanno una lunghezza di 9 metri ed un diametro di m. 2,30.

Il vapore viene prodotto a 10 atmosfere.

Le macchine motrici sono compound verticali di Fowler and C. di Leeds.

Esse fanno 100 giri al minuto, ed hanno una potenza di 400 HP. Esse sono ad inviluppo: la corsa è di 675 mm. ed i due cilindri hanno rispettivamente i diametri di 425 mm. e 695 mm.: fanno 100 giri al minuto ed hanno una potenza di 400 HP.

Ciascun motore aziona la sua dinamo che dà 450 ampère a 500 volt; il numero dei giri della dinamo è di 500.

Le dinamo vennero costruite dalla casa Mather and Platt di Manchester.

Locomotive. — I treni sono composti di una locomotiva e di tre vetture che possono trasportare circa cento viaggiatori.

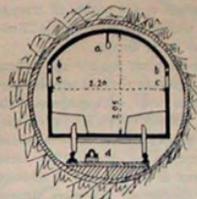
Fig. 3. - Tunnell della City and South London R.

La locomotiva è molto leggera ed ha una lunghezza di 4 metri. Essa porta due motori, uno su ciascun asse; l'indotto è posto sull'asse medesimo. Il peso di ciascuna locomotiva è di 15,5 tonnellate (1) ed il treno che rimorchia pesa, viaggiatori compresi, 28 tonnellate. Queste locomotive vennero fornite dalla casa Siemens e Fratelli.

Da esperienze fatte risulta che per velocità fra 20 a 50 km. all'ora, la potenza elettrica totale fornita a ciascun motore varia da 59,76 a 26,44 cavalli, cioè da 119,52 a 52,88 per ogni locomotiva. Il rendimento industriale è di circa il 92 %. Su una delle estremità del chassis è posto un blocco in legno portante due contatti in ghisa che appoggiano sulla terra rotaia.

Vetture. — Le vetture che misurano internamente 9 metri di lunghezza, 2,05 di altezza (fig. 3) e 2,20 di larghezza, sono fatte in modo da utilizzare

(1) « Les locomotives du chemin de fer électrique souterrain de Londres », *L'Electricien*, 2^a série, tome IV, n. 96, 29 octobre 1892, pag. 301.



la massima parte del tunnel: i vetri sono fissi e la ventilazione si fa a mezzo delle aperture b: la ventilazione è buona inquantochè il treno provoca una aspirazione energica dalle stazioni.

Le fermate si fanno a mezzo di freni Westinghouse ordinari dopo di aver interrotta la corrente.

Le vetture sono illuminate dalla corrente motrice a 75 volt. Le lampade poste sul soffitto delle vetture ed indicate con a nella figura 3, sono raggruppate in serie di 6. I tunnels non sono illuminati, ma soltanto le stazioni ove si trovano delle lampade ad arco.

Le vetture sono unite da piattaforme, aperte lateralmente, per le quali entrano i viaggiatori.

Il numero delle locomotive è di 52 e quello delle vetture di 12 4 (1).

I treni partono nelle due direzioni ogni 10 minuti: nelle ore di maggior traffico, e cioè alla mattina ed alla sera, partono ogni 4 minuti. Si trasportano in media 20.000 persone al giorno. Il tragitto completo si fa in 27 minuti. Il prezzo unico è di L. 0,20 qualunque sia la distanza.

Il trasporto dei viaggiatori dalla stazione del piano stradale alla stazione sotterranea si fa a mezzo di ascensori che impiegano circa 30 secondi a percorrere i 10 o 12 metri di dislivello. Essi sono mossi dall'acqua mantenuta sotto pressione dall'officina di Stockwell: si cambieranno poi in ascensori elettrici. La prima linea venne poi prolungata sino a Chapham e questo secondo tronco di 600 m. di lunghezza venne inaugurato nel giugno 1900; venne poi prolungata verso il nord su una lunghezza di 4,5 km. sino al sobborgo di Islington. A causa di questo nuovo prolungamento una nuova stazione generatrice più potente viene eretta.

Waterloo and City Railway. — La linea Waterloo and City venne costruita per unire l'importante stazione di Waterloo della Compagnia del South Western alla City. Essa è stata aperta al pubblico nel luglio del 1898, ed è stata costruita come la City and South London col metodo Greathead. La stazione sotterranea di Waterloo giace al disotto della stazione di Waterloo della South Western.

Linea. — La lunghezza di questa linea è di km. 2,500. È anch'essa a 2 tunnels circolari. Il diametro è di m. 3,50 ed i tubi in acciaio vennero esternamente ricoperti da uno strato di cemento. I tunnels si trovano ad una profondità di 15 a 20 metri sotto il livello del suolo.

La linea taglia obliquamente il Tamigi un po' a monte del ponte di Blackfriars. Quivi i due tubi non sono più posti uno lateralmente all'altro al

(1) « The City and South London Railway », *The Electrician*, 22 novembre 1901, n. 1227. vol. XLVIII, pag. 167.

medesimo livello, ma sono posti uno sopra l'altro. Il tubo che va dalla City a Waterloo rimane quasi orizzontale, ed è il tubo che va dalla stazione di Waterloo alla City, che si abbassa sotto l'altro con una pendenza del 33 per mille per poi salire con una inclinazione molto minore: la forte pendenza del 33 per mille si trova sempre percorsa da treni discendenti, e quindi non è di danno ai treni stessi.

Il sistema di distribuzione è a terza rotaia la quale ha la forma di un U rovesciato (fig. 4) e trovata nel mezzo dello spazio delle due rotaie, a differenza del conduttore della City and South London che trovata spostato.

Le rotaie hanno un peso di 37,5 kg. al metro, sono montate su traversine in legno ed hanno lo scartamento di m. 1,50.

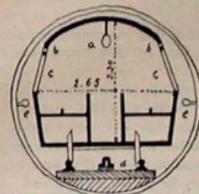


Fig. 4. — Treno della Waterloo and City Rv.

La corrente alla tensione di 500 volt, è condotta dalla terza rotaia e fa ritorno all'officina per mezzo delle rotaie ordinarie. Non ci sono stazioni intermedie.

Officina generatrice. — Essa si trova vicino alla stazione di Waterloo. Vi sono 6 caldaie (tipo semi-marine) con degli apparecchi riscaldatori automatici di Vicars, e cinque gruppi elettrogeni di cui ciascuno comprende una macchina di Berliss di una potenza di 300 cavalli a grande velocità, direttamente accoppiata ad una dinamo Siemens.

Vetture. — Ogni treno è composto di 4 vetture; e può trasportare da 200 a 240 viaggiatori, e di queste quattro vetture due sole sono motrici, la prima e l'ultima: in casi di grande traffico allora si formano anche treni con 7 vetture, in modo che si possono trasportare circa 400 persone.

Le vetture hanno 14 metri di lunghezza totale, una altezza di m. 2,30 ed una larghezza di m. 2,65 (fig. 4).

In queste vetture la parete ove si trovano i vetri fissi è inclinata rispetto alla verticale: la ventilazione è anche in queste vetture fatta a mezzo delle aperture b che si trovano superiormente ai vetri. Le vetture riempiono meglio la sezione dei tunnels in modo che la ventilazione è di molto favorita.

Le due vetture motrici sono disposte in modo che le cabine contenenti i reostati e gli apparecchi di manovra, si trovano davanti nella prima vettura, ed indietro nell'ultima vettura. I due assi posti sotto la cabina hanno ciascuno un motore, in modo che ogni vettura ha due motori.

Queste vetture sono munite, come quelle della South London, di freno Westinghouse funzionante ad aria compressa, che si carica alla stazione centrale in un deposito posto sotto il treno.

Le vetture motrici contengono 48 posti e le altre vetture 56; in questo modo si hanno 208 posti a sedere, senza contare i viaggiatori che stanno in piedi.

Le vetture sono illuminate ognuna da 5 lampade ad incandescenza distribuite in serie, e poste sul soffitto: esse ricevono la corrente a 500 volt dalla rotaia centrale.

I tunnels vengono illuminati da lampade ad incandescenza poste ai due lati: questa illuminazione serve per il personale addetto alla manutenzione della linea. Tutta la parte elettrica è stata eseguita dalla Casa Siemens di Londra.

Il tragitto si fa senza fermate in 5 o 6 minuti: le partenze sono date ogni 5 minuti.

Un biglietto semplice costa 20 centesimi ed un biglietto di andata e ritorno 30 centesimi.

Central London Railway. — È questa la linea più importante fra quelle costruite, e come già si disse venne progettata nel 1890, incominciata nel 1896 ed inaugurata in giugno 1900.

Linea. — Essa è costruita in due tunnels separati, ed attraversando la parte centrale di Londra, ove il suolo è pieno di tubi e condotti, la linea venne posta ad una grande profondità: in alcuni punti essa trovasi a più di 32 metri sotto il livello del suolo. Il diametro di questi tunnels è di metri 3,51: sono costruiti con un involucro metallico: alle stazioni però il diametro viene aumentato e portato a m. 6,40 per far posto alle piattaforme: queste piattaforme hanno una lunghezza di 98 metri (1). Dei tunnels che mettono in comunicazione le due linee hanno un diametro di m. 7,60.

Nella stazione la linea dalla parte delle partenze è in pendenza di 33 millimetri per metro su una distanza di circa 91 metri, e dalla parte dell'arrivo è in salita di 16 mm. per metro su 180 metri (2): in questo modo le stazioni sono di 3 metri al disopra del livello normale della linea: viene così ridotta la domanda di forza alla stazione generatrice, inquantochè si ha aiuto nell'incamminarsi del treno nella partenza a causa della discesa; si ha rallentamento entrando in stazione a causa della salita.

Nella fig. 5 è rappresentata la stazione posta vicino alla Banca d'Inghilterra. In 1 si ha una scala che conduce ad una galleria sotterranea (2 e 6) che serve per il pubblico: a questa galleria danno accesso parecchie scale simili a quella indicata in figura. La galleria ha una larghezza di m. 4,60: sotto a questa si trova una seconda galleria che serve per i tubi, per i fili per l'illuminazione elettrica, ecc. La galleria superiore serve ad unire la sta-

(1) *Engineering News*, 28 dicembre 1900, pag. 409. New York.
 (2) H. TRAPIER, « Le chemin de fer souterrain central de Londres ». *L'Éclairage électrique*, samedi, 13 août 1898, 5^e année, tome XVI, n. 33, pag. 267.

zione della Central London Railway con le stazioni della City and South London Railway, Waterloo and City Line, e di altre linee sotterranee.

Al centro della stazione si hanno cinque pozzi che contengono ciascuno un ascensore (9) per far comunicare i tunnels inferiori con la galleria sotterranea.

Nelle altre stazioni si hanno invece due soli pozzi di m. 7 di diametro e di m. 26,5 di profondità e due pozzi di m. 5,50 di diametro e di m. 23 di profondità: i due primi servono per gli ascensori, uno per la discesa e l'altro per la salita, gli altri due contengono una scala a chiocciola.

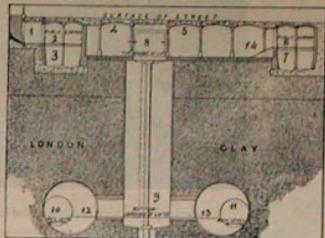


Fig. 5. — Stazione vicino alla Banca d'Inghilterra della Central London Rv.

Questi ascensori sono mossi elettricamente ed hanno una velocità di m. 46 al minuto e ciascuno può contenere 200 viaggiatori.

Gli ascensori conducono i viaggiatori su di una piattaforma (12 e 13) che



Fig. 6. — Esterno di una stazione della Central London Rv.

comunica coi tunnels 10 e 11 dove trovansi i treni. Nella figura 6 è rappresentata l'esterno di una stazione e nella figura 7 l'interno di una stazione.

La distribuzione della corrente è fatta con la terza rotaia (fig. 8): questa è in acciaio, ha la forma di U rovesciato e pesa 28 kg. al metro.

Officina generatrice. — La stazione generatrice è posta a Shepherd's Bush all'estremità ovest della linea.

Essa contiene 16 caldaie Babcock e Wilcox, divise in otto batterie di due

caldaie ciascuna. Ciascuna caldaia ha una superficie riscaldata di 330 mq. ed una potenza di evaporazione di 5450 kg. di vapore alla pressione di 10 kg. al cmq.



Fig. 7. — Interno di una stazione della Central London Rv.

I focolari sono alimentati da apparecchi automatici sistema Vicar. Ciascuna batteria di caldaie è unita separatamente al collettore generale di vapore, dal quale partono i tubi che vanno alle motrici: questi tubi sono posti sotto il pavimento.

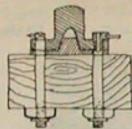


Fig. 8. — Terza caldaia della Central London Rv.

Tutti i raccordi e le valvole vennero fornite dalla Crane Co. di Chicago; vennero impiantati anche due economizzatori Green. Le macchine motrici sono in numero di sei, sono compound con manovella a 90°, a condensazione e del sistema Reynolds-Corliss. Ciascuna di esse è accoppiata ad un alternatore trifase della potenza elettrica di 850 kw. (5000 volt).

Le caratteristiche di queste macchine sono:

Potenza normale	1300 HP indicati
Potenza massima istantanea	1950 HP
Velocità angolare	94 giri
Consumo in vapore	6574 kg.
Diametro del cilindro piccolo	609 mm.
Diametro del cilindro grande	1168 mm.
Corsa dei stantuffi	1219 mm.
Peso del volante	45360 kg.

Il volante è in acciaio.

Ciascuna motrice è provvista di un condensatore ad iniezione, con pompa ad aria d'una capacità sufficiente per prendere la quantità massima di vapore di questa macchina.

Le pompe ad aria vennero fornite dalla Ditta Blake e Knowle's con le seguenti caratteristiche:

Cilindro a vapore	diametro 355 mm.
"	corsa 609 "
Cilindro della pompa a doppio effetto	diametro 711 "
"	corsa 609 "

Gli alternatori hanno una potenza normale di 850 kw.; essi producono la corrente a 5000 volt ed a una frequenza di 25: il voltaggio efficace è di 3000 volt.

Il diametro massimo dell'indotto è di m. 4.876.

Il peso totale di un alternatore è da 34.000 a 36.000 kg.

Le eccitrici sono poste sotto il quadro di distribuzione ad una estremità dell'officina. Di questi sei generatori, quattro sono necessari, gli altri due sono di riserva.

La corrente viene fornita a 5000 volt a dei trasformatori che trasformano



Fig. 9. — Treno della Central London Rv.

la corrente alternativa trifase a 316 volt, e poi a dei convertitori rotanti che alimentano la linea con corrente continua a 500 volt.

Ogni trasformatore statico ha una potenza utile di 300 kw, ed il suo rendimento è del 98 % a pieno carico, e del 97 % a semi-carico; ogni convertitore rotante ha una potenza di 900 kw, alla velocità di 250 giri al minuto: il suo rendimento è del 95 % a pieno carico e del 93 % a semi-carico.

Questi convertitori hanno dodici poli.

I trasformatori vennero costruiti dalla Union Elektrizität Gesellschaft ed i convertitori dalla ditta General Electric Co. di Schenectady (1).

Locomotive. — Ciascun treno è composto di una locomotiva e di sette vagoni (fig. 9). Il numero delle locomotive è di 32: esse sono piccole e misu-

(1) H. TRIPIER, « Le chemin de fer souterrain central de Londres ». *L'Eclairage électrique*, samedi, 17 septembre 1898, 6^e année, tome XVI, n. 38, pag. 492. Paris.

rano m. 2.80 di altezza, m. 9 di lunghezza, pesano 42 ton, ed hanno la forma del tunnel.

Esse sono portate da 8 ruote basse sulle quali è calettato direttamente l'apparecchio motore (1).

Esse vennero costruite dalla General Electrical Company. Le ruote hanno un diametro di m. 1.066. Il numero dei motori è di 4, cioè uno su ogni asse.

Vetture. — Le vetture (fig. 10) vennero costruite dalla Brush Electrical Engineering Co. Esse sono con assi in acciaio Martin Siemens di 12 cent. di diametro; le ruote non sono calettate sugli assi, ma compresse idraulicamente a 50 tonnellate.

Al disopra delle ruote, onde mascherarli, i sedili sono disposti longitudinalmente; nella parte centrale invece sono disposti trasversalmente su 4 file.

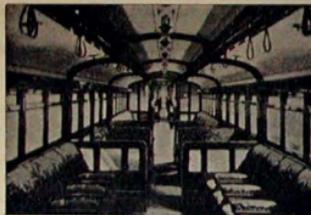


Fig. 10. — Interno d'una vettura della Central London Rv.

L'illuminazione è assicurata da 10 lampade elettriche; dei ventilatori elettrici sono disposti al disopra di ciascuna finestra e 10 estrattori « Torpedos » rinnovano continuamente l'aria.

Ogni vettura è capace di 48 viaggiatori (2).

Essendo i treni composti di una locomotiva e di 7 vagoni, ogni treno può trasportare 336 persone. I treni si succedono ogni 2 minuti e mezzo e vanno con una velocità massima di 60 km. all'ora. Essi impiegano nel tragitto 25 minuti (comprese le fermate), mentre gli omnibus impiegano un'ora ed un quarto.

Il numero dei treni giornalieri è di 700 circa, e cioè di 350 in ciascun senso (3).

Il maggior traffico si ha alla mattina ed alla sera: ciò si comprende fa-

(1) « La traction électrique à Londres ». *L'éclairage électrique*, 25 juin 1900. Paris.

(2) « I vagoni della Central London Railway ». *The Tramway and Railway World*, giugno 1901, vol. ix. London.

(3) H. OAKLEY, « London Underground Railways ». *Report*, London, 1901. Ri-sponta n. 635, pag. 68.

cilmente, considerando la quantità di persone che debbono recarsi nella City alla mattina e ritornare alle loro case alla sera.

Metropolitan District Railway. In questa linea la corrente non fa ritorno per mezzo delle rotaie (1), come nel sistema ordinario; si hanno invece due conduttori ausiliari paralleli alla via. Essi sono sostenuti da isolatori di forma appropriata, fissati alle traverse.

Per evitare qualche interruzione di corrente ciascuna vettura è munita di 6 contatti, 3 su ciascuna faccia.

Ciascun treno è composto di 6 vagoni, e può così trasportare 312 persone; il peso totale del treno è di 182 ton.

Non si hanno locomotive elettriche. La vettura di testa e quella di coda sono tutte e due equipaggiate, ma solo quella di testa è motrice.

Si hanno 4 motori: ciascuno motore sviluppa normalmente 110 HP; si impiegano controlli Siemens.

Delle caldaie Babcock e Wilcox forniscono vapore ad 11 atm. a dei motori di 300 HP indicati accoppiati direttamente a dei generatori Siemens tipo HP bipolari con indotto a tamburo e che danno 985 ampère a 550 volt.

Dopo di avere descritte le tre linee in esercizio e detto qualche cosa sulla « Metropolitan District Railway » diamo qualche dato sulle altre linee che sono in costruzione o che vennero concesse.

Great Northern and City Railway. Essa venne approvata nel 1892 e doveva essere finita nel 1897; però nel 1895 e nel 1897 questo termine venne portato sino al 1902; sarà finita alla fine del 1902, dichiarando il 21 giugno 1901 la commissione d'inchiesta che essa sarebbe finita dopo 18 mesi.

La sua lunghezza totale è di circa km. 5,300.

Charing Cross, Euston and Hampstead Railway. La prima volta che venne approvata questa linea fu nel 1893 da Southampton Street, Strand a High Street, Hampstead con diramazione a Euston; questo primo tratto della lunghezza di circa 8 km. doveva essere completo nel 1898, ma con leggi successive del 1897, del 1898 e del 1900 venne portato il termine al 1901; a questo primo tratto altri prolungamenti vennero concessi in modo che la lunghezza totale concessa è di km. 10 circa.

(1) *The Tramway and Railway World*, giugno 1900, vol. ix. London.

(1) *Report from the joint select Committee of the House of Lords and the House of Commons on London Underground Railways*, London, 1901. — Appendix B. pag. 383.

Baker Street and Waterloo Railway. La prima concessione per questa linea venne fatta nel 1893, e la linea concessa, della lunghezza di km. 5 circa, doveva essere ultimata nel 1898; ma a questo primo tratto altri se ne aggiunsero nel 1896, 1899 e 1900 in modo che la linea completa ha una lunghezza di km. 8 circa. Questa linea deve essere terminata completamente entro il 1905: nei suoi primi tratti è in costruzione.

Brompton and Piccadilly Circus Railway. La lunghezza totale della linea concessa è di km. 3,5: il primo tratto per il Brompton and Piccadilly Circus Railway Act del 1897 doveva essere ultimato nel 1902, ma in seguito al District Railway Act del 1900 questo limite venne portato al 1904: nel 1899 venne autorizzata una estensione a questo primo tratto della linea. I lavori in giugno 1901 non erano ancora incominciati.

City and Brixton Railway. Questa linea autorizzata nel 1898 per una lunghezza di circa km. 6 venne poi estesa (Stort Extension) con legge del 1899: ha una lunghezza totale di km. 6,5 e deve essere ultimato il primo tratto nel 1903 e l'estensione nel 1904. I lavori non sono ancora incominciati (giugno 1901).

Great Northern and Strand Railway. Ha una lunghezza di km. 10 circa: venne concessa nel 1899 e debbono i primi 3 tratti (essi sono 4) essere ultimati nel 1904: i lavori non sono ancora incominciati.

North West London Railway. Venne concessa nel 1899 e deve essere ultimata nel 1904; ha una lunghezza di km. 6,4; i lavori non sono ancora incominciati.

Dopo di aver così parlato delle ferrovie sotterranee di Londra, parleremo di quelle di Parigi, ove le ferrovie sotterranee, benchè da poco applicate, hanno assunto un immenso sviluppo.

II. — Ferrovie sotterranee di Parigi.

Generalità. — Parigi occupa una superficie di 7802 ettari (1), il suo perimetro è di 36 km., la sua lunghezza di 12 km. e la larghezza di 9 chilometri (2). La sua popolazione è data dalla seguente tabella:

Nell'anno 1891	Parigi contava	547.756	abitanti
"	1831	"	785.562
"	1841	"	935.261
"	1851	"	1.063.262
"	1861	"	1.696.141
"	1872	"	1.851.792
"	1881	"	2.269.023
"	1891	"	2.447.957
"	1901	"	2.720.060

Al punto di vista topografico e sociale, esiste una certa analogia fra Parigi e Londra. Entrambe hanno all'Est i loro quartieri operai ed industriali, ed all'Ovest le ricche residenze e le grandi passeggiate (3). Ma Londra solo ha la sua City, alla quale nessuna parte di Parigi può paragonarsi. In quanto poi all'estensione in superficie, Londra è molto più estesa e continua ad estendersi maggiormente; Parigi, invece, è meno estesa e la sua popolazione è due volte più densa ed il numero di abitanti per casa quattro volte più grande.

Ciò che caratterizza la circolazione parigina è la sua varietà, la sua continuità, la sua diffusione: l'animazione nelle vie parigine non è localizzata come a Londra e New York, non è limitata a certe ore della giornata, ma si estende a tutte le vie per tutto il giorno e massima parte della notte.

Ciò deriva dal fatto che Parigi non è soltanto città d'affari, o città d'arte, o città storica, ma comprende tutto ciò insieme. Vi è così a Parigi un centro commerciale ed industriale, un centro scientifico ed universitario, un centro amministrativo e politico. Ne deriva da ciò, che mentre a Londra si dovet-

(1) PAUL HAAG, *Les transports en commun et les métropolitains dans les grandes villes étrangères et à Paris*. Conférence faite à la Société française des ingénieurs coloniaux, Paris, 1897, pag. 24.

(2) YVES GUYOT et A. RAFFALOVICH, *Dictionnaire du commerce de l'industrie et de la banque*, Paris, 1901, Tome second, E-F-Z, pag. 979.

(3) F. SÉRAPON, *Les chemins de fer métropolitains et les moyens de transport en commun à Londres, New York, Berlin, Vienne et Paris*, Paris, 1888, pagina 79.

tero creare ferrovie metropolitane che unissero la City alle altre parti della città, si è invece a Parigi sentito il bisogno di creare linee che unissero fra di loro i vari centri. Con tutto il movimento che esiste nella grande metropoli francese, pure finora i sistemi di trasporto erano ancora insufficienti; così, mentre nel 1863, Londra costruiva ferrovie metropolitane, Parigi si contentava di omnibus a 20 o 28 posti della *Compagnie générale*.

Nel 1866, il numero dei viaggiatori trasportati a Parigi dai soli omnibus è stato di 107.212.074, cioè circa 60 volte la popolazione parigina di quell'epoca. Nel 1872, questa cifra, aumentata dal traffico dei battelli-omnibus e da quello della *Cinture*, raggiunge 118 milioni di viaggiatori.

Il Consiglio della Senna autorizzò allora il Prefetto a concedere una prima rete di ferrovie metropolitane e 20 linee di tramways. I tramways vennero concessi, ma non così però le ferrovie metropolitane.

Nel 1882, il numero delle persone trasportate è il doppio di quello dei viaggiatori d'omnibus del 1872.

Nel 1883 la *Compagnie des Omnibus* ha trasportato 207.186.000 viaggiatori, mentre nel 1879 ne aveva trasportati 158.755.000, cioè, si ebbe un aumento di 12.108.000 viaggiatori all'anno (1).

Il privilegio a questa Società per gli omnibus venne dato nel 1854 per una durata di 56 anni.

Gli omnibus hanno trasportato nel 1899 146.363.000 viaggiatori; a questi bisogna aggiungere il numero delle persone trasportate dalle vetture-tramway, che è stato di 97.450.000; dalle vetture-tramway a trazione meccanica, che è stato di 36.692.000; si è avuto quindi un totale di 280.505.000; nel 1898 era stato di 266.257.056 (2).

Per i tramways si hanno le Società: la *Compagnie des tramways de Paris* ed *du Département de la Seine*, la *Compagnie générale parisienne des tramways* ed altre minori.

La *Compagnie générale parisienne des tramways* ha nel 1897 trasportate 28.280.000 persone, nel 1898, 28.786.000 e nel 1899, 26.964.000.

Data questa immensa circolazione, si è sentita la necessità di creare mezzi di trasporto più rapidi e più completi, e già sin dal 1856 i signori Brame e Flachet ebbero l'idea di riunire il centro di Parigi alla circonferenza per condurre per ferrovia gli approvvigionamenti sino ai mercati centrali (3). Solo nel 1871, il Consiglio generale della Senna si decise di far studiare un pro-

(1) F. SÉRAFON, op. cit., pag. 84.

(2) YVES GUYOT et A. RAFFALOVICH, op. cit., pag. 985.

(3) A. DUMAS, « Le Métropolitain de Paris ». *Le Génie Civil*, xx année, tome XXVII, n. 12, (n. 945), samedi, 21 juillet 1900, pag. 198.

getto d'una vera rete ferroviaria nell'interno di Parigi; a questo studio molti altri progetti si succedettero (1).

Il Consiglio generale aveva deciso d'adottare linee ferroviarie a scartamento ridotto di 1 m., per impedire che la Metropolitana fosse assorbita dalle grandi Società ferroviarie francesi, ma il Parlamento però impose lo scartamento ordinario di m. 1,44, onde fosse possibile collegare la Metropolitana con le altre ferrovie; questa modificazione venne accolta dal Consiglio municipale.

La concessione venne fatta con legge del 30 marzo 1898, ed ha una durata di 35 anni; questa concessione comprende una rete composta di 6 linee della lunghezza totale di 65 km.; le linee sono le seguenti: (fig. 11).

Linea A. — Linea da Porte Vincennes a Porte Dauphine con un percorso quasi esclusivamente sotterraneo, passando sotto il Cours de Vincennes, Place de la Nation, Boulevard Diderot, Rue Lyon, Place de la Bastille, Rue Saint Antoine, Rue de Rivoli, Place de la Concorde, Avenue des Champs-Élysées, Place de l'Étoile e Avenues Kléber e Bugeaud; essa incomincia e finisce con il Chemin de Fer de Cinture. Ha una lunghezza di m. 11.317; la spesa è di 27 milioni di franchi.

Linea B. — Linea circolare per gli antichi Boulevards esterni; questa linea offre una grande varietà di profilo; offriva una difficoltà nel passaggio fra la trincea e la parte sotterranea; ha una lunghezza di m. 22.763 e la spesa è di fr. 47.500.000.

Linea C. — Questa linea è il complemento delle due prime al nord, da Porte Maillot e Ménilmontant; la linea è completamente sotterranea. Essa corrisponde al massimo punto della circolazione di Parigi; fra le sue 16 stazioni, sono importanti quelle di Saint-Lazare, Place de l'Opéra, Bourge, Rue d'Aboukir, Rue des Art et Métiers, Place de la République e Place de Ménilmontant. La lunghezza è di m. 8645,50 e la spesa di fr. 21.500.000.

Linea D. — È, come quella C, completamente sotterranea e va da Porte Clignancourt a Porte d'Orléans; la sua lunghezza è di m. 11.427,50 e la spesa di fr. 31.500.000.

Linea E. — Questa linea va dal Boulevard de Strasbourg alla Place d'Italie; la sua lunghezza è di m. 5929 e la spesa di fr. 11.000.000.

Questa linea si raccorda:

- 1° Con la linea D all'angolo dei Boulevards di Magenta e di Strasbourg;
- 2° Con la linea C alla Place de la République;
- 3° Con la linea A all'imbocco della Rue de Lyon con la Place de la République.

(1) Vedere per questi progetti il *Génie Civil* del 26 luglio 1890, tome XVII, n. 13, pag. 197.

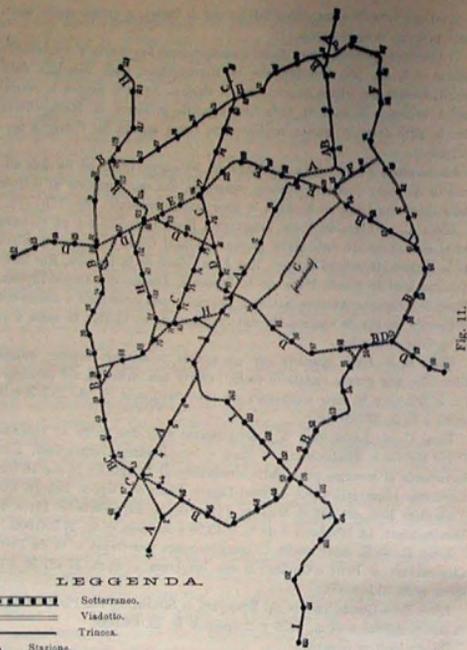


Fig. II.

LEGGENDA.

- ▬▬▬▬▬▬ Sotterraneo.
- ▬▬▬▬▬▬ Viadotto.
- ▬▬▬▬▬▬ Trinaca.
- Stazione.

- Rete concessa
- A — Linea dalla Porte de Vincennes alla Porte Dauphine.
 - B — Linea circolare per gli antichi Boulevards esterni.
 - C — Linea dalla Porte Maillot a Montmartre.
 - D — Linea alla Porte Clignancourt alla Porte d'Orléans.
 - E — Linea del Boulevard de Strasbourg verso il Ponte d'Austerlitz.
 - F — Linea da Vincennes alla Place d'Italie.
- Rete eventuale
- G — Linea della Place Valhubert al Quai de Conti (abbandonata).
 - H — Linea dal Palais Royal alla Place du Danube.
 - I — Linea da Auteuil all'Opéra.

Linea F. — Essa va dal Boulevard de Vincennes alla Place d'Italie. La sua lunghezza è di m. 5929 e la spesa di fr. 11.500.000.

Si ha così in totale una rete avente una lunghezza di metri 64.697,50, con una spesa di fr. 150 milioni; aggiungendo 15 milioni per espropriazione, si ha una spesa totale di 165 milioni come venne approvata (1).

La convenzione annessa alla legge dichiarando l'utilità pubblica della Metropolitana, comprende le tre linee supplementari:

Linea G — Linea da Place Valhubert al Quai de Conti.

Linea H — Linea dal Palais Royal alla Place du Danube, avente una lunghezza di m. 6500; spesa fr. 20 milioni.

Linea I — Linea da Auteuil all'Opéra; lunghezza m. 7000.

La linea G venne abbandonata perchè si fece il prolungamento delle linee del Chemin de fer d'Orléans.

Dall'insieme di questa rete concessa si vede che 63 quartieri sono serviti direttamente, e che tutti gli altri sono in prossimità; oltre a ciò, la Metropolitana serve a tutte le stazioni delle grandi reti ferroviarie (2).

La seguente tabella (A) dà la lunghezza d'itinerario delle linee concesse (3).

Linea A		11.107 m.
Linea B	principale	m. 21.804
	comune con A	m. 1.486
Linea C	principale	m. 7453
	comune con B	m. 1763
Linea D	principale	m. 9033
	comune con B	m. 309
Linea E	principale	3748 m.
Linea F	principale	5929 m.

Totale 62.542 m.

La tabella (B) ci dà invece la lunghezza delle linee della rete concessa, il numero delle stazioni, il numero dei quartieri serviti, ecc.

(1) A. DUMAS, « La Métropolitain de Paris », *Génie Civil*, (n. 945), tome xxxvii, xx année, n. 12, samedi, 21 juillet 1900, pag. 201.

(2) HERVIEU, « Le chemin de fer métropolitain de Paris », *Nouvelles annales de la construction*, 5^e série, tome vi, n. 531, mars 1899, Paris.

(3) HERVIEU, art. cit., avril 1899, n. 532.

Tabella B - Linee concesse.

LINEE	Lunghezza parziale m.	Lunghezza totale m.	Numero stazioni	Quartieri serviti		Linee raccordate	Fratture risparmiative di ciascuna linea alla 1 ^a linea
				Numero	Albiacati		
Linea A	11.017,00	11.017,00	18	18	500.000	B	0,17
Linea B	21.894,00	22.763,00	48	38	1.500.000	A-C-D-E-F	0,35
Linea C	7.483,00	8.645,50	16	18	650.000	B-D-E	0,13
Linea D	484,50	11.427,50	21	16	500.000	B-C-E	0,18
Linea E	288,00	4.915,50	8	7	700.000	B-C-D	0,075
Linea F	5.925,00	5.925,00	10	9	285.000	B	0,085
Totale	64.897,50	64.897,50	121	106	4.135.000		1,000

Queste linee sono in massima parte sotterranee, parte in trincea e parte in viadotto; facendo la percentuale, si ha 0,701 in sotterraneo, 0,136 in trincea, 0,163 in viadotto.

Come si è detto, lo scartamento delle rotaie è di m. 1,44, la larghezza massima del materiale è di m. 2,40.

Il raggio minimo delle curve è di 75 m. eccetto in vari punti ove esso è di 50 m., le inclinazioni al massimo sono di 40 mm. per metro (1).

Riguardo alla costruzione, la rete venne divisa in 3 fasi, che sono le seguenti:

1^a fase. — Costruzione delle linee A B C, cioè una rete della lunghezza di 42 chilometri, che deve essere completa entro 8 anni, dopo la data della legge dichiarativa d'utilità pubblica (30 marzo 1898), cioè non più tardi del 30 marzo 1906.

2^a fase. — Costruzione delle linee D, E, F: esse devono essere complete entro 5 anni dopo la prima fase, cioè prima del 30 marzo 1911.

3^a fase. — Nel caso che le linee H ed I siano costruite, debbono essere complete entro 5 anni dopo che siano finite le linee della seconda fase, cioè entro il 30 marzo 1916.

Finora è in costruzione ed in esercizio parte della rete della prima fase. Noi daremo prima una descrizione delle linee in esercizio e poi qualche dato sulle linee in costruzione.

Linee in esercizio. — Sono in esercizio la linea A, porzione della linea B e porzione della linea C, con un totale di 14 km.

La parte della linea B in esercizio va da Place de l'Étoile alla Place du Trocadéro: la parte della linea C in esercizio va da Place de l'Étoile alla Porte Maillot.

La linea da Porte de Vincennes alla Porte Maillot venne inaugurata il 19 luglio 1900; la diramazione da Place de l'Étoile alla Place du Trocadéro, il 2 ottobre 1900; e la diramazione da Place de l'Étoile alla Porte Dauphine, il 18 dicembre 1900. I lavori di costruzione per il completamento della prima fase vennero aggiudicati il 27 ottobre 1900 (2).

Linea. — Questa rete è completamente sotterranea: solo il passaggio del canale di Saint-Martin, presso la Piazza della Bastiglia, è in viadotto ed a cielo aperto.

Il sotterraneo è a poca profondità: è profondo invece al disotto del col-

(1) GODFRANS, « Le chemin de fer métropolitain de Paris ». *Revue générale des chemins de fer*, settembre 1900, Paris.

(2) A. DUMAS, « Le Métropolitain de Paris ». *Le Génie Civil*, 29 année, tome XXXVIII, n. 13 (n. 977), samedi, 3 mars 1901, pag. 277.

lettore del Boulevard de Sébastopol e quello d'Asnières (presso la Place de la Concorde); si hanno in questo modo le pendenze massime previste (m. 4 per mille); la diramazione Place de l'Étoile, Porte Dauphine, trovatisi a 16 metri di profondità sotto il livello del suolo, in quantochè questa linea passa sotto le altre.

Tutti i sotterranei sono a doppio binario: invece nei raccordi fra una linea e l'altra e nelle stazioni terminali i *tunnels* hanno un solo binario.

La sezione del sotterraneo a doppio binario (fig. 12) ha una volta ellittica di m. 7,10 d'apertura, m. 2,07 d'altezza ed uno spessore di m. 0,55 in chiave;

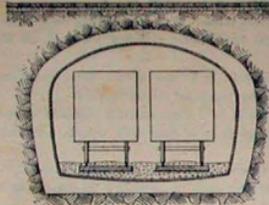


Fig. 12.

questa volta ellittica è sopportata da piedritti aventi un'altezza di m. 2,91 ed uno spessore di m. 0,75; inferiormente questi piedritti sono uniti da un arco rovescio avente uno spessore di m. 0,50. Il punto più basso di esso è a m. 0,70 al di sotto del livello delle rotaie; si ha così un'altezza di m. 5,20 sull'asse.

Ogni 25 metri esistono nei piedritti delle nicchie, aventi m. 2 d'altezza, m. 1,50 di larghezza e m. 0,70 di profondità media: queste nicchie sono poste in entrambi i piedritti: l'interno del sotterraneo è rivestito di cemento: nelle curve inferiori ai 100 m. di raggio si hanno dimensioni più larghe del *tunnel*, cioè una larghezza di m. 7,30 per curve di 75 m. di raggio e metri 7,46 per curve di 50 m. di raggio.

Nel sotterraneo ad un solo binario si ha una volta a pieno centro di m. 2,15 di raggio e m. 0,50 di spessore in chiave: questa volta è sostenuta da piedritti aventi un'altezza di m. 2,52 ed uno spessore di m. 0,60: inferiormente questi piedritti sono uniti da un arco rovescio avente uno spessore all'asse di m. 0,475.

Le rotaie sono del tipo Vignole in acciaio, che pesano kg. 52 al metro corrente, ed hanno una lunghezza di m. 15. Queste rotaie appoggiano su traverse creosotate (1). Le dimensioni di queste rotaie sono:

Altezza	m. 0,150
Larghezza del fungo	m. 0,065
Larghezza del pattino	m. 0,150
Spessore dell'anima	m. 0,016

(1) « La Metropolitana di Parigi ». *The Tramway and Railway World*, luglio 1900, vol. ix, London.

Queste rotaie sono poste a giunti alternativi ed ognuna è posta su sedici traverse aventi ciascuna m. 2,20 di lunghezza: queste traverse distano fra di loro di m. 0,985; vicino ai giunti sono poste alla distanza di m. 0,740.

La distribuzione della corrente si fa a mezzo della terza rotaia, che è posta esternamente alle altre due.

Ogni tre metri le traverse delle rotaie si sostituiscono con traverse aventi m. 2,50 di lunghezza per poter sostenere la terza rotaia: la corrente di ritorno passa per le rotaie ordinarie.

I *tunnels* sono illuminati con lampade ad incandescenza poste ogni 12-15 m. su 75 m. da una parte e dall'altra delle stazioni, e di m. 25 in 25 m. nelle altre parti: nelle stazioni a volta, si hanno lampade ad ogni 4 metri, e nelle stazioni a soffitto metallico si hanno anche lampade ad arco.

La spesa totale è di fr. 36.941.000 così divisi:

Lavori preparatori	fr. 5.941.000
Lavori della ferrovia propriamente detta	* 26.355.000
Organizzazione e personale di sorveglianza	* 1.400.000
Spese impreviste	* 4.145.000

Totale fr. 36.941.000

Essendo la lunghezza totale di m. 13.950,90, ogni metro ha una spesa di fr. 2646,22.

Gli apparecchi usati per l'escavazione sono simili a quelli ideati da G. Chagnaud, nel 1895, per la costruzione del collettore di Clichy (1). Questi apparecchi differiscono da quelli usati in Inghilterra e negli Stati Uniti: in questi ultimi è necessario rivestire d'un tubo metallico il *tunnel*: ciò è costoso ed anche non molto durevole: con il sistema Chagnaud si fa la galleria a rivestimento con muratura in due fasi, prima la parte superiore e poi la parte inferiore. Questi apparecchi erano in numero di 11.

Stazioni. — Le stazioni sono in numero di 25, cioè 18 sulla linea da Porte de Vincennes a Porte Maillot, 4 sulla diramazione da Place de l'Étoile a Porte Dauphine e 3 sulla diramazione da Place de l'Étoile a Place du Trocadéro: queste stazioni sono però ridotte a 23, inquantochè le 3 stazioni della Place de l'Étoile formano una sola stazione.

Le stazioni sono le seguenti:

Linea principale: Porte de Vincennes, Place de la Nation (881,16), Rue de Reuilles (824,08), Gare de Lyon (824,28), Place de la Bastille (889,60), Saint-Paul (761,48), Hôtel de Ville (591,90), Châtelet (570,08), Louvre (456,61), Palais Royal (356,58), Tuilleries (515,40), Place de la Concorde (426,81),

(1) A. DUMAS, « Construction du collecteur de Clichy ». *Genie Civil*, tome XXVIII, n. 26, pag. 402.

Champs Elysées (810,03), Rue Mabef (548,09), Avenue de l'Alma (550,14), Place de l'Étoile (493,19), Rue d'Obbligado (444,35), Porte Maillot (384,61).

Prima diramazione: Place de l'Étoile, Place Victor Hugo (961,04), Porte Dauphine (612,84).

Seconda diramazione: Place de l'Étoile, Avenue Kléber (488,85), Rue Boissière (488,85), Place du Trocadéro (450,30).

(I numeri posti dopo le stazioni indicano la distanza in metri da quella stazione alla stazione precedente).

Riguardo alla loro costruzione si hanno 5 tipi di stazioni:

- a) Stazioni a volta in numero di 17.
- b) Stazioni a soffitto metallico in numero di 7.
- c) Stazioni terminali in numero di 3.
- d) Stazione di Lyon, doppia, la sola costruita.
- e) Stazione della Bastiglia, a cielo scoperto, la sola costruita.

Le stazioni a volta sono le seguenti: Porte de Vincennes, Place de la Nation, Rue de Reuilles, St.-Paul, Châtelet, Rue Mabef, Avenue de l'Alma, Place de l'Étoile, Rue d'Obbligado, Porte Maillot, Place Victor Hugo, Porte Dauphine, Avenue Kléber, Rue Boissière, Place du Trocadéro.

Queste stazioni sono formate da una volta ellittica di m. 14,14 di apertura e m. 3,50 d'altezza, raccordantesi alla base con un arco rovescio egualmente ellittico, avente un semi asse minore di m. 2,20, ciò che dà un'altezza libera di m. 5,70 fra le due chiavi della volta: lo spessore in chiave superiormente è di m. 0,70 ed inferiormente di m. 0,50, lo spessore all'unione dei due archi è di m. 2.

Le piattaforme per viaggiatori hanno 4 m. di larghezza e sono di circa m. 0,95 al disopra del piano delle rotaie; queste piattaforme hanno una lunghezza di m. 75.

Le stazioni a soffitto metallico sono le seguenti:

Gare de Lyon, Hôtel de Ville, Louvre, Palais Royal, Tuilleries, Place de la Concorde, Champs Elysées.

La parte inferiore è la medesima delle stazioni a volta; solo si ha un soffitto che appoggia su piedritti distanti fra di loro di m. 13,50; questi piedritti hanno m. 1,50 di spessore e m. 3,50 d'altezza; superiormente lo spessore è di m. 1,15.

Il soffitto è formato da travi maestre normali alla linea, che sopportano delle travi secondarie che servono d'appoggio alle volte; le travi maestre sono formate da due putrelle accoppiate: queste putrelle hanno un'altezza di m. 1,02.

Le stazioni terminali sono in numero di 3 e tutte sono a volta: la loro particolarità consiste in ciò, che esse hanno due stazioni, cioè, una per le partenze e l'altra per gli arrivi; esse vennero così costruite onde i treni arrivati

alla stazione possano ripartire senza essere obbligati a staccare e girare la macchina, e a questo scopo la doppia linea si divide in due rami a doppio binario; appena passata la stazione di arrivo, la linea diventa ad un solo binario e con una curva avente un raggio minimo, ritorna alla stazione di partenza; il raggio adottato in questa curva è minimo andando i treni a piccola velocità; queste stazioni sono a volta ed hanno m. 11,686 di larghezza e un'altezza di m. 3.

La stazione della Gare de Lyon è doppia, dovendo servire alle linee A e B che dalla Place de l'Étoile vanno insieme sino alla Rue de Lyon per poi separarsi. In questa stazione si hanno due linee interne e due laterali; questa stazione ha una larghezza di m. 23,90.

L'unica stazione a cielo scoperto è la stazione della Bastiglia.

Per le stazioni si hanno scale di m. 3 a m. 3,50 di larghezza, che vanno dalla strada ad una sala ove si danno i biglietti; da questa sala i viaggiatori scendono per mezzo d'una scala di m. 2,65 a m. 3 di larghezza direttamente sulla piattaforma.

Nelle stazioni terminali si hanno due comunicazioni indipendenti avendosi due stazioni. Esternamente le stazioni sono riparate da un parapetto in ferro; le stazioni che stanno costruendosi sono più artistiche su modelli dell'architetto Guimard.

Riportiamo qui i dati di alcune prove fatte sui diversi soffitti in cemento armato sistema Mabry (1).

1° Stazione. — Place de la Bastille. Sopracarico 1000 kg. per mq.

1° prova: freccia 0,0096 m., dopo tolto il sopracarico freccia rimanente 0,000 m.

2° prova: freccia 0,0011 m., dopo tolto il sopracarico freccia rimanente 0,0001 m.

2° Stazione. — Porte de Vincennes. Sopracarico 1333 kg. per mq.

Si ebbero le seguenti frecce in mm.:

	a metà della putrella	a metà del soffitto	verso le due estremità della putrella
prima del caricamento	1,00	1,30	0,30
dopo lo scarico	0,65	1,10	0,20

3° Stazione. — Gare de Lyon. Sopracarico 28 tonn.

	per filo	per mobile	per filo
freccia mas.	mm. 0,20	mm. 0,20	mm. 0,24
freccia persistente	= 0,00	= 0,00	= 0,04 a 0,05

4° Stazione. — Gare de Lyon. (Cemento impiegato: Demarlet e Looquény).

(1) « Le travaux du Métropolitain de Paris ». *Le Fer-Beton*, novembre 1900, pag. 183 a 901, Paris.

Sopracarico 1000 kg. per mq. uniformemente ripartito. Freccia massima a mezzo di una trave:

sotto carico completo	mm. 0,2
mezz'ora dopo carico completo	• 0,2
dopo lo scarico	• 0,0

5ª Stazione. — Place de la Concorde. Carico 1000 kg. uniformemente ripartito. Freccia permanente dopo un'ora dallo scarico:

al mezzo della trave	mm. 2	2,5
al mezzo della pattella	• 1	2,0 (media
" " " "	• 2	1,5 (1,75

6ª Stazione. — Place de l'Étoile. Soffitto superiore. Carico di 1000 kg. ogni mq. freccia massima mm. 0,3
freccia permanente • 0,0

La linea in esercizio con le rispettive stazioni è rappresentata nella fig. 13.

Vetture. — I treni erano dapprima formati di quattro vetture, cioè di una vettura automotrice e di tre vetture di rimorchio (1); ora i treni sono formati da 8 vetture delle quali 2 automotrici (fig. 14).

Le vetture automotrici sono di due tipi: ad una cabina per il manovratore od a due cabine: le prime possono andare solo in un senso, le altre invece nei due sensi: le vetture automotrici sono soltanto di 2ª classe, mentre le altre sono di 1ª e 2ª classe.

L'altezza delle vetture è di metri 3,30 e la larghezza di metri 2,40; la lunghezza fra i due respiratori è di metri 9,25 per le vetture automotrici a una cabina, di metri 8,70 per le vetture automotrici a due cabine, di metri 9,85 e m. 8,50 per le vetture di rimorchio di 1ª o 2ª classe e le vetture miste.

Ciascuna vettura è munita ai due lati di due porte poste una per ciascuna estremità: una di esse è riservata all'uscita dei passeggeri, l'altra all'entrata: i sedili sono disposti trasversalmente e separati in due gruppi da un corridoio longitudinale.

Questo corridoio è largo metri 0,85 e lascia da una parte una fila di 10 sedili aventi metri 0,45 di larghezza, quindi sufficiente per un solo posto ciascuno; dall'altra parte i sedili, ancora in numero di 10, sono larghi m. 0,92 in modo che sono sufficienti per due posti; si hanno così per ogni vettura 30 posti a sedere: oltre a ciò vi è uno spazio libero vicino alle porte, spazio che in caso di necessità può essere occupato da passeggeri che stanno in piedi; questi posti sono in numero di 10.

Le vetture sono riscaldate da quattro stufe elettriche poste nel pavimento. L'illuminazione di ciascuna vettura si compone di 8 lampade poste sulle assie del soffitto e di quattro lampade poste ai quattro angoli.

Un'applicazione importante per ridurre al minimo le fermate nelle sta-

(1) *The Municipal Journal*, Sabato, Aprile 11, 1902, n. 480, vol. xi, pag. 302.

zioni è l'applicazione di speciali placche luminose nell'interno delle vetture: su queste placche appena partito il treno da una stazione viene indicata la stazione successiva. Le vetture automotrici sono azionate da due motori Westinghouse a semplice riduzione di velocità e ad avvolgimento in serie, della forza ciascuno di 100 cavalli alla velocità di 450 giri: le variazioni di velocità si ottengono con il metodo serie-parallelo (1). Questi motori vennero costruiti dalla Société Industrielle d'Électricité nelle officine di Havre. Essi sono posti sotto il pavimento della vettura.

Si può ottenere una velocità di 36 Km. all'ora, ma effettivamente si hanno da 25 a 30 Km., in modo che il tragitto da Porte de Vincennes a Porte de Maillot si fa in poco più di mezz'ora comprese le fermate.

Tutte le vetture sono munite di freno continuo sistema Westinghouse, di un freno a mano e di un freno elettrico che non deve funzionare se non in casi d'emergenza.

Questi casi d'emergenza è però difficile si presentino dato il servizio perfetto di segnali.

Il sistema di blocco impiegato è il sistema Hall a funzionamento automatico.

Il segnale d'entrata d'una sezione è chiuso dal treno medesimo al mo-

(1) GODFERNAUX RAYMOND. « Le chemin de fer métropolitain de Paris ». — *Revue générale des chemins de fer et des tramways*. Septembre 1900 - 2º semestre, pag. 451, Paris.

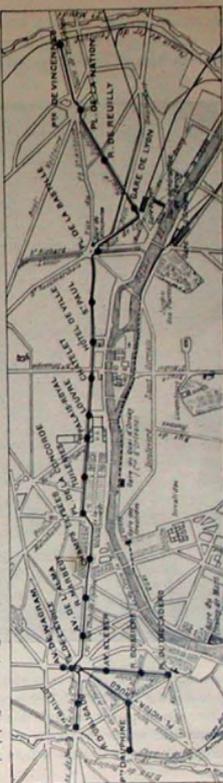


Fig. 13. — Linea in esercizio della Metropolitana di Parigi.

mento del suo passaggio davanti al segnale a mezzo di un pedale azionato dalle ruote e producente l'interruzione della corrente elettrica che agisce sul segnale; nello stesso modo all'uscita di una sezione, il treno dopo di aver chiuso il

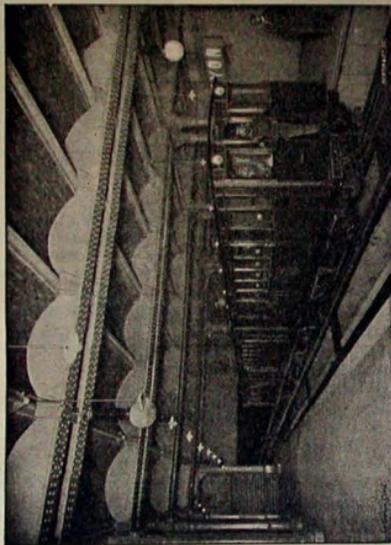


Fig. 14. — Treno della Metropolitana di Parigi nella stazione di Lyon.

segnale di entrata della sezione seguente, nella quale penetra, a mezzo di un pedale simile al precedente, agisce su di un secondo pedale che apre il penultimo segnale passato lasciando chiuso il segnale precedente, cioè il segnale di entrata della sezione che sta per abbandonare.

Con questo sistema il treno si trova sempre coperto in indietro da due segnali.



Fig. 15. - Costruzione di una stazione della Metropolitana di Parigi.

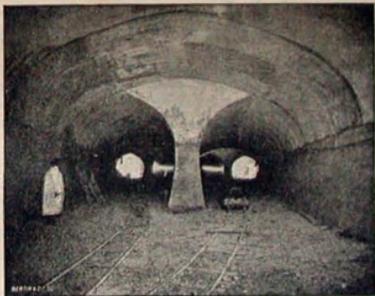


Fig. 16. - Biforcazione di un tunnel della Metropolitana di Parigi.

Le principali caratteristiche dei motori a vapore sono:

Forza indicata	cav. 2600
Numero giri al minuto	70
Pressione iniziale del vapore sui piccoli stantuffi . Kg	9
Diametro dei cilindri ad alta pressione m.	1,100
Diametro dei cilindri a bassa pressione	1,800
Corsa dello stantuffo	1,500
Diametro dello stantuffo delle pompe ad aria	0,900
Corsa	0,400
Diametro dell'albero motore metri 0,490 e	0,550
Diametro del gambo degli stantuffi	0,170
" dei bottoni delle manovelle motrici	0,340
Lunghezza delle bielle motrici	3,500
Diametro del volante	7,500
Peso totale del volante Kg	63,000
" albero motore con le manovelle	20,000

Gli alternatori trifasici sono comandati direttamente dalle rispettive macchine a vapore: essi sono ad induttore mobile ed a indotto fisso: il sistema induttore è a poli radiali con bobine induttrici a nastro in rame nudo. Questi poli in acciaio fuso sono montati su un perno in ghisa formato di due parti riunite con bulloni e flangie e formante volante.

Questi alternatori forniscono normalmente 1500 Kw. con una tensione di 5000 volt e 25 periodi: essi però possono facilmente sopportare una corrente corrispondente a 2000 Kilovoltampère.

Per l'eccitazione si consuma l'1,5% della forza degli alternatori.

La dinamo a corrente continua è anch'essa comandata direttamente dalla sua macchina a vapore: essa è del tipo costruito dalle officine del Creusot.

L'induttore è fisso ed è in acciaio con 20 poli; l'indotto invece è mobile. Essa fornisce 1500 Kw. alla tensione di 600 volt.

La corrente di eccitazione degli alternatori è fornita da due gruppi dei quali uno è di riserva; ciascun gruppo è formato da due dinamo a corrente continua accoppiate: una funziona da motore con corrente a 600 volt e l'altra come generatrice secondaria che fornisce corrente a 200 volt. Queste dinamo ruotano alla velocità di 525 giri al minuto ed hanno una potenza di 50 Kw.

Nell'officina centrale vi sono due gruppi trasformatori destinati a trasformare le correnti da trifasi a 5000 volt in corrente continua a 600 volt.

Ciascun gruppo della potenza di 750 Kw. comprende tre trasformatori monofasi riduttori di tensione da 5000 volt a 430 volt ed una commutatrice trasformante la corrente da alternata a 430 volt in corrente continua a 600 volt.

La sottostazione di Place de l'Étoile è destinata a ricevere la corrente a

5000 volt dall'officina centrale, e trasformarla in corrente continua a 600 volt per distribuirla alla linea.

Esercizio della linea. — Questa linea appena inaugurata incontrò subito il favore del pubblico ed il traffico è andato successivamente aumentando: diamo qui sotto il numero dei viaggiatori che trasportarono i treni metropolitani sulla linea principale da Porte de Vincennes alla Porta de Maillot dal luglio al dicembre 1900.

Data	N. dei viaggiatori	Entrata
Dal 19 al 31 luglio	538.403	fr. 89.605,35
Mese di agosto	1.703.301	" 282.914,15
" settembre	2.946.340	" 495.550,10
" ottobre	3.383.080	" 578.291,90
" novembre	3.152.934	" 535.896,85
" dicembre	3.447.241	" 587.090,80

Sul prolungamento Place de l'Étoile-Trocadéro inaugurato il 2 ottobre 1900 si ebbero i seguenti risultati.

Data	N. dei viaggiatori	Entrata
Mese di ottobre	255.198	fr. 44.336,45
" novembre	219.185	" 38.426,80
" dicembre	189.786	" 32.834,45

Sul prolungamento da Place de l'Étoile a Porte Dauphine inaugurato il 13 dicembre 1900 si ebbero fino al 31 dicembre 1900 i seguenti risultati: viaggiatori 55.020, entrata fr. 9.676,60.

In complesso per tutta la linea si ebbero i seguenti risultati dal 19 luglio al 31 dicembre 1900:

Categ. biglietti	N. dei viaggiatori	Entrata
Andata e ritorno	1.769.758	fr. 353.934,55
Prima classe	1.991.670	" 497.917,50
Seconda classe	12.125.353	" 1.818.802,95
Biglietti collettivi	3.474	" 187,35
Entrate dovute a viaggiati saliti in 1 ^a classe con biglietto di 2 ^a classe	"	" 23.721,10
Totali	15.890.528	fr. 2.694.563,45

Questo traffico supera quello di altre consimili ferrovie.

Infatti il traffico kilometrico annuale della metropolitana di Londra non oltrepassa i 3 milioni di viaggiatori, quello della Metropolitana di Berlino

2.800.000, quella della Manhattan Railway di New-York 3,150,000, mentre a Parigi si ebbe un traffico kilometrico annuale di 4 milioni di viaggiatori.

Linea in costruzione. — La linea è rappresentata nella figura 18 ed è compresa fra la Place de l'Étoile e la Place de la Nation.

Questa linea ha una lunghezza totale di m. 10,539 e comprende una parte in viadotto di circa 2 Km. di lunghezza.

Questo viadotto è posto ad un'altezza minima di m. 5,20 dal suolo onde non impedire la circolazione degli omnibus.

Nella parte sotterranea il profilo adottato è il medesimo di quello della linea in esercizio.

Le stazioni sono in numero di 23, delle quali 19 sotterranee e 4 in viadotto.

Ecco quali sono le stazioni (il numero posto dopo il nome della stazione indica la distanza da questa alla precedente):

Avenue de Wagram, Place des Termes (457), Boulevard de Courcelles (rue de Courcelles) (407), Parc Monceau (326), Avenue de Villiers (466), Rue de Rome (517), Place Chichy (548), Place Blanche (392), Place Pigalle (427), Place d'Anvers (475), Boulevard Barbés (410), Rue de la Chapelle (741), Rue d'Aubervilliers (397), Rue d'Allemagne (502), Rue de Meaux (502), Rue de Belleville (643), Rue des Couronnes (448), Rue de Ménilmontant (447), Avenue de la République (485), Avenue Philippe-Auguste (605), Rue de Bagnole (393), Rue d'Avron (494), Place de la Nation (539).

Di queste stazioni quelle in viadotto sono le seguenti:

Boulevard Barbés, Rue de la Chapelle, Rue d'Aubervilliers, Rue d'Allemagne. Tutte le altre sono sotterranee del tipo a volta: una sola è a soffitto metallico, cioè quella di Rue de Rome.

Le stazioni a volta sono simili a quelle della linea in costruzione: si è soltanto aumentata di m. 0,20 l'altezza: esternamente esse sono molto eleganti ed in stile moderno (fig. 19).

La spesa totale è di circa 30.000.000 così suddivisa:

Lavori preparatori	{	acqua	fr. 2.875.000
		fognatura	3.981.500
			fr. 6.856.500
Totale degli appalti aggiudicati			18.586.900
Spese per la strada pubblica			450.800
Personale e spese impreviste			3.735.000
			<hr/>
		Totale fr.	29.629.200

Essendo la lunghezza totale di metri 10,539 si ha una spesa per metro

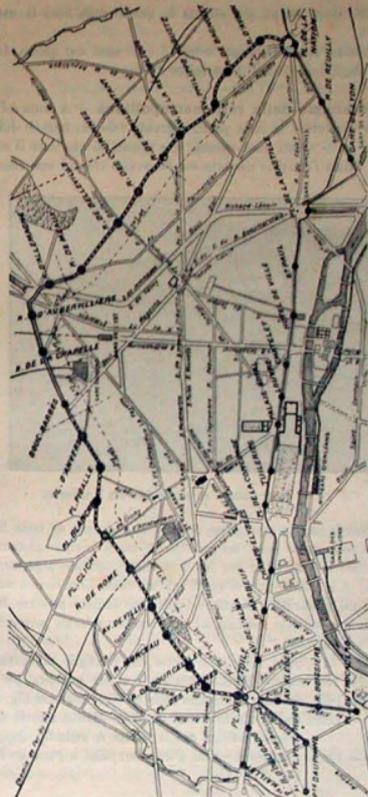


Fig. 18. — Linea in costruzione della Métropolitaine di Parigi.

di fr. 2.811,38, spesa un po' più elevata di quella della linea in esercizio (fr. 2.646,20).

I lavori debbono essere terminati entro 16 o 20 mesi dal giorno dell'aggiudicazione degli appalti (fine di novembre 1900).

Nuovo esercizio della rete metropolitana. — A causa delle difficoltà di far percorrere in certi punti, a grande velocità, treni di differenti linee in certi tratti aventi linea comune, si è pensato di cambiare il sistema di esercizio. Prima l'esercizio adottato era l'*esercizio chiuso*: esso consisteva



Fig. 19. — Veduta esterna di una stazione della linea in costruzione.

nel suddividere la rete in tante linee circolari in modo che un treno la percorra sempre nello stesso senso; ora per ottenere ciò si dovettero adottare degli aghi di scambio in quei tratti ove due o tre linee venivano a percorrere lo stesso tunnel; si è evitato l'uso di questi aghi adottando l'*esercizio a navetta*: esso consiste nel suddividere la rete in tante linee distinte percorse da treni che vanno da una stazione estrema all'altra stazione estrema percorrendo la stessa linea nei due sensi.

Per questo il 14 giugno 1901 si è deciso dal Consiglio municipale che l'esercizio della rete metropolitana, dichiarata d'utilità pubblica per legge del 30 maggio 1898, sia fatto per mezzo delle sei linee seguenti (fig. 20):

- 1^a Linea. — Linea trasversale Est-Ovest da Porte Maillot a Porte de Vincennes (indicata con la lettera A nella fig. 20).
- 2^a " — Linea circolare Nord da Porte Dauphiné a Place de la Nation (F).

- 3^a Linea — Linea circolare Sud da Place de l'Étoile a Place de la Nation (B).
- 4^a " — Linea trasversale Est-Ovest, dal Boulevard de Courcelles (presso il parco Monceau) a Ménilmontant (D).
- 5^a " — Linea trasversale Nord-Sud dalla Porte Clignancourt alla Porte d'Orléans (C).
- 6^a " — Linea trasversale Nord-Sud dal Boulevard de Strasbourg alla Place d'Italie (E).

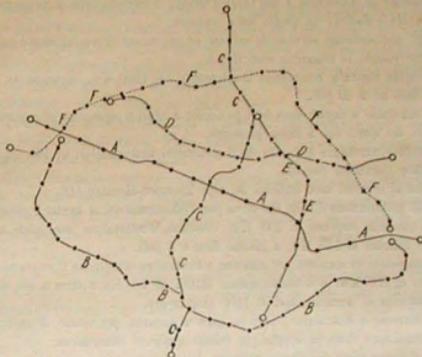


Fig. 20. — Nuovo sistema di esercizio delle linee della Metropolitana di Parigi.

In conclusione venne sdoppiata la linea circolare B dell'antica divisione, e si sono invece riunite le due linee E ed F dell'antica divisione nella linea 6^a della nuova divisione.

Prolungamento della linea d'Orléans. — Benchè questa linea non faccia parte della rete metropolitana, crediamo utile darne qualche cenno appunto perchè la linea è sotterranea e si è adottata la trazione elettrica. Questa linea è il prolungamento della ferrovia d'Orléans fra la stazione d'Austerlitz ed il Quai d'Orsay: si trattava di rimorchiare i vagoni ferroviari fra le due stazioni onde evitare il trasbordo.

La linea è quasi tutta sotterranea e per evitare le grandi difficoltà della ventilazione si impiegano locomotive elettriche.

Il cambiamento di macchine si fa alla stazione d'Austerlitz.

L'officina generatrice è a più di 5 Km. dal Quai d'Orsay; per questa ragione si produce la corrente trifasica a 5500 volt e 25 periodi: l'energia elettrica prodotta serve anche all'illuminazione ed alla alimentazione dei numerosi motori fissi che possiede la Società della Ferrovia d'Orléans ne' suoi stabilimenti: si hanno poi tre sottostazioni: una per l'illuminazione ad Jvry; le altre due sono per la trazione e l'illuminazione.

Per la trazione la corrente è trasformata in continua a 550 volt nelle due sottostazioni di Austerlitz e del Quai d'Orsay, il circuito della illuminazione a 500 volt è distinto da quello della trazione.

Degli accumulatori servono di volante ed assicurano l'illuminazione durante la notte quando le macchine sono ferme.

L'officina centrale comprende 2 alternatori di 1000 Kw. ciascuno ad indotto fisso ed a 40 poli.

Le macchine a vapore sono del tipo Corliss a triplice espansione ed a quattro cilindri, dei quali due a bassa pressione.

Il vapore necessario è fornito da 8 generatori multitubolari di 186 mq. di superficie riscaldata ciascuno.

I due alternatori sono trifasici del tipo Thomson-Houston (1).

Nella sottostazione d'Ivry, che serve per l'illuminazione, si hanno 2 generatori a corrente continua di 100 Kw. ciascuno, direttamente accoppiati a 2 motori sincroni di 125 Kw. a indotto fisso e 6 poli.

Il materiale di stazione per ciascuna sottostazione comprende 2 convertitori rotativi di 250 Kw. e 6 trasformatori statici di 90 Kw.: oltre a ciò vi è una batteria di accumulatori di 1100 ampere-ora.

La corrente è distribuita lungo la linea a distanza per mezzo di cavi: la canalizzazione è fatta in doppio per evitare qualsiasi interruzione.

La corrente viene distribuita a mezzo della terza rotaia.

Le locomotive elettriche pesano 45 tonnellate; esse comprendono una cassa che si appoggia su due carrelli a 2 assi. Ciascuno di essi è comandato da un motore elettrico d'una potenza di 125 Kw. a 4 poli, eccitati in serie. Le ruote hanno un diametro di m. 1,425.

La lunghezza totale di una locomotiva è di m. 10,609, la larghezza di metri 2,918 e l'altezza di metri 3,891 al disopra delle rotaie: la distanza fra gli assi è di metri 2,388.

Ciascuna locomotiva può trascinare 300 tonn. su una salita di m. 0,011.

(1) A. S. « Installations électriques de la Compagnie des Chemins de fer de Paris à Orléans sur la ligne de Quai d'Orsay au quai d'Austerlitz à Paris », — *L'Industrie électrique* — 10 août 1900, n. 207.

La cabina del macchinista è nel mezzo. I freni sono ad aria compressa del sistema Wenger: i cambiamenti di velocità sono ottenuti con il sistema serie-parallelo (1).

Questa linea ha il medesimo tracciato della linea G che venne concessa per la rete della ferrovia metropolitana; è appunto per questa coincidenza che la linea G venne abbandonata.

Altro sistema di metropolitana. — L'ing. D. A. Casalonga (2) propone per Parigi un altro sistema di metropolitana sotterranea. Esso consiste in uno dei soliti *trottoirs roulants* che si applicarono a Parigi nel 1900, a Chigago ed a Berlino: questo *trottoir* sarebbe sotterraneo ed è mosso dall'elettricità.

Lo studio generale venne fatto per una rete di 40 Km., ma lo studio particolareggiato venne fatto per una linea di 10 Km. circa tra la Place de la Concorde e quella della Bastiglia.

Questa metropolitana consiste in un nuovo sistema detto planetario formante due linee parallele vicine, l'una andante in un senso, l'altra ritornante in senso contrario per la medesima via.

Queste due linee si raccordano all'estremità con un percorso circolare attorno alle stazioni come nelle stazioni terminali della linea metropolitana: le velocità sono di 4, 8, 12 Km. all'ora; siccome poi il viaggiatore può camminare con una velocità di 5 Km. all'ora, si può avere una velocità di Km. 17 all'ora.

Non essendo questo sistema fra quelli che noi ci siamo proposti di studiare, non entriamo nei particolari: l'abbiamo accennato come uno dei possibili sistemi di trasporto in comune nelle grandi città.

III. — La ferrovia sotterranea di Buda-Pest.

Generalità. — La città di Buda-Pest, capitale dell'Ungheria, ha una popolazione di 720,000 abitanti (3) ed è la città più industriale di tutta l'Ungheria. Una delle più importanti e frequentate strade di Buda-Pest è la

(1) Les chemins de fer et les tramways à l'Exposition universelle de 1900. — *Revue générale des chemins de fer et des tramways.* — Novembre 1900, tome XXIII — 2^e série, n. 5, pag. 685.

(2) « Nouvelle application des plates-formes roulantes souterraines à traction électrique » par M. D. A. CASALONGA. — *Mémoires de la société des ingénieurs civils de France.* — Bulletin de janvier, 1902, pag. 72.

(3) A. L. HICKMANN, *Atlas universel. Politique, Statistique et Commerce.* Paris, 1902, pag. 31.

Andrassy Strasse che unisce la Redoute Platz sulle rive del Danubio al magnifico Parco della città (Varosliget).

Dato l'immenso movimento di persone e di merce che sempre si ha in questa via, è naturale che si sia pensato di unirne le estremità con una ferrovia sotterranea, che nessun disturbo le arrecasse.

Il progetto della ferrovia sotterranea venne approvato nel 1894 e la costruzione ha una durata di 90 anni.

Linea. — La linea è composta di un tunnel che contiene due linee a scartamento normale su tutto il percorso. Questa linea è quasi tutta in linea retta eccetto che alle due estremità: nella parte verso il Giardino della città la linea si divide in due rami.

Il minimo raggio adottato è di m. 40, e la massima pendenza è di 20 mm. per metro.

Partendo da Redoute Platz e passando sotto Gizella Platz, Harmineczgasse, Deak Ferencz Platz, Waitzner Ring, Andrassy Strasse, va a finire nel Parco della città (Varosliget), con un percorso totale di km. 3,8.

La costruzione di questa linea offriva speciali difficoltà in causa delle varie condotte che trovansi sotto il suolo della Andrassy Strasse. Perciò si dovette adottare una sezione molto diversa da quella adottata fino allora nelle ferrovie sotterranee di Londra; per evitare importanti lavori di deviazione delle condutture sotterranee d'acqua, si dovette fare in modo di avere una piccola profondità dal suolo del piano inferiore del tunnel, ed una piccola altezza del tunnel stesso.

Questo tunnel ha perciò un'altezza di m. 2,75 ed ha una sezione rettangolare. La parte superiore di esso è fatta con putrelle di ferro immerse nel cemento; queste putrelle sono a doppio T aventi le dimensioni di 300 × 320 × 350 mm. di altezza (1); esse distano fra di loro di un metro; alla loro metà sono sostenute da colonne in ferro formate da due ferri ad U di mm. 160 × 8 con alette di mm. 65 × 12 e piattabande di mm. 200 × 8; queste colonne distano fra di loro di m. 4.

Data la forma speciale del tunnel ed il piccolo spessore del soffitto, era naturale che l'Amministrazione ungherese prima di ricevere in consegna la linea, abbia prescritte speciali prove di resistenza.

Queste prove consistettero nel mettere al disopra del tunnel, successivamente allo stato di riposo ed allo stato di movimento dei carri a due assi d'un peso totale di 16,000 kg.; le ruote di questi carri avevano uno scartamento di m. 1,50, ed i due assi distavano fra di loro di m. 3.

(1) A. MOUTIER, « Les Tramways de Buda-Pest ». — *L'Eclairage électrique*, samedi 13 février 1897, 4^e année, n. 7, tome x, Paris.

In certi punti ove il traffico si prevedeva massimo, allora il carico di prova venne aumentato, e così nel Waitzner Ring esso venne portato da 16 tonn. a 24 tonn.; oltre a ciò vennero cambiate le dimensioni dei carri, in modo che la distanza degli assi venne portata a m. 4 e lo scartamento delle ruote a m. 1,60.

Il tunnel venne costruito a cielo scoperto, ed i 150,00 mc. di terra vennero estratti a mezzo di draghe mosse elettricamente ed installate dalla casa Siemens e Halske.

La linea è formata da rotaie di 115 mm. di altezza e di mm. 9 di lunghezza con un peso di kg. 24 al metro; queste rotaie vennero unite con le placche Haarmann.

La corrente viene distribuita a mezzo di due conduttori posti al soffitto del tunnel; la tensione della corrente è di 300 volt.

Dei circuiti speciali assicurano l'illuminazione del tunnel, la manovra delle segnalazioni, ecc.

Stazioni. — Le stazioni sono in numero di 11, e cioè: Gisella Platz, Deak Ferencz Platz, Waitzner Ring, Opéra, Oktogon Platz, Vörösmarty gasse, Punto rotondo, Bajzagasse, Arena Strasse, Giardino zoologico, Bagno artesiano.



Fig. 21.



Fig. 22.

Stazioni della ferrovia sotterranea di Buda-Pest.

Entro la città le stazioni sono sotterranee, ma nel Parco (stazioni X e XI) le stazioni sono a cielo scoperto.

Le stazioni sotterranee sono in comunicazione con le stazioni poste al livello del suolo per mezzo di comode scale.

Le stazioni sotterranee sono molto semplici: esse consistono in due piattaforme poste ai lati delle due linee; queste piattaforme hanno da 3 a 8 metri di larghezza e m. 24 a 32 di lunghezza.

Le scale che mettono in comunicazione queste piattaforme colle stazioni superiori hanno larghezza di m. 1,90, ed i gradini hanno m. 0,21 di pedata e m. 0,15 di altezza.

Le stazioni poste al livello del suolo sono molto eleganti (fig. 20 e 22), e sono decorate con ferro, vetri e mosaici nello stile del Rinascimento italiano.

Stazione generatrice. — Per l'esercizio di questa linea ferroviaria sotterranea non venne costruita una speciale stazione generatrice: la forza necessaria viene fornita dall'officina della Società dei Tramways posta nella Kertecz Strasse; questa officina fornisce tutta la corrente necessaria tanto alle vetture poste a livello del suolo, come a quelle sotterranee.

La forza che disponeva prima questa officina bastava appena per le vetture poste al livello del suolo, per cui si dovettero, per la linea sotterranea, aggiungere due gruppi di caldaie, motori e dinamo che possono produrre da 1000 a 1500 ampère alla tensione di 300 volt.

Questa corrente viene inviata in due sistemi diversi di feeders: i feeders del primo sistema hanno una sezione di 500 mmq. ed alimentano i conduttori principali che servono per la trazione; i feeders del secondo sistema hanno una sezione di 150 mmq. ed alimentano i conduttori delle lampade ad incandescenza: queste lampade sono disposte tre a tre in serie ed illuminano il tunnel e le stazioni; la corrente per queste lampade ha una tensione di 100 volt.

Tutti questi feeders sono congiunti al tunnel verso la sua metà, cioè nella Oktogon Platz.

Vettore. — In questa ferrovia sotterranea non si hanno locomotive, ma si fa uso di vetture automotrici. Data la poca altezza del tunnel, si dovettero adottare speciali vetture, molto basse e molto lunghe.

Il pavimento di queste vetture trovasi a m. 0,50 dal livello delle rotaie, in modo da avere un'altezza utile di m. 2,085; la loro lunghezza è di m. 11.

Gli assi di queste vetture sono in numero di 4 divisi in due coppie di due ciascuna. Questi assi si trovano alle estremità della vettura, e su ciascuna coppia di assi si trova una cabina per il Wattmann.

Ogni vettura ha 2 motori della potenza nominale di 50 HP ciascuno e può avere una velocità da 20 a 25 km. all'ora. Il peso di ciascuna vettura è di 12 ton. a vuoto (1).

Tutte le vetture sono munite di freni elettrici speciali analoghi ai freni Sperry.

Ogni vettura può contenere 28 viaggiatori seduti e 18 viaggiatori in

(1) *Eclairage Electrique*, samedi 1 août 1896, 3^e année, n. 31, tome VIII, pag. 222.

iedi; il numero di vetture è di 20, ma di esse soltanto 14 sono in continuo esercizio.

La ventilazione del tunnel è assicurata dal moto dei treni e da ventilatori speciali: onde poi far sì che anche durante le fermate nelle stazioni le vetture siano egualmente ventilate, ogni vettura è munita di speciali ventilatori che vanno in funzione quando il treno si ferma a qualche stazione.

Il tragitto completo è fatto in 10 minuti ed il prezzo è di 20 heller (20 centesimi). La linea è costata 3,500,000 fiorini (7,300,000 lire circa), cioè quasi 2 milioni al km.

IV. — Ferrovia sotterranea di Glasgow.

Generalità. — Glasgow è una delle principali città della Scozia. La sua popolazione nel 1871 era di 547,000 abitanti, di 578,000 nel 1879, di 618,000 nel 1891, di 714,000 nel 1896 e di 720,000 nel 1901. Le industrie sono molto numerose e si contavano, nel 1891, circa 1877 stabilimenti (1).

Immenso è il traffico marittimo nel suo importante porto. Ha una estesa rete tramviaria ed è molto importante la sua ferrovia sotterranea funicolare.

Questa linea, benché non a trazione elettrica, ha grande importanza per la poca spesa di esercizio in confronto delle linee Metropolitane a trazione elettrica. Diamo, per dimostrare ciò, qualche dato riferentesi alle linee Liverpool Overhead Railway, City and South London Railway, Central London Railway e Glasgow Subway Railway.

Nella tabella A sono riassunte le costanti generali di ciascuna delle 4 installazioni, nella tabella B in dettaglio le spese di esercizio per treno-chilometro e nella tabella C lo stato delle spese e delle entrate; ciò ci permette appunto di giudicare quale esercizio è migliore dal punto di vista finanziario (2):

A. — Costanti generali.

	Glasgow Subway	C. and S. London	Liverpool Overhead	Central London
Vetture per treno	2	3	6	6
Viaggiatori per treno	66	96	114	288
Peso del treno a vuoto	13,720 kg	31,900 kg	31,600 kg	126,000 kg
Lunghezza della doppia linea	10.8 km	7.7 km	10.8 km	9.2 km

(1) *Dictionnaire du Commerce, de l'Ind.*, etc., pag. 333.

(2) *The Tramway and Railway World*, 11 aprile 1901, pag. 174-177, London.

B. — Spese d'esercizio per treno-kilometro in centesimi.

Linea	Manutenzione linea, officine e stazioni	Forza locomotiva	Riparazione vetture e materiali	Spese dovute al traffico	Spese generali	Totale
Glasgow Subway . . .	4.75	19.8	1.5	17.4	8.95	52.40
C. and S. London . . .	3.69	34.4	3.25	48.2	13.4	102.94
Liverpool Overhead . . .	9.38	26.90	1.69	34.7	15.8	88.47
Central London . . .	6.45	80.90	7.07	94.2	29.0	217.62

C. — Stato delle spese e delle entrate.

Linea	Spese per treno kilom.	Entrate per treno kilom.	Rap- porto delle spese alle entrate	TOTALE		Km. parcours	Viaggiatori
				Spese	Entrate		
				Lire	Lire		
Glasgow Subway . . .	Cent. 52.40	Cent. 104.6	% 49.97	Lire 483.375	Lire 966.975	885.700	7.290.807
C. and S. London . . .	102.94	182.6	56.22	657.025	1.168.500	613.800	5.018.842
Liverpool Overhead . . .	88.47	142.5	62.12	690.325	950.575	640.000	4.187.862
Central London . . .	217.62	370.0	68.0	1.760.850	2.997.060	777.600	14.916.922

Questi risultati ci dimostrano che è migliore il sistema adottato nella Glasgow District Subway, cioè il sistema funicolare: esso però non venne finora adottato in nessun'altra ferrovia Metropolitana. Diamo qualche dato principale su questa linea.

La costruzione di essa venne autorizzata dal Parlamento nel 1890.

Linea. — La linea è composta di due tunnel paralleli, della lunghezza di metri 10.460, 50, ed è completamente sotterranea (1).

Essa parte da Saint-Enoch Square e passa sotto la Buchanan Street ove attraversa un terreno di sabbie acquifere, ciò che richiese l'uso dell'aria compressa durante la costruzione.

La linea passa in seguito sotto Cowcaddens ove si ebbero difficoltà grandissime; la linea poi da Cowcaddens va quasi vicino al Kelvin Bridge in linea retta passando sotto la New City Road e la Great Western Road; passa in seguito sotto il torrente Kelvin e sotto il fiume Clyde fra le stazioni di Partik e di Govan.

Il tunnel sotto il fiume Clyde si trova a m. 17,07 sotto il livello delle massime piene. Dopo Govan la linea trovasi da m. 2,45 a m. 3,95 al disotto

(1) *Nouvelles annales de la construction*, 5^e serie, tome v, n. 519, mars 1898.

del suolo, per una lunghezza di m. 1580 circa. Attraversa in seguito una seconda volta il Clyde per ritornare a Saint-Enoch Square; questo secondo tunnel sotto il Clyde trovasi a m. 12,50 al disotto delle acque alte.

Il diametro interno dei tubi è di m. 3,353; essi sono rivestiti sia in muratura, sia in cemento, oppure con anelli in ghisa.

Delle aperture aventi m. 0,914 di lunghezza e m. 1,524 di altezza sono praticate fra i due tunnel ad ogni 22,86 m. di distanza.

Le curve hanno un *minimum* di m. 200 di raggio.

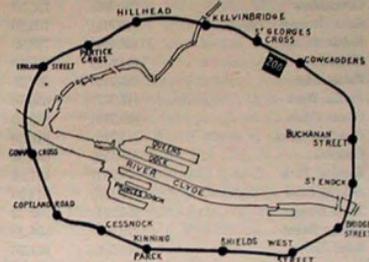


Fig. 23. — Ferrovia sotterranea di Glasgow.

I *boucliers* impiegati nella costruzione vennero costruiti dalla casa Markham di Chesterfield; essi avevano un raggio di m. 3,696 internamente ed una lunghezza di m. 1,981.

L'installazione dei motori e compressori comprendeva due motori Slec con cilindri a vapore di m. 0,6096 di diametro, e cilindri compressori d'aria di m. 0,762 di diametro e m. 0,9144 di corsa, con 60 giri; vi era poi un compressore Duplex con cilindro a vapore di m. 0,6096 di diametro e cilindro compressore d'aria di m. 0,762 di diametro e m. 0,6096 di corsa con 75 giri; questo compressore venne fornito dalla Anderson Foundry Company.

Tre caldaie di Lancashire fornivano il vapore alla pressione di 5 1/4 atmosfere; l'aria compressa alla pressione di kg. 1,76 al centimetro quadrato era immagazzinata in due recipienti di m. 7,515 di lunghezza e m. 1,524 di diametro.

I progetti della funicolare vennero fatti dai signori Simpson e Wilson; le installazioni meccaniche, il materiale rotabile e le installazioni elettriche vennero fatte da D. H. Morton.

Tutto compreso (anche il materiale rotabile) la linea è costata 27,742,000 lire, cioè 2,664,140 lire per km. in doppia via.

Stazioni. — Le stazioni sono in massima parte allo scoperto; esse sono: (i numeri fra parentesi indicano l'altezza sul livello del mare delle stazioni, gli altri numeri danno le distanze parziali fra le singole stazioni):

Saint Enoch Square	(43,586)	—
Buchaman	(40,233)	554,42
Cowcaddens	(50,596)	795,50
Saint Georges Cross	(45,71a)	705,30
Kelvin Bridge	(38,404)	788,80
Hillhead	(34,442)	898,50
Partik East	(45,719)	607,75
Partik West	(41,757)	656,80
Govan Cross	(45,719)	853,40
Copeland Road	(45,719)	916,50
Cessnock	(45,719)	665,06
Kinning Park	(43,281)	491,94
Shields Road	(44,195)	814,20
West Street	(36,271)	598,62
Bridge Street	(42,671)	521,20
Saint Enoch	(43,586)	671,76

La stazione di Buchaman Street è posta vicino alla stazione termine della North British Railway, ed il livello della piattaforma è inferiore di m. 12,20 al livello della strada.

A ciascuna stazione si hanno delle piattaforme della larghezza di m. 3,048 ed elevate di m. 0,66 al disopra del piano delle rotaie.

Le stazioni hanno una larghezza di m. 8,530.

Il dislivello fra le piattaforme ed il livello del suolo della strada è in media di m. 6,100 variando fra m. 4,286 a m. 12,191; soltanto ad Hillhead si ha un dislivello di m. 38,710. Vicino alle stazioni si sono stabilite delle piccole pendenze nella linea onde facilitare la partenza dei treni.

Vetture. — Siccome la linea sotterranea di Glasgow non entra nel numero di quelle che noi ci siamo prefissi di studiare, così ci accontentiamo di aver dato qualche cenno della linea per confrontarla con le altre ferrovie Metropolitane studiate. Passiamo ora a studiare la ferrovia Metropolitana di Berlino.

La Ferrovia elevata e sotterranea di Berlino.

Generalità. — Berlino conta attualmente una popolazione di 1.884.151 abitanti (1), sparsa su una superficie di 6000 ettari. Dal punto di vista topografico presenta un'analogia con Parigi; ne differisce in ciò, che Berlino è su di una superficie perfettamente piana, mentre Parigi trovasi su di un terreno ondulato (2). L'orientazione generale della città, la situazione rispettiva dei sobborghi, la posizione dei principali monumenti, quella delle antiche stazioni termine, la forma della linea di Cintura che circonda Berlino come a Parigi, infine le abitudini del pubblico, la natura e la direzione delle principali correnti di circolazione, tutti questi elementi offrono nelle due capitali una grande rassomiglianza. Data però la posizione della città ed il fatto che a Berlino non si crearono ferrovie urbane se non verso il 1880, cioè vent'anni dopo Londra e dieci anni dopo New York, la questione dei grandi trasporti potè essere risolta nel miglior modo possibile.

Le ferrovie urbane in Berlino sono due: la Ringbahn e la Stadtbahn; la prima è costituita da due linee distinte a forma di semicerchio, la Nord-Ring e la Sud-Ring, la Stadtbahn forma il diametro del cerchio formato dalla Ringbahn.

La Ringbahn ha una lunghezza di km 37 $\frac{1}{2}$; essa fa il giro di Berlino ed unisce fra di loro 13 stazioni dei sobborghi; venne a costare 405.330 lire al km. (3).

Dopo la costruzione della Ringbahn si sentì la necessità di riunire il centro di Berlino con questa linea ferroviaria e si pensò così alla Stadtbahn; questa linea venne costruita quasi tutta in viadotto. I lavori vennero incominciati alla fine del 1875 e terminati nel 1882 e vennero a costare 87.500.000 lire, cioè L. 7.250.000 al km avendo questa linea una lunghezza di 12 km circa. Questa linea conta nove stazioni e riunisce le due stazioni termine della Silesia e di Charlottenburg.

Questa linea (Stadtbahn) passa in prossimità dei Linden, della Borsa, dei Mercati, ed attraversa i sobborghi operai posti vicino alla stazione della Silesia. La linea è a quattro binari: due binari servono per i treni urbani; gli altri due per i treni delle grandi linee. Delle nove stazioni della Stadtbahn quattro sono comuni ai due servizi: essi sono quelle di: Charlottenburg,

(1) *News of the World Almanack*, London, 1902, pag. 150.

(2) PAUL HAAG, op. cit., pag. 20.

(3) F. SERAFOS, op. cit., pag. 69.

Friedrichstrasse (stazione centrale di Berlino), Alexander Platz e Silesia: quelle di Jannowitz-Brücke, della Borsa, di Lehrte, di Bellavista, e del Giardino Zoologico servono esclusivamente ai treni urbani. Il servizio sulla Stadtbahn è fatto a navetta fra le stazioni della Silesia e di Charlottenburg (West-End). Sui binari delle grandi linee circolano tutti i treni delle reti ferroviarie direttamente unite alla Stadtbahn: parecchi treni internazionali attraversano la città su questi binari: durante la notte poi dei treni speciali di approvvigionamento sono diretti dalla Stadtbahn alla speciale stazione dei Mercati, presso l'Alexanderplatz.

La velocità dei treni locali è di 23 km, le fermate comprese. Tenendo conto dei rallentamenti e delle fermate fissate a mezzo minuto per stazione, essa può effettivamente calcolarsi a 46 km. all'ora.

Oltre a queste linee ferroviarie la città di Berlino possiede un completo servizio di omnibus e di tramways che sono in possesso di parecchie Compagnie private: la linea di tramways più importante è quella che è collegata alla Stadtbahn ed alla Ringbahn: essa appartiene alla Grande Compagnia dei Tramways di Berlino.

Il numero dei viaggiatori tanto nella Stadtbahn, come nella Ringbahn, nei tramways e negli omnibus è molto grande.

Nel 1899 si ebbero (1):

Con la ferrovia di cintura (Ringbahn)	36,0 milioni di viaggiatori
" " " metropolitana (Stadtbahn)	59,0 " " "
" i tramway	244,6 " " "
" gli omnibus	75,0 " " "
Totale	414,6

Ciò corrisponde a 171,5 viaggi per abitanti all'anno.

Questi mezzi di trasporto non bastavano però al grande traffico di Berlino, per cui si pensò di costruire altre linee metropolitane, e già dall'anno 1880, la casa Siemens ed Halske aveva chiesta la concessione di una ferrovia metropolitana aerea, analoga alla *Elevated* di New-York, concessione che fu rifiutata dalle autorità.

Delle ulteriori domande furono accolte più favorevolmente, e nel 1891 la stessa casa Siemens ed Halske di Berlino sottmise il progetto di una prima ferrovia aerea elettrica. Questa linea doveva andare dalla Worschaner Strasse all'est, a Zoological Garten all'ovest con una diramazione alla piazza

(1) ZIPPER E. A. *La nuova ferrovia metropolitana elettrica di Berlino*. Mittheilungen des Vereines f. d. Förderung d. Local und Strassenbahnwesens, n. 8, agosto 1901, vol. IX, pag. 361-381, Vienna.

di Potsdam: questa proposta ottenne l'approvazione dell'imperatore di Germania il 22 aprile 1893 (1).

Era però necessaria anche l'autorizzazione delle autorità municipali di Berlino, di Charlottenburg e di Schöneberg, e delle ferrovie dello Stato. Queste diverse autorizzazioni la casa Siemens ed Halske le ottenne negli anni 1895 e 1896, in modo che i lavori si poterono incominciare in quest'ultimo anno. La durata della concessione è di 90 anni: nel 1897 un nuovo gruppo denominato « Compagnia delle ferrovie aeree e sotterranee di Berlino » sostitui la casa Siemens und Halske. La linea venne ultimata alla fine del 1901 ed il servizio per il pubblico venne incominciato il 16 febbraio 1902.

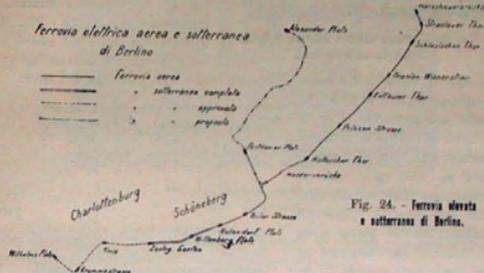


Fig. 24. - Ferrovia aerea e sotterranea di Berlino.

Linea. — La lunghezza della linea principale dal Ponte di Varsavia sino al Giardino Zoologico, compreso il ramo della Potsdam Platz, è di km. 10,1: il prolungamento dal Giardino Zoologico a Charlottenburg comprende 2,7 km (fig. 24).

La linea è costruita interamente a due vie. La larghezza della piattaforma è di metri 7; le curve hanno 60 metri di raggio in vista del passaggio delle vetture speciali.

In generale le salite non superano il 10‰, in casi eccezionali essi arrivano in 2 o 3 punti al 25 o 26‰.

La linea nella parte aerea si compone di pilastri e di travi metalliche inchiodate, la cui portata normale è di 12 metri, ma va in alcuni punti a metri 16,5 ed a metri 21.

(1) P. T. J. ESTLER, *The Berlin combined Overhead and Underground Railway*, The Tramway and Railway World, vol. XI, 8 marzo 1902, London, pag. 373.

L'insieme di queste costruzioni metalliche pesa circa 16.000 tonnellate: il carico massimo è da 650 a 700 kg. per cmq. per le travi trasversali, di 1.100 kg. per cmq. per le parti sottoposte soltanto alla trazione od alla pressione e di 900 kg. per le parti sottoposte alternativamente nei due sensi.

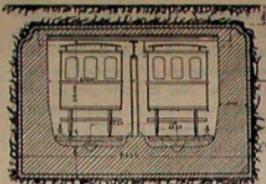


Fig. 25. — Ferrovia elevata e sotterranea di Berlino. Sezione trasversale del tunnel.

ghezza di metri 6,24 ed una altezza di metri 3,900 dal piano del ferro: longitudinalmente il tunnel ha nella sua metà una serie di pilastri in ferro alti m 2,92 e portanti una trave a doppio T alta m. 0,50, sulla quale si appoggiano altre speciali travi che sostengono le volture del soffitto: fatto in questo modo il tunnel si poté costruire ad un livello poco profondo dal livello del suolo stradale.

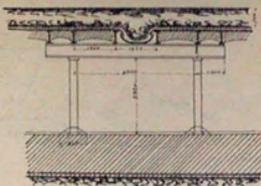


Fig. 26. — Ferrovia elevata e sotterranea di Berlino. Sezione longitudinale del tunnel.

Riguardo alla forma della linea essa si divide così:

Viadotti in acciaio e ponti	metri 6654,5
" con archi	857,7
Tunnels	1552,6
Tunnels prossimi alle inclinazioni	520,0

Come vedesi nella figura 24, una continuazione di questa linea deve andare a Charlottenburg: essa è sotterranea. Una nuova linea proposta e pur essa tutta sotterranea è quella che da Postdam Platz va ad Alexander Platz. L'energia elettrica è distribuita a mezzo di una terza rotaia posta tra un binario e l'altro.

Stazioni. — Nella linea già in esercizio le stazioni sono in numero di 13: di esse 10 sono aeree, e 3 sotterranee: nella linea di continuazione

le stazioni saranno 3 e tutte sotterranee: esse sono; Knie, Krummestrasse, Wilhelms Platz (Charlottenburg).



Fig. 27. — Ferrovia elevata e sotterranea di Berlino. Vista del tunnel.

Il nome delle stazioni, la distanza parziale fra di esse e la natura della stazione ci viene data dalla tabella seguente:

Numero	Nome della stazione	Distanza dalla stazione precedente metri	Natura della stazione
1	Warschauer Brücke	—	Aerea
2	Straßlauer Thor	293,0	"
3	Schlesischen Thor	414,0	"
4	Oranien Wienerstrasse	857,0	"
5	Kottbuner Thor	507,0	"
6	Prinzen Strasse	880,0	"
7	Hallesches Thor	986,0	"
8	Möckernbrücke	517,0	Aerea
9	Postdamer Platz	1358,5	Sotterranea
10	Bülow Strasse	1755,5	Aerea
11	Nollendorf Platz	570,0	"
12	Wittenberg Platz	746,5	Sotterranea
13	Zoolog. Garten	808,0	"

Vetture. — Non si hanno locomotive: i treni (fig. 28) sono composti di due vetture automotrici e di una vettura di rimorchio (1). Il materiale mobile attualmente in esercizio è di 43 vetture automotrici a 35 posti, e di 21 vetture a rimorchio con 60 posti.

Ogni vettura automotrice ha una lunghezza fra i respinatori di m. 12,700: esse sono a due carrelli distanti fra di loro di m. 7,500: ogni carrello porta due assi distanti m. 1,80.

Ciascuno di questi assi è comandato da un motore a semplice riduzione funzionante sotto 750 volt: i motori hanno una forza di 70 cav. vap. I quattro motori riuniti consumano da 1000 a 1400 ampère in pieno carico.

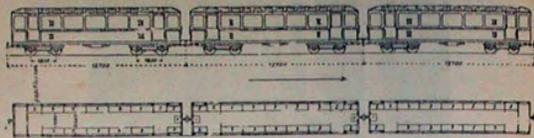


Fig. 28. - Ferrovia elevata e sotterranea di Berlino. Vista e pianta delle vetture.

I sistemi di freni adottati sono: freno magnetico, freno a mano, freno elettrico a corto circuito.

La velocità media è 28 km all'ora, con una partenza ogni 5 minuti.

Stazione generatrice. — L'officina generatrice comprende 3 gruppi elettrogeni Borsig-Siemens e Halske: le dinamo producono 800 kw. ed hanno 10 poli. I motori sono a 2 cilindri e fanno 115 giri al minuto producendo normalmente 900 HP ed un massimo di 1.200 HP.

Attualmente il capitale sociale della Compagnia è di 25.000.000 di lire. Durante il primo anno l'esercizio sarà fatto, dalla casa Siemens und Halske che garantisce alla Compagnia un interesse del 4% al minimo.

Il costo totale è stato di:

Costo della costruzione dei viadotti, tunnels, stazioni, ecc.	L. 23.125.000
Costo del materiale elettrico	5.000.000
Interesse del capitale	2.875.000
Spese straordinarie	4.000.000

Totale L. 35.000.000

Il costo per la costruzione del viadotto è stato di L. 2400 al metro e quello per i tunnels di L. 3000 al metro.

(1) E. KILBURN SCOTT, *Rapporto sul viaggio in Germania dell'Istituto ingegneri degli ingegneri elettrotecnici*. Street Railway Journal, 5 settembre 1901, t. XVIII, pag. 174-179, New-York.

Considerazioni sulle ferrovie sotterranee elettriche nelle grandi città.

Generalità. — Con la descrizione della ferrovia elevata e sotterranea di Berlino abbiamo finito di studiare le ferrovie sotterranee elettriche nelle grandi città europee. Si potrebbero ora studiare le ferrovie sotterranee elettriche nelle città americane, e cioè quelle di New York, Boston e Buenos Aires; ma i tipi adottati per queste ferrovie sono quelli in uso sulle ferrovie europee, per cui ci limitiamo a descrivere soltanto le prime, riservandoci in queste conclusioni di dare qualche accenno delle seconde volta per volta.

In questo studio quello che a noi interessa è soltanto la costruzione della linea ed il sistema di trazione elettrica adottato.

Linea. — Le prime linee sotterranee costruite offrivano una certa difficoltà per la necessità di dover passare sotto a immensi fabbricati od a numerosi condotti di gas, di acqua potabile, di fognature, ecc., onde nacque l'idea di costruire delle gallerie ad una profondità tale da non incontrare nessuno dei citati inconvenienti, e così a Londra vennero costruite le tre linee City and South London Railway, Waterloo and City London Railway e Central London Railway, con tunnels posti ad una profondità che varia dai 12 ai 20 metri. Per costruire facilmente questi tunnels venne adottata la forma circolare, e si applicò un rivestimento interno metallico, in modo da costituire ogni linea un tubo continuo: questa disposizione però diede luogo, per la natura stessa del terreno di Londra, ad un grave inconveniente, cioè quello di forti oscillazioni che si sentono, nelle abitazioni, al passaggio di un treno metropolitano: queste oscillazioni sono molto più sentite in queste linee londinesi per la forma e la costituzione particolare dei tunnels delle linee sotterranee.

Si è cercato il modo di eliminare queste oscillazioni, ma inutilmente: il difetto sta appunto nella forma di tunnel adottata; e così noi vediamo che in tutte le altre metropolitane è stata abbandonata la sezione circolare dei tunnels per adottarne una rettangolare od ellissoidale.

Nella tabella A abbiamo riuniti i dati principali che riguardano le ferrovie sotterranee elettriche da noi studiate; ad esse bisogna aggiungere che nella ferrovia sotterranea elettrica di New York (fig. 29), la forma adottata è la rettangolare ed a pochissima profondità dal suolo, e che nella ferrovia sot-

terranea di Boston venne adottata una sezione circolare dei tunnels perchè, dovendo passare sotto ad un fiume, era necessario discendere a grandi profondità (fig. 30).

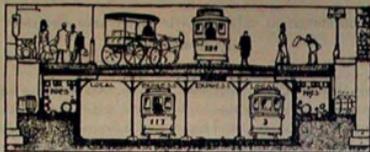


Fig. 29. — Ferrovía sotterranea elettrica di New York.
(Tunnel).

Dalla tabella *A* si vede quindi come siano soltanto le ferrovie antiche quelle che hanno adottato una sezione circolare ed una grande profondità:

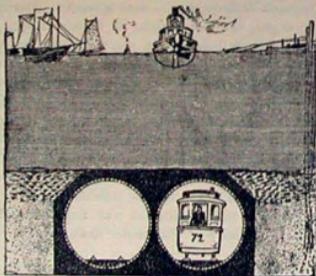


Fig. 30. — Ferrovía sotterranea elettrica di Boston.
(Tunnel).

le linee piú recenti e quelle in costruzione hanno una sezione rettangolare ed una piccola profondità.

Tabella *A*. — Dati principali sulle linee delle ferrovie sotterrane elettriche nelle città europee.

LINEA	Sezione del tunnel	Dimensioni del tunnel	Profondità del tunnel	Lunghezza della linea
City and South London R.	Circolare	diam. 3,30 m	13 a 20 m	6,7 miglia
Waterloo and City R. . . .	Circolare	diam. 3,50 m	15 a 20 m	2,5 km
Central London R.	Circolare	diam. 3,51 m	massimo 32 m	11,0 km
Metropolitana di Parigi . . .	Ellissoidale	7,20 m x 5,20 m	poca profondità	64,697 km
Ferrovía sotterr. di Bala-Fel	Rettilangolare	altezza 2,75 m	poca profondità	3,8 km
Ferrovía sotterr. di Glasgow	Circolare	diam. 3,353 m	2,45 a 17,07 m	10,460 km
Ferrovía creata e sotterranea di Berlino	Rettilangolare	6,24 m x 3,3 m	poca profondità	12,8 km

La costruzione di queste linee con simili tunnels offre il vantaggio di una piú facile costruzione, inquantochè, invece di fare una vera galleria, non si fa altro che costruire un condotto sotterraneo scavato alla luce e ricoprirlo con soffitti a travi di ferro, ottenendosi così una costruzione piú economica, solida e ben fatta.

Un inconveniente offre questa costruzione. Generalmente le linee sotterranee vengono costruite perchè in una data via od in piú vie adiacenti il traffico è così aumentato, da creare la necessità di costruire sistemi rapidi e comodi di trasporto per queste strade; data poi l'impossibilità di creare altre linee tramviarie alla superficie del suolo per non accrescere ancora piú il traffico è necessario costruire linee ferroviarie sotterranee sotto le medesime vie; così, ad esempio, la necessità di una linea sotterranea era sentita a Boston nelle vicinanze di Scollay Square ove immenso era ed è anche tuttora il traffico ed il transito di tramways, omnibus, vetture, ecc. (fig. 31).

Ora la costruzione a cielo scoperto di una linea sotterranea a poca profondità dal suolo, porta di conseguenza l'ingombro per parecchio tempo della via, con grave danno al commercio ed all'industria: è questo il massimo inconveniente che il piú delle volte sconsiglia la costruzione di tunnels a poca profondità dal suolo.

Ma dove questo inconveniente può in parte eliminarsi, sia per la vicinanza di altre vie che permettano o il passaggio della ferrovia o il provvisorio spostamento del traffico, sia con la costruzione del tunnel a piccoli tratti, si deve nella costruzione delle ferrovie sotterranee elettriche nell'interno delle città adottare la sezione rettangolare e la costruzione a cielo scoperto (fig. 32).

Nelle costruzioni recenti poi non si usa piú costruire, come a Londra, due tunnels distinti per i treni che vanno nei due sensi, tunnels che alcune volte

sono ad una distanza abbastanza grande fra di loro, con una spesa di costruzione considerevole, ma invece i due binari sono posti in uno stesso tunnel, che viene perciò a costare meno della costruzione di due tunnels distinti: è così anche più facile la sorveglianza e la manutenzione della linea.



Fig. 31. — Scollay Square Boston (prima della costruzione della ferrovia sotterranea).

La forma rettangolare inoltre permette una occupazione migliore dello spazio per mezzo delle vetture, e permette anche l'uso di vetture di forma usuale, e non di forma speciale, come si è fatto nelle linee londinesi.



Fig. 32. — Costruzione del tunnel della ferrovia sotterranea di Buda-Pest (Andrássystrasse).

Trazione. — Abbiamo detto al principio del nostro studio che nelle ferrovie sotterranee recenti viene sempre applicata la trazione elettrica, e che le antiche ferrovie sotterranee, ove la trazione era fatta da locomotive a vapore, si vanno trasformando in ferrovie sotterranee elettriche; di questa scelta

ne abbiamo dette le ragioni, sia dal lato dell'economia, sia dal lato della ventilazione; non ripeteremo quindi ora quanto si è detto prima.

Nella tabella B abbiamo riuniti i dati principali che riguardano la trazione nelle ferrovie sotterranee elettriche nelle città europee. Riguardo al sistema di condotta adottato si vede dalla tabella che, eccetto la ferrovia di Buda-Pest, tutte le altre ferrovie hanno adottato la terza rotaia, e ciò è logico.

Gli accumulatori non si prestano certamente a queste ferrovie ove i treni debbono succedersi a piccoli intervalli, e quindi la necessità, per non essere obbligati ad usare un numero grande di locomotive o di vetture automotrici, di far ripartire subito i treni appena siano arrivati ad una delle due stazioni capo di linea.

I conduttori al livello delle rotaie presentano sui conduttori aerei il vantaggio di una minor spesa per l'impianto e di una economia nella energia elettrica.

I conduttori aerei necessitano di un impianto completo di isolamento e di applicazione al soffitto dei tunnels; con la terza rotaia invece l'isolamento è molto più facile ad ottenersi ed oltre a ciò l'impianto costa molto meno, perchè per questa condotta si fa uso delle traversine che portano le rotaie ordinarie.

Tabella B. — Il materiale mobile nelle ferrovie sotterranee elettriche nelle città europee.

LINEA	Formazione del treno		Sistema di trazione adottato	Partenza di un treno ogni	Capacità di aerei, tempo viaggiatori	Velocità in km all'ora	Velocità della corrente volt
	Locomotive	Vetture o vetture di rimorchi					
City and South London R. . .	1	3	a terza rotaia	10 minuti	100	20 km	500
Waterloo and City R. . .	—	2	a terza rotaia	5 minuti	240	30 km	500
Central London R.	1	7	a terza rotaia	2 1/2 minuti	336	60 km	500
Metropolitan District R. . .	—	1	a due rotaie conduttrici	5 minuti	312	30 km	550
Metropolitana di Parigi . . .	—	2	a terza rotaia	5 minuti	240	25 a 30 km	600
Ferrovia sotterranea di Buda-Pest	—	1	conduttori aerei	5 minuti	46	20 a 25 km	300
Ferrovia sotterranea ed elevata di Berlino	—	2	a terza rotaia	5 minuti	130	28 km	750

Se i conduttori aerei presentano maggior sicurezza per il pubblico sulle linee tranviarie nell'interno delle città, nelle linee ferroviarie a sede propria ogni causa di pericolo è quasi tolta, anche usando la terza rotaia: questo

pericolo poi è completamente eliminato nelle ferrovie sotterranee, ove la linea non è mai in contatto con il pubblico.

Riguardo poi alla formazione dei treni la massima parte delle ferrovie sotterranee hanno adottate le vetture automotrici e non le locomotive elettriche.

Nelle comunicazioni fra i vari punti di una grande città non è necessario avere treni con numerose vetture per il trasporto contemporaneo di molti viaggiatori, ma è utile invece avere treni numerosi succedentisi a piccoli intervalli di 5 minuti, ed anche di 2 minuti: si vede quindi la convenienza di non usare locomotive che servono per lunghi treni, ma di far uso di vetture automotrici aventi vetture di rimorchio. In casi eccezionali di grande traffico, come nella linea Central London Railway, ove in un giorno si hanno 700 treni capaci ciascuno di 336 persone, è conveniente non solo avere numerosi treni, con partenze succedentisi a piccoli intervalli (minuti $2 \frac{1}{4}$), ma anche treni con numerose vetture, e quindi capaci di trasportare numerose persone.

Così anche a New York, nella ferrovia sotterranea che sta costruendosi, si farà uso di treni con locomotiva: questi treni si succederanno ogni 2 minuti e le fermate saranno di 10 secondi.

Le vetture in tutte le ferrovie sotterranee sono ampie ed in esse vennero applicati tutti i più moderni ritrovati per la comodità dei viaggiatori.

La sola velocità dei treni non è molto grande, varia in generale dai 20 ai 30 km, e ciò perchè in queste linee ferroviarie le stazioni sono numerose e molto vicine fra di loro: solo nella Central London Railway, i treni hanno una velocità di 60 km. all'ora.

Nelle ferrovie sotterranee moderne è utile quindi abbandonare la sezione circolare dei tunnels, e fare invece un tunnel unico a sezione rettangolare ed a doppio binario: oltre a ciò si debbono avere numerosi treni formati da vetture automotrici e vetture rimorchiate: questi treni dovranno avere grande velocità e cercare di raggiungere almeno 50 km all'ora e succedersi a brevissimi intervalli e con brevissime fermate: solo così facendo si avrà una ferrovia metropolitana economica ed utile al traffico delle grandi città.

In Italia non esiste ancora nessuna ferrovia metropolitana sotterranea, ma è da sperarsi, che se ne abbiano a costruire onde rendere più comodo e pronto il transito da un punto all'altro delle grandi città.

PARTE II

LE FERROVIE AD UNA ROTAIA

Introduzione.

Il buon risultato che si ebbe, in un anno di esercizio, della ferrovia sospesa di Barmen-Elberfeld, ha attirato lo sguardo degli ingegneri ferroviari su questo speciale sistema di ferrovia ed in generale sulle ferrovie ad una rotaia.

I vantaggi di queste speciali ferrovie sono parecchi ed abbastanza notevoli: i principali sono i seguenti:

a) le ferrovie ad una sola rotaia non hanno bisogno di costruzioni speciali, come ponti, viadotti, trincee, ecc.: la linea segue le ondalizzazioni del terreno e quindi l'impianto viene a costare assai meno che non con qualsiasi altro sistema a 2 rotaie;

b) i raggi di curvatura da potersi adottare nelle ferrovie ad una sola rotaia possono avere un valore molto piccolo rispetto alle ferrovie ordinarie, e ciò certamente favorisce la realizzazione delle grandi velocità.

Per le ferrovie a sistema Langen, ove il vagone motore è sospeso alla rotaia con ruote poste al soffitto, le grandi velocità sono molto più facilmente ottenibili ed i raggi di curvatura da potersi adottare sono di molto più piccoli che non nelle linee ferroviarie a due rotaie.

Le ferrovie ad una rotaia si basano sul principio che un vagone può stare in equilibrio su di una rotaia quando il suo centro di gravità sia inferiore al piano della rotaia stessa.

I tipi principali di queste ferrovie sono due: con vagoni al disopra della rotaia e con vagoni al disotto della rotaia.

Al primo tipo appartengono le ferrovie Lartigue, Behr, Beyer, Lehmann ed al secondo le ferrovie sospese tipo Eugenio Langen, Beyer, Cook, Dietrich, Enos, Perlay-Hale. Noi dividiamo invece le ferrovie in due altre classi: ferrovie al livello del suolo e ferrovie sospese. Alla prima classe appartengono i tipi Lartigue e Behr, alla seconda tutti gli altri tipi.

Ferrovie al livello del suolo.

Ferrovie Lartigue. — Già fin dal 1821 l'ing. Palmer aveva precognizzato l'impiego delle ferrovie ad una sola rotaia, tanto per le merci quanto per i viaggiatori, ma solo più tardi questa idea ebbe un'applicazione pratica.

Chi fece i primi studi di una ferrovia ad una rotaia fu l'ingegnere francese Charles Lartigue che nel 1833 fece un impianto di questa speciale ferrovia in Algeria, per una lunghezza di più di 100 km; questo primo impianto serviva per il trasporto dei cereali ed era a trazione animale; nello stesso anno uno dei più grandi coltivatori della Somme (Francia), E. Bethonard, fece un simile impianto per il trasporto delle barbabietole: anche questo secondo impianto era a trazione animale.

L'ing. Lartigue espose il suo tipo di ferrovia a Parigi, all'Esposizione agricola del febbraio del 1834 ed all'Esposizione regionale di Rouen nel 1834 (1).

All'Esposizione di Rouen la *Monorail Lartigue* era a trazione elettrica. La rotaia in acciaio laminato era formata di piattabande con nervature longitudinali; il supporto aveva la forma di un *A*, con la rotaia posta sul vertice; questo supporto aveva un'altezza di 1,50 m ed uno scartamento alla base di 0,60 m.

Il vagone motore portava una macchina secondaria elettrica sistema Siemens. Il treno aveva una velocità di 5 km all'ora.

Ferrovia di Westminster (sistema Behr) (2). — Nel 1836 l'ing. Behr costruì la sua prima linea in Westminster. Questa linea di esperienza era posta tra Fire-Brigade Street, Francis Street e Hordick Place.

Essa si componeva di due linee che comunicavano fra di loro.

La prima linea K H G T H (figura 33) di forma circolare, era orizzontale. Essa era fatta per dimostrare che con questo sistema di ferrovia ad una rotaia si potevano avere molte curve pur adottando grandi velocità, ed infatti si avevano curve con i seguenti raggi: m 14,93, m 21,33 e m 21,94.

L'altra linea Q S P O V (fig. 1) era fatta invece per provare che si potevano percorrere salite molto forti senza dover adottare la cremagliera, come si avrebbe dovuto fare per le linee ferroviarie a due binari.

Questa linea aveva le seguenti pendenze: fra Q e B una salita di 1:66, fra B e T una salita di 1:10, fra T e P una orizzontale, fra P e V una discesa di 1:34.

(1) *Revue generale des Chemins de Fer*, luglio 1834, 7° anno, n. 1, pag. 51. Parigi.

(2) F. B. BEHR, « Elektrische Schnellbahnen und die Geplante Einschienenbahn. » Mono-Rail » zwischen Manchester und Liverpool » *Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure*, Band, XXXVI, Nr. 14, 5 aprile 1902, pag. 488. Berlin.

I treni che percorrevano questa ferrovia erano formati di una locomotiva e di due vagoni: uno chiuso per la I classe ed uno aperto (figura 34).

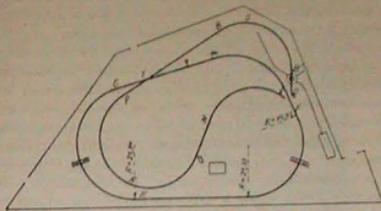


Fig. 33. — Ferrovia di Westminster (Planimetria della linea.)

La locomotiva era a vapore e nel suo insieme si poteva considerare come due locomotive riunite fra di loro e poste in equilibrio, una per parte, sulla rotaia.

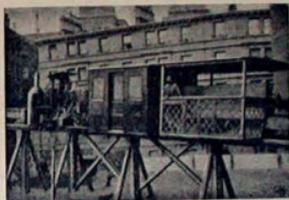


Fig. 34. — Ferrovia di Westminster (Behr). Locomotiva e vetture.

I risultati furono soddisfacenti ed indussero il Governo inglese a concedere la richiesta autorizzazione per una linea ferroviaria sistema Lartigue-Behr fra Listowel e Ballybunion in Irlanda (Contea di Kerry).

Ferrovia Listowel-Ballybunion (Irlanda) (1). — Questa linea venne approvata dal Parlamento inglese nel luglio 1837 e venne aperta il 1° marzo 1838.

(1) — *Zeit. d. V. D. Ingenieure*, Band XXXVI, Nr. 14, s. 488. Berlin, 1902.
— *Id.* *id.* Band XXXIV, Nr. 4, s. 131, 29 Januar, 1900. Berlin.

Essa ha una lunghezza di 18 km; la rotaia è posta ad un metro dal suolo ed è sopportata da una travatura metallica; l'importante di questa linea si è che le rotaie seguono l'ondulazione del terreno, e quindi non è stato necessario costruire nè ponti, nè viadotti, nè scavare trincee, ecc.

In questa linea alla rotaia centrale si sono aggiunte altre due rotaie, una per parte, ad una altezza di circa 20 cm dal suolo; in questo modo le rotaie sono tre invece di una sola; ma il sistema di ferrovia resta invariato inquantochè le ultime due rotaie non servono ad altro che a tenere maggiormente in equilibrio il treno: le ruote che scorrono su queste rotaie sono poste lateralmente ai vagoni od alle locomotive, non sopportano quindi nessun peso, ma servono soltanto di guida: oltre a ciò le pareti dei vagoni si prolungano fin quasi a toccare il suolo, in modo che qualsiasi rovesciamento è evitato.

Le locomotive sono a vapore e sono formate come quelle della linea di Westminster. Hanno sei ruote, delle quali due soltanto sono motrici e sopportano il peso di tutta la locomotiva; le altre quattro sono ruote di guida.

I vagoni sono molto più lunghi delle locomotive ed hanno quattro ruote portanti, su di una medesima fila: queste ruote si trovano sull'asse longitudinale delle vetture in modo che queste ultime risultano a cavallo della rotaia centrale. Ogni vagone può contenere 34 viaggiatori.

Nel costruire questa linea si è trovato un inconveniente ed è quello dei passaggi a livello: le rotaie trovandosi ad un metro di altezza si dovette rialzare di un metro il piano delle strade che attraversavano la linea ferroviaria. Oltre a ciò da ciascun lato della rotaia centrale era necessario lasciare un certo spazio libero per il passaggio delle locomotive e delle vetture; si è dovuto quindi nei passaggi a livello applicare un sistema speciale che è rappresentato nella figura 35.

Esso consiste in una specie di ponte levatoio che viene rialzato al passaggio di ogni treno; ordinariamente questo ponte, che è diviso in due parti, è abbassato ed appoggia sulla rotaia centrale della ferrovia; con questo sistema si sono eliminati i cancelli di sicurezza ai passaggi a livello che si applicano nelle ferrovie ordinarie.

Presso la stazione di Ballybunion si trova uno scambio (figura 36) e presso Listowel si trova la più piccola curva con un raggio di 18 m.

Questa linea serve per viaggiatori e per merci: se si vuole però raggiungere una notevole velocità bisogna che la linea sia riservata soltanto al trasporto dei viaggiatori.

Il costo di questa linea è stato minimo: si sono spesi 75.000 lire, mentre che se la linea fosse stata costruita con il sistema ordinario sarebbe costata 3 milioni di lire.



Fig. 35. — Ferrovia Listowel-Ballybunion
Passaggio a livello.

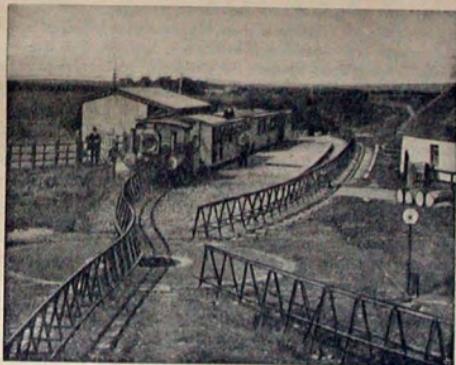


Fig. 36. — Ferrovia Listowel-Ballybunion
Stazione di Ballybunion e scambio.

Esperienze di Behr a Bruxelles (Tervueren). — Nel 1897 il Behr (1) fece importanti esperienze a Bruxelles per una ferrovia elettrica (tipo Lartigue) avente una lunghezza di 4,8 km.

La linea si componeva di due « monorails » paralleli.

Si avevano lungo la linea molte salite delle quali una presentava una differenza di livello di 6 m su un km di percorso: un quarto del tracciato era in linea retta: i tre quarti in curve aventi 500 m di raggio.

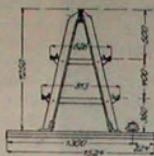


Fig. 37. — Ferrovia di Bruxelles
Tipo di rotaia.

Alla rotaia centrale vennero aggiunte altre quattro rotaie laterali per mantenere l'equilibrio nelle grandi velocità. La rotaia principale si trovava a m 1,25 dal suolo (figura 37); le prime rotaie sussidiarie a mm 750 e le seconde a mm 350; la base di queste travature misurava m 1,524.

La trazione era elettrica e la distribuzione della corrente si faceva a mezzo di una sesta rotaia di contatto che trovavasi a livello del suolo e lateralmente al supporto.

Le vetture erano tutte automotrici (fig. 38), per ottenere appunto le grandi velocità, senza pericolo di deragliamento.

Esse avevano una forma speciale per vincere la resistenza dell'aria, ed a questo scopo alle due estremità le pareti formavano un angolo molto acuto.

La lunghezza delle vetture era di m 18,3 e la larghezza di m 3,3; esse pesavano 65 t, e potevano contenere 100 viaggiatori: il Behr aveva calcolato per le sue esperienze, vetture molto meno pesanti di quelle che in pratica poi dovette adottare sulla linea di Tervueren.

Gli esperimenti vennero eseguiti con il controllo di una Commissione reale belga, ma non furono molto soddisfacenti. Secondo il programma si dovevano avere velocità fino a 200 km all'ora: invece si ottenne una velocità di km 138 all'ora sul percorso piano con curve di 500 m di raggio e km 120 sulle salite di 1:90; bisogna notare però che il percorso ove si potevano avere le velocità massime (ove cioè non vi erano salite di 1:90) era soltanto di km 2.

Queste esperienze furono molto costose (circa lire 1.250.000): le spese di corrente vennero a costare enormemente e le deformazioni della via risultarono notevolmente superiori alle deformazioni delle linee a due binari percorse da treni molto più veloci.

Queste spese eccessive ebbero diverse cause speciali che però non si hanno

(1) — FRANK C. PERKINS, « La ferrovia elettrica fra Liverpool e Manchester ». *Die Elektrizität*, n. 10, 10 maggio 1902, pag. 225. Lipsia.

— *Zeit. d. v. d. Ingenieure*, Band XXXIV, Nr. 4, s. 132. Berlino, 1900.

— *Zeit. d. v. d. Ingenieure*, Band XXXVI, Nr. 14, s. 489. Berlino, 1902.

su di una linea ben studiata e pratica: in quanto alle deformazioni della linea il Behr stesso modificò il suo sistema adottando delle molle alle ruote che servono di guida, in modo da ridurre le scosse che ricevono i vagoni nelle

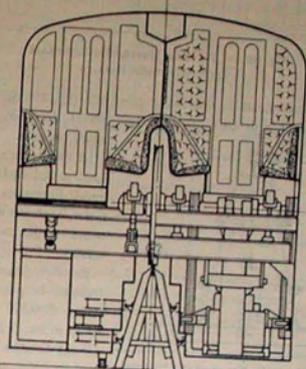


Fig. 38. — Ferrovia di Bruxelles
Tipo di vagoni.

curve quando i treni hanno grandi velocità: queste scosse però, come vedremo in seguito, non si possono in questo sistema eliminare completamente.

Ferrovia Manchester-Liverpool (1). — Questa linea progettata dal Behr è a trazione elettrica e si calcola su una velocità di 180 km all'ora.

(1) — *Organ für die Fortschritte der Eisenbahnwesen*, ottobre 1901.

— F. B. BEHR, « The proposed high-speed electrical « Monorail » between Liverpool and Manchester ». *The Electrical Review*, Vol. 48, Nr. 1218, 29 March 1901, pag. 530. New-York.

— F. B. BEHR, « Elektrische Schnellbahnen und die Geplante Einschienenbahn « Mono-Rail » zwischen Manchester und Liverpool ». *Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure*, Band XXXVI, Nr. 14, 5 aprile 1902, s. 486. Berlino.

— FRANK C. PERKINS, « La ferrovia elettrica fra Liverpool e Manchester ». *Die Elektrizität*, Nr. 10 e 11, 20 e 24 maggio 1902, pag. 225 e 250. Lipsia.

— SIR W. H. PREECE, « Ferrovia elettrica ed a una rotaia fra Manchester e Liverpool ». *Electrical World and Engineer*, 29 settembre 1900, pag. 476, New-York.

— *The Tramway and Railway World*, giugno 1900, vol. 11, Londra.

« — *Agriol.*

La linea (fig. 39) è formata come in quelle che abbiamo già studiate, e specialmente quella di Tervueren.

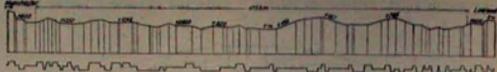


Fig. 39. — Ferrovia Manchester-Liverpool
Tracciato della linea.

Consiste essenzialmente in una rotaia principale (fig. 40), del peso di 50 kg per metro corrente, e di altre quattro rotaie laterali del peso di 15 kg per metro corrente.

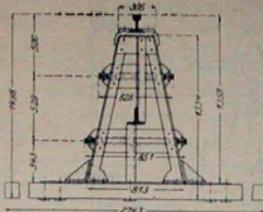


Fig. 40. — Ferrovia Manchester-Liverpool
Tipo di rotaia.

La rotaia centrale si trova a 1,359 m dal suolo ed ha le seguenti dimensioni: altezza 0,140 metri, larghezza del fungo 0,070 metri, larghezza del pattino 0,127 m.

Le altre rotaie secondarie si trovano, le prime ad una distanza di 0,872 m dal suolo e 0,625 m fra di loro, le seconde ad una distanza di 0,343 m dal suolo e 0,851 m fra di loro.

Per la trazione si hanno vetture automotrici (figg. 41 e 42) che pesano 39.000 kg ed hanno quattro motori di 160 cavalli; questi motori però possono produrre 320 cavalli per un tempo breve. Il numero dei giri è di 720 al minuto. L'accelerazione di velocità all'avviamento sarà dapprima di 0,6 m al secondo, poi di 0,21 m in modo che dal riposo alla più grande velocità, l'accelerazione media sia di 0,46 m per secondo: data questa accelerazione, la velocità normale sarà raggiunta in meno di due minuti, cioè in un minuto e quaranta secondi, prima che il treno abbia percorso tre km.

Il coefficiente di aderenza è di 0,16 in caso di cattivo tempo. Essendo il peso della vettura di 39.000 kg, e quindi essendo ogni ruota caricata di 19.500 kg, si può contare su una aderenza di 80 kg per tonnellata: ciò è più che sufficiente, perchè per una accelerazione di 0,6 m al secondo basta una aderenza di 65 kg per tonnellata.

Se si prende una resistenza alla trazione di 20 kg per tonnellata, bisogna per la vettura di 39 tonnellate avere una forza di 515 cavalli alla più grande velocità, cioè 129 cavalli per motore, essendo i motori in numero di quattro

per ogni vettura: i motori adottati hanno invece 160 cavalli ciascuno, come si è già detto.

Però considerando che negli ultimi secondi prima della velocità normale si ha una accelerazione di 6,8 m al secondo, e che per questa accelerazione bisogna aggiungere uno sforzo di trazione supplementare di 23,5 kg per ton-

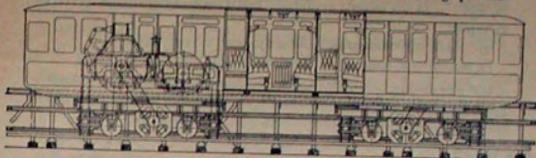


Fig. 41. — Ferrovia Manchester-Liverpool
Vettura automotrice.

nellata, ottenendo così uno sforzo totale di 43,5 kg, si vede che è necessaria una forza totale di 1114 cavalli, cioè 279 cavalli per motore: nei motori adottati si può per pochi istanti ottenere una velocità doppia della normale, cioè 320 cavalli, più che sufficiente anche per gli ultimi secondi ove l'accelerazione assume il valore di 6,8 m.

Il sistema dei freni sarà stabilito in modo che il rallentamento medio per le fermate alle due stazioni sia di 0,90 m al secondo, così che il treno si ferma in 53 secondi, dopo un percorso di 1.300 metri. Si usa il freno Westinghouse che agisce sulle quattro ruote con una pressione di 24 kg sulla superficie cilindrica delle ruote, ciò che è sufficiente a produrre l'arresto nelle condizioni previste.

Oltre a questo freno, si possono mettere i motori in corto circuito; inoltre la resistenza dell'aria serve da freno equivalente essa a 20 kg per tonnellata in velocità normale, e 5 kg in piccola velocità. Se si tien conto di tutte queste cause, si può contare su una forza ritardatrice totale di circa 144 kg per tonnellata in modo d'avere l'arresto del treno dopo un percorso di 820 metri. Se non si utilizza il corto circuito nei motori, l'arresto si ha dopo un percorso di 1280 metri.

I motori pesano 1750 kg ciascuno e sono calettati direttamente sugli assi. La spesa di energia è di circa 4 kw per vettura-kilometro cioè di 190 watt per tonnellata-kilometro.

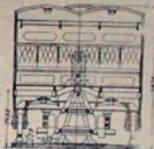


Fig. 42. — Ferrovia Manchester-Liverpool
Vettura automotrice.

Le spese totali di esercizio sono di lire 0,032 per kilometro, cioè esse sono coperte quando ogni vettura trasporta almeno nove persone.

La corrente viene fornita da una stazione generatrice che si trova a metà del percorso, cioè a Warrington (fig. 43).

La forza motrice è a vapore: quest'ultimo è fornito alla pressione di 11 atmosfere e $\frac{1}{2}$, da una batteria di caldaie a tubi d'acqua che producono 81.000 kg di vapore.

Gli ultimi perfezionamenti vennero applicati a queste caldaie.

Le macchine si compongono di sei unità delle quali due di riserva.

Ciascuna unità si compone di una macchina a vapore verticale compound, a condensazione, azionante direttamente un alternatore trifasico a 90 giri il minuto e della potenza di 1600 cavalli, cioè 1000 kw a 15.000 volt.



Fig. 43. — Ferrovia Manchester-Liverpool
Planimetria della linea.

Questa corrente di alto potenziale viene condotta a cinque sottostazioni di trasformazione, ove viene trasformata a 320 volt.

Queste sottostazioni si trovano: una a Warrington, una a Liverpool, una a Manchester e le altre due lungo la linea.

Ogni sottostazione di trasformazione si compone di 9 trasformatori di 150 kw, dei quali tre sono di riserva.

La corrente di 320 volt viene infine da commutatori trasformata in corrente continua a 650 volt.

La distribuzione si fa a mezzo di tre rotaie; di esse due in acciaio, pesanti 40 kg per metro ed isolate, servono da rotaie di contatto e la terza è la rotaia centrale che serve da filo neutro.

Non essendo né scambi, né incrociamenti, non sono possibili gli scontri fra vetture automotrici.

La linea poi è divisa per maggior sicurezza in cinque sezioni con applica-

zione del sistema a blocco. Ogni 11 km vi è un cantoniere che possiede tutti gli apparecchi ed i segnali necessari ed è in comunicazione telefonica con le stazioni estreme (Liverpool e Manchester) e con l'officina generatrice.

Le stazioni hanno una lunghezza di 75 m ed una larghezza di 18 metri.

Il capitale necessario per questa linea è di 62 milioni di lire, e facendosi una partenza nei due sensi ogni dieci minuti, si calcola che se i vagoni sono metà pieni (contengano cioè 19 persone, essendo i vagoni capaci di 38 persone), il capitale sia abbastanza remunerativo.

Ferrovia Lehmann (1). — Questo sistema serve specialmente per la trazione con uomini. I vagoni come al solito sono posti in equilibrio al disopra della rotaia e le due pareti laterali di essi scendono verso la metà quasi al livello del suolo onde impedire il rovesciamento: così pure essi possono servire da freni nella discesa quando si facciano abbassare fino a strisciare sul terreno: i freni applicati a questi vagoni sono a mano e di tipo speciale dovendo entrare in azione con qualsiasi posizione delle ruote: queste ultime sono in numero di due ed hanno un incavo nella loro superficie cilindrica onde impedire lo scivolamento dalla rotaia.

Nella parte superiore del wagonetto sono applicate due aste, che servono, a chi lo conduce, come mezzo per mantenere l'equilibrio; questo equilibrio in caso di trazione meccanica si deve ottenere con un altro appoggio che si deve mettere ad una certa distanza dalla rotaia e ad una certa altezza dal suolo.

Ogni wagonetto pesa 150 kg; con essi un uomo può trasportare 500 kg; adottando dei cavalli per la trazione si possono trasportare 2500 kg, o 8 a 10 persone.

Ferrovia Boynton (2). — Una ferrovia ad una rotaia secondo il sistema Boynton venne installata a Bellport, Long Island presso New-York.

In questo sistema la rotaia può essere tanto al livello del suolo come elevata; rientra quindi in tutte e due le categorie da noi fatte.

Il veicolo, portato da ruote centrali a doppio bordo e di grande diametro, scorre sull'unica rotaia; onde impedire che il veicolo si rovesci, un'altra rotaia è fissata superiormente alla prima, ad un'altezza tale da lasciar passare fra esse il veicolo; due rotelle poste sul veicolo, abbracciano questa rotaia: queste rotelle debbono resistere allo sforzo laterale del veicolo quando esso percorre le curve. Ciascuna ruota è azionata direttamente da un motore elettrico.

(1) *Génie Civil*, 7 dicembre 1901, pag. 97.

(2) F. BARBIER et R. GODFREYNAUX, *Les locomotives à l'Exposition de 1900*, pag. 304, Paris, 1902.

Vantaggi del sistema Lartigue-Behr. — Ora che abbiamo passato in esame le ferrovie costrutte o da costruirsi secondo il sistema dei vagoni al disopra delle rotaie, vediamo quali vantaggi abbiano queste speciali ferrovie.

Il Behr da due vantaggi principali: quello della minore spesa e quello della maggiore velocità.

Il vantaggio della minore spesa è evidente: con queste ferrovie non sono necessarie costruzioni speciali; nè ponti, nè viadotti, nè trincee: la linea segue l'andamento del terreno variando di pendenza ed ammettendone alcune volte di quelle abbastanza forti, come si è visto nelle esperienze fatte a Westminster ed a Bruxelles; oltre a ciò si possono adottare curve di raggio minimo senza che esse offrano inconvenienti speciali. Date queste condizioni è naturale che queste linee vengano a costare poco rispetto a quelle a due rotaie.

Veniamo ora le velocità che i treni possono raggiungere su queste ferrovie.

Per la forza centrifuga, un treno, percorrendo a grande velocità una linea ferroviaria, tende, quando trovasi su di una curva, a scorrere trasversalmente sulle rotaie ed a portarsi verso la rotaia esterna, e così il bordo delle ruote esercita uno sforzo laterale sulla rotaia esterna, producendo delle scosse più o meno forti ai vagoni e presentando un pericolo continuo di deragliamento; onde impedire ciò, nelle ferrovie ordinarie si rialza la rotaia esterna rispetto a quella interna.

Teoricamente, il rialzamento corrisponde ad una curvatura determinata e dovrebbe compensare gli effetti della forza centrifuga, ma in pratica è raro che la curva sia percorsa con la velocità esatta per la quale il veicolo è in equilibrio perfetto sul piano delle rotaie, e di più, supponendo che questa velocità sia realizzata con precisione, la curvatura della rotaia non è esatta e costante di posto in posto, vi sono delle variazioni considerevoli della pressione laterale del bordo sulle rotaie, e quindi scosse in curva (1).

Se α è l'angolo di rialzamento,

$$\tan \alpha = \frac{H}{gm} = \frac{V^2}{gv}$$

$$\text{Ove } H \text{ è } \frac{m V^2}{v}$$

Applicando questa formula classica ad un caso di vettura di 50 t a 160 km corrispondente ad un rialzamento dato da $\tan \alpha = 0.20$, si trova che, per una curva di 1000 m di raggio, lo sforzo laterale o la pressione calcolata del bordo della rotaia sulla rotaia stessa è di 10 t.

(1) L. GREARD, « Les chemins de fer électriques ». *Compte rendu de la Société des ingénieurs civils de France*. Mars et avril 1902, n. 3-4, pag. 443, 587, Paris.

Ora se si studiano analiticamente gli effetti di un errore di curvatura di 2 mm per una portata di rotaia di 4 m, si trova che $\tan \alpha$ varia di 4% del suo valore se la velocità è di 50 km, di 16% per una velocità di 100 km, di 64% per una velocità di 200 km. Le variazioni del 50%, in più o in meno del valore di $\tan \alpha$, per degli errori di curvatura, si rappresentano con una freccia di 2 mm, corrispondente a scosse sussultorie di un valore di 5 t, applicate a degli intervalli di tempo altrettanto più brevi, quanto la velocità è più grande ed i difetti della curvatura più ravvicinati.

Se non si può ottenere che le curvature delle due rotaie nel sistema ordinario siano rigorose, simili ed omocentriche, ciò è molto più difficile ottenerlo nel sistema Lartigue-Behr ove si hanno 5 rotaie. L'inventore, onde eliminare le scosse, ha invano messo delle molle sulle ruote guida.

In conclusione, quindi, le ferrovie ad una rotaia sistema Lartigue-Behr offrono il grande vantaggio di una piccola spesa per la costruzione e di un facile impianto, potendosi con esse adattare pendenze abbastanza forti e curve di raggio piccolo: per le comunicazioni fra grandi città, ove occorre adattare grandi velocità, questo sistema non risolve il problema di permettere ed agevolare il raggiungimento di queste grandi velocità, perchè, come si è detto, nelle curve entrano in funzione ben 5 rotaie invece di una sola rotaia; il Behr con l'aggiunta di molle alle ruote-guida ha in parte tolto l'inconveniente delle forti scosse che si ottengono quando un treno a grande velocità percorre una curva di piccolo raggio, ma con ciò non rende però possibile il raggiungere in pratica la velocità di 180 km. all'ora su un lungo percorso: però egli potrà facilmente costruire la linea Manchester-Liverpool in modo da ottenere una velocità superiore a quella finora raggiunta nelle ferrovie a due binari.

Ferrovie sospese.

Sistema Eugenio Langen. — Questo sistema si compone di una rotaia portata da molti supporti in ferro, uniti fra di loro da travature speciali: i veicoli sono sospesi a questa rotaia per l'intermediario di due paia di ruote motrici azionate elettricamente (fig. 44).

Questo sistema differisce completamente da tutti gli altri sistemi di ferrovie sospese finora progettate.

In linea generale queste ferrovie si possono dividere in due grandi classi:

- a) sistemi nei quali il centro di gravità dei veicoli è laterale alla linea;
- b) sistemi nei quali il centro di gravità dei veicoli è posto al disotto della linea.

Alla prima categoria appartengono le ferrovie sistema Cook (fig. 45) e sistema Dietrich (fig. 46); alla seconda categoria le ferrovie sistema Eugenio Langen (fig. 44), sistema Enos (fig. 47), sistema Beyer (fig. 48) e sistema Perlay-Hale (fig. 49).

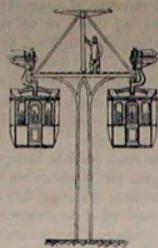


Fig. 44.

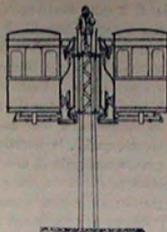


Fig. 45.

Fra tutti questi il migliore è certamente quello di Langen; in tutti gli altri sistemi, oltre alla rotaia principale che supporta il peso del veicolo,

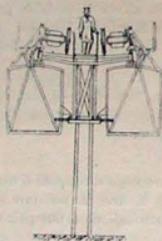


Fig. 46.

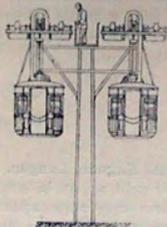


Fig. 47.

esistono altre rotaie poste al disopra del veicolo, o al disotto o lateralmente. Ora tutte queste rotaie sono di inconveniente nelle curve, qualora si vogliano ottenere grandi velocità, per la ragione che si è detta parlando della ferrovia sistema Behr.

Nel tipo Langen invece quest'inconveniente non esiste, avendosi una sola rotaia, ciò che favorisce di molto, come vedremo, il raggiungimento di grandi velocità.

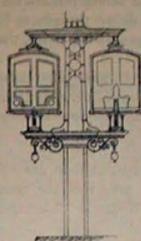


Fig. 48.

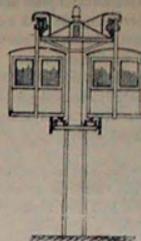


Fig. 49.

Esperienze di Langen. — La Continentale Gesellschaft für Elektrische Unternehmungen di Norimberga, che ha l'incarico di mettere in pratica le ferrovie sistema Eugenio Langen, prima di venire ad un tipo definitivo ha fatto molte esperienze per determinare la linea ed i veicoli.

La prima installazione venne fatta a Colonia nel 1893. Essa consisteva in una linea a due rotaie, formate da due semi-archi di 10 m di raggio, raccordantesi con due pareti diritte di 20 m di lunghezza (figura 50). Ma ai veicoli non era permessa che una ben piccola oscillazione: la velocità ottenuta fu di 12 Km all'ora.

Si costruì allora al disotto di essa una nuova linea ad una sola rotaia: si ottennero su questa nuova linea delle velocità di 25 Km. all'ora: i veicoli, al passaggio delle curve, assumevano una inclinazione di 25° senza produrre alcun inconveniente ai viaggiatori.

In seguito a queste esperienze venne studiata la linea Barmen-Elberfeld-Vohwinkel: una costruzione identica a questa linea venne fatta a Vincennes in occasione dell'Esposizione universale di Parigi del 1900.

Ferrovia Barmen-Elberfeld-Vohwinkel (1). — L'applicazione più importante del sistema Langen venne fatto nella linea che da Barmen va a Vohwinkel (sobborgo di Elberfeld).

(1) *Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure*, Band xxxiv, n. 4, 27 Januar 1900, pagg. 130-132, Berlin.

— Id. Id. 1894, pag. 795, Berlin.

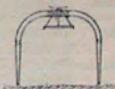


Fig. 50.

Fra le due importanti città prussiane, ove fiorisce la tessitura e la fabbricazione dei prodotti chimici, non esisteva nel 1896 se non un piccolo tramway elettrico che le riuniva: si pensò di costruire una ferrovia normale, ma la vallata della Wupper tra queste città è così stretta da non permetterle l'impianto: si pensò allora di impiantare una ferrovia sospesa ad una rotaia, tipo Langen, al disopra della Wupper stessa.

I lavori vennero incominciati nel 1898 e la linea venne inaugurata il 1° marzo 1900; l'ideatore di questo geniale sistema, l'ing. Eugenio Langen, non poté effettuare il suo sogno di vedere applicato praticamente il suo sistema perchè morì nel 1895.

Linea. — La linea ha una lunghezza di km 13,3 ed ha due rotaie, l'una per i treni che vanno in un senso e l'altra per i treni che vanno in senso contrario: dei 13,3 km, 10 km sono sulla Wupper e 3,3 km attraverso le vie delle città.

Il raggio minimo adottato è di 90 m, eccetto però una curva che trovasi vicino alla stazione di Volwinkel che ha 30 m di raggio. Le salite più forti sono del 4,5 %.

La linea è rappresentata nelle figure 51 e 52: nella figura 53 è rappresentato uno scambio.

— *Elektrotechnischer Zeitschrift*, 1901, n. 26.

— LÉON GÉRALD, « Les chemins de fer électriques », *Compte rendu de la Société des ingénieurs civils de France*, mars et avril, 1902, n. 3 4, p. 443 e p. 587, Paris.

— *Les locomotives à l'Exposition de 1900*, R. GODPERSAUX et F. BARBIER, 1902, V° Ch. Dunod, Paris.

— *L'Electricité à l'Exposition de 1900 (Traction électrique)*, par J. A. MONTPELLIER, Paris, V° Ch. Dunod, 1902, pag. 22.

— F. DROUIN, « Le chemin de fer monorail suspendu de Barmen à Elberfeld et Volwinkel », *L'Electricien*, 30 mars 1901, n. 535, f. XXI, pag. 193, Paris.

— « A novel Electric Railway » *The Electrical Review*, vol. 48, n. 1213, 22 february 1901, pag. 825, New-York.

— *Revue générale des Chemins de Fer et des Tramways*, gennaio 1902, Paris.

— ALFRED BONDON « Le chemin de fer suspendu de Barmen, Elberfeld et Volwinkel » *Génie Civil*, 28 déc. 1901, 22^e année, vol. XI, n. 9 (n. 1020).

— ROBERT LUMACHI, « Chemin de fer à trafic rapide (Système Langen) », *Revue universelle des mines, de la métallurgie*, n. 2, mai 1902, f. LVIII, pag. 201, 243, Liège.

— T. PAUSSET, « Le chemin de fer suspendu monorail de Barmen à Elberfeld et Volwinkel (Système Langen) », *L'Eclairage électrique*, n. 28, 13 juillet 1901, t. XXVIII, p. 41, Paris.

— « Ferrovia elettrica ad una rotaia sospesa », *Street Railway Review*, marzo 1900, vol. X, n. 3, Chicago.

La struttura generale della linea si può distinguere in due parti: dei sopporti e della travatura che porta le rotaie.

I sopporti sono di due tipi: pilastri dritti passanti per l'asse (fig. 44) e sopporti ad arco appoggiantisi sulle due rive della Wupper.

I sopporti distano fra di loro 30 m in media: di tanto in tanto (ogni 200



Fig. 51. — Ferrovia Barmen-Elberfeld.

o 300 m) un pilastro più importante è destinato a resistere agli sforzi orizzontali: a metà distanza fra questi pilastri un giunto permette la libera dilatazione di tutto il sistema.

L'altra parte della linea è rappresentata schematicamente nella figura 54. È nel suo insieme un ferro a doppio T formata da tre travi composte a b, c d, e f.

La parte a b resiste agli sforzi verticali; le parti c d ed e f, riunite da una

triangolazione, sopportano gli sforzi orizzontali e di trazione: le due rotaie sono poste in *e* ed *f* e distano fra di loro 4 m. Nelle curve la parte inferiore segue il tracciato esatto portandosi i punti *e* ed *f* più o meno distanti dal punto *b*; la parte superiore *c* ed *d* non varia.

Le stazioni sono anch'esse portate da travature metalliche combinate con i supporti della linea: esse sono in numero di 18 e distano fra di loro da 350 m a 1000 m, cioè in media di 665 m.

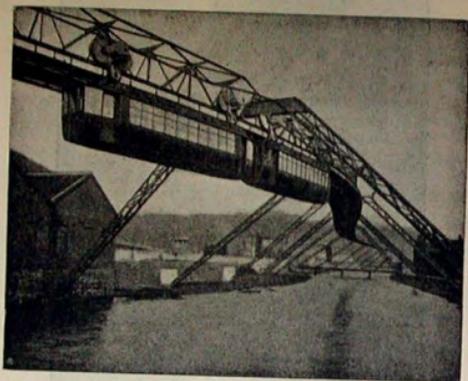


Fig. 52. — Ferrovia Barmen-Elberfeld
Linea sulla Wupper.

Esse sono tutte simili fra di loro, eccetto quella di Döppersberg che è molto più studiata.

Esse hanno una lunghezza di 25 m, in modo da contenere due vetture: la lunghezza è da 12 a 13 m.

Le piattaforme che danno accesso alle vetture sono esterne alla linea: un più grande scartamento delle rotaie permette anche di avere una piattaforma nel mezzo: la travatura *e f* in queste stazioni assume una lunghezza di 7 m, mentre la travatura *c d* rimane invariata.

Nelle stazioni estreme la linea termina con una curva di 8 m di raggio onde permettere ai treni di passare da una all'altra linea senza dover far ruotare le vetture.

Degli scambi (fig. 53) sono posti nelle stazioni di Vohwinkel ed al giardino zoologico di Elberfeld.

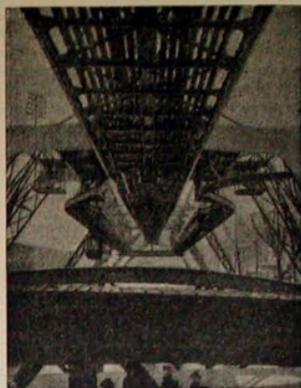


Fig. 53. — Ferrovia di Barmen-Elberfeld
Scambio.

Le rotaie sono del tipo Haarmann e pesano 24 kg al metro: onde impedire le scosse, le loro estremità sono leggermente ricurve.

La trazione è elettrica: tutte le vetture sono automotrici.

La corrente alla tensione di 530 volt è condotta da una piccola rotaia in ferro fissata ad isolatori obliqui: il ritorno vien fatto per mezzo delle rotaie principali.

Nella fig. 55 è rappresentato l'apparecchio per la presa della corrente. È una specie di pattino *F*, con la faccia superiore composta di una dozzina di piccoli pezzi in bronzo che vengono in contatto con la rotaia di ferro: questo pattino, portato da una leva isolata *L*, per mezzo di due molle viene spinto contro la rotaia conduttrice.

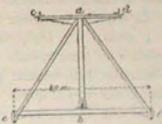


Fig. 54. — Ferrovia Barmen-Elberfeld
Particolare della linea.

Vetture. — I treni sono formati da due vetture. Queste vetture, come si è detto, sono tutte automotrici e vennero costruite dalla casa Van der Zypen e Charlier di Colonia.

Esse hanno una lunghezza di 11,45 m, una larghezza di 2,10 m ed una altezza di 2,65 m: sono divise in due classi e provviste di porte laterali che danno accesso alle vetture nelle stazioni e di porte alle estremità per poter camminare fra le due vetture che formano il treno: queste vetture possono contenere ciascuna 50 persone, cioè 30 sedute e 20 in piedi.

La sospensione è stata studiata con molta cura, e disposizioni speciali rendono impossibile la caduta della vettura per deragliamenti.

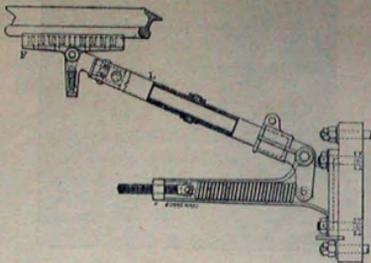


Fig. 55. — Ferrovie Barmen-Elberfeld
Particolari del trolley.

Il veicolo è sospeso a due carrelli a due ruote ciascuno; queste ruote hanno un diametro di 0,90 m; questi carrelli distano fra di loro di 8 m, ed ogni asse di ciascun carrello di 1,10 m.

La sospensione presenta la massima sicurezza.

Il pezzo *r* (fig. 56) porta al disotto del ferro a doppio T che supporta la rotaia *s* un pezzo speciale munito di bordi che può limitare l'ampiezza delle oscillazioni della vettura: questo pezzo speciale passa con piccolo giuoco al disotto del ferro *t*; questo giuoco è di 7 mm ed avendo la ruota dei bordi di 30 mm, ogni deragliamenti è impossibile: oltre a ciò la parte superiore di questo pezzo *r* passa egualmente molto vicino alla superficie superiore della rotaia in modo che alla rottura di un asse il pezzo *r* viene a cadere sulla rotaia da una piccola altezza.

Ogni ruota è azionata per mezzo di una semplice riduzione di velocità da un motore Schuckert da 36 cavalli.

In ogni vettura vi è un freno ad aria Westinghouse ed un freno a mano.

Stazione generatrice. — Essa è posta a Elberfeld.

I generatori sono del tipo Schuckert, a quattro poli esterni e con una capacità di 1420 ampère a 600 volt. Questi generatori sono direttamente accoppiati con macchine a vapore tipo Sulzer.

Onde però impedire che in caso di arresto dell'officina generatrice le vetture abbiano a restare ferme sulla linea, si è costruita a Vohwinkel una stazione di riserva con accumulatori. Il caricamento di questa batteria si ottiene per mezzo dei conduttori di contatto della linea a mezzo di un trasformatore che fornisce corrente a 120 volt: questo trasformatore può poi inversamente, in caso di necessità, trasformare la corrente da 120 a 600 volt per alimentare la linea. Questa stazione secondaria serve per l'illuminazione e per forza motrice durante la notte per le riparazioni.

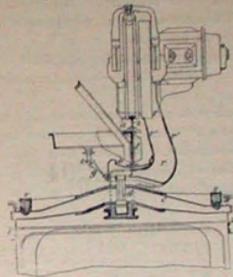


Fig. 56.

Esercizio e costo della linea. — La velocità commerciale dei treni è di 30 a 36 km all'ora: le partenze si effettuano ogni 2 minuti nei due sensi in modo che si possono trasportare 3000 persone all'ora.

Dal 1° marzo 1901 al 1° gennaio 1902 si ebbero 3 milioni di viaggiatori. Il consumo in energia supera di poco quello dei tramways pur avendosi vetture più pesanti e maggiori velocità; si ebbe un consumo di 700 watt-ora per km-vettura. Le spese sono state di L. 625.000 per km e le espropriazioni e le indennità non hanno figurato che per 6500 lire.

Ferrovia sospesa ad una rotaia di Loschwitz (Sassonia) (1).

Questa ferrovia ha una lunghezza di 250 m con una inclinazione del 32 % e va da Loschwitz presso Dresda alla sommità del Rochwitz.

(1) « La ferrovia sospesa di Loschwitz (Sassonia) ». *Electrical Review*. Volume xxxix, n. 2, pag. 59, 1901, New York.

Questa ferrovia è del tipo Langen, ed è portata da 83 pilastri in ferro, aventi un'altezza massima di 15 metri.

Le vetture pesano 12,8 t e contengono 50 persone.

La trazione è operata per mezzo di due funi che uniscono la vettura che sale con quella che discende: queste funi sono in acciaio ed hanno 44 mm di diametro.

Due freni automatici, posti l'uno alla stazione superiore e uno alla stazione inferiore, arrestano le vetture ai loro arrivi in stazione anche se l'impiegato addetto al treno non eseguisca le richieste manovre.

Vantaggi del sistema Langen. — Il medesimo vantaggio della minore spesa che presenta il sistema Lartigue Behr viene presentato anche dal sistema Langen. A questo vantaggio il sistema Langen ne presenta uno molto più grande ed è quello delle grandi velocità con le quali i treni possono percorrere queste linee ad una rotaia.

Come si è detto, nelle curve bisogna dare alla rotaia esterna una sopraelevazione tale che varia a seconda della velocità che debbono avere i treni che percorrono la linea.

Nelle linee ordinarie si ha così una inclinazione del piano delle due rotaie che può arrivare sino a 6° 5'; nelle ferrovie a sistema Langen invece il veicolo può muoversi liberamente, e per azione della forza centrifuga e della gravità assume inclinazioni abbastanza ~~abbastanza~~ ma però create alcun inconveniente ai viaggiatori: noi abbiamo presi i valori di 17° 5' e 26° (1).

Tabella della velocità.

Raggio delle curve	LIMITE DELLA VELOCITÀ			
	4° 5'	6° 5'	17° 5'	26°
Metri	Km in un'ora	Km in un'ora	Km in un'ora	Km in un'ora
10	10	12	20	25
40	20	24	40	50
90	30	36	60	75
250	50	60	100	125
300	60	72	120	150
640	80	96	160	200
1000	100	120	200	—

Come si vede, su una ferrovia ad una rotaia (tipo Langen) si può ottenere su curve di medesimo raggio una velocità 2.5 volte più grande di quella

(1) ALFRED BOUDON - « Le chemin de fer suspendu de Barmen, Elberfeld et Vohwinkel ». *Genie Civil*, 28 dicembre 1901, xxii anno, vol. xi, numero 9 (numero 1020).

che si possa ottenere su una ferrovia a due rotaie, oppure per una data velocità si possono avere su una ferrovia ad un binario curve di raggio sei volte più piccolo di quello che si possano avere in ferrovie ordinarie.

Un vantaggio poi delle ferrovie tipo Langen è quello che si può applicare per le comunicazioni interurbane, ed usufruire delle strade e canali esistenti come appunto venne fatto nella linea di Barmen-Elberfeld.

In conclusione quindi le ferrovie a tipo Langen presentano i seguenti vantaggi:

- Grandi velocità dei treni;
- Assenza delle scosse nelle curve ed ai giunti delle rotaie;
- Costo minimo di costruzione per la giudiziosa struttura metallica della linea e la leggerezza delle vetture;
- Massimo rendimento dal punto di vista elettrico.

46264

Prezzo del presente volume Lire Due

TORINO — Casa Editrice Nazionale ROUX e VIARENGO — ROMA

1
GRANDE BIBLIOTECA TECNICA

Ing. G. MARTORELLI

Le macchine a vapore marine

1 volume di circa 800 pagine illustrato da 500 disegni e da 80 tavole.

OPERA SCRITTA PER ORDINE DEL MINISTERO DELLA MARINA — 2ª EDIZIONE

20 Lire — 1 vol. in-4 gr. — Lire 20

2
GRANDE BIBLIOTECA TECNICA

GALILEO FERRARIS

ELETTROTECNICA

1 volume di oltre 450 pagine con molte incisioni.

Prezzo: Lire 15

3
GRANDE BIBLIOTECA TECNICA

G. RUSSO

INGEGNERE CAPO DEL GENIO NAVALE

Architettura Navale

1 grosso volume, con oltre 500 disegni e tavole.

OPERA SCRITTA PER ORDINE DEL MINISTERO DELLA MARINA
E ADOTTATA DALLA R. ACCADEMIA DI LIVORNO

✚ Sarà pubblicato entro il primo semestre 1903 ✚

LA RIVISTA TECNICA DELLE SCIENZE E DELLE ARTI APPLICATE ALL'INDUSTRIA E DELL'INSEGNAMENTO INDUSTRIALE

con un bollettino degli atti del Regio Museo Industriale Italiano
e delle Scuole industriali del Regno

PUBBLICAZIONE MENSILE ILLUSTRATA
diretta dal Regio Museo Industriale Italiano di Torino

La materia ne è così ripartita: *Memorie - Rassegne tecniche e notizie industriali -
L'insegnamento industriale - Rassegna bibliografica - Bollettini.*

La Rivista Tecnica non vuol essere una rivista scientifica nello stretto senso della
parola. Benchè scritta da scienziati autorevoli essa si propone di contemperare la
parte scientifica e la pratica in modo da porgere grandissimo aiuto agli studiosi, ai
tecnici, agli industriali e da cooperare al progresso delle arti e delle industrie.

La Rivista Tecnica si pubblica il 15 d'ogni mese in fascicoli di non meno di
64 pagine, con tavole staccate e incisioni nel testo.

Costa L. 12 all'anno (Italia), L. 15 (estero), L. 1,25 per fascicolo.