ANNO VI. Torino, Gennaio e Febbraio 1880 NUM. 1-2

L'INGEGNERIA CIVILE
E
LE ARTI INDUSTRIALI

PERIODICO TECNICO MENSILE

Si discorre in fine del Fascicolo delle opere e degli opuscoli spediti franchi alla Direzione dai loro Autori od Editori.

SOCIETÀ DEGLI INGEGNERI E DEGLI INDUSTRIALI TORINO

IL PONTE MOSCA SULLA DORA RIPARIA PRESSO TORINO ED IL MURAZZO DEL NUOVO CORSO NAPOLI

(Veggansi le tavole I e II).

Sebbene questo ponte monumentale, poco tempo dopo la sua costruzione, sia stato illustrato da importanti periodici esteri e, più recentemente, alcuni giovani ingegneri della Scuola d'Applicazione di Torino abbiano fatto di questa costruzione argomento di studio coscienzioso ed accurato (1), ci è parso che i disegni di un'opera classica che, in tempi non ancora remoti, menò tanto rumore di sè e che ancor oggi è visitata dagli ingegneri col più vivo interesse, dovessero trovar luogo in questo periodico e con tanta maggior opportunità in oggi, inquantochè l'entità dell'opera monumentale troverebbesi seriamente minacciata dalla costruzione di un murazzo, lungo il nuovo Corso Napoli, a proposito del quale murazzo è sorta e pende tuttora tra il Municipio ed il Governo una controversia.

E l'*Ingegneria civile*, nel richiamare sulla medesima l'attenzione di tutti gl'ingegneri italiani, crede pure suo còmpito facilitare, per quanto è possibile, la soluzione della vertenza, facendo seguire, alle più importanti nozioni sulla costruzione del Ponte Mosca, un progetto di trasformazione di quell'infelice murazzo, augurando anzitutto al Municipio di Torino, poichè siamo in tempo di augurii, che, in omaggio alla memoria di Carlo Mosca e per l'onore dell'arte italiana, esso non esiti a decretarne la demolizione.

G. S.

L'idea di gettare sulla Dora Riparia presso Torino un ponte stabile, in sostituzione di quello provvisoriamente costrutto in legno e già prossimo a sfasciarsi per vetustà, era sorta nella mente del Governo Sabaudo appena cessata l'ultima dominazione francese.

L'addensarsi della popolazione nel borgo che si distende sulla sponda sinistra della Dora, il bisogno di sicure e comode comunicazioni coll'industre Canavese e colla più lontana Lombardia, periodicamente minacciate dalle piene del torrente, erano stimoli potenti all'effettuazione di questa idea, alla quale ostavano la spesa notevole e la obliquità del torrente rispetto all'asse dell'antica via d'Italia, cui naturalmente doveva rispondere l'asse del nuovo ponte: onde la nuova costruzione, oltre al servire ai più pressanti bisogni della popolazione, riuscisse come il naturale compimento architettonico delle due vie che mettono capo nella vastissima piazza Emanuele Filiberto che allora, non ancora guastata dalle meschine costruzioni che ora la circondano per tre lati, prometteva riuscire una delle più belle e monumentali di Torino.

La costruzione del ponte fu argomento di studii serii e di molteplici discussioni. Molti furono i progetti presentati. Tutti però riducevansi a proporre ponti a più archi in considerazione della non piccola larghezza dell'alveo del torrente.

A Carlo Bernardo Mosca, ingegnere del Genio Civile, specialmente destinato alla provincia di Torino, di promettente ingegno, che a soli trent'anni già aveva levato chiara fama di sè con diverse opere da lui ideate e dirette con senno ed abilità, singolarmente col ponte sul Tesso presso Lanzo, fu per ultimo affidato il difficile còmpito di fare degli studii in proposito; studi, ai quali il Mosca accintosi alacre e volenteroso, concretò in quattro distinti progetti che successivamente vennero proposti.

I due ponti a tre archi, obliquo l'uno e retto l'altro, che furono le prime soluzioni proposte, non parvero atti a superare tutte le difficoltà inerenti al problema, perchè restringendo colle loro pile la sezione libera del torrente, facevano con fondamento temere la formazione di vortici in tempo di piena, vortici che avrebbero minacciata la solidità dell'opera.

Unico mezzo che soccorreva naturalmente al pensiero per risolvere la questione, era quello d'un ponte ad un solo arco, ed a questo appunto si appigliò il Mosca proponendo un ponte ad un solo arco di m. 50 di corda e m. 5,50 di saetta. — Il concetto, come si vede, non mancava di arditezza; e, per quanto suffragato dal buon esito del ponte sul Tesso, dalla eccellenza del materiale che il nostro ingegnere intendeva di impiegare, parve troppo ardito a chi doveva pronunziarsi in merito al medesimo, e infatti il Congresso permanente di ponti e strade fu di parere che, conservandosi invariata la saetta, se ne riducesse la corda a m. 45.

Allestito un nuovo progetto in base a tali prescrizioni, avuto in proposito anche il parere favorevole di varii corpi scientifici, segnatamente dell'Istituto di Francia, nel 1823 si pose mano a quest'opera grandiosa e si condusse a termine nel 1830 con un'interruzione di quattro anni (dal 1824 a tutto il 1827) causata da lotte e contestazioni insorte in quell'epoca.

Lungo sarebbe il ridire tutte le opposizioni che ritardarono dapprima l'adozione del progetto e le peripezie per le quali dovette passare l'esecuzione del medesimo; esecuzione nella quale ebbe parte importantissima e lodatissima l'ingegnere Giuseppe, fratello minore dell'autore del progetto, e che, fedele interprete del concetto di lui, ne fu il collaboratore indefesso.

Basti il sapere che l'ingegnere Carlo ne ebbe tali scosse alla salute, dalle quali si può dire non si riebbe mai appieno di poi.

L'asse del nuovo ponte venne fissato in preciso prolungamento della centrale dell'antica *contrada d'Italia* (ora via Milano).

---

(1) Diamo qui appresso il titolo delle pubblicazioni che per qualunque titolo si riferiscono al ponte ed all'autore di esso.

Capitoli d'appalto per la costruzione d'un ponte ad un solo arco sulla Dora Riparia presso Torino, col ristretto generale della spesa. — Torino, 1823 — Stamperia Reale.

Memoria dell'ingegnere collegiato Raimondo Buzani inserta nell'*Antologia* di Firenze, vol. XLIII, anno 1831.

Id. dell'ingegnere B. Albano, comunicata alla Società degli ingegneri di Londra, inserta nelle *Transactions of the Institution of civil Engineers*, vol. I, anno 1836.

Cenni biografici intorno a Carlo Bernardo Mosca del fratello dottore Luigi. — Torino 1869, Tip. Pomba.

Il ponte Mosca sulla Dora Riparia presso Torino. Dissertazione di laurea dell'ing. Carlo Mosca, 1873. Torino, Tip. Pomba.

Nuova teoria intorno all'equilibrio dei sistemi elastici di A. Castigliano, ingegnere nelle ferrovie dell'Alta Italia, pubblicata nel 1875 negli *Atti dell'Accademia delle Scienze di Torino*, di cui è in corso di stampa presso l'editore A. F. Negro di Torino, una versione in lingua francese col titolo *Théorie de l'équilibre des systèmes élastiques et ses applications.*

Le spalle del ponte vennero costrutte normalmente a tale direzione, ed il nudo esteriore dello spallone destro si trova a m. 748,25, contati in questa direzione, a partire dalla intersezione della cunetta della via Milano con quella di via della Basilica di Santa Croce, verso il borgo detto del *Pallone*. Al di là di questo punto la direzione medesima doveva estendersi, compreso il corpo del ponte, per metri 240,35 e raggiungere, col nuovo tronco di strada successivo al ponte, la strada di Milano con un risvolto ad angolo retto della lunghezza di m. 177,41, misurato tra gli assi delle rispettive direzioni. Invece, non si sa troppo il perchè, il risvolto si fece assai prima e precisamente in corrispondenza del così detto *Rondò dell'Aurora*.

Per le altimetrie del ponte si scelse quale caposaldo la soglia superiore della gradinata esteriore della Basilica Mauriziana e, perchè il pelo delle magre del torrente (che pure doveva entrare di spesso in considerazione nel fissare le altimetrie delle diverse parti dell'opera), poteva essere soggetto a contestazioni, se ne determinò la precisa posizione a metri 17,57 dalla suddetta soglia misurati dalla centrale della via del ponte.

Si mantenne invariata l'altimetria della via Milano e del successivo piazzale Emanuele Filiberto per una lunghezza di m. 320,70, contata dall'intersezione delle citate due cunette e vi si fece seguire una salita di m. 0,006,15 per metro su una fuga di m. 427,55, la cui estremità corrisponde appunto al nudo dello spallone destro del ponte.

L'altezza del suolo dei marciapiedi del ponte (di livello colla sommità della carreggiata) sul pelo delle magre è di m. 10,70.

Il ponte è ad un solo arco, la cui superficie di imbotte, cilindrica, ha per direttrice un arco circolare di m. 45 di corda e di m. 5,50 di saetta, arco a cui corrisponde in conseguenza un'ampiezza di 54°, 56′, 45″, 26‴. Lo spessore dell'arco alla chiave è di m. 1,50 ed è coronato da una cornice di semplice e severo profilo alta m. 0,70, d'altrettanto sporgente, ornata con modiglioni sul fare di quella che già ornava la parete della piazza davanti al tempio di Giove Ultore in Roma. La sommità di questa cornice è di livello coi marciapiedi.

Le spalle hanno un'altezza di 3 metri netti sopra le magre. L'altezza totale di m. 10,70 dalla sommità della cornice di coronamento del ponte alle acque basse della Dora è pertanto ripartita come segue:

Spalloni, altezza netta dalle magre all'imposta	m.	3,00
Saetta dell'arco	»	5,50
Spessore della chiave	»	1,50
Altezza della cornice	»	0,70
Totale	m.	10,70

La larghezza del ponte tra i piani di testa dell'arco è di m. 12,70, ripartiti come appresso:

Parte convessa della carreggiata . .	m.	7,50
Cunette laterali assieme	»	1,20
Marciapiedi »	»	3,20
Parapetti »	»	0,80
Totale	m.	12,70

La carreggiata ha centimetri 30 di saetta sul mezzo e le contropendenze delle cunette laterali misurano cent. 10 nel punto di massima elevazione; per cui il suolo del marciapiedi forma, sulla linea più elevata delle falde delle cunette ad essi addossate, un risalto verticale di m. 0,20.

La larghezza del ponte, tra le faccie interne dei parapetti è esattamente uguale a quella della via Milano. Le spalle sono accompagnate da muri in pianta circolari e tangenti alle spalle medesime, il cui raggio, per la parte vista, è di m. 9.25, col centro situato sulla normale condotta al vivo delle spalle a distanza di m. 1.75 dai piani di testa del vôlto, verso l'asse del ponte.

Segue da ciò che la porzione della spalla compresa tra i piani di testa dell'arco presenta, nella sua parte di mezzo, una faccia piana lunga m. 9.20 la quale è terminata lateralmente da due pareti cilindriche, a generatrici verticali, aventi per direttrice l'arco circolare sopra determinato. — Questi muri circolari si congiungono con muri normali alla direzione del ponte e questi risvoltano poi ad angolo retto e per una lunghezza di m. 11.65 per formare alle due teste del ponte due piazzaletti mistilinei; dai quali, secondo il primitivo progetto, dovevano dipartirsi quattro strade, sulle due sponde del torrente, a monte ed a valle del ponte, discendenti con dolce pendenza dal suolo dei piazzaletti al livello delle campagne.

I muri paralleli alle spalle sono distanti metri 7.50 dal nudo di queste; onde essendo di metri 45 la luce dell'arco, ossia la distanza tra le pareti viste delle spalle, la distanza di questi muri è portata a m. 60. La lunghezza di cadun di questi muri, dall'autore chiamati *muri di testa*, a partire dall'intersezione di essi coi muri circolari attigui è di m. 6.23. — La lunghezza totale compresa tra le estremità dei *muri di testa* è pertanto di m. 40 — cioè:

Lunghezza di cadun muro di testa, m. 6.25 e pei due muri	m.	12.50
Id. corrispondente ai muri circolari, 9.15 e pei due muri	»	18.30
Id. della parte piana dello spallone . . .	»	9.20
Totale	m.	40.00

I muri di testa, dalla parte opposta a quella in cui si congiungono coi muri circolari sono terminati da un pilastro in pianta quadrata di m. 2.50 di lato, aggettante di m. 0.50 sul vivo dei muri di testa.

Succedono quindi i *muri di risvolto*, ad angolo retto con quelli *di testa*, lunghi caduno m. 11.65, terminati alle loro estremità da pilastri affatto simili ai precedenti, collo stesso aggetto dal vivo del muro. A risparmio di muratura venne in ciascuno di questi muri praticato un arco del diametro interno di m. 6.40, e dello spessore di m. 0.80 alla chiave.

La cornice di coronamento del ponte si svolge sui muri circolari, su quelli di testa e sui pilastri da cui questi sono terminati, con identico profilo, per quanta è la loro lunghezza. — In fregio ai muri di risvolto la cornice si trasforma in una semplice fascia, d'uguale altezza della cornice e con sporto di soli m. 0.30.

I marciapiedi, con la larghezza di m. 1.60, risvoltano alle due teste del ponte, tanto contro il parapetto che risponde ai muri circolari, quanto contro quelli che sovrastanno ai muri di testa ed a quelli di risvolto.

I pilastri posti alle due estremità dei muri di risvolto sono coronati da un papallelepipedo di pianta quadrata, di m. 2.50 di lato e di metri 0.75 di altezza, da cui aggetta di m. 0.20 una fascia alta m. 0.25 alla quale sovrasta un finimento a *punta di diamante*. Il parapetto del ponte e dei piazzaletti è affatto liscio, alto m. 0.75 e dello spessore uniforme di m. 0.40 ed è coronato da un *baule* largo m. 0.50, alto m. 0 25, compresa la convessità della faccia superiore per m. 0.03.

Da questi dati si rileva la disposizione generale dell'opera, la quale si fa più chiara coll'ispezione delle figure della tav. I.

Il leggero ed elegante aspetto che la depressione della direttrice dell'arco imprime al ponte è grandemente accresciuto dal taglio a strombatura applicato alle due teste dell'arco.

Ad ottenere questa strombatura, ecco quali furono le prescrizioni dell'autore.

La parte cilindrica del vôlto è terminata verso cadun piano di testa da due piani verticali, simmetricamente disposti rispetto all'asse del vôlto. Questi due piani verticali hanno comune la verticale che in cadun piano di testa corrisponde alla chiave dell'arco e partendosi da questa verticale con direzione obliqua rispetto ai piani di testa, vanno ad incontrare gli spalloni a m. 1.75 da ciascun piano di testa; nei punti cioè, in cui la parte rettilinea degli spalloni si raccorda colla parte circolare. Ognuno di questi quattro piani verticali incontra l'imbotte del vôlto giusta porzioni di ellissi.

S'immagini ora che nei due piani di testa dell'arco, tangenzialmente nel vertice alla curva direttrice dell'imbotte, siano tracciati due archi circolari di m 45 di corda e di m. 3.75 di

saetta coi loro estremi posti naturalmente sopra una orizzontale e quindi simmetricamente rispetto alla verticale della chiave dell'arco direttore dell'imbotte, e che le porzioni di questo, comprese tra questi archi e le quattro intersezioni ellittiche, come sovra determinate, vengano sostituite in ciascuna fronte da superficie *en corne de vache*, generate da una retta la quale, toccando costantemente e simultaneamente l'arco descritto nei piani di testa di metri 3.75 di saetta e le due porzioni di ellissi che a questa testa corrispondono sull'imbotte, passi pure costantemente per l'asse della superficie cilindrica che costituisce l'imbotte del vôlto. È evidente che sopra ciascuna faccia del vôlto risulteranno due *cornes de vache*, ciascuna delle quali appoggiata ad uno dei due spalloni.

Se l'effetto di queste strombature corrisponda al concetto dell' autore, possono dirlo quanti hanno visitato il ponte. — Queste strombature sono una vera trovata, perchè, oltre al procurare un maggior sfogo alle acque in tempo di piena, dànno al complesso delle diverse parti componenti l'edificio un'armonia nella quale l'occhio si riposa tranquillo e soddisfatto.

Gli spalloni hanno uno spessore netto di m. 12 e sono rinforzati da due speroni lunghi metri 6, misuranti uno spessore di m. 3.

Lo spessore dell'arco alla chiave essendo di m. 1.50, tanto il vôlto quanto le spalle e loro speroni vennero superiormente terminati da due piani inclinati di $\frac{1}{10}$ per parte, a partire dalla chiave, e ricoperti con un bitume di calce e cerosso dello spessore di m. 0.15.

I muri sopra il vôlto, corrispondenti ai piani di testa del medesimo, hanno lo spessore di m. 2.50, ed al vôlto, in corrispondenza di detti muri, si assegnò alle imposte uno spessore medio di m. 3.50, che si fece diminuire progressivamente sino a raggiungere quello di m. 1.50, a quattro metri prima della chiave, da ciascuna parte di essa.

I muri circolari, quelli di testa e di risvolto hanno le loro faccie esterne terminate d'appiombo ed uno spessore netto di m. 3.50 al dissopra delle fondazioni. — Mediante cinque riseghe, di m. 0.20 ad ogni 2 m. d'altezza, questo spessore trovasi ridotto a m. 2.50 all'altezza del piano superiore della cornice.

Il piano superiore delle fondazioni venne stabilito in corrispondenza del pelo delle magre del torrente. Gli spalloni ed i muri d'accompagnamento sono tutti fondati alla profondità di m. 2.00 sotto il pelo delle magre. — Quest'altezza di m. 2.00 è divisa in due parti uguali, a ciascuna delle quali corrisponde una risega di m. 0.20 dalla parte interna; di m. 0.40 esternamente per gli spalloni ed annessi muri circolari: di 0.20 per i muri di testa e di risvolto: di 0.50 per i pilastri.

Le fondazioni poggiano sopra pali di rovere lunghi da m. 9 a m. 12, del diametro di 0.30 alla testa, esclusa la corteccia, segati a perfetto livello a m. 2.30 sotto il pelo delle magre.

I pali sono armati di puntazze di ferro a quattro rami, del peso di chilogr. 8.00, compresi i chiodi, e sono piantati ad una distanza media di m. 1.00 da centro a centro, come chiaramente appare dalle figure 4 e 5 nelle quali è pure rappresentato l'intelaramento fatto con lungherine e traversine di rovere di m. 0.25 × m. 0.30, calettate reciprocamente a *metà legno* nell'interno ed a coda di rondine nel contorno e raccomandate ai pali sottoposti con caviglie di ferro del peso di chilogr. 0.05 caduna.

Il terreno, per tutta l'estensione delle fondazioni, venne scavato alla profondità di m. 2.30 sotto il pelo delle magre ed i vani dell'intelaramento sovrapposto alla testa dei pali, per l'altezza di m. 0,30, riempito con muratura di ciottoli, pietre spaccate e malta di calce e cerosso.

I muri in fondazione sono costrutti con pietre spaccate e ciottoli, tranne il rivestimento esterno che è fatto con pietre di Cumiana, lavorate a grana mezza fina, disposte a corsi regolari di m. 0.50 di altezza e di m. 0.80 di coda in media. Il solo rivestimento esterno degli spalloni ha uno spessore medio di m. 1.50.

Gli spalloni, cogli speroni che vi si immorsano, sono internamente formati di pietre spaccate e ciottoli, con rivestimento esteriore di pietra tagliata, lavorata a grana fina, a corsi regolari dello spessore medio di m. 1,50.

Di pietre spaccate e ciottoli sono pure costrutti i massicci dei muri circolari, di quelli di testa e di risvolto, i pilastri, le reni del vôlto ed i muri frontali sopra il vôlto; ma per queste parti dell'opera, lo spessore del rivestimento esterno in pietra concia è limitato a m. 0,80.

Intieramente costrutti con pietra da taglio, sono:

1° Il vôlto per tutta la sua larghezza di m. 12,70 tra i piani di testa, cogli spessori dati più sopra;

2° La cornice, con una coda di m. 1,50 a partire dal punto più sporgente della cimasa;

3° Le fascie al sommo dei muri di risvolto, colla coda di m. 1,00;

4° I marciapiedi dello spessore di metri 0,20, i parapetti, i bauli e le sommità dei pilastri.

La pietra da taglio è stata ricavata per una piccola parte da Cumiana, e pel rimanente dalle cave notissime del Malanaggio. La pietra di Cumiana, toltone quel tanto che s'impiegò nei marciapiedi ed a formare il rivestimento delle fondazioni, di cui si disse, venne limitata alla formazione del paramento esterno degli spalloni, per una larghezza di m. 8,00, contati metà per parte dall'asse del ponte. In tutto il resto s'adoperò lo *gneiss* del Malanaggio, pietra, che come ben si sa, è durissima, di struttura compatta ed omogenea, resistente al gelo e suscettibile di lavorazione accurata.

Il ponte è retto, ma l'obliquità del suo asse rispetto al torrente ebbe per naturale conseguenza una parziale rettificazione dell'alveo in prossimità del ponte (1).

Le nuove sponde, tanto a valle quanto a monte, dovettero per conseguenza essere arginate, e lo furono. Gli argini ebbero m. 3,00 di larghezza al ciglio, elevato di m. 3,00 sopra le magre, e furono terminati verso il torrente da una scarpa con 2 di base per 1 di altezza, a scarpa naturale dalla parte opposta. Il materiale per la costruzione di questi argini, si trasse dalla sponda sinistra la quale fece le spese della rettificazione dell'alveo.

Entrambe le sponde poi, rettificate ed arginate, come si disse, vennero munite di pietriere costrutte al modo seguente. Al piede di caduna scarpa delle sponde scavate o interrite, venne piantata una fila di pali di rovere di m. 4,00 di lunghezza, del diametro medio di m. 0,22, equidistanti di m. 1,50 da centro a centro, infissi nel suolo in guisa da emergere colle loro teste di m. 0,30 sopra le magre. I pali vennero rilegati da una lungherina, pure di rovere, di m. 0,20 in quadro, calettata ai pali a *tenone* e *mortisa*. Dietro la fila degli accennati pali venne posto un tavolato di rovere dello spessore di m. 0,043, alto un metro, chiodato ai pali ed alla lungherina con caviglie di ferro. Tutta la superficie della scarpa dell'argine venne selciata con ciottoli di m. 0,20 di coda, disposti sopra uno strato di sabbia dello spessore

(1) Per evitare l'inconveniente di dover rettificare le sponde del torrente in prossimità del ponte, non mancò chi propose la formazione di un ponte obliquo. Parve però ai più che una somigliante costruzione, se poteva essere utile là, ove per imperiose circostanze di luogo, più alla necessità dell'opera che alla sua bellezza debbasi aver riguardo, non potesse convenire al caso concreto in cui, oltre all'utile pubblico, volevasi curare il decoro della metropoli subalpina.

E poichè ne cade l'opportunità, non vogliamo tacere che l'invenzione dei ponti obliqui è invenzione italiana, come non dubbiamente si pare manifesto dalla lettura del Vasari, che nella vita del Tribolo dice: « il Duca di Fiorenza fece fare al » Tribolo un ponte in sulla strada maestra che da Firenze va » a Bologna, il qual ponte, perchè il fiume attraversava la strada » in isbieco, fece fare al Tribolo, sbiecando anch'egli l'arco, se» condochè sbiecamente imboccava il fiume; il che fu cosa nuova » e molto lodata, facendo massimamente congiungere l'arco di » pietra isbiecato in modo da tutte le bande, che riuscì forte » ed ha molta grazia, ed insomma questo ponte fu una molto » bella opera ».

di m. 0,15 e superiormente intonacata con malta di calce e sabbia.

Per gettare sulle sponde le fondazioni delle spalle, furono costrutte ture provvisorie davanti al sito su cui queste dovevano sorgere. Questo sito si prosciugò per mezzo di un canale fugatore largo m. 2,00 sul fondo, con scarpe a 45°, con pendenza di circa 1 per 2000 — scavato nell'intervallo compreso tra le due *ture* e nel quale si immettevano naturalmente le acque sorgive dello scavo.

A formarsi una adeguata idea delle diligenze che vennero usate nella costruzione del ponte, converrebbe esaminare i *Capitoli d'appalto* pubblicati nel gennaio dell'anno 1823.

Singolarmente interessanti per il costruttore sono le prescrizioni relative alla costruzione, all'armamento ed al disarmamento dell'arco. — Tutto è previsto col fine criterio dall'ingegnere veramente pratico che abborre dalla *routine* del mestierante.

Persuasi di fare cosa gradita ai nostri colleghi, non possiamo trattenerci dallo accennare alle cautele osservate nella costruzione del ponte, esponendo, nel modo più succinto possibile, l'ordine tenuto nella esecuzione dei lavori.

I pali di fondazione delle spalle vennero piantati con battipali, la cui mazza, del peso variabile tra 400 e 500 Cg., veniva sollevata da squadre di 25 a 30 uomini. Circa 200 operai erano in quest'ufficio simultaneamente impiegati sulle due sponde. Ultimata l'infissione di questi pali, si passò al piantamento dei pali destinati a sostenere i muri circolari, quelli di testa e quelli di risvolto.

Sulla platea formata dalla malta di calce e cerosso, di cui si riempirono gli spazii compresi tra le lungherine e le trasversine dell'intelaramento poggiante sulle teste dei pali, si murarono dapprima quattro corsi di pietra dell'altezza complessiva di m. 2,00, formanti due riseghe: con che si raggiunse il livello delle magre. Poscia si murarono le spalle sino all'altezza di m. 3 dal livello delle magre, cioè sino all'imposta dell'arco e dopo avere elevato i muri d'accompagnamento delle spalle di altri sette corsi di 0,60 d'altezza caduno, si sospesero i lavori per lasciare rassodare le murature durante una intiera stagione e potere, nella campagna susseguente, metter mano alla costruzione dell'arco.

Nello studio di quest'arco, di portata eccezionale, la cui stabilità aveva fornito argomento a dubbiezze ed opposizioni, il Mosca portava, oltre alla sua personale esperienza, la perfetta conoscenza di quanto erasi fatto dai più esperimentati costruttori — quali il Perronet, il Gauthey ed il Boitard, e riteneva quindi che, stante la notevole depressione dell'arco in discorso, all'atto del disarmamento, questo avrebbe avuto tendenza ad aprirsi alla chiave verso l'intradosso, ed alle imposte verso l'estradosso, il che equivale ad un abbassarsi della curva dell'arco dalla chiave, ove la deformazione è massima, verso le imposte, ove questa è insensibile. Ne conseguiva la necessità di disporre l'armatura per un arco di saetta maggiore di quella fissata in progetto all'arco, onde rialzarne la curva di quella quantità appunto di cui ragionevolmente poteva supporsi sarebbesi l'arco abbassato all'atto del disarmamento.

Il difficile stava nel determinare la quantità precisa di cui convenisse aumentare la saetta dell'arco; al che non potevano, nel caso concreto, soccorrere i dati dell'esperienza, trattandosi di un arco di portata non mai prima tentata.

Ammessa l'ipotesi, che nel disarmare un vôlto scemo i giunti presso l'imposta tendano ad aprirsi sul convesso del vôlto e quelli alla chiave abbiano invece tendenza ad aprirsi all'imbotte, soccorre naturalmente alla mente l'idea di seguire l'ordine inverso nel murare il vôlto stesso e nello stabilire l'entità delle commessure; cioè, invece di assegnare a queste uno spessore uniforme, ordinarle secondo una progressione crescente all'imbotte dalla chiave all'imposta, ed all'estrados dalle imposte alla chiave. Ciò per evitare le scornature degli spigoli dei cunei, sotto l'enorme pressione cui diversamente verrebbero sottoposti in prossimità di talune linee di giunto, o all'intradosso od all'estradosso. Perchè poi tutte le commessure tra i cunei del vôlto abbiano, ad opera finita, spessore uniforme, è chiaro che, disarmando il volto, tutti debbono seguire un movimento di articolazione tanto all'intradosso che allo estradosso. E perchè questo movimento sia regolare e la curva del vôlto non si deformi, non è soverchia qualunque precauzione nella scelta del sistema da seguirsi tanto nell'armare che nel disarmare il vôlto.

L'ingegnere Boistard, nella costruzione del ponte di Némours (di m. 16,23 di corda e m. 1,10 di saetta), fece tagliare i cunei di grossezza minore di quella che corrisponde al quoziente della lunghezza dell'arco per il numero dei cunei, e questi fece collocare in modo che le larghezze delle commessure seguissero una progressione decrescente dalle imposte alla chiave all'intradosso e decrescente ancora, ma dalla chiave alle imposte, all'estradosso: questo perchè il Boistard riteneva che i cunei dopo il disarmamento non venissero esattamente a combaciarsi.

Il Mosca invece, partendo dalla supposizione che il combaciamento dovesse verificarsi, fece tagliare cunei secondo la sagoma dell'arco vero di m. 45 di corda e di m. 5,50 di saetta, e addottò nella esecuzione un arco rialzato alla chiave di m. 0,25 e proporzionalmente nei fianchi, sino alle imposte, dove intersecavasi coll'arco vero: coll'avvertenza di disporre le commessure in modo che a vece di dirigersi verso l'asse dell'imbotte, presso le imposte essi divergessero all'imbotte con progressione decrescente dalle imposte ed al contrario presso la chiave ed all'estradosso divergessero in progressione crescente sino alla chiave stessa. Siccome però, stante il numero grande dei cunei di cui l'arco doveva comporsi (93), la differenza tra le lunghezze dell'arco rialzato e dell'arco vero non permetteva di stabilire nella larghezza delle commessure una progressione decrescente dall'imposta alla chiave in termini materialmente apprezzabili, si ricorse al partito di dividere il mezzo arco in tre parti, nella prima delle quali (presso l'imposta) le faccie dei giunti divergessero all'imbotte; nell'ultima (presso la serraglia dell'arco) le faccie dei giunti divergessero all'estrados, e nella parte intermedia fossero parallele.

La prima parte comprende 10 cunei e la larghezza delle commessure, a partire dall'imposta, doveva decrescere da mm. 9 a mm. 2; nella parte intermedia la larghezza delle commessure, calcolata in mm. 0.47, era destinata a scomparire all'atto stesso della posa; nell'ultima, abbracciante otto cunei, la distanza stessa doveva decrescere, a partire dalla chiave, da millimetri 5 a mm. 1.

Per ottenere le commessure colla larghezza fissata si faceva uso, nella posa, di laminette di piombo di grossezza corrispondente ai termini delle serie surriferite. Tuttavia è da notare che i cunei componenti il vôlto, non avendo tutti una stessa lunghezza, ma quella dei cunei delle faccie essendo maggiore di quella degli interni, allo scopo di conservare alle commessure le larghezze determinate dalle dette progressioni si frapposero tra le faccie dei cunei interni piccoli cunei di ferro, che vennero poi tolti prima del disarmamento.

Onde un'operazione così delicata potesse riuscire a pennello, all'atto della posa di ogni corso di cunei se ne verificavano le ascisse e le ordinate corrispondenti, preventivamente calcolate, e se ne appurava l'inclinazione per mezzo di apposito strumento. Le ascisse erano segnate sopra un trave orizzontale collocato sotto il vôlto, trave che si sottrasse all'influenza di ogni inevitabile movimento dell'armatura col fissarlo ai ponti di servizio, i quali alla loro volta e, contrariamente a quanto prima d'allora erasi praticato da celebratissimi ingegneri, si costrussero ai lati del ponte, in modo affatto indipendente dall'armatura; con che si ottenne ancora altro non meno importante vantaggio, quello cioè di poter far scorrrere i conci al di sopra dell'armatura, senza che questa ne risentisse il peso prima del loro collocamento in opera. Le ordinate erano segnate su quattro aste verticali appoggiate alle coscie del ponte. Le ascisse si verificavano coll'archipenzolo, le ordinate col livello.

Siccome i cunei di ferro, di cui si fe' cenno, dovevano essere ritirati prima del disarmamento, così nelle commessure

veniva colata una malta di calce e sabbia, onde si potessero poi a suo tempo togliere i cunei senza impedire il libero movimento del vôlto. La colatura della malta si faceva ogni qualvolta erano messi in opera da nove a dieci cunei e sempre procedendo dall'imposta alla chiave. Per contenere la malta liquida si chiudevano esteriormente le commessure con stoppa di canapa. Appena la malta, pigliando consistenza, diminuiva di volume, si colava nuova malta e questa operazione ripetevasi sino a completo indurimento della malta su tutte le faccie.

Venne rigorosamente proscritto l'uso dei cunei di legno forte per il collocamento in opera dei conci. Per evitare la scornatura degli spigoli si ricorse allo impiego di tela grossa tagliata in pezzetti, collati gli uni sugli altri, fino a raggiungere uno spessore conveniente. Tali pezzi di tela vennero tolti all'epoca del ripulimento della superficie esteriore del vôlto per sostituirvi la profilatura con cemento. Queste precauzioni miravano, come ben si comprende, ad ottenere una compressione regolare ed uniformemente distribuita su tutta la superficie di giunto. Sarebbesi certo potuto ottenere ugual risultato ricorrendo, invece che al liquido cementizio, a lamine di piombo: ma ben si comprende quanto questo spediente sarebbe stato più costoso.

Stante la mole del vôlto e dell'armatura stessa, stabilita questa sul tipo di Perronet, la si rese fissa con appoggi sul mezzo (V. fig. 2, tav. I).

L'armatura era formata essenzialmente da dieci cavalletti a tre corsi di puntoni $pp'p''$, a sezione rettangolare di m. 0,30 × m. 0,35, collegati tra di loro da staffe q formate da due travi gemelle. Le travi orizzontali r servivano al collegamento dei dieci cavalletti.

La distanza dei tre cavalletti più prossimi a ciascuna fronte dell'arco era di m. 1,175 da asse ad asse, e ciò per tener conto del maggior peso dei cunei delle fronti; di m. 1,44 quella tra asse ed asse dei quattro cavalletti intermedi.

Ogni cavalletto era sostenuto sul mezzo da tre ordini di pali tra di loro rilegati in modo da formare un solidissimo appoggio.

Sul dorso dei cavalletti ed in corrispondenza di ciascun filare di cunei era disposto un dossale sovrapposto a cunei, i quali permettevano di regolare esattamente la posizione di ciascun dossale prima del collocamento a sito dei cunei del corrispondente filare.

I puntoni estremi di cadun ordine poggiavano sopra colonne o ritti addossati verticalmente alle spalle, coll'intermezzo di cunei di frassino. Le travi di sostegno sul mezzo dei cavalletti posavano pure sopra cunei di frassino, onde poter ottenere un abbassamento regolare e simultaneo di ogni parte dell'armatura.

Compiuta la posa del 21° filare di cunei, si notò un rialzo di due centimetri nell'armatura; rialzo, che accompagnato da un simultaneo abbassarsi del vôlto a partire dal 3° filare, fece credere in una flessione dei primi puntoni.

Verificata la cosa, riconobbesi in fatto che i puntoni inferiori toccavano la steccaia t costrutta nel letto del torrente, cosa che prima non avveniva, ed allora si ricorse all'appoggio s che trovasi rappresentato nella stessa figura con linee punteggiate in corrispondenza dell'articolazione che cade all'estremità del primo puntone.

Per la preparazione dei varii pezzi dell'armatura si dispose un'area esattamente piana, colla pendenza di 3 mm. per metro per lo scolo dell'acqua piovana; area che per maggior regolarità si coprì con un impiantito di quadrettoni a bagno di calce e sabbia e su questa, col metodo delle ascisse e delle ordinate, si tracciò esattamente la curva dell'arco rialzato, e poscia tutta l'armatura pezzo per pezzo. Con questa precauzione si ottenne che neppure un pezzo dell'armatura dovette ritoccarsi all'atto della posa in opera.

Per agevolare le manovre dei varii pezzi dell'armatura sulla piattaforma, questi si sostenevano con curri di ugual diametro, i quali, muovendosi a volontà del legnatuolo sulla platea, sostenevano il legname ad una certa altezza dalla medesima e permettevano l'esatta lavorazione di ogni pezzo. Ogni pezzo appena preparato veniva mandato al luogo destinato e fissato definitivamente a posto. Così, mentre venti legnaiuoli erano impiegati a formare un cavalletto, venti lavoravano a rizzarne un altro con legnami già preparati e che non richiedevano ulteriore lavorazione. Di tal guisa in 45 giorni di lavoro si pose in opera l'intiera armatura.

Le pietre lavorate, su carri tirati da buoi, giungevano presso le due spalle e poscia, per mezzo di argani collocati alla sommità dei ponti di servizio ed ai due lati del ponte, venivano tirati in su e colle debite cautele messi in opera.

Argani, taglie, martinelli, corde e cunei furono i soli ordigni impiegati nella costruzione del ponte, e con tale semplicità di mezzi meccanici si riuscì, con spesa relativamente assai piccola e, quel che più monta, con molta speditezza senza danno delle pietre e senza che si avverassero disgrazie, a mettere giornalmente a sito quasi nove cunei, pesanti mediamente più di cinque tonnellate ciascuno, e quindi in 75 giorni di lavoro utile, i 651 cunei di cui si compone l'arco, pesanti in complesso 3250 tonnellate. E notisi che un terzo circa dei cunei pesavano oltre ad otto tonnellate ciascuno, ed i primi, verso le imposte, fino a 15 e a 18 tonnellate.

Nel giorno 13 agosto 1828 si collocò il 1° cuneo di testa a monte verso la sponda destra, e nel dì 8 novembre si chiuse il vôlto con pieno successo, dopo otto mesi di lavoro, iniziatosi il giorno 8 di aprile in cui si pose mano alla preparazione della platea per il tracciamento dell'arco.

Negli ultimi giorni di dicembre si fecero i preparativi per il disarmamento, si demolirono le steccaie in giro alle spalle, si disposero delle pedane per comunicare facilmente da una parte all'altra del ponte, si fissarono varii capi-saldi e si segnarono sulle fronti del vôlto due linee poligonali di cinque lati caduna, di cui uno orizzontale, disposte simmetricamente rispetto alla verticale della chiave, onde essere in grado di riconoscere qualunque più piccolo movimento dei cunei. Si raschiò poscia dai giunti, sia all'intradosso che all'estradosso del vôlto, la malta colata nelle commessure per una profondità di circa tre centimetri, onde evitare nel cedimento dell'arco qualunque scheggiatura degli spigoli. — Si rallentarono in seguito tutte le chiavarde a vite dell'armatura, onde lasciare libertà di movimento ai varii pezzi della medesima e si rimossero dall'armatura i sostegni ausiliari.

Venti giorni circa dopo la chiusura del vôlto si cominciò a rallentare l'armatura.

Sotto i colpi di mazza dei legnaiuoli, i 240 cunei che sopportavano i cavalletti presero a scorrere uniformemente ed insensibilmente con moto quasi simultaneo sotto il peso dell'arco e dell'armatura.

Questo movimento fu sospeso e ripreso ad intervalli finchè si riconobbe che il cedimento aveva raggiunto il suo termine e che i cunei non sopportavano più che il peso dell'armatura. Nessun scricchiolio che accennasse a movimenti parziali ed anormali accompagnò quest'operazione. Ultimato il disarmamento, nel quale si impiegarono cinque giorni, si abbassò del tutto l'armatura e si cominciò a scomporla.

Mediante i capisaldi collocati lungo le faccie del vôlto, si riconobbe che il cedimento aveva avuto luogo regolarmente dalla chiave all'imposta e che nessuna rottura erasi verificata nei lati delle poligonali tracciate sulle fronti, segno evidente che il cedimento fu il risultato di un movimento di articolazione dei cunei, senza ombra di scorrimento sulle faccie d'appoggio.

L'abbassamento totale del vôlto alla chiave, verificato dopo il disarmo, fu di soli m. 0,125.

Un secondo abbassamento di m. 0,065 si verificò poi, quando in principio dell'anno susseguente, si caricò il vôlto di una massa di ciottoli del peso di chilogr. 2.781.000, cioè d'assai superiore a quello dei timpani, delle cornici, dei parapetti, dei marciapiedi, del selciato e del sovraccarico massimo accidentale, che il vôlto avrebbe dovuto in seguito sostenere.

Il totale abbassamento fu dunque di metri 0.19, cioè di 6 centimetri inferiore al previsto, e questa è la prova più convincente della accuratezza impiegata nella costruzione, la quale non si smentì nel seguito dei lavori.

Nella costruzione della cornice e del parapetto non si impiegarono pietre minori di m. 2.50 di lunghezza ed anzi quelle impiegate nella formazione del parapetto sopra i muri di risvolto misurano perfino da 11 a 12 m. di lunghezza.

I lavori, incominciati nel 1823, non furono compiutamente ultimati che nel 1830. Il giorno 15 agosto, quest'opera grandiosa che, anche in oggi, non ostante i prodigi a cui la moderna ingegneria ci ha avvezzati, desta sempre l'ammirazione degli intelligenti, sia per l'ardimentoso ed elegante concetto che per la finitezza dell'esecuzione, venne senza alcun apparato e senza solennità aperto al pubblico passaggio e fu per puro caso che la Regina Maria Cristina ritornando dalla villa d'Agliè ebbe in quel giorno appunto ad attraversare il nuovo ponte.

Il costo complessivo dell'opera, comprese le strade di accesso, fu di L. 1.487.000, nella qual somma entrano per una grossa parte le fondazioni, nel gettare le quali si incontrarono tali difficoltà da far dubitare per un istante della possibilità di condurre a termine l'impresa. Queste difficoltà furono anzi nuovo alimento alle opposizioni di coloro che già avevano combattuto il progetto del Mosca e che, ridotti per un momento al silenzio dalla costui fermezza, potevano ora ammantare con considerazioni economiche i loro meno retti propositi, gridando allo spreco del pubblico danaro.

Dicemmo che il ponte e le opere accessorie ebbero compimento nel 1830; ma, a narrare proprio le cose come furono e ad intendere meglio quanto seguirà, non è a tacersi di una ommissione la quale parve allora di poco momento e che pure, dopo appena d'un mezzo secolo, concorse con altre circostanze ad alterare profondamente le condizioni altimetriche della zona, che per una considerevole distesa di terreno s'estende sulle due sponde a monte ed a valle del ponte, e quindi a sconvolgere in molta parte il sistema delle strade d'accesso escogitato dal Mosca.

Conviene premettere che l'accennata zona di terreno trovavasi, prima della costruzione del ponte, in condizioni ben diverse da quelle in cui la vediamo oggidì. — Anzitutto il Borgo Dora era assai meno esteso e, dal punto ove oggi, a notte della piazza Emanuele Filiberto, ha origine la via al ponte Mosca, sino al torrente, non esistevano che due meschine case abitate da ortolani, che vennero demolite per far luogo alla via che conduce al ponte. Anche il torrente seguiva altro corso. Un po' a monte del ponte della ferrovia Torino-Lanzo, la corrente deviava assai bruscamente dalla sponda destra per formare una breve lunata, ritornando poco dopo su sè stessa per riprendere la primitiva direzione, inclinata di quasi 52° a quella dell'asse della via al ponte Mosca. — Il letto del torrente era pochissimo profondo. Le campagne latistanti, poco più elevate delle acque ordinarie e quasi orizzontali, erano, ad ogni ingrossar del torrente, allagate.

Volevasi un ponte in muratura, un ponte monumentale, non obliquo e ad un solo arco. Si dovette, come s'è detto, rettificare il corso del torrente, annullando la lunata di cui sopra e formandone una nuova, ma più ampia e meno sentita a valle del ponte in progetto. Questa rettificazione del corso del torrente aggiunse una considerevole striscia di terreno alla sponda destra ed a valle del ponte, ed è sopra non breve tratto dell'antico letto interrito che sorgono ora e l'officina a gas di Porta Milano, della Società Italiana, e le case del borgo, poste a destra della via che tende al ponte Mosca e che guardano al torrente. Le nuove sponde si dovettero arginare, regolando la larghezza dell'alveo rettificato in modo da contenere l'acqua delle piene senza pericolo di farle rigurgitare, cioè senza rendere più gravi le condizioni dei terreni posti a monte e singolarmente quelle del borgo posto sulla sponda destra.

Ma dal pelo delle magre, la sommità degli argini non venne sollevata che di quanto era strettamente necessario a porre i terreni retrostanti al sicuro delle piene, cioè di tre metri. Ognun vede che la rettificazione del torrente, oltre all'evitare la costruzione di un ponte obliquo, col necessario accompagnamento delle arginature, rese un reale beneficio ai terreni latistanti, i quali si trasformarono per ciò solo in terreni fabbricabili. Ma colla strada che corona questi argini, non si raggiungeva che il piano di imposta dell'arco del ponte. Da questo alla carreggiata del ponte, rimaneva una differenza di livello di m. 7,70, a comporre la quale entravano: la saetta (per m. 5,50), lo spessore del vôlto e l'altezza della cornice. Nè sarebbesi potuto da una parte sollevare gli argini oltre allo stretto bisogno senza gravi inconvenienti, nè dall'altra abbassare la carreggiata del ponte senza diminuire notabilmente la saetta dell'arco, il che sarebbe parso allora audace sino all'imprudenza ai pusilli che già avevano levato tanto scalpore intorno al progetto del Mosca, osteggiandolo ad oltranza, quantunque forse coi più retti intendimenti.

Per raggiungere la differenza di livello esistente tra il sommo delle arginature e la carreggiata del nuovo ponte, si immaginarono quattro vie d'accesso, le quali, partendosi dall'origine dei piazzaletti posti alle due teste del ponte, con dolce pendio e costeggiando il torrente, discendessero dalla carreggiata al livello della sommità degli argini. E perchè la nuova strada che da Piazza Emanuele Filiberto condur doveva al ponte, avrebbe di necessità avuta la carreggiata a m. 8,00 in media, sopra i terreni dalla medesima attraversati, ed il Mosca non si nascondeva le conseguenze di un tale stato di cose, si cercò di rimediarvi in parte col moltiplicare gli accessi ai due lati della nuova via. Venne proposto un piano regolatore nel quale, alle due estremità della fronte a giorno della piazzetta dei Molini, dovevano aprirsi due vie spaziose; di cui, quella a sinistra di chi tende alla Dora, comunicante direttamente colla principale arteria del borgo del *Pallone*, e quella a destra, tendente quasi in linea retta alla chiusa che sta a monte del ponte sulla strada del Parco. Certamente non può credersi che queste due vie siano state utilmente sostituite dalla via *Lanino* e da quella *degli Orti*, che raggiungono con faticosa salita la via al ponte Mosca e non riescono alla piazzetta dei Molini che dopo attraversato il tratto della via al ponte Mosca, compreso tra le così dette *Isole*, angusto troppo per il traffico a cui serve. Nello spazio fra l'origine delle due vie predette ed il ponte dovevano aprirsi non meno di tre vie trasversali, creando così, ai due lati della nuova via al ponte, quattro grandiosi isolati.

Come si vede, il Mosca non si era limitato allo studio del ponte: ma, da uomo pratico e coscienzioso, aveva pesato tutte le conseguenze che derivar potevano dalla costruzione del nuovo ponte, voluto in quella forma e in quelle condizioni ed aveva cercato di porvi rimedio efficace. E questo, se applicato risolutamente, sarebbe stato tale da rispondere a tutte le neeessità; perchè la nuova via al ponte, aprentesi in mezzo a due file di quattro grandiosi palazzi, con numerose vie laterali, discendenti alle due frazioni del borgo Dora, avrebbe senza alcun dubbio fatto degno riscontro alla imponente via Milano. S'intende che il progetto del Mosca rampollava in diretta linea dal supposto, che la piazza Emanuele Filiberto sarebbesi compiuta colla costruzione di case, che, per grandiosità di concetto, rispondessero intieramente a quelle della via Milano. Anzi quest'idea era tanto radicata nel Mosca, che nei capitoli d'appalto per la costruzione del ponte erasi riservato di sostituire, alle tre livellette fissate per il tratto che corre dalla Basilica Mauriziana al punto di congiunzione della via al di là del ponte colla strada di Milano, una livelletta unica di 0,00777 per metro; lusingandosi di poter far prevalere l'idea di un generale rialzo del suolo della piazza Emanuele Filiberto, intanto che, per l'assoluta mancanza di case di riguardo in giro alla medesima, ciò poteva essere, senza grave spesa, consentito. Al che se si fosse allora posto mano, forse non si avrebbe oggi a lamentare l'orribile sgorbio architettonico, oramai irreparabile, commesso in onta ad ogni idea di buon gusto, colla erezione delle case, che, dagli sbocchi della *Via Giulio* e di quella del *Bastion Verde*, precingono la piazza per ogni verso.

Il Mosca era tanto lontano dal prevedere una così mostruosa soluzione, che quando dalla Amministrazione dell'Ordine Mauriziano gli venne commesso il progetto di ingrandimento dell'Ospedale e dello annesso Ospizio, egli si fe' dovere di conservare al vasto isolato, che ora a ponente ed a notte dà

forma alla piazza Milano, il grandioso carattere dell'architettura Juvaresca dell'antica *via d'Italia;* carattere che contrasta singolarmente col meschino e borghese aspetto delle case di piazza Emanuele Filiberto. Il Mosca avrà avuto torto a volere tutte queste cose, ed è a credere che ai tempi in cui visse quel valent'uomo questa fosse la persuasione dei più, dacchè non gli si diede retta. E lo crediamo tanto più facilmente in quanto che, anche ai tempi che corrono, non mancano quelli che censurano l'opera del Mosca e le sue velleità monumentali. Ma lasciamo stare le recriminazioni inutili e torniamo anche per poco alla narrazione interrotta.

Come ognuno sa, il suolo della piazza non fu rialzato ed il piano regolatore del Mosca rimase lettera morta. Si trascurarono gli accessi alla via che conduce al ponte, dalla parte del borgo del *Pallone*, per aprire poi, stretti da imperiose necessità e con gravi sacrifizii, or son pochi anni, lo sbocco di via del *Fiando*. Delle quattro vie di accesso al ponte, costeggianti il torrente, tre sole si eseguirono: le due a valle ed una a monte sulla sponda destra. Quella a sinistra parve superflua e non vi si pose mano, adducendosi a pretesto che non serviva ad altro che a porre il piazzale del ponte e la strada, che è in dirittura del ponte stesso, in comunicazione colla strada di Veneria Reale, alla quale già si poteva giungere a poca distanza dal ponte, col risvolto a cui erasi piegata la strada principale. Come si vede da una cattiva premessa non poteva dedursi migliore conseguenza. E per verità se si fosse data piena esecuzione al progetto del Mosca, si sarebbe fatta allora la strada d'accesso al ponte sulla sinistra sponda ed a monte: si sarebbe prolungata oltre Dora la strada in continuazione del ponte; strada che in tempi posteriori, quando cioè si crearono le *barriere daziarie*, con poca spesa sarebbesi potuto condurre fino alla cinta, creando sull'asse del ponte un'unica *Barriera* al luogo delle due attuali di *Milano* e dell'*Abbadia di Stura*. La strada d'accesso al ponte sulla sponda sinistra, se fatta, sarebbesi in progresso di tempo potuto ampliare, alberare e proseguire verso la strada provinciale di *Lanzo*, (colla quale sarebbesi naturalmente raccordata); ed anche più in là, verso il prolungamento del *Corso Principe Oddone*.

Questa fu tra le ommissioni gravissima, sebbene non ne avesse le apparenze; poichè la mancanza assoluta di una strada praticabile ai carri sulla sponda sinistra del torrente, a monte del ponte, fu incentivo alla creazione del nuovo *Corso Napoli* ed alla costruzione del relativo murazzo. Se quella strada d'accesso fosse stata costrutta fin da bel principio e poi, a misura del bisogno, allargata, prolungata, abbellita, è a credersi che si sarebbe incontrata la spesa della formazione di un *Corso*, col relativo murazzo verso il torrente, sulla sponda sinistra di questo, mentre da tempo gli abitanti del popolatissimo borgo del *Pallone* aspettano una strada praticabile, che dalla via al Ponte Mosca riesca sulla piazza del più importante mercato della nostra città? Non è egli invece più verosimile il supporre, che agli abitanti d'oltre Dora non sarebbe mai parso necessario un corso largo diciotto metri, se avessero avuto, lungo la sponda del torrente, una strada comoda, ben tenuta, che servisse ai bisogni delle industrie e dei commerci di quella regione? Noi andiamo più in là e crediamo fermamente che avrebbero al Corso preferita la strada lungo il torrente, perchè questa ne avrebbe per buon tratto arginato la sponda sinistra. Per tal guisa le campagne a monte del ponte sarebbersi poste al riparo di qualunque pericolo di straripamento, senza alterare in modo notevole l'altimetria delle campagne stesse, il che è veramente danno gravissimo, quando si ponga mente alla quantità di edifizii esistenti in quella località e costrutti sul fondo naturale della campagna. Ma è tempo che diciamo alcunchè di più preciso intorno al corso Napoli ed al suo murazzo, onde meglio si possa giudicare della opportunità dell'opera.

Il Municipio, adunque, anzichè por mano ad una strada che, discendendo dal ponte corresse a non breve altezza dalla campagna sulla sponda sinistra del torrente, che sarebbe stata la soluzione meno costosa e, secondo noi, più razionale, deliberò la formazione di un ampio corso, la cui carreggiata, sviluppandosi sulla sponda sinistra ed a monte del ponte Mosca, corresse all'altezza della carreggiata del ponte: e, per dare al corso la larghezza di metri 18, senza demolire le case esistenti, pensò di sostenere il terrapieno del corso con un muro da piantarsi sulla sponda del torrente, proprio in corrispondenza del pilastrino, posto al vertice dell'angolo formato dai muri di testa e di rivolta della spalla sinistra, abbattendo, come naturale conseguenza e per tutta la sua lunghezza, il parapetto del piazzale del ponte corrispondente al muro di risvolto, che veniva annullato colla erezione dell'anzidetto muro.

E così per l'appunto fu fatto.

Il nuovo corso ed il relativo murazzo si limitarono per ora al tratto della sponda sinistra, che corre tra il ponte Mosca e quello della ferrovia *Torino-Lanzo*. All'incontro del nuovo corso colla ferrovia si costrusse un cavalcavia, al di là del quale si intende benissimo che, o dovrà formarsi una strada che discenda a livello delle campagne, o protendersi il corso a seconda. Crediamo anzi che se con tanto lusso si è provvisto al comodo degli abitanti d'oltre Dora, non si potrà oltre ritardare una soluzione analoga, da tanto tempo invocata dagli abitanti del borgo del *Pallone*. Infatti, dal piano di ingrandimento stato ultimamente proposto dal Municipio per questa regione di Torino ed approvato dal Governo, si rileva essere precisa intenzione di fare a destra come a sinistra del torrente, a valle come a monte del ponte. E perchè questa intenzione non può essere revocata in dubbio, e perchè quel tanto cui si è posto mano sulla sinistra sponda da tutti si può vedere e basta ad illuminare anche i meno veggenti sull'esito e sulle conseguenze dell'opera intrapresa, e perchè infine, una volta ultimata questa parte del corso Napoli, si avrà in essa il tipo a cui s'inspirerà certo il Municipio nella sistemazione delle sponde ai due lati del ponte, pensiamo sia pregio dell'opera il considerarla un istante, tanto in sè, quanto in rapporto alle condizioni in cui da quest'opera vengono posti ed i proprietari dei terreni contigui ed il ponte Mosca, l'integrità del quale deve stare in cuore, non pure ai nostri concittadini, ma a quanti, avendo senso d'arte, hanno dovere di interessarsi alla conservazione d'un monumento che fu detto, e certo con ragione, un capolavoro del suo genere.

Quanto all'opera in sè, poco abbiamo da aggiungere a quanto già dissimo intorno alla nessuna urgenza di creare un ampio corso oltre Dora, mentre tante ragioni e tanti interessi reclamavano una strada praticabile sulla sponda destra per il borgo del *Pallone*. Solo osserveremo che, data anche la opportunità, che da noi si contesta, di questo corso, non era al postutto necessario di allargarlo fino a diciotto metri, e certo poteva bastare, non pure ai presenti che son pochini davvero, ma anche ai futuri bisogni, una strada di dodici metri.

Comunque però, se tutto il male si restringesse a ciò, si potrebbe anche passarvi su; ma gli è che il corso Napoli arreca, ai proprietari ad esso coerenti ed al ponte Mosca, danni gravissimi che vorremmo evitati, se possibile, non solo a decoro ma a reale vantaggio del Municipio.

Incominciamo dalle ragioni dei proprietari.

Abbiamo detto che la carreggiata del nuovo corso Napoli è di livello con quella del ponte. Ciò val quanto dire che si estolle di metri 10,70 sul pelo delle magre del torrente e quindi di circa metri 7 sul suolo della zona, limitata a levante dal rialzo stradale del prolungamento della via al ponte Mosca ed a giorno dalla sponda sinistra del torrente, a monte del ponte. Lo spazio compreso tra il muro di sostegno del nuovo corso Napoli verso la Dora e le fronti delle case comprese in detta zona rivolte al corso, dovrà essere terrapianato. Basta accennare a queste circostanze per intendere gli inconvenienti a cui vanno incontro i proprietari frontisti. Questi inconvenienti si possono riassumere così:

1° Ridurre alle condizioni di sotterranei i pianterreni delle case addossate al corso Napoli, almeno per una buona metà dello spessore dei corpi di fabbrica a cui essi appartengono.

2° Obbligare i proprietari a costruire il muro, che fronteggia il terrapieno, con una robustezza eccezionale, onde sia proporzionata alla spinta cui deve reggere.

3° Rendere umidi in permanenza i locali terreni delle case fronteggianti il corso, per assoluta mancanza di ventilazione.

4° Rendere insalubri i cortili interni, privandoli del beneficio del sole e dell'aria dalla parte di mezzodì, per tutta l'altezza del pianterreno.

Quanto al danno che il murazzo piantato a filo della sponda del torrente ha recato al ponte, esso è così grave, che non sappiamo in verità come siasi osato, non diciamo pure di costruirlo, ma anche di imaginarlo in quella forma. Non intendiamo di dar colpa di ciò ad alcuno, poichè certo tutto fu fatto in fin di bene; ma che in Torino, appunto oggi, in cui da tutti si salutano con gaudio i sintomi di un vigoroso risveglio artistico, si abbia a *manomettere così indegnamente uno dei pochissimi monumenti di cui a buon diritto la nostra città può andare orgogliosa;* che ciò si faccia, ripetiamo, anche colle più sante intenzioni del mondo, è tale enormità che proprio non sappiamo addattarci a mandar giù.

Già il Governo si è adombrato del fatto e non ha mancato al suo dovere di richiamarsene seriamente all'Autorità Municipale, locchè ebbe per effetto di produrre la *immediata sospensione dei lavori:* e questa sospensione durerà finchè dal Governo, d'accordo col Municipio, non siasi concertato il da farsi. Se le nostre informazioni sono esatte, sottoposta la vertenza alla decisione del Consiglio Superiore dei lavori pubblici, questo avrebbe emesso il seguente parere: non potersi dal Municipio continuare i lavori del corso Napoli e del relativo murazzo, prima che non sia risolta la questione sollevata dal Governo intorno ad una indebita occupazione, per parte del Municipio, di una striscia di terreno di proprietà demaniale, e non siasi provvisto, con nuovo progetto, a raccordare il murazzo del corso Napoli col ponte; modificando, per una lunghezza di alcuni metri, a partire dal punto di congiunzione del murazzo col ponte, la spoglia o paramento esterno del murazzo, scegliendo pietra di tal colore e lavorandola di tal guisa, che in tutto si accordi col colore e colla lavorazione della pietra impiegata nella costruzione della spalla del ponte.

Questo, ripetiamo, sarebbe, per quanto ne fu detto, il parere emesso dalla suprema Autorità tecnica governativa; e soggiungiamo tosto: *se sono esatte le nostre informazioni.* Ma vogliamo credere, anzi ci auguriamo addirittura, che non ci sia ombra di vero in quanto ne fu riferito, perchè diversamente sarebbe proprio il caso di dire che *il rimedio proposto è peggiore del male.*

Lasciamo da parte l'appunto fatto al Municipio di un'indebita occupazione di suolo demaniale, appunto al quale gli sarà agevole sottrarsi, pagando al Governo il prezzo del terreno occupato; terreno che quest'ultimo non potrà rifiutarsi di cedere, essendo l'occupazione del medesimo, la logica e naturale conseguenza dell'esecuzione del piano di ingrandimento, stato approvato dal Governo.

Ciò che assolutamente non si comprenderebbe si è che, un consesso illustre e competente, qual'è il Consiglio Superiore dei lavori pubblici, credesse di potere adeguatamente provvedere all'entità del ponte Mosca, coll'imporre semplicemente al Municipio l'obbligo di modificare per un tratto, più o meno esteso, il prospetto esterno del murazzo; col sostituire, al materiale impiegato, altro materiale che, per tinta e per lavorazione, più si accosti a quella del ponte. Ad ottenere questo risultato avrebbe in parte concorso efficacemente il tempo, l'opera inesorabile del quale livella ben altre differenze. A noi ed a molti pare che *quand'anche tutto il murazzo del nuovo corso Napoli fosse esteriormente costrutto col più puro* gneiss *del Malanaggio, sussisterebbe non pertanto la principale causa del danno arrecato al ponte, che risiede nell'avere fatto sparire il muro di risvolto a monte e sulla sinistra sponda, e quindi distrutta la parte rettangolare del corrispondente piazzaletto mistilineo del ponte.*

Al mirare il tratto di murazzo già costrutto viene spontanea alle labbra la domanda: distrutti i due piazzaletti rettangolari alle due teste del ponte, e di conseguenza i muri di risvolto che vi corrispondono, che figura farà il ponte Mosca, costretto, tanto a monte che a valle, tra due altissimi muraglioni, la cui lunghezza è destinata a crescere indefinitamente dalle due parti, a misura dell'avanzarsi della fabbricazione sulle due sponde? Si potrà conscienziosamente credere di non avere alterati i rapporti estetici, in origine studiati dall'autore del ponte e che, a confessione degli intelligenti, trovavansi così mirabilmente espressi nell'opera uscita dalla sua mente, da farla ritenere non solo meravigliosamente ardita, ma anche singolarmente armonica nel suo insieme?

Abbiamo in questi ultimi tempi udito da taluno affermarsi che, non solo la larghezza dell'alveo in prossimità del ponte, ma la luce stessa dell'arco è soverchia al volume delle acque defluenti nel torrente e che, per questa considerazione, potè sembrare conveniente di avvicinare il murazzo alla sponda, quanto più si potesse.

Veramente non abbiamo dei dati per poter confutare questa affermazione, la quale però, a dirla così di passata, ci pare, se non altro, un po' avventata; sia perchè la determinazione della portata del torrente è stata conseguenza di molti e coscienziosi studi, non solo del Mosca, ma anche dal *Congresso permanente di ponti e strade*, sia anche perchè l'opera non è stata approvata dal Governo se non dopo avere interpellato in proposito i più illustri Corpi scientifici ed averne avuti i più rassicuranti pareri. Ma poniamo anche, per concedere qualche cosa, che quanto da alcuni si va susurrando, sia in parte vero e che, tratto in inganno dalle frequenti innondazioni della Dora, causate dall'insufficiente profondità dell'alveo antico, l'autore del ponte abbia esagerata alquanto la portata dell'arco e questo abbia, in conseguenza, una luce eccedente lo stretto bisogno. È forse questa ragione sufficiente perchè ora, dopo un mezzo secolo dalla costruzione del ponte, dopo che quest'opera ebbe il plauso degli intelligenti, dopochè venne riprodotta dalle più riputate riviste scientifiche, dopochè fu proposto quale modello degno di imitazione e che, appunto per tutte queste ragioni, l'idea del ponte Mosca si collega, nella mente di ogni forastiero che visiti la nostra città, con quella di uno dei più cospicui monumenti di Torino; è, ripetiamo, dopo aver posto mente a tutto ciò, che poteva parere in oggi opportuno di modificare l'entità del ponte, con la costruzione di murazzi d'ala, della forma di quella del corso Napoli? Forse che Torino ha tanta copia di monumenti da potersi risolvere con cuor leggiero a guastarne uno tra i principali, per servire a considerazioni utilitarie che farebbero sorridere l'ultimo dei municipi italiani? *Il ponte Mosca doveva lasciarsi nella sua interezza e non c'è nessuna ragione di pubblica utilità che valga a scusare il danno recatogli.* Guai all'Italia se le ragioni utilitarie dovessero avere il sopravvento sul rispetto che si deve all'arte, alla storia, al pubblico decoro. Se così fosse, da gran tempo non si avrebbe più a Milano l'ingombro delle colonne di S. Lorenzo, nè a Biella l'incomodo battistero che sta accanto al Duomo; da gran tempo a Roma sarebbe distrutto il Colosseo, si sarebbero colmati i Fori ed abbattuti i ruderi che ad ogni piè sospinto creano un inciampo ai lavori d'ampliazione ed alla pubblica viabilità. Per buona sorte non solo ciò non si fa, ma vediamo anzi moltiplicarsi le Commissioni archeologiche locali, municipali e governative, e queste dar opera solerte alla conservazione dei patrii monumenti.

Nessuno si penserà, crediamo, che da noi si voglia porre l'opera del Mosca a paro coi più insigni monumenti che vanti l'Italia. No, nè ciò pensiamo, nè ciò vogliamo si creda; ma crediamo bensì fermamente che, come tutto è relativo, così per Torino, che non ha l'invidiata fortuna di possedere nè il duomo di Milano, nè il campanile di Giotto, nè il Pantheon di Roma, il ponte sulla Dora possa degnamente figurare assieme al Palazzo Madama, alla cupola di S. Lorenzo, alla statua di Emanuele Filiberto, per quanto è possibile il paragone tra opere di tanto diversa natura. E fosse vero, che tra i monumenti di Torino, degni di essere rispettati, si fossero posti anche il ponte sul Po e la porta Palatina!

Movendo da questo principio, che a noi pare sacrosanto,

di rispettare l'opera del Mosca; ammessa la necessità di dover addivenire una buona volta alla sistemazione delle sponde del torrente, da troppo tempo trasandate; ammesso pure che si volessero alzare le vie costeggianti le sponde sino all'altezza della carreggiata del ponte, era da escogitarsi tale partito, che senza sciupare il ponte, servisse in giusta misura all'utile pubblico. Nè crediamo fosse difficile trovare la via di giungere a questo risultato, singolarmente dopo la costruzione dei bellissimi murazzi sulla sponda sinistra del Po, opera recente del Civico Ufficio d'Arte.

Anzi, per provare col fatto l'applicabilità al caso nostro del sistema dei murazzi del *lungo Po*, ed anche *perchè non ci si dica essere più facile il censurare che il fare*, ci permettiamo di sottoporre al giudizio dei colleghi una soluzione, la quale, se l'amor proprio non ci fa velo al giudizio, ci sembra conciliare opportunamente tutti gl'interessi.

Il nostro progetto, che è in massima espresso dalle figure 1, 2, 3, 4 della tav. II, è informato ai seguenti criterii:

1° Conservare il Corso Napoli tra il ponte Mosca ed il cavalcavia sulla ferrovia Torino-Lanzo, restringendone però la larghezza da 18 a 12 metri;

2° Demolire la parte di murazzo già costrutta, per tutta la sua lunghezza, sino al livello delle imposte dell'arco del ponte, che corrisponde, suppergiù, a quello delle massime piene;

3° Creare, al livello delle massime piene, una *via alzaia*, della lunghezza di circa sei metri, il suolo della quale, sostenuto verso il torrente, dalla porzione dell'attuale murazzo che non verrebbe demolita sia in pendìo verso il torrente stesso, per facilitare lo sgrondo delle acque;

4° Il Corso Napoli, ridotto alla larghezza di 12 metri, sostenere, verso la via alzaia in progetto, con un murazzo disposto parallelamente all'attuale, per tutta l'estensione del medesimo, eccezione fatta dell'ultimo tratto di esso verso il ponte Mosca, che, per una lunghezza di circa metri 22, devierebbe dalla sponda, formando col tratto precedente e verso il torrente, un angolo ottuso, onde prendere una direzione schiettamente perpendicolare all'asse del ponte, alla sponda del quale verrebbe a congiungersi in corrispondenza del pilastrino, da cui ha origine a monte il piazzaletto sulla sponda sinistra; pilastrino che fu demolito e che si ristabilirebbe, in un col tratto di parapetto stato rimosso, corrispondente al muro di risvolto, il quale tornerebbe a ricomparire;

5° Questa deviazione dell'ultimo tratto del nuovo murazzo sarebbe causa di un allargamento nella sottoposta *via alzaia*, il cui muro di sostegno verso la Dora camminerebbe invece in linea retta al ponte, precisamente come l'attuale murazzo.

Questo allargamento tornerebbe opportunissimo per isvolgervi una scalinata di decoroso aspetto, per la quale, dal marciapiede del murazzo, si potesse discendere alla via alzaia, e ciò senza interrompere la continuità di quest'ultima.

La disposizione delle branche di questa scalinata sarebbe tale da lasciare scoperta la faccia del muro di risvolto per tutta l'estensione primitivamente assegnatagli dal Mosca. L'accesso a questa scalinata si avrebbe dal parapetto del murazzo in progetto, il che eviterebbe di dover tagliare il parapetto a monte del piazzaletto posto sulla sponda sinistra alla testa del ponte;

6° La struttura del nuovo murazzo sarebbe affatto diversa da quella del murazzo attuale e si accosterebbe, se pure non si identificherebbe, con quella adottata dal Municipio pei murazzi sul Po. La parete del murazzo in progetto, verso la via alzaia, sarebbe disposta ad arcate, le quali, a scopo di decorazione, verrebbero riunite a gruppi di tre. Queste arcate misurerebbero un'altezza di m. 5,60 dalla soglia alla chiave ed una larghezza di m. 2,70;

7° Da queste ampie arcate si avrebbe lume ed aria abbondante nei locali progettati sotto il Corso Napoli, tra il muro di sostegno del corso verso il torrente e le case prospettanti sul corso stesso; locali, che estendendosi a tutta la larghezza del corso, potrebbero essere posti in diretta comunicazione col piano di quelle medesime case, che è piano terreno rispetto ai cortili interni.

Questa riunione dei locali dietro il murazzo con quelli del piano terreno delle case lungo il corso farebbe comodo al Municipio, che ne ricaverebbe utile non dispregievole, dandoli a pigione ai proprietarii delle case coerenti, i quali non è a dubitarsi se ne approfitterebbero; perchè l'occupazione di questi locali, il cui pavimento risponderebbe esattamente al suolo dei loro cortili, colla luce e colla felicissima esposizione di cui godrebbero, renderebbe salubri e ventilati i locali esposti verso i cortili.

Nè può infirmare la nostra ipotesi lo scarso profitto che il Municipio va ricavando dai locali posti sotto il Corso lungo Po, perchè questi non hanno attinenza, per la parte che è a monte del vecchio ponte, colle case che prospettano sul corso: e per la parte a valle sono coerenti con case da pigione di signorile aspetto, i pianterreni delle quali non possono essere appigionati ad industriali i quali usufruiscano, come si converrebbe, di tali locali. — Per contro i proprietarii delle case sul nuovo corso Napoli sono per la massima parte industriali, i quali occuperebbero essi medesimi, ad uso di laboratorii, i pianterreni delle loro case e sarebbero, ne siam certi, contentissimi di potersi aggregare, per lo stesso uso, i locali sotto il corso, quando il Municipio si risolvesse a crearli; senza contare il beneficio della luce e della ventilazione, che è beneficio inestimabile.

Questo è il concetto nostro, che ci siamo permesso di sottoporre al giudizio dei colleghi e che può essere migliorato da una più esatta conoscenza delle condizioni locali e da un più profondo e maturo studio delle quistioni che vi si collegano; tra le quali quella, da noi lasciata insoluta, e che si riferisce al collegamento del murazzo da noi proposto con il cavalcavia sulla ferrovia Torino-Lanzo; collegamento che può essere proposto in varie forme, tra le quali non è possibile scegliere la più adatta, senza la particolareggiata conoscenza del nuovo piano d'ingrandimento, recentemente approvato pei terreni posti oltre Dora.

Torino, agosto 1879.

G. A. Reycend.

COSTRUZIONI CIVILI

SOLAI CON TRAVI IN FERRO

Studio pratico dell'Ing. Rodolfo Buti.

Capo IV. — Applicazione agli ambienti straordinari.

§ 17. *Travi composte.* — Fin qui considerammo i solai per ambienti di dimensioni ordinarie, non eccedenti cioè la portata di 8 metri. Qualora l'ambiente superi tale dimensione non conviene più aumentare l'altezza dei travetti in ferro, ma è molto più conveniente suddividere l'ambiente in più campate o passine per mezzo di travi più grandi.

Nell'impiegare queste grosse travi non bisogna perdere di vista il fatto della perdita d'altezza nell'ambiente libero, perciò non sarà buon sistema quello di poggiare i travi minori al di sopra del trave principale, ma sarà meglio unirlo lateralmente nei modi che indicheremo.

Vedemmo che nei casi ordinari per ambiente di 8^m conviene ricorrere a travi di $0^m.22$ di altezza. Quando l'ambiente supera tale portata oltre l'opportunità di assegnare un carico accidentale probabile più forte di quello assegnato di sopra, la stessa dimensione di $0^m.22$ va molto rapidamente aumentando; a più forte ragione questa altezza sarà molto superata dal trave grosso, che invece di sopportare, come gli altri, uno spazio da $0^m.80$ ad un 1^m sopporta il peso di un'intiera passina, o di mezzo ambiente. Andiamo perciò in una dimensione di ferri, ove è più conveniente adoperar travi composte di lamiera. E quindi indichiamo questa specie di travi come la più semplice e la più generalmente adottabile per suddividere i solai in più passine.

§ 18. *Varie specie di travi composte: congiunzioni delle travi.* — Il sistema ordinario di composizione delle travi di lamiera consiste (fig. 1) in due ali o tavole di lamiera collegate con la lama verticale per mezzo di corniere o ferri d'angolo. Qualche volta si sopprimono le tavole orizzontali, e allora i bracci orizzontali delle squadre funzionano da ali.

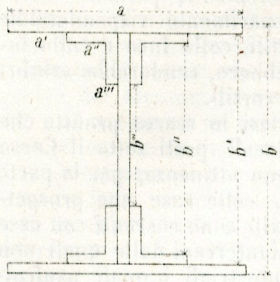


Fig. 1.

Richiedendosi molta resistenza, e non volendo aumentare l'altezza del trave, si possono raddoppiare o moltiplicare le tavole orizzontali.

La lama verticale serve piuttosto al collegamento delle ali, che sono la parte più resistente, e si può fare anche vuota o a traliccio quando l'altezza è molto considerevole. Se la distanza delle ali è tale da consigliare l'abbandono della lamiera piena per la lama verticale, ma non così grande da render necessario un collegamento raddoppiato, allora questo si fa mediante un solo ordine di ferri obliqui a 45° oppure ad N, alternando cioè un ramo verticale con uno a 45°. Aumentando l'altezza del trave si raddoppia il collegamento, formando così una serie contigua di croci di S. Andrea; e per altezze ancora maggiori si forma il vero traliccio a più maglie.

Accade però molto raramente che l'altezza dei travi a sostegno di una impalcatura acquisti una tale importanza; in quei casi eccezionali in cui questo si verificasse, l'esame di queste grosse travate forma l'oggetto di uno studio che esce dai limiti di questa breve monografia.

Abbiamo detto che non è conveniente sopraporre i trasversali o travi secondarie alle grosse travi per non avere una gran perdita di altezza. Vediamo in che modo si possono collegare.

Il sistema più semplice consiste nel fissare i travi minori contro la lama del trave principale per mezzo di ferri a squadra da ambedue le parti e bollonati. Facendo corrispondere le testate dei travetti da un lato e dall'altro del grosso trave, lo stesso bollone può attraversare la lama del trave principale e ambedue le squadre. È sufficiente che ogni squadra porti quattro fori, due per ciascuna faccia; siccome le due faccie contro il trave secondario sono attraversate da due bolloni soli, avviene che il peso di un'estremità del trave poggia tutto su due bolloni, il cui diametro verrà calcolato su tale base per resistere allo sforzo di taglio. Prendiamo il caso più sfavorevole, cioè di travi secondarie da $0^m.22$, lunghe 8^m e caricate di 400 chil. a metro lineare; ogni bollone dovrà sopportare $\frac{8 \times 400}{4} = 800$ chil. Ora il diametro ordinario dei bolloni essendo di $0^m.02$, si ha una superficie di 314 millimetri quadrati, ed uno sforzo per millimetro quadrato di $\frac{800}{314} = 2^k.50$ limite convenientissimo.

Qualora non si voglia far sopportare il peso del trave dai sopradetti due bolloni per estremità, si bollona (fig. 2) contro la lama verticale del grosso trave un ferro a squadra continuo da ambe le parti che fa da mensola, ma s'indebolisce così un poco la trave principale; siccome però le ali di questa sono sempre molto larghe, si può sempre cacciare a forza un grosso cuneo di legno parallelamente al trave principale e che riempia l'altezza fra l'ala inferiore del trave principale e quella inferiore del trave secondario. Tale cuneo non avendo che la larghezza della tavola orizzontale, non è di ostacolo nelle decorazioni.

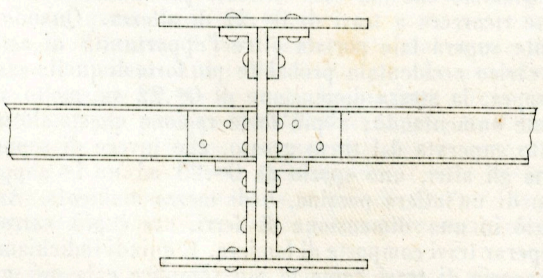


Fig. 2.

§ 19. *Calcoli per determinare le dimensioni dei travi.* — Esempio: — Sia da cuoprire un ambiente di 12^m per 9^m. Ponendo una grossa trave nel mezzo, secondo il lato minore di 9^m, avremo due passine di 6^m. Queste vanno coperte con impalcatura di travi da $0^m.18$, il cui peso permanente per m. q. si può ammettere di 200 kil. Essendo lo ambiente di una certa importanza, porremo per peso accidentale kil. 150, inoltre i travi secondarii pesano per

$$\text{m. q. } \frac{20.70}{0.80} = 25^k.87$$

onde il peso totale a m. q. in numeri tondi è di 380 kil. La grossa trave supposta perciò per metro lineare un carico di $6 \times 380 = 2280$ chilogrammi, e in tutta la lunghezza chilogrammi $9 \times 2280 = 20520$.

Prendiamo una trave alta (fig. 1 e 3) $0^m.522$, per cui si ha:

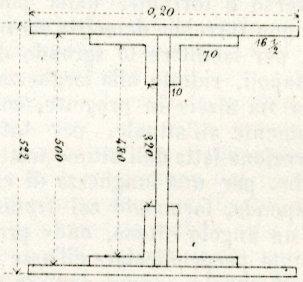


Fig. 3.

$a = 0.2005$	$b = 0.522$	$b^3 = 0.142$
$a' = 0.0165$	$b' = 0.500$	$b'^3 = 0.125$
$a'' = 0.0700$	$b'' = 0.480$	$b''^3 = 0.111$
$a''' = 0.0100$	$b''' = 0.320$	$b'''^3 = 0.034$

Valori che introdotti nella formola:

$$I = \frac{1}{12}\left[a\,b^3 - 2\,(a'\,b'^3 + a''\,b''^3 + a'''\,b'''^3) \right]$$

si ottiene il momento d'inerzia nella sezione

$$I = 0.0006716$$

e quindi

$$R\frac{I}{n} = 0.002573$$

Ora, per la vicinanza dei pesi applicati a distanze eguali sulla trave si può ritenere questa come caricata di un peso uniformemente distribuito e servirsi della solita formula:

$$\frac{R\,I}{n} = \frac{p\,l^2}{8}$$

Introdotto in questa formola il precedente valore di $\frac{I}{n}$ nonchè $l = 9^m.00$ e $p = 2280$, si ha:

$$R = 8.971239$$

ossia meno di 9 chg. a millimetro quadro, valore di R sufficiente.

Come abbiamo visto in questo esempio, con tale sistema si procede sempre per via di tentativi e sono infinite le sezioni di trave che soddisfano alle norme richieste. Una base pratica per stabilire alcuni elementi della sezione della trave è di tenere l'altezza del grosso trave eguale ad un diciottesimo $\frac{1}{18}$ della

portata. Alcuni autori vorrebbero adottare un limite fra $\frac{1}{10}$ ed $\frac{1}{15}$ ma questa proporzione è più acconcia per le grosse armature e per i ponti che per le impalcatare, ove conviene far economia di spazio.

§ 20. *Formola di Perissé.* — Data la lunghezza della trave composta, la formola di Perissé dà la superficie della sezione della trave stessa, previa però la determinazione empirica dell'altezza della medesima. Da ciò solamente si comprende quanto sia poco ragionevole l'impiego di questa formola, poichè, una volta conosciuta la superficie della sezione, il problema rimane nella massima indeterminazione perchè con la medesima superficie si possono costruire infinite forme di travi in ferro, le quali non tutte avranno la resistenza voluta e necessaria, non dipendendo questa solamente dalla quantità di materia impiegata, ma dal modo pure di distribuzione di essa.

Detta ω la superficie di una sola ala della sezione a doppio T, cioè della tavola superiore delle due squadre che la collegano alla lama e della parte di lama compresa fra le due squadre si ha:

$$\omega = h\frac{L}{a}(Q + Q' h')$$

ove h ed h' sono due coefficienti che variano il primo con l'altezza a della trave, il secondo con il modo di ripartizione del peso Q' su tutta la lunghezza; Q rappresenta il peso uniformemente distribuito sulla lunghezza L.

Se non vi è che un peso distribuito, allora $Q'=0$ ed

$$\omega = h\frac{L}{a}Q$$

infatti, evidentemente la sezione deve aumentare in ragione *diretta* del peso Q e della lunghezza L, e in ragione *inversa* della altezza a della sezione. Il coefficiente h si ha da tabelle sulla base di un valore di $R = 8^k.00$ per millimetro quadrato.

Se invece manca il peso distribuito, allora al posto di Q si mette il peso della trave stessa per metro lineare.

Forma del trave	Altezza a del trave in M^{tri}	Coefficiente h
A	da $0^m,35$ a $0^m,50$	0,0196
	» 0,55 a 0,70	0,0180
	» 0,75 a 0,95	0,0166
	» 1,00 a 1,20	0,0156
	» 1,20 a 2,00	0,0146
B	da $0^m,30$ a $0^m,40$	0,0198
	» 0,45 a 0,55	0,0180
	» 0,55 a 0,70	0,0166
C	da $0^m,80$ a $1^m,50$	0,0161
	» $1^m,60$ in su	0,0126
	da $0^m,25$ a $0^m,40$	0,0198
	» 0,45 a 1,00	0,0184

Distanze da un appoggio di tutto il peso Q'	h'	Ripartimento di Q'	h'
$\frac{L}{2}$	2,00	in 2 ovvero 3 parti	1,33
$\frac{L}{3}$	1,78	in 4 » 5 »	1,20
$\frac{L}{4}$	1,50	in 6 » 7 »	1,14
$\frac{2L}{9}$	1,38	in 8 » 9 »	1,11
$\frac{L}{5}$	1,28	in 10 » 11 »	1,10
		oltre	1,00

Esempio: — Sia una trave del primo tipo alta $0^m.80$ e lunga 10^m con un peso Q di 5000 chil. ripartito su tutta la lunghezza, più due pilastrini o colonne piantate sopra ad un terzo da ciascun estremo ed equivalente ciascuno a 2000 chil. di peso.

Essendo $a = 0^m.80$, dalla prima tabella avremo $h = 0.0166$, ed essendo il peso $Q = 2 \times 2000 = 4000$ ripartito in due parti, dalla seconda tabella abbiamo pure $h' = 1.33$, dunque:

$$\omega = 0.0166 \times \frac{10}{0.8}(5000 + 4000 \times 1.33) = 2141.40$$

numero esprimente la quantità dei millimetri quadrati di cui si deve comporre la parte di sezione considerata. A tal numero corrisponde per esempio una tavola superiore di $0.120 \times 0,0080 = 960$ m. m.; due squadre di $\frac{40 \times 40}{6} = 960$ e una porzione della lama verticale $40 \times 6 = 240$. Totale 2160 millimetri quadrati.

§ 21. *Formole generali.* — Nei casi più importanti, quando non si voglia limitare la ricerca delle dimensioni del trave ai soli metodi esposti, conviene determinare il massimo momento inflettente e il massimo sforzo di taglio per mezzo delle formole generali. Essendo la sezione simmetrica rispetto ai due assi ortogonali, e passando il piano di sollecitazione per l'asse principale centrale d'inerzia le formole generali assumono una forma molto semplice, e detto R il coefficiente di resistenza alla rottura per pressione, R' quello alla rottura per trazione, $R'' = \frac{4}{5}R'$ quello per lo scorrimento trasversale avremo:

$$\left.\begin{aligned} n\,R &= v\,\mu_m \frac{1}{I} \\ n\,R'' &= \frac{N_m}{\Omega} \end{aligned}\right\} \quad (1)$$

ove n è il coefficiente di resistenza che secondo i casi faremo eguale ad $\frac{1}{6}$, $\frac{1}{5}$ od $\frac{1}{4}$, v è la metà dell' altezza della trave, I il momento d'inerzia della sezione di superficie Ω, μ_m è il massimo momento inflettente, ed N_m il massimo sforzo di taglio.

Chiamando $2a$ la lunghezza della trave e p il peso distribuito per ogni metà di lunghezza, si ha pel massimo momento inflettente:

$$\mu_m = pa \times \frac{1}{2}a = \frac{pa^2}{2}$$

e pel massimo sforzo di taglio

$$N_m = pa$$

Ora per il ferro abbiamo R=25000000, R'=40000000,

$$\text{onde } R''=\frac{4}{5}R'=32000000$$

Per il caso di impalcature, non temendosi grandi scosse nè carichi mobili importanti, nè molto variabili, potremo ammettere $n=\frac{1}{5}$, onde le (1) con l'introduzione dei valori superiori di μ_m ed N_m si riducono a:

$$(2)\quad \begin{cases} 5000000 = v\mu_m \dfrac{1}{I} = v\dfrac{pa^2}{2}\dfrac{1}{I} \\ 6400000 = \dfrac{pa}{\Omega} \end{cases}$$

che si possono scrivere:

$$(2)\quad \begin{cases} 10000000 = \dfrac{vpa^2}{I} \\ 6400000 = \dfrac{pa}{\Omega} \end{cases}$$

La forma della sezione della trave composta dà luogo ad un'indeterminazione del problema, che perciò si deve limitare alla ricerca di una sola quantità dopo assegnate le altre in base ai seguenti criteri:

Vedemmo già le norme per assegnare l'altezza della trave, però a volte si danno circostanze speciali che limitano l'altezza stessa. I ferri d'angolo per il congiungimento delle ali colla lama non possono del tutto assegnarsi ad arbitrio, essendovi alcune consuetudini nelle loro proporzioni e forme commerciali. La lama verticale della trave non dev'essere inferiore al centimetro di spessore tenendo anche conto dei molti fori e delle squadre che si possono attaccare lateralmente.

Rimangono così ad assegnarsi solamente le ali di cui in generale non si cerca che lo spessore, determinando la larghezza in rapporto a quella delle due squadre.

Introducendo quindi nel valore di I ed Ω tutti questi elementi determinati preventivamente, si ricava lo spessore x delle ali.

Nelle formole (2), l'incognita x comparirà tanto nel valore di I quanto in quello di Ω. Conoscendosi tutti gli altri elementi della sezione, il valore di I comparirà sotto la forma:

$$I=\frac{1}{12}\left[a(b'+x)^3-M\right]$$

essendo M una quantità nota e b' anche nota.

Il valore di Ω, sarà della forma:

$$\Omega=a(b'+x)-N$$

essendo N la somma di tutti i rettangoli interni, e nota.

Onde le (2) prendono la forma:

$$\left.\begin{aligned} 10000000 &= \frac{pa^2\times 12\left(\frac{b'+x}{2}\right)}{a(b'+x)^3-M} \\ 6400000 &= \frac{pa}{a(b'+x)^3-N} \end{aligned}\right\}\ (3)$$

essendo b' noto, faremo: $b'+x=y$, avremo una equazione di 3° grado in y della forma (per la prima):

$$y^3+py+q=0$$

a cui è applicabile subito la formola di Cardàno, e per la seconda una equazione semplicissima

$$y^3+q=0$$

noto y, si ha $x=y-b'$, somma dei due spessori delle ali alte ciascuna $\frac{x}{2}$.

§ 22. *Grandi sale. - Sale circolari.* — Qualora la portata del trave principale fosse tale da richiedere un'altezza troppo forte del trave stesso, allora conviene meglio sostituire la grossa trave con due minori accoppiate (fig. 4), ciascuna delle quali

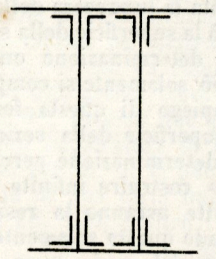


Fig. 4.

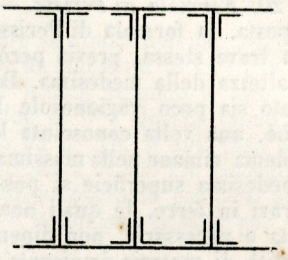


Fig. 5.

sopporterà quindi la metà del peso calcolato, ed anche con tre travi. Trattandosi di travi composte (fig. 5), conviene meglio formarle con lame verticali separate, ma con ali o tavole riunite e di un solo pezzo; si avranno così delle travi tubulari, composte di lamiere orizzontali, formanti le ali inferiori e superiori, e collegate da due o più lame verticali e relative squadre. L'omogeneità delle ali, tutte di un pezzo, è resa necessaria anche per il fatto che i travi minori non potendosi inchiodare che sulle lame esterne, un terzo trave centrale non funzionerebbe che mediante collegamento speciale. Per impedire la deformazione o spostamento della lama verticale, sotto la spinta dei travi trasversali (in forza della loro centinatura), in corrispondenza di questi si frapporrà alle lame verticali un ferro a U o doppia L o doppia squadra, che trasmette la pressione formando quasi da sbadacchio, e tirante nello stesso tempo (fig. 6).

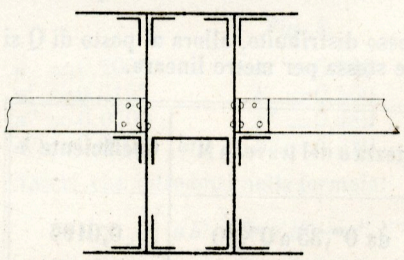


Fig. 6.

È facile convincersi quanto si guadagni in altezza adottando questo sistema, a cui può unirsi anche il raddoppiamento delle lamiere orizzontali.

Quando le sale circolari non sono molto grandi, si attraversano con travi ordinarie parallele, o intiere, o sorrette da un trave maggiore diametrale. Se il diametro oltrepassa gli 8 metri, o i 10, conviene formare una calotta molto depressa, o cono schiacciato, disponendo le travi a raggio con una inclinazione da 10 a 15 gradi coll'orizzontale, e fissate al centro contro un'armilla di ferro munita di raggi di ghisa.

Dicendo ϕ l'angolo di ciascuna trave con la verticale, p il peso per metro lineare soprastante alla trave lunga l, E il modulo di elasticità, H l'altezza della trave, il coefficiente R di resistenza è dato da:

$$R=pl\operatorname{sen}\phi\left(\frac{5}{8}\operatorname{tang}\phi\,\frac{1}{E}+\frac{H}{16I}\right)$$

I è il momento d'inerzia.

L'ingegnere francese Foy, ha redatto delle magnifiche tavole per le travi composte a doppio T in lamiera. In tali tavole si trovano tutti gli elementi per la forma, dimensioni, momento di inerzia e momento resistente, cominciando dalle travi di 2^m di altezza fino alle minime altezze.

Si trovano negli *Annali di costruzione*, di Opperman, anno 1863 (aprile-dicembre). Anche l'ingegnere Riche pubblicò, nel 1869, tavole simili.

APPENDICE.

Alcune notizie sulla produzione dei travi in ferro

Come avemmo già occasione di dire, gli stabilimenti principali che forniscono travi in ferro all'Italia, sono in Francia, nel Belgio e nell'Olanda. I prodotti francesi sono superiori per qualità, essendo impiegato combustibile di legno e non minerale, il Belgio invece, adoperando quest'ultimo può fare una rilevante concorrenza sui prezzi producendo anche un materiale, che sebbene inferiore al francese, può essere assai bene impiegato avendo dato sinora ottimi risultamenti.

La lunghezza normale dei ferri a doppio T è fino ad 8 metri; aumentando la lunghezza crescono le difficoltà di fabbricazione e di trasporto, e il prezzo, in conseguenza, aumenta di circa un franco al quintale per ogni metro o frazione di metro di più in lunghezza.

Le lunghezze ordinate non sono garantite che fino all'esattezza di 2 o 3 centimetri in più o in meno: se però si vuole l'esattezza bisogna una convenzione speciale sui prezzi.

Per dare un'idea della forza produttiva di queste fabbriche diamo qualche particolare di una fabbrica di Francia e di una del Belgio.

Cominciando dalla Francia, citiamo il Creusot come uno stabilimento di grandissima importanza, come facilmente apparisce dai seguenti dati:

		Creusot	Annessi	Totale	
Superficie delle fucine ed annessi	Ettari	176	136	312	
Superficie degli edifici	»	21	7	28	
Ferrovie principali	Chilom.	57	22	79	206
Ferrovie secondarie	»	28	99	127	
Effettivo del personale	N°	9800	5700	15500	
Apparecchi a vapore .	»	234	74	308	
Forza degli apparecchi	Cavalli N°	15700	3300	19000	

Produzione annua.

Litantrace	Tonnte	190000	525000	715000
Ghisa	»	190000	»	190000
Ferro	»	90000	»	90000
Acciaio	»	70000	»	70000
Locomotive . . .	N°	100	»	100
Macchine, ponti, ecc. valore in . . .	Lire	6000000	2500000	8500000

Nel Belgio citiamo la fabbrica Sclessin-Lez-Liège, nota in Italia per le costruzioni delle Stazioni di Bari, Foggia ed altre; i famosi ponti di Palagianello e Castellanetta e quasi tutti gli altri delle Calabro-Sicule, oltre le forniture private.

La produzione annua effettiva di detta fabbrica è:

Tonnellate 10000 di ferro in sbarre o ferro di commercio, prismatico e cilindrico.

Tonnellate 3000 di lamiera.

Tonnellate 20000 di travi e ferri a doppia squadra.

Comprende due alti forni sistema Withwel producenti ciascuno 40000 tonnellate di ghisa all'anno.

Le officine di costruzione per lamiere chiodate, ponti, armature, ecc., possono produrre da 3500 a 4000 tonnellate di ferro all'anno.

Fra le principali fabbriche di *Francia* per ferri di laminatoio si possono enumerare le seguenti:

1. Le Creusot — Schneider et C. (Saône et Loire).
2. Fourchambault.
3. Chatillon et Commentry, Parigi, Rue Auber, 10.
4. Dupont et Dreyfus, Ars sur Moselle.
5. Providence, Haut-mont (Nord).
6. L'Horme.
7. Dormoy.
8. Karcher et Westermann.
9. Moyeuvre et Stiring-Weudel.
10. Alais.
11. Pétin et Gaudet.
12. Société anonyme des Hauts-Fourneaux de Maubège.
13. Montataire.
14. Harel et C. de Pont-Evêque près Vienne (Isère).
15. Franche-comtè.
16. Terrenoire, Lavoulte et Bessèges, Lyon, Rue St. Hélène, 8.
17. Descours Cabaud et Bolot, Lyon, Rue de Penthièvre, 5.

Nel *Belgio* abbiamo le seguenti fabbriche principali:

1. Société Anonyme des Forges d'Acoz (De Dorlodot).
2. Bonehill Edouard, Marchienne-au-Pont.
3. Marcinelle et Couillet, S. A.
4. La Providence, S. A. de Marchienne-au-Pont.
5. Sclessin-lez-Liège, S. A.
6. John Cockerill Seraing, Liège.
7. Forges de l'Alliance.
8. Couillet.
9. Clabecq.

Materiali laterizi.

In quanto ai materiali laterizi che entrano nella formazione delle impalcature in ferro si può dire che fino a pochi anni indietro tale genere era una importazione esclusiva dalla Francia, specialmente dal Sud, e da Marsiglia, come le tegole e i mattoni che tutti da questa città prendevano nome. Ora però in Italia si fabbrica del materiale che non teme concorrenza sulla qualità, mentre offre il vantaggio sul prezzo, sulla facilitazione delle ordinazioni, del trasporto, del tempo, oltre il vantaggio di offrire il mezzo di favorire l'industria nazionale.

Fra le varie fabbriche del Regno notiamo come la più importante, lo stabilimento Degli Albizi, alle Siegi, in Toscana; in Roma, lo stabilimento Du Houx.

Vedemmo come le volticelle tra i ferri si possono costruire o con mattoni messi di costa o con mattoni messi di fianco o con mattoni speciali o piattabande o pignatte: per i mattoni vuoti ordinari da volticelle si hanno i seguenti dati:

Mattoni vuoti	Dimensioni	Numero per m. q.	Peso per 1 m. q. (di coltello)	Prezzo per 1 m. q. (di coltello)	Peso per ogni mille	Prezzo per ogni mille
A 3 fori	$50 \times 260 \times 130$	28	K. 49	L. 0,81	K. 1726	L. 28
» 2 »	$7 \times 26 \times 13$	28	» 57	» 1,04	» 1960	» 36
» 6 »	$8 \times 26 \times 13$	28	» 69	» 1,21	» 2400	» 42
» 3 »	$6 \times 29 \times 14\frac{1}{2}$	21	» 50	» 0,87	» 2170	» 38
» 4 »	$7\frac{1}{2} \times 29 \times 14\frac{1}{2}$	21	» 66	» 1,19	» 2900	» 52
» 8 »	$7\frac{1}{2} \times 29 \times 14\frac{1}{2}$	21	» 73	» 1,24	» 3200	» 54
» 6 »	$11 \times 29 \times 14\frac{1}{2}$	21	» 83	» 1,28	» 3570	» 60

Conoscendo le dimensioni dalla 2ª colonna e il peso di ogni pezzo dalla 6ª colonna, si può facilmente ricavare il peso per metro quadrato quando messi di fianco o di piatto.

Per i mattoni speciali o pignatte, questi sono tutti a sei

fori disposte sopra due file, e quelle considerate nella seguente tabella hanno tutte una forma, sia che si mettano all'imposta sia che servano per serraglio o chiave, e ciò facilita molto le ordinazioni e la costruzione.

La fabbrica Degli Albizi unitamente alle tariffe spedisce un elenco delle spese di trasporto per ogni mille embrici e per ogni tonnellata di merce dalla stazione delle Siegi fino alle principali stazioni del Regno, per le quali, se la distanza supera 300 chilom. si ha uno sconto del 5 per 0|0.

Il massimo prezzo, per Taranto, è di L. 32.09 per tonnellata, Roma, 12.46, Napoli, 18.63, Firenze, 1.12 (P. al Prato) e 0.87 (P. alla Croce), Milano, 15.93, Venezia, 14.01, Bologna, 8.26, Torino, 18.90, e Genova, 13.30, ecc.

Ing. Rodolfo Buti.

Lettera	Altezza dei travi	Altezza dei mattoni	Distanza dei travi	N° per 1 m. q.	Peso per 1 m. q.	Prezzo per 1 m. q.	Osservazioni
A	0,12	0,11	0m,80	15	K. 68	1,45	I prezzi sono alla stazione delle Siegi franca merce sul vagone. La distanza tra i ferri è da asse ad asse. Per travi da 0m,16 si adoperano pignatte da 0m,13 di altezza.
B	0,14	0,13	0m,80	15	» 79	1,60	
C	0,14	0,13	0m,86	14	» 79	1,60	
D	0,18	0,16	0m,86	14	» 87	1,80	
E	0,18	0,16	0m,80	15	» 87	1,80	

GEOMETRIA PRATICA

Bologna, 15 novembre 1879.

Illustrissimo Signor Ingegnere,

Nella scorsa estate, nelle esercitazioni di topografia alla Scuola degli Ingegneri, ebbi occasione di far usare agli studenti, in molte operazioni, il regolo comune, e studiando la teoria del Sella dedussi le regole sull'uso di tale istrumento nelle operazioni topografiche eseguite colla stadia, specialmente per ben separare le cifre intere dalle decimali nei risultati dei calcoli. Trovai tali regole molto utili, perchè molto facili a ritenersi a memoria, sebbene alcune abbiano l'apparenza di qualche complicazione, e ne ho fatto oggetto dello scritto che le accludo.

Spero che Ella avrà la bontà di darvi un'occhiata e di accoglierlo nelle colonne dell'*Ingegneria Civile*, qualora lo creda degno di ciò.

Permetta, che rassegnandole i miei rispettosi omaggi, mi dica

Della S. V. Illustrissima

devot.mo ed obb.mo
F. Cavani.

VANTAGGI E MODO DI SERVIRSI DEL REGOLO CALCOLATORE COMUNE

per la determinazione dei valori

$$D = N\cos^2\phi \qquad \text{ed} \qquad h = N \operatorname{sen}\phi\cos\phi$$

nei rilevamenti celerimetrici

1. — *Introduzione.* — Nei rilevamenti topografici, allorchè si usa la stadia per misurare le distanze, essendo quasi sempre necessario disporre la linea di collimazione del cannocchiale inclinata all'orizzontale, ed essendo più utile tenere la stadia verticale, che perpendicolare a quella linea, fa d'uopo determinare la distanza orizzontale fra il punto di stazione e quello di mira colla formola

$$D = N\cos^2\phi$$

ove con D s'indica la distanza cercata, con N la differenza delle letture fatte sulla stadia coi due fili del micrometro, divisa pel relativo rapporto diastimometrico, e con ϕ l'angolo d'inclinazione della linea di mira all'orizzontale. Che se, oltre la planimetria, si vuole ottenere l'altimetria del terreno, uno degli elementi necessarii, per determinare la differenza di livello fra il punto di stazione e quello di mira, si è l'altezza del punto, in cui la linea di collimazione incontra la stadia, sul piano orizzontale passante per l'asse di rotazione del cannocchiale. Questa quantità, che usasi indicare con h, viene data dalla formola

$$h = N \operatorname{sen}\phi . \cos\phi.$$

Quasi tutti i comuni strumenti di topografia, sono dotati di cannocchiale a stadia e di ecclimetro o di circolo zenitale, di modo che si può procedere nei rilevamenti topografici, con molta economia di tempo, ottenendo la distanza orizzontale e la differenza di livello fra due punti, coll'applicazione delle formole sopra scritte, dopo aver determinati i valori di N e di ϕ d'uno dei punti rispetto all'altro. Però una tale misura delle distanze, che dicesi indiretta, e la determinazione delle differenze di livello, basata su di essa, cogli ordinarii strumenti di topografia, si possono impiegare solo quando non sia necessaria molta approssimazione; poichè questi strumenti, non avendo il cannocchiale anallatico ed usandosi in generale le stadie divise in centimetri, danno errori alle volte non trascurabili in tali operazioni. Sarebbe necessario aggiungere ad N la distanza focale della lente obbiettiva e la distanza di questa dall'asse di rotazione del cannocchiale; ritenuto, che il rapporto fra la distanza dei fili nel micrometro e quella focale dell'obbiettivo, sia di una divisione della stadia, ossia di un centimetro; poichè, come è noto, negli ordinarii cannocchiali il punto anallatico è nel fuoco anteriore dell'obbiettivo. L'Ing. Giuseppe Erede ha perfezionato un antico metodo di graduazione della stadia (1), per poter ottenere, cogli strumenti comuni, il necessario grado di approssimazione nel valore di N, e quindi nella misura indiretta delle distanze; ed è a sperare che il semplice ed ingegnoso artifizio dell'Erede sia, col tempo, sanzionato dalla pratica.

Nel rilevamento topografico, eseguito coi metodi della celerimensura, le formole che danno i valori di D ed h sono fondamentali; e gli strumenti celerimetrici, Tacheometri e Cleps, dotati di cannocchiali anallatici, danno con tutta la approssimazione necessaria il valore di N, e quindi quello della distanza orizzontale fra due punti e della loro differenza di livello.

Per risolvere numericamente le equazioni sopra scritte, ossia per ottenere da esse, col maggiore risparmio di tempo, i valori di D ed h, determinati quelli di N e ϕ o con un istrumento comune a divisione sessagesimale o con uno di celerimensura a divisione centesimale, si sono immaginati varii metodi.

Per le operazioni eseguite cogli strumenti comuni, fra gli altri mezzi, vi hanno il regolo calcolatore comune, le tavole numeriche dell'Ing. Sabbione, quelle dell'Ing. Erede e le tavole grafiche dell'Ing. Regis.

Per quelle eseguite cogli strumenti celerimetrici si hanno i circoli e le scale logaritmiche, le tavole numeriche dell'Ing. Sabbione e quelle dell'Ing. Soldati, le tavole grafiche, fra le quali quelle dell'Ing. Regis, i regoli speciali di Moinot e di Verner, nonchè i regoli calcolatori comuni cogli scorrevoli modificati ed anche per certi casi cogli scorrevoli ordinarii.

Lo scopo di questo scritto è di esporre i metodi a seguirsi nel calcolo di D ed h, col regolo calcolatore comunemente usato, quando l'angolo ϕ è dato da strumenti comuni a divisione sessagesimale, e, nei casi in cui è possibile, anche quando ϕ è dato da strumenti celerimetrici a divisione centesimale.

---

(1) G. Erede. *La Celerimensura cogli strumenti comuni* — Pistoia 1875.

Sebbene i regoli speciali per le operazioni di celerimensura non abbiano dato buon esito e ad essi siano ora preferite le tavole numeriche, pure il regolo comune, il cui uso riesce di tanta utilità in moltissime altre operazioni di calcolo, può ben con molto vantaggio adoperarsi ancora nei calcoli celerimetrici, qualora l'approssimazione da esso data sia in armonia con quella permessa nelle operazioni da eseguirsi. L'uso di tale strumento presso di noi è molto limitato e sarebbe a desiderarsi, come scrisse ultimamente il Prof. Favaro (1), che in ciò imitassimo le altre Nazioni, come ad esempio la Francia, che ne pone d'obbligo la conoscenza nei programmi delle pubbliche scuole, e l'Inghilterra, ove è diffuso in tutte le classi sociali.

2. — *Regoli calcolatori usati nella pratica; equazioni del regolo comune date dalla teoria del Sella.* — I regoli calcolatori, comunemente usati nella pratica, presentano sulla faccia anteriore, supposto lo *scorrevole* nella posizione *diretta* o normale, tre scale eguali, due sullo scorrevole, una sulla parte superiore del *fisso*, ed una quarta scala sulla parte inferiore del fisso, diversa dalle altre, poichè ha per unità l'intera lunghezza del regolo, mentre le prime sono costrutte con unità eguale alla metà di tale lunghezza. Sul rovescio dello scorrevole sonvi le scale dei seni da 0°,34′ a 90° e delle tangenti da 0°,34′ a 45°, non che una terza scala di parti eguali. M. Mannheim ha fatto una modificazione nel regolo, costruendo la scala inferiore della faccia anteriore dello scorrevole, eguale a quella della parte inferiore del fisso; e facendo procedere la scala dei seni, nel rovescio dello scorrevole, in senso inverso a quella delle tangenti.

Tratterò prima dell'uso del regolo antico, nel calcolo delle formole, che danno i valori di D e di h, per poi passare a quello del regolo modificato dal Mannheim.

La teoria del regolo, data dal Benoit (2) e completata dal Sella (3), conduce per lo scorrevole diretto alle seguenti equazioni:

$$\frac{M}{N}=\frac{M'}{N'}=\frac{P^2}{N}=\frac{P'^2}{N'}=10^{\frac{2R}{1000}+m-n}=\frac{10^{m-n}}{\text{tang T}}=\frac{10^{m-n}}{\text{sen S}}$$

$$m-n=m'-n'=2p-n-1=2p'-n'-1$$

nelle quali MNP, M′N′P′ rappresentano numeri, di qualsivoglia grandezza, letti rispettivamente sulla scala superiore del fisso, sullo scorrevole e sulla scala inferiore del fisso; ma tali, che aperto lo scorrevole, nella conveniente posizione, i tre primi siano coincidenti sulla stessa normale all'asse del regolo, come pure i tre secondi: e in tale posizione dello scorrevole, S, T, R rappresentano i numeri, che si leggono all'estremo del fisso sulle scale dei seni, delle tangenti e delle parti eguali.

Con m, n, m', n' s'indicano i numeri delle cifre intere di M, N, M′, N′, o diminuiti di una unità, se i numeri ad essi relativi, si leggono nelle seconde scale, o di due unità per quelli che rappresentando potenze perfette del 10, sono letti alla fine delle rispettive scale. Con p, p' s'indicano i numeri delle cifre intere di P, P′, o diminuiti di una unità, nel caso che questi siano potenze perfette del 10, e letti alla fine della loro scala.

Altre formole analoghe si hanno, per lo scorrevole invertito e per lo scorrevole rovesciato, ma non sono utili nel caso attuale.

Colla prima serie delle equazioni del regolo si possono determinare le operazioni eseguibili con esso, e colla seconda il numero delle cifre intere del risultato, ossia la posizione della virgola nel valore dell'incognita cercata.

3. — *Calcolo di* $D=N\overline{\cos}^2\phi$.

È necessario trasformare l'equazione

$$D=N\overline{\cos}^2\phi \quad \text{nell'altra} \quad D=N-N\overline{\text{sen}}^2\phi$$

ed allora si potrà calcolare col regolo il valore di

$$N\overline{\text{sen}}^2\phi=X$$

e per far ciò si dovranno seguire metodi diversi, a seconda dei diversi valori di ϕ.

a) Caso in cui ϕ abbia grande valore.

Dalla prima serie delle equazioni del regolo si vede, come si possa, con esso, determinare il valore di

$$N=\frac{M\,\text{sen}\,S}{10^{m-n}}$$

noti i valori di M e di S.

Applicando al caso nostro, si dovrà scomporre il valore di X in

$$N\,\text{sen}\,\phi.\,\text{sen}\,\phi=X$$

e calcolare prima

$$N\,\text{sen}\,\phi=X'$$

poi

$$X'\,\text{sen}\,\phi=X.$$

Si opererà, col regolo, nella seguente maniera:

Si leggerà ϕ, nella scala dei seni, all'estremità del fisso, poi nella faccia anteriore del regolo, sulla scala superiore del fisso, si leggerà N, e sotto ad esso sullo scorrevole si avrà X′. Avuto così il valore di X′, lo si leggerà, nella scala superiore del fisso, e sotto ad esso sullo scorrevole, si otterrà X.

Per avere il numero delle cifre intere di X, ricorrendo alla equazione del regolo, ora applicata, si deduce la regola seguente:

Il numero delle cifre intere di X, è eguale al numero di quelle di N, se N ed X′ si leggono nella prima scala superiore del fisso, od a tale numero, diminuito di una unità, se N od X′ si leggono nella seconda scala, o diminuito di due unità, se N ed X′ si leggono nella seconda scala.

Evvi un caso particolare, che non è conveniente considerare in questa, come nelle altre regole generali, perchè rare volte avviene nella pratica, quello cioè in cui uno dei numeri, che entrano nel calcolo, sia una potenza perfetta del 10 e lo si legga all'estremità di una scala. Riesce facile il determinare la modificazione a farsi, nella regola relativa, poichè il numero delle sue cifre intere si dovrà sempre diminuire di 1 o 2 unità, secondochè lo si legga all'estremo della scala inferiore del fisso, od a quello della superiore e delle due dello scorrevole.

Il valore di X si può ottenere col metodo sopra esposto, solo per i valori di ϕ compresi entro dati limiti. Limite maggiore non vi sarebbe, perchè la scala dei seni arriva sino ai 90°, ma al disopra dei 60° si ha poca approssimazione nella lettura, poichè dai 60° a 70° le divisioni procedono di 2° in 2°, e dopo si hanno solo i segni corrispondenti ai 75°, 80° e 90°. Inoltre, in pratica, il valore di ϕ non arriva mai ai 60°, anzi è quasi sempre di molto inferiore a tal limite. Il limite inferiore nel valore di ϕ, dovrà essere tale, che qualunque sia l'N letto sulla scala superiore del fisso, possa leggersi il numero corrispondente in quella dello scorrevole. Di conseguenza bisognerà, che l'origine della scala dello scorrevole non sorpassi la metà della scala superiore del fisso, e, nel caso della coincidenza, si avrà il minimo valore di ϕ in 5°,44′, come può ancora ottenersi dalla equazione

$$10=100\,\text{sen}\,\phi.$$

ESEMPI.

	Col regolo.	Colle tavole logaritmiche.
$D=115\,\overline{\cos}^2 6^\circ$	$D=113{,}76$	$D=113{,}74$
$D=262{,}50\,\overline{\cos}^2 16^\circ{,}30'$	$D=241{,}30$	$D=241{,}326$
$D=564\,\overline{\cos}^2 35^\circ$	$D=378{,}50$	$D=378{,}45$

(1) *Ingegneria Civile.*

(2) *La règle à calcul expliquée*, par M. BENOIT — Paris 1853.

(3) *Teorica e pratica del regolo calcolatore* — Q. SELLA — Torino 1859.

b) Caso in cui φ abbia valore minore di 5°,44'.

Quando il valore di φ è inferiore ai 5°,44' non si può ottenere quello di X con una sola posizione dello scorrevole, senza ulteriori trasformazioni e riduzioni nella equazione che lo determina: si può però procedere abbastanza sollecitamente con due posizioni di esso.

Letto l'angolo φ nella scala dei seni, all'estremo del regolo, sotto l'estremo della scala superiore del fisso, si legge sullo scorrevole un numero, che è centuplo del seno di φ; di modo che detto A tale numero si avrà

$$X = N\frac{A^2}{10000}$$

dalla prima serie delle equazioni del regolo si ha

$$M = N\frac{P'^2}{N'}$$

dalla quale si deduce la seguente regola pel calcolo di X.

Si legga A sulla scala inferiore del fisso, e vi si ponga in coincidenza l'origine, o il punto di mezzo, o l'estremo dello scorrevole; poi leggasi N sulla scala superiore dello scorrevole, ed in corrispondenza con esso, su quella del fisso, si avrà X.

Per trovare la regola, con cui determinare il numero delle cifre intere di X, è bene osservare, che il numero di quelle di A, sarà sempre 1, poichè questo metodo, come non si applicherà ad angoli superiori ai 5°,44', così non si potrà applicare ad angoli inferiori ai 0°,34', non potendosi ottenere dal regolo il seno di un angolo al disotto di questo.

Tenuto conto di ciò, dalla seconda serie delle equazioni del regolo, si ha quella che serve pel caso attuale:

$$m = n + 2p' - n' - 1$$

dalla quale si deduce che:

Se in coincidenza con A si pone l'origine della scala dello scorrevole, il numero delle cifre intere di X, sarà eguale al numero di quelle di N, diminuito di 1 unità se questo si legge nella 2ª scala, sottrattevi 4 unità se X cade nella 1ª scala, e 3 se cade nella 2ª; che se, in coincidenza di A, si mette il punto di mezzo o l'estremo della scala dello scorrevole, si dovranno aggiungere ancora 1 o 2 unità.

ESEMPI:

	Col regolo	Colle tavole logaritmiche.
$D = 120{,}50\ \overline{\cos^2} 5^0$	D = 119,557	D = 119,584
$D = 155{,}60\ \overline{\cos^2} 3^0{,}30'$	D = 155,026	D = 155,020
$D = 454{,}00\ \overline{\cos^2} 0^0{,}50'$	D = 453,904	D = 453,904

c) Caso in cui φ abbia piccolo valore.

Questo caso è il più comune nella pratica ed è anche quello pel quale l'uso del regolo presenta la maggiore utilità. Ad esso si riferiscono tutti quei casi in cui il valore di φ è tale, da poter supporre il suo seno proporzionale al numero dei minuti primi che contiene; od a quello dei secondi, quando sia molto piccolo, ed espresso con secondi.

Per la supposizione fatta sarà φ tale da poter prendere

$$\operatorname{sen}\varphi = \varphi' \operatorname{sen} 1'$$

ed allora il valore di X sarà dato dall'equazione

$$X = N\,\overline{\varphi'^2}\,\overline{\operatorname{sen}^2} 1'$$

Nei regoli modificati dal Mannheim, sulle scale superiori del fisso e dello scorrevole, evvi un segno corrispondente alla quantità

$$\frac{1}{\operatorname{sen} 1'} = 3438$$

Si può far segnare questo numero anche nei regoli comuni e trarre partito di esso, per procedere nel seguente modo al calcolo del valore di X.

Da prima si calcolerà

$$X' = N\varphi' \operatorname{sen} 1' \quad \text{poi} \quad X = X'\varphi' \operatorname{sen} 1'$$

trasformandole nelle altre equazioni

$$X' = \varphi'\frac{N}{3438} \quad \text{ed} \quad X = \varphi'\frac{X'}{3438}$$

Dalle due serie delle equazioni del regolo si possono dedurre quelle che servono in tale caso, sia per la determinazione del valore, come del numero delle cifre intere di X. Esse sono le seguenti:

$$M = N\frac{M'}{N'} \qquad m = n + m' - n'$$

dalle quali la regola a seguirsi:

Letti i numeri 3438 ed N sulla scala superiore del fisso, e fatto coincidere con 3438 il numero φ' letto sullo scorrevole, in coincidenza di N si leggerà X'. Di poi leggasi X' sulla scala superiore del fisso, ed in corrispondenza di esso si avrà sullo scorrevole la X cercata.

Il numero delle cifre intere di X sarà eguale alla somma del doppio del numero di quelle di φ' con quelle di N, diminuita di una unità se N si legge nella 2ª scala, aumentata invece di 1 unità se X' nel 1° caso si legge nella 2ª scala e diminuita di 1 unità se vi si legge nel 2° caso, sottrattevi ancora 7 od 8 unità secondochè X cade nella 2ª ovvero nella 1ª scala.

ESEMPI:

	Col regolo.	Colle tavole logaritmiche.
$D = 125{,}60\ \overline{\cos^2} 1^0{,}55'$	D = 125,459	D = 125,459
$D = 263{,}00\ \overline{\cos^2} 1^0{,}20'$	D = 262,857	D = 262,857
$D = 454{,}00\ \overline{\cos^2} 0^0{,}50'$	D = 453,904	D = 453,904

Avvi un altro metodo più semplice, con cui si può pure da una sola posizione dello scorrevole, ottenere il valore di X; solo che questo procedimento non è applicabile, eccezionalmente, per alcuni valori particolari e simultanei di N e di φ. Trasformando l'equazione, da cui si ha X, nell'altra

$$X = N\frac{\varphi'^2}{3438^2}$$

e ricorrendo alla teoria del regolo, si vede come questa sia con esso calcolabile e come servano, a stabilirne le regole relative, le due equazioni

$$N' = N\frac{P'^2}{P^2} \qquad n' = 2(p' - p) + n$$

Per risolverla, si opererà nel seguente modo:

Si legga il numero 3438 nella scala inferiore del fisso, e con esso si faccia coincidere il numero N letto sullo scorrevole, sopra φ', letto nella scala inferiore del fisso, si avrà X sulla scala dello scorrevole.

Il numero delle cifre intere di X, sarà eguale a quello delle cifre intere di N, diminuito di 1 unità se N cade nella 2ª scala, più il doppio del numero delle cifre intere di φ', meno 7 od 8 unità secondochè X si legge nella 2ª ovvero nella 1ª scala.

La quantità 3438 è una costante, che serve per qualsiasi caso, quindi è utile segnarla sulla scala inferiore del fisso.

ESEMPI:

	Col regolo.	Colle tavole logaritmiche.
$D = 125{,}60\ \overline{\cos^2} 1^0{,}55'$	D = 125,459	D = 125,459
$D = 263\ \overline{\cos^2} 1^0{,}20'$	D = 262,857	D = 262,857
$D = 454\ \overline{\cos^2} 0^0{,}50'$	D = 453,904	D = 453,904

Vi sono, come già si è detto, alcuni valori particolari e simultanei di φ' e di N, pei quali non si può con questa regola ottenere il valore di X; poichè letto il numero N sopra al 3438, il numero X, che dovrebbe corrispondere a φ, cade fuori dello scorrevole. Ciò può succedere, quando N ha le prime 3 cifre costituenti un numero compreso, approssimativamente, fra 100 e 118 e φ simultaneamente fra 109 e 100.

I metodi esposti si potranno usare per tutti quei valori di ϕ, pei quali, in relazione all'approssimazione, che si vuole nei calcoli, possa prendersi ϕ' sen 1' per sen ϕ.

Il Mannheim (1) assegna, in generale, per limite al valore di ϕ quello di 3°; ma per il calcolo di X e quindi di D, anche per valori di ϕ superiori ai 3°, si hanno errori al disotto dell'approssimazione richiesta; cosicchè si può tenere, per limite, all'uso di questi metodi, il valore $\phi = 5^{\circ},44'$, poichè in tal caso l'errore risale appena nella quarta cifra decimale.

d) Caso in cui ϕ abbia valore molto piccolo, ed espresso in secondi.

Qualora il valore di ϕ sia molto piccolo e contenga dei secondi, che non si vogliano trascurare, si potrà procedere al calcolo di X con metodi analoghi ai due esposti nel comma precedente, ma si dovrà ridurre l'angolo ad essere espresso in secondi.

Ponendo

$$\operatorname{sen}\phi = \phi'' \operatorname{sen} 1''$$

ed osservando che

$$\frac{1}{\operatorname{sen} 1''} = 206265$$

si trasformerà l'equazione

$$X = N\phi''^2 \overline{\operatorname{sen}}^2 1'' \quad \text{nell'altra} \quad X = N\frac{\phi''^2}{206265^2}$$

Questa equazione si potrà risolverla con uno dei metodi precedenti, sostituendo al numero 3438 il 206265; e, per ottenere il numero delle cifre intere di X, sottraendo, dal numero con quelle regole prima trovate, 11 o 12 unità, invece di 7 od 8, secondochè tanto col primo metodo, quanto usando il secondo, la X viene letta nella 2ª scala, ovvero nella 1ª.

ESEMPIO:

	Col regolo.	Colle tavole logaritmiche.
$D = 454 \overline{\cos}^2 0^{\circ},20',50''$	$D = 453,9007$	$D = 453,9007$

Pel 2° metodo si hanno, anche in questo caso, valori particolari e simultanei di N e di ϕ, pei quali esso non è applicabile ed è facile determinare i limiti entro cui sono compresi.

Questo caso nella pratica non riceve applicazione, poichè si trascurano i minuti secondi nel valore di ϕ e se non vi sono che questi, la differenza fra D ed N è sempre trascurabile.

4. — *Calcolo di* $D = N \overline{\cos}^2 \phi$, *quando* ϕ *è espresso in gradi centesimali.*

La determinazione del valore di D, quando ϕ è espresso in gradi centesimali, non si può ottenere col regolo comune, se non nel caso in cui ϕ abbia valore tale, da potersi prendere ϕ' sen 1' per sen ϕ; ed allora fatta la trasformazione di

$$D = N \overline{\cos}^2 \phi \quad \text{in} \quad D = N - N \overline{\operatorname{sen}}^2 \phi$$

si calcolerà

$$X = N \overline{\operatorname{sen}}^2 \phi$$

con una delle due regole ultimamente esposte, osservando però che $\frac{1}{\operatorname{sen} 1'}$ avrà, in tale caso, per valore il numero 6366. Questo numero, che il Mannheim segna come gli altri ne' suoi regoli sulle scale superiori si dovrà, per sollecitare le operazioni, segnare sulla scala inferiore del fisso, qualora si voglia usare la seconda delle due sopra citate regole. Si osserverà però, che anche in questo caso, quella seconda regola non è sempre applicabile, e che i valori simultanei di N e ϕ, pei quali ciò può succedere, sono compresi fra i limiti approssimati, per N di 100 e 405, e per ϕ di 202 e 100.

(1) *Instruction sur la règle à calcul modifiée, par* M. MANNHEIM. — Paris, Tavernier-Gravet.

ESEMPI:

	Col regolo.	Colle tavole logaritmiche.
$D = 115,50 \overline{\cos}^2 1^{\circ},50'$	$D = 115,435$	$D = 115,435$
$D = 264 \overline{\cos}^2 3^{\circ},80'$	$D = 263,059$	$D = 263,060$
$D = 465 \overline{\cos}^2 6^{\circ},66'$	$D = 459,920$	$D = 459,947$

Il limite, dei valori di ϕ, pel quale possa prendersi ϕ' sen 1' invece di sen ϕ, analogamente a ciò che già si è detto, si può stabilire a circa 7° centesimali per operazioni in cui si richieda molta approssimazione, ma lo si potrà ancora aumentare per le ordinarie di celerimensura.

5. — *Calcolo di* $h = N \operatorname{sen}\phi \cos\phi$.

Il valore di h, noti quelli di N e di ϕ, si può ottenere dalla equazione

$$h = N \operatorname{sen}\phi \cos\phi$$

ed anche, come faceva il Porro, dall'altra

$$h = D \operatorname{tang}\phi$$

dopo aver determinato il valore di D, da quelli di N e di ϕ.

La seconda equazione si può calcolare direttamente, ma la prima è necessario trasformarla nell'altra

$$h = \frac{1}{2} N \operatorname{sen} 2\phi$$

dalla quale si otterrà il valore di h calcolando col regolo la formola

$$N \operatorname{sen} 2\phi$$

e dividendo per metà il risultato.

La prima equazione sarà necessario calcolarla, seguendo metodi diversi a seconda dei valori di ϕ; la seconda invece non si applicherà, che nel caso in cui ϕ abbia grande valore.

a) Caso in cui ϕ abbia grande valore.

Applicando l'equazione

$$h = \frac{1}{2} N \operatorname{sen} 2\phi$$

si otterrà il valore di h con un metodo analogo a quello seguito nel risolvere, pel calcolo di D, l'equazione

$$X' = N \operatorname{sen}\phi$$

Si avrà la regola seguente:

Letto l'angolo 2ϕ nella scala dei seni, alla estremità del regolo, si leggerà N sulla scala superiore del fisso, e sotto ad esso sullo scorrevole si troverà il valore di $2h$. Il numero delle cifre intere di $2h$, sarà eguale al numero di quelle di N, diminuito però di 1 unità se questo vien letto nella 2ª scala.

ESEMPI:

	Col regolo.	Colle tavole logaritmiche.
$h = 98,50 \operatorname{sen} 5^{\circ} \cos 5^{\circ}$	$h = 8,54$	$h = 8,5217$
$h = 123 \operatorname{sen} 7^{\circ},30' \cos 7^{\circ},30'$	$h = 15,90$	$h = 15,9174$
$h = 464 \operatorname{sen} 12^{\circ},10' \cos 12^{\circ},10'$	$h = 95,60$	$h = 95,5943$

Da ciò che si è detto nel calcolo di D quando ϕ aveva grande valore, e dall'osservare che si deve leggere un angolo doppio di esso sulla scala dei seni, si deduce che si potrà applicare il metodo esposto solo per i valori di ϕ compresi fra 2°,52' e 30°.

Considerando la seconda delle due equazioni, dalle quali può ottenersi il valore di h, si vede come la risoluzione di essa sia analoga a quella della prima, solo che l'angolo ϕ si leggerà sulla scala delle tangenti, anzichè su quella dei seni. Il numero delle cifre intere nel valore di h, si otterrà pure colla stessa legge.

ESEMPI:

	Col regolo.	Colle tavole logaritmiche.
$h = 115,50 \operatorname{tang} 6^{\circ},30'$	$h = 13,15$	$h = 13,159$
$h = 265 \operatorname{tang} 12^{\circ},20'$	$h = 57,95$	$h = 57,941$
$h = 435 \operatorname{tang} 15^{\circ},40'$	$h = 122,00$	$h = 121,999$

Il limite minore, sopra al quale si potrà sempre ottenere il valore di h da quella seconda equazione sarà di circa $5^0,42'$, ed il maggiore di 45^0, corrispondente all'estremo della scala delle tangenti.

b) Caso in cui ϕ abbia piccolo valore.

Per valori di ϕ, inferiori ai $2^0,52'$, si potrà supporre

$$\text{sen}\, 2\phi = 2\phi' \,\text{sen}\, 1'$$

e si trasformerà l'equazione

$$h = N \,\text{sen}\,\phi \,.\, \cos\phi$$

nell'altra $h = N\phi' \,\text{sen}\, 1'$ ossia nella equazione

$$h = \frac{N\phi'}{3438}$$

La regola a seguirsi, per calcolare col regolo quest'ultima equazione, sarà la seguente:

Leggasi il numero 3438 sulla scala superiore del fisso, e sotto ad esso si faccia coincidere il numero N, letto sulla scala superiore dello scorrevole. Letto poscia ϕ' sulla scala superiore del fisso, sotto ad esso, sullo scorrevole, si avrà il valore di h.

Il numero delle cifre intere di h sarà eguale al numero di quelle di N, che si leggerà sempre nella prima scala, più il numero di quelle di ϕ', meno 1 unità se questo si legge nella 2^a scala, sottratte da questa somma 3 o 4 unità, secondochè h cade nella 2^a, ovvero nella 1^a scala.

ESEMPI:

	Col regolo.	Colle tavole logaritmiche.
$h = 95{,}50 \,\text{sen}\, 0^0,50' \,.\, \cos 0^0,50'$	$h = 1{,}39$	$h = 1{,}3887$
$h = 125 \,\text{sen}\, 2^0,40' \,.\, \cos 2^0,40'$	$h = 5{,}82$	$h = 5{,}8094$
$h = 450 \,\text{sen}\, 2^0,52' \,.\, \cos 2^0,52'$	$h = 22{,}50$	$h = 22{,}4770$

Se il valore di ϕ sarà molto piccolo ed espresso con secondi, si procederà al calcolo di h nello stesso modo, ma al numero 3438 si sostituirà il 206265; e non si dovranno togliere solo 3 o 4 unità dalla somma di quelle di N e di ϕ'', per avere il numero delle cifre intere di h, bensì 5 o 6, a seconda che h cade nella 2^a, ovvero nella 1^a scala.

Quivi pure è da ripetere ciò che si disse nel calcolo di D, cioè come sia utile, per sollecitare i calcoli, aver segnati i due numeri 3438 e 206265 sulla scala superiore del fisso. Si potrebbero invece segnare su quella superiore dello scorrevole e si otterrebbero gli stessi risultati, solo che quei numeri letti, nel primo caso, sulla scala superiore del fisso, si dovrebbero ora invece leggere su quella dello scorrevole, e viceversa.

6. — *Calcolo di* $h = N \,\text{sen}\phi \,.\, \cos\phi$, *quando* ϕ *è espresso in gradi centesimali.* Se l'angolo ϕ è dato in gradi centesimali, come pel calcolo del valore di D, così per quello di h, non si potrà far uso del regolo comune se non nei casi in cui ϕ abbia valore tale, da poter sostituire al $\text{sen}2\phi$ il $2\phi' \,\text{sen}\, 1'$. Allora, analogamente a ciò che si è detto addietro nell'ultimo caso, si avrà il valore di h dalla equazione:

$$h = \frac{N\phi'}{6366}$$

La regola a seguirsi, è identica a quella colà esposta, solo che il numero 6366 sostituisce il 3438. Sarà pure, per questo caso, utile segnare il numero 6366 sulla scala superiore del fisso o su quella dello scorrevole, lo che si è già detto anche pel calcolo del valore di D.

ESEMPI:

	Col regolo	Colle tavole logaritmiche.
$h = 115{,}50 \,\text{sen}\, 1^0,30' \cos 1^0,30'$	$h = 2{,}36$	$h = 2{,}3477$
$h = 250 \,\text{sen}\, 2^0,70' \cos 2^0,70'$	$h = 10{,}60$	$h = 10{,}5901$
$h = 395 \,\text{sen}\, 3^0,50' \cos 3^0,50'$	$h = 21{,}70$	$h = 21{,}6725$

7. — *Altro modo di calcolare* $h = N \,\text{sen}\,\phi \cos\phi$ *per piccoli valori di* ϕ. Quando l'angolo ϕ ha piccolo valore, sicchè possa prendersi $2\phi \,\text{sen}\, 1'$ per $\text{sen}\, 2\phi$, si può ottenere il valore di h direttamente da quello di X, già calcolato per avere D, poichè dalle due equazioni

$$h = N\phi' \,\text{sen}\, 1' \qquad X = N\overline{\phi'}^2 \,\overline{\text{sen}\, 1'}^2$$

se ne deduce una terza

$$h^2 = XN$$

Per ottenere, col regolo, il valore di h da questa equazione, è necessario distinguere il caso, in cui la somma dei numeri delle cifre intere di X e di N sia un numero pari, da quello in cui sia impari.

Nel primo caso, dalla teoria del regolo, si deduce la seguente regola:

Leggasi N, sulla 1^a scala superiore del fisso, e sotto ad esso si ponga l'origine dello scorrevole, poscia si legga X, sulla 1^a scala inferiore dello scorrevole, e coincidente con esso sulla scala inferiore del fisso si avrà h. Si può pure leggere N sulla 2^a scala superiore del fisso, purchè con esso si faccia coincidere l'estremo dello scorrevole, ed X si legga nella 2^a scala inferiore di questo.

Il numero delle cifre intere di h, sarà eguale alla semisomma dei numeri di quelle di N e di X.

Nel secondo caso, in cui la somma dei numeri delle cifre intere di N e di X è un numero impari, si applicherà una delle seguenti due regole:

Si legga N sulla 1^a scala superiore del fisso, e sotto ad esso si ponga l'origine dello scorrevole; si legga X sulla 2^a scala inferiore dello scorrevole e sotto ad esso, sul fisso, si avrà h.

Il numero delle cifre intere di h, si determinerà diminuendo di 1 unità la somma dei numeri delle cifre intere di X e di N, e dividendola per 2.

Può darsi, cada fuori del regolo, il numero che dovrebbe leggersi sotto ad X; ed allora si userà questa seconda regola:

Si legga N, sulla 1^a scala superiore del fisso, e sotto ad esso si ponga l'estremo dello scorrevole; letto X sulla 2^a scala inferiore di questo, il valore di h si troverà, sotto ad esso, sulla scala inferiore del fisso.

Il numero delle cifre intere di h, si avrà, aggiungendo 1 unità alla somma dei numeri di quelle di N e di X e dividendo per 2.

Questi metodi per calcolare h, dipendentemente dai valori di X e di N, servono tanto se l'angolo ϕ è dato in divisione sessagesimale, come se è dato in divisione centesimale.

ESEMPI:

$h = 95{,}50 \,\text{sen}\, 0^0,50' \cos 0^0,50'$	$X = 0{,}0202$	$h = 1{,}392$
$h = 125 \,\text{sen}\, 2^0,40' \cos 2^0,40'$	$X = 0{,}271$	$h = 5{,}820$
$h = 450 \,\text{sen}\, 2^0,52' \cos 2^0,52'$	$X = 1{,}112$	$h = 22{,}520$

8. — *Regolo modificato dal Mannheim.* Il regolo modificato dal Mannheim ha le due scale sul fisso eguali a quelle dell'antico; ha invece, sullo scorrevole, la scala inferiore modificata ed eguale alla inferiore del fisso, mentre la superiore rimane, come prima, eguale alla superiore del fisso. Nella parte posteriore dello scorrevole, evvi una trasposizione nell'ordine di successione delle scale, poichè quella delle parti eguali è situata nel mezzo, mentre nel regolo comune è l'inferiore; di più le due scale dei seni e delle tangenti procedono in senso inverso, e mentre i seni, si leggono, facendo uscire lo scorrevole dall'estremo delle scale anteriori, le tangenti, si leggono, facendolo uscire dall'origine delle medesime scale.

Unita al regolo vi ha una lastrina metallica, che scorre sulla sua parte anteriore, munita di due piccole appendici, ciascuna delle quali si dispone, sulla linea di contatto, di una delle due coppie di scale. Queste appendici hanno su loro segnata una linea, che determina una normale all'asse longitudinale del regolo, e permette di poter leggere, in una posizione qualunque dello scorrevole, i numeri coincidenti, su di essa, nelle quattro scale anteriori. In tal modo si collegano le letture fatte sulle due scale superiori, con quelle delle due inferiori.

Pel regolo del Mannheim si può applicare la teoria del Benoit, perfezionata dal Sella, e si giungerà, per lo scorrevole aperto dalla parte estrema delle scale anteriori, alle seguenti due serie d'equazioni:

$$\frac{M}{N}=\frac{M'}{N'}=\frac{M}{P^2}=\frac{M'}{P'^2}=\frac{Q^2}{P^2}=\frac{Q'^2}{P'^2}=\frac{Q^2}{N}=\frac{Q'^2}{N'}$$

$$=10^{\frac{2R}{1000}+m-n}=\frac{10^{m-n}}{\operatorname{sen} S}$$

$$m-n=m'-n'=m-2p+1=m'-2p'+1=2(q-p)$$
$$=2(q'-p')=2q-n-1=2q'-n'-1.$$

In esse MM', NN', PP', QQ' sono numeri qualsiansi letti rispettivamente sulla scala superiore del fisso, sulla superiore dello scorrevole, sulla inferiore di questo e sulla inferiore del fisso; e tali che MNPQ, M'N'P'Q' coincidono sulla stessa normale all'asse del regolo. Inoltre *mm'*, *nn'*, *pp'*, *qq'* rappresentano i numeri delle cifre intere di MM', NN', PP', QQ'; ed i primi quattro rappresentano questi numeri diminuiti di 1 unità, se i numeri relativi si leggono nelle seconde scale, diminuiti di 2 unità nel caso, che siano potenze perfette del 10 e lette alla fine delle relative scale; gli ultimi quattro rappresentano i numeri delle cifre intere di PP', QQ', diminuiti di 1 unità, e questi sono potenze perfette del 10 e si leggono alla fine delle loro scale. Finalmente R ed S rappresentano i numeri, che in quella posizione dello scorrevole, si leggono sulle scale delle parti eguali e dei seni, agl'indici segnati all'estremo del regolo nella parte posteriore.

Dalle due serie d'equazioni del regolo sopra scritte, apdare chiaramente, come si possano fare, col regolo del Mannheim, tutte le operazioni che si sono fatte col regolo comune, pel calcolo di D e di *h;* solo che nel caso in cui i numeri, che hanno da coincidere, debbano essere, uno sulle scale inferiori e l'altro sulle superiori, sarà necessario servirsi della lastrina metallica per ottenerne la coincidenza. Così, a cagion d'esempio, pel calcolo del valore di X dato dalla equazione

$$X=N\frac{\overline{\phi'}^2}{3438^2}$$

già fatto addietro col regolo comune, si opererà nel seguente modo:

Si legga il numero 3438 sulla scala inferiore del fisso, e su di esso, si ponga la linea segnata sull'appendice inferiore della lastrina; dappoi si muova lo scorrevole finchè, sotto la linea dell'appendice superiore della lastrina sulla relativa scala di esso, si legga N. Ciò fatto, muovendo la lastrina finchè sotto la linea inferiore si trovi ϕ' letto sul fisso, si avrà, sotto la linea superiore sullo scorrevole, il valore di X. Il numero delle cifre intere di X, si determinerà colla regola esposta, in tale caso, pel regolo comune.

Per usare il regolo del Mannheim nel calcolo di X, col metodo ora accennato, tanto se ϕ è dato in gradi sessagesimali, come centesimali, sarà utile segnare, sulla scala inferiore del fisso, i due numeri 3438 e 6366. Questi due numeri, ed anche l'altro relativo agli angoli ϕ piccolissimi, sono segnati nei regoli del Mannheim, come già si disse, sulle scale superiori del fisso e dello scorrevole; serviranno al calcolo di *h* ed ancora a quello di D, quando lo si debba fare col primo dei metodi esposti pel regolo comune.

Per fare operazioni con questo regolo, su formole ove entrino tangenti di angoli, è necessario aprire lo scorrevole dalla parte ove sono le origini delle scale anteriori, e letto posteriormente all'indice ivi segnato, sulla scala delle tangenti l'angolo, che si considera, la sua tangente centuplicata si leggerà sulla scala superiore del fisso, sopra l'estremo di quella dello scorrevole.

Per introdurre, nella prima serie delle equazioni del regolo, il termine relativo alla tangente, basta osservare, che se K è il numero letto nella scala superiore del fisso, sull'estremo dello scorrevole, aperto all'origine delle scale in modo che sulla scala delle tangenti si legga l'angolo α, sarà

$$\frac{K}{100}=\frac{M}{N}=\operatorname{tang}\alpha$$

Si dovrà poi moltiplicare $\operatorname{tang}\alpha$ per 10^{m-n} affine di ridurre i numeri M ed N qualsiansi ad essere leggibili sul regolo (1) e si avrà

$$\frac{M}{N}=10^{m-n}\operatorname{tang}\alpha.$$

Se si deve determinare la quantità

$$h=D\operatorname{tang}\phi$$

si può tosto, dalla equazione ora trovata, dedurre la regola da seguire.

Si legga ϕ sulla scala delle tangenti, poi D nella scala superiore dello scorrevole e sopra di esso, su quella del fisso, si avrà il valore di *h*.

Il numero delle cifre intere di *h* sarà eguale al numero di quelle di D, od a tale numero diminuito di 1 unità, se D si legge nella 2ª scala.

9. — *Approssimazione, data dal regolo, nel calcolo di* D *e di* h. L'approssimazione, che si ottiene nei calcoli col regolo comune, o con quello modificato dal Mannheim, della lunghezza di $0^m,25$, può ritenersi dall' $\frac{1}{200}$ all' $\frac{1}{300}$ sicchè l'errore cadrà, tutto al più, nella 3ª cifra del risultato di una operazione.

Per determinare quale approssimazione si avrà nei calcoli di D e di *h*, sarà d'uopo osservare quale potrà essere, nei varii casi, il massimo numero delle cifre intere dei valori di X e di *h*.

Dalle regole, colle quali si determinano i valori di X, a seconda di quelli di ϕ, si può dedurre, che in generale per valori di ϕ superiori a $5^0,44'$ e per distanze inferiori a 1000 metri, si avranno 3 cifre intere nel valore di X e l'errore, nel calcolo di esso col regolo, potrà cadere nelle unità, quindi non trascurabile, che in operazioni di poca approssimazione. Che se si considerano distanze inferiori a 500 metri e valori di ϕ inferiori, approssimativamente, a $26^0,30'$, come pure distanze inferiori a 300 metri e valori di ϕ al disotto di 35^0, non si avranno, tutto al più, che 2 cifre intere nel valore di X e quindi si potrà sempre calcolarlo col regolo. Se poi si avranno per ϕ piccoli valori, inferiori a $5^0,44'$, e non si collimerà che a punti a distanze inferiori ai 1000 metri, non si avrà, al massimo, nel valore di X che una sola cifra intera e sarà esso calcolabile col regolo con molta approssimazione. Lo stesso può dirsi, di quest'ultimo caso, quando ϕ è dato in divisione centesimale ed è inferiore ai 7^0, chè solo per valori di esso compresi fra i $6^0,37'$ ed i 7^0 si potranno avere, eccezionalmente, 2 cifre intere nel valore di X, ed anche, in tale caso, si potrà sempre far uso del regolo.

Analogamente pei valori di *h*, quando ϕ supera $5^0,42'$ e D è minore di 1000 metri, si avranno numeri, in generale con tre cifre intere, e non si potranno calcolare col regolo. Ma per distanze inferiori a 500 metri e per valori di ϕ inferiori approssimativamente ad $11^0,40'$, come per distanze inferiori a 300 metri e per valori di ϕ al disotto di $20^0,50'$, non si avranno che 2 cifre intere nel valore di *h* e si potrà calcolare col regolo, in operazioni ove non sia richiesta grande approssimazione, come ad esempio, in progetti di massima; poichè si potrà avere errore nella 1ª cifra decimale. Che se poi si considereranno distanze inferiori a 500, 300 e 100 metri e corrispondentemente valori di ϕ inferiori, approssimativamente, ad $1^0,8'$, $1^0,54'$, $5^0,42'$, non si avrà nel valore di *h* che una cifra intera e lo si potrà sempre calcolare col regolo.

---

(1) V. Teoria del Sella sul regolo comune.

Ciò che in ultimo si è detto per ϕ espresso in gradi sessagesimali, può ripetersi per ϕ espresso in gradi centesimali, osservando però, che il valore di esso sia tale, in relazione all'approssimazione che si vuole nei calcoli, da poter prendere $2\phi' \operatorname{sen} 1'$ per $\operatorname{sen} 2\phi$; poichè senza questa sostituzione non si può usare il regolo nei calcoli in cui i valori degli angoli sono espressi in gradi centesimali.

Bologna, 15 novembre 1879.

F. Cavani.

STUDIO DEI PROGETTI

DELLA LUNGHEZZA VIRTUALE DELLE FERROVIE

Da un articolo dell'ingegnere I. MELAN, pubblicato nella « Wochenschrift » dell'Associazione degl'Ingegneri ed Architetti di Vienna. Anno 1879, N. 19, pag. 20.

Quando due ferrovie in concorrenza, già esistenti o da costruirsi, si vogliano paragonare relativamente al loro valore tecnico e commerciale, trascurando gli altri fattori, bisogna tener conto, oltre della spesa di costruzione, anche di quella annuale di esercizio. Ora quest'ultima deve determinarsi avendo riguardo alle pendenze ed alle curvature della linea; deve poi capitalizzarsi e quindi aggiungersi alla spesa di costruzione, onde avere le cifre pel paragone.

Ma la difficoltà sta appunto nella determinazione numerica di questa spesa annuale d'esercizio. Se non che all'ingegnere progettista non occorre conoscere esattamente il valore numerico di tale spesa; per formarsi un pronto criterio dell'utilità di una linea sull'altra, gli basta avere un termine di paragone tra le varianti; e tale è la *lunghezza virtuale.*

La lunghezza virtuale d'una ferrovia è quella che si ottiene determinando la lunghezza di una linea ideale, retta ed orizzontale, sulla quale pel trasporto di un dato peso si dovrebbe sviluppare la medesima quantità di lavoro che effettivamente si svilupperà sulla linea reale in relazione alle sue pendenze e curvature. Pel paragone di due linee si ha quindi un apprezzamento assai valido nel confronto delle rispettive lunghezze virtuali.

Per la determinazione della lunghezza virtuale, il Ghega ha dato la seguente formola, che è stata applicata per la ferrovia Baltimore-Ohio,

$$l_v = \left(1 + \frac{280}{n}\right) l + 382,8 . z$$

nella quale

l è la lunghezza effettiva in metri del tratto di ferrovia che si considera,

l_v quella virtuale,

$\frac{1}{n}$ il rapporto fra l'altezza da superarsi e la lunghezza della linea,

z la lunghezza delle circonferenze cui sommano tutte le svolte.

Le obbiezioni che si possono fare contro la suddetta formola semplicissima, sono le seguenti:

1) La lunghezza virtuale dipenderebbe solamente dall'altezza da superarsi, ciò che non è esatto, non essendo indifferente per l'esercizio, se una data altezza si raggiunge con pendenza costante oppure con pendenze massime e minime.

2) Gli esperimenti recenti non hanno confermato il coefficiente $^1/_{280}$.

3) Non è esatto ammettere che la resistenza nei tratti in curva sia del tutto inversamente proporzionale al raggio di curvatura, come suppone la formola.

Le ferrovie governative prussiane ed anche la I. R. Ispezione generale applicano la formola:

$$l_v = \sqrt{l^2 + (280)\, h^2}.$$

Il signor Melan trova le formole seguenti:

In salita

$$(1) \qquad \frac{l_v}{l} = \frac{3,15 + \left(m + \frac{1}{\alpha R}\right)}{3,15 - 0,04\left(m + \frac{1}{\alpha R}\right)}.$$

In discesa

$$(2) \qquad l_v = \left\{1 - 0,1615\left(m - \frac{1}{\alpha R}\right)\right\} l.$$

Per discese maggiori del 3,33 $^0/_{00}$ si riterrà l_v costantemente uguale a 0,4622 l.

Nelle formole (1) e (2) R indica il raggio della curva espressa in chilometri,

m la pendenza per $^0/_{00}$,

α un coefficiente numerico,

l la lunghezza del tratto di ferrovia che si considera.

Per l'applicazione pratica bisogna sostituire nelle formole i valori numerici di $\frac{1}{\alpha R}$, ovvero la pendenza fittizia equivalente alla curvatura. Ciò si ottiene dalla seguente tabella estratta da un opuscolo di Lindner.

Raggio metri	Equivalente pendenza $^0/_{00}$	Raggio metri	Equivalente pendenza $^0/_{00}$
150	5,52	600	1,16
180	4,54	700	0,86
200	4,07	800	0,76
250	3,19	900	0,67
300	2,68	1000	0,44
350	2,26	1100	0,42
400	1,96	1200	0,38
450	1,72	1400	0,36
500	1,38	1600	0,29
550	1,25	2000	0,26

Per un tratto di ferrovia in curva bisogna aumentare la pendenza della quantità corrispondente al suo raggio di curvatura; il qual valore si ricava dalla precedente tabella. Per trovare in un caso concreto la lunghezza virtuale di una linea occorre applicare ai singoli tratti di diversa pendenza e curvatura, rispettivamente le due suddette formole, e far poi la somma dei valori di l_v da esse ricavati. Se il transito sulla ferrovia è il medesimo in ambedue i sensi, bisogna prendere la media delle due lunghezze virtuali calcolate per le due direzioni di transito.

Esempio.

LINEA	Lunghezza della ferrovia	Lunghezza virtuale Vienna-Bruenn	Lunghezza virtuale Bruenn-Vienna	Lunghezza virtuale media	Coefficiente virtuale medio
Ferrovia del Nord Vienna-Bruenn	142,54	164,83	147,23	156,03	1,0946
Ferrovia Govern. Vienna-Bruenn	156,73	316,23	310,48	313,36	1,9811

(Atti del Collegio degli Ingegneri di Napoli).

F. O.

ECONOMIA FERROVIARIA

CENNI SULLA BASE PRINCIPALE DELL'ECONOMIA FERROVIARIA.

I.

Studi e proposte dell'Ing. Agazzi.

1. — Un recente numero del *Giornale dei Lavori Pubblici* (anno 1879, n. 48) contiene sotto il titolo: *Cenni sulla base principale dell'economia ferroviaria*, un notevole studio nel quale l'egregio prof. cav. Saverio Agazzi, Capo-servizio del materiale e della trazione nelle Ferrovie Romane, prende a discutere l'arduo quesito che il Governo si è proposto di risolvere per le nuove Costruzioni ferroviarie; stabilire cioè *le particolarità dei sistemi più economici di costruzione e di esercizio, e le norme di massima per una corrispondente economia del materiale rotabile.*

Il nome dell'ingegnere Agazzi è così favorevolmente noto e così caro agli ingegneri, a quelli particolarmente della Scuola di Applicazione di Torino, e la sua autorità in tale materia è così apprezzata, da dispensarci da ogni parola al riguardo, e da permetterci di incominciare con un esame del prelodato scritto; nel quale, ci si affaccia di nuovo il cosidetto problema delle *Ferrovie economiche*, intorno a cui si ha tanta molteplicità, e pur troppo tanta disparità, di pareri anche tra gli uomini più eminenti.

2. — L'ing. Agazzi, che siamo dolenti di poter solo seguire in riassunto, ma a cui terremo dietro fedelmente in questo primo capitolo della nostra esposizione, comincia dal ricordare i lavori in tale materia apprezzatissimi dell'Ispettore Biglia (1867 e 1871), dell'ing. Moreno (1872) e dell'ing. A. Rivera (1878). A codesti studiosi anche noi di buon grado ci dichiariamo grati per utilissimi insegnamenti, e siamo lieti di poter ora aggiungere ad essi i diligenti lavori della Commissione Governativa, che l'on. Ministro Baccarini nella sua lodevole sollecitudine per l'esecuzione della legge sulle nuove costruzioni, istituiva con deliberazione del 25 agosto 1879 (1).

Secondo tali studii, i caratteri per cui le ferrovie primarie si distinguono da quelle d'ordine minore o dalle cosidette ferrovie economiche, sono principalmente due:

1° La larghezza del binario.
2° La velocità di corsa dei treni.

Ne vennero quindi due scuole estreme. L'una propugna in modo deciso l'abbandono per le ferrovie economiche del binario normale (m. 1.445) e la conseguente adozione di *un binario ridotto*. A questa scuola appartiene recisamente l'ing. Moreno, che sostiene con grande maestria la tesi: *Non eservi altre ferrovie economiche per costruzione e per esercizio fuor di quelle a binario ridotto*. Quindi per l'ing. Moreno « il solo mezzo di limitare le spese di costruzione e di esercizio di una ferrovia il cui prodotto sia almeno per molti anni, forzatamente molto tenue, è di ridurre largamente la distanza fra le rotaie ». Questa scuola ha trovato fautori recisi e numerosi in ogni parte del mondo.

Al contrario la seconda scuola mantiene ferma anche per le ferrovie d'ordine minore la larghezza del binario normale, e ne cerca l'economia nel limitare la *velocità massima di corsa* dei treni. Tra i fautori di questa scuola illustrata dal Biglia, si schiera in modo reciso e franco l'ing. Agazzi.

Seguiamo le ragioni da lui addotte.

L'egregio ingegnere risalendo all'origine delle ferrovie dalle strade a guide in uso nelle miniere, nota come due siano le grandi cause che hanno fatto delle ferrovie il mezzo di comunicazione per eccellenza: la considerevole *diminuzione della resistenza*, e l'enorme *aumento della potenza* dei trasporti. Una volta costrutte le linee principali, bisogna applicare codesti due principii alla creazione delle ferrovie minori.

Or bene, osserva l'ing. Agazzi, dei due grandi fattori della potenza delle ferrovie, sopra menzionati, uno è *costante:* la sostituzione dell'attrito fra ferro e ferro a quello fra ferro e terreno: ma l'altro, la potenza del motore, è *variabile* fra estesissimi limiti. È di questa variabilità sopratutto che conviene trar partito per proporzionare anche nelle ferrovie i mezzi al fine, *prima di portare alterazione nella larghezza del binario.*

« Ora la potenza del motore si manifesta sotto due aspetti nelle strade ferrate, e cioè nella *gravità del carico* o nella *velocità*. La gravità del carico è per ciascuna linea dipendente dalle speciali sue condizioni e dobbiamo desiderare che sia di una certa entità, altrimenti sarebbe assai meglio non fare ferrovie e contentarsi degli ordinarii mezzi di comunicazione. Ma la velocità dipende proprio unicamente da noi di limitarla e farla proporzionata alla quantità di movimento, che è quanto dire al rendimento di ciascuna linea.

« La più semplice espressione delle ferrovie economiche è pertanto quella a motori animali, in cui si utilizza uno solo dei due grandi fattori sopra menzionati (non parlo delle locomotive stradali che non hanno fatto fortuna, ed è ben naturale, perchè non conviene aumentare grandemente la potenza del motore per impiegarne buona parte nel vincere le resistenze della strada), oppure anche una ferrovia con motore a vapore che corra alla stessa velocità degli animali trasportando però tanto maggiore peso quanto maggiore sia la sua potenza in confronto dei medesimi.

« Fra una tale ferrovia, la più economica, e quelle su cui si corre a 60, 80 e perfino a 120 chilometri l'ora, vi è una scala di ferrovie indubbiamente tanto più costose, per importanza e di corpo stradale e di armamento e di materiale, quanto più aumenta la velocità indipendentemente dalla larghezza del binario e non si tratta che di scegliere, per le linee da costruirsi, quale velocità massima di convogli loro meglio si competa a seconda della quantità di movimento cui dovranno dare sfogo ». Per ultimo la riduzione della velocità entro ristretti limiti permetterà di utilizzare, a favore delle linee in progetto, le strade ordinarie già esistenti e quelle di cui l'on. Ministro dei Lavori Pubblici sta con lodevole sollecitudine e molta energia promovendo la costruzione.

« Sono quindi del parere — così prosegue l'ing. Agazzi — che per le linee secondarie da costruirsi, linee d'interesse affatto locale, debbano adottarsi pei convogli velocità di corsa non mai superiori a 30 chilometri l'ora, e tanto più al dissotto di questo limite quanto minore sia l'importanza del movimento presumibile sulle linee stesse. E siccome la velocità è rappresentata nel motore ferroviario dal diametro delle ruote cui è trasmessa la forza motrice, così alla tesi del mio buon amico e collega Moreno: *se volete ferrovie economiche, riducete la larghezza del binario*, bisogna sostituirne un'altra e dire: *Chi vuol fare ferrovie economiche cominci dal ridurre il diametro delle ruote motrici delle locomotive* ».

3. — Ciò malgrado l'ing. Agazzi non ripugna assolutamente dalle ferrovie a binario più ristretto del normale, anzi riconosce che « si possono dare certamente dei casi speciali di ferrovie distaccate dalle reti principali, massime se attraversano terreni difficili e alpestri, e non si possano altrimenti utilizzare le strade ordinarie, dei casi..... in cui convenga aggiungere a tutte le altre economie che si possono ottenere colla riduzione della velocità, anche quella che senza dubbio si deve ricavare dalla diminuzione della larghezza del binario ». Ma all'infuori di essi crede « non convenga rinunciare ai grandi ed incontestabili vantaggi della unità di calibro del binario e del materiale ». Anzi è di avviso che sulle stesse ferrovie a binario ridotto la causa precipua delle economie sia la riduzione stessa della velocità di corsa.

Contro il materiale delle ferrovie a sezione ridotta stanno, come bene osserva l'ing. Agazzi, due grandi obbiezioni: il *trasbordo* delle merci alle stazioni di congiungimento, e la sua *minore attitudine* alla industria dei trasporti in confronto del materiale delle ferrovie ordinarie.

Il trasbordo si risolve in una *spesa*, nel calcolare la quale non basta tener conto del costo dell'operazione di scarico e ca-

(1) Codesta Commissione era composta dell'on. Ministro Baccarini, *Presidente;* dei comm.: on. Valsecchi, C. Ponzo, A. Ferrucci, G. Imperatori, G. Borgnini, Ispettori del Genio Civile; dell'on. G. Corvetto, colonnello; del comm. F. Giordano, Ispettore delle Miniere; dei cav. ing.: F. Mantegazza, G. Lanino, S. Agazzi, Capi-servizio all'Alta Italia, alle Meridionali ed alle Romane; degli ing. comm.: C. Cigliano, A. Rivera; e cav.: V. Soldati, E. Olivieri; e dei segretarii cav. ing.: M. Saccardo e C. Rota, tutti due del Genio Civile.

Nella sua dotta Relazione, pubblicata dal Ministero dei Lavori Pubblici in un volume di *Disposizioni e studii sulla esecuzione della legge 29 luglio 1879*, la Commissione classifica le linee a costruirsi determinando in modo pratico e preciso le norme meglio dirette alla economia della costruzione e dell'esercizio di ciascuna classe di ferrovie. Alla relazione generale tengono dietro le relazioni delle quattro Sotto-Commissioni nelle quali si suddivise la Commissione per gli studii parziali.

Questo lavoro dotto e conscienzioso non ci giunse che quando il presente scritto era in massima parte compilato, quindi non abbiamo potuto farne che un cenno fugace qua e là.

La Commissione a cui l'ing. Agazzi aveva presentata la memoria che stiamo esaminando, la pubblicò nei suoi allegati, tanto più ch'essa era stata presa in ispeciale considerazione dalla Sotto-Commissione del materiale fisso e mobile.

rico, ma più ancora di una perdita di « *tempo* che è eminentemente *danaro* sia per il materiale, che deve di necessità esser più numeroso, perchè isolato e meno bene utilizzato, con aumento del capitale d'impianto » sia per i ritardi, le avarie ed i disperdimenti cui va soggetta la merce.

La minore attitudine al trasporto è prodotta dalla *minore larghezza* di ogni specie di veicoli. Ma potendosi di poco ridurre l'altezza del veicolo, sopratuttto delle vetture, ne viene pure per conseguenza una *minore stabilità*. « È poi fuori di dubbio che il peso morto dei treni e il numero degli assi da rimorchiare per un egual numero di viaggiatori e la stessa quantità di merci è maggiore, a parità di ogni altra circostanza, nelle ferrovie a sezione ridotta che nelle ordinarie ».

4. — Per queste ed altre ragioni l'ing. Agazzi (in ciò confortato da alcune *Considerazioni* dell'egregio cav. Angelo Milesi sulla ferrovia Bergamo-Vertova) è d'avviso che dei due fattori d'economia, consistenti nella riduzione della *larghezza del binario* e della *velocità di corsa*, si debba anzitutto ed in modo principale, ricorrere a quest'ultimo. Quindi propone per le nuove linee, qualunque ne sia la larghezza del binario « *locomotive-tenders* con ruote tutte motrici di diametro non mai maggiore di un metro ed a tre assi, oppure a due soli, secondo la maggiore o minore entità dei trasporti che vi si dovranno effettuare ».

L'adozione di cotali locomotive-tenders, congiunta alla diminuzione della velocità a non più di 30 chilometri l'ora, secondo l'ing. Agazzi trarrà seco non poche economie che ne saranno la conseguenza o l'accompagnamento. Così si economizzerà:

a) *Nella costruzione*: coll'utilizzare quanto più sia possibile le *strade ordinarie*, coll'adottare *curve ristrette* od anche *forti salite:* coll'eseguire il più economicamente che sia possibile il corpo stradale, l'inghiaiamento, le opere d'arte specialmente metalliche, ecc. Le locomotive a tre assi con una base rigida massima di m. 2.60 passeranno senza difficoltà in curve di 200 od anche di 150 m. di raggio, e le altre a due assi e con base rigida di 2 m., in curve di 120 od anche di 90 m.

b) *Nell'armamento:* coll'adottare *rotaie di acciaio di 26 a 28 chilogr.* per metro corrente, dacchè si potrà stabilire a non più di 10 tonn. il peso su ciascun asse delle locomotive proposte.

c) *Nel materiale mobile:* per le *vetture da viaggiatori* facendo opportunamente uso dell'acciaio e del ferro si potrà costruirle tali da poter trasportare almeno *sei viaggiatori per ogni tonnellata* di peso delle medesime: pei *carri da merci* facendoli di portata almeno *doppia del loro peso*. Sarà bene limitare il peso dell'une e degli altri a 4 tonn. o poco più.

d) *Nell'esercizio:* coll'aumentare il *peso utile* dei treni in confronto di quello morto: col rendere minore il *deperimento* della linea, delle locomotive e dei veicoli: col diminuire il *consumo* del combustibile e delle altre materie occorrenti sia per la trazione che per le riparazioni: col rendere meno numeroso il *personale* necessario lungo la linea e nelle stazioni.

Oltre all'aumentare il peso utile del treno col diminuire quello della locomotiva, delle vetture e dei carri, « quanto alle vetture si potrebbe, trattandosi di ferrovie secondarie, fare anche una altra notevole economia riducendo a due sole le classi dei viaggiatori » tanto più che « nei nostri treni-omnibus e misti le carrozze di prima classe viaggiano per lo più vuote o quasi vuote ».

Ciò posto, e dopo avere espresso il desiderio che un tale sistema giudiziosamente applicato in Italia, ci porti col tempo ad effettuare non lievi economie sull'esercizio anche di talune delle linee già esistenti, l'ing. Agazzi così conchiude:

« Sia dunque prima e principale base della nostra economia ferroviaria la locomotiva con piccole ruote e passo corto....

« Sarà questo l'unico modo di evitare l'inconveniente cui accenna il signor ingegnere Biglia nella già menzionata sua seconda relazione (pag. 72-73) colle seguenti parole: « Non giova » il dire che può farsi molto economicamente una linea a lar- » ghezza ordinaria: questo è vero, ma io penso che sarà sempre » impossibile l'esercitarla con poca spesa perchè, facendo capo » ad una linea principale, sarà sempre tosto o tardi, esercitata » collo stesso materiale di questa, collo stesso personale, colle » stesse idee e perfino cogli stessi pregiudizii » e di provare invece che coi fermi propositi e colla forte volontà, le nazioni ed i governi, come le persone sanno trarre profitto dalle lezioni dell'esperienza, e giungono a spogliarsi, anche in materia ferroviaria, dei vecchi pregiudizii ed a meglio proporzionare i mezzi al fine.

« Quando poi tutte le suaccennate economie non basteranno a rendere finanziariamente possibile una ferrovia, allora, ma allora soltanto, penseremo se sia il caso di ridurre anche la larghezza del binario. Ma, devo confessarlo, faccio voti onde non ci accada spesso di ricorrere ad un rimedio così eroico, come quello che tocca una parte troppo vitale delle ferrovie, la base della *stabilità* e della *capacità* di trasporto e di circolazione ».

5. — Fin qui l'ingegnere Agazzi. — I nostri lettori converranno con noi che in questi momenti in cui si agita a fondo in Italia l'intiera questione ferroviaria non ci era possibile lasciar passare sotto silenzio una manifestazione così autorevole per la persona, così importante per l'argomento, così ricca di giudizî ponderati e precisi.

La tesi abilmente propugnata dall'ingegnere Agazzi per riguardo all'economia delle ferrovie minori si divide naturalmente in due parti: l'una riflette la *costruzione* e l'altra l'*esercizio*. Nella prima ei combatte come regola generale l'applicazione del *binario ridotto* e vuole che si utilizzino il più che sia possibile le *strade ordinarie*. Nella seconda propone di ridurre ad un tempo la *gravità del carico* e la *velocità*, e sopratutto quest'ultima, che restringe entro il limite massimo di 30 chilom. l'ora. Adunque codeste proposte toccando ad un tempo e la costruzione e l'esercizio riguardano l'intiera economia dell'esistenza d'una ferrovia.

II.

Il problema economico delle ferrovie in Italia.

6. — Premettiamo anzitutto che il problema tanto opportunamente sollevato dall'ing. Agazzi, riferendosi alla *base principale* dell'economia ferroviaria, è così fondamentale, che siamo anche noi d'avviso che si debba allargarne i termini in modo da abbracciarvi non solo le nuove linee a costruirsi, ma anche quelle già esistenti. Le une e le altre sono destinate a formare un solo tutto, questa rete italiana che ci costò tanti sacrificii ed a cui sono collegati i nomi di tanti uomini di Stato e di tanti ingegneri illustri.

In Italia, noi abbiamo già un po' più di 8300 chilometri di ferrovie, che costarono alla nazione circa due miliardi e mezzo e che dànno a mala pena un prodotto netto che s'accosta a circa 45 milioni, e che non ci rappresenta che un interesse di L. 1,80 per cento del costo totale d'impianto. Oltre a ciò due intiere reti, la Calabro-Sicula e la Sarda hanno prodotti inferiori alle stesse spese di esercizio, il che pur troppo avviene anche di varie linee secondarie delle altre reti più floride. Codesto stato di cose andrà peggiorando colle nuove costruzioni colle quali il Parlamento ha voluto apportare gli incalcolabili benefizii economici e sociali delle ferrovie anche alle parti della Penisola che finora ne erano diseredate. Qual valore non ha dunque per noi lo studio dell'economia della costruzione e dell'esercizio delle ferrovie, sopratutto in questi momenti in cui l'intiera nazione fu chiamata a sancire quasi con plebiscito economico, la sorte delle sue reti?

E dacchè ho avuto la fortuna di potere da qualche anno in qua seguire, come semplice spettatore, le vicende dell'economia ferroviaria in paese ed all'estero, mi consenta l'egregio ingegnere Agazzi di portar anch'io, quasi ad adempimento di un dovere, il mio modesto contributo allo studio di un problema a cui l'intiero paese ha rivolto gli sguardi e di prender parte, come gregario, a quella lotta scientifica in cui l'ing. Agazzi ha meritamente acquistato l'onore ed il grado di capitano. Ne trarrò così occasione di riandare, per sommi capi e colla scorta dei migliori maestri, quelli che a me paiono i principii fondamentali dell'economia della *costruzione* e dell'*esercizio*, con particolare riguardo alla questione delle così dette *Ferrovie Economiche* intorno a cui si ha tanta molteplicità e discrepanza di pareri appunto perchè di rado o quasi mai, il problema fu posto in termini generali, veri e precisi.

7. — Come ben disse l'egregio commendatore Massa, nelle ferrovie abbiamo attualmente due caratteri distinti: quello di *servizio pubblico* e quello di grande *industria dei trasporti*. Quindi, secondo noi, l'economia ferroviaria, nel suo senso primo ed ampio, deve considerare le ferrovie sotto ambidue codesti importanti aspetti, cercare anzi il miglior modo di conciliare le esigenze dell'uno e dell'altro: studiare in una parola il difficile problema di quella complessità di rapporti che corrono tra le ferrovie e la economia dei popoli e degli Stati.

Presa invece nel senso ristretto nel quale dobbiamo noi qui considerarla, l'economia ferroviaria pure presupponendo nelle ferrovie il carattere di servizio pubblico, e accettando le conseguenze di un tal fatto, le studia principalmente sotto il punto di vista industriale, come grande impresa di trasporti. Sotto questo aspetto le ferrovie cadono anch'esse sotto le norme che governano la produzione industriale in genere: quindi l'esercente di ferrovie, al pari dell'imprenditore di industrie, tende al massimo *profitto netto*, quale è dato dalla massima differenza tra il reddito o *provento lordo* ed il costo di produzione ossia il *costo del trasporto*, giacchè in questo caso produrre vuol dire trasportare.

Nel servizio delle ferrovie, come nella produzione industriale,

oltre l'opera direttrice dell'uomo, dobbiamo considerare due elementi: il *capitale fisso* che serve ad una serie continua di atti produttivi e che quindi è solo rappresentato dalla relativa quota d'interesse e d'amortizzazione: ed il *capitale circolante* che vien consumato in ciascun atto produttivo. Nelle ferrovie il capitale fisso ci è dato dalle spese di costruzione, d'armamento, di materiale mobile, quindi supera notevolmente, (secondo alcuni nella ragione di 28 ad 1) il capitale circolante che consiste nel salario del personale, nel costo del combustibile, delle materie lubricanti, ecc. consumate, e nella spesa cagionata dal logorio del materiale fisso e mobile. L'assumersi che fa lo Stato, per ragioni d'interesse pubblico, una parte considerevole del capitale fisso d'una linea, se accentua il carattere di servizio pubblico delle ferrovie, non ne perturba quello industriale: la ferrovia diventa un'industria sovvenzionata dalla Nazione, il che rappresenta per l'esercente un minor costo di produzione o trasporto, che deve tradursi in un minor prezzo o tariffa per il pubblico.

Siccome poi nell'esistenza di una ferrovia dobbiamo distinguere gli studi preliminari che ne determinano l'impianto dai modi di costruzione e d'esercizio, così è naturale che l'*economia dell'impianto* preceda l'*economia della costruzione*, e questa l'*economia dell'esercizio*, per quanto l'una si connetta all'altra.

III.

Economia dell'impianto.

Sistema intensivo e sistema estensivo.

8. — L'ECONOMIA DELL'IMPIANTO vuole che in ciascun paese si adotti quel sistema di ferrovie che più di ogni altro risponde alle condizioni di tempo e di luogo in guisa da costituirvi il miglior adattamento del mezzo al fine. Adunque essa consiste in quel complesso di studii preliminari i quali hanno per oggetto di determinare da una parte quale sia per una data linea la massa del traffico o del prodotto lordo presumibile, dall'altra quale sia il costo del trasporto sulla linea stessa, a fine di trovare nella correlazione tra il prodotto lordo ed il costo del trasporto quel punto a cui è massimo il profitto netto.

Di qui già si scorge che l'impianto di un sistema di ferrovie od anche di una sola linea, ci si presenta nei suoi stessi primordii sotto un duplice aspetto economico: l'uno d'ordine *amministrativo* che in base all'andamento di una linea ne ricerca la massa del traffico (quantità moltiplicata per la distanza): l'altro d'ordine *tecnico* che determina il costo del trasporto a seconda delle spese di costruzione e d'esercizio.

Quindi la distinzione abilmente propugnata alla Camera dagli onorevoli Baccarini e Grimaldi tra l'*andamento* d'una ferrovia ed il suo *tracciato:* nell'uno prevalgono i criterii amministrativi, nell'altro i criterii tecnici: il primo è questione di geografia commerciale o politica, il secondo è materia di topografia. Insistiamo su questa distinzione tra il duplice aspetto amministrativo e tecnico delle ferrovie, perchè la riscontreremo in tutte le fasi successive dell'esistenza della ferrovia, sotto il quale nome intendiamo non solo una linea, ma anche un sistema od una rete di linee.

Considerati nel loro insieme, i varii sistemi di ferrovie si ripartiscono in due classi: *sistema intensivo* e *sistema estensivo*. Una rete ha carattere intensivo quando a guisa di fiume si dirama e si suddivide dai centri primarii fino ai punti minori, come avviene nei paesi ricchi e popolosi. Il carattere estensivo si riscontra nei paesi ove è lento lo sviluppo economico e sottile la popolazione, e vi dà luogo a poche e grandi arterie ferroviarie senza le diramazioni minori.

9. — Nell'ANDAMENTO il sistema intensivo tende ad accorciare di quanto è possibile la distanza tra i punti estremi della linea. In astratto l'andamento economico il più perfetto sarebbe la retta geometrica tra le stazioni di testa della linea: in pratica esso ci è dato da quella linea che colla minore deviazione dalla retta comprende nel suo raggio d'azione il maggior numero di centri di traffico. Essa si risolve per lo più in quella linea mediana che divide la regione da essa attraversata in modo che siano uguali le masse di traffico che vengono a trovarsi a destra e sinistra della ferrovia.

Nei primordii dell'impianto d'una rete l'unione indiretta fra due punti estremi è più frequente di quella diretta: quindi le reti giunte ad un certo grado di sviluppo presentano all'aspetto un complesso di grandi poligoni irregolari di un numero considerevole di lati. Coll'ampliarsi della rete e quindi col crescere delle distanze, collo sviluppo del traffico e col passaggio di un sistema di ferrovie ad un grado più intensivo cresce l'importanza della diagonale che accorci la distanza tra i due vertici opposti del poligono e che renda più diretta l'unione tra i centri primarii della rete. Quindi l'economia dell'andamento esige che, tenuto conto del grado più o meno intensivo di ciascun sistema di ferrovie, *ogni linea tanto più tenda ad accostarsi alla retta, quanto è superiore la classe a cui appartiene in ragione dell'importanza del suo traffico.*

10. — Nella COSTRUZIONE il sistema intensivo ha per caratteri la maggiore ampiezza e solidità del corpo stradale; l'abbandono di forti pendenze, di curve ristrette e di passaggi a livello e la sostituzione di grandi movimenti di terra, di trafori e di viadotti: la sostituzione dell'acciaio al ferro o del ferro al legno nell'armamento, nel materiale mobile, nella sovrastruttura, nei viadotti, nei ponti, ecc.: la muratura od il ferro che occupa il posto del legno nelle stazioni, nei magazzini, nelle tettoie, rimesse, ecc. Tutto ciò importa l'impiego di un vasto capitale fisso, con futuro risparmio nella mano d'opera. Ed è perciò che il sistema intensivo trova la sua sede naturale nei paesi ove è tenue il saggio dell'interesse in rapporto a quello del salario, e dove la frequenza e la velocità delle corse rappresentano un fattore importante: mentre il sistema estensivo trova sede nei paesi ove è inverso il rapporto tra *capitale* e *lavoro*.

Il sistema intensivo predomina nella parte occidentale d'Europa, con grado sempre più crescente a misura che dal sud ci avanziamo verso il nord-ovest, e raggiunge il suo punto massimo nell'Inghilterra: il sistema estensivo lo incontriamo nelle vaste e spopolate regioni dell'Europa orientale. Le ferrovie d'America furono già illustrate dal von Weber come tipo per eccellenza del sistema estensivo: ma il rapido sviluppo economico ha già dato un carattere intensivo a molte ferrovie degli Stati Uniti dell'Est e del centro, mentre quello estensivo predomina ancora nell'Ovest; come risulta dagli studii recenti del Pontzen, del Kupka, del Bartels, del Galton ed anche del nostro ing. Dogliotti, capo-divisione alle ferrovie dell'Alta Italia.

11. — SISTEMI ECONOMICI. — Abbiamo già dunque un primo cardine su cui poggiare la questione tanto dibattuta delle *ferrovie economiche*. Nel senso ampio e primo di questa espressione, sono ferrovie economiche per ciascuno Stato quelle che meglio rispondono al grado di sviluppo economico (intensivo od estensivo) del paese cui servono.

Le linee italiane sono per noi ferrovie economiche in confronto di quello che lo sarebbero le inglesi destinate ad un paese che trovasi ad un grado più intensivo di vita economica. Quindi ne derivano i due grandiosi concetti del von Weber: quello della *individuazione* delle ferrovie secondo le condizioni di luogo e di tempo, e quello della loro *perfettibilità* o successivo miglioramento di pari passo col progredire della ricchezza e dei bisogni delle regioni attraversate.

12. CLASSIFICAZIONE DELLE FERROVIE. — L'individuazione delle ferrovie non vuol essere fatta soltanto tra paese e paese, ma anche entro i confini di uno stesso Stato a cagione del differente grado di importanza politica od economica dei singoli centri o delle singole regioni. Ed anche qui abbiamo un criterio *amministrativo* che precede quello *tecnico:* il primo determina secondo le condizioni di tempo e di luogo l'importanza e lo scopo di ciascuna linea: il secondo ne proporziona la costruzione al fine. Quindi il concetto amministrativo ci conduce anzitutto alla *classificazione* delle linee di ciascuno Stato, come quella che deve precederne la concessione, o la costruzione, se trattasi di ferrovie costruite dallo Stato. In ciò concordano i principali maestri della economia ferroviaria, sopratutto della Germania, quali il Wagner, il Weber, il Waldegg, e l'ultimo di tutti il Sax. A tale principio conformasi pure, come più oltre mostreremo, la recente pratica ferroviaria italiana.

Tra i varii sistemi di *classificazione delle ferrovie* crediamo che il più razionale sia quello adottato dal Wagner e dal Sax, secondo cui le ferrovie di ciascuno Stato a sistema intensivo, si ripartiscono in:

1° Linee primarie;
2° Linee secondarie;
3° Linee locali.

Codesto primo passo ci rende facile di tradurre praticamente in atto i due principii sovra ricordati, della individuazione e della perfettibilità delle ferrovie, mediante la compilazione per ciascun paese di un *piano ferroviario* generale, in cui si assegna ciascuna linea alla classe cui appartiene per la sua importanza commerciale, geografica o strategica. Così si ottiene per ciascuno Stato quella utilissima graduazione di linee che servirà di norma all'applicazione dei criterii tecnici: giacchè il sistema di costruzione d'una ferrovia primaria sarà più intensivo di quello di una linea secondaria, e la costruzione di questa, più intensiva di quella di una linea locale.

Ciò appunto costituisce, a nostro avviso, quel « Codice ferroviario » per la costruzione e l'esercizio della Rete italiana, la cui necessità fu ripetutamente accennata da varii oratori nelle recenti discussioni alla Camera dei Deputati sulla legge per le nuove costruzioni.

A chi poi volesse ricercare quali siano i caratteri mediante cui contraddistinguere le varie classi sovraccennate, soccorreranno in pratica criterii poco dissimili da quelli enumerati dalla nostra legge sulle Opere pubbliche (20 marzo 1865) per la classificazione delle strade ordinarie. Ma a tale proposito il Sax recentemente ha pure propugnata una teoria che per la sua ingegnosità e novità merita di essere qui accennata nelle sue linee principali, e che sotto forma più semplice e con qualche leggera modificazione così si potrebbe riprodurre:

Ogni ferrovia costituendo un mezzo perfezionato di trasporto esercita d'intorno a sè una forza d'attrazione sul traffico, che tende a scendere sulla ferrovia per lo più in direzione normale alla ferrovia stessa, oppure seguendo la linea di resistenza minore. Date circostanze uguali, questa forza d'attrazione è in ragione inversa della distanza virtuale a cui trovasi la merce e del suo peso, ed è in ragione diretta del suo valore. Anche pei viaggiatori questa forza d'attrazione è in ragione inversa della distanza virtuale a cui trovansi ed in ragione diretta della loro ricchezza. Quindi si può dire che ciascun punto o stazione d'una ferrovia esercita la sua forza d'attrazione in un duplice *cerchio d'azione:* secondo un *raggio maggiore* per le merci più atte al trasporto e per i viaggiatori più facoltosi: secondo un *raggio minore* per le merci meno trasportabili e per i viaggiatori meno agiati. — Ciò posto, sono *linee primarie* quelle necessarie affinchè niuna parte del territorio di uno Stato si trovi posta all'infuori anche del raggio maggiore d'azione d'una ferrovia: — sono *linee secondarie* quelle che diramandosi da una linea principale congiungono il raggio maggiore al minore e portano sotto l'azione diretta di una linea primaria i paesi che ne sentivano solo un'azione indiretta: — sono per ultimo *linee locali* quelle che staccandosi indistintamente da una linea primaria o secondaria facilitano i trasporti solo nel cerchio minore della linea da cui si diramano.

Da ciò già si scorge come le linee locali, attesa la loro funzione non siano destinate a costituire una rete, ma tendano a prendere la direzione di una perpendicolare abbassata sulla linea maggiore da cui si distaccano.

Codesta *classificazione delle ferrovie* permette anzitutto di stabilire l'ordine di precedenza delle costruzioni. È manifesto che le ferrovie primarie precederanno le secondarie e queste le locali. Adunque le ferrovie locali non cominciano a sorgere che quando l'intiera rete ha già raggiunto un certo grado d'intensità, ed è solo da pochi anni che si sente nelle parti più progredite d'Europa il bisogno di linee locali il cui problema è oggi all'ordine del giorno presso le nazioni più civili.

Per ultimo converrà qui ricordare che ogni ferrovia d'ordine superiore adempie anche all'ufficio di ferrovia d'ordine minore per i paesi situati lungo il suo percorso: quindi ogni linea primaria è anche linea secondaria e linea locale: ed ogni linea secondaria serve pure al traffico locale. Ciascuna classe poi deve avere una certa latitudine per abbracciare anche linee leggermente divergenti pei loro caratteri. Devesi poi rendere possibile e facile il passaggio di ciascuna linea dall'una categoria all'altra, sopratutto dalla seconda alla prima, come avviene di spesso all'ampliarsi della rete od all'aprirsi di nuovi passaggi internazionali.

IV.

Pratica dei diversi paesi.

Qui crediamo anzitutto utile un breve cenno, quale appena ci è consentito dalla ristrettezza dello spazio, per mostrare in qual modo vada pigliando forma in alcuni paesi codesto lavoro di *classificazione delle ferrovie* sul quale abbiamo insistito.

13. — Gran Bretagna. — Nella Gran Bretagna non ostante l'alto grado di sviluppo intensivo delle ferrovie e la molteplicità delle linee primarie troviamo numerose ferrovie secondarie ed anche locali, il cui impianto fu favorito da alcune disposizioni della legge 31 agosto 1868 relative alla *light railways* o « ferrovie leggiere ». La velocità massima è in essa limitata a circa 40 chilometri l'ora (25 miglia) ed il peso massimo su ciascun asse ad 8 tonnellate. Tra l'altre sono note le ferrovie secondarie della Scozia, sulle quali, dopo gli studi del Lan e del Bergeron (1861-2) si modellarono le ferrovie d'interesse locale della Francia. Ora si pensa in Inghilterra alle ferrovie locali, e nell'ultima inchiesta della Camera dei Lordi relativa alla trazione a vapore sui tramways (1878-79) si accentuò da uomini autorevoli quali l'Allport, direttore generale della ferrovia del Midland, e dall'Oakley, direttore del Great Northen, l'utilità dei tramways rurali (e secondo essi a binario ridotto) quali alimentatori delle ferrovie.

14. Francia. — In Francia la legge dell'11 giugno 1859 per la prima introdusse la distinzione fra le linee appartenenti all'*ancien réseau* e quelle che costituiscono il *nouveau réseau*: quelle sono vere ferrovie primarie, queste invece hanno in parte il carattere di ferrovie secondarie; ma furono tutte insieme inesattamente confuse sotto la designazione comune di *Chemins de fer d'intérêt général.* Mancavano ancora le ferrovie locali, e ad esse cercò provvedere la legge del 12 luglio 1865 sui *chemins de fer d'intérêt local*, sotto l'impero della quale sorsero circa 2000 chilometri di ferrovie, di cui molte non erano linee locali che di nome, mentre formavano vere ferrovie secondarie, e talvolta erano pur troppo anche linee concorrenti.

Ma non tardarono a manifestarsi le gravi conseguenze di questo stato di cose, a cui cercò di rimediare l'ardita politica ferroviaria del Ministro de Freycinet, col riscatto di non poche linee secondarie, col decreto 2 gennaio 1878, per la classificazione delle ferrovie francesi in rete « d'interesse generale » ed in rete « d'interesse locale » e per ultimo colla presentazione di due progetti di legge 29 aprile 1878 per emendare e completare la legge del 12 luglio 1865. Così la Francia ha risolutamente adottato il principio della classificazione delle ferrovie: ma pur troppo il metodo da essa seguito è meno corretto. La ripartizione in due sole reti (malgrado la necessaria suddivisione tra l'*ancien* ed il *nouveau réseau* della rete primaria) male si attaglia a quella classificazione tripartita naturale da noi sovra posta. Quindi nè nella teoria nè nella pratica ferroviaria della Francia ancora non si è giunti ad un concetto chiaro e definito della *ferrovia secondaria* in contrapposizione alla *ferrovia locale.* Da ciò provengono anzitutto le vivissime discussioni cui ha dato luogo la questione delle ferrovie d'interesse locale in Francia e che furono così ben riferite dall'Aucoc nelle sue conferenze all'*École des Ponts et Chaussées.* Da ciò trae pure origine la presente grave titubanza della legislazione francese in materia di ferrovie su strade ordinarie, come ne fanno fede i tre successivi progetti di legge presentati al Parlamento dal 1875 in poi intorno a tale materia; e come lo attesta l'attuale discrepanza fondamentale tra l'on. Freycinet e la commissione della Camera di cui fu relatore M. Renè Brice il 17 luglio 1879 — e che era stata incaricata di esaminare i progetti Freycinet intorno alle ferrovie d'interesse locale ed alle ferrovie su strade ordinarie.

15. Germania. — La Germania, paese giustamente encomiato dall'ing. Agazzi e dove sono da lungo tempo in onore gli studi d'economia ferroviaria, ha seguita una via migliore sopratutto per opera dell'Associazione delle Amministrazioni ferroviarie tedesche. Per cura dei suoi uomini tecnici furono redatte due serie diverse di *Norme per la creazione delle ferrovie primarie della Germania* e di *Norme per la creazione delle ferrovie secondarie.* L'ultima redazione di queste, data dal 1876 e vi si contemplano due classi ben distinte di ferrovie d'ordine minore a binario normale: quelle sulle quali la velocità può raggiungere i 40 chilometri l'ora: quelle per una velocità non maggiore di 15 chilometri l'ora. Vi sono poi le norme relative alle linee a binario ridotto di 1 metro e di m. 0,75. Ma in Germania non si avrebbero a binario ridotto e pel servizio pubblico che tre piccole linee indipendenti, la Bröhlthalbahn, l'Ocholt-Westerstede e la recente Feldabahn e che sono piuttosto tramways di campagna. Quindi in Germania si hanno tre classi distinte di ferrovie, tutte a binario normale.

16. Ungheria. — In Ungheria oltre alle ferrovie primarie, si hanno linee di II e di III grado costrutte sui tipi normali redatti per cura del governo dall'illustre ingegn. Achille Thommen. Quelle sole di III grado sono a binario ridotto.

17. Italia. — Per ultimo in Italia, nelle recenti discussioni alla Camera intorno al progetto Baccarini e Seismit-Doda sulle nuove costruzioni fu più volte accennata l'importanza e la necessità di una classificazione e di un piano regolatore delle linee a costruirsi come già erasi cercato di fare coi progetti di legge del 1865, del 1870, del 1873 e del 1877 a cui sono collegati i nomi del Jacini, dello Spaventa, del Bonghi, del Sella, del Devincenzi, del Depretis, ecc.

Durante tali discussioni prevalse per opera sopratutto dell'onorevole Depretis il concetto di ridurre il numero delle categorie, e di ripartire in tre sole classi le linee a costruirsi tassativamente indicate nella legge stessa, stabilendosi solo sopratutto per ragioni d'opportunità e d'ordine finanziario una 4ª categoria per linee affatto locali non menzionate nella legge. Come ebbe a dichiararlo l'on. Grimaldi, relatore, nella seduta del 21 giugno 1879 si partì dal concetto di comprendere nella prima categoria le linee aventi un carattere internazionale o nazionale, nella seconda quelle aventi un carattere interprovinciale, e nella terza le linee locali di molta importanza, il che è in massima conforme alla distinzione da noi sovra propugnata.

Ma a codesta classificazione dettata principalmente da ragioni d'ordine amministrativo e finanziario era necessario ne andasse congiunta un'altra che determinasse le particolarità tecniche di costruzione economica di ciascuna linea.

Fu questo il còmpito della Commissione lodevolmente istituita dall'on. Baccarini e dei cui dotti lavori abbiamo già fatta parola.

La Commissione dopo esame di ciascuna linea distinse anzitutto *cinque ferrovie principali* con una lunghezza totale di chilometri 326 da costruirsi collo stesso sistema delle nostre ferrovie primarie.

Quanto alle *ferrovie minori* la Commissione osservava come due siano i principali fattori di economie che si possono adottare. Si può cioè ridurre la velocità massima dei treni, mantenendo invariato lo scartamento ordinario del binario, ovvero ridurre questo scartamento, ciò che implica pure una certa limitazione della velocità. La Commissione, dopo aver dichiarato che le ferrovie a scartamento ridotto sono, a suo avviso, le ferrovie economiche per eccellenza, pure riconosceva che non conveniva in molti casi rinunziare ai vantaggi che procura l'unità dello scartamento ferroviario, sopratutto ove si tratti di linee di breve percorso, che si possano impiantare lungo strade ordinarie esistenti, e per le quali sarebbe un errore isolarle dalla rete principale (pag. 44-45).

Quindi in base ai due criterii, *velocità* e *binario*, la Commissione propose *per le ferrovie economiche tre tipi a binario normale* per velocità massime di 40, 30 e 20 chilometri l'ora rispettivamente; e *due tipi a binario ridotto* di m. 0,95 e di m. 0,70 fra le faccie interne delle guide. Il primo tipo economico comprende linee 32 per una lunghezza di 2,622 chilom. il secondo linee 114 per 726 chilometri; il terzo linee 6 per 118 chilometri; il quarto (con binario di m. 0,95) linee 10 per 698 chilometri; il quinto tipo (m. 0,70) fu riservato solo a poche linee, affatto locali non menzionate nella legge.

Oltre ciò la Commissione classificava 4567 chilometri di quelle *linee locali* non menzionate nella legge e di cui questa lasciava la concessione al governo del Re. Si fu per queste che la Commissione faceva una parte grande, assai grande al binario ridotto, ammettendolo per 3487 chilometri ed in guisa da porre il principio di varie reti locali a binario ridotto qua e là intrecciate alla rete normale.

Senza voler qui entrare nell'esame dell'operato dell'egregia Commissione ci limiteremo ad osservare come tanti siano i punti di contatto fra il terzo ed il quarto tipo economico a binario normale, da farli quasi considerare come suddivisioni di una stessa classe, o meglio ancora da ridurre a tre le classi di ferrovie a binario normale, come avevano fatto due delle Sotto-Commissioni (pag. 77 e pag. 97). Quanto al binario ridotto avremmo preferito che anche nella classificazione delle linee, all'economia del binario ridotto si fosse anteposta quella dell'utilizzazione delle strade ordinarie, seguendo gli stessi criterii così bene indicati dalla Commissione (pag. 45) e come vedremo più oltre.

V.

Economia della costruzione.

18. — La classificazione delle ferrovie ci agevola l'applicazione pratica dei mezzi che tendono a proporzionare la potenzialità di trasporto di ciascuna linea alla massa del traffico cui essa deve servire. Ciò ci trarrà pure allo studio del cosidetto problema delle *ferrovie economiche* nel senso ristretto e derivato di codesta espressione.

Pertanto l'economia della costruzione dobbiamo considerarla per quanto riguarda:

1° Il tracciato;
2° L'armamento.

19. Tracciato. — L'economia del tracciato riguarda più particolarmente le *pendenze*, le *curve*, l'*ampiezza del corpo stradale* (per linee ad uno o più binari e per linee a binario normale od a binario ridotto) e la *natura della sede stradale* secondo che è esclusiva alla ferrovia o serve anche al carreggio ordinario. Da ciò già si scorge come i due principii del binario ridotto e della utilizzazione delle strade ordinarie non possano elevarsi a criterii fondamentali dell'economia ferroviaria (come vorrebbero alcuni dei loro fautori), ma si riducano al posto modesto di semplici modalità di costruzione.

20. Curve e Pendenze. — Le curve e le pendenze, da una parte diminuiscono il costo di costruzione, dall'altra accrescono la spesa dell'esercizio non solo col ridurre la capacità di trasporto di una linea (effetto negativo) ma anche coll'aumentare il costo della trazione e della manutenzione. Quindi è che le *linee primarie* sono meno suscettive di curve ristrette e di forti pendenze. Ma per le linee *secondarie*, e più ancora per quelle *locali*, decrescendo fortemente la quantità del traffico, deve pure diminuire di molto l'importanza della capacità di trasporto di tali linee. Quindi maggiore per esse l'impiego di curve e pendenze che troverà il suo limite economico massimo in quel punto in cui la capacità di trasporto di una linea non è più che uguale alla massa del traffico. In pratica è bene che la prima superi d'assai la seconda. Ma non ci occorre ora intrattenerci su questo punto così bene illustrato dagli studi del Ruva, del Ch. de Freycinet *(Des pentes économiques des chemins de fer*, Paris, 1861) e dalla pregevole monografia del Wellington, *(The economic theory of the location of Railways* — La teoria economica del tracciato delle ferrovie, New-York, 1877). Basti il dire che la questione del limite nei raggi delle curve, e nelle pendenze, si risolve col trovare la media economica nei rapporti inversi tra il costo di costruzione e quello d'esercizio di ciascuna linea.

21. Binario normale e binario ridotto. — Quanto all'*ampiezza del corpo stradale*, lasciando da parte l'economia del binario semplice e del binario doppio, ci limiteremo al confronto tra il *binario normale* ed il *binario ridotto*.

Considerato semplicemente come mezzo d'economia, è indubitato che il binario ridotto al pari dell'impiego di pendenze e curve diminuisce la spesa di costruzione e limita la capacità di trasporto della linea. Quindi l'uso del binario ridotto dovrebb'essere retto dagli stessi principii che governano l'impiego di curve e pendenze: cosicchè la sua applicabilità che sarebbe minima o nulla nelle linee *primarie* aumenterebbe col decrescere del grado d'importanza delle linee a costruirsi.

Ma la riduzione della larghezza del binario trae seco il gravissimo inconveniente di ostare a quel grande *principio della continuità* dei trasporti, così abilmente posto in luce dal nostro valente economista, il senatore Lampertico, nel suo lavoro riguardante *Il Commercio* (Milano 1878). La perfezione di un sistema di comunicazioni è in funzione diretta della sua continuità. Quando i fautori del binario ridotto adducono a sostegno della loro tesi la riduzione della larghezza, nel passaggio dall'una all'altra categoria, delle strade ordinarie, essi ommettono un fatto importante, che cioè, non si interrompe in tal caso per le strade ordinarie la continuità della via; sia per l'indipendenza del motore e dei veicoli dalla via, sia perchè l'ampiezza della carreggiata è in ogni caso almeno uguale allo scartamento in uso degli assi dei veicoli comuni. Ma siccome quanto più è perfetto un mezzo di comunicazione, tanto è più intima la connessione tecnica tra la via, il motore ed i veicoli, così ne viene che nelle ferrovie questa connessione è tale che non si può alterare il modulo di una linea senza romperne la continuità per rispetto alle altre.

L'importanza della continuità della via per *linee primarie* oggi è così riconosciuta da tutti, che è universale l'opinione di dare ad esse il binario normale in colleganza diretta colle linee che servono agli scambi internazionali.

La questione adunque del binario ridotto e delle cosidette *ferrovie economiche*, comincia solo a sorgere colle *linee secondarie*.

Ma di giorno in giorno si apprezza sempre più la convenienza di dare anche ad esse il binario delle ferrovie primarie con cui hanno tanta intimità di rapporti. Ciò fu così bene dimostrato dall'ing. Agazzi, che non ci faremo a ripeterne le ragioni. Diremo solo che la teoria e la pratica ferroviaria dei principali paesi tendono a conformarsi a codesto principio. Ci basti citare la circolare Freycinet del 4 aprile 1878 e l'adozione del binario normale pel « nouveau réseau » e per le linee d'interesse locale: in Germania, le norme dell'associazione delle ferrovie tedesche, e la prevalenza assoluta del binario normale per le linee secondarie dell'Inghilterra, dell'Austria, dell'Ungheria, della Baviera, dell'Italia, ecc., come abbiamo altrove dimostrato (1). Si ha solo qualche eccezione nella Svezia. Siamo quindi lieti di scorgere dalle deliberazioni dell'onorevole Commissione Governativa, che a tal principio continuerà ad uniformarsi la pratica ferroviaria per le nuove costruzioni di *linee secondarie*.

La questione si fa più incerta per le *linee locali*. Tenendo conto delle sole ferrovie pubbliche e secondo dati recenti ne troviamo a scartamento ridotto 10 o 12 nella Svezia, 5 nella Svizzera, 4 nell'Ungheria, 3 in Germania, 2 in Inghilterra, 1 in Francia e 2 in Italia. Tuttavia a fronte di queste cifre affatto insignificanti, sta il fatto che sopratutto nei quattro ultimi Stati ora menzionati, prevalse decisamente anche per le *linee locali* il binario normale, e v'ha nella pratica una tendenza netta e recisa ad erigere a principio generale l'adozione del binario normale per tutte quelle linee che fanno parte della rete e per le quali si fa luogo alla costruzione di un apposito corpo stradale. A codesto principio recisamente proclamato in Francia dalla circolare Freycinet del 4 aprile 1878, ci pare si accosti in massima l'ing. Agazzi, e noi francamente dividiamo la stessa opinione.

Anzi aggiungeremo che dopo gli studi del Weber, pare posto fuori di dubbio che per le ferrovie a binario ridotto è relativamente maggiore il costo dell'esercizio, sia perchè in pratica si dimostrò più grande la spesa di manutenzione della strada,

(1) M. Ferraris, *I tramways e le ferrovie stradali*. Pisa, *(Archivio Giuridico)* 1879 e Torino, *(Ingegneria Civile)* 1879-80.

sia perchè la potenza del motore, attesa la minore ampiezza del focolare e della caldaia, diminuirebbe in ragione più forte della riduzione del binario. Oltre ciò, come bene osservò il Freycinet, l'adozione del binario normale non pregiudica l'avvenire rendendo facile il passaggio di una linea da una classe inferiore ad una superiore, come se ne manifesta di spesso il bisogno coll'ampliarsi della rete di un paese.

Siamo pure grati alla Commissione governativa d'aver fatta ragione una volta per sempre di quei calcoli teorici che fanno scendere la spesa del trasbordo fino a 20 centesimi per tonnellata. La Sotto-Commissione dell'esercizio ha constatato come nelle stazioni dell'Alta Italia la manipolazione delle merci sia affidata ad imprese al prezzo di L. 0,50 per tonnellata trasbordata, e come nelle Ferrovie Meridionali queste operazioni costino anche più. Oltre ciò, chi può calcolare le spese di ritardi, di avarie, di disperdimenti della merce, sempre più o meno gravi a seconda dei casi?

A queste ragioni d'ordine tecnico od economico, se ne aggiungono altre più gravi ancora, d'ordine amministrativo. L'esercente delle ferrovie ordinarie difficilmente vorrà assumersi anche l'esercizio di quelle a binario ridotto o non potrà farlo che a condizioni più onerose dovendo addivenire all'acquisto di un materiale apposito, mentre invece per ferrovie normali per lo più gli basterebbe di meglio utilizzare il materiale di cui dispone. Ne abbiamo un esempio nelle stesse convenzioni ferroviarie del 1877, nelle quali i concessionarii mentre si obbligavano ad assumere, alle condizioni in esse poste, anche l'esercizio delle nuove linee a costruirsi, limitavano tale loro obbligo a quelle sole a scartamento ordinario.

Adunque, qualora si costituisca per le ferrovie a binario ridotto un esercizio a parte si avranno tutte le spese di un doppio impianto amministrativo e tecnico, il che sarà tanto più grave inquanto che queste piccole reti saranno per molti anni passive e dovranno avere un materiale pari alle emergenze più forti senza poterlo utilizzare su altre linee in tempi di minor bisogno.

Adunque ci sembra risulti chiaramente che l'esercizio di codeste linee a binario ridotto, si farà dallo Stato o da altri, a condizioni più onerose che se fossero a binario normale e tali da diminuire od annullare l'economia della costruzione. A ciò aggiungasi che l'introduzione del cosidetto « Servizio economico » apporterebbe nell'esercizio economie assai più notevoli di quelle derivanti dalla semplice diminuzione del binario. Quindi riteniamo fortemente dubbia la convenienza di creare in contatto colla rete principale delle piccole reti a binario ridotto, quando si tratti di linee il cui bisogno sia tale da legittimare la spesa di una piattaforma speciale e da essere specificatamente richieste da una deliberazione del Parlamento.

Conviene naturalmente considerare a parte quei casi in cui la continuità della via è già decisamente interrotta per fatti indipendenti dalla larghezza del binario. Così quando si tratti di reti insulari o di linee affatto indipendenti, o di intieri sistemi ferroviari isolati quali s'incontrano al Canadà, in Australia, agli Stati Uniti, ma che più non possono darsi presso di noi. Così pure nei casi di piccoli tronchi senza continuazione e sui quali per molti anni si attenda un traffico così esiguo da rendere necessario od utile il trasbordo alla stazione di congiungimento, per guisa che tenda a scomparire il vantaggio economico della continuità della via. Vi sono poi i casi di strade carreggiabili in terreni difficilissimi e troppo ristrette per ammettere un binario normale, oltre a quelle condizioni speciali così bene enumerate dal Weber nella sua monografia *Normalspur und Schmalspur* (Binario normale e Binario ridotto).

Per ultimo aggiungeremo come nella stessa America già si farebbero fortemente sentire gli inconvenienti del binario ridotto, tostochè esso viene a contatto con quello normale. Ciò risulta da una memoria nella quale il Galton (giurato all'Esposizione di Filadelfia) rese conto alla Società degli Ingegneri Civili di Londra e nella seduta del 12 marzo 1879 di alcuni studii da lui fatti in America sulle ferrovie. Non solo il Galton, ma anche tutti gli altri oratori che nella discussione toccarono di questa questione, vi furono concordi nell'attestare la cattiva prova del binario ridotto in America in contatto di quello normale. Già vi si sarebbe addivenuti per lunghi tratti alla spesa di una terza rotaia, e procederebbe a grandi passi la trasformazione delle linee a binario ridotto in linee a binario normale. È pure noto come in Inghilterra la Commissione d'inchiesta del 1865 chiamasse la rottura del binario « un male nazionale » e come la legge vi abbia prescritto un binario normale col *Gauge Act*, a cui è legato un nome caro agli economisti — quello di Riccardo Cobden.

22. — L'UTILIZZAZIONE DELLE STRADE ORDINARIE è retta dagli stessi criteri relativi alle curve, alle pendenze, ecc. Anch'essa non è che una semplice modalità di esecuzione, che da una parte diminuisce notevolmente il costo della costruzione, dall'altra riduce d'assai la capacità di trasporto della linea, per riguardo alla potenza del motore, alla velocità e persino alla lunghezza dei treni. Quindi il suo impiego sarà del tutto bandito dalle linee *primarie*, non dovrà essere che affatto anormale e solo parziale per le linee *secondarie*, e troverà invece la sua sede più acconcia nelle linee *locali* in ragione inversa della loro importanza. Come già pel binario ridotto così anche per l'utilizzazione delle strade ordinarie si manifesta adunque la necessità di una classificazione delle ferrovie, e sopratutto la convenienza di una distinzione tra le ferrovie *secondarie* e quelle *locali* qualunque sia per queste la larghezza o la natura della sede stradale.

Possiamo adunque dire che la questione del binario ridotto è sotto veste diversa quella medesima dell'utilizzazione delle strade ordinarie, ossia che la questione di quelle da alcuni dette *Ferrovie economiche* per eccellenza, propriamente non si presenta che nel caso di *linee locali*. Tuttavia è bene considerare che adottando il binario normale anche per le ferrovie su strade rotabili, si potrà far transitare dall'una all'altra linea i carri completi per merci della ferrovia principale, evitandosi così il trasbordo. Ciò ha una vera importanza per i nostri trasporti che consistono principalmente di prodotti agricoli, che o pel loro poco valore o per essere soggetti a guasti e deperimenti, sono meno degli altri trasbordabili. Perciò *insistiamo affinchè anche negli studi di linee locali l'utilizzazione delle strade ordinarie preceda l'adozione del binario ridotto*, che troverebbe solo impiego su tronchi minimi, di traffico affatto esiguo e nel caso di strade rotabili in terreni difficili e troppo ristrette per ammettere il binario normale.

Dagli stessi criteri sarà retta l'economia degli edifizi, degli accessori del corpo stradale, ecc., che dovranno proporzionarsi all'importanza di ciascuna classe ed anche delle diverse linee di una medesima classe. Queste economie furono in modo assai pratico indicate dalla Commissione Governativa.

23. — L'ECONOMIA DELL'ARMAMENTO consiste per ultimo nel proporzionare la solidità dell'armamento al peso massimo che graviterà su ciascun asse ed al numero degli assi da cui sarà la linea percorsa. E siccome fra i varii assi di un treno il peso maggiore si trova su quelli della locomotiva, così si deve sopratutto ben proporzionare la solidità dell'armamento al peso delle macchine che devono percorrere la linea. Si avranno quindi tre tipi di armamento distinti, per le tre classi di linee primarie, secondarie e locali.

24. — RICAPITOLANDO potremo dire che l'economia della costruzione in qualunque parte la si consideri, consiste nel mantenere la debita relazione tra le spese di costruzione e quelle di esercizio, ossia nel trovare *la media economica nei rapporti inversi tra il costo di costruzione e quello dell'esercizio di ciascuna linea.*

Ed a tale proposito converrà ritenere che una volta costrutta una linea, il costo di costruzione si risolve in un'annualità pressochè costante ed indipendente dalla entità del traffico: mentre la spesa d'esercizio è in parte costante ed in parte variabile in ragione diretta colla entità del traffico. Di quanto questa è maggiore, di tanto converrà ridurre la spesa d'esercizio per unità di trasporto, quindi mentre per le linee *primarie*, l'economia dell'esercizio deve prevalere sull'economia della costruzione, questa ragione decresce e tende ad invertirsi per le linee *secondarie* e più ancora per quelle *locali*.

Le conclusioni sovra poste sono avvalorate dai dati dell'esperienza e della statistica che ci provano come per le linee primarie l'annualità in conto esercizio sia più grande di quella in conto costruzione, mentre avviene di spesso il contrario per le linee minori; quindi quanto più può essere giustificabile e profittevole un maggior impiego di capitale nella costruzione di una ferrovia primaria, tanto meno lo sarà per le linee minori.

Tuttavia ci pare non ancor bene constatata l'utilità pratica di adottare pendenze così forti quale quella di metri 0,035 per metro (ossia del 35 per mille) ammessa dalla Commissione per 29 linee economiche del primo tipo, e più ancora quella di metri 0,050 per metro (ossia del 50 per mille) ammessa per le rimanenti 33 linee del secondo, terzo e quarto tipo.

Ad ogni modo, anche per queste linee minori ci associamo di cuore all'egregio ing. Agazzi nello augurarci che si ricorra a tutti i mezzi possibili d'economia prima di portare alterazione a quella larghezza di binario normale che è la base della *stabilità*, della *capacità* di trasporto e sopratutto della *continuità* della via.

VI.

Economia dell'esercizio.

Classificazione del Traffico.

25. — L'ECONOMIA DELL'ESERCIZIO più direttamente d'ogni altra mira al conseguimento del massimo *profitto netto*, il quale in

questo caso consiste nella massima differenza tra il *prodotto lordo* e la *spesa dell'esercizio;* avendo già noi considerato a parte quanto riguarda il costo della costruzione. Anche qui abbiamo un duplice aspetto economico: l'uno d'ordine *amministrativo* che ha per oggetto il *prodotto lordo* quale ci è dato dal movimento e traffico; l'altro d'ordine *tecnico* relativo alla *spesa d'esercizio* che dipende sopratutto dalla trazione e manutenzione. L'economia dell'esercizio delle ferrovie in altro non consiste che nella giusta correlazione di questi due elementi. Noi quindi dobbiamo considerarla per rapporto ai tre grandi servizii in cui l'esercizio per lo più si divide, cioè:

1. Movimento e traffico.
2. Trazione e materiale.
3. Manutenzione e sorveglianza.

La spesa relativa a ciascuno di questi servizii si compone di tre quote distinte: quella dovuta al *logorìo* del capitale fisso, edifizii, stazioni, ecc.), al *personale* ed al *consumo* di capitale circolante (combustibile, materie lubricanti, ecc.). Questi varii servizii sono poi coordinati tra di loro dalla Direzione dell'esercizio a cui corrispondono le spese generali.

26. Movimento e traffico. — Siccome il criterio *amministrativo* precede quello *tecnico*, così la vera economia insegna anzitutto all'esercente di ferrovie a promuovere energicamente l'aumento del prodotto lordo mediante lo sviluppo conveniente del *movimento* e *traffico* delle regioni ch'esse servono. È questo l'ufficio primario delle ferrovie considerate quale industria, se ci è lecito desumerlo sopratutto dalla pratica interessantissima delle società ferroviarie dell'Inghilterra e dalle deposizioni dei loro direttori generali dinnanzi alle Commissioni d'inchiesta. (Inchiesta del 1872. Domande 5173, 5434, 6505, 6509, ecc.).

Codesto interesse per l'esercente di ferrovie a sviluppare il traffico continua finchè coll'aumento del traffico e quindi del prodotto lordo la spesa d'esercizio non cresce tanto rapidamente da diminuire il profitto netto. È questo il suo limite economico massimo: limite abbastanza remoto sia perchè il capitale necessario alla costruzione supera d'assai quello richiesto dall'esercizio, sia perchè abbiamo per ciascuna linea una spesa d'esercizio pressochè costante ed indipendente dalla massa del traffico ed un'altra variabile, in funzione diretta del traffico stesso; cosicchè coll'aumento del traffico tende a diminuire il costo d'esercizio per unità di trasporto.

Dacchè nell'industria in genere, il prodotto lordo è uguale al prezzo (tariffa) moltiplicato per lo spaccio (quantità del traffico), l'esercente di ferrovie allo scopo di sviluppare il traffico e quindi il prodotto lordo non può servirsi che di due mezzi: modificare il *prezzo* (tariffe) o migliorare la *qualità* del prodotto ossia il servizio. Codesta *qualità del servizio* è il risultato di quel complesso di circostanze che gli inglesi chiamano *accomodation* e che consiste nella velocità, nel numero delle corse, nella comodità degli orarii e del materiale mobile, nella regolarità e sicurezza del servizio, ecc. Così in Inghilterra la concorrenza tra le società ferroviarie che corrono tra gli stessi punti estremi non si risolve più nella riduzione delle tariffe che, per comune accordo, sono uguali, ma in un aumento di *accomodation* o di facilità di viaggio pel pubblico. Ma lasciamo anche noi in disparte la questione delle tariffe, su cui vi sarebbe molto a dire, ma nella quale a buon diritto non entra l'ing. Agazzi. Quanto alla natura del servizio (ed in essa consiste veramente il problema che stiamo discutendo) per noi non v'ha dubbio che il migliore servizio è quello che più d'ogni altro risponde alle esigenze ed ai bisogni del traffico ch'esso è destinato a soddisfare. Or bene, la natura del traffico dipende dalle condizioni speciali e naturali di ciascuna linea: quella del servizio invece è nelle mani dell'esercente; quindi *in materia di ferrovie non si può e non si deve costringere il traffico ad acconciarsi al servizio, ma si deve avere per aforisma: adattare il servizio al traffico.*

27. Distinzione del traffico. — Adunque — come bene osservava l'ing. Chiazzari, ispettore principale del materiale nelle Ferrovie dell'Alta Italia, dinnanzi alla Commissione d'inchiesta — è anzitutto necessario classificare il traffico e servire i varii gruppi con mezzi graduati. Quindi, secondo noi, la prima distinzione che incontriamo nell'esercizio delle ferrovie, è quella tra il *traffico merci* ed il *traffico viaggiatori.* Non possiamo qui addentrarci nella natura del traffico merci: ci basterà il dire che esso si distingue da quello dei viaggiatori sopratutto per le minori esigenze per riguardo alla velocità, che in Italia è per lo più di 15 a 20 chilom. l'ora pei treni merci.

Aggiungeremo solo che anche per le merci, la *velocità* diventa *un fattore importantissimo* quando si tratti di trasporti di bestiame o di prodotti facilmente deperibili, pei quali alcune Società hanno introdotto un servizio speciale come può osservarsi a Londra alla stazione di St. Pancras della *Midland Railway* all'arrivo dei treni diretti mattutini, con materiale apposito pei trasporti di latte, carne, pesce, ecc. Questi fatti hanno un grande valore per l'Italia, paese eminentemente agricolo, dove abbondano i prodotti animali e vegetali facilmente deperibili pel nostro clima piuttosto caldo. Quindi *in Italia la celerità dei trasporti anche per il servizio di merci è condizione primaria di un grande sviluppo di traffico di prodotti naturali,* si collega direttamente colla nostra economia nazionale ed è il grande *desideratum* sopratutto dei commercianti di tali generi, come risulta dagli Atti della attuale Commissione d'inchiesta sulle ferrovie. (Vol I, pag. 279, 470, 506, 583. Vol. II. pag. 54, 57, 115, 174, ecc.).

Ma l'importanza del fattore *velocità*, dobbiamo sopratutto considerarla per rispetto ai *passeggieri.* « Per essi — così scriveva il Lardner, nella sua *Railway Economy,* uno dei primi per data di pubblicazione (1850) e senza dubbio uno dei migliori trattati della materia — la velocità diventa d'importanza primaria. Per i prodotti industriali il tempo del trasporto è rappresentato solo dall'interesse del costo di produzione della merce a trasportarsi. Ma quanto a' viaggiatori il tempo del trasporto è rappresentato dal valore del loro lavoro e dalle loro spese di viaggio: e siccome i passeggieri generalmente appartengono alle classi superiori e più intelligenti, il loro tempo ha in proporzione un maggior valore ».

28. Traffico viaggiatori. — A noi pare che in Italia per i viaggiatori si possano in massima distinguere le tre seguenti classi di traffico:

1. Traffico per grandi percorsi (internazionale e nazionale);
2. Traffico per percorsi medii (regionale);
3. Traffico per brevi percorsi (locale, suburbano o rurale).

A queste tre specie di traffico risponderebbero pure press'a poco le tre classi di ferrovie da noi sovra distinte: le linee *primarie* soddisfano, o meglio soddisfar dovrebbero, a tutte queste tre sorta di traffico, lungo il loro percorso; le linee *secondarie* servono solo al traffico regionale e locale; le linee *locali* solamente a quest'ultimo. All'ingrosso possiamo pur dire che abbiamo tre specie di servizii per queste tre sorta di movimento; i *treni diretti* pel grande traffico, utilizzati pure in parte dal movimento regionale ed in proporzione minima dal movimento locale delle linee primarie; i *treni omnibus* con velocità effettiva di circa 30 chilom. l'ora pel movimento regionale e locale delle linee primarie e secondarie; per ultimo i *treni omnibus* o *misti* a circa 20 chilom. l'ora pel traffico locale delle linee di tal nome.

Da ciò si scorge come anche l'economia dell'esercizio, al pari di quella della costruzione, sia governata dal principio dell'adattamento o proporzione del mezzo al fine. Quanto più si spinge ai suoi ultimi e veri limiti la classificazione e distinzione del traffico, quanto più si introduce per ciascuna classe del medesimo quel servizio che meglio le si adatta, tanto è maggiore nelle ferrovie quella *specificazione* od *individuazione* di movimenti, mediante la quale nasce e si manifesta ogni progresso nei trasporti da luogo a luogo (Lampertico). Vediamo dunque le *esigenze* di ciascuna specie di traffico, *sopratutto per rapporto alla velocità.*

29. — Il movimento nazionale si compie per mezzo dei treni diretti che alle stazioni internazionali sono in coincidenza coi treni delle ferrovie estere. In generale questo movimento è il più debole di tutti, quindi ha poche esigenze quanto a *numero* di treni, bastandone uno o due al giorno: ne ha di maggiori quanto a *velocità*, sopratutto pel servizio postale, e quanto alla comodità del materiale (vetture a letto, illuminazione a gas, riscaldamento, ecc.), percorrendo lunghe distanze, sopratutto in Italia, per la configurazione allungata della penisola e dove codesto movimento è assai più forte nel senso longitudinale che in quello trasversale. La celerità di questo servizio dipende per lo più dal grado di sviluppo economico di ciascun paese e dalla bontà del servizio che vi fanno le ferrovie: così si spiega perchè si senta più il bisogno di velocità in Inghilterra che in Germania od in Francia, e più in questi paesi che in Italia.

30. — Il movimento regionale è determinato da quella forza d'attrazione che i centri primarii della vita politica od economica in ogni Stato esercitano sui centri minori circostanti. Questo movimento che crediamo assai forte in ciascuna parte della penisola vi è prodotto da antiche divisioni politiche o relazioni sociali e commerciali, le quali si fanno sempre più intense e dopo il felice conseguimento dell'unità nazionale tendono ad allargarsi alle regioni limitrofe.

Le grandi città come Torino, Milano, Genova, Bologna, Firenze, Roma, Napoli, ecc., si possono considerare come centri di un circolo di paese, nel quale vi ha una doppia ed attiva corrente di scambi, cioè dalla città alla provincia e viceversa. E siccome le ferrovie sono i raggi di questo circolo, lungo i quali corre il traffico, così la sua superficie costituirà per questo traffico regionale l'*area d'alimento* delle ferrovie stesse.

Or bene è di somma importanza notare che questo traffico ha luogo per lo più o per affari la cui trattazione si fa nelle

così dette ore d'ufficio (dalle 9 ant. alle 5 pom.), o per mercati che si tengono di buon'ora, e così si manifesta la convenienza, e direm meglio, l'assoluto bisogno, di poter utilizzare per l'andata le ore più comode del mattino (dalle 5 o le 6 alle 9) e pel ritorno quelle della sera (tra le 6 e le 11). Da ciò già si scorge quanta sia, anche solo in astratto, l'importanza della velocità: pel pubblico che potrà compiere in un giorno il viaggio d'andata e ritorno entro maggiori distanze: per le città che sono centri di tale movimento: e per l'esercente stesso di ferrovie, giacchè abbiam detto che per tale traffico *l'area d'alimento delle ferrovie cresce coi quadrati delle velocità.*

Epperò risulta manifestamente che questo traffico richiede almeno due treni in ciascun senso al giorno, l'uno il mattino, l'altro la sera: mentre l'introduzione di un terzo treno al mezzogiorno, per quanto desiderabile, dovrà dipendere solo dall'importanza del movimento.

Attualmente codesto traffico è servito solo in parte dai *treni diretti* e più particolarmente dai treni-omnibus delle nostre linee primarie e secondarie. Ma gli orarii dei treni diretti sono per lo più regolati in vista della continuità dei lunghi percorsi, quindi di spesso non possono essere utilizzati dalle località intermedie pel viaggio d'andata e ritorno. Il treno diretto del mattino da Torino (T) a Venezia (V')

$$T_{9.30} \qquad M_{12.41} \qquad V_{4.12} \qquad V'_{7.10}$$

dovendo attendere a Torino le coincidenze di Francia non può partire che alle 9.30 e giungere a Milano alle 12..41; quindi è poco utilizzabile pel viaggio d'andata e ritorno in un sol giorno tra queste due stazioni, e non lo è punto per l'andata ed il ritorno tra Milano (M) e Verona (V). In altre circostanze si è dovuto ricorrere ad ore di notte affatto incomode. Sulle linee secondarie mancano poi affatto i treni diretti.

Rimangono adunque i *treni-omnibus* la cui lentezza effettiva è tale da rendere affatto impossibile il traffico di cui stiamo discorrendo. Per la regione nord-ovest d'Italia, in cui ci troviamo, Torino, Milano, Genova, sono i tre punti entro i quali si muove codesto grande movimento regionale. Eppure i viaggiatori delle linee che fanno capo ad Alessandria, centro di raccordamento della rete, malgrado l'uso parziale di treni diretti non possono in molti casi giungere all'una od all'altra delle dette città che verso il mezzogiorno, anche quando si tratti di un percorso massimo di circa 150 a 160 chilom., che si potrebbero facilmente superare nelle 4 ore che corrono dalle 5 alle 9 del mattino. Così non solo diviene per essi notevolmente ridotto il lavoro utile della giornata, ma è reso impossibile l'andata e ritorno nel medesimo giorno.

Dobbiamo adunque insistere sulla celerità di servizio sia nell'interesse dell'esercente di ferrovie che in quello del pubblico. Per quest'ultimo il poter compiere in un sol giorno un dato viaggio d'andata e ritorno invece di impiegarne due, costituisce un guadagno del 100 per 100 oltre al risparmio di non poche spese di viaggio. Anzi in ogni paese v'ha una tendenza continua ad un aumento di velocità; cosa affatto naturale, giacchè col progredire in ciascuno Stato dello sviluppo economico, favorito dalla stessa introduzione di questi nuovi e potenti mezzi di trasporto, anche il suo sistema di ferrovie tende a passare ad un grado sempre più intensivo. Nella stessa Germania più volte ricordata, dal 1870, epoca degli importanti studii del comm. Biglia, al 1876, anno in cui furono redatte le nuove norme dell'Associazione delle ferrovie tedesche, abbiamo vista la velocità massima delle linee secondarie portata da 30 a 40 chilom. l'ora. Nella nostra Italia il bisogno della celerità di servizio non solo lo troviamo espresso a più riprese negli Atti della Commissione d'inchiesta (vol I, pag. 412, 501, vol. II, pag. 126) ma c'è ancora brillantemente confermato dal fatto attestato dinanzi alla Commissione stessa dall'egregio comm. Massa, direttore generale delle ferrovie dell'Alta Italia, e secondo cui il recente aumento della tariffa pei treni diretti non ha diminuito il numero dei viaggiatori ed ha quindi dato un aumento di prodotto. L'elemento *tempo*, l'elemento *velocità*, è così apprezzato dal nostro pubblico, che contrariamente ad un principio economico, l'aumento del prezzo non ha diminuita la domanda del servizio! Ci parrebbe quindi poco conveniente per gli esercenti di ferrovie di reagire contro queste tendenze, di cui anzi è utile ch'essi tengano conto nel fare acquisti di nuovo materiale, affinchè non abbia troppo presto ad essere posto fuori d'uso.

31. Movimento locale. — Abbiamo per ultimo il traffico a piccoli percorsi che abbiamo detto *traffico rurale* quando ha luogo tra comuni e città secondarie, e *traffico suburbano* quando è invece alle porte di grandi centri. Siccome i piccoli capo-luoghi di circondario e di provincia per lo più non esercitano sul contado una forza d'attrazione al di là di 15 a 20 chilom. e che di rado giunge al massimo di 30 a 40, così la velocità diventa in tal caso d'importanza minore, purchè non perturbi il servizio delle coincidenze. Invece alle porte dei grandi centri la velocità è fattore assai più importante, perchè l'area del sobborgo, entro certi limiti, cresce anch'essa coi quadrati della velocità.

Questo traffico locale ha invece esigenze maggiori quanto a *numero* di treni e ne richiede almeno da 3 a 4 al giorno, oltre a corse speciali in occasione di mercati, di feste, ecc. In caso diverso codesto traffico non ha luogo o va raccolto dai veicoli ordinarii e perduto dalla ferrovia. Ne abbiamo altra prova lampante che togliamo pure alla deposizione del comm. Massa negli interessantissimi Atti della Commissione d'inchiesta: « Per la linea di Novara-Gozzano con due treni (al giorno) ci si *perdevano* 5000 lire, con tre treni si ebbe un aumento di prodotto che diede *subito un beneficio* di 37000 lire ».

Attualmente codesto traffico è assai male servito: sia perchè attesa la pesantezza dei treni ordinarii si è creduto conveniente di limitarne oltre misura il numero; sia perchè le ferrovie di rado si occupano di codesti interessi piccoli per se stessi, per quanto grandi nella loro somma totale. Come bene osservò la Sotto-Commissione governativa per l'esercizio, il traffico locale attualmente è sacrificato alla continuità dei lunghi percorsi. A vantaggio delle stazioni di termine si sacrificano le comodità della stazione intermedia: i bisogni del commercio alle esigenze del servizio postale per i grandi centri: alle stazioni si sacrifica la campagna. Questo stato di cose domanda un rimedio: parlando del cosidetto « Servizio economico » vedremo quali siano i suggerimenti fatti a tale riguardo.

32. Terze classi. — Per ultimo non possiamo ommettere quella grave causa di perturbazione del servizio che è la mancanza delle terze classi nei treni diretti delle nostre linee, sopratutto del nord. Codesta esclusione non solo non è giustificabile, atteso il carattere di servizio pubblico da tutti ammesso nelle ferrovie, ma si traduce pure nella maggior parte dei casi e pei paesi a traffico intensivo in un *errore economico*. Siccome, secondo gli stessi dati dell'ingegnere Agazzi, una carrozza di terza classe con cinquanta viaggiatori non pesa al massimo che una o due tonnellate più di una vettura di prima classe con 24 passeggieri, si può ritenere che il leggiero aumento di spesa di trazione della carrozza di terza classe sia compensato dal suo minor costo di costruzione e di manutenzione a fronte di quella di prima classe. Or bene, non solo il prodotto di 50 viaggiatori di terza classe a L. 0,055 il chilometro (L. 2,75) è superiore a quello di 24 passeggieri a L. 0,11 (L. 2,64), ma questa differenza s'accresce di molto qualora si osservi che la proporzione dei posti occupati a quelli vuoti è assai maggiore nelle terze classi che nelle prime. Quanto alla perdita di proventi che può derivare dal passaggio eventuale di passeggieri da una classe superiore ad una inferiore, anche senza tener conto del vantaggio indiretto di poter meglio regolare il servizio dei treni, si può ritenere compensata, nei paesi a traffico intensivo, dal maggior aumento dei viaggiatori di terza classe; come lo prova l'esperienza veramente felice e decisiva dell'Inghilterra, in conformità del principio economico, che tanto più tende a crescere la domanda di un prodotto, quanto è più numerosa la classe di consumatori di cui viene posto alla portata.

33. Velocità e traffico. — Da quanto abbiamo sovra esposto ci pare risulti chiaramente, dal punto di vista del prodotto lordo, la convenienza di classificare le varie specie di traffico, e di distinguere il servizio dell'una da quello dell'altra, adattando a ciascuna mezzi adeguati. A questa stregua si devono giudicare i nuovi sistemi e mezzi d'esercizio, i quali tanto più saranno perfetti, quanto più consentiranno di tradurre in atto la classificazione delle varie specie di traffico e di adattare a ciascuna di esse la *qualità* del servizio (velocità, numero delle corse, ecc.) che meglio le convenga (1).

Or bene raffrontando l'elemento *velocità*, di cui è qui questione, colle varie sorta di traffico sovra enumerate, si fa anzitutto manifesto che la riduzione della velocità, cotanto caldeggiata dai fautori delle ferrovie economiche, non è applicabile al movimento *internazionale* o *nazionale*.

La riduzione della velocità potrà pure aver luogo entro limiti

(1) Un esempio di classificazione e distinzione del traffico nazionale (Torino-Roma) da quello regionale (Torino-Genova) ci fu recentemente fornito dalle nostre linee dell'Alta Italia, sulle quali, a datare dal 29 novembre 1879 fu attivato in via d'esperimento un treno diretto sulla linea Torino-Alessandria-Genova per i soli viaggiatori destinati oltre Alessandria verso Bologna, ed oltre Genova verso Pisa. — Un altro treno diretto fa il servizio regionale sulla linea Torino-Alessandria-Genova ed è regolato da apposito orario.

assai ristretti pel *traffico regionale*, ma in ordine ad esso non bisogna dimenticare che v'ha un interesse diretto e pel pubblico e per l'esercente che la velocità sia tale da non restringere il circolo d'attrazione regionale di ciascuna grande città. Anzi tranne il caso di poche linee felicemente situate, si riconoscerà utile allo sviluppo di cotesto traffico regionale un aumento della velocità e del numero dei treni anche su non poche delle nostre linee secondarie specialmente trasversali. Ciò è fuori dubbio. La velocità sulle linee secondarie non deve computarsi in rapporto alla distanza tra le stazioni che sono termine della linea (questo è un grave errore), ma fra le stazioni che sono termine del movimento regionale cui tali linee servono.

Viene per ultimo il traffico *locale rurale* che solo può accontentarsi di una velocità minore, ma pel quale si è già pur troppo scesi a circa 20 chilom. l'ora.

Abbiamo così visto quale sia l'importanza del fattore velocità per rapporto al movimento e traffico, ossia al prodotto lordo; dobbiamo ora considerarlo in riguardo alla trazione e manutenzione, ossia alla spesa d'esercizio.

VII.

Spesa d'esercizio.

34. Trazione. — La spesa d'esercizio, quella della *trazione* sopratutto, rappresenta in materia di ferrovie una parte considerevole del costo di produzione, o del lavoro passivo necessario a servire una data massa di traffico. Si comprende quindi di leggieri quanta sia l'importanza di ridurre codesta spesa entro i minimi limiti. Or bene siccome da molti si considera che circa il quarto della spesa totale d'esercizio sia proporzionale alla velocità delle masse che percorrono il binario, così è sorta in materia di ferrovie economiche una scuola che porta scritto sulla sua insegna: *binario normale e riduzione della velocità*. A questa scuola predominante in Germania, ove fu illustrata dagli scritti autorevoli del Weber e del Plessner, e seguita in Inghilterra dal Galton, si riannoda francamente l'ing. Agazzi.

Tuttavia se male non ci apponiamo la riduzione della velocità non è per questa scuola che una via indiretta per giungere ad un mezzo diretto d'economia, cioè alla riduzione della *potenza* e quindi del *peso* del motore, essendochè è colla riduzione della potenza e del peso del motore che si conseguiscono nella costruzione, nella trazione e nella manutenzione molte di quelle economie che l'ing. Agazzi ha così bene esposte da dispensarci da ogni ulteriore parola al riguardo. Or bene prendendo le mosse dalle sue stesse considerazioni, ricorderemo di nuovo che la potenza del motore si manifesta sotto due aspetti nelle strade ferrate, cioè nella *gravità del carico* e nella *velocità*. Qualunque di questi due fattori si diminuisca, ne viene una riduzione della potenza, e quindi del peso del motore, che trae seco tutte le economie che ne sono la conseguenza.

35. Velocità e carico. — Ma noi abbiamo dimostrato che *velocità* è tempo, è *moneta* pel pubblico e che rappresenta un aumento di traffico e quindi di *guadagno* per l'esercente di ferrovie: perciò la velocità è tutto quanto *lavoro utile*. Al contrario la gravità del carico va distinta in due parti: l'una è *peso utile* (merci o viaggiatori): l'altra è peso morto o *resistenza passiva*. Al peso utile si applicano le parole dell'ing. Agazzi, che cioè esso dipende dalle condizioni speciali di ciascuna linea e che dobbiamo desiderare che sia di una certa entità. Ma è questa sopratutto una questione di movimento e traffico, e la trazione non vi ha che un'influenza subordinata. Al contrario il carico passivo è questione sopratutto di trazione e materiale e dobbiamo desiderare che esso sia il minore possibile. Tuttavia, come mostreremo in seguito, sulle nostre linee minori l'effetto utile di un treno ossia la proporzione del peso che paga a quello che non paga non vi è al massimo che dal 10 al 12 per cento, mentre in media vi è solo dal 2 al 3 per cento.

L'applicazione (così giustamente lamentata dal comm. Biglia) all'esercizio delle linee minori, di mezzi e criterii poco dissimili da quelli delle linee primarie, ha fatto sì che nella pratica ferroviaria in genere finora si considerasse la gravità del carico passivo come variabile solo entro limiti assai ristretti. Così se per una linea primaria di massima affluenza, un treno viaggiatori per 400 persone pesa a vuoto 120 tonnellate; per una linea minore un treno per sole 100 persone non peserà solo un quarto del treno primitivo, ossia 30 tonnellate, ma salirà a 67 o 70 tonnellate che è press'a poco il peso del treno-viaggiatori minimo sulle nostre linee. Così mentre la diminuzione del numero dei viaggiatori è da 4 ad 1, quella del peso del treno non sarebbe al più che da 4 a 2, 1. Se poi come avviene di spesso i viaggiatori si riducono da 400 a 40, cioè da 10 ad 1, la diminuzione del peso del treno non sarà all'incirca che da 10 a 5,4.

Adunque non avendosi finora conosciuto come scemare nel modo voluto il carico passivo, allo scopo di diminuire la potenza del motore sulle linee minori, si cominciò a far pesare la mano sull'altro elemento, cioè sulla velocità riducendola quasi fino al limite sotto cui non era più possibile andare per non rendere quasi illusorio il benefizio della ferrovia e per non fare più attiva la concorrenza dei mezzi di trasporto ordinari. L'adozione delle locomotive e dei veicoli proposti dall'ingegnere Agazzi e l'utile riduzione delle classi da tre a due, trarrebbe con sè il vantaggio, senza dubbio apprezzabile, d'aumentare l'effetto utile massimo e quello ordinario di un treno per linee minori. Ma ne scapita la velocità che forse in pratica si ridurrebbe a non più di 20 o di 25 chilometri l'ora.

Or bene, dato anche codesto leggero aumento d'effetto utile, il peso morto del treno sarà ancora di 10 a 20 volte superiore a quello del peso utile: v'ha quindi sempre un margine abbastanza ampio entro cui è desiderabile e, come la scienza ci fa sperare, forse anche possibile, ridurre il peso morto senza diminuire, anzi aumentando la velocità. Abbiamo adunque da una parte la velocità che è *lavoro utile*, dall'altra il peso morto che è *resistenza:* prima di ridurre la quantità di lavoro *attivo* riduciamo di quanto sia possibile la resistenza o lo sforzo *passivo*. Così alla formola dell'egregio ing. Agazzi: « chi vuole ferrovie economiche cominci dal ridurre il diametro delle ruote motrici delle locomotive » cerchiamo di sostituirne un'altra: « *chi vuole ferrovie economiche cominci dal ridurre il carico passivo del treno.* »

Vedremo nel prossimo numero come ciò siasi felicemente tentato mediante il così detto « Servizio economico » delle ferrovie, in favore del quale saremmo lieti di poter aggiungere tra la schiera dei suoi valenti propugnatori anche il nome autorevole dell'ing. Agazzi.

36. Manutenzione. — Poco ci resta a dire quanto alla spesa di manutenzione, di cui una quota è costante ed è dovuta all'azione del tempo, l'altra è variabile e si può ritenere proporzionale al peso dei treni. Col ridurre d'assai la gravità del carico, si diminuisce naturalmente il peso del treno, e quindi alla minor spesa dell'armamento si aggiunge anche il risparmio nella manutenzione.

37. — Ricapitolando potremo dire che l'economia dell'esercizio consiste anch'essa in quel maggiore adattamento del mezzo al fine, mediante cui si giunge a trovare nella correlazione tra prodotto lordo e spesa d'esercizio quel punto in cui è massimo il *profitto netto*.

A tale risultato si giunge in pratica mediante il fecondo processo economico dell'analisi e della sintesi, della divisione e della coordinazione del lavoro. Il direttore del Movimento e Traffico mira all'incremento massimo del medesimo, classificando le varie specie di traffico e determinando quale sia la *tariffa* e la *qualità del servizio* che meglio risponde a ciascuna classe. Secondo i suoi dati l'ingegnere della Trazione e del Materiale studia quel congegno maraviglioso che è il treno, sotto il suo duplice aspetto della *quantità di trasporti* (gravità del carico) e della *velocità*, cercando di determinare quale sia il minimo costo per ottenere un dato effetto utile (quantità moltiplicata per la velocità) con prevalenza dell'uno o dell'altro fattore a seconda dei bisogni del traffico. Partendo da questi dati l'ingegnere della manutenzione studia alla sua volta i rapporti intimi tra il peso dei treni e la solidità od il costo dell'armamento e ricerca quale sia la spesa minima per ottenere l'effetto voluto. Per ultimo il direttore generale dell'esercizio riunisce insieme i dati a lui forniti dai vari servizi e li coordina in modo da ottenere quella correlazione tra la massa del traffico e la qualità del servizio, ossia tra il prodotto lordo e la spesa d'esercizio, che si risolve nel massimo profitto netto.

L'economia dell'esercizio è adunque una questione complessa di fine e di mezzi: di Movimento e Traffico da una parte e di Trazione e Manutenzione dall'altra. Chi la considera sotto uno solo di questi aspetti, quello del traffico o della trazione, si pone da un punto di vista parziale ed ommette un altro degli aspetti del problema. Il quale problema altro non è che un caso pratico del principio che sta a base dell'economia industriale in genere: *ottenere col minimo mezzo il massimo effetto utile.*

Ma, come nella produzione industriale bisogna ridurre di quanto è possibile il *costo* di produzione prima di rendere inferiore o scadente la *qualità* del prodotto: così nel servizio ferroviario bisogna ridurre al minimo le *resistenze* (carico passivo) prima di deteriorare la *qualità* del servizio, ossia prima di ridurre la velocità; essendochè non può essere un buon principio economico quello di diminuire la *potenza* meccanica delle ferrovie, la quale ci è data dalla *quantità* dei trasporti moltiplicata per la *velocità*, bensì devesi pensare dagli Ingegneri ad esercitarla nel modo più economico *per mezzo* dell'aderenza, e del veicolo: calore!

Questo è il punto in cui mi permetto di dissentire dall'egregio ing. Agazzi alla cui abile e dotta trattazione, meritamente accolta dalla Commissione Governativa, mi si conceda di aggiungere anche il mio debole plauso.

VIII.

Conclusioni intorno alla base dell'Economia ferroviaria.

38. — Da quanto abbiamo detto ci pare risulti come l'economia ferroviaria considerata nel senso ristretto da noi sovraccennato, costituisca un ramo dell'economia industriale in genere, e con essa abbia per base di *conseguire il massimo effetto utile col minimo mezzo.*

Tradotto nella pratica ferroviaria questo principio altro non significa che *soddisfare alla maggior massa di traffico possibile col minimo costo di trasporto:* ossia trovare nella correlazione tra il *prodotto lordo* ed il *costo del trasporto* quel punto in cui è *massimo il profitto netto.*

Di qui già si scorge come tutta quanta l'economia ferroviaria si presenti sotto un duplice aspetto economico: quello *amministrativo* che ha per oggetto il prodotto lordo e che deve precedere quello *tecnico* che si riferisce al costo di trasporto. Il prodotto lordo è uguale alla tariffa moltiplicata per la massa del traffico, la quale dipende in parte dalla tariffa stessa e dalla qualità del servizio. E siccome la velocità è uno degli elementi della qualità del servizio, così essa sarà pure uno dei fattori della quantità del traffico e quindi del prodotto lordo. Alla sua volta, siccome il *costo del trasporto* è rappresentato dall'*annualità* in conto capitale di costruzione e dalla *spesa dell'esercizio*, così si manifesta quell'intima colleganza tra l'economia della costruzione e quella dell'esercizio che deve condurci a cercare la *media economica nel rapporto inverso tra il costo di costruzione e quello dell'esercizio*, a fine di ottenere il minimo costo del trasporto.

39. — La distinzione sovra posta tra l'elemento amministrativo e quello tecnico la si riscontra in tutti gli stadii successivi, attraverso a cui passa l'esistenza d'una ferrovia, e ci permette di conseguire quel massimo adattamento del mezzo al fine che è principio generale dell'economia. Così:

a) nel progetto di una linea — l'elemento amministrativo ci dà in base all'*andamento* della linea il calcolo preventivo della massa del traffico cui essa deve servire; l'elemento tecnico ci dà in base al *tracciato* il calcolo del costo del trasporto sulla linea stessa (costruzione ed esercizio): il confronto tra i due elementi permette di giudicare della utilità economica o no della linea progettata;

b) nella costruzione — l'elemento amministrativo ci conduce alla classificazione delle diverse linee, secondo la natura del traffico cui devono servire, in linee *primarie*, *secondarie* e *locali:* l'elemento tecnico ci insegna a proporzionare in ciascuna classe il *tracciato*, la *costruzione* e l'*armamento* di ciascuna linea al traffico che deve percorrerla. Così si ottiene l'*individuazione* di ciascuna linea secondo le circostanze di tempo e di luogo, pure mantenendone la *perfettibilità* e sopratutto conservando la *continuità* della via mediante l'adozione del binario normale nei limiti sopra determinati;

c) nell'esercizio — l'elemento amministrativo ci consente di distinguere le varie *specie e classi di traffico*, e di determinare quale sia la *tariffa* e la *qualità del servizio* meglio atta a promuoverne lo sviluppo. L'elemento tecnico ci indica quale sia il mezzo più appropriato a servire ciascuna specie di traffico, ricercando in pari tempo quale sia la minore resistenza passiva che si debba vincere per ottenere il massimo effetto utile voluto quale ci è dato dalla *quantità* di trasporti moltiplicata per la *velocità.*

A questo processo di divisione, ne fa riscontro un altro di coordinazione del lavoro, che non solo contempera tra di loro in ciascuno stadio dell'esistenza d'una ferrovia, l'elemento amministrativo e quello tecnico, ma che pure coordina l'una all'altra l'economia della costruzione e quella dell'esercizio in guisa da costituire nel modo il più economico quel congegno uno, potente, maraviglioso, che chiamasi ferrovia. Ma questa unità di concetti direttivi non deve impedire, deve anzi promuovere la molteplicità dei fini e dei mezzi. Ogni giorno si fa più accentuato l'abbandono della unità del tipo di costruzione e di tariffe, a cui tiene dietro l'abbandono dell'unità dei sistemi o del materiale d'esercizio, giacchè individuazione è progresso, è economia.

Ma come ci lusinghiamo che l'individuazione della costruzione non abbia a compiersi a danno dell'*unità del binario* che è la base della *continuità* della via, così ci auguriamo che l'individuazione dell'esercizio non abbia per effetto di diminuire quella *velocità* che moltiplicata per la *quantità* dei trasporti, è l'espressione della *potenza produttiva* delle ferrovie.

Berlino, 1° febbraio 1880.

MAGGIORINO FERRARIS.

ESPOSIZIONE UNIVERSALE DI PARIGI DEL 1878

Materiale e processi dell'industria mineraria e metallurgica

Relazione dell'Ingegnere CELSO CAPACCI.

Fra le Relazioni dei giurati italiani, che si stanno pubblicando per cura del Ministero di Agricoltura, Industria e Commercio, merita d'essere in particolar modo segnalata quella sulla classe L « Materiale e processi dell'industria mineraria e metallurgica » di ben 254 pagine di stampa e 25 tavole litografate.

L'industria *mineraria* e *metallurgica*, oltrecchè avere una grande importanza dal punto di vista della ricchezza creata annualmente, e della qualità dei prodotti, è pure sotto l'aspetto tecnico di straordinario interesse, essendo per essa che si costruiscono apparecchi e macchine le più grandiose, sia per l'estrazione dei minerali, per l'eduzione delle acque, e per la ventilazione dei cantieri, sia per la fusione dei minerali, la martellatura e laminatura dei metalli. È inoltre per essa che si mettono in opera i più meravigliosi processi, che sono il risultato di una ragionata applicazione delle scienze meccaniche, fisiche e chimiche.

Dicesi *coltivazione delle miniere* quell'arte che impiega procedimenti tecnici adatti ad estrarre i minerali e le roccie dal seno della terra, per metterli a disposizione dell'uomo. Ma come non vi è prodotto minerale il quale possa venire impiegato quale esce dal suolo, così tengono dietro due generi di lavorazione: la *preparazione meccanica*, e il *trattamento metallurgico.* La prima è una operazione essenzialmente fisica; l'altra è essenzialmente chimica. La *preparazione meccanica* dei minerali, ha per iscopo di sceverare dalla materia utile le sostanze ad essa commiste in modo da renderla o pura e quindi direttamente utilizzabile (combustibile) o talmente ricca in tenore da poter passare al trattamento metallurgico. La *metallurgia*, traendo dall'operazione precedente la sua materia prima, la tratta con processi suoi speciali tendenti a produrre i metalli allo stato di purezza.

Le tre arti suddette ebbero ognuna, in questi ultimi anni, perfezionamenti e innovazioni ragguardevolissime, ed è appunto di questi perfezionamenti e di queste innovazioni che tratta la Relazione dell'ingegnere Capacci, divisa in due parti, di cui la prima comprende ciò che ha riguardo alla coltivazione delle miniere, e la seconda racchiude ciò che spetta al trattamento dei minerali, ossia alla preparazione meccanica ed ai processi metallurgici.

I. — *Materiale delle miniere.*

L'autore incomincia dal riassumere per sommi capi quali sono le particolarità nelle quali la coltivazione delle miniere ha progredito in questi ultimi tempi.

Gli apparecchi e processi delle trivellazioni, gli apparecchi meccanici per lo scavo delle roccie, le macchine per lavorare le pietre e i marmi, i nuovi compressori dell'aria, le macchine ed apparecchi per l'estrazione dei minerali, quelle per l'eduzione delle acque, il materiale di trasporto e di caricamento, gli apparecchi di sicurezza e prevenzione, ed infine gli apparecchi per il lavoro negli ambienti irrespirabili, formano altrettanti capitoli della 1ª Parte della Relazione Capacci, che noi ci proponiamo di passare in rapida rivista.

TRIVELLAZIONI. Esse hanno ricevuto un'estensione ed un perfezionamento grandissimo. Quelle a *scopo di ricerca* sono rese oggi giorno di un uso comune, tanto pei terreni carboniferi, che per quelli supposti contenere petrolio, sal gemma o minerali metallici in filoni o strati. Per i *pozzi artesiani*, ultimamente forati, furono impiegati processi e meccanismi nuovi. Le *trivellazioni col diamante* hanno grande successo e rapido sviluppo. L'applicazione infine dei procedimenti delle trivellazioni ordinarie alla *perforazione dei pozzi nei terreni acquiferi*, secondo i sistemi Kind-Chaudron e Lippmann, ha reso all'industria dei combustibili fossili i più rilevanti servigi.

Il materiale del trivellatore è oggi così complesso, e talmente adatto ad ogni genere di operazione, che al giorno d'oggi sono resi possibili lavori non prima d'ora riusciti. La rapidità e sicurezza colle quali si eseguiscono codeste trivellazioni, sono altre vittorie di questi ultimi tempi.

Le trivellazioni si eseguiscono o con apparecchi a percussione, o per mezzo di rotazione col diamante.

Le trivellazioni per percussione ad asta rigida, si compiono oggidì mediante apparecchi *a caduta libera*, i quali costituiscono il maggior perfezionamento che l'epoca nostra abbia recato all'arte del trivellatore. Essendochè il peso dell'asta non ha più nessuna azione nell'operazione del battere, ma lo si può equilibrare completamente; epperò la forza necessaria a trivellare non è che quella richiesta per sollevare il trapano. Oltrecchè l'asta non partecipando più agli urti del cesello, si troverà in condizioni di conservazione molto maggiori e potrà avere le sole di-

mensioni necessarie a sopportare il peso del trapano. Si potrà inoltre andare a grandi profondità senza che il soverchio peso dell'asta contrarii l'operazione, e senza pericolo ch'essa battendo contro le pareti del foro, si rompa. Infine tale indipendenza permette di aumentare la velocità della percussione.

Ma volendosi operare con rapidità straordinaria, attraverso terreni abbastanza duri e ben omogenei, si ricorre alla trivellazione col diamante, sebbene il prezzo riesca in generale più elevato che per le trivellazioni a percussione; la perdita dei diamanti entra per una parte considerevole in questo maggior costo. È molto difficile dare su questa materia qualche cifra media. Pure si può dire che per fori di 5 a 7 centimetri di diametro, e per profondità di 200 a 300 metri, l'avanzamento medio nelle roccie omogenee e dure possa ritenersi in media di 5 metri per 24 ore. E quanto al costo, non sembra ad ogni modo minore di 400 franchi al metro.

Della trivellazione col diamante i più grandi fautori esistono negli Stati Uniti d'America, ove fino dal 1860 cominciò ad essere usata, in Inghilterra ed in Germania; in Francia invece si è più propensi alla trivellazione per percussione.

I limiti di restrizione della perforazione col diamante sono varii. Con essa non si può escire dai piccoli diametri, giacchè una corona di grandi dimensioni è inapplicabile. Essa è impotente in alcune roccie, specialmente per le puddinghe, i conglomerati, le argille e sabbie, e in generale per tutti i terreni che offrono piccola resistenza alla corrosione, e sopratutto disuguale nelle diverse parti.

Una grande difficoltà proviene dai conglomerati o elementi duri riuniti da cemento poco resistente, giacchè quivi la trivella è sottoposta ad urti che rompono e snidano i diamanti dalla corona. La quantità considerevolissima d'acqua richiesta per il lavoro può essere anche un elemento di restrizione, giacchè in un periodo di lavoro costante possono occorrere fino a 540 metri cubi d'acqua in 24 ore.

Il campo di azione ideale della trivella armata di diamanti è una roccia di durezza rilevante, e della massima omogeneità. Quivi la vediamo operare con una rapidità meravigliosa, e per es. a Chesterfield si è arrivati a forare metri 23,37 in 24 ore. Oltrecchè il vantaggio di ottenere su tutta l'altezza del foro dei testimoni del terreno attraversato, colla orientazione e inclinazione esatta degli strati, è certamente una considerazione di gran valore, sopratutto nel caso di uno studio accurato del suolo.

Le trivellazioni per percussione ad asta rigida sono assai più economiche di quelle col diamante, ma sono di una lentezza considerevolmente maggiore. Così per trivellazioni in terreni assai duri e profondità di 200 a 300 metri, l'avanzamento non è che di metri 1,30 a 1,50 per 24 ore: ed alla profondità di 600 metri l'avanzamento non è più che di 1 metro. Riguardo al costo può ritenersi di 60 franchi il metro per un foro ordinario non rivestito, e di 100 franchi se rivestito di tubatura.

Le difficoltà di applicare i processi delle trivellazioni ordinarie alla perforazione dei pozzi di miniere attraverso terreni acquiferi sono pure state molto recentemente risolte. Dopo un primo tentativo fatto da Mulot, e che non ebbe esito felice a causa della imperfezione della tubatura, solo Kind e Chaudron presentarono, il primo un trapano ed il secondo un sistema di tubatura il cui insieme costituisce il processo col quale si fora oggi la quasi totalità dei pozzi nei terreni acquiferi. Il dire che il processo Kind e Chaudron è stato uno degli elementi principali dell'incremento dell'industria mineraria carbonifera nel Nord della Francia, in Belgio e nella Ruhr in Vestfalia, non è certo una esagerazione. Giacchè ognun sa come i bacini carboniferi di questi paesi sieno coperti da strati di terreno cretaceo, terziario e diluviano di spessore variabile da 40 a 300 metri, i quali sono difficilissimi a traversare a causa della loro instabilità e ricchezza d'acqua.

È superfluo insistere sulla importanza delle trivellazioni a gran diametro nei terreni acquiferi (*à niveau plein*). Rapidità, economia, e possibilità di traversare qualunque terreno sono i tre caratteri di superiorità sul sistema ordinario a mano. Quanto alla rapidità si possono citare esempi di tempo triplo e quadruplo impiegato col sistema ordinario. Riguardo all'economia abbiamo il caso della miniera di carbone di Rheinelbe in Vestfalia di cui il pozzo numero 1 profondo 100 metri eseguito col metodo ordinario costò 2,500,000 franchi, mentre il pozzo numero 2 situato a poca distanza dal primo e ugualmente profondo, forato col sistema Lippman costò 500,000 franchi.

Le nozioni esposte invoglieranno il lettore a prendere cognizione, nella Relazione dell'ing. Capacci, di codesti apparecchi, quali erano esposti a Parigi, e che non potrebbero essere descritti senza l'aiuto di molte figure, e senza entrare in minuti particolari. *(Continua)*

Concorso d'ingegneria. — Il governo del Belgio, con decreto del 14 dicembre 1874, ha istituito un concorso internazionale annuo con premi di 25,000 fr., per incoraggiare i buoni studi.

Il tema posto a concorso per il 1881 ha per titolo: *Moyens d'améliorer les ports établis sur des côtes basses et sablonneuses comme celles de la Belgique.*

I concorrenti stranieri dovranno inviare le loro opere, scritte o stampate, prima del 1° gennaio 1881 al Ministero dell'Interno a Bruxelles.

L'opera manoscritta che otterrà il premio dovrà essere pubblicata nel corso dell'anno successivo.

Il giudizio sui lavori presentati spetta poi ad un Giurì nominato dal Re del Belgio, composto di sette membri di cui tre del Belgio e quattro di altre nazionalità.

Sono pervenute alla Direzione le seguenti pubblicazioni:

1. — Notizie sulla vita e sulle opere di Bartolomeo Gastaldi. Discorso pronunziato il 17 novembre 1879 per l'inaugurazione di un busto in sua memoria nella R. Scuola d'Applicazione degli Ingegneri in Torino, da Agostino Cavallero. Op. in-8° di pag. 33.

2. — Società Italiana per le strade ferrate Meridionali. Risposte al questionario della Commissione Parlamentare d'Inchiesta sull'Esercizio delle ferrovie italiane. Volume in-4° di 488 pagine, con carte orografiche. — Firenze 1879.

3. — L'elasticità nella teoria dell'Equilibrio e della Stabilità delle vôlte. Vôlte simmetriche e simmetricamente sollecitate, per Giovanni Curioni. (Dalle Memorie dell'Accademia delle Scienze di Torino). Op. in-4° di 52 pagine, con due tavole. — Torino 1879.

4. — Ing. G. Cuppari. — Considerazioni sull'ordinamento dei Consorzii idraulici pei corsi d'acqua minori, e specialmente per quelli della Pianura Pisana, con un'Appendice sulle istituzioni idrauliche Olandesi. Op. in-8° di 62 pag. — Pisa 1880.

5. — Delle ritrecini che lavorano a battente variabile. Studi dell'Ing. Cesare Modigliano. Op. in-8° di 16 pagine. — Firenze 1879.

6. — Sulla determinazione grafica delle forze interne negli archi metallici. Memoria dell'Ing. Camillo Guidi. Op. in-4° di 18 pagine, con 2 tavole. — Roma 1879.

7. — Sulla determinazione grafica delle forze interne nelle travi appoggiate agli estremi sotto l'azione di un sopraccarico scorrevole. Memoria dell'Ing. Camillo Guidi. Op. in 4° di pag. 28 con 2 tavole. Roma 1880.

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

Elenco degli Allievi che superarono l'esame generale e conseguirono il diploma di INGEGNERE CIVILE nell'anno scolastico 1878-79.

N° d'ordine	Cognome e Nome	Punti riportati nell'esame
1	Allievi Lorenzo	100 su 100
2	Torricelli Giacomo	100 »
3	Coletta Giuseppe	98 »
4	Manassei Alberto	98 »
5	Grigolatti Arturo-Corrado	90 »
6	Baravelli Giulio-Cesare	85 »
7	Calapai-Stagno Giulio	85 »
8	Donadio Edoardo	85 »
9	Conti Giovanni	82 »
10	Castelli Torello	80 »
11	Sandrelli Alessandro	80 »
12	Ceci Pietro	78 »
13	Rebaudi Vittorio	78 »
14	Giunta Francesco	75 »
15	Sarti Prospero	75 »
16	Tittoni Tito	72 »
17	Ceribelli Francesco	70 »
18	Mutti Emilio	70 »
19	Pietromarchi Francesco	70 »

I candidati furono diciannove tutti aspiranti al diploma di *Ingegnere Civile*, e tutti riescirono approvati.

(Dall'*Annuario della Scuola di Roma*, per l'anno scolastico 1879-80).

R. SCUOLA D'APPLICAZIONE PER GLI INGEGNERI IN TORINO

CLASSIFICAZIONE

degli Allievi che nell'anno 1879 riportarono il Diploma di INGEGNERE CIVILE *o di* ARCHITETTO *secondo il Regolamento approvato con Decreto Reale in data 8 ottobre 1876.*

N° d'ordine di classificazione	COGNOME, NOME E PATRIA del Candidato	VOTI OTTENUTI nelle prove di profitto	VOTI OTTENUTI nell'esame generale	TOTALE dei voti
	Ingegneri civili.	massimo num. 1200	massimo num. 100	massimo num. 1300
1	Reggio Giacomo *Oneglia (Porto Maurizio)*	1132	100	1232
2	Galassini Alfredo *Modena*	1107	100	1207
3	Pratesi Attilio *Spezia (Genova)*	1090	100	1190
4	Cuttica di Cassine Giuseppe *Alessandria*	1089	92	1181
5	Natali Giuseppe *Umbertide (Perugia)*	1086	88	1174
6	Fettarappa Carlo *Casaleggio (Novara)*	1067	95	1162
7	Trona Vittorio *Ceva (Cuneo)*	1063	90	1153
8	Grillo Gaspare *Casale Monferrato (Alessandria)*	1034	100	1134
9	Demattei Virgilio *Casale Monferrato (Alessandria)*	1038	90	1128
10	Capello Vincenzo *Domodossola (Novara)*	1028	98	1126
11	Verole Pietro *Torino*	1022	85	1107
12	Marchesi Luigi *Copparo (Ferrara)*	1003	88	1091
13	Magliola Lorenzo *Biella (Novara)*	1006	85	1091
14	Averone Antonio *Marano Ticino (Novara)*	1017	72	1089
15	Bonelli Enrico *Torino* / Borelli Ernesto *Ponte Stura (Alessandria)*	993	80	1073
17	Calvi Alessandro *Reggio Emilia*	966	90	1056
18	Figari Luigi *Genova*	970	85	1055
19	Nazari Giuseppe *Novara*	971,500	80	1051,500
20	Favi Luigi *Spoleto (Perugia)*	964	85	1049
21	Filotti Giuseppe *Torino*	963	80	1043
22	Richetta Arturo *Ciriè (Torino)*	957,500	78	1035,500
23	Martinengo Alessandro *Torino*	937	90	1027
24	Morelli Felice *Rivoli (Torino)*	945	72	1017
25	Piccone Francesco *Alessandria*	946	70	1016
26	Perrachio Lodovico *Cuneo*	939,500	73	1012,500
27	Melano di Portula Emanuele *Torino*	926	80	1006
28	Barberis Edoardo *Mombercelli (Alessandria)*	920	83	1003
29	Oggero Enrico *Torino*	896	85	981
30	Salini Luigi *Carpaneto (Piacenza)*	898	80	978
31	Buffa Alberto *Ovada (Alessandria)*	889,500	88	977,500
32	Ferrando Giuseppe *Torino*	890	85	975
33	Cedale Pietro *Fontanetto Po (Novara)*	880,500	90	970,500
34	Balladore Antonio *Torre Beretti (Pavia)*	894	72	966
35	Occella Federico *Torino*	882	80	962
36	Calcagno Giuseppe Luigi *Arenzano (Genova)*	887	75	962
37	Porta Alberto *Montanera (Cuneo)*	875	85	960
38	Berta Ernesto *Almese (Torino)*	880	80	960
39	Beltrami Federico *Pont Canavese (Torino)*	875	84	959
40	Gilodi Costantino *Borgosesia (Novara)*	878	80	958
41	Ferrari Domenico *Castelnuovo Rangone (Modena)*	867,500	90	957,500
42	Fiorentini Giustino *Calvi dell'Umbria (Umbria)*	875	80	955
43	Gotta Pietro *Gamalero (Alessandria)*	879	75	954
44	Ivaldi Luigi *Bistagno (Alessandria)*	857,500	90	947,500
45	Righini Eugenio *Ferrara*	866,500	75	941,500
46	Cuneo Stefano *Genova*	852,500	85	937,500
47	Salimbeni conte Filippo *Modena*	844,500	85	929,500
48	Muggiani Giannetto *Piacenza* / Rolle Augusto *Torino*	850	70	920
50	Lova Carlo *Pavia*	838	77	915
51	Murgia-Morongio Diego *Sassari*	842,500	70	912,500
52	Biondi cav. Giuseppe *Parma*	834	75	909
53	Travelli Giuseppe *Oleggio (Novara)*	837	70	907
54	Lodigiani Francesco *Ottobiano (Pavia)*	808,500	90	898,500
55	Bernaschina Bernardo *Maggiora (Novara)*	820	77	897
56	Roversi Odoardo *Mezzalora (Bologna)*	817,500	70	887,500
57	Livi Vincenzo *Prato (Firenze)*	805	70	875
58	Tessiore Fortunato *Cigliano (Novara)*	809	65,500	874,500
59	Cossu Cesare *Cagliari*	811	60	871
60	Molinari Augusto *Carpi (Modena)*	796	73	869
61	Degiorgis Giuseppe *Cinaglio (Alessandria)*	793,500	75	868,500
62	Dodero David *Genova*	785	78	863
63	Gianelli Giuseppe Pietro *Buenos-Ayres (America)*	779,500	80	859,500
64	Filadoro Carlo *Caloveto (Cosenza)*	781,500	75	856,500
65	Omodeo-Salè Pietro *Gravellona (Pavia)*	779	74	853
66	Bruzzone Tommaso *Genova*	782,166	70	852,166
67	Pellizzola Luigi *Copparo (Ferrara)*	777	72	849
68	Barberis Angelo *Casale Monferrato (Alessandria)*	772,500	70	842,500
69	Mascardi Luigi *Genova*	766,500	75	841,500
70	Riva Cesare *Chivasso (Torino)*	757,833	75	832,833
71	Carena Giuseppe *Boffalora Ticino (Milano)*	751	72	823
72	Baroli Giuseppe *Cremona*	748,833	70	818,833
73	Penco y Sagra Roberto *Montevideo (America)*	743	75	818
74	Bozzetti Andrea *Pieve di Porto Morone (Pavia)*	731,500	80	811,500
75	Fusi Valerio *Pavia*	730,666	70	800,666
76	Ferrero Emilio *Cinaglio (Alessandria)*	714,500	70	784,500

Andreini Balilla *Pistoia (Firenze)*
Bajardi Lorenzo *Cerreto Grue (Alessandria)*
Cavallini Giulio *Firenze*
Ferrari Taddeo *Besano (Como)*
Ferri Giorgio *Lucca*
Fioravanti Antonio *Volterra (Pisa)*
Fontana Fortunato *Cremona*
Forti Augusto *Pisa*
Grignaschi Bernardo *Intra (Novara)*
Lenchantin De Gubernatis Gius. *Genova*
Lissi Roberto *Gambolò (Pavia)*
Lucchesi Arturo *Bagni di Lucca (Lucca)*
Salvadori Mario *S. Miniato (Firenze)*
Zappieri Aldo *Parma*

Fuori di classificazione, non avendo sostenuto presso questa R. Scuola tutti gli esami dei due ultimi anni di corso.

	Architetti.			
1	Odero Luigi *Genova*	510	75	585

OSSERVAZIONI

Il numero delle prove di profitto, le quali, giusta i regolamenti ora in vigore, ogni allievo deve sostenere, oltre all'esame generale, è di 12. Quelle sostenute da ciascun candidato architetto è di 8. Il massimo dei punti per ciascuna prova è di 100.

Quando il totale dei voti risultò uguale fra più allievi, si diede la precedenza a quello che ne ottenne maggior numero nell'esame generale.

Torino, 31 dicembre 1879.

IL DIRETTORE DELLA SCUOLA
RICHELMY.

SACHERI GIOVANNI, *Direttore.* Tip. e Lit. CAMILLA E BERTOLERO, Editori. L. F. CAMILLA, *Gerente.*

Fig. 1 *Metà del prospetto a monte.*

Metà della sezione verticale secondo l'asse del ponte. Fig. 2.

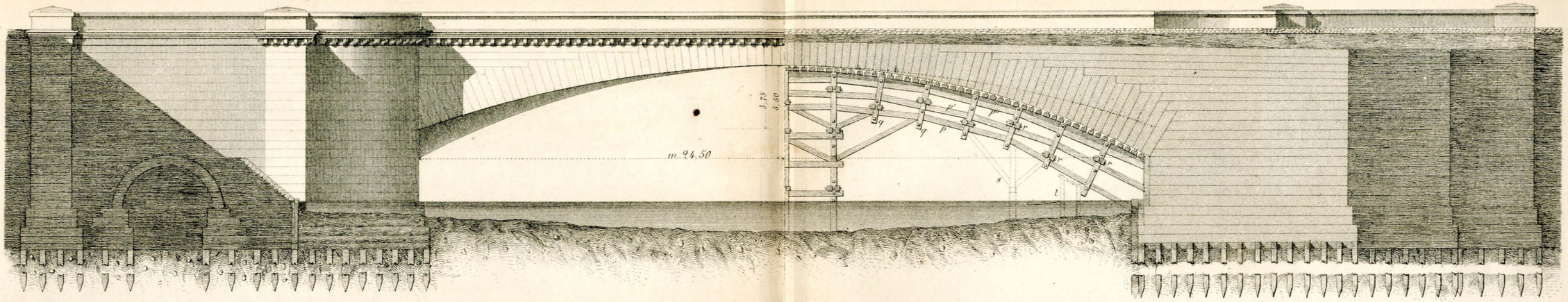


Fig. 7ª

Pianta della spalla sinistra ad opera finita. Metà a valle.

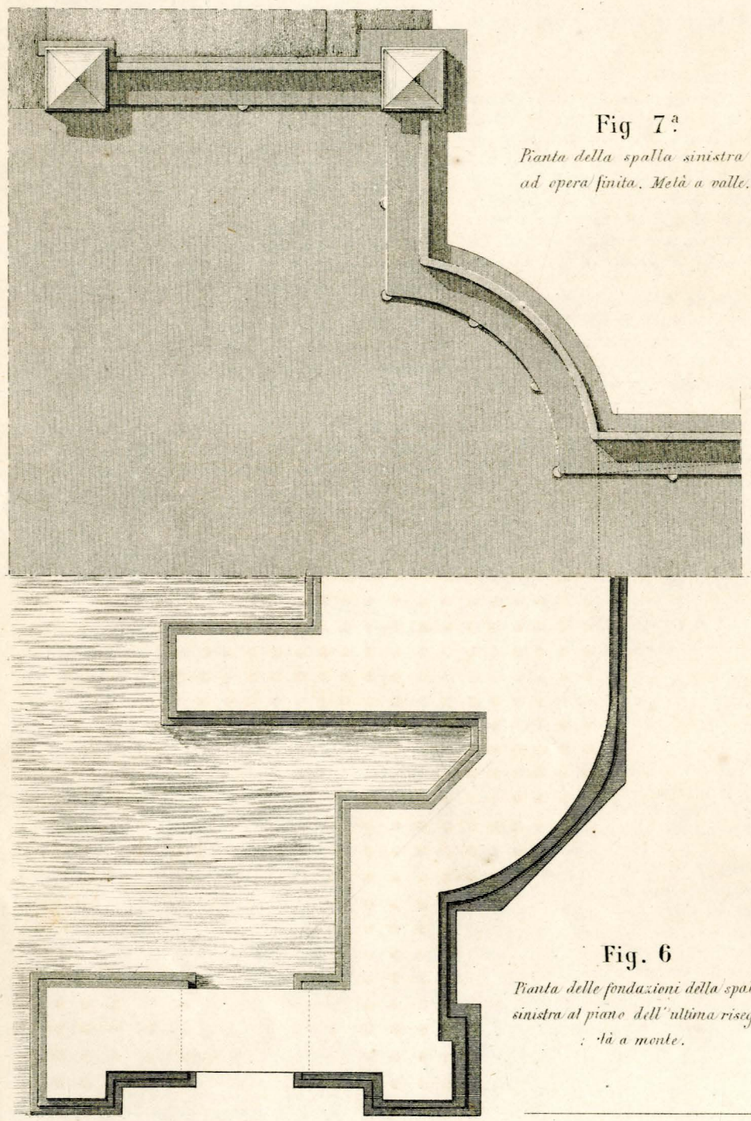
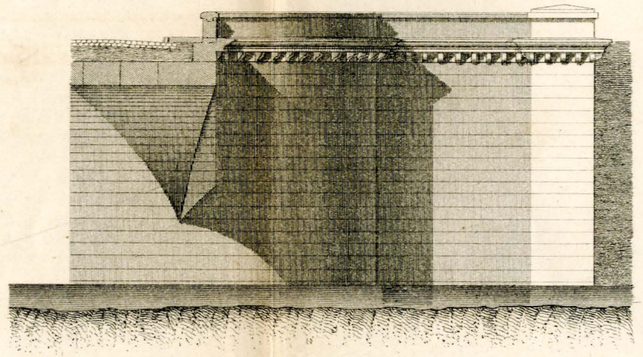


Fig. 6

Pianta delle fondazioni della spalla sinistra al piano dell'ultima risega verso monte.

Fig. 3.

Sezione secondo un piano verticale passante per l'asse dell'arcata e prospetto di metà della spalla sinistra a valle



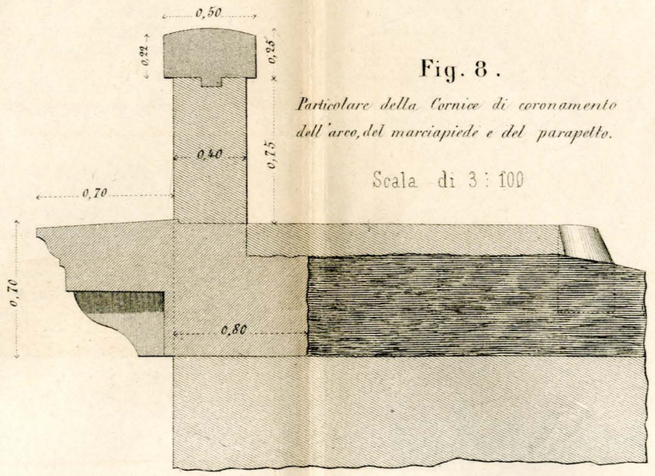
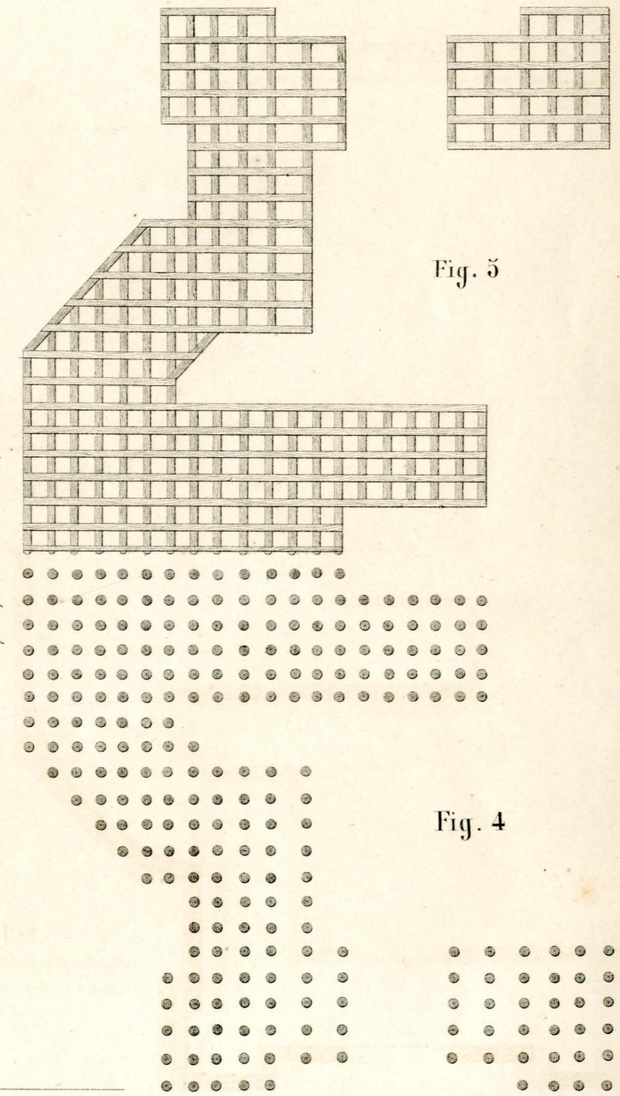


Fig. 8.

Particolare della Cornice di coronamento dell'arco, del marciapiede e del parapetto.

Scala di 3 : 100

Scala di 4 : 1000 per le Fig. 1 à 7



Pianta della palificata della spalla destra.

Fig. 5

Fig. 4

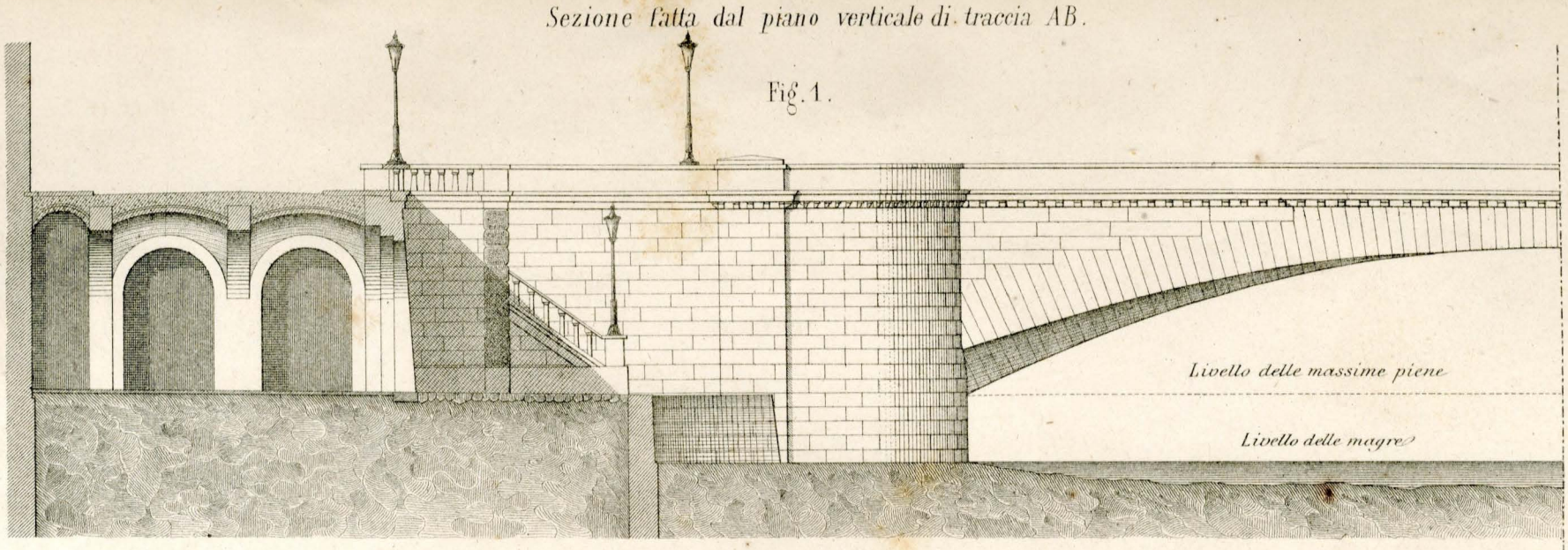
Proprietà Artistico Letteraria

Torino, Tip. Lit. Camilla e Bertolero.

IL PONTE MOSCA SULLA DORA RIPARIA PRESSO TORINO

Sezione fatta dal piano verticale di traccia AB.

Fig. 1.



Sezione fatta da un piano verticale passante per l'asse dell'arco del ponte Mosca

Fig. 2.

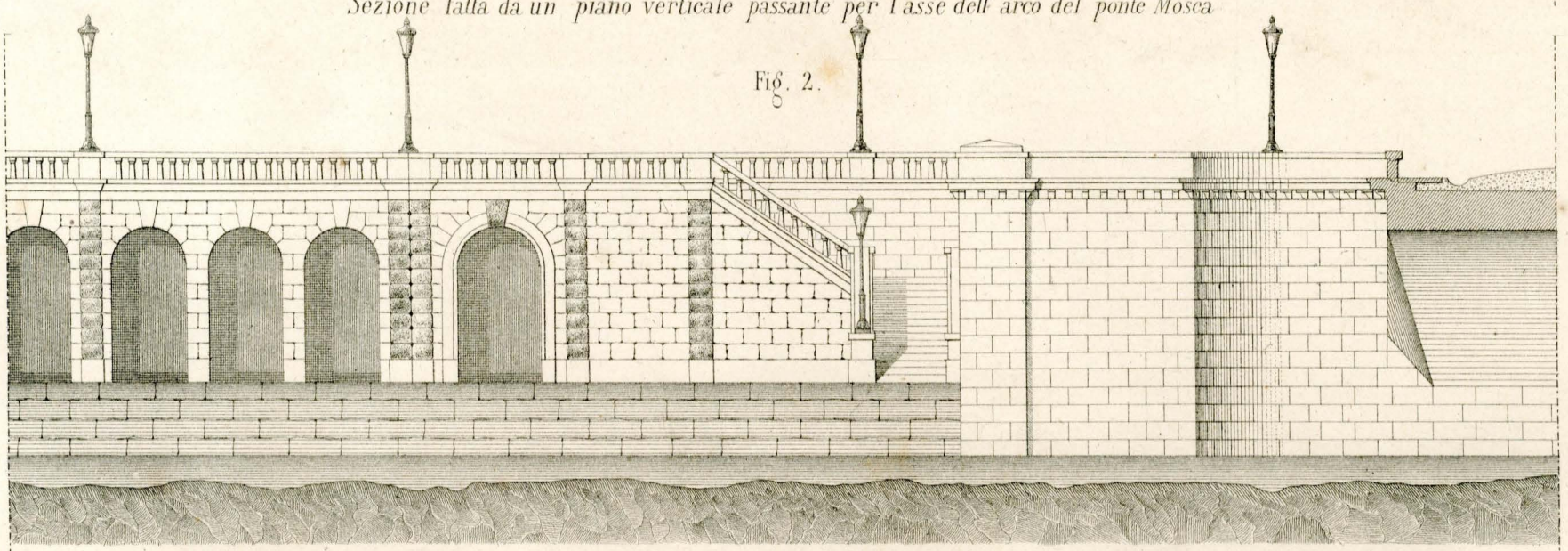
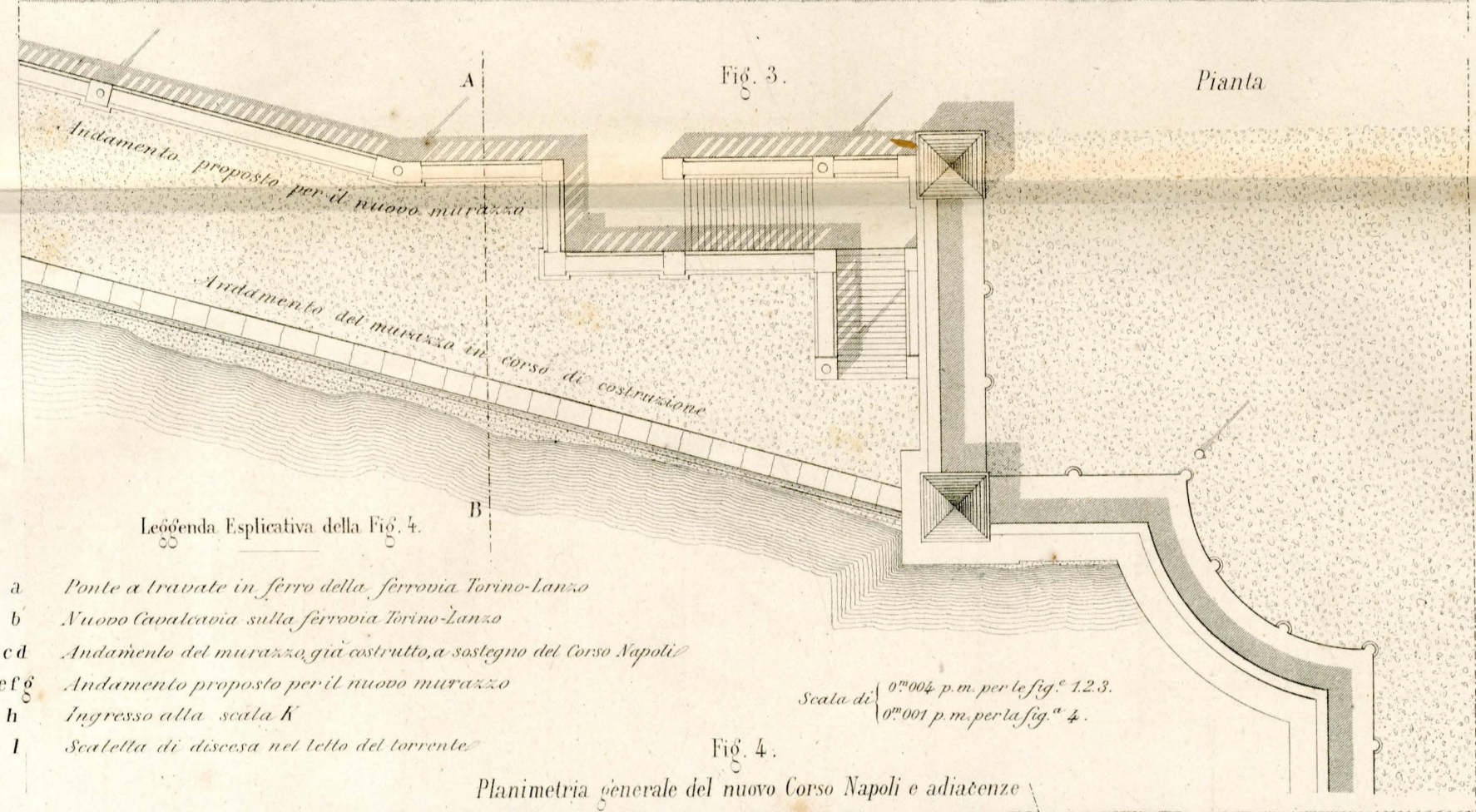


Fig. 3. *Pianta*



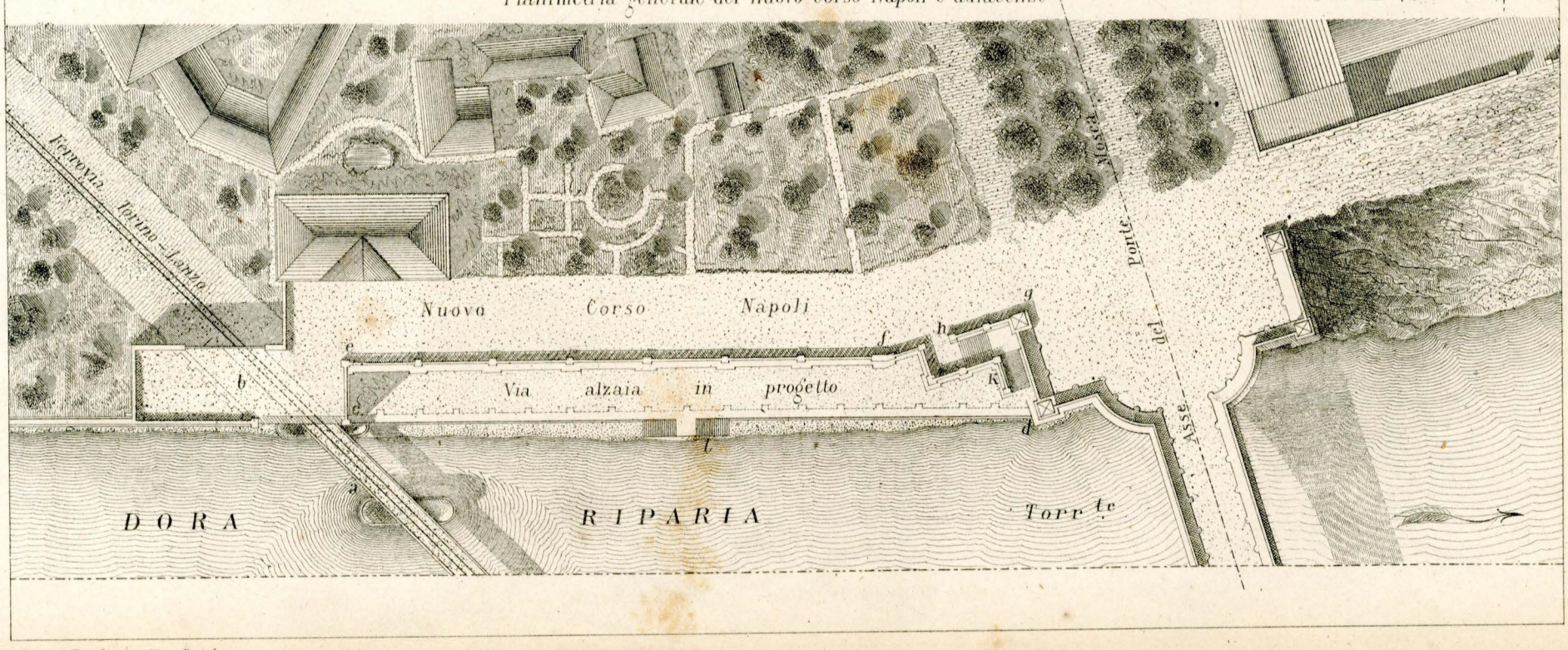
Leggenda Esplicativa della Fig. 4.

a *Ponte a travate in ferro della ferrovia Torino-Lanzo*
b *Nuovo Cavalcavia sulla ferrovia Torino-Lanzo*
c d *Andamento del murazzo già costrutto, a sostegno del Corso Napoli*
e f g *Andamento proposto per il nuovo murazzo*
h *Ingresso alla scala K*
l *Scaletta di discesa nel letto del torrente*

Scala di { 0.m004 p.m. per le fig.e 1.2.3. / 0.m001 p.m. per la fig.a 4.

Fig. 4.

Planimetria generale del nuovo Corso Napoli e adiacenze



Torino, Tip.e Lit. Camilla e Bertolero

PROGETTO DI TRASFORMAZIONE DEL MURAZZO DEL NUOVO CORSO NAPOLI

tra il Ponte Mosca e la ferrovia Torino-Lanzo *(Tav. II.)*