

CANALE DI DERIVAZIONE DALLA DORA BALTEA

presso il ponte della ferrovia Torino-Milano per alimentare il Canale Cavour

DISSERTAZIONE

PRESENTATA

ALLA COMMISSIONE ESAMINATRICE

DELLA

Regia Scuola d'Applicazione per gl'Ingegneri in Torino

DA

VOGLINO GIOVANNI

da **Rivalta-Bormida** (Acqui)

ALLIEVO DEL REALE COLLEGIO DELLE PROVINCE

PER ESSERE DICHIARATO

INGEGNERE CIVILE LAUREATO

1870

TORINO

TIPOGRAFIA C. FAVALE E COMP.

DISSEMINAZIONE

ALLA COMMISSIONE ESAMINATRICE

VOCALINO GIOVANNI

INGEGNERE CIVILE LAUREATO

1870

ROMA

PIRELLA G. TAVARELLI & C.

AI MIEI DILETTI GENITORI
AGLI OTTIMI MIEI FRATELLI E SORELLE
ED IN ISPECIE A VOI
G. ANTONIO ED ANGELO
TANTO GENEROSI VERSO DI ME
QUESTO TENUE SÌ MA SINCERO PEGNO
DI AFFETTO E RICONOSCENZA
E LE GIOIE DI QUESTI GIORNI
DEDICO CONSACRO

RELAZIONE

DELLA VISITA

fatta dagli allievi della R. Scuola d'Applicazione per gl'Ingegneri

AL CANALE DI DERIVAZIONE DALLA DORA BALTEA

PER ESERCITAZIONE PRATICA

DEL CORSO DI COSTRUZIONE





SOMMARIO DELLA DISSERTAZIONE



Introduzione. — Necessità di sussidiare il Canale Cavour con un nuovo canale, e convenienza di derivarlo dalla Dora Baltea.

Relazione. — Sviluppo del Canale — Sua presa d'acqua mediante chiavica, ed immissione delle sue acque nel Canale Cavour mediante un edificio d'immissione — Vantaggi derivanti dall'aver stabilita la presa presso il ponte della ferrovia Torino-Milano — Pendenza del Canale — Velocità dell'acqua — Diga — Scaricatori — Salto praticato nel fondo del Canale — Tratto di Canale murato — Sezioni nel tratto anteriore al salto, nel tratto posteriore, ed in quello murato — Verifica di esse — Arginature — Verifica se il ciglio di esse è ad un'altezza conveniente — Descrizione particolareggiata del Canale e relative opere d'arte più importanti — Opere provvisorie — Metodi usati per la formazione delle scarpe — Sterri ed interri — Terreni occupati dal Canale — Spese per la costruzione del medesimo.

Tavole illustrative. — *Tav. 1^a.* Planimetria del Canale — *Tav. 2^a.* Altimetria e sezioni del Canale.

INTRODUZIONE

Fin dall'anno 1853 veniva studiata in Piemonte l'ardita ed importantissima costruzione del Canale Cavour, ossia d'un canale che servisse ad irrigare colle acque del Po l'agro vercellese, novarese e lomellino, gettando le esuberanti nel Ticino, ed arrecasse così la tanto benefica influenza di accrescere il valor fondiario dei terreni irrigati, la cui superficie si faceva ascendere a 117 mila ettari, di 200 milioni di lire all'incirca. I progetti ultimati nel 1854, mentre davano al cavo uno sviluppo complessivo di circa 85 km., gli assegnavano una portata di 92^{me} per 1". La convenzione stipulata dal nostro Governo il 2 agosto 1862 con una Società inglese, fondatrice, ebbe a base quel primo progetto, ma nel votare la legge 25 aprile 1862, il Parlamento nazionale accrebbe la portata minima obbligatoria di circa $\frac{1}{5}$ elevandola cioè dai m. c. 92 ai 110 almeno per 1". Questa variazione essenzialissima all'originale progetto, prescritta dal potere legislativo, condusse necessariamente i tecnici esperti nella materia delle acque locali, al raffronto fra la nuova portata imposta al Canale ed il limite di quanto può dare il Po nei periodi di massima magra, e quindi al convincimento che il Canale Cavour non avrebbe potuto soddisfare alle condizioni di potenza stabilite dalla votazione parlamentare. Questo convincimento si rese ancor più forte dietro esperimenti fatti più tardi lungo il Po, nella località destinata alla presa, esperimenti i quali dimostrarono che nei periodi di massima magra il Po avrebbe fornito meno dei $\frac{2}{3}$ della dote minima voluta pel Canale Cavour.

E noi stessi (allievi della Scuola d'Applicazione), nel giugno dell'anno scolastico 1868-69, sotto la direzione del chiar^{mo} nostro professore Comm. Richelmy, abbiamo, nelle esercitazioni pratiche di Idraulica, determinato accuratamente la portata del Po nelle vicinanze del Valentino, e ci risultò che essa non sorpassava i 45 m. c. per 1".

Pertanto nelle magre estive dei due anni 1866 e 1867, il Po non potè fornire al Canale Cavour, che m. c. 40 circa, e tale stato d'acqua si protrasse a tutta la seconda metà di luglio ed a parte del mese di agosto. — Questo pertanto rendeva indispensabile, se pure si voleva assicurare al Canale Cavour la stabilita competenza di m. c. 110, e con essa i raccolti dei terreni a coltura irrigua, sui quali si diffondono le sue acque, di cercare modo di sussidiarlo con una quantità d'acqua che potesse, al bisogno, elevarsi a m. c. 70.

Fortunatamente il Canale Cavour nel suo sviluppo attraversa un certo numero di corsi d'acqua, fra i quali uno dei più ragguardevoli è la *Dora Baltea*: ora per la situazione geografica della sua origine, posta cioè alle falde del Monte Bianco, essa non si risveglia che assai tardi, e si fa appunto doviziosissima d'acqua quando il Po le ha al livello più basso. Doveva quindi sorgere naturalissima l'idea di ricavare dalla Dora i 70 m. c. di acqua necessari per alimentare il Canale Cavour, tanto più che misure eseguite della portata di essa durante i mesi di giugno, luglio ed agosto dell'estate del 1867, che fu di grandissima siccità, nel punto in cui il fiume ha già servito a tutte le derivazioni dei canali demaniali, comunali o private, accertarono che in quei mesi la portata della Dora non era mai inferiore di m. c. 110.

Si mise allora in campo la questione se si dovesse aprire un nuovo canale, oppure ampliare uno qualunque dei canali esistenti: ma poscia riflettendo che qualunque di questi ultimi, oltre l'averne un lungo percorso prima di raggiungere quello Cavour, ed una quantità di bocche perpetue non modellate, le quali avrebbero assorbito, gratuitamente ed in notevole proporzione, il maggior corpo d'acqua che vi fosse stato immesso, avevano poi una capienza che arrivava appena al quarto di quella che si avrebbe

dovuto mantenere disponibile per alimentare il Canale Cavour, prevalse l'idea dell'apertura di un nuovo canale che fosse capace di portare tutto il corpo d'acqua necessario pel Canale Cavour.

Il progetto di questo importante canale di derivazione dalla Dora Baltea fu affidato al distinto ingegnere sig. Susinno, direttore tecnico della Società dei Canali Cavour, e lo compì con ammirabile giustezza di vedute e severità di ragionamenti e di calcoli; si incominciò la costruzione nella primavera dello scorso anno 1869: ed è questo canale che formava oggetto delle nostre escursioni a compimento del corso di costruzione dell'anno 1868-69. L'impressione poi vivissima e duratura che ha lasciato in noi tutti questa gita superò ogni idea che avessimo preconcetta, tanto dell'importanza delle opere, quanto dell'intelligente alacrità con cui erano condotte: talchè sulla costruzione di quel canale e delle opere relative, perchè quella escursione tornasse più profittevole e ne rimanesse memoria, il chiarissimo nostro professore cavaliere G. Curioni incaricava otto allievi di stenderne una relazione divisa in otto parti, svolgendone ciascheduno una e facendone oggetto della propria dissertazione di laurea: a me toccava di parlare della prima parte, cioè del *canale in generale*; gli altri allievi poi scelti a trattare delle altre parti sono: *Aloisio*, *Amerio*, *Demezzi*, *Fadda*, *Invernizio*, *Nizza*, *Quarleri*; e nel corso della mia relazione dirò qual sia la parte affidata a ciascuno di essi.

Nel riferire sull'importante e difficile argomento toccatomi, sento quanto sieno deboli le mie forze: valgami almeno la buona volontà presso la Commissione Esaminatrice.

VOGLINO GIOVANNI.

RELAZIONE



Il nuovo canale di derivazione ha uno sviluppo complessivo di 3154^m, ha la sua presa d'acqua a sponda sinistra della Dora, inferiormente ed a distanza di circa 80^m dal ponte semitubolare per la ferrovia Torino-Milano, come risulta dalla tav. 1^a.

Allorchè è fissata l'apertura d'un canale, devesi cercare di darvi il minore possibile sviluppo e di stabilirne il punto di presa in situazione facilmente difendibile dagli insulti delle acque del fiume, da cui si deriva, in piena, ed in località in cui non si abbiano a temere variazioni nell'alveo fluviale.

Ora parmi che tutto questo sia stato pienamente raggiunto stabilendo la presa d'acqua nel punto suddetto, cioè poco a valle del gran rilevato che attraversa la vallata della Dora, e sul quale corre la ferrovia Torino-Milano: l'averla poi stabilita a sponda sinistra, parmi sia giustificato da ciò, che da questa parte il terreno meglio si presentava atto allo stabilimento del canale, che si potè condurre quasi per intiero in iscavo od almeno col suo fondo non superiore al piano di campagna (come si scorge dalla tav. 2^a) se pur se ne eccettui l'ultimo tratto di m. 500, nel quale ad evitare un inutile riempimento, e per non dare al fondo una soverchia pendenza, e per poter formare un bacino di deposito dei materiali che in gran copia le acque estive della Dora portano seco loro, e che sono meno utili alle terre che non quelli portati dal Po, tenute le sponde all'altezza che avrebbero dovuto avere quando il fondo del canale avesse continuato a correre colla pendenza del tronco superiore, si progettò nel fondo stesso un salto di 1^m,615, dopo il quale desso continua

parallelo all'antecedente livelletta fino al Canale Cavour, che incontra a circa 2000^m dal bellissimo ponte-canale costruito per far passare le acque del Canale Cavour sulla Dora.

Inoltre avendo fissata la posizione del canale di derivazione nel modo predetto, si ha dal pelo ordinario estivo della Dora a quello del Canale Cavour supposto a tutta competenza, un pendio sufficiente per effettuare l'alimentazione già accennata.

Dal disegno altimetrico della tav. 2^a risulta infatti che l'ordinata del pelo ordinario estivo della Dora riferita al livello del mare è di metri 174,385 e che quella del pelo d'acqua del Canale Cavour al punto in cui viene incontrato dal nuovo canale alimentatore è di metri 173,20.

Quindi si ha dal pelo ordinario estivo della Dora a quello di piena competenza del Canale Cavour una discesa di metri 1,18, la quale è alquanto superiore ancora a ciò che si richiede per conveniente deflusso delle acque, avuto riguardo a ciò che lo sviluppo del canale superi di poco i tre chilometri.

Però l'acqua del fiume Dora non si mantiene costantemente in estate al suindicato livello delle acque ordinarie, ma talvolta, in occasione di forti abbassamenti di temperatura, si deprime assai sotto al medesimo: tuttavia conserva pur sempre nella sezione dove ha origine il nuovo canale, una portata molto superiore a quella di cui questo abbisogna per alimentare efficacemente il Canale Cavour.

Non è d'altronde necessario che il pelo d'acqua del fiume all'ingresso nel canale si conservi alla detta altezza; purchè abbia una caduta bastante per un conveniente deflusso, onde raggiungere il pelo del Canale Cavour a piena competenza: il che si verifica appunto: infatti supponiamo che il pelo d'acqua nel fiume si sostenga ad un'altezza non minore di quella segnata dall'ordinata 174,200 invece della segnata dalla suddetta 174,385, lo stesso pelo del nuovo canale avrà una caduta di 1^m,00 sopra uno sviluppo di m. 3154 e così una pendenza per metro di 0,000317, più che bastante per un canale della portata di quello di cui trattasi.

A sostenere poi costantemente anche nel caso di acque minime il pelo d'acqua nel fiume al suo ingresso nel canale, alla sud-

detta ordinata 174,20 si costruì una diga attraverso all'alveo del fiume stesso lunga 200^m,000; questa diga avrebbe dovuto avere la sua cresta ad un livello non inferiore a quello determinato da tale ordinata; ma si è creduto bene tenerla alquanto più depressa (173,60) e ciò forse perchè in generale sono molto rare le circostanze di acque minime nella Dora, e per evitare allagamenti alle superiori campagne circostanti al fiume e l'interimento dell'alveo a monte della chiusa e con esso anche quello del 1° tronco di canale derivato.

Questa diga poi è formata da più ordini di pali infissi profondamente nell'alveo del fiume, ed ai quali sono assicurate intelaiature di legname che ne dividono il piano superiore in tanti scompartimenti rettangolari, nei quali si formò un robusto selciato con scapoli di pietra spaccata a secco. A completare la chiusa sono stabilite agli estremi a monte ed a valle due stepifitte ed una terza in corrispondenza del ciglio della chiusa. Lo spazio interno è ripieno di grossi ciottoli e ghiaia, e su questo riempimento posa il selciato. A valle del piano inclinato la chiusa è rinforzata da robusta gettata di grossi massi trattiene da una stepifitta all'estremo e da un'intermedia palafitta.

Stabilito così il pelo minimo da mantenersi nel fiume all'entrata del nuovo canale, importava tenere la soglia di quest'ultimo più che si potesse depressa sotto il pelo stesso, onde ottenere nel canale una discreta altezza d'acqua, e non essere così costretti a dargli una soverchia larghezza: si è quindi portata la soglia quasi alla profondità massima dell'alveo in quella sezione e si è fissata all'ordinata 172,20 e quindi (come risulta dalla tav. 2^a) a 1^m,00 sotto le magre iemali, le quali segnano ivi l'ordinata 173,20.

Restava quindi tra il pelo d'acqua minimo da mantenersi nel fiume e la detta soglia uno strato di acqua di 2^m d'altezza.

Ora ritenuto che la pendenza del pelo d'acqua nel canale era di 0,000317 per metro, e che l'altezza d'acqua nel medesimo doveva essere di 2^m, supposta la sezione di esso trapezio colle sponde inclinate a 45°, e dovendo avere una portata di 70 m. c. si trovò col calcolo che il medesimo doveva avere sul fondo, per il tratto inferiore al salto già accennato, una larghezza di 32^m,00, che fu appunto quella adottata.

Ora io applicando le formole che sono a mia conoscenza, verificherò se la larghezza sul fondo del canale di 32^m,00, è sufficiente perchè transitino nel tratto suddetto del cavo 70^{mc} d'acqua per 1", con una pendenza del canale di 0,000317, ed in modo che l'acqua abbia nel medesimo un'altezza di 2^m.

Perciò osservo che, essendo nei due tratti del canale costanti e la sezione e la pendenza, l'acqua camminerà in esso con moto uniforme; quindi applicherò le equazioni del moto uniforme, le quali sono:

$$Q = \Omega V \quad (1)$$

$$R i = \alpha \left(1 + \frac{\beta}{R} \right) V^2 \quad (2)$$

nelle quali V è la velocità media dell'acqua nel canale, Ω la sezione trasversale bagnata; R il raggio medio, ossia il rapporto fra l'area Ω ed il valore del perimetro bagnato: i la pendenza del canale: α e β due coefficienti variabili secondo la natura dei canali, e che pel canale in questione a pareti in terra hanno secondo Bazin i valori rispettivamente

$$\alpha = 0,00028 \quad \beta = 1,25$$

Se poi dico h l'altezza dell'acqua nel canale ed l la larghezza del fondo, si ha manifestamente:

$$R = \frac{h(l+h \operatorname{Cot} \varphi)}{l + 2 \frac{h}{\operatorname{sen} \varphi}}$$

$$\Omega = h(l+h \operatorname{Cot} \varphi)$$

essendo φ l'inclinazione delle sponde. Invece poi di sostituire i valori di α , β e R nel binomio $\alpha \left(1 + \frac{\beta}{R} \right)$ del 2° membro dell'equaz. (2) farò uso dei valori dello stesso binomio determinato

da alcuni idraulici, il che mi diminuirà d'alquanto il grado della equaz. risultante dalla combinazione delle (1) e (2): secondo Prony

il valore di quel binomio sarebbe 0,000309

e secondo Eytelwein 0,000366

e secondo Saint-Venant 0,000401

Io poi farò uso di quello di M. Curtois come il più usitato il quale è 0,0004

e scriverò quindi l'equaz. (2) così:

$$R i = 0,0004 V^2 \quad (3)$$

Quindi le equaz. che dovrò combinare fra loro sono (1) e (3). Perciò osservo che nel caso in questione si ha:

$$\varphi = 45^\circ$$

e quindi:

$$\Omega = h(l + h)$$

$$R = \frac{h(l + h)}{l + 2 \frac{4}{0,2222}}$$

Ciò posto da (1) ricavo essendo $Q = 70^{mc}$.

$$V = \frac{Q}{\Omega} = \frac{70}{h(l + h)}$$

che sostituita in (3) unitamente ai valori di R e di $i = 0,000317$ risulterà l'equazione:

$$\frac{h(l + h)}{l + 2 \frac{4}{0,2222}} \times 0,000317 = \frac{0,0004 \times 4900}{h^2 (l + h)^2}$$

ossia:

$$\frac{h(l + h) \times 0,2222 \times 0,000317}{0,2222 l + 2 h} = \frac{0,0004 \times 4900}{h^2 (l + h)^2}$$

E riducendo si ha :

$$h^3 (l + h)^3 \times 0,00007044 = 1,9600 (0,2222 l + 2 h)$$

e quindi :

$$(h^3 l^3 + 3 l^2 h^4 + 3 l h^5 + h^6) 0,00007044 = 0,43552 l + 3,9200 h$$

Ora si sa che deve essere nel primo tratto del canale $h = 2^m$; sostituendo quindi questo valore e portando tutti i termini nel 1° membro si otterrà :

$$0,000563 l^3 + 0,003381 l^2 - 0,42876 l - 7,8400 = 0$$

Cioè dividendo tutta l'equazione per 0,000563, risulterà :

$$l^3 + 6,006 l^2 - 761, 562 l - 13925,394 = 0$$

equazione di 3° grado in l e la quale con grandissima approssimazione è soddisfatta per $l = 32$.

Dunque resta verificato che è sufficiente una larghezza di fondo $= 32^m$, per il tratto superiore al salto : pel tratto poi inferiore al salto l'acqua nel canale avrà un'altezza di $1^m,60 + 2^m = 3^m,60$: e dovendo la portata essere la stessa di 70^{mc} come nel tratto superiore, ne viene che il fondo dovrà essere minore in larghezza : e si trovò dover questa essere di $28^m,80$, che fu quella adottata. Ora io collo stesso metodo visto sopra, solo cambiando $h = 2^m$ in $h = 3^m,60$ mi risultò essere veramente $28^m,80$ la larghezza di fondo da adottare : tralascio questo secondo calcolo, essendo identico a quello già fatto.

Infine mi resta ancora a verificare se l'acqua nel canale ha una velocità media conveniente : perciò da (1) ricavo :

$$V = \frac{Q}{\Omega} = \frac{70}{h (l + h)} = 1,029$$

velocità alquanto minore a quella che ha l'acqua nel Canale Cavour : essa mi sembra sotto ogni rapporto conveniente.

Ad evitare che si formassero interrimenti nel nuovo canale, e perchè si potessero scaricare le acque sovrabbondanti, si costruì a fianco della presa d'acqua un edificio scaricatore; esso ha la soglia delle proprie bocche (le quali sono in numero di nove e della larghezza caduna di 1^m,40, e tutte munite di paratoia) depressa di 20 c. m. sotto quella delle bocche di derivazione del canale, ed il successivo canale ha sul fondo la larghezza di metri 26,75 con scarpe inclinate a 45°. Esso poi raggiunge l'alveo del fiume con una caduta di 19 c. m., sufficientissima. Tale scaricatore per la sua posizione e pendenza, lasciato aperto in tempo di mezze piene e sul decrescere delle grosse fiumane, serve così a tenere sgombro di depositi l'alveo del fiume di fronte alla presa d'acqua del nuovo canale. Ha uno sviluppo di circa 300^m, ed a 70^m di distanza dalla soglia delle sue bocche piega verso l'alveo del fiume con una curva circolare d'uno sviluppo di 95^m,465, con raggio 130^m,00, angolo delle tangenti estreme 137°55'3", angolo al centro 42°04'30", lunghezza della tang. dal sito di contatto colla curva al loro punto di incontro 130^m,00 (1).

Di questo scaricatore tratta il mio amico Invernizio; quindi riguardo ad esso dirò soltanto ancora che la sua sponda destra è protetta da un'arginatura insommergibile, di cui la parte inferiore, per la lunghezza di m. 100, è rivestita verso il fiume con selciato semplice di scapoli e munita al piede da gettata di grossi massi.

Un altro piccolo scaricatore destinato a dare sfogo alle acque che sorgessero nel canale o vi si introducessero attraverso le porte della chiavica, malgrado la loro chiusura, venne stabilito poco a monte dello sbocco del nuovo canale in quello Cavour. Esso è della lunghezza di c. m. 80 sul fondo, ha la sua bocca da aprirsi nel muro di sponda a destra del canale munita di paratoia, e va ad immettersi in un fosso colatore già esistente, il quale attraversa per tomba il Canale Cavour.

(1) Tanto la platea di questo edificio di scarico come di quello di presa è formata con selciato di cantoni in malta di calce sopra letto di calcestruzzo, diviso in scompartimenti mediante ceole poste di filo ed incastrate nel sottostante calcestruzzo. Detta platea è terminata a monte ed a valle da robusta stepifitta.

A difesa poi del canale di derivazione dalle acque di piena della Dora, e per tenerle inalveate sopra la chiusa si costruirono due robuste arginature che (come si scorge dalla Tav. 1^a) attaccandosi alle opere della ferrovia Torino-Milano da una parte, vanno dall'altro ad unirsi alle opere di presa d'acqua: quella di sinistra è lunga 119^m,30 e quella di destra 200^m,00: esse sono difese al piede da gettate di grossi massi: inoltre quella di sinistra, come più esposta, è munita di robusta stepifitta e rivestita da selciato di grossi scapoli in letto di calce, sostenuto da fondazione in calcestruzzo, mentre quella di destra è rivestita con selciato pure di scapoli, ma a secco, appoggiato a basamento in calcestruzzo, il quale per tutte le opere costruite fu composto in queste proporzioni:

Ghiaia piccola vagliata	0,80
Sabbia ben granita e netta	0,50
Calce di Casale in pasta	0,25
Oppure calce di Palazzolo in polvere	Kg. 200

Dimostrerò ora che il ciglio delle arginature è ad un'altezza conveniente: perciò devo determinare l'altezza delle massime piene a monte della chiusa dopo la sua costruzione: e per avere questa altezza è d'uopo conoscere la portata della Dora nelle sue piene massime: questa portata, in base a diligenti studii, fu valutata in m. c. 3150. Ritenuta tale portata e considerando la caduta dell'acqua dalla chiusa come uno stramazzo di larghezza uguale all'ampiezza del letto fluviale, avrò la seguente relazione:

$$Q - Q' = 2,952. m. l. h \sqrt{h}$$

dove per Q devo intendere la portata suddetta della Dora, Q' la portata del canale sussidiario, l la lunghezza della chiusa, h l'altezza della lama liquida stramazante misurata fuori della chiamata allo sbocco; sarà quindi $Q - Q'$ la quantità d'acqua stramazante dal ciglio della diga ogni 1" nelle piene massime. Ma, osservando che le arginature debbono avere un'altezza conveniente anche pel caso che sieno chiuse le bocche di immissione

delle acque della Dora nel canale, perciò nell'espressione scritta dovrò porre la condizione di $Q' = 0$ e scrivere quindi :

$$Q = 2,952 m. l. h \sqrt{h}$$

Ora M. Castel in media per corsi d'acqua come quelli della Dora ottenne $m = 0,665$; e poichè $2,953 \times 0,665 = 1,9637$, scriverò l'ultima equazione così :

$$Q = 1,96. l. h \sqrt{h}$$

e mettendovi per Q il suindicato valore di m. c. 3150 e per l la lunghezza della chiusa supposta in direzione normale al corso fluviale, lunghezza che corrisponde all'apertura totale compresa tra gli spalloni del ponte ferroviario già accennato più volte e che è di m. 150,80, si ricava :

$$h = 4^m,84$$

Quindi, siccome l'altezza del ciglio della diga ha l'ordinata 173,60, perciò quella del pelo della piena a monte della chiusura è eguale a m. 178,44; ora il ciglio delle arginature fu stabilito all'ordinata di m. 179,00: dunque esso è ad un'altezza più che sufficiente. Queste arginature e la diga formano oggetto della dissertazione del mio compagno Quarleri.

La presa dell'acqua della Dora si effettua mediante chiavica, la quale ha diciotto aperture o bocche con stipiti in vivo, larghe caduna 1^m,415 e munite di doppia paratoia, una cioè a monte e l'altra a valle dell'edifizio; di questo edifizio di presa deve trattare il mio amico Fadda.

L'immissione poi delle acque del canale di derivazione in quello Cavour, si fa mediante un edifizio che fa parte del ponte obliquo costruito sul nuovo canale per servizio d'una strada campestre e di quella laterale al Canale Cavour; esso ha quattro grandi bocche chiuse con porte giranti su asse verticale.

Questo sistema porge gran facilità per chiudere oppure stabilire a piacimento le comunicazioni tra i due canali di derivazione

e Cavour; poichè supposte le acque basse nel Canale Cavour ed immessane la voluta quantità in quello della Dora, le porte, tolto il ritegno che ne assicura la chiusura, si aprono naturalmente per l'eccesso di pressione che ha luogo sulla faccia loro volta al canale alimentatore, e quando cresciuta l'acqua nel Canale Cavour si tratta di chiuderle, non può occorrere un grande sforzo quando solo si abbia l'avvertenza di cessare l'immissione nel canale alimentatore di nuove acque dalla chiavica di presa, essendochè la pressione riescirà in allora maggiore nel senso favorevole al loro movimento.

Del suddetto ponte e dell'edificio di immissione tratta il collega Amerio.

Passerò ora ai particolari del canale; come già dissi esso ha sul fondo una larghezza di 32 m. fino al salto, cioè fino alla progressiva 2643, dopo la quale la stessa larghezza si riduce a m. 28,80: sia nell'uno che nell'altro tratto si sa essere le scarpe a 45°; pendenza che è pienamente bastevole per sostenere le terre di natura argillosa ed assai tenace; però si eccettua il breve tratto murato (che forma oggetto della dissertazione di Aloisio), che comincia pochi metri prima del salto e termina pochi metri dopo, in cui le sponde sono quasi verticali: quivi si fece il fondo del canale inclinato alquanto verso sinistra, e ciò per diminuire la forza centrifuga che l'acqua acquista a causa della curva in cui è il salto, e la quale ha una curvatura piuttosto grande. Ciò fecesi ad imitazione di quanto praticasi nelle curve delle vie ferrate. L'altezza poi del canale è di 2^m,20 fino al salto, dopo il quale fino al termine dessa è di 3^m,80.

Lungo i cigli delle sponde corre una banchina la quale ha nelle tratte in iscavo a destra la larghezza di m. 5,00 ed a sinistra di m. 3,00 ivi compreso tanto da una parte che dall'altra un controfosso largo 1 m. in sommità, da stabilirsi al piede delle materie di deposito: e nelle tratte in rilevato superiori al salto, ha dalle due parti la banchina uguale larghezza di m. 4,00: la fig. A della tav. 2^a è una sezione fatta nel canale superiormente al salto; in essa mediante linee piene ed a tratti, ho rappresentate le banchine per la parte del canale che è in iscavo e per quella che è in rilevato: la banchina poi, pel tratto inferiore al

salto, ha a destra la larghezza di m. 7,00 a causa della sua grande elevazione sul piano di campagna; mentre a sinistra di m. 4,00 solo perchè presenta meno pericolo, essendo addossata al piodone antico della Dora. Questa sezione è rappresentata dalla fig. *B*, stessa tav.; le figure poi *C* e *D* rappresentano rispettivamente, la 1^a una sezione fatta nel tratto murato a monte del salto, e la 2^a una fatta sempre nel tratto murato, ma a valle del salto.

Ciò posto, parlerò dell'andamento del canale e delle opere costrutte lungo esso. Dopo un tratto rettilineo, che a partire dalla presa è di 37^m,07, il canale piega verso dritta, offrendo una curva circolare che ha uno sviluppo di 279^m,566, il raggio di 194^m,000, le tangenti estreme lunghe ciascuna 170^m,33: queste fanno un angolo fra loro di 97°26'0": e l'angolo al centro dei raggi estremi è di 82°34'00". Durante questo tratto curvilineo, il canale incontra (come scorgesi dalla tav. 1^a):

1° La strada vicinale della Dorona alla progressiva 221, per cui fu mestieri costruire sul canale un ponte, il quale ha una larghezza libera fra i parapetti di 4^m,00: di questo ponte tratta l'amico Nizza;

2° La roggia Bonella alla progressiva 279, per cui fu costrutta una tomba a sifone ad una sola canna.

La curva suddetta termina alla progressiva 316^m,64.

Poscia il canale cammina rettilineamente per un tratto lungo m. 1423,43, cioè fino alla progressiva 1740^m,07. Chi immaginasse prolungato l'asse di questo tratto rettilineo sino all'asse della strada per la ferrovia Torino-Milano, incontrerebbe questo ultimo ad una distanza di 245^m,40 dall'asse della 2^a pila del ponte, già più volte accennato, della suddetta strada ferrata. Lungo questo rettilineo il canale incontra:

1° Una sinuosità della prefata roggia Bonella, il cui letto per questo tratto sinuoso fu trasportato fuori del canale in un nuovo letto scavato appositamente in direzione parallela al canale ed a destra di esso;

2° La strada Ronco, per la quale fu costruito un ponte della larghezza libera fra i parapetti di m. 4,00: ed alla progressiva 1750.

In seguito il canale piega, a destra ancora, con curva circo-

lare che ha uno sviluppo di $39^m,85$, il raggio di $200^m,00$, le tangenti estreme lunghe ciascuna m. 20,00: queste fanno un angolo fra loro di $168^\circ,34',56''$: l'angolo al centro è di $11^\circ,25',04''$: essa termina alla progressiva 1779,08.

Quivi incomincia un tratto rettilineo del canale che si estende fino alla progressiva $2098^m,97$, cioè è lungo $319^m,05$. Questo tratto di canale è intersecato:

1° Dalla roggia Cornetto alla progressiva 1832, pel transito delle cui acque al di là del canale fu costrutta una tomba a sifone, la quale forma oggetto della dissertazione del collega Demezzi; poi, siccome il rimanente letto di questa roggia fu quasi tutto occupato dal canale, perciò le fu scavato un nuovo letto, che va fino al Canale Cavour seguendo l'andamento del canale derivato;

2° Dalla roggia Camera alla progressiva 1836: il suo letto fu trasportato a sinistra del canale fino alla metà circa del tratto murato, dove pel letto proprio essa va fino al Canale Cavour;

3° Da una piccola strada vicinale, la quale fu trasportata a sinistra del canale.

Dopo questo tratto rettilineo il canale piega a sinistra con una curva che ha uno sviluppo di $52^m,66$, il raggio di $190^m,00$, le tangenti estreme lunghe ciascuna $26^m,50$; l'angolo di queste tangenti fra loro è di $164^\circ,07',12''$, l'angolo al centro di $15^\circ,52',48''$; essa termina alla progressiva $2145^m,63$.

Da questo punto il canale presenta un tratto rettilineo che si estende fino alla progressiva di $2440^m,37$, cioè un tratto lungo $294^m,74$: poscia piega a destra con una curva di raggio $160^m,00$, tangenti estreme lunghe ciascuna $85^m,00$: l'angolo di queste è $124^\circ,02',28''$: l'angolo al centro dei raggi estremi è $55^\circ,57',32''$; lo sviluppo di questa curva è di $156^m,26$: termina alla progressiva $2596^m,63$.

Quivi ha principio un brevissimo tratto rettilineo lungo appena m. 6; si estende fino alla progressiva $2602^m,63$, ove il canale comincia a piegare a sinistra con una curva di sviluppo $105^m,11$, di raggio $100^m,00$, di tangenti estreme lunghe ciascuna $58^m,00$. Queste fanno fra loro un angolo di $119^\circ,46',20''$: l'angolo al centro è di $60^\circ,13',40''$; in questo tratto curvilineo che termina alla progressiva $2707,74$ ha luogo il salto.

Durante questo tratto il canale incontra una strada vicinale, che, onde evitare la costruzione d'un ponte, fu condotta a passare lateralmente al canale fin vicino al Canale Cavour, ove si congiunge a quella a servizio della quale fu costruito sopra il canale di derivazione il ponte obliquo già accennato.

Poi il canale si presenta rettilineo nuovamante per un tratto lungo $100^m,63$, che cioè si estende fino alla progressiva $2808,37$, ove il canale piega a destra con una curva di sviluppo $62^m,25$; di raggio $200^m,00$; di tangenti estreme lunghe $31^m,379$; angolo al centro $17^{\circ},50'$; angolo delle tangenti $16^{\circ}2,10',00''$; essa termina alla progressiva $2870,62$; poi il canale è rettilineo fino al Canale Cavour, cioè per un tratto lungo $283^m,38$; durante questo tratto che fa colla direzione del Canale Cavour un angolo di $72^{\circ},19',00''$, esso incontra:

1° Una strada campestre alla progressiva $3090,50$, che fu trasportata lateralmente al canale a sinistra, e così per essa servì il ponte obbliquo suddetto;

2° Un fosso d'irrigazione alla progressiva $3096,40$ per cui fu costrutta una tomba a sifone ad una sola canna.

Relativamente poi alle tombe a sifone osserverò che essendo esse a pozzetti verticali, e quindi presentando difficoltà allo spurgo, perciò all'ingresso d'ogni sifone si stabilì una camera nella quale si fermano di necessità le materie trasportate dall'acqua transitando nel sifone.

Riepilogando, il tracciato planimetrico del canale si compone di sette rettilinei formanti complessivamente la lunghezza di $2458,304$ e di sei curve aventi uno sviluppo complessivo di $695^m,696$.

Due parole ora sui principali ripieghi cui si ricorse per eseguire i lavori richiesti per la costruzione del canale.

Onde potere con sicurezza erigere le opere di derivazione si dovettero costrurre alcune opere provvisorie e provvisionali; esse furono:

1° *L'argine provvisorio di difesa*. Esso era costituito da una serie di pali infissi a m. $1,50$ da centro a centro, rilegati verso l'interno (uno ogni quattro) ad un altro palo mediante lungherina trasversale. Una lungherina longitudinalmente disposta, correva

lungo la testa della serie esterna dei pali e su di essa impostavasi un selciato a secco di grossi ciottoli aventi l'inclinazione di 45° e costituente la difesa dell'argine, la cui parte anteriore venne fatta con terra vegetale sostenuta sotto la lungherina da un'assata: la interna è verso la campagna col materiale più prossimo, in massima parte ghiaia.

Venne poi eseguito un rinzaffo per evitare le forti filtrazioni che in tempo di acque grosse ebbero luogo, ed il piede dell'argine fu difeso con massi da gettata.

2° *Canale fagatore* delle acque sorgenti negli scavi che con un percorso di m. 880 potè tenere il pelo delle acque a circa l'ordinata 171,60.

La larghezza del fondo di questo canale era di m. 2,00: una banchina di m. 0,75 per parte ed altezza di 1,00 dal fondo separava il ciglio della sponda del piede delle scarpe del terreno scavato. La pendenza era in ragione di m. 0,78 per chilometro.

Difeso il campo su cui dovevano erigersi i più importanti manufatti (e potentemente coadiuvati dal canale fagatore) a tale si ridusse il programma del da farsi presso la Dora: senza darsi pensiero dell'alveo vivo del fiume, eseguire la chiavica, l'edifizio ed il canale scaricatore, buona parte della diga a partire da sinistra e le arginature di destra e sinistra della Dora; indi deviare le acque dall'alveo antico, per immetterle nello scaricatore e compire la diga. — E così si fece.

Onde avere poi comodo mezzo di trasporto del materiale di costruzione dalla stazione ferroviaria di Saluggia ai magazzini e cantieri, si fece speciale convenzione colla Società delle Ferrovie dell'Alta Italia, e si potè costruire un binario presso il ponte della Dora ad esclusivo servizio dei lavori.

Inoltre si è provveduto con molto ordine e perizia a stabilire un sito di comodo deposito dei materiali necessari ed atto all'impianto delle varie officine.

Quanto all'infissione dei pali per la diga, essa si operò con mazze a castello del peso di circa mg. 40 e m. 1,80 di corsa.

E la posa in opera poi dei delicati pezzi di pietra da taglio costituenti gli stipiti dell'edifizio di presa e d'ogni altro masso, si fece con capre.

Parmi però che più sollecito e più sicuro sarebbe stato il ricorrere ad apposite gru a duplice movimento ortogonale, come si usò per la fabbricazione della chiavica del Canale Cavour.

Accennerò ancora al modo tenuto nell'esecuzione dei terrapieni e nella formazione delle scarpe. — Prima d'intraprendere i terrapieni per le arginature e per il canale, là dove il medesimo trovavasi in rialzo sul piano di campagna, il terreno che doveva servire loro di base venne smosso almeno sino alla profondità di 30 c. m., estirpandone le erbe e le radici, onde le terre di riparto avessero a collegarsi bene colle sottostanti.

Le terrapienature si eseguirono a strati orizzontali, di spessore non maggiore di 20 c. m., con terre bene sminuzzate, diligentemente battute colle mazzeranghe, e facendo passare sopra ogni strato le carriole, ed i carri di trasporto delle materie inservienti alla loro formazione.

Si diede poi ai rilevati un'altezza maggiore $\frac{1}{20}$ di quella già indicata, per tener conto dei cedimenti dovuti al costipamento delle terre.

Le scarpe dei rilevati si formarono esclusivamente con buona terra vegetale: esse venivano inaffiate e battute con apposite dame onde potessero consolidarsi. Quanto alle scarpe degli scavi si ebbe cura di tracciare tratto tratto delle guide e di limitare l'operazione dello scavo in modo che non occorresse mai di rimettere terra per ristabilire la scarpa nelle condizioni in cui si doveva trovare secondo le sezioni.

Le terre sopravvanzanti alla formazione dei rilevati vennero portate in deposito sotto forma regolare, con altezza non maggiore di 3^m,50: le scarpe inclinate ad uno e mezzo di base per uno di altezza, e la superficie superiore spianata e disposta con dolce declivio verso la campagna.

Gli scavi poi impiegati in parte nella formazione delle sponde ed in parte depositati lateralmente al canale nel modo suddetto, ascendono a m. c. 185993,23

Ed i rinterri eseguiti con materie provenienti dagli scavi » 8921,16

Per l'apertura del canale scaricatore lo sterro
 ascese a » 10500,00

Questi sterri ed interri costarono in complesso Lire 168792,09

I terreni poi occupati furono:

1° Per la sede del canale di derivazione e
 pel trasporto della roggia Camera e roggetta

Rotto piccolo m. q. 122048,47

2° Pel trasporto della roggia Bonella e per
 strade vicinali e simili altri trasporti » 5063,00

3° Per la sede dei depositi delle terre ecce-
 denti » 81878,77

In totale la superficie occupata ascese a » 258990,24

e costò Lire 129495,12

In complesso la costruzione del canale ed opere relative arrecò
 alla Società di Irrigazione Italiana una spesa di circa un milione.

Giunto così al termine della mia dissertazione, io mi sento
 spinto a volgere una parola di ringraziamento ai signori Inge-
 gnere Susinno e Ingegnere Benazzo che con gentilezza inaudita
 si prestarono a fornirmi quei dati che mi erano indispensabili
 per riferire sul canale derivato, e che non potevano essere a mia
 conoscenza.

VOGLINO GIOVANNI.

