All'amico e collega Cerruti
Maranzoni

Dono del Sig. Rettore
10/6/64

DEI CANALI MANUFATTI

DISSERTAZIONE E TESI

PRESENTATE

ALLA COMMISSIONE ESAMINATRICE

della Regia Scuola d'Applicazione per gli Ingegneri

IN TORINO

DA

MARANGONI ANGELO

da VILLANUOVA D'ARDENGHI (Lomellina)

PER OTTENERE IL DIPLOMA

DI

INGEGNERE LAUREATO

1870

TORINO

TIPOGRAFIA ECONOMICA DI E. SARASINO

Piazza Saluzzo, N. 4.

A' MIEI OTTIMI GENITORI

IN PEGNO

D' AFFETTO E RICONOSCENZA

A' MIEI FRATELLI E SORELLE

DEI CANALI MANUFATTI

I.

La gran quantità d'acqua che per lo squagliamento delle nevi e per pioggie producesi sulla superficie del nostro pianeta dà origine a ruscelletti, torrenti e fiumi che tutti, quali con maggiore o minor velocità, per la stessa legge, la gravità, percorrendo mano mano i siti più bassi delle valli fanno ritorno ai gran serbatoi (mari, laghi) d'onde per evaporazione ebbero origine.

Di questa naturale forza che mai non s'acqueta, di questi corsi inesauribili d'acqua è ovvìo che l'uomo fin dalla più remota antichità si sia servito come mezzo di trasporto e come mezzo d'irrigare li arsi suoi campi.

L'industria, più tardi, che venne sempre più svolgendosi a misura che si fecero numerosi i bisogni della società umana si servì di questa sempre rinnovellantesi forza per dar moto alle proprie macchine. Ma l'acqua sì utile, sì indispensabile all'uomo è spesso uno de'suoi più terribili nemici; le acque stagnanti mentre gli tolgono il pane gl'imbrattano con miasmi l'ossigeno ch'ei deve respirare.

Egli è appunto per trarre i maggiori vantaggi da quelle acque correnti e da quelle imprigionate nelle paludi, che l'umana attività creò *canali navigabili*, *canali d'irrigazione o per forza motrice* e *canali di scolo*.

II.

Canali Navigabili

Nel bisogno di trovare un mezzo per ricambiarsi i loro prodotti, gli uomini si rivolsero naturalmente dapprima ai corsi d'acqua naturali che loro offrivano non solo una strada appianata ma nello stesso tempo una forza considerevole continuamente rinnovellantesi ed intieramente gratuita. Così, nell'antichità, noi vediamo quasi sempre le città stabilite sulle rive dei fiumi, che le mettevano in facile comunicazione tra di loro, e che gli eserciti in marcia seguivano costantemente le rive dei corsi d'acqua, che s'incaricavano di trasportarne senza spese e senza difficoltà, viveri e macchine.

Ma non tutti i corsi d'acqua sono capaci di rendere questi eminenti servigi all'industria dei trasporti. Gli uni hanno un corso troppo rapido e presentano tali pericoli, che la navigazione vi è impossibile, altri esposti in certe epoche a piene repentine e formidabili, presentano in altre circostanze una portata insufficiente pei più piccoli battelli. Di quì l'importanza dei canali laterali, i quali sono quei canali navigabili che si stabiliscono per lo più parallelamente ai fiumi, sempre nella stessa vallata, onde rendere possibile la navigazione là dove il regime del fiume o del torrente non la permetterebbe.

Ma l'incostanza della portata l'irregolarità del letto, la vorticosità della corrente non sono i soli difetti delle vie navigabili naturali; esse hanno un'inconveniente ben più grave: esse sono localizzate nè possono servire che un numero di punti del territorio relativamente assai ristretto. Ed in vero come ogni ruscello percorre il fondo d'un incavo, così ogni torrente descrive il fondo d'un vallone ed ogni fiume disegna il *thalweg* di una valle. Due punti che non siano nella valle medesima, che non si trovino nella stessa linea d'impluvio non possono trovare nei corsi naturali una via navigabile che li unisca. La scienza vi supperì coi corsi d'acqua artificiali ossia coi *canali*, e ne nacque una seconda categoria di canali navigabili; quella dei *canali a punti culminanti (points de partage)*.

Canali laterali. — Un canale laterale non dovendo uscire dalla vallata del corso d'acqua naturale, trovasi di già circoscritto fra limiti molto ristretti; ma ben più angusto campo offresi alla scelta dell'ingegnere quando esso voglia in uno coll'economia nella costruzione procurare al canale una facile manutenzione ed una lunga durata.

I differenti punti della vallata possono presentare secondo la loro costituzione geologica terreni più o meno permeabili, ed è inutile dire che in questi ultimi, quando sia possibile, si dovrà scavare a preferenza il canale.

Il corso d'acqua da cui derivasi il canale sarà in generale soggetto a piene ed a magre; e di queste piene e di queste magre l'ingegnere dovrà studiare la misura e le circostanze per modo che il futuro cavo non abbia in quelle da rimanerne guasto ed in queste scemo d'acqua. Egli è indispensabile di collocare il canale al sicuro dalle innondazioni, e per arrivare a questo scopo il mezzo più semplice, quando sia possibile, è di collocare il canale abbastanza lungi dal rivo. Se no sarà necessario ricorrere ad arginature per procurarsi così con immensi lavori di costruzione e di manutenzione, una sicurezza talvolta menzognera.

La sola sagacia dell'ingegnere varrà in certi casi a superare le diverse difficoltà che gli si presenteranno.

Perchè la navigazione sia facile e sicura la pendenza non potrà superare un limite. Questo limite è dal 0,10 al 0,15 per 1000. E siccome bene spesso il fiume od il torrente a cui il canale è laterale avrà in quel sito una maggiore pendenza, sarà necessario guadagnare la differenza di livello fra gli estremi del canale col mezzo di *sostegni*.

Ognuno sa che cosa sia un *sostegno* od una *conca*. Due tronchi consecutivi del canale aventi una pendenza inferiore al limite suddetto sono separati da un salto repentino; una parte del tronco inferiore è ridotta a cassa con sponde rettangolari in muratura ed è separata dal tronco rimanente per mezzo di una porta, che si apre o chiude a volontà. Le sponde della cassa si sollevano alla stessa altezza di quelle del tronco superiore. Tra queste e la cassa nuove porte aprono o chiudono a volontà la comunicazione. Nelle porte superiori ed inferiori sono praticati spiragli, per cui si introduce acqua nella conca, ovvero se ne toglie senza aprire completamente la porta.

Se una barca ha da discendere dal tratto superiore all'inferiore, chiusa la conca e riempitala, si aprono le porte superiori e si introduce la barca; chiusa poi questa porta si aprono gli spiragli della porta inferiore si vuota la conca, si apre l'ultima porta, e si fa uscire la barca.

Se una barca ha da salire si farà l'operazione inversa, cioè introdotta la barca nella conca, chiusa la porta inferiore, aperti gli spiragli della porta superiore, si riempie la conca, ed aperta quindi la porta superiore si introduce la barca nel tronco a monte.

Due o più conche consecutive senza canale intermedio costituiscono un *sostegno accollato*. Quale sia la manovra da eseguirsi per servirsi di un sostegno accollato è evidente.

Egli è verso la fine del decimoquinto secolo che due ingegneri di Viterbo, dei quali la storia non ci ha conservato i nomi, immaginarono i sostegni.

Le prime conche furono eseguite sul Brenta presso Padova, in breve quest'importante scoperta fu applicata su grande scala, negli stati Veneziani, ai canali dell'Adda e del Ticino dall'illustre Leonardo da Vinci, che l'aveva perfezionata e che la portò poi in Francia sul principio del secolo XVI.

Non solamente il *sostegno* offriva ai battelli una maggiore sicurezza, ma, ciò che è ben più importante, esso riduceva in proporzioni enormi la portata d'acqua necessaria alla navigazione. Ovunque ciò fu immediatamente compreso, e si videro ben tosto sorgere da ogni banda progetti di canali e di canalizzazioni di correnti naturali.

Questo modo di costrurre canali con sostegni fu il preludio dell'invenzione dei

Canali a punti culminanti. Trattavasi di riunire con una via navigabile due valli distinte valicando montagne spesse volte di considerevoli altezze nè niuno mai poteva pensare a quell'epoca ai *tunnels*, portato stupendo del secolo nostro.

L'idea dei canali a *points de partage* venne ad appianare ogni difficoltà offrendo una soluzione del problema semplice ed elegante. Essa ridusse il problema alla ricerca di una sorgente, o di un artifizio che procurasse là sulla cresta al punto in cui la si voleva attraversare una portata d'acqua sufficiente ad alimentare le conche di due canali che da una parte e dall'altra discendessero lungo i fianchi fino nelle valli.

Egli è in generale fra i colli più bassi della catena, che l'inge-

gnere dovrà cercare quello su cui dovrà condurre il canale e procurare che al culmine di questo vi si possa condurre la massima quantità d'acqua colla minima spesa e massima sicurezza.

Ben di rado succederà che laghi naturali o torrenti superiori al punto culminante si trovino in condizioni tali da bastare all'alimentazione del canale, allora sarà necessario ricorrere ai *serbatoi*.

Per formare un serbatoio, si chiude con un argine tutto un vallone, cui si sarà scelto per modo da avere la massima capacità colla minima spesa. Gli argini destinati a sostenere le acque di un serbatoio sono talvolta in terra, ma tali non basterebbero se l'altezza e l'estenzione delle acque avessero proporzioni considerevoli. Non basta resistano alla semplice pressione idrostatica ma bisogna tener gran calcolo dell'azione delle onde, che il vento solleva, e che vengono ad infrangersi sui bordi della diga.

La quantità d'acqua necessaria all'alimentazione di un canale navigabile è quella che si richiede 1° per il servizio dei sostegni, 2° per compensare l'evaporazione e le filtrazioni.

La portata necessaria pel servizio delle conche si calcola molto facilmente; siano:

A la superficie orizzontale di ciascuna conca;
H l'altezza di caduta fra l'una e l'altra;
h l'altezza d'acqua, che si conserva in ciascun tronco;
$2m$ il numero delle barche, che tragittano giornalmente nel canale metà in salita e metà in discesa;

il consumo d'acqua giornaliero per ogni sostegno semplice sarà

$$2\,m\,A\,H$$

per ogni sostegno formato con n accollati; quando si conservino le conche superiori piene con un'altezza h d'acqua:

$$m\,(n+1)\,A\,H$$

e se si conservano vuote tutte, meno l'ultima, se $n = 2$ il consumo giornaliero sarà:

$$(3\,H + 2\,h)\,m\,A;$$

e se $n > 2$;

$$m\,(n+1)\,A\,(H+h)$$

L'acqua consumata per evaporazione varia in quantità da luogo a luogo secondo il clima e l'esposizione del canale. Pei nostri paesi si può ritenere in media che essa corrisponda ad un prisma avente

per base la superficie del canale e per altezza $0^m, 08$ all'anno. Più variabile ancora è la quantità d'acqua che perdesi per filtrazione, nè pare potersi dare per essa regole precise. Vuolsi che in media essa equivalga ad una volta e mezza quella evaporata.

Le dimensioni della sezione trasversale non si calcolano pei canali navigabili come per quelli d'irrigazione per mezzo della portata, ma si regolano in modo che sia comoda e sicura la navigazione. Ecco quali esse convengano: larghezza d'alquanto superiore a quella che è necessaria all'incrocicchiarsi di due barche, altezza d'acqua mezzo metro circa più che la pronfondità di cui pesca ciascuna barca; il pelo dell'acqua nel canale deve essere di pochi centimetri inferiore al ciglio delle sponde.

M'intrattenni alcun poco sui canali navigabili non ostante che la loro importanza paia oggi grandemente scemata, perchè se le strade ferrate hanno preso un'incremento tale da detronizzare i primi non è men vero che ancora oggidì i canali navigabili possono prestare incalcolabili servigi.

III.

Canali d'Irrigazione

Un corso d'acqua naturale disegnando ordinariamente un thalweg, mal si potrebbe, senza l'impiego di macchine elevatrici portarne le acque a beneficio dei campi vicini. Perchè l'acqua del rivo possa essere utilizzata egli è necessario darle un letto nuovo, distorla dal thalweg in un punto assai superiore ai terreni da irrigarsi e condurla verso questi con pendenza minore lungo i fianchi della vallata; e si potrà allora con diramazioni e derivazioni distribuirne la portata e spargerla su tutto il territorio che si estende di là fino alla linea d'impluvio.

Ed ecco in poche parole che cosa sia un canale d'irrigazione; ma non sì facilmente si riescirebbe ad enumerarne tutte le norme e le cautele, che debbono servir di guida allo ingegnere nel redigerne il tracciato. L'estensione, la esposizione, il rilievo, la natura la specie di coltivazione delle terre da irrigarsi gli suggeriranno

con una certa approssimazione la quantità d'acqua che il nuovo canale dovrà potere portare; ma come e dove meglio convenga derivar dal fiume questa portata, per qual via e con quale distribuzione di pendenze la si debba condurre, come il futuro canale dovrà introdursi e condursi attraverso il territorio a cui è destinato, dove meglio si faranno le diramazioni e le derivazioni, quali saranno le proporzioni delle sezioni trasversali dei singoli tronchi, l'ingegnere dovrà domandarlo alla propria avvedutezza non pretendendo dalla scienza che norme generali che gli dovranno servire come semplice scorta nel suo cammino.

Non è che da studii sul luogo che colla voluta sicurezza si potrà giudicare della portata necessaria; tuttavia pei casi ordinarii possono servire di guida approssimativa i dati seguenti:

Una risaia consuma in 24 ore uno strato d'acqua di circa $0^m,012$ — 0,015, se in terra compatta, ed uno di 0,03 — 05, se in fondo bibulo.

Una *marcita* ne consuma nello stesso tempo uno strato di $0^m,30$ — $0^m,37$.

Un prato di superficie non troppo irregolare, riceve una buona irrigazione quando riceva per un torno di 14 a 15 giorni per adacquamento uno strato complessivo di $0^m,10$ — 0,12.

Ammettono taluni che per un vasto podere di 75 a 150 ettari occorra uno strato d'acqua sull'intiera superficie e per ogni giorno di $0^m,007$ — 0,014 secondo la natura del suolo, l'indole delle rotazioni, l'uso degli scoli, la quantità totale dell'acqua.

Altri computano per ogni ettaro un litro per ogni minuto secondo: il qual volume, considerato raccolto in un torno di 10 — 12 giorni corrisponde ad un dipresso a quello indicato or ora pei prati.

Conosciuta la portata per ciascun tronco del canale, conosciute le altezze de'suoi estremi, se ne regoleranno le pendenze per modo che stando queste fra certi limiti, variabili colla natura delle terre, sieno ridotti per quanto è possibile gli argini, che sia minima la spesa, che siano possibili in punti convenienti le diramazioni, e che le ultime adacquatrici abbiano il loro fondo all'altezza del suolo irrigabile.

Gli antichi idraulici italiani pare che eccessivamente temessero nei loro canali gli interrimenti, e fissavano pelle pendenze dei limiti enormemente esagerati. Basti dire che nel secolo XVI si riteneva come limite inferiore 0,5 per mille. Le idee su questo punto sonosi

oggidì mutate d'assai, e si ritiene che debba essere compresa tra 0,15 e 0,25 per mille la pendenza pei grandi canali d'irrigazione, e tra 0,25 e 0,40 per mille quella dei minori canali.

Ho detto che nel determinare le pendenze si dovrà tener conto della natura delle terre attraversate. Ciò affinchè l'acqua non guasti il fondo del canale, ed ecco i limiti superiori della velocità che l'acqua può prendere al fondo del cavo secondo la natura delle terre:

Terre sciolte, brune	$0^m, 076$
Argille tenere	0, 152
Sabbie	0, 305
Ghiaie	0, 609
Scisti teneri	1, 520
Roccie scistose	1, 830
Roccie dure	3, 050

Detta U la velocità media dell'acqua nel canale, e w la velocità sul fondo, questa si potrà calcolare colla formola empirica

$$w = U - 6\sqrt{R\,I},$$

dove I è la pendenza, ed R il raggio medio, ossia il rapporto fra l'area della sezione ed il perimetro bagnato.

La velocità media U e le dimenzioni della sezion retta del canale, si determineranno, in seguito ai più recenti esperimenti del Darcy, mediante le due equazioni del moto uniforme:

$$R\ I = \alpha\left(1 + \frac{\beta}{R}\right) U^2$$

$$Q = \Omega\ U,$$

nelle quali α e β sono due coefficienti variabili secondo la natura delle pareti del canale ed eguali, secondo il Morin ai numeri seguenti:

Per pareti perfettamente unite	$\alpha = 0, 0001$	$\beta = 0, 03$
» mediocremente unite	$\alpha = 0, 00019$	$\beta = 0, 07$
» poco unite	$\alpha = 0, 00024$	$\beta = 0, 25$
» in terra	$\alpha = 0, 00028$	$\beta = 1, 25$

Vedesi come il problema sia indeterminato ma la necessità di non oltrepassare colla velocità i limiti dati testè, senza tuttavia diminuirla per modo, che, tenuto calcolo della natura delle acque sieno

possibili nocivi interrimenti, la necessità di non approfondir troppo il cavo, nè di portar troppo alto il pelo delle acque, ed altre circostanze che in ogni caso si presenteranno faranno bene spesso scomparire ogni indeterminazione.

Del resto in generale si assumono preventivamente le proporzioni della sezione; la sezione ritenuta generalmente migliore e più spesso usata è la seguente:

Altezza dell'acqua uguale alla metà della larghezza del canale sul fondo,

Sponde inclinate a 45°.

Quando nessuna delle condizioni suddette venisse a scemare l'indeterminazione, nè si volesse assumere preventivamente come data la forma della sezione, si potrebbe determinare questa col sussidio delle due equazioni del movimento, e per modo che ne risultasse minima la spesa.

Devesi quì notare che quando il problema è determinato, esso fa bene spesso cadere sopra equazioni di grado superiore al secondo. Un solo esempio basterà a provarlo.

Vuolsi aprire entro terre un canale con sponde inclinate di un'angolo ε coll'orizzonte; si conosce la portata Q e vuolsi che il fondo del canale correndo ad una profondità data sotto il piano dei campi adiacenti, il pelo dell'acqua stia sotto a quello delle campagne ad una profondita nota. Saranno adunque date l'altezza h dell'acqua e la pendenza I, e si dovranno determinare la larghezza l del fondo e la velocità U per mezzo delle due equazioni:

$$Q = (l + h \cot \varepsilon)\, h\, U$$

$$\frac{l + h \cot \varepsilon}{l + 2 \dfrac{h}{sen\, \varepsilon}}\, h\, I = \alpha \left(1 + \frac{\beta}{R}\right) U^2$$

ossia sostituendo ad R il suo valore:

$$Q = (l + h \cot \varepsilon)\, h\, U$$

$$\frac{l + h \cot \varepsilon}{l + 2 \dfrac{h}{sen\, \varepsilon}}\, h\, I = \alpha \left(1 + \beta \frac{l + 2 \dfrac{h}{sen\, \varepsilon}}{l\, h + h^2\, sen\, \varepsilon}\right) U^2$$

Dalla 1ª di queste due equazioni si ricavi l:

$$l = \frac{Q}{h\,U} - h \cot \varepsilon$$

e lo si porti nella seconda, e questa, fatti sparire i denominatori, diventerà del quarto grado in U. Converrà quindi risolverla per tentativi.

Un canale d'irrigazione si può considerare come formato di due parti distinte: la prima è quel primo tronco di canale dal quale non fannosi derivazioni, la seconda comprende tutti i tronchi successivi, nei quali in causa delle fatte derivazioni avranno da correre portate differenti. I calcoli ora accennati si avranno da fare separatamente per la prima parte e per ciascun tronco della seconda. Si verranno così ad avere per ciascun tronco sezioni trasversali diverse. Tolgo come esempio il Canale Cavour.

I dati per la costruzione di quest'opera erano i seguenti: La quantità d'acqua da derivarsi dal Po venne fissata a metri cubi 110, riconosciuta necessaria per l'uso di irrigazione, a cui è destinato il canale. Questa portata va naturalmente scemando in ragione delle erogazioni, che lungo il suo corso si fanno. In conseguenza di ciò la larghezza del canale sul fondo, di metri 40 pel primo chilometro, va grado a grado scemando per 9 chilometri, fino ad essere ridotta a quella di metri 20, che si conserva costante fino al 63° chilometro circa. Quì ha luogo il primo notevole ristringimento di sezione, riducendosi la larghezza di fondo a $12^m, 50$, ed al chilometro 74° si verifica il secondo per cui è ridotta a $7^m, 50$, la quale si conserva fino al termine.

Sono 22 le livellette; la pendenza normale è di 0,25 e la massima di 0,50 per 1000. L'altezza d'acqua per ottenere la portata di 110 metri cubi fin circa alla metà della lunghezza del canale dove incominciano le erogazioni, doveva essere normalmente di $3^m, 40$ riducendosi a $3^m, 20$ e $3,^m 00$ verso il termine della linea.

Una delle cure principali da aversi nella costruzione di un canale, è di studiare i mezzi onde rendere per quanto è possibile impermeabili le sponde ed il fondo.

Il mezzo più semplice onde raggiungere questo scopo consiste nel ricoprire la faccia bagnata del cavo con terra buona ed accuratamente battuta. Si otterrebbe così nel più dei casi una parete completamente impermeabile, se non fosse che dopo un lasso di tempo

spesso assai breve, le talpe, i topi acquatici e gli stessi vermi finiscono per attraversarla producendosi delle fughe talvolta di grave momento. Si potrebbe evitare quest'inconveniente per mezzo di un rivestimento di mattoni, se non fosse questo un'espediente troppo costoso.

Nei terreni di ghiaia fina una semplice pellicola d'argilla basta per otturare completamente i piccoli intervalli lasciati liberi dalla ghiaia e per impedire ogni filtrazioue. Ma questo procedimento è completamente inapplicabile nei terreni di grossa ghiaia o di ciottoli. — In alcuni casi è bene ricorrere all'impiego di una parete artificiale fatta con strati di terra battuti con molta cura ed irrorati con latte di calce grassa. La calce, mentre aumenta l'impermeabilità della parete, offre ancor il vantaggio di far perire i vermi e gli insetti che vi sono ordinariamente nelle terre smosse di fresco e di far fuggire le talpe, che sono una delle cause più energiche di distruzione delle dighe.

Un mezzo anche usato è quello di rivestire le pareti del canale con un ciottolato, il quale mentre ha lo scopo precipuo di premunire gli scoscendimenti, serve nel tempo stesso a costipare la terra ed a renderla impermeabile.

La scelta del modo di rivestimento sarà in ogni caso particolare subordinato alla natura del terreno ed al genere di materiali disponibili.

L'acqua che vuolsi condurre nei canali irrigatori si deriva quasi sempre da un fiume. — L'edifizio con cui la si deriva dicesi *edifizio di presa* o *di derivazione* o semplicemente *derivatore*, e consta generalmente di una *diga* e del derivatore propriamente detto, spesso del semplice derivatore.

Dighe sono quelle costruzioni, colle quali si cerca di elevare il pelo dell'acqua nel fiume o nel torrente coll'intento di dirigerla nel canale derivato ed assicurarvi il necessario battente. Non è qui mio proposito di fermarmi a discorrere delle diverse strutture che possono avere le dighe, il che mi porterebbe troppo lungi dal mio assunto. Ricorderò solo come una diga non sia che una specie di argine impostato sul fondo del fiume, terminato a monte con una faccia inclinata generalmente a 45° detta *petto* della diga, superiormente limitato da un piano generalmente inclinato con pendenza di $^1/_{20}$ ad $^1/_{10}$ verso a valle detto *soglia*, e finalmente verso a valle limitato da un piano inclinato detto *scarpa* seguito da un piano

meno inclinato che lo raccorda col fondo del letto, detto *controscarpa*, oppure da gradini fatti con tavolati.

La diga dev'essere costrutta là dove il letto del fiume è stabile e dove le sponde non sono soggette a corrosione. Altrimenti sarà indispensabile consolidare queste per un certo tratto sì in amonte che in avalle della diga. Ordinariamente si colloca la diga obliquamente all'asse della corrente. Spesso la si fa curvilinea e la curva è talora circolare, talora parabolica. Il ciglio della diga è sovente orizzontale, talvolta leggermente inclinato verso la derivazione da farsi.

Acciocchè una diga raggiunga lo scopo per cui è costrutta, la sua altezza dovrà essere stata ben calcolata, ed il Colombani nel suo manuale pratico di idrodinamica suggerisce a questo fine la formola seguente:

Sieno Q e Q' le portate del fiume e della derivazione e sia a la sovra elevazione di pelo che vuolsi ottenere per mezzo della diga; b l'altezza d'acqua che si ha nel fiume prima che la diga venga costrutta. Sia poi x l'altezza cercata del ciglio della diga sul fondo del fiume ed y l'altezza che avrà il pelo sopraelevato sopra del ciglio stesso (misurata quest'altezza a monte della chiamata allo sbocco).

Si avrà y dalla formola:

$$Q - Q' = 9{,}952\, m\, l\, y \sqrt{y}$$

nella quale m è un coefficiente variabile tra 0,60 e 0,68. Avuto y si otterrà x dalla relazione evidente:

$$x = b + a - y$$

La lettera l che figura nell'equazione del Colombani rappresenta lo sviluppo del ciglio della diga. Secondo alcuni invece dello sviluppo del ciglio vuolsi che sia meglio intendere che l rappresenti la larghezza dell'alveo del fiume.

Se la diga ha il suo ciglio inclinato verso il canale derivato, vuolsi da taluni che convenga moltiplicare il 2° membro dell'equazione pel coefficiente 0,911.

L'x calcolato nel modo suddetto farà conoscere in ogni caso se il rigurgito prodotto dalla diga non sia pericoloso pelle campagne adiacenti. Se lo si troverà tale si argineranno convenientemente le sponde del fiume a monte della diga.

Se il fiume è navigato non se ne chiuderà colla diga completamente l'alveo, ma si lascerà da un lato un conveniente passaggio per i battelli.

Un *derivatore* è un edifizio posto in capo al canale derivato, portante un sistema di saracinesche, che si possono aprire più o meno onde regolare la quantità d'acqua che s'introduce nel canale. Pei piccoli canali esso consiste semplicemente in una serie di pilastrini portanti lateralmente delle guide in cui si muovono le saracinesche, un marciapiede di legno o di pietra piatta sostenuto dagli stessi pilastrini permette di recarsi a regolare l'altezza delle porte.

Pei canali di qualche importanza esso è un vero ponte a più arcate contro le cui teste sono applicate verticalmente le guide in pietra concia; due sistemi di saracinesche possono chiudere tutta la luce del ponte sì sulla testa a monte come su quella a valle. Pilastri sormontati da archi ed elevantesi sulle due teste del ponte sostengono una copertura e formano una galleria di dentro della quale si possono alzare più o meno le saracinesche. Finalmente un casotto è situato ad un'estremo del ponte, e spesso due casotti son situati ai due estremi e servono di alloggio per un custode e di magazzino per necessari attrezzi.

Volendo calcolare la luce libera che deve avere un derivatore, converrà distinguere i due casi in cui la luce è libera ed in cui questa è rigurgitata.

Nel primo caso dicasi a l'altezza delle luci ossia la distanza fra la soglia e lo spigolo inferiore delle saracinesche, e b la profondità di questo spigolo sotto del pelo dell'acqua a monte del derivatore. Chiamisi poi l la totale larghezza delle luci del derivatore; siccome l'acqua a monte si potrà generalmente considerare come stagnante si avrà, detta Q la portata da derivarsi:

$$Q = 0{,}60\, l\, a \sqrt{2\, y \left(b + \frac{1}{2}\, a\right)}$$

d'onde si ricaverà la dimensione incognita della luce.

Nel caso in cui la luce sia rigurgitata, che è il caso più generale, chiamisi ancora b l'altezza del pelo a monte sullo spigolo inferiore delle saracinesche e Q la portata da derivarsi; dicansi poi:

a' l'altezza dello spigolo della saracinesca suddetto sul pelo dell'acqua in avalle, pelo la cui posizione si conoscerà semprechè sia nota Q e le dimensioni del canale;

a'' l'altezza di questo pelo a valle sopra la soglia della luce, talchè si avrà $a' + a'' =$ totale altezza della luce;

Q' la parte di Q che passerà attraverso alla parte libera della luce;

Q'' la parte di Q, che passerà attraverso alla parte rigurgitata e si avranno le seguenti formole proposte dal Colombani:

$$Q' = 0{,}60\ l\ a' \sqrt{2\ g \left(b + \frac{1}{2}\ a'\right)}$$

$$Q'' = 0{,}60\ l\ a'' \sqrt{2\ g\ (b + a')}$$

$$Q = 0{,}60\ l \sqrt{2\ g} \left\{ a' \sqrt{b + \frac{1}{2}\ a'} + a'' \sqrt{2\ b + a'} \right\}$$

Un'annesso indispensabile di ogni derivatore è uno *scaricatore*. Consiste questo in un edifizio a saracinesche, affatto simile al derivatore, situato a monte di questo sul fianco del canale derivato, e per mezzo del quale si possono immettere le acque eccedenti in un tronco di canale detto canale *scaricatore* che le riconduce nel fiume.

Un'avvertenza da aversi quando si costruisce uno scaricatore si è di farne la soglia più bassa che non quella del derivatore, la quale dovrà essere elevata con uno o più gradini od anche con un piano inclinato. Ciò allo scopo di facilitare l'ingresso dell'acqua nello scaricatore quando il derivatore sia chiuso, e per impedire che la luce di questo s'ingombri.

Spesso, e specialmente pei piccoli canali a monte del derivatore e del suo scaricatore v'è un altro sistema di saracinesche o di porte sospese a catene, il quale rende il tronco di canale, che è a monte del derivatore, paragonabile ad una grande chiavica. E talvolta eziandio si ha un terzo sistema di porte in quel tratto di fiume non occupato dalla diga; ed evidentemente queste dovranno chiudersi ed aprirsi in modo inverso dello prime.

Allorchè un corso d'acqua è troppo poco importante per fornire ad un momento dato, tutto il volume d'acqua necessario ad una irrigazione, si riesce spesso ad utilizzarlo mediante un serbatoio, L'acqua raccolta nelle stagioni in cui essa abbonda, serve a feconde innaffiature alle epoche del calore e della siccità. La creazione dei serbatoi permette di apportare delle preziose ed importanti modificazioni al regime generale delle acque di una vasta contrada. La

disposizione del terreno, nei paesi di montagna, fornisce sovente il mezzo di migliorare con poca spesa il regime delle acque sopra immense distese di paese a pro dell'agricoltura. « Dovunque, dice il Sig. Gasparin, un vallone ricevente le acque di una vasta superficie di colline, lascia fuggire, al tempo delle pioggie e degli uragani, un torrente passeggero, che spesso guasta le terre inferiori, dovunque un ruscello, troppo poco abbondante per essere utile, può essere ritenuto e le sue acque messe in riserva per il bisogno, la creazione di un serbatoio può diventare una sorgente di ricchezza. Basta calcolare e la quantità d'acqua che si può ricevere; e la estensione del bacino che si deve fare e le spese della sua costruzione, poi mettere a confronto queste spese coll'incremento di valore che prenderanno le terre da irrigarsi. »

Del resto fin dai tempi più remoti la importanza dei serbatoi era stata compresa.

« Un gran numero di serbatoi, dice il Barral, erano distribuiti lungo il corso superiore ed il corso medio del Nilo. L'India, la Persia, l'Assiria, la Palestina, la China, l'Arabia presentano degli avanzi ammirabili d'immensi lavori compiuti nell'intento di raccogliere le acque e spanderle in adacquatrici destinate a fertilizzare il suolo sul quale fiorivano le più antiche civiltà. Chi non conosce i nomi del lago di Meri, dei serbatoi di Menfi, di Mervè, di Coftos, d'Hermonti? Centinaia di milioni di metri cubi erano imprigionati entro bacini, che occupavano intiere vallate e che erano collegati con canali ramificantisi in mille arterie per portare in tutti i sensi la fecondità. »

Le immense difficoltà che quei popoli antichissimi debbono avere incontrate nella costruzione di simili opere, sono ora grazie ai progressi dell'arte del costruire e del sussidio delle scienze enormemente ridotte. In Italia, da ognuno, massime dagli stranieri lodatissimi, sono i serbatoi detti di *Ternavasio*, di *Arignano*, degli *Olivieri*, del *Colombero*, del *Gallina*, di *Pralormo*, di *Pralotero*, di *Monsugian*, del *Biancone*, ecc., costrutti in Piemonte.

Per la buona riescita di siffatte opere è necessario: 1° Che il valloncello abbia superficie non irregolare, foggiata a conca un po'declive in avanti; 2° Che il suolo sia argilloso o comunque compatto in modo da ritenere l'acqua. 3° Che gli argini sieno ben fatti, e lasciati rassodare prima di immettere l'acqua nel serbatoio. 4° Che l'acqua si possa sempre toglierne dalla superficie. »

IV.

Canali di Scolo

La terza classe di canali, di cui ho fatto cenno è quella dei canali di scolo, dei canali cioè destinati ad esportare acque incomode o comunque nocive. Essi avranno generalmente a percorrere i siti più bassi delle vallate, e perciò non sarà possibile dar loro che minima pendenza. In compenso adunque essi dovranno avere grande sezione, talmente grande cioè che per essi colla pendenza possibile possano passare tutte le acque da esportarsi. Siccome con una stessa pendenza l'acqua corre con tanto maggior facilità quanto più essa è abbondante, converrà tostochè si possa farlo, riunire più scoli in un'unico cavo. L'esito del canale nel fiume o torrente o recipiente qualunque destinato a riceverlo dovrà portarsi tanto basso, che la piena di questo non rimonti in quello.

Quando quest'ultima condizione sia impossibile ad ottenersi, e che il fiume o torrente a cui il canale deve condurre l'acqua abbia talvolta un pelo d'acqua superiore a quello del canale, per modo da diventar un recipiente di derivazione se non si chiuda a tempo la luce di sbocco, si usano con profitto valvole o porte automobili.

Sono queste porte talmente collocate che la stessa pressione idrostatica le tiene aperte quando il pelo d'acqua del canale supera quello del recipiente, e le chiude nel caso contrario.

La sola cosa che, in generale resti al costruttore da calcolare relativamente ai canali di scolo è la loro sezione. Questa si dedurrà facilmente dalle equazioni del moto uniforme sempre quando sia conosciuta la massima portata; ma questa massima portata, cioè la quantità d'acqua che in un dato tempo si dovrà poter esportare dalla regione che vuolsi risanare non si potrà in generale conoscere dall'ingegnere che in seguito ad un'accurato studio delle circostanze tutte di clima, di esposizione, di terreno che vi possono influire.

MARANGONI ANGELO

TESI LIBERE

MACCHINE A VAPORE E FERROVIE

Resistenza opposta alla trazione da un convoglio su una strada curvilinea ed in pendenza.

MECCANICA APPLICATA ED IDRAULICA

Attrito di rotazione sofferte da un albero che gira sui guancialini — Spostamento che succede nell'albero prima che esso cominci a girare — Risultati di esperienze riguardanti cotesto attrito — Lavoro consumato dal medesimo — Applicazione al verricello.

COSTRUZIONI CIVILI, IDRAULICHE E STRADALI

Resistenza delle murature allo scorrimento ed al rovesciamento.

GEOMETRIA PRATICA

Determinazione analitica di un punto trigonometrico per mezzo di tre altri dati di posizione.