L'INGEGNERIA CIVILE

LE ARTI INDUSTRIALI

PERIODICO TECNICO MENSILE

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

di 20 ed anche di 100 metri.

bero il perimetro.

Napoli.

menti delle torri dei fari.

nuovi lavori del Porto di Napoli.

COSTRUZIONI MARITTIME

A proposito del "nuovo sistema per rendere più facile, ed , attuabile anche nei profondi abissi del mare, l'antico , metodo di fondare con calcestruzzo dato in opera per , immersione ,, e del "progetto di un doppio bacino da ,, carenaggio nel porto di Napoli ,, del cav. Beniamino Trinchera, ingegnere di porti e fari, ecc. (1).

Osservazioni dell'ing. L. LANINO,

Professore di costruzioni idrauliche e stradali nella R. Scuola di Applicazione per gli Ingegneri in Torino

Il signor ingegnere Beniamino Trinchera ha teste pubblicato, con la collaborazione del figlio architetto Eugenio, una nuova Memoria riproducente in forma più ampia e più particolareggiata le idee già esposte dall'Autore fin dal 1873 (Atti del R. Istituto di incoraggiamento di Napoli) e ripresentate nel 1886 (Concorso per i lavori di ampliamento del Porto di Genova) e nel 1887 (Atti del VI Congresso degli Ingegneri ed Architetti Italiani in Venezia) sulla convenienza di adoperare nelle opere portuali il calcestruzzo colato a mare libero.

La costanza dimostrata dall'Autore nel riprodurre e sostenere codesta idea e l'accoglienza favorevole che essa ebbe al Congresso di Venezia, il quale la «raccomandò alla seria » attenzione degli ingegneri che si occupano di questo ge-» nere di costruzioni », facendo voti che « il sistema Trin-

chera venisse sperimentato su più vasta scala, per mag giormente dimostrare l'utilità associata alla economia
 della spesa » (2), mi invogliarono di leggere la nuova
 pubblicazione dell'ing. Trinchera, nella speranza di trovarvi
 la dimostrazione dell'attuabilità pratica e della convenienza

tecnica ed economica del sistema che egli propugna. La nuova Memoria del Trinchera consta di due Parti, a ciascuna delle quali corrisponde una tavola illustrativa, le

cui figure stimo superfluo qui riprodurre.

Nella Parte prima, premesso un breve cenno degli inconvenienti, che spesso presentano le ordinarie paratie impiantate a contegno del calcestruzzo, quando, perchè molto alte, espongono una superficie molto estesa all'azione delle acque. l'Autore propone di farne senza e di versare direttamente lo smalto in acqua libera; cita osservazioni da lui fatte durante i lavori del Porto d'Ortona, che lo indussero a sperimentare colà tale metodo, e racconta come gli fosse riuscito di riparare ad una corrosione avvenuta alla testa del molo, incorporandovi una massa di 32 m³ di calcestruzzo immerso a mare libero, cioè senza aiuto di casseri, alla profondità di m. 4,15, e come, avendo esplorato circa due anni dopo le condizioni del medesimo, lo avesse trovato perfettamente indurito e aderente alla scogliera del molo.

dossarlo al molo S. Vincenzo, poco oltre l'innesto di questo ultimo con il molo militare, dove esso occuperebbe in mare un'area di 25500 m² con fondali di circa m. 17. Mette in rilievo i vantaggi di questa ubicazione di fronte agli inconvenienti che egli ravvisa nell'altra che, secondo quanto espone, sarebbe stata prescelta dal Governo a ridosso del molo orientale; la quale è dal Trinchera ritenuta sfavorevole per scarsa profondità d'acqua, non sufficientemente difesa dai movimenti del mare e nociva al regime del Porto, nel quale toglierebbe spazio al commercio e produrrebbe risacca.

Passa quindi alla descrizione del suo progetto di bacino doppio, dalla quale tolgo le seguenti particolarità e cifre.

Ne conclude subito che con lo stesso metodo si possono fondare moli, dighe ed altre consimili opere in fondali di 10,

Ma, considerato l'eccessivo protendimento che prendereb-

bero, abbandonate a se stesse, le scarpate della massa immersa in fondali così profondi, rileva la convenienza di contenerle in più stretti limiti, rivestendole con massi artificiali di forma regolare parallelepipida, formanti altrettanti re-

cinti ai singoli strati del calcestruzzo colato in acqua, di-

(uno o due metri) pari a quella dei massi che ne formereb-

e per le fiancate dei bacini da carenaggio e per gli imbasa-

elenco di prezzi ed alcune analisi di costo istituite nell'ipo-

tesi che il sistema stesso possa trovare applicazione nei

Propone questo stesso metodo di fondazione per le platee

Enumera infine i vantaggi del sistema ed aggiunge un

Nella seconda Parte della Memoria l'Autore tratta in

Discute anzitutto con molta copia di argomenti la que-

particolare della eventuale applicazione del suo sistema alla

costruzione di un doppio bacino da carenaggio nel Porto di

stione della ubicazione di detto bacino, proponendo di ad-

Questo calcestruzzo dovrebbe essere immerso a mezzo di casse a fondo mobile, da farsi discendere sott'acqua fino alla profondità dove l'impasto deve avere impiego; e la massa elevarsi per strati orizzontali sovrapposti, di altezza limitata

gradanti di ampiezza dal basso verso l'alto.

Il bacino, comunicante col mare da ambe le parti, si compone di due vasche lunghe rispettivamente m. 125 e m. 80, con larghezza di m. 30 in sommità e m. 24 alla base, separate da una camera intermedia lunga m. 10, munita di chiusura a mezzo di battello-porta. Le due camere d'ingresso, situate alle due bocche del bacino, sono lunghe ciascuna m. 20 ed hanno, come la intermedia, larghezza di m. 26 in alto e 22 in basso. Ciascuna di esse è munita di doppia scanalatura per potervi operare, in due posizioni diverse, la chiusura col battello-porta.

Le pareti interne delle vasche sono a quattro gradini alti m. 2,80, larghi m. 1.

¹ Napoli, R. Stabilimento Tipografico De Angelis e Belisario, 1897.

⁽²⁾ Atti del VI Congresso degli Ingegneri cd Architetti Italiani in Venez a, pag. 94.

La platea è disposta a 5 ripiani, cioè presenta una zona centrale larga m. 8, fiancheggiata da ciascuna parte da due gradini larghi m. 4, alti m. 0,50.

La zona centrale è alla profondità di m. 11 sotto il livello delle acque medie, al disopra del quale si elevano di

m. 1,20 i cigli delle vasche.

La fondazione dell'opera è costituita da una platea generale di calcestruzzo, formata con 4 strati sovrapposti, alti un metro e rinchiusi entro altrettanti recinti di massi artificiali di m. $2 \times 1 \times 1$.

Lo strato inferiore ha 53 metri di ampiezza con sporgenza di 1.60 dagli altri tre, che sono in ritiro l'uno sull'altro di pochi centimetri, e l'ultimo dei quali presenta poi una seconda risega di m. 1,60 all'ingiro delle fiancate.

Tale platea risvolta lateralmente, ad una delle estremità del bacino, sotto l'adiacente edifizio delle macchine e si congiunge con quella del muro esterno, di cui si dirà in se-

guito.

Sulla platea generale teste descritta si elevano le fiancate con grossezza di m. 9,80 alla base e m. 5 al livello delle acque medie, formate anch'esse con strati sovrapposti di calcestruzzo colato in acqua entro recinti di massi artificiali.

Il bacino si estende parallelamente al molo S. Vincenzo. Fra la fiancata più vicina al molo e la scarpa di quest'ultimo è progettato un rinterro, che in sommità fornisce un piazzale largo circa 30 metri ad uso di cantiere. A m. 30 circa dalla fiancata opposta è progettato un muro esterno, parallelo alla fiancata stessa ed avente la stessa forma e le stesse dimensioni di quest'ultima; tale muro è fondato sopra una platea propria larga m. 15 ed alta 4, con la stessa struttura della platea principale, con la quale si congiunge di fianco, come già si disse, mediante un tratto trasversale che passa sotto l'edifizio delle macchine.

Nell'intervallo fra il muro esterno e la fiancata adiacente si ha un secondo rinterro coronato da un altro piazzale

identico al precedente.

Alle due estremità del bacino tanto il muro esterno quanto le fiancate risvoltano ad angolo retto per congiungersi insieme e con il molo, e così completare l'incassamento dei due rinterri.

Le platee di fondazione, l'ossatura delle fiancate ed il muro esterno comprendono m³ 29418 di massi artificiali e

m³ 80643 di impasto colato in acqua.

Le murature formanti il rivestimento interno delle vasche, delle camere di chiusura, delle gallerie di esaurimento, della camera delle macchine, ecc., comprendono m³ 43044 di struttura in pietrame (pezzotti e scardoni), m³ 2340 di pietra da taglio, m³ 912 di mattoni e m. q. 16520 di basolato.

Tutte le anzidette murature di fondazione, di ossatura e di rivestimento sono stimate complessivamente in L. 2,962,321

Alla qual cifra si aggiungono:

1. Per l'esplorazione del fondo e per la sistemazione del medesimo compreso il suo rivestimento con doppia tela incatramata.

135,200

2. Per il prosciugamento del bacino e la demolizione di due diaframmi provvisori.

99,799

3. Per l'arredamento del bacino (taccate, tettoie, ormeggi, gru, argani, binari, pompe di esaurimento ed acquisto di tre battelli-porta).

4. Per imprevisti

702,680 » 1,000,000

Totale L. 5,000,000

Nella Memoria che ho testè cercato di riassumere fedelmente, sorvolando solo sui particolari di minor inte-

resse, non avrei trovato argomenti che mi abbiano persuaso della bontà del nuovo sistema di fondazione, propugnato dall'ingegnere Trinchera per le opere portuali. Mi sembra piuttosto che l'Autore, forse esagerandosi la portata dell'esperimento riuscitogli al molo di Ortona, ne abbia tratto deduzioni, che da quel fatto isolato e specialissimo non risultano abbastanza giustificate.

Incominciando dalla applicazione che l'Autore vorrebbe fare del suo sistema ai bacini da carenaggio, e che sarebbe la più importante, viene anzitutto ovvio l'osservare che, mentre questi bacini rivestono forme quasi colossali, sono opere le quali richiedono nella loro esecuzione cautele delicatissime, allo scopo di ridurre al minimum il loro grado di permeabilità; la quale non è possibile eliminare completamente (1), specialmente nei bacini costruiti in acqua.

A raggiungere l'anzidetto scopo, nei metodi moderni più perfezionati che furono attuati o proposti per la costruzione dei bacini di raddobbo in muratura, è invalso il concetto di eseguire all'asciutto, non solo le murature interne di rivestimento, ma anche tutte quelle di fondazione e di ossatura, le quali sogliono farsi di calcestruzzo. E su questo principio è fondato il sistema Zschokke, che vinse il concorso indetto nel 1886 per i nuovi bacini di Genova, e che vi fu applicato con tanto successo. Tuttavia anche in questi bacini non si poterono eliminare del tutto le filtrazioni; ma queste furono riconosciute dovute semplicemente alla porosità delle malte.

Poichè adunque esiste già una causa intrinseca di filtrazioni nella struttura stessa dell'opera, è tanto più da evitarsi che tale grado di permeabilità venga accresciuto con una esecuzione meno perfetta, la quale apra altre vie più

dirette alla penetrazione dell'acqua.

Il sistema Trinchera non sarebbe altro che un ritorno agli antichi metodi che erano in uso prima che si pensasse di utilizzare l'aria compressa nelle fondazioni. La vera novità che esso presenta consisterebbe nel sostituire alle ordinarie paratie di legnami recinti di massi artificiali elevati successivamente ad anelli di poca altezza, in corrispondenza dei successivi strati del calcestruzzo.

E qui noto che l'Autore raccomanda (pag. 11) di « ce-» mentare sempre i massi tra loro », e di « far spianare dai » palombari il calcestruzzo strato per strato »; delle quali operazioni io ritengo non possibile la prima, imperocchè sia già difficilissimo che nell'affondare i massi questi riescano ben allineati e combacianti; e nociva la seconda, per la ragione che, anche nelle ordinarie fondazioni fluviali, quando si ha da colare calcestruzzo in acqua, si evita di distenderlo a strati orizzontali e spianati, attesochè fra uno strato e l'altro si depositerebbe inevitabilmente un letto di melma lattiginosa, la quale impedirebbe l'incorporamento reciproco degli strati stessi; e si preferisce invece di elevare rapidamente a tutta altezza la massa del calcestruzzo presso una delle estremità del cavo, e da questa avanzare verso l'estremità opposta, ricaricando sul prisma già colato e spingendone in avanti la scarpata libera. E parmi ricordare che simile procedimento sia stato anche applicato in addietro alle fondazioni di bacini in mare, e precisamente al grande bacino di Venezia, costruito verso il 1877 o 1878, dove il cassero venne lasciato aperto verso la bocca, allo scopo di dare scolo alle melme lattiginose.

Ad ogni modo, quand'anche si riuscisse ad incorporare fra loro i successivi strati del calcestruzzo ed a rinchiuderli esattamente entro i recinti formati dai massi artificiali, non

⁽¹⁾ Il Franzius, Consigliere superiore della Marina Germanica e Direttore delle nuove costruzioni nel porto di Kiel, ebbe a dichiarare che egli considererebbe come un caso miracoloso quello di un bacino senza filtrazioni.

è tuttavia da credere che la massa, così formata con elementi abbandonati a sè stessi in acqua profonda da tredici a diciasette metri, possa acquistare quella perfetta omogeneità e compattezza che soltanto è possibile ottenere lavorando all'asciutto; e ne concludo che il sistema Trinchera non può assolutamente competere, sotto il riguardo tecnico, nè col sistema Zschokke, nè con alcun altro sistema simile, fondato sull'impiego dell'aria compressa entro cassoni galleggianti o sospesi, i quali, con la regolarità, la perfezione e la facilità dei loro movimenti in ogni senso, costituiscono i soli mezzi finora conosciuti per poter eseguire e collegare perfettamente insieme le diverse parti in cui deve necessariamente suddividersi la esecuzione di moli così colossali.

Esaminando poi il sistema proposto dal punto di vista economico, senza entrare in minuti particolari, parmi sufficiente l'osservare che, mentre il Trinchera, per il bacino da esso progettato per Napoli e lungo 255 metri, calcola una spesa di 5 000 000 di lire, pari a L. 19 600 a metro lineare, i due nuovi bacini di Genova costruiti dallo Zschokke, ed aventi complessivamente lunghezza di metri 399, costarono L. 7775 000, cioè L. 19 390 al metro lineare. Vero è che il bacino del Trinchera avrebbe qualche metro di più in larghezza ed in profondità d'acqua; ma, anche tenendo conto di queste diversità di proporzioni, il risparmio di spesa che si otterrebbe col suo sistema non sarebbe certamente tale da compensare i rischi ai quali la costruzione si troverebbe esposta.

Per ciò che concerne i moli, l'applicazione del sistema del Trinchera incontrerebbe una grave difficoltà nella pendenza del fondo, la quale non permetterebbe di posare i massi e di elevare il calcestruzzo nel modo prestabilito, cioè a strati orizzontali, salvo che alla condizione di ritagliare prima il fondo stesso a gradini; operazione questa che sarebbe disturbata dall'azione dei flutti di fondo, i quali man mano distruggerebbero il lavoro intrapreso. Bisognerebbe quindi formare la base della fondazione con una scogliera di massi gettati alla rinfusa ed elevata fino ad una altezza che arrivi almeno a quella del punto più elevato del fondo; e su questa scogliera, regolarmente spianata e livellata, appoggiare la successiva costruzione in calcestruzzo colato e rinserrato fra i massi artificiali. Ed il Trinchera propone appunto anche questa disposizione, la quale potrebbe riescire difettosa per la ragione che la massa di calcestruzzo sovrapposta alla scogliera, partecipando inevitabilmente ai movimenti di quest'ultima, si romperebbe.

Inoltre se il lavoro in corso è sorpreso da una mareggiata, la violenza dei flutti può smuovere e disperdere i massi del recinto prima che essi abbiano ricevuto l'appoggio del calcestruzzo colato dietro di essi.

Per costruire i moli a pareti ripide e quasi verticali, come propone il Trinchera, si hanno altri metodi più razionali, la cui attuabilità ed efficacia vennero già dimostrate dall'esperienza. Basterà citare il vecchio molo dell'Ammiragliato nel porto di Dover, costruito per intero con blocchi regolari di pietra e di calcestruzzo, in fondale di circa 13 m. sotto il livello di bassa marea; ed i moli recenti dei porti di Newhaven e di Sunderland, costruiti con massi artificiali di 20 a 45 tonnellate superiormente al livello di bassa marea e, al disotto di questo, con calcestruzzo racchiuso entro enormi sacchi di tela, formanti tanti massi plastici di 50 a 100 tonnellate, i quali, affondati prima che l'impasto abbia cominciato a far presa, si adattano facilmente alle irregolarità del fondo ed ai contatti reciproci, e formano un masso unico, che si sostiene con scarpe inferiori al 112 per 1,

e costituisce anche in mare aperto un imbasamento solidissimo non attaccabile dai flutti.

Per contro l'applicazione del sistema proposto dall'ingegnere Trinchera non mi pare possibile che per opere interne, in acque costantemente tranquille, non soggette a prevalenze di pressioni, quali sarebbero, ad esempio, i muri di calata.

Il fatto che alla testa del molo d'Ortona il calcestruzzo colato a mare libero aderì alla scogliera e vi si mantenne incorporato, non parmi possa infirmare gli apprezzamenti qui sopra fatti. L'azione stessa dei flutti può aver contribuito a far aderire quel calcestruzzo agli scogli della gettata preesistente, facendolo penetrare negli interstizi e premendovelo contro anzichè asportarlo. E questa considerazione mi porta ad esprimere l'avviso che il calcestruzzo versato a mare libero sopra le scarpate delle scogliere di fondazione dei moli e delle dighe possa contribuire ad assodarle, riempiendone i vuoti di superficie e rendendo queste ultime piane e quasi liscie, e così meno attaccabili dai flutti del mare. E concludo essere questa la sola applicazione del sistema Trinchera che mi sembri meritevole di essere esperimentata con probabilità di riuscita.

COSTRUZIONI FERROVIARIE

RICERCA E STUDIO DI UNA NUOVA CURVA DI PASSAGGIO PER LE FERROVIE

Memoria dell'Ingegnere C. S. RIVERA

(Continuazione e fine)

III.

Se, come si disse, può taluna volta presentarsi il caso in cui sia conveniente raccordare due rettilinei adiacenti con una sola curva a raggio variabile, in generale però il problema si presenta sotto questa forma:

Data l'apertura 2α dei due rettilinei a raccordarsi (vedi fig. 50) e la lunghezza $B=\overline{VT}$ delle tangenti, raccordare i due rettilinei col cerchio di massimo raggio compatibile col limite di pendenza imposto alla rotaia esterna sulla curva di passaggio.

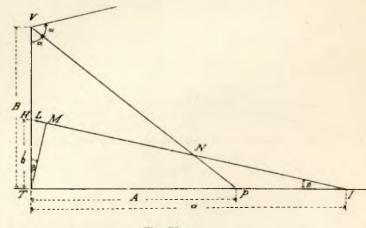


Fig. 50.

Osservo intanto che la metà della curva studiata nel precedente capitolo può appunto servire come curva di passaggio a pendenza variabile, purchè si faccia in modo che essa riesca tangente al cerchio nel suo estremo che prima costituiva il suo punto di mezzo, e che abbia quivi il suo raggio di curvatura eguale al raggio del cerchio.

Conduco la bissettrice V P dell'angolo al vertice, e la T I

normale in T alla T V, verso l'interno della risvolta.

Indi immagino tracciata entro l'angolo V T I una retta H I tale che, abbassata su di essa da T la normale T M e preso su H M un punto L in modo che L M = $\frac{11}{16}$ H M, detto N il

punto d'incontro di HI con V P, risutti L N = $\frac{8}{15}$ MI.

Dico che la curva di equazione:

$$y = \frac{c \tan \frac{c}{s}}{16} \left[11 - 15 \left(\frac{x}{c} \right)^{s} + 5 \left(\frac{x}{c} \right)^{s} - \left(\frac{x}{c} \right)^{s} \right]$$

ove $\beta = V T M e c = T M$, descritta sulla M T come parte negativa dell'asse della x e sulla M H come parte positiva dell'asse delle y è curva di passaggio a pendenza variabile tra il rettilineo VT, con la tangente B e il cerchio di centro N e raggio L N. Il quale cerchio, essendo simmetricamente situato rispetto ai rettilinei dati potrà, mediante analoga e simmetrica curva di passaggio all'altro estremo, dare il raccordo colla voluta continuità nella variazione della pendenza della rotaia esterna.

Infatti, per quanto si disse nel capitolo precedente, la detta curva, la cui equazione fu appunto determinata in modo da offrire la voluta pendenza variabile con continuità, sarà tangente in T alla V T e avrà quivi $\rho(x=-c)=\infty$, e passerà pure per il punto L perchè, per costruzione L $M=\frac{11}{16}$ H M.

Infine, per un'altra proprietà precedentemente dimostrata, detta curva avrà in L un raggio di curvatura $\rho_{(x=o)}=r=$

 $=\frac{.8}{15}$ M I, e siccome per costruzione si ha appunto L N =

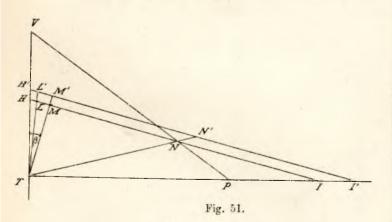
 $=\frac{5}{15}$ M I il centro del cerchio osculatore alla curva nel

punto L sarà N, ossia coinciderà, come era necessario, col centro del cerchio.

Ora, di rette analoghe alla H I se ne ha un'infinità (costituiscono un inviluppo) e più precisamente ad ogni valore di β, angolo di inclinazione della retta H I sulla T P, corrisponde una di tali rette.

Dato β, ecco come si può graficamente costrurre la relativa

Conduco (vedi fig. 51) la T M' inclinata di \(\beta \) su T V, e per un suo punto qualunque M' traccio la normale ad essa H' I'.



Prendo M' L' =
$$\frac{41}{46}$$
 H' M' e L' N' = $\frac{8}{45}$ M' I'.

Congiungo T con N'. Il punto N in cui la T N' taglia la V P è un punto della H I cercata. La quale, dovendo essere paral-

lela ad H'I' sarà pienamente determinata. Infatti, detti H, L, M, N ed 1 i punti della H1 analoghi (proiezioni da T) dei corrispondenti punti H', L', M', N' ed I'

della II' I', facilmente si ricaverà dietro semplici considerazioni di triangoli simili o di rette parallele sezioni dello stesso

$$L M = \frac{11}{16} H M$$

$$LN = -\frac{8}{15}MI.$$

Occupiamoci ora di trovare una relazione tra l'angolo & e due elementi determinativi della retta corrispondente H1, ad esempio i due segmenti da essa intercetti sullo rette TP e TV che ora assumerò come assi rispettivamente delle X e

In altre parole risolviamo analiticamente la stessa questione di trovare la retta HI corrispondentemente ad un dato

valore di β.

Porremo (vedi fig. 50):

$$\begin{array}{ccc}
T & H = b \\
T & V = B
\end{array}$$

T $\stackrel{}{I} = \stackrel{}{A}$

e partiremo dalle ipotesi:

$$LM = \frac{11}{16} HM$$
 e $LN = \frac{8}{15} MI$.

Si noti che:

$$\frac{b}{a} = \tan \beta$$
 e $\frac{A}{B} = \tan \alpha$.

L'equazione della retta VP è:

$$\frac{X}{A} + \frac{Y}{B} - 1 = 0.$$

L'equazione della retta HI è:

$$\frac{X}{a} + \frac{Y}{b} - 1 = 0.$$

Le quali due equazioni possono ancora scriversi rispettivamente:

$$X \cot \alpha + Y - B = 0$$

$$X \tan \beta + Y - b = 0.$$

L'ascissa X_N del loro punto d'intersezione N si avrà sottraendo:

$$X_x (tang \beta - \cot \alpha) + B - b = 0$$

da cui:

$$X_{x} = \frac{B - b}{\cot \alpha - \tan \beta}.$$

Quindi la lunghezza H N sarà:

$$H N = \frac{X_x}{\cos \beta} = \frac{1}{\cos \beta} \frac{B - b}{\cot \alpha - \tan \beta}.$$

Ora:

$$HM = b \operatorname{sen} \beta$$

$$H L = \frac{5}{16} H M = \frac{5}{16} b \operatorname{sen} \beta$$

$$LN = HN - HL = \frac{1}{\cos \beta} \frac{B - b}{\cot \alpha - \tan \beta} - \frac{5}{16} b \sin \beta.$$

Si ha ancora:

M I =
$$a \cos \beta = \frac{b}{\tan \beta} \cos \beta = b \cos \beta \cot \beta$$
.

E sostituendo nella:

$$LN = \frac{8}{15} MI,$$

ad LN e Ml i valori trovati, avrem-

$$\frac{8}{15} b \cos \beta \cot \beta = \frac{1}{\cos \beta} \frac{B - b}{\cot \alpha - \tan \beta} - \frac{5}{16} b \sin \beta,$$

da cui si ha facilmente:

(1)
$$\frac{b}{B} = \tan \beta : \left| \tan \beta + \frac{5}{16} \tan \beta \right| \left| \frac{8}{15} + \frac{5}{16} + \frac{5}{16$$

Quindi:

(1')
$$\frac{a}{B} = \frac{b}{B \tan \beta} = 1 : \left\{ \tan \beta + \cos^2 \beta \left(\cot \alpha - \tan \beta \right) \left(\frac{8}{15} + \frac{5}{16} \tan \beta^2 \beta \right) \right\}$$

E ricordando che si aveva $r = \frac{8}{15}$ M I $= \frac{8}{15}$ $b \cos \beta \cot \beta$,

avremo:

(2)
$$\frac{r}{B} = \frac{8}{15} \cos \beta : \left\{ \tan \beta + \cos^2 \beta \left(\cot \alpha - \tan \beta \right) \left(\frac{8}{15} + \frac{5}{16} \tan^2 \beta \right) \right\}$$

Abbiamo adunque trovato la posizione della retta HI (segmenti a e b) e il valore del raggio del cerchio di raccordo in funzione dell'angolo β .

Trattasi ora di scegliere l'angolo β in modo che gli corrisponda il massimo raggio r compatibile col limite imposto alla pendenza della rotaia esterna.

Ora, come si vide nel capitolo precedente, detto p_1 questo limite, esso non verrà superato purchè sia rispettata la relazione:

$$p_{z} = \frac{5 k \varepsilon}{\sqrt{3}} \frac{1}{e c}.$$

Ma si aveva:

$$k = \frac{\sigma v^s}{g} \qquad , \qquad r = \frac{8}{45} e,$$

ossia:

$$e = \frac{15}{8}r$$
 , $c = e \tan \beta = \frac{15}{8}r \tan \beta$.

Sostituendo nell'espressione di p,:

$$p_2 = \frac{5 \sigma \varepsilon v^3}{g \sqrt{3}} \frac{1}{\left(\frac{15}{8} r\right)^2 \tan \beta},$$

da cui, posto:

$$q = \sqrt{\frac{5 \sigma \varepsilon v^2}{\left(\frac{15}{8}\right)^2 \sqrt{3} g p_2}} = \infty \sqrt{0,821 \frac{\sigma v^2 \varepsilon}{g p_2}},$$

si ha:

(3)
$$\tan \beta = \left(\frac{q}{r}\right)^*.$$

Le equazioni (2) e (3) non contengono di incognite che β ed r, le quali sono quindi pienamente determinate.

Se al posto delle funzioni trigonometriche di β , che compaiono nella (2), sostituiamo i loro valori in funzione di r ricavati dalla (3), cadiamo in un'equazione del 12° grado in r.

$$\frac{r}{B} = \frac{8}{45} \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{q}{r}\right)^4}} : \left\{ \left(\frac{q}{r}\right)^2 + \frac{1}{1 + \left(\frac{q}{r}\right)^4} \left[\cot \alpha - \left(\frac{q}{r}\right)^2\right] \left[\frac{8}{45} + \frac{5}{16} \left(\frac{q}{r}\right)^4\right] \right\}$$

la cui

$$\frac{r}{B} = \frac{8}{15} \sqrt{1 + \left(\frac{q}{r}\right)^4} : \left[1 + \left(\frac{q}{r}\right)^4\right] \left(\frac{q}{r}\right)^2 + \left[\cot \alpha - \left(\frac{q}{r}\right)^2\right] \left[\frac{8}{15} + \frac{5}{16} \left(\frac{q}{r}\right)^4\right] \left(\frac{q}{r}\right)^4$$

Se però, avuto riguardo alla piccolezza di $\left(\frac{q}{r}\right)$, si pone, nel denominatore del 2º membro, al posto di $\frac{8}{15}+\frac{5}{16}\left(\frac{q}{r}\right)$, il valore un po' maggiore:

$$\frac{8}{45} \left[1^2 + \left(\frac{q}{r} \right)^4 \right],$$

avremo:

$$\frac{r}{B} = \frac{8}{15} \frac{\left[1 + \left(\frac{q}{r}\right)^{4}\right]^{-\frac{1}{2}}}{\frac{8}{15}\cot\alpha + \frac{7}{15}\left(\frac{q}{r}\right)^{4}},$$

ossia:

$$\frac{r}{B} = \frac{\left[1 + \left(\frac{q}{r}\right)^4\right]^{-\frac{1}{2}}}{\cot \alpha + \frac{7}{8}\left(\frac{q}{r}\right)^4}.$$

Sviluppo in serie il numeratore trascurando i termini d'ottavo ordine e seguenti:

$$\left[1+\left(\frac{q}{r}\right)^4\right]^{-\frac{1}{2}}=1-\frac{4}{2}\left(\frac{q}{r}\right)^4+\ldots$$

Sostituendo:

$$\frac{r}{B} = \frac{1 - \frac{1}{2} \left(\frac{q}{r}\right)^4}{\cot \alpha + \frac{7}{8} \left(\frac{q}{r}\right)^4}.$$

Pongo ora:

$$(4') 1 - \frac{1}{2} \left(\frac{q}{r} \right)^4 = \theta$$

(termine molto prossimo all'unità). Avremo:

$$\frac{r}{B}\cot\alpha + \frac{7}{8} \frac{q^*}{B} \frac{1}{r} - \theta = 0$$

$$r^2 - r \theta B \tan\alpha + \frac{7}{8} q^2 \tan\alpha = 0;$$

la quale risolta, considerando θ come noto, offre:

$$r = \frac{\theta \operatorname{B} \operatorname{tang} \alpha}{2} \pm \sqrt{\frac{\theta^{2} \operatorname{B}^{2} \operatorname{tang}^{2} \alpha}{4} - \frac{7}{8} \eta^{2} \operatorname{tang} \alpha}.$$

Delle due radici evidentemente dovrà scegliersi la prima, dappoiche cerchiamo il massimo valore del raggio, compatibile col p.

Avremo adunque:

(4)
$$r = \frac{\theta \operatorname{B} \operatorname{tang} \alpha}{2} \left\{ 1 + \sqrt{1 - \frac{7}{2}} \frac{q^*}{\theta \cdot \operatorname{B}^* \operatorname{tang} \alpha} \right\},$$

la quale, con la $\theta = 1 - \frac{1}{2} - \left(\frac{q}{r}\right)^4$, si presta egregiamente alla ricerca di r col metodo delle successive approssimazioni.

Ritenuto dapprima $\theta = 1$, si ricaverà colla (4) un primo valore di r che, sostituito nella (4'), ci darà con molta precisione il valore di θ , in base al quale si tornerà colla 4 a calcolare r.

Avuto questo valore di r, si sostituirà nella (3) per avere β , angolo che si potrà, e sarà anzi bene, arrotondare per eccesso

sino alle decine di minuti primi $\left(\frac{1}{6}$ di grado).

Fissato così il definitivo valore di 3, colla (2) si calcolerà il definitivo valore di r.

Del resto si osservi che nella determinazione di β, purchè si abbia cura di non scarseggiare, non occorre alcun rigore, salvo a ricavare poi con esattezza, in base a β , i giusti valori

di a, b ed r mediante le (1), (1') e (2). Si potra quindi, con notevole risparmio di tempo, eseguire tutti i calcoli sulle (4) e (4') in modo approssimativo, ad esempio, col regolo calcolatore, dappoiche basterà nel valore di r fermarci agli interi (metri) e in quello di θ ai millesimi.

La posizione del vertice, incontro delle tangenti estreme all'arco di cerchio, e i valori dell'angolo tra queste compreso e della loro lunghezza si hanno dalla semplice ispezione della figura 52, come segue:

$$\alpha' = \alpha + \beta$$
$$B' = r \cot \alpha'$$

$$\mathbf{V} \, \mathbf{V}' = \frac{\mathbf{T} \, \mathbf{V}''}{\operatorname{sen} \, \alpha} = \frac{\mathbf{T} \, \mathbf{L}' + \mathbf{L}' \, \mathbf{V}''}{\operatorname{sen} \, \alpha} = \frac{\mathbf{H} \, \mathbf{L} \cos \beta + \mathbf{L} \, \mathbf{V}' \operatorname{sen} \, \beta}{\operatorname{sen} \, \alpha} = \frac{1}{\operatorname{sen} \, \alpha} \left(\frac{5}{46} \, b \operatorname{sen} \, \beta \cos \beta + \mathbf{B}' \operatorname{sen} \beta \right) = \frac{\operatorname{sen} \, \beta}{\operatorname{sen} \, \alpha} \left(\frac{5}{46} \, b \cos \beta + \mathbf{B}' \right).$$

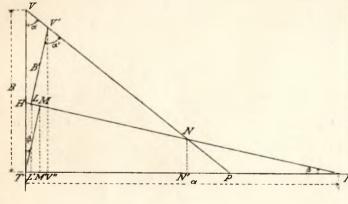


Fig. 52.

Per la ricerca di r, a, b e 3, per quanto il metodo più sopra indicato non sia poi molto lungo, si potrebbe far uso di una tabella che appunto fornisse (supposti fissati σ , $v \in p_*$) i vari valori di quelle quantità corrispondentemente a un certo numero sufficientemente grande di valori di a e B.

Pel tracciamento dell'arco di circolo, ottenuti i nuovi elementi che lo determinano, si applicheranno naturalmente i metodi e le tabelle già in uso.

Pel tracciamento infine della curva di passaggio, si potrebbe, come si disse, preparare una piccola tabella (di un

sol quadro) che fornisse per vari valori di $\frac{x}{x}$ (varianti, ad esempio, da centesimo in centesimo) i corrispondenti valori

$$di = \frac{y}{c \tan \beta}.$$

Offro un'idea di quest'ultima tabella porgendone un esempio per 11 valori equidistanti di $\frac{x}{x}$.

$$\frac{x}{e} = \begin{vmatrix} 1, - & 0.9 & 0.8 & 0.7 & 0.6 & 0.5 \\ \frac{y}{e \tan \beta} = \begin{vmatrix} 0.0000 & 0.0999 & 0.1990 & 0.2958 & 0.3876 & 0.4717 \end{vmatrix}$$

$$\frac{x}{c} = \begin{vmatrix} 0.4 & 0.3 & 0.2 & 0.4 & 0.- \\ \frac{y}{c \tan \beta} = \begin{vmatrix} 0.5452 & 0.6056 & 0.6505 & 0.6781 & 0.6875 \end{vmatrix}$$

Quanto al limite p da imporsi alla pendenza della rotaia esterna, mi pare convenga tenerlo relativamente basso, sia perché detta pendenza può eventualmente aggiungersi a quella del piano stradale, sia perchè la mancanza di parallelismo al-timetrico tra le due guide, non permettendo che i punti d'appoggio delle ruote di un veicolo stieno in un piano, è causa di gravi irregolarità nel moto dei treni.

Le norme pratiche in uso, coll'attuale curva di passaggio, ammettono una pendenza variabile dal 0,5 al 4,8 per mille.

A mio avviso potrebbesi stabilire un massimo del 2 o tutto più del 3 per mille, a seconda dell'importanza della linea. Su questi dati, e supposta ad esempio di 80 chilom. all'ora la velocità massima dei treni (cui corrisponde v=m. 22,2)

e ritenuto lo scartamento = 1,48 e il fattore di correzione $\varepsilon = 1,07$ (vedi retro) la (3) diverrebbe:

per
$$p_1 = 0,002$$
 $\tan \beta = \frac{32690}{r}$ (3)

per
$$p_i = 0.003$$
 $\tan \beta = \frac{21790}{r_i}$. (3")

IV.

A meglio chiarire il metodo sopra esposto, lo applicheremo

ad un esempio pratico. Suppongasi di dover raccordare due rettilinei formanti l'angolo al vertice di 128º e sui quali i punti di tangenza debbansi tenere alla distanza di m. 310 dal vertice.

Ritenuti i dati enunciati in fine del precedente capitolo, supporro che la massima pendenza della rotaia esterna non debba oltrepassare il 3 0100.

Avremo:

$$\alpha = 64^{\circ}$$
 B = 310^m $q^* = 21790$.

Posto $\theta = 1$, la (4) mi fornisce un primo valore di r che trovo di m. 567 ...

Sostituisco nella (4') ed ho:

$$\theta = 0.998$$

valore che introdotto nella (4) mi dà:

$$r = 564 \, \text{s}$$

In base al quale ottengo dalla (3):

tang
$$\beta = 0.0685$$
 ossia $3^{\circ}, 50^{\circ} < \beta < 4^{\circ}$.

Assumo $\beta = 4^{\circ}$.

Su questo definitivo valore di \(\beta \), calcolo colla (2) il definitivo valore di r che trovo:

$$r = 564^{\rm m}$$
,23.

Colle (1) e (1'), o meglio ancora colle relazioni:

$$a = \frac{15}{8} \frac{r}{\cos \beta}$$
$$b = a \tan \beta$$

determino:

$$a = m. 1060,52$$

 $b = m. 74,16.$

E finalmente:

$$x' = \alpha + \beta = 68^{\circ}$$

$$B' = r \cot \alpha' = 227,97$$

$$V V' = \frac{\sin \beta}{\sin \alpha} \left(\frac{5}{16} b \cos \beta + B' \right) = 19,49$$

$$c = a \sin \beta = 73,97.$$

Avrò così quanto occorre per tracciare effettivamente sul terreno la retta HI, gli assi coordinati cui è riferita la curva di passaggio, il vertice e le tangenti estreme dell'arco di cerchio, ossia tutti gli elementi per tracciare l'intera linea di raccordo.

Per verifica si può calcolare la massima pendenza della rotaia esterna con la:

$$p_{1} = \frac{5 k \varepsilon}{\sqrt{3}} \frac{1}{e c}$$

e si troverebbe $p_4 = 2,96 \ \theta_1 00$.

Gravi appunti verranno mossi a questa mia proposta, ap-

punti d'indole teorica e d'indole pratica.

L'obbiezione però più grave che a parer mio potrà farsi al metodo da me proposto, sarà che, mentre lo studio di ognuna delle risvolte stradali di una ferrovia verrebbe di gran lunga a complicarsi, l'esattezza teorica, nella disposizione altimetrica e planimetrica delle rotaie, non potrà tradursi in pratica per gli errori o le imprecisioni inerenti al tracciamento e alla posa dell'armamento.

A riguardo della maggior complicazione nello studio delle risvolte osserverò in primo luogo che con ulteriori semplificazioni nelle formule e più di tutto colla preparazione di apposite tabelle, il lavoro potrà essere di molto diminuito, e in secondo luogo che, avuto riguardo come tutto ciò che tende ad impedire moti anormali, scosse ed urti si risolva sempre in una notevolissima economia pel minor consumo del materiale fisso e mobile, non deve considerarsi come male impiegato il maggior tempo speso nello studio e nel tracciamento

delle risvolte.

Quanto poi alle imprecisioni inevitabili in pratica nel tracciamento e più ancora nella costruzione della via, mi pare forniscano una ragione di più perchè a queste cause materiali di urti e scosse anormali nel moto dei treni, non debbasene aggiungere una di ordine teorico quale è quella che proviene dall'adottare una curva di passaggio che rende necessari dei bruschi cambiamenti nella pendenza di una delle due rotaie.

Novi Ligure.

Ing. Carlo Settimio Rivera.

COSTRUZIONI IDRAULICHE

I LAVORI PUBBLICI NEL CANTONE DI VAUD

(Veggansi le Tavole V e VI)

(Continuazione)

IX. — CORREZIONE DELLA BROYE.

Ripigliando la descrizione dei lavori pubblici del cantone di Vaud, daremo la preferenza a quelli per la correzione della Broye, che hanno un'importanza non minore dei lavori del Rodano, tanto per gli effetti già ottenuti, sebbene non ancora completamente ultimati, quanto per le somme spese.

La correzione della Broye (1) è un'impresa che differisce assai da quelle descritte nei precedenti paragrafi; ed è naturale, la Broye non essendo torrente montano, come la Gryonne, la Veveyse, ecc, per cui anche i lavori necessari alla sua sistemazione, non possono offrire analogia con quelli richiesti per le correzioni dei torrenti nominati. D'altra parte la Broye non è nemmeno un fiume, essa partecipa della natura di questo e di quelli, e si può definire un fiume torrentizio e i suoi lavori vengono classificati fra le correzioni della seconda categoria.

L'origine della Broye è nel canton di Friborgo, sulla pendice occidentale del Niremont, al disopra del villaggio di Semsales a m. 800 sul livello del mare. Fino sotto Maracon, ossia per un percorso di 13 chilometri e mezzo circa, corre nella direzione di nord-ovest, ed ha carattere di torrente montano, ma non arreca danni da meritare una correzione; indi piega quasi ad angolo retto dirigendosi a nord-nord-est fino dopo Palezieux, ossia per quasi 6 chilometri; dopo con un corso sinuoso, in direzione nord-est, passando sotto Rue per una specie di gola selvaggia, va a raggiungere Moudon, dove perde completamente il carattere di torrente che ha nella parte descritta e piegando bruscamente, assume la direzione est-sud, direzione che conserva, salvo qualche gomito, fino al suo sbocco nel lago di Morat. Attraversato il lago, ne esce all'estremità opposta, piega ad angolo retto e dirigendosi verso nord va a mettere foce nel lago di Neuchâtel

Da questo breve accenno risulta già, che il corso del fiume può dividersi in quattro tronchi distinti, e li designeremo or ora; intanto diciamo che la sua lunghezza totale dall'origine fino al lago di Neuchâtel è di 79 chilometri; dall'altitudine di 800 metri discende fino a m. 429,50, che è la quota del livello del lago di Morat. La sua caduta totale è quindi di m. 370,50 e la pendenza media su questa tratta è di m. 0,00529; le pendenze effettive cominciando dall'origine non differiscono di molto, ad eccezione di un piccolo tratto dove si ha una pendenza abbastanza forte. Infatti esse sono approssimativamente di:

m.	0,0057	sopra metri	5600;	di
m.	0,0091	id.	3050;	di
		id.	-8665;	di
m.	0,0063	id.	15040;	di
m.	0,0074	id.	-3050;	di
m.	0,0033	id.	4475 :	di
m.	0,0035	id.	-3200;	di
m.	0,003	id.	3600:	di
	0,002425	id.	8000;	di
	0,00163	id.		
	0.0000			

m. 0,00094 sopra il rimanente del percorso fino al lago di Morat.

I quattro tronchi nei quali la valle, e conseguentemente il

fiume, si può dividere dal punto di vista tecnico, sono:

1) L'Alta Broye, dall'origine fino a Brivaux, confine dei cantoni di Vaud e di Friborgo e all'uscita della gola di

Rue, per una lunghezza di 32 chilometri;
2) La Broye centrale da Brivaux fino al Ponte Nuovo dopo Payerne per una lunghezza di chilometri 29,5; l'asta del fiume sopra un lungo tratto serve di confine col territorio del cantone di Friborgo;

3) La Broye di Avenches che dal Ponte Nuovo si estende, attraversando per un tratto il territorio del cantone di Friborgo, fino allo sbocco nel lago di Morat con un percorso di chilom. 9,5, e finalmente;

4) La *Bassa-Broye* ossia il tratto fra i due laghi di Morat e di Neuchatel, lungo 8 chilometri; in questo tratto la Broye è navigabile.

Gli affluenti che riceve sono abbastanza numerosi e più o meno ricchi d'acqua; 9 dalla sponda destra e 14 dalla sinistra; dei quali la Glane e l'Arbogne hanno un percorso considerevole e raccolgono essi stessi buon numero di rivi mi-

nori prima di sboccare nella Broye.

Il bacino imbrifero del fiume, escluso la Bassa Broye, è di 570,92 chilometri quadrati; il suo regime idraulico si comporta come quello dei fiumi torrentizi, ossia è assai variabile; offre però tutti gli anni una o due piene di grande entita, ma di breve durata; e a periodi variabili ed abbastanza lunghi vi si manifestano delle piene straordinarie, le cui conseguenze, prima della correzione, erano sempre terribili. La parte inferiore della vallata della Broye essendo tutta

⁽¹⁾ Le notizie su questa correzione sono dell'ing. Luigi Deluz.

pianeggiante era quella maggiormente esposta alle inondazioni; specialmente fra Brivaux e il lago di Morat. Il fiume non aveva un alveo fisso, vagava fra i banchi e depositi numerosissimi e secolari, i quali insieme con la pendenza debolissima lo obbligavano a straripare ad ogni minima piena, la cui frequenza rendeva impossibile ogni coltura dei terreni circostanti.

Questo stato di cose pesava enormemente sulle condizioni economiche di quelle popolazioni, le quali sentirono presto il bisogno di porvi rimedio. Ma in generale tutte le imprese di grande entità che richiedono sacrifici pecuniari considerevoli e i cui benefici effetti non sono sempre immediati, richiedono una gestazione laboriosa. Innanzi tutto difficilmente all'aurora delle medesime se ne apprezza l'esatta portata, l'orizzonte è sempre ristretto, e per quanto si voglia spingere lontano lo sguardo, non si arriva ad oltrepassare certi limiti; mano mano però che si procede, l'orizzonte va sempre più allargandosi, e le spese preventivate in origine non stanno più in nessun rapporto con quelle che effettivamente si richiedono. Questa sproporzione è una delle cause principali che bene spesso spegne le migliori imprese a metà strada e talvolta prima; anche perche non si sanno apprezzare al loro giusto valore i benefici che ne derivano, e si suppone facilmente che non sono in rapporto coi sacrifici pecuniari che occorrono. Perciò, hen a ragione, la lunga esperienza insegna che vince costanza, poichè non perdendosi di coraggio, si finisce per arrivare al risultato completo e allora l'impresa rende tutti i vantaggi di cui è suscettibile.

Cosi si è pure svolta la storia dell'impresa della Broye. Senza risalire al secolo passato, nel quale pochi lavori di si-stemazione furono eseguiti dal comune di Corcelles per sopprimere vari gomiti del fiume, ma senza efficacia, ricordiamo il primo progetto d'insieme compilato dall'ing. Venetz nel 1849, il quale aveva avuto incarico nel 1843 dal Consiglio di Stato vodese, di studiare il migliore andamento da assegnarsi alle acque della Brove allo scopo di abbassare i laghi del

Giura o di mantenerli a un livello costante. Il progetto prevedeva la spesa di 784 000 lire, ma non migliorava il corso del fiume, per cui fu abbandonato senz'altro.

Un secondo progetto compilato da Badoux ebbe migliore esito, perchè i lavori in esso previsti furono iniziati nel 1853, ma fu un esito non troppo efficace; infatti esso prevedeva la correzione del fiume dal Ponte Nuovo al lago di Morat ossia nell'ultimo tratto con un raccorciamento del 18 010 e la demolizione del molino di Salavaux, poco prima del lago, ostacolo e causa principale delle inondazioni. La sezione tipo del fiume aveva in. 4,5 di altezza e m. 12 alla base con scarpate di m. 2 di base per uno di altezza; e la spesa preventivata era di L. 482 599. Prima ancora che i lavori fossero completamente ultimati sopravvenne una piena straordinaria; per timore che le acque straripassero e la pianura venisse sommersa, la Broye fu immessa nel suo nuovo letto; ma subito si manifestarono delle erosioni profonde e una serie di cascate a valle del Ponte Nuovo, che abbassarono di 3 metri circa il letto del siume; probabilmente in causa di camere di prestito praticate in certi punti nell'alveo per cavarne materiale da costruire le arginature delle sponde. La spesa fatta ammonto a L. 720 310,99 e fu sopportata in parte dagli Stati interessati di Vaud e di Friborgo in ragione dell'interesse che ne ricavavano e nel resto dai proprietari dei fondi che se ne avvantaggiarono.

Per ovviare agli inconvenienti segnalati si fecero nuovi studi, dai quali (Relazione del 27 gennaio 1865) risulto la necessità di aumentare la sezione e la profondità del nuovo canale e di prolungare la sistemazione sopra corrente fino a Granges; la spesa preventivata ammontava a L. 610 000 ossia L. 37 per metro corrente di fiume; i lavori furono eseguiti, ma non in modo completo. Sull'iniziativa del comune di Granges si costitui un consorzio fra tre comuni per correggere la Broye nel loro territorio; ma non si riusci che ad eseguire un'arginatura incompleta la quale fu poi abbandonata.

L'inondazione disastrosa e generale del 10 marzo 1876 fece nuovamente sentire il bisogno di correggere definitivamente la Broye, dimostrando insufficienti le sezioni adottate. Si fe-

cero vari progetti non solo, ma si nominò una Commissione di periti per esaminarli e riferire in merito; gli Stati interessati tennero delle conferenze per concretare un'azione comune; ma non si ottenne altro risultato se non quello di riconoscere la necessità di assegnare alla Broye un alveo ca-pace di contenere e smaltire le massime piene. Senonchè un'altra inondazione straordinaria, quella dei 1, 2 e 3 ottobre 1888 invase tutta la pianura fra Moudon e il lago di Morat, rovinando le colture, le strade, abbattendo ponti, case, e distruggendo per lunghi tratti la strada ferrata; il paese presentava un aspetto veramente desolante; questa catastrofe produsse un risveglio generale nelle popolazioni, che si fecero a reclamare fortemente una sistemazione efficace e definitiva della Broye.

Il Dipartimento dei lavori pubblici del cantone di Vaud dispose immediatamente per uno studio completo da Brivaux fino al lago di Morat; ossia pei due tronchi della Broye centrale e di Avenches. Il progetto fu ultimato nel 1889 e il Gran Consiglio costituiva l'impresa della correzione e dell'arginamento della Broye sotto una amministrazione e una

direzione dei lavori unica.

I criteri principali a cui s'inspirava il progetto erano i seguenti:

a) Seguire nella parte inferiore dell'asta del fiume l'andamento già stabilito dalle correzioni primitive, e in quella superiore, dove non si erano ancora fatti lavori, mantenere l'alveo esistente, rettificandolo secondo un tracciato geometrico.

b) Rettificare il profilo longitudinale in modo da tener conto degli approfondamenti verificatisi; si adottarono così le pendenze seguenti da monte a valle 5,5 0100; 7,4 0100; 3,3,0,00; 2,4,0,00; 1,6,0,00 fino a 0,94,0,00.

c) Abbattere gli ostacoli nell'alveo, sopprimere le si-

nuosità e proteggere le sponde contro la corrosione.

d) Assegnare all'alveo una sezione sufficiente a capire le maggiori piene, senza esorbitare in grandezza.

Quest'ultima condizione era certamente la più difficile dello studio intrapreso, e difatti l'esperienza ha dimostrato che gli autori del progetto, ingegneri Rychner e Deladoey

non colsero nel segno.

La valutazione esatta della portata di un fiume nelle massime piene, quando non si abbiano dei linimetri speciali e dei posti di osservazione, riesce quasi impossibile, poichè le piene arrivano si può dire sempre all'improvviso, e raramente un osservatore con tutto l'occorrente si trova pronto per farne la misura. In mancanza di osservazioni dirette, si riportano sopra sezioni trasversali le traccie lasciate dalle acque e mediante la pendenza alla superficie, si determina la velocità probabile dell'acqua, indi la portata del fiume. Un altro metodo consiste nell'applicare l'altezza d'acqua caduta per minuto secondo sul bacino idrografico all'estensione del medesimo. Ma anche con questo procedimento i risultati non sono mai precisi, per deficienza di dati; non conoscendosi esattamente l'acqua che si smaltisce scolando nei rivi e affluenti minori fino ad arrivare al recipiente principale e quella che perde in altro modo per filtrazione, evaporazione, ecc.

In ogni modo nel caso della Broye l'egregio ingegnere Gonin già fino dal 1862 aveva calcolato la portata della piena del 1852 nei pressi di Lucens in m. c. 438. Dopo di lui l'ingegnere Pellis nel 1876 valutò la portata dell'inondazione di quello stesso anno (10 marzo) a metri cubi 450 sotto il ponte di Granges a circa 7 chilometri più a valle di Lucens; nel suo rapporto poi, osservando che la piena del 1876 non era delle maggiori, consigliava di adottare una portata di 500 a 600 metri cubi. Questi saggi avvisi non furono considerati dai progettisti, i quali stabilirono le portate nei due punti sopradetti in m. c. 350 e 420; e fissarono le corrispondenti in tutto il percorso della Brove basando sopra queste cifre le sezioni tipo adottate per la correzione del fiume. Essi le ritennero non solo largamente sufficienti, ma esagerate; l'esperienza ha però, prima ancora che si ultimassero i lavori, dimostrato in seguito essere le sezioni nella parte inferiore dell'asta appena sufficienti, mentre nella superiore non contenevano tutte le acque e fu giuocoforza allargarle, come diremo in appresso.

Per la difesa delle sponde contro le erosioni, si abbando-

narono i sistemi locali consistenti nell'eseguire degli intrecci vegetanti, i quali avevano la loro ragione di essere, quando i mezzi erano piccoli, ma in una correzione razionale non potevano mantenersi; si ricorse a un'incamiciata di pietrame a secco con un esito felicissimo. Un'incamiciata analoga era già stata adottata molto tempo prima dalla Società delle strade ferrate della Svizzera Occidentale, per proteggere quei tratti di sponda che avvicinavano la strada ferrata detta Longitudinale che da Palezieux, seguendo sempre il fiume Broye, va fino a Morat; e io stesso negli anni 1878 e 1879 ho progettata e diretta l'esecuzione di tali lavori, quale ingegnere della Società.

Nel progetto del 1889, in causa delle nuove sezioni-tipo adottate, si prevedeva pure la ricostruzione del ponte di Salavaux, rovinato il 2 ottobre 1888, del Ponte Nuovo e di quello di St.-Eloi presso Moudon, le cui pile troppo grosse, ostruivano in parte la sezione libera del fiume. Inoltre si doveva aumentare la luce di quelli di Villars-le-Grand, di Longbroye

e di altri minori.

La somma preventivata pel progetto ascendeva a 2 850 000 lire; di cui 340 000 lire a carico del Cantone di Friborgo. Senonchè, mentre si attendeva che il Consiglio Federale votasse un adeguato contributo, 27 Comuni della vallata inferiore della Broye, in parte Vodesi e in parte di Friborgo, fecero opposizione; essi ritenevano che il progetto non era nè utile, nè necessario nelle proporzioni che gli si erano date,

e ne reclamavano il parziale abbandono.

Per evitare ogni ulteriore ritardo, si pensò di limitare i lavori al tratto compreso fra Brivaux e il Ponte Nuovo sotto Payerne, ossia alla Broye centrale pel quale non vi erano opposizioni, tralasciando pel momento il tratto fra il Ponte Nuovo e il lago di Morat, dove non si sarebbe eseguito altro che una manutenzione in piena regola. Il progetto, modificato sopra queste basi, venne ridotto a due milioni di lire, delle quali 1 030 300 lire per le sole difese delle sponde; la lunghezza del tronco da sistemarsi essendo di 27 800 metri, la spesa veniva ad essere approssimativamente di lire 72 per metro lineare.

Questa somma venne ripartita come segue:
Contributo del Governo Federale, il 40 010 della spesa effettiva e al massimo L. 800 000
Contributo del Governo di Vaud:

a) Per ricostruzione di ponti in forza di leggi speciali.
 b) Sua parte nell'Impresa flu-

viale: il 40 010 di 1 135 000 » 454 000

L. 519 000 » 519 000

Totale . . L. 2 000 000

Per l'esecuzione dei lavori si stabilirono otto anni, per cui la spesa annuale viene ad essere di L. 250 000, delle quali 100 000 a carico della Confederazione.

Subito dopo la promulgazione del decreto 5 febbraio 1891 del Gran Consiglio del Cantone di Vaud, fu organizzata l'Impresa; venne istituita una Commissione esecutiva di 5 componenti effettivi e di 2 supplenti, e confidata la direzione dei lavori ad un ingegnere speciale. Si conchiuse un prestito di 900 000 lire per non gravare i contribuenti e per permettere di iniziare senz'altro i lavori e di ultimarli nel tempo stabilito. Infatti nella primavera del 1892 si incominciarono i lavori.

Le difficoltà da superarsi furono molte e di varia natura; uno degli impresari, quello del primo tronco, dopo di avere eseguito le difese di una sponda, abbandonò i lavori, col pretesto che i prezzi non erano rimuneratori, per cui si dovettero condurre a termine in ecomonia. Per le fondazioni delle gettate a difesa delle rive, s'incontrò una specie di melma bianca, fluente, che rese difficile assai lo scavo, il quale, già per la profondità a cui si trovava, ossia a metri otto al disotto del terreno naturale, richiedeva delle sbadacchiature robuste e

degli aggottamenti considerevoli. Già erano state ultimate le arginature per una lunghezza di 9 chilometri circa, quando il 25 marzo 1895 sopraggiunse una piena straordinaria, in causa del disgelo delle nevi nel bacino montano della Broye. I danni furono di una certa entità nelle tratte incomplete; i lavori di terra non ancora rivestiti di piante erbose o difesi da incamiciate di pietra, furono distrutti.

In quest'occasione si fecero delle misure regolari per determinare la portata della piena; un tratto di fiume completamente terminato nelle vicinanze di Lucens, permise di ottenere dei risultati attendibili. Da essi si è calcolato per la portata della piena un volume di 400 metri cubi per minuto secondo, cifra quasi identica a quella trovata dal nostro amico ingegnere Gonin nel 1862, per la piena del 1852 e che dimostra in modo irrefutabile l'insufficienza delle sezioni adottate. Si pensò subito di modificarle, facendo tesoro di questo nuovo elemento, e così venne stabilità a metri cubi 450 la portata del fiume sopracorrente di Lucens; e a m. c. 500 sottocorrente a Payerne, e le sezioni vennero calcolate in modo da avere ancora un franco di m. 0,50 fino al ciglio superiore delle sponde. I tipi definitivamente adottati sono quelli della tav. VI che prendiamo dal Memorial già più volte citato; vi si trovano pure le sezioni per l'ultimo tratto, che era stato momentaneamente abbandonato in seguito alle opposizioni

Le fig. 1 e 2 rappresentano l'una il tipo dalla foce fino a 700 metri più a monte; e l'altra dal km. 0,700 al km. VIII, ossia fino sotto Payerne. Le sponde non avendo l'altezza bastante a contenere le acque, si è dovuto costruire un'arginatura tutto il lungo, e così ora esse presentano un franco sufficiente per rispetto alle massime piene, ritenute di 600 m.c.

dei Comuni, ma che fu poi ripreso, come diremo in appresso.

nella prima e di 500 m. c. nella seconda sezione.

Nella traversata della città di Payerne si è adottato la sezione della fig. 3, nella quale vi sono dei muri di sponda e un banchettone o passaggio poco più elevato al disopra delle acque magre; le acque massime si ritennero avere in questa sezione la portata di 500 metri cubi.

Fra i km. XV e XXVI, ossia da Payerne fin sotto Lucens, la sezione è quella della fig. 4, dalla quale si scorge che si dovettero pure costruire delle arginature longitudinali. La

portata venne stabilita in 480 m. c.

Tra Lucens e Moudon l'alveo presenta degli allargamenti considerevoli, pei quali si è progettata una colmata; la sezione fu quindi determinata in conseguenza e si scorge nella fig. 5; di tratto in tratto vi sono traverse di colmata o argini trasversali per arrestare le materie d'alluvione e per impedire la formazione di forti correnti laterali. I buoni effetti di questo sistema non tardarono a manifestarsi e già si sono acquistate delle estensioni di terreno notevoli.

Le fig. 6 e 7 rappresentano una doppia sezione; quella a sinistra si riferisce alla traversata di Moudon; l'altra a destra, fu adottata per la porzione di fiume sopracorrente a Moudon. La larghezza al fondo del canale fu conservata di 16 metri;

venne però diminuita l'altezza delle sponde.

Importanti sono le opere di difesa delle sponde nei tratti dove il fiume minacciava di corroderle; il criterio che servi di guida nel progettarle fu quello di rivestirle di un'incamiciata di pietrame fino all'altezza delle piene ordinarie; per quelle straordinarie, che non si verificano che ad intervalli di tempo molto lunghi, si è protetta la sponda con un rivestimento di piote. Le figure da 8 a 13 danno tutte le varietà dei tipi adottati, con l'indicazione del livello delle acque medie e delle piene ordinarie.

La fig. 8 indica la sezione in vicinanza alla foce nel lago di Morat; il fondo essendo assai melmoso, si dovettero eseguire dei lavori di fascinaggio per assicurarvi il piede dell'incamiciata; due cordoni di gabbioni ritenuti da robusti pali, garantiscono la stabilità della fondazione, la quale è inoltre protetta da una gettata di grossi massi. Il prezzo per metro corrente di questo tipo di difesa è di L. 100.

La fig. 10 rappresenta il tipo adottato in tutti i terreni cattivi nel distretto di Avenches; sopra uno strato di fascine fissate con piuoli e caricato di ghiaia, si appoggia il rivestimento in muratura a secco; il piede è assicurato mediante una longarina e una buona gettata, cosicchè anche nel caso di un approfondamento del letto, l'opera non ne risente. Il costo di questo tipo è di 55 lire per metro corrente di sponda.

Il tipo della fig. 11 è stato pure adottato nei terreni cattivi sottocorrente di Payerne; la fondazione è costituita di uno strato di fascine ritenuto fra due longarine, le quali, alla loro volta, sono assicurate da robusti paloni infissi ad oltre 2 metri nel suolo; sul di dietro le fascine vengono assicurate con un regolare intreccio di ritorte.

Questo strato viene caricato di ghiaia e sopra di esso appoggia l'incamiciata, la quale al piede è tenuta da una delle longarine e garantita da una gettata di grossi massi. Le dimensioni si rilevano tutte dalla figura; il costo è identico a quello del tipo precedente, ossia L. 55 per metro lineare di

sponda.

Mano mano che si risale il fiume, i terreni diventano migliori e i tipi variarono in conseguenza; così a monte di Payerne si è adottato quello della fig. 12, nel quale le lungherine furono sostituite da un cordone di gabbioni; poi nel territorio di Lucens e di Moudon (fig. 13) si è potuto tralasciare il cordone di gabbioni; e nei tratti dove al fondo affiorava la molassa, non si è più avuto bisogno di fondazione speciale e si è adottato il tipo della fig. 9. Il costo di questi tre ultimi tipi è rispettivamente di L. 50, 40 e 40 per metro lineare di

È naturale che la modificazione dei tipi occasionata dall'inondazione del 25 marzo 1895 ha modificato pure il preventivo. I lavori sono ancora in corso, poichè il periodo stabilito finirebbe coll'anno 1900; ma secondo le previsioni le più approssimative si può ritenere che la spesa totale ascenderà a L. 3 500 000, ossia L 130 per metro corrente di fiume, con un aumento di L. 50 per rispetto al preventivo del primitivo progetto che limitava la spesa a L. 80 per metro lineare.

I Comuni del distretto di Avenches, che prima avevano fatto opposizione all'esecuzione dei lavori secondo il progetto del 1889 nell'ultima parte del fiume, ora, edotti dai risultati ottenuti, fanno vivissime istanze perchè i lavori vengano eseguiti; si è quindi studiato un nuovo progetto nel quale si adottarono le sezioni da noi già descritte e cioè quelle delle figure 1, 2, 8, 10 e 11; l'importo totale viene ad essere di lire 1 440 000. Aggiungendovi L. 180 000 per ricostruzione del ponte di Salavaux con una luce sola, per allungamento di quello di Villars e soppressione dell'altro sotto Montmagny, si arriva ad un totale di L. 1 620 000, vale a dire L. 180 per metro lineare di fiume. Questa somma viene ripartita nel modo seguente: 40 010 a carico del Cantone di Vaud e 40 010 a carico della Confederazione; il resto, ossia 20 010 a carico dei Comuni e dei proprietari interessati, fra i quali vi è pure compresa per una somma notevole la Società ferroviaria del Giura Sempione. La spesa complessiva dei lavori, tenuto conto di quelli eseguiti negli anni 1853-1856, 1860-1876 e degli altri in corso fino alla loro ultimazione, sarà approssimativamente di L. 6 350 000.

X. - LE ACQUE DEL GIURA.

Con questo titolo viene designata la sistemazione dello scolo delle acque che discendono dalla catena del Giura nella pianura svizzera; veramente non è un lavoro sul territorio del Canton Vaud, nè eseguito da questo: ma siccome una parte dei suoi terreni si trovano fra quelli che venivano inondati in certe epoche dell'anno, e che per effetto di tale correzione dovevano essere completamente liberati da queste periodiche inondazioni, così concorse nella spesa dei lavori in proporzione dei vantaggi ricavati.

Le acque che discendono dalle montagne del Giura svizzero, vanno a raccogliersi nella pianura sottostante, fertilissima e ricca di città industriali è di villaggi agricoli, e nella quale si trovano i tre laghi di Neuchâtel, di Morat e di Bienne, che costituiscono, per così dire, i recipienti delle acque medesime. Però nelle epoche di pioggia gli scoli aumentano grandemente, e siccome tutta la pianura menzionata non aveva, e ancora attualmente non ha, che un emissario unico, l'Aar, il quale per di più vi riceve anche la Sarine, che raccoglie gran parte degli scoli delle Prealpi di Friborgo, ed

era insufficiente a smaltire regolarmente le acque, così esse invadevano la pianura, i tre laghi si riunivano, formandone

un solo, portando dappertutto la desolazione.

Si comprende che questo stato di cose non poteva tollerarsi, poiche impediva lo sviluppo delle industrie e dell'agricoltura non solo, ma inondava villaggi e città e bene spesso faceva delle vittime. Si pensò a porvi riparo fino dal secolo XVII e, probabilmente, anche prima: ma per le difficoltà tecniche e finanziarie che l'opera offriva, e per quella ancora maggiore di indurre gl'interessati a cooperare concordemente in un'azione unica, fino a questi ultimi tempi non fu possibile di condurre l'opera ad un risultato definitivo ed efficace.

Noi non possiamo fare qui la storia di questa impresa gigantesca, poichè ci allontaneremmo troppo dal tema che ci siamo proposti, non essendo lavoro eseguito dal Cantone di Vaud ; ci limiteremo quindi a riassumere brevemente le ul-

time fasi della medesima.

La pianura che veniva inondata e gran parte della quale mantenevasi allo stato di palude, aveva una superficie di 558 chilometri quadrati circa; estendevasi, come si è detto, fra i tre laghi di Neuchatel, Morat e Bienne; a monte del primo inoltre seguiva l'andamento del fiume Orbe fino ad Entre-Roches; a valle quello della Thièle e dell'Aar fino a Soletta; e così occupava terreni dei cinque Cantoni di Berna, Fri-

borgo, Soletta, Neuchâtel e Vaud.

Il lago di Morat comunica per mezzo della Broye con quello di Neuchâtel; questo ha sfogo nel lago di Bienne, il cui unico emissario all'estremità orientale è la Thièle, che va a immet-tersi nell'Aar, nelle vicinanze di Meyenried. La pendenza della Thièle era però minore di quella dell'Aar; c quest'ultima, quando veniva gonfiata dalle acque della Sarine, allagava una zona vastissima a valle di Aarberg ingombrandola anche di ghiaia ed altre materie alluvionali e faceva rigurgitare la Thièle, la quale per sopramercato aveva un alveo insufficiente e irregolare, e in un dato punto (sopracorrente a Brügg) ingombrato da una diga trasversale. Tutte queste circostanze impedivano lo scolo del lago di Bienne e per conseguenza degli altri due laghi, donde gl'inconvenienti lamentati

Dal 1674 al 1816 si ha un primo periodo nel quale si fecero moltissimi studi, ma pochissimi lavori, anzi questi si limitarono ad approfondire il letto della Thièle in alcuni punti, e ad abbattere la diga dei molini di Brügg; ma senza ottenere risultato alcuno nel regime delle acque. Gli studi, sempre per incarico del Cantone di Berna, vennero fatti negli anni 1680, 1707, 1749, 1760, 1771, 1775, 1776, 1780, 1793 e 1811, ma senza far progredire la questione. L'architetto Hebler (1775) riconobbe che la causa principale del male consisteva nel rigurgito prodotto dall'Aar sulla Thièle, e propose lavori di correzione pei due fiumi; gli altri progettisti si occuparono più specialmente dell'approfondamento del letto della Thièle.

Ma in tutti questi progetti non ancora si parla del Canton Vaud, il quale pare venga solo ad occuparsene in occasione del progetto che il tenente-colonnello Tulla, direttore dei ponti e strade del Granducato di Baden, era stato incaricato di compilare nel 1816. Questo progetto parve un momento dovesse venire attuato; il Governo di Vaud fu invitato da quello di Berna a prendervi parte, e delegò i signori Pichard e Voruz; questi, dopo un accurato studio della questione, presentarono delle proposte concrete, nelle quali approvavano in massima il progetto Tulla allargandone la cerchia, poichè, secondo essi, intendevano che vi si comprendessero pure i lavori pel prosciugamento delle pianure dell'Orbe e della Brove.

Intanto però che dal Dipartimento dell'Interno si esaminavano le proposte fatte, le trattative coi vari Cantoni andavano per le lunghe; sicchè il Cantone di Berna decise di rimandare a tempi migliori l'attuazione del progetto Tulla, ma essendo sopravvenute delle nuove inondazioni, fece redigere dal tenente-colonnello Hegner un progetto limitato al solo territorio di Berna. Esso fu presentato nel 1824; vi si proponeva di correggere l'Aar e la Thièle presso a poco nello stesso modo proposto da Tulla, e di dirigere la Suse nel lago di Bienne, mentre prima andava a sfociare nella Thièle. Solo quest'ultimo lavoro fu eseguito, e così la Thièle venne liberata dai depositi che prima la Suse vi trasportava in grande

quantità.

Le inondazioni del 1834 risvegliarono le apprensioni e i timori delle popolazioni interessate, e il Governo di Berna fece compilare dall'ingegnere Lelewel un nuovo progetto, invitando i Cantoni, i cui territori si trovavano esposti alle inondazioni, ad una conferenza per deliberare sul modo più opportuno di provvedere. La conferenza ebbe luogo infatti il 6 dicembre 1834, e tutti i delegati dei vari Cantoni aderirono in massima al progetto Lelewel, sollevando solo alcuni dubbi sopra certe conseguenze che il progetto stabiliva, e consigliando di esaminare se non fosse più conveniente di fare sboccare l'Aar nel lago di Neuchâtel o in quello di Bienne.

Quest'idea, che per la prima volta aveva fatto capolino nella Relazione della Commissione delle dighe del 1816 e che fu riprodotta da Buchwalder e poi ripetuta nella Relazione dei Periti del 1835, è la vera chiave della questione, come ve-

dremo in appresso

Questa conferenza non ebbe però seguito, e la questione fu messa a dormire, fino a che il Gran Consiglio di Berna, riprendendola nel 1837, decise di rimettere l'Impresa ad una Società privata, nella fiducia che così si potesse riuscire a risolvere la questione nel modo più razionale; il 12 marzo 1839 accordò l'autorizzazione di costituire delle Società private.

La Società pei lavori preliminari della correzione delle acque del Giura venne subito costituita, e all'ingegnere-capo del Cantone dei Grigioni, tenente-colonnello La Nicca, fu dato incarico di esaminare i progetti esistenti e di fare le sue proposte. Egli criticò i due progetti di Tulla e di Lelewel, dimostrandone gli inconvenienti e, riprendendo l'idea della Commissione delle dighe, propose di:

1º Condurre l'Aar nel lago di Bienne mediante un nuovo canale sottocorrente ad Aarberg, e cioè dalla Rappenflue a

Hageneck.

2' Creare un emissario unico al lago di Bienne, scavandolo fra Nidau e Büren e tagliando l'Hägni; da Büren in sotto rettificare l'alveo dell'Aar fino ad Attisholz.

3° Correggere l'Alta Thièle e la Broye inferiore, rettificando il loro andamento mediante drizzagni, e approfondendo i tratti conservati, allo scopo di facilitare lo scolo delle acque dei laghi di Neuchâtel e di Morat in quello di Bienne.

L'idea fondamentale delle nuove proposte era adunque quella di fare del lago di Bienne il regolatore dell'Aar e il recipiente dei materiali da essa trasportati e nel medesimo tempo di sopprimere gli effetti del suo incontro con la Thièle nelle vicinanze di Meyenried. Con ciò La Nicca sperava non solo di eliminare le erosioni e le inondazioni che infestavano il paese, ma di abbassare il livello del lago di Bienne di m. 2,70 circa per rispetto al livello medio del 1817. Il preventivo di questi lavori ascendeva a lire 3 821 478.

Gli avvenimenti politici del 1844 interruppero l'impresa; la quale fu di nuovo avviata dal Cantone di Berna solo nel 1847; egli provocò una conferenza intercantonale, che ebbe luogo l'11 e 12 dicembre 1847; i singoli delegati dichiararono che i loro Governi erano pienamente disposti a concorrere nella correzione delle acque del Giura sulle basi

del progetto La Nicca, da rivedersi nei particolari.

Una Commissione, nella quale ogni Cantone aveva un proprio rappresentante, fu incaricata dell'esecuzione.

La Commissione si riuni a Berna nel giugno 1848, e approvò il progetto La Nicca rettificato da una Sotto-Commissione di periti, e la cui spesa fu stabilita in lire 8 694 565. L'insieme dei lavori doveva avere per risultato:

a) l'eliminazione completa delle inondazioni;
 b) la regolarizzazione del livello dei laghi;

c) il prosciugamento delle pianure fino allora inondate.
Per poter attuare però tutto questo programma in modo
sistematico e regolare, sarebbe stato necessario un accordo
perfetto fra i singoli Cantoni interessati, accordo che non esisteva punto all'epoca in cui furono iniziati i lavori.

Si procedette invece ben diversamente, ma i risultati ottenuti furono cionullameno soddisfacenti, come vedremo.

Nel Cantone di Vaud si dubitava dell'efficacia dei provvedimenti proposti dal La Nicca, e si domandava con insistenza la correzione dell'Orbe e della Broye; anzi, una prima parte dei lavori di prosciugamento della pianura dell'Orbe fu eseguita dal 1856 al 1864, ritenendo che il livello dei laghi rimanesse invariabile, appunto per la poca fede che si aveva nel progetto La Nicca; solo pei ponti si fece eccezione, spingendo le fondazioni a una profondità in relazione col futuro abbassamento dei laghi.

Finalmente, dopo che il Consiglio Federale nel 1857 aveva deliberato una somma per ultimare gli studi della correzione delle acque del Giura, e nel 1863 assicurato una partecipazione finanziaria nell'impresa, i cinque Cantoni interessati Berna, Soletta, Friborgo, Vaud e Neuchâtel, nel 1867 mediante convenzione costituirono l'impresa defininitiva. Essa fu divisa in due gruppi: la correzione inferiore e la correzione superiore. Il primo di essi gruppi comprendeva i canali dell'Aar fra Aarberg e il lago di Bienne e fra Nidau e Büren; più i lavori eventuali di sistemazione da Büren ad Attisholz.

Il secondo gruppo comprendeva i canali della Broye inferiore e dell'Alta Thièle, fra i laghi di Morat, di Neuchâtel e

di Bienne.

I lavori spettanti all'Amministrazione del Cantone di Berna e compresi nel primo gruppo furono intrapresi nel 1868 e condotti con molta energia. Nel primo canale trovavasi la trincea di Hagneck, il cui volume da scavarsi ammontava a 800 000 metri cubi, quasi interamente nella molassa. Il secondo canale fra Nidau e Büren ha una larghezza superiore a quella che aveva il canale marittimo e intercontinentale di Suez prima del suo recente allargamento.

L'esito felice dei lavori suddetti influi moltissimo sui Cantoni superiori, Friborgo, Vaud e Neuchâtel, i quali, senza aspettare i termini a loro fissati dalla convenzione per l'inizio dei lavori del secondo gruppo, li attuarono senz'altro. Essi erano preventivati in lire 2 640 000 e furono incominciati il 21 agosto 1874 sulla Broye a Sugiez e nel gennaio 1875

sulla Thièle, nel taglio di Cressier.

Nel 1883 furono ultimati, non senza difficoltà, specialmente in causa di un appaltatore, col quale l'Impresa ebbe a sostenere un lungo processo. La contabilità si potè chiudere sola-

mente nel giugno 1886.

L'ammontare totale deilavori (1) èstato di lire 4 380 187,25, ossia di lire 1 740 187,25 in più delle previsioni. Questa maggiore spesa è giustificata dai fatti: che le spese generali di amministrazione e di installazione non erano state considerate nel preventivo del 1867; che si dovettero costruire dei moli ed eseguire degli scavi di approfondamento nella Broye inferiore; e finalmente dall'obbligo di dovere conservare la navigazione a vapore fra i due laghi di Morat e di Neuchâtel, durante l'esecuzione-dei lavori, il che ha occasionato un trasporto frequente delle macchine, escavatori, ecc., e una perdita considerevole di tempo.

La liquidazione speciale degli oneri spettanti al Cantone è la seguente:

Il Cantone di Vaud contribui per 38 1/2 per cento della spesa totale, ossia della somma di lire 4 380 187,25: quindi L. 1 686 572,10

Ebbe però un sussidio dal Governo Federale stabilito sul preventivo del 1867nel 30 per cento della somma di lire 300 000, ossia. . . . »

90 000 —

L'onere effettivo è quindi risultato di . L. 1 596 372,10 A questa somma si devono aggiungere altre » 178 475,72 per interessi ed altre spese incontrate direttamente dal Cantone; cosicchè l'ammontare totale della sua partecipazione nella correzione delle acque del Giura viene ad essere di

L. 1774847,82

⁽¹⁾ Di quelli del secondo gruppo, ben inteso, poichè in quelli del primo il Canton Vaud non ha punto contribuito.

A questa spesa il Canton Vaud sopperi nel modo seguente:

Totale come sopra L. 1 774 847,82

I risultati materiali dell'impresa vengono riassunti dall'ingegnere L. Gonin nel Mémorial, come segue:

1) Abbassamento del livello dei laghi:

			Nel lago di		
			Neuchâtel	Morat	
delle massime acque delle magre	:		m. 2,62 » 2,77	m. 2,12 » 2,41	
		In media	m. 2,70	m. 2,27	

2) Terreni aequistati:
Prima dell'abbassamento la superficie dei tre laghi era
di ettari 30918
dopo l'abbassamento venne ridotta a . . » 28043

Differenza rimasta all'asciutto ettari 2875

Di questa superficie, ettari 1444 appartengono al Canton Vaud; il rimanente agli altri Cantoni di Berna, Friborgo e Neuchâtel.

3) Prosciugamento. — I terreni prosciugati e messi al sicuro dalle inondazioni occupano una superficie di ettari 17472, dei quali 4485 nel territorio del Cantone di Vaud.

4) Navigazione. — Finalmente si è assicurata la navigazione in modo continuo tanto sui laghi, quanto sui fiumi, per una lunghezza di 74 chilometri da Yverdon nel Vodese ad Attisholz in quello di Soletta.

Dalle cifre suddette il lettore può farsi un'idea della grandiosità dell'impresa e dei vantaggi ottenuti, senza che sia ne-

cessario di aggiungere altro.

XI. - LE ACQUE DI JOUX.

Il lavoro che va sotto la designazione di acque di Joux non è per se stesso opera di grande importanza tecnica, nè di molto costo; ma offre un certo interesse per la sua natura tutta particolare, oltrechè fu di grande utilità pei risultati ottenuti, poichè senza di esso una parte della vallata di Joux non sarebbe stata abitabile.

Nell'estrema parte occidentale del Cantone di Vaud, a mille metri circa sul livello del mare, si trova la vallata di Joux, di forma allungata, ed orientata da nord-est a nord-ovest. Essa è circoscritta dal Mont Risoux, che costituisce la catena di separazione della Svizzera dalla Francia, dal Mont Tendre e dalla Dent-de-Vaulion; ha una lunghezza di 32 chilometri circa, dei quali 22 appartengono al Cantone Vaud. La sua pendenza è debolissima, in media del 4 0100. Nel fondo della vallata sono vari laghetti, dei quali il principale è quello di

Joux, poi quello di Brenet.

Il bacino idrografico superiore ai laghi ha un'estensione nientemeno che di 300 chilometri quadrati; tutta l'acqua però che vi cade non si raccoglie nei laghi sottostanti; la maggior parte si smaltisce per vie sotterranee. E' questo un fenomeno proprio a tutta la catena del Giura, la conformazione dei suoi strati è così fatta, che le acque superficiali invece di scorrere nei corsi d'acqua apparenti, per la maggior parte penetrano nell'interno degli strati, e vengono assorbite da vere trincee verticali, spesso quasi invisibili, e per le quali vanno ad alimentare i corsi sotterranei. Egli è così che di 13 310 litri d'acqua per minuto secondo, che cadono sul bacino imbrifero dei laghi della vallata di Joux, l'emissario unico, il fiume Orbe, non ne porta che 3430 litri in magra ordinaria e 7500 litri nelle epoche di inondazione, quando cioè il lago di Joux

raggiunge la quota di 1010 metri, il che non si verifica che due o tre volte per secolo.

Ed anche questa portata minima non arriva ai laghi pei suoi affluenti visibili, i quali non vi apportano che 430 litri circa per minuto secondo; la differenza di 3000 litri proviene

tutta da affluenti sotterranei.

D'altra parte, osserva l'ing. Emilio De Vallière, nella sua Memoria sulle acque di Joux (1), si deve appunto a questa disposizione assorbente degli strati geologici, se la vallata è abitabile. Al piede della montagna, sulla riva sinistra dei laghi, lo strato superiore presenta molte fessure che costituiscono i soli emissari del bacino; da dieci a dodici imbuti fra i due laghi sono visibili, altri non sono apparenti, cosicchè alla sorgente del fiume Orbe, dove affluiscono tutti gli scoli, 1650 litri vi arrivano passando per l'imbuto di Bonport, 315 litri per altri imbuti visibili, e il rimanente di 1465 litri per vie invisibili. Ora, se qualcuno dei menzionati imbuti venisse ad ostruirsi, i laghi non troverebbero sufficiente scarico, il loro livello si innalzerebbe, e siccome bastano pochi metri per farli straripare, tutto il paese ne verrebbe presto inondato. La cura principale deve quindi essere diretta ad una manutenzione continua e rigorosa degli imbuti suddetti, affinchè permettano lo scolo delle acque fino alla sorgente dell'Orbe, che è l'unico emissario apparente dei laghi medesimi

Abbiamo già detto che il principale di essi imbuti è quello di Bonport; ed infatti a lui solo smaltisce 1650 litri per minuto secondo. Fino da tempi antichissimi quest'imbuto era stato oggetto di concessione a scopo industriale, potendosi utilizzare l'acqua che riceveva e la caduta della medesima; ma dopo 350 anni circa di buon servizio, in seguito all'inondazione del 4 gennaio 1883 il cui livello raggiunse nei laghi la quota di 1011 metri, la più alta conosciuta, i molini che si trovavano nell'imbuto furono divelti e gettati nel mezzo dell'imbuto stesso, dove man mano che le acque calavano, vennero ridotti in frantumi. Dei rottami di fabbricati e un grosso masso staccatosi dalla montagna, ostruivano una delle sue maggiori aperture; una gran quantità di altri massi, legnami, tronchi d'alberi, ecc., ingombrava l'imbuto per oltre tre quarti, cosicchè essendo divenuto inservibile a scopo indu-

striale, fu completamente abbandonato.

Nel 1884 si spesero 3500 lire per cercare di pulirlo, ma senza alcuna efficacia. Questo stato di cose non poteva però durare, poichè la vallata mancando del suo principale scolo, veniva frequentemente sommersa; si fu allora che il Gran Consiglio, con deliberazione del 13 febbraio 1890, istituì una Commissione esecutiva delle acque di Joux, e decretò i lavori di sgombro dell'imbuto. Siccome però questo non era proprietà pubblica, così fu giuocoforza procedere innanzi tutto alla sua espropriazione, che fu terminata nell'ottobre del 1891 e costò lire 15 000 circa. Allora si potè mettere mano, il 28 settembre 1891, non solo ai lavori di sgombro, ma a tutti quegli altri, il cui scopo era quello:

1) di regolarizzare lo scolo dei laghi mediante una siste-

mazione razionale dell'imbuto di Bonport;

2) di mantenere i laghi ad un livello conveniente ai vari interessi dei proprietari riveraschi e delle Società industriali;

 di assicurare al fiume Orbe a Vallorbe una portata sempre costante e ciò in causa dei molti motori che ivi mette in movimento.

Si levarono dall'imbuto circa 5000 metri cubi di sterro. Nell'ottobre 1892 si riuscì a scoprire un emissario del diametro di m. 0,70 nella parete sud-ovest della roccia; due giorni dopo tutte le acque d'infiltrazione venivano condottate in questo emissario mediante canale di legno, il che permise di mettere all'asciutto il fondo dell'imbuto, il quale venne approfondito ad 8 metri più basso dell'emissario suddetto, ossia a m. 28 dal sommo dell'argine che separa l'imbuto dal lago. Si esegui una galleria di m. 5,50 di lunghezza, e di 3 m.q. di sezione, per raggiungere l'emissario; la soglia di questo cunicolo si trova a m. 3,80 più alta del fondo dell'imbuto. Si eseguirono altri lavori di difesa contro i laghi e si applicarono opportune paratoie per stabilire o chiudere a volontà la comunicazione dell'imbuto coi laghi medesimi.

⁽¹⁾ Mimorial, ecc., pag. 204-210.

I lavori furono ultimati senza che si verificasse accidente di sorta, ad onta che presentassero grandi difficoltà, e il loro costo fu di lire 71 943,95, escluse le 15 000 lire spese per

espropriazioni.

In tal modo si è salvata la vallata dalle inondazioni; si è reso più facile la manutenzione dell'imbuto di Bonport; e questo si è ridotto in condizioni tali da prestarsi alla sua utilizzazione industriale già progettata e consistente nella costruzione di una galleria di derivazione delle acque del lago Brenet fin presso la sorgente dell'Orbe, ossia 225 metri più sotto; così nelle vicinanze di Vallorbe, con una portata di 1400 litri per minuto secondo e 220 m. di caduta, si avrà disponibile una forza di 3000 cavalli circa.

XII. — Prosciugamento delle paludi dell'Orbe.

La correzione fluviale che ha maggiormente occupata l'Amministrazione vodese dei lavori pubblici, è certamente quella il cui scopo era appunto il prosciugamento delle paludi dell'Orbe. Gli ingegneri L. Gonin e Eugenio Deriaz ne danno la storia particolareggiata nel Memorial, e noi la riassumeremo brevemente valendoci anche di altre notizie e documenti di

cui disponiamo.

A sud-sud ovest della cittadina di Yverdon si estende una pianura per un'estensione di 3825 ettari, e per una lunghezza di 16 chilometri, limitata da Mauremont all'estremità meridionale; dalla città di Orbe e dal piede della catena del Giura ad occidente; da Yverdon e dal lago di Neuchâtel al settentrione, e da Chavornay ad oriente, dietro cui si elevano le estreme pendici del Jorat. La larghezza massima della pianura è di 4 chilom, circa; la sua direzione generale è da sudovest a nord-est, ma secondo una linea spezzata, la prima nella direzione sud-nord, l'altra secondo quella di nord-est. A breve distanza d'Yverdon nella pianura si eleva la collina di Chamblon all'altitudine di 110 metri sul livello della pianura, e circondata tutt'intorno da paludi.

Numerosi corsi d'acqua che hanno la loro origine sulle pendici dei monti circostanti, attraversano quasi per lungo la pianura, la quale dal più importante di essi, prende appunto il nome di pianura dell'Orbe. Il bacino idrografico di tutti questi corsi d'acqua riuniti ha una superficie di 585,64 chilo-

metri quadrati.

L'Orbe ha origine dal lago di Rousses su territorio francese, si perde nel lago di Joux, come abbiamo visto, e riapparisce a valle del medesimo nelle vicinanze di Vallorbe; sbocca nella pianura sotto l'abitato di Orbe, e la percorre longitudinalmente fino a Yverdon, dove col nome di Thièle va a

sfociare nel lago di Neuchâtel.

Un altro corso d'acqua importante è il torrente Talent, che discende dalle foreste di Jorat, e nel mezzo della pianura confluisce col torrente Nozon, la cui sorgente è nei fianchi del Giura a monte del Vaulion; continuano per breve tratto uniti e vanno a sboccare nell'Orbe, al sito detto Grange-des-Marais.

Due altri torrenti, l'uno, il Mujon, all'occidente dell'Orbe, l'altro, il Buron, ad oriente, percorrono pure una parte della pianura e vanno poi a sboccare nel lago di Neuchàtel il Buron, e nella Thièle, ora nel canale occidentale, il Mujon.

Oltre questi corsi d'acqua, 18 altri di minore importanza apportano le loro acque nella pianura dell'Orbe. A questi si devono aggiungere due canali artificiali; quello di Entreroches, costruito verso l'anno 1640 per creare una via navigabile fra i laghi di Ginevra e di Neuchâtel, e la piccola Toile o Fossé-Neuf, diversivo dell'Orbe. Il primo, appunto perchè il suo scopo non era quello di prosciugare la pianura, non corre nel thalweg della medesima, attraversa il cono d'alluvione del Talent, e mediante un acquedotto a volta sottopassa il torrente per poi andare a gettarsi nella Thièle a 300 metri circa sottocorrente dalla confluenza del Talent. La piccola Toile fu costruita nel 1824 per prevenire le inondazioni dell'Orbe, il cui alveo era insufficiente a smaltire le acque di piena; in linea retta va a gettarsi nella Thièle vicino ad Iverdon.

Tutte queste acque coll'andare degli anni hanno profondamente modificata la pianura; noi non vogliamo qui menzionare tali modificazioni, che i signori Gonin e Deriaz nella loro Memoria particolareggiatamente descrivono; accenneremo invece alle ragioni che davano luogo all'impaludamento di tutta la pianura, il cui risanamento costituisce per l'ap-

punto lo scopo dei lavori intrapresi.

La formazione delle paludi non è opera esclusiva dei corsi d'acqua naturali e delle condizioni topografiche della località. essa dipende altresi da opere artificiali dovute alla mano dell'uomo, che in diverse epoche, per motivi ora non più esistenti o non più attendibili, avevano apportato impedimento allo scolo naturale delle acque. Fra queste ultime giova citare specialmente l'antica diga di Graveline, demolita nel 1859, che tratteneva le acque a mezzo miglio circa a monte della città di Yverdon; la costruzione dei molini di Yverdon, che risale al XV secolo, e pei quali si è dovuto rialzare artificialmente l'alveo dell'Orbe, detto anche Canale industriale; e finalmente la costruzione del canale di navigazione già menzionato di Entreroches.

La causa principale però dell'impaludamento era la situazione anormale dei corsi d'acqua che l'attraversano, cosicchè anche un abbassamento del livello del lago di Neuchàtel recipiente naturale, non avrebbe bastato per prosciugar la pianura, se i suoi torrenti e rivi non venivano sistemati. Il Talent e l'Orbe da secoli hanno lavorato concordi a rialzare il suolo fra Orbe e Chavornay, mediante depositi alluvionali i quali si sono prolungati fino ad Yverdon in guisa di un argine o piccolo promontorio sulla cui sommità scorreva l'Orbe. La pianura veniva così divisa in tre grandi paludi: quella a mezzogiorno della strada fra Orbe e Chavornay, ossia la parte alta della pianura, e le altre due, una ad oriente, e l'altra ad occidente dell'Orbe o Canale industriale.

Ora, la posizione elevata dei corsi d'acqua accennati, oltreché nelle epoche di piena, era causa di inondazione della pianura per essere le rive insufficienti ad impedire lo straripamento, ed aveva eziandio per effetto di impregnare il sottosuolo mediante innumerevoli infiltrazioni di acqua, a cui si aggiungevano quelle di inondazione che, non trovando più uscita, vi soggiornavano e costituivano cosi di tutta la pianura una ampia palude. I numerosi altri corsi d'acqua vi concorrevano pure in larga parte; le loro acque, non sempre in grande quantità, non pervenivano a smaltirsi, e così rimanendo sopra luogo accrescevano l'impaludamento. Questo veniva poi aggravato dalle moltissime acque sotterranee e dalle molteplici sorgenti a cui davano origine.

Il prof. Carlo Pestalozzi, chiamato a dare il suo parere sul modo più conveniente di prosciugare le paludi, stabilì dei principii generali ai quali si dovevano informare le opere da

eseguirsi e da lui suggerite:

1. Eliminazione delle inondazioni;

2. Deviare per quanto possibile e nel modo più completo vari corsi d'acqua che sboccavano nella pianura, e condurli

direttamente nel lago di Neuchâtel;

3. Quei corsi d'acqua che non possono deviarsi, dovranno attraversare la pianura riuniti in un numero minimo di canali o in un letto unico, e concentrati nel thalweg della palude

4. Costruire dei canali di prosciugamento nella direzione longitudinale della pianura; questi canali non richiedono una pendenza così forte quanto quella dei torrenti, perchè non tra-

sportano materiali.

Prima però che prevalessero questi suoi principi, i quali servirono poi di base all'ultimo progetto razionale, la soluzione del problema passò per varie fasi, alle quali vogliamo brevemente accennare.

Il primo progetto è del 1773, e devesi all'ing. Pietro Nicole;

naufrago per l'opposizione della città di Yverdon.

Nel 1819 si iniziò il primo lavoro di qualche entità per cura e spese del Comune di Orbe, sul progetto dell'ing. Pichard, consistente nel diversivo della piccola Toile o Fosso Nuovo,

onde scaricare le acque sovrabbondanti dell'Orbe.

Più tardi si fecero nuovi studi dall'ing. Mérian, indi dall'ing. Venetz padre, in base ai quali si riusci a costituire la impresa generale del prosciugamento delle paludi dell'Orbe, con decreto del Gran Consiglio, 10 febbraio 1854, e l'approvazione della somma necessaria di 600 000 lire. Si mise mano ai lavori e dal 1856 al 1864 se ne esegui una parte importante, con notevole aumento della spesa prevista. I principali sono: la sistemazione del Buron per una lunghezza di m. 1395 e una spesa di 97 300 lire; la correzione del Bey lunga m. 2529, e il cui costo fu di 27 418 lire, ed altri di minor entità.

Ma tutti questi lavori si basavano su dati non esatti, che

allora erano considerati come fondamentali, cioè:

1. la conservazione del livello del lago di Neuchâtel allo stato in cui si trovava; poichè a quell'epoca non si aveva gran fede nella correzione delle acque del Giura, che invece dovova avera un risultato casi efficace:

doveva avere un risultato così efficace;
2. il mantenimento dei molini d'Yverdon e la necessità
della loro alimentazione mediante l'Orbe scorrente nel suo
antico alveo, ossia a 2 m. circa più elevato sulla pianura cir-

costante.

Intanto però l'idea della correzione delle acque del Giura veniva facendo progressi, e molti interessati nel prosciugamento delle paludi dell'Orbe sostenevano che se ne doveva tenere conto; perciò ottennero nel 1864 un decreto di sospensione dei lavori iniziati, per dar campo a nuovi studi sulla base di questa loro proposta.

E qui comincia il secondo periodo dell'impresa che stiamo descrivendo; periodo d'incertezze e d'inazione nei lavori, poichè in presenza di due correnti diverse, ed anche per deficienza di mezzi, non si poteva dare ai medesimi quello svi-

luppo che sarebbe stato necessario.

Gli uni ritenevano che per la salvezza della pianura si doveva mantenere il regime elevato e pensile delle acque nelle paludi, anche verificandosi l'abbassamento del lago di Neuchatel; e questa corrente di idee aveva la sua maggior popolarità in Yverdon.

Gli abitanti invece di Orbe e di altri paesi delle paludi non vedevano altra salute che nell'inalveamento incassato dei

corsi d'acqua mantenuti da opportune arginature.

Per un momento trionfarono i fautori del primo sistema, anzi riuscirono ad ottenere il decreto del 1875, che organizzava la ricostituzione dell'impresa sulle basi delle idee da loro rappresentate, avvalendosi anche dei pretesi vantaggi, irrigazioni e colmate che essi con molta destrezza sapevano far balenare, ma che poi si dimostrarono impossibili ad ottenere, mentre non vengono punto esclusi, adottando la sistemazione delle paludi, in base al secondo sistema.

Ma l'esecuzione della correzione delle acque del Giura e i risultati da essa prodotti fecero finalmente trionfare le idee della seconda corrente; e il parere del prof. Pestalozzi, già accennato, risolvette in modo definitivo il problema, indi-

cando la vera soluzione.

Con decreto 28 novembre 1881 del Grau Consiglio, si approvò il progetto riformato su basi razionali nel quale si è tenuto conto dell'abbassamento del livello del lago di Neuchâtel per effetto della correzione delle acque del Giura.

Senonche ora che le difficoltà tecniche erano state superate, i mezzi finanziari facevano difetto e l'impresa si manteneva sempre nello stato d'inazione, fino a che, avendo la Confederazione deliberato di fare usufruire dei sussidi federali anche i lavori come quelli di prosciugamento, una domanda del Consiglio di Stato di Vaud al Consiglio federale, in data 24 giugno 1884, tendente ad ottenere un sussidio, fece entrare l'impresa nel terzo periodo, il più proficuo, quello nel quale si potè condurre a termine l'opera così salutare e benefica del prosciugamento delle paludi dell'Orbe.

Sopra un primo progetto ammontante a L. 4 000 000, si ottenne, nel giugno 1885, un sussidio federale di 334 000 lire; questo progetto aveva per iscopo il compimento delle opere precedentemente iniziate e l'attacco di nuovi lavori ai quali non ancora si era messo mano. Con un secondo decreto, in data 11 novembre 1894, il Gran Consiglio federale accordava un altro sussidio del 40 per cento sul preventivo del nuovo progetto, che era di 1 400 000 lire; quindi un sussidio di

560 000 lire.

Con tali mezzi si rese possibile l'esecuzione dei lavori proposti, i quali attualmente sono in parte ultimati e in parte ancora in corso, ma però talmente avviati, da non lasciare più dubbio di sorta sulla loro splendida e sicura riuscita. Essi comprendono la correzione di 10 corsi d'acqua.

L'Orbe è stato sistemato utilizzando vicino ad Orbe il suo

antico alvee, presso a Yverdon quello della Thièle, nel quale scorreva pure primitivamente, e nell'intervallo l'alveo del diversivo o della Piccola Toile.

Gli altri corsi d'acqua ottennero tutti una sistemazione conforme ai principii suggeriti dal prof. Pestalozzi. Si crearono poi due grandi canali paralleli al nuovo corso dell'Orbe, ma l'uno da un lato, e si chiama Canale Occidentale; l'altro dal lato opposto, ed è il Canale Orientale; il primo ha una lunghezza di 11 600 metri circa, il secondo di 10 700 metri; essi sono i principali emissari delle acque superficiali e di fognatura delle paludi, l'uno per la zona occidentale, l'altro per quella orientale; siccome erano stati cominciati prece-dentemente, così per metterli in relazione con l'abbassa-mento definitivo del livello del lago di Neuchâtel, ottenuto colla correzione delle acque del Giura, si approfondirono e si assegnò loro la sezione conveniente. La portata del Canale Orientale è stata calcolata a m3 24 per minuto secondo e il suo bacino imbrifero a 77 chilometri quadrati; quella del Canale Occidentale a m³ 7,7 per un bacino di 14 chilometri quadrati; la portata dell'Orbe e del Talent rispettivamente a 120 m⁵ e 100 m³; cosicchè complessivamente la portata di questi quattro corsi d'acqua è di 251,7 metri cubi. Il Mémorial conchiude: « Se si ha riguardo allo sviluppo di quest'in-» sieme di correzioni fluviali, e si considera che, eccettuati i » canali di prosciugamento, in tutti gli altri corsi d'acqua si » dovettero proteggere le scarpate dall'erosione dell'acqua, » non si farà meraviglia del costo elevato e inatteso a cui sali-» rono le spese dell'impresa ».

Infatti l'importo generale per le opere eseguite e da eseguirsi nel periodo dal 1875 al 1915, compreso l'interesse e la quota di estinzione dei prestiti, ammonta a L. 4 022 762,

da ripartirsi come segue :

Sussidio della Confederazione		L.	$892\ 563$
A carico dello Stato di Vaud))]	490 818
A carico dei Comuni interessati .))	372 706
A carico dei proprietari interessati		» ·	1 266 675
1 1			

Totale come sopra . . . L. 4 022 762

(Continua)

G. CRUGNOLA.

FISICA APPLICATA

LE PROPRIETÀ TERMICHE DELL'ACETILENE IN SOLUZIONE.

Sunto di Memoria dei signori Berthelot e Vieille, presentata all'Accademia delle Scienze di Parigi, il 10 maggio 1897 (1).

Di fronte all'importanza pratica dei vantaggi dell'impiego del gas acetilene disciolto in certi liquidi, e specialmente nell'acetone 2), i signori Berthelot e Vieille hanno voluto fare oggetto di rigoroso e completo studio la soluzione dell'acetilene nell'acetone, e qui riassumiamo gl'importanti risultati delle loro ricerche.

Pressioni della dissoluzione a differenti temperature. — In un recipiente di 824 cent. cubi racchiusero in tre esperienze gr. 301 e poi gr. 315 di acetone saturato di acetilene a 15° sotto le pressioni di chilog. 7, 12.5, 20,5 (per cent. quad.). Ecco i valori delle pressioni osservate P alle corrispondenti temperature T.

	_	1				
I esp.		II esp.		III esp.		
Acetone gr. 301 (c. c. 376)		Acetone g	Acetone gr. 315 (c. c. 394)		Acetone gr. 315	
Acetilene gr. 69		Acetilene gr. 118		Acetilene gr. 203		
T	P	T	P	\mathbf{T}	P	
7.8	5,60	6.4	10,34	2,8	16,17	
14.0	6,74	14,0	12,25	13,0	19,98	
26,3	8,70	19,9	14,16	19,9	22,63	
35,7	10,35	36,0	19,46	25,5	24,76	
50,1	13,94	50,5	(22,64)	36,0	30,49	
59,6	16,30	60,1	(28,36)	50,5	(33,21)	
74,5	20,52					

⁽¹⁾ Sunto del dott. Carlo Del Lungo, pubblicato nel n. 5 della Rivista scientifica e industriale. — Firenze, 1897, pag. 168-174.

(2) Ingegneria Civile, maggio 1897, pag. 78.

La pressione definitiva non si stabilisce che dopo avere agitato vivamente il liquido; e i valori segnati fra parentesi debbono considerarsi non definitivi, cioè minori del vero.

In queste esperienze il volume di acetilene disciolto a 10° in un litro di acetone per ogni chilog. di pressione ha variato da litri 23 a 24,6, cioè corrisponde a gr. 28 per litro o a gr. 35 per chilogr. di acetone. Dunque fra 0° e 35° il volume di acetilene disciolto è proporzionale alla pressione.

I numeri della prima serie di esperienze si possono rappresentare con la nota formola data da Régnault pei vapori saturi:

$$\log P = a + b \alpha^{\dagger}$$

esprimendo P in mm. di mercurio e facendo:

$$a = 5.1134$$
 $b = 1.5315$ $\log \alpha = 1.9969$.

I valori dei coefficienti dati dal Régnault per il vapore saturo di acetone sono:

$$a = 5,15169$$
 $b = 2,85634$ $\log \alpha = 1,997$ $t = T - 22$

e dal confronto si vede che la pressione dell'acetone non è che una piccolissima parte della tensione totale. Nella 1 serie di esperienze a 36 essa è 0,042 della pressione totale; a 50° è eguale a 0,058; a 75° è 0,12 Nella 2° serie d'esperienze, dove la proporzione dell'acetone è circa doppia, la pressione di esso a 36° rappresenta 0,024 della pressione totale, 0,036 a 50°. Nella 3° serie, dove la proporzione è tripla, il rapporto è di 0,015 a 36° e di 0,024 a 50°.

Quindi può dirsi che le pressioni osservate sono da attribuirsi quasi totalmente all'acetilene; ed è notevole che queste pressioni di dissoluzione obbediscono alla legge generale del vapore saturo d'un liquido omogeneo, comparendo per log α il valore 1,997, costante assegnata da Régnault per quasi tutti i liquidi.

*

Gradi di esplodibilità e di decomposizione secondo le pressioni e la temperatura. — Per esperimentare l'esplosività di questa soluzione satura di acetilene sotto pressione, gli Autori hanno adoperato una bottiglia metallica di 800 c. c. con gr. 320 di acetone e gr. 132 di acetilene, ossia 41,25 per 100, sotto la pressione di chilog. 13 a 15. Facendo esplodere in mezzo al liquido una capsula di fulminato di mercurio non si è prodotta nessuna esplosione, sebbene la bottiglia si sia fessa per l'urto trasmesso dal liquido. La stessa esperienza, fatta altre volte sull'acetilene liquido, aveva mandato in frantumi la bottiglia.

Per sperimentare l'attitudine dell'acetilene a decomporsi sotto l'azione della temperatura elevata, hanno posto la soluzione satura in un cilindro d'acciaio riempiendone circa una metà, sotto pressioni di 10 e 20 chilogrammi. Un filo di platino immerso nell'atmosfera satura sovrastante o nel liquido veniva portato all'incandescenza e si misu. ravano gli aumenti della pressione dovuti alla dissociazione dell'acetilene e al riscaldamento dei prodotti di decomposizione.

Con pressioni inferiori a chilog. 10 l'aumento di pressione è solo quello dovuto all'acetilene gassoso, e il gas disciolto e il solvente non sembrano parteciparvi.

Se il filo incandescente è portato nel liquido, per il riscaldamento di questo si svolge del gas, la pressione è maggiore, ma non arriva al doppio di quella che si produrrebbe se fosse tutto gas alla medesima pressione. Quindi l'acetilene disciolto a pressioni non superiori a chilogrammi 10 è in condizioni da non poter esplodere per combustione interna.

Se la pressione supera 10 chilog. ed aumenta la proporzione dell'acetilene, la decomposizione è generale e si hanno effetti analoghi a quelli dell'acetilene liquido; alla pressione di chilog. 20 si è avuta una pressione più che doppia di quella che si svilupperebbe col gas puro. Invece di chilog. 212, col gas puro abbiamo ottenuto in due esperienze pressioni di chilog. 303 e 558.

Nelle stesse condizioni, portando l'incandescenza in seno al liquido, la pressione diventa di migliaia di atmosfere, indicando l'avvenuta esplosione del gas liquefatto in soluzione.

Il cilindro girante registratore della pressione ha segnato chilogrammi 5100 per cent. q. Ma questa pressione si è svolta lentamente,

in 4/10 di secondo, tempo lunghissimo, considerando che l'onda esplosiva del miscuglio di acetilene e ossigeno $(C_*H_2+O_*)$ percorre il cilindro in 1/22500 di secondo, ossia 9000 volte più presto. Nel caso nostro l'accrescimento di pressione era di 13 tonnellate per secondo.

Esaminando i prodotti della decomposizione si trova che anche l'acetone si è decomposto in H, CO, CO² e carbone amorfo.

Per riprova e per avere risultati di maggior significato pratico, gli Autori hanno esperimentato sopra una bottiglia di ferro di 15 litri, di quelle adoperate per l'anidride carbonica. È stata riempita con 7 litri di acetone saturato a 6 e poi a 8 chilog. di pressione. Il filo incandescente è stato portato nella parte superiore fuori del liquido. La bottiglia è rimasta intatta e nessuna fuga di gas si è prodotta per l'apertura: bensì la bottiglia si è fatta scottante nella parte superiore, rimanendo fredda nel resto. Apertala, si è trovata della polvere di carbone sopra l'acetone.

Questo prova che recipienti come quelli in uso, garantiti per 250 atmosfere, possono sopportare senza pericolo alla temperatura ambiente di 10° o 15° la pressione che risulta dalla fortuita infiammazione interna dell'atmosfera gassosa sovrastante alla soluzione d'acetilene nell'acetone saturata a pressione da chilog. 6 a 8. La pressione prodottasi non ha superato chilog. 155.

Questa sicurezza cessa quando la pressione arriva a chilog. 20. Allora, per l'infiammazione dell'atmosfera gassosa, la pressione giunge a chilog. 568, doppia cioè del massimo possibile. E se la decomposizione avviene nel liquido, la pressione si eleva a 5100 chilog., alla quale non potrebbe resistere alcun recipiente.

Anche a pressioni di chilog. 6 o 8 per la possibilità d'un'esplosione conviene tener conto della temperatura ambiente, perchè se questa arriva a 35°,7, la pressione normale di saturazione arriva a chilog. 10,55, e diventa chilog. 14.55 a 50° e chilog. 20,5 a 74°,5.

Quindi un recipiente inesplodibile a 14° può diventarlo a 35° per riscaldamento esterno accidentale: e il limite di pressione di chilogrammi 10, sufficiente e sicuro fino a 15, diventa pericoloso per temperature più elevate.

Concludendo, l'acetilene in soluzione nell'acetone non è esplosivo per decomposizione interna se la pressione è di chilog. 2 a 10, essendo la temperatura inferiore a 15°. In tali condizioni in un litro di soluzione sono contenuti da gr. 100 a 120 di acetilene.

Invece l'acetilene gassoso è suscettivo di esplodere quando un recipiente di un litro ne contiene più di gr. 2,5; ossia con le stesse condizioni si ha lo stesso rischio con una quantità di gas 50 volte minore.

Effetti termici della decomposizione. — Gli Autori hanno studiato come particolarmente importante dal lato termochimico la decomposizione dell'acetilene in soluzione, che produce anche la decomposizione del solvente, cioè dell'acetone. La decomposizione dell'acetilene produce C e H; quella dell'acetone è rappresentata dalla seguente equazione:

 $2 C_3 H_6 O = 5 C + 12 H + C O^2$.

La stabilità o no dell'acetone dipende dalla pressione, ossia dalla varia proporzione dell'acetilene: e questo si spiega. Grammi 26 di acetilene gassoso, decomponendosi in C e H, producono calorie 51,4. L'acetilene disciolto svolgerà in meno il suo calorico di dissoluzione, che è cal. 5,3, ossia cal. 46,3. Essendo 7,5 il calorico di vaporizzazione di un grammo-molecola di acetone, si vede che una molecola di acetilene farebbe vaporizzare 6 molecole di acetone, ossia 13 volte il suo peso. Tale sarebbe l'effetto in una soluzione contenente gr. 77 di acetilene per chilog. 1 di solvente. Ma bisogna aggiungere il calore necessario per riscaldare i prodotti C e H; e si vede che non è possibile arrivare alla temperatura necessaria per decomporre l'acetone.

Perchè questo avvenga, bisogna che la proporzione di acetilene sia maggiore, e questo avviene a pressioni maggiori. A chilog. 10 di pressione i gr. 350 di acetilene disciolti in 1 chilog. di acetone producono, decomponendosi, cal. 623,3; a chilog. 20 i gr. 700 di gas disciolto dànno cal. 1246,3. Prendendo per calorico specifico molecolare dell'acetone 29, trovato da Régnault per 100°, e che certamente cresce con la temperatura; considerando la decomposizione dell'acetilene a

chilog. 10, si trova che il miscuglio d'acetone (supposto vaporizzato, ma inalterato) di C e H arriverebbe, a volume costante, a 730°. Questa temperatura, che è certo superiore alla vera (per l'imperfetta conoscenza dei calorici specifici di C e H ad alta temperatura) è insufficiente per la decomposizione dell'acetilene. E se si considera decomposto anche l'acctone, si avrebbe una temperatura di 400°; ciò vuol dire che non è possibile una tale decomposizione parziale o totale quando la soluzione è a pressioni inferiori a chilog. 10. Se invece la pressione è di chilog. 20, il calcolo darebbe una tempe-

ratura di 1300°, che corrisponde a quella di decomposizione dell'aceti lene, e vuol dire che allora la quantità di acetilene è sufficiente per produrre tale effetto in ragione del calore svolto decomponendosi. E abbiam visto che si decompone anche l'acetone, il quale, in tale decomposizione, consuma per 1 chilog. cal. 328.

Rifacendo il calcolo, tenendo conto di questa decomposizione e del riscaldamento dei prodotti, che sono C, H e CO,, si trovano cal. 912 svolte e una temperatura di 1160°.

Con questo si ha la ragione dei fatti osservati: cioè che con l'alta pressione la presenza dell'acetone accresce l'intensità della decomposizione. Infatti, per la presenza dell'acctone, nonostante il calore consumato, la pressione diviene più del doppio di quella che darebbe il solo acetilene decomposto; e i volumi dei prodotti stanno nel rap-

porto di 83 a 47.

Nell'acctilene noi abbiamo una sostanza endotermica che, decomponendosi, svolge calore, nell'acetone una sostanza esotermica la cui decomposizione si compie a spese di questo calore. Nou essendovi nella produzione simultanea dei due fenomeni nessuna ragione chimica, la condizione perchè essi avvengano è che la quantità di calore che può fornire la decomposizione dell'acetilene sia sufficiente a decomporre l'acetone e a portare tutti i pro lotti di decomposizione alla temperatura di decomposizione dell'acetilene medesimo.

BIBLIOGRAFIA

Monografia della Provincia di Teramo: Vol. I: Condizioni fisiche della Provincia. 1 vol. in-8°, di p. 332, con una carta idrografica della Provincia, nella scala di 1 : 150,000. -Teramo, 1892;

Vol. II: Condizioni morali e amministrative. 1 vol. in-8', di pagine 367. — Teramo, 1896;

Vol. III: Condizioni economiche. 1 vol. in-8, di pag. 600, con una carta corografica della Provincia, nella scala di 1:500,000. — Teramo, 1895.

È un grande e faticoso lavoro di ben sette anni quello della Monografia della Provincia di Teramo, che qui aununziamo. Venne compilata sotto la direzione dell'egregio ing. Crugnola, capo dell'ufficio tecnico di quella Provincia, con altrettanti collaboratori specialisti quanti i capitoli d'ogni volume

Il 1º volume è dedicato allo studio delle condizioni fisiche della Provincia di Teramo; e quindi la posizione e 1 i confini geografici, il sistema orografico, l'idrografia, il clima la struttura geologica del suolo, la mineralogia e le acque, la flora, la fauna, e le condizioni igieniche formano altrettanti capitoli, dettati da illustri e valorosi professori.

Il 2º volume, destinato a trattare delle condizioni morali el amministrative della Provincia, incomincia con alcuni cenni archeologici, cui ten zono dietro copiosi dati etnografici e demografici. Interessante sovra ogni altro il capitolo nel quale si riassume tutta la storia del Teramano, interessante per il fatto che la storia da compendiare non era ancora scritta, non meno che per essersi innestata codesta storia sull'auto nomia delle diverse città, seguendone le vicende nella successiva trasformazione delle loro istituzioni, attalchè ne risulta dimostrato coi fatti che il benessere di un paese è in intima armonia coll'autonomia de' suoi centri abitati, fiorisce con la libertà e deperisce col dileguarsi di questa. Dopo un capitolo sui dialetti della provincia, illustrati da graziosi canti popolari, troviamo svolto con molta larghezza il progresso dell'istrazione elementure, secondaria e classica, e quella tecnica delle scuole d'arti e mestieri. Chiudono il volume opportuni cenni dei principali monumenti artistici della Provincia e degli uomini illustri teramani.

Nel 3º volume si discorre con non poca diffusione e pari competenza delle condizioni dell'agricoltura e della proprietà fondiaria, dell'importanza delle zone irrigate e di quelle che ancora potrebbero esserlo, della viabilità or linaria, delle strade ferrate, delle principali industrie attualmente fibrenti e di quelle che, prosperose un tempo, oggi potrebbero farsi utilmente rifiorire; dei modi con cui viene esplican losi il commercio, delle società che vi si de licano e degli istituti che ne hanno l'alta tutela L'ultimo capitolo è una splendi la monografia sui materiali da costruzione della Provincia, ricca di preziosi dati tecnici ed economici, lavoro particolare dell'ing. V. De Camillis.

Mentre, in generale, simili pubblicazioni sono di solito poco leggibili per l'accumularsi indigesto di statistiche e di cifce, questa della provincia di Teramo è riuscita un'opera attraente e dilettevole, on le a far voti che altre provincie vogliano seguirne l'esempio. G. S.

L'acetilene: sue ultime applicazioni al riscaldamento, all'incandescenza ed ai motori. - Lettura fatta alla R. Accademia Virgiliana di Mantova, il giorno 2 aprile 1897, dal socio effettivo professore Alessandro Sterza. - Op. in-8 di pag. 49. - Mantova, 1897. Prezzo L. 2.

Molto si è detto e si è scritto sull'acetilene, e come avviene per tutte le cose nuove e che possono interessare l'economia pubblica e privata, le arti e le in lustrie, così anche l'acetilene ha eccitato la fantasia di molti. Si riportarono dati in troppa fretta raccolti, risultati di esperienze non bene accertate, che poi si dovettero riconoscere inattendibili. Il prof. Sterza si propose di raccogliere, vagliare, verificare con coscienziose esperienze i principali dati che si conoscono intorno a questo gas.

Il forno elettrico ideato dal Wilson in America è stato in seguito migliorato dal Moissan a Parigi e da altri.

Le fabbriche di carburo di calcio finora compiute sono quelle che danno l'alluminio, perchè utilizzano l'energia elettrica occorrente alla produzione di tale metallo, e sono:

l'Aluminium Wilson Co. alle cascate del Niagara, con 1000 cavalli; l'Aluminium Industrie Actien Gesellschaft di Neuhausen alla cascata del Reno presso Sciaffusa, con 5000 cavalli;

l'Electric gas Company di Spray in America; la « Corbid » di Berlino;

le Officine elottrometallurgiche di Froges e di La Praz in Francia. Anche in Italia presso Terni si sta erigendo una fabbrica di carburo di calcio, ma in causa di difficoltà economiche e fiscali non si ha ancora una speranza fondata che essa cominci prossimamente a produrre.

Mentre in America il costo di fabbricazione d'una tonnellata di carburo arriva a poco più di 107 lire, in Italia, per le condizioni diverse riguardo alla calce ed al carbone e per la gravità della tassa sul carburo di calcio, il costo del medesimo potrà variare, secondo il profes-

Sore Sterza, dalle 200 alle 300 lire per tonnellata.

Vero è che il carburo oggidi si vende a L. 45 il quintale a Neuhausen, ed a lire 50 a Froges nell'Alta Savoia, ma questi prezzi dipen-

dono unicamente dalla scarsità del prodotto.

Avendosi il carburo di calcio, gli apparecchi per la fabbricazione del gas sono semplicissimi. Il prof. Sterza descrive l'apparecchio da lui adottato e perfezionato, e che consiste in un gasogeno, un depuratore, un gasometro ed un regolatore.

Il gasogeno si compone di un recipiente cilindrico e di una campana a chiusura ermetica equilibrata da contropesi. Interiormente alla campana e nella parte superiore vi sono sostenuti cestelli di grosso filo di ferro o di lamiera traforata, contenenti il carburo di calcio.

Il depuratore è un vaso cilindrico di lamiera di ferro ermeticamente chiuso, internamente diviso da diaframma in compartimenti che ven-

gono riempiti di pomice e carbone.

Il gas metro è come tutti gli altri; ed il regolatore di pressione ha pure la forma di un piccolo gasometro, la cui campana, che può essere caricata di dischi metallici per aumentare la pressione, si solleva non appena la pressione interna ha raggiunto un certo limite; e se la pressione aumenta, una valvola che è all'estremità di un'asta attaccata alla campana stessa, chiude totalmente od in parte il tubo di presa. L'autore accenna in seguito ai tentativi da lui fatti per arrivare ad

un fornello ad acetilene adatto ai bisogni domestici ed industriali, parendogli che l'applicazione del nuovo gas al riscaldamento non dovesse essere meno importante di quella per l'illuminazione; e già egli applica

l'acetilene a fornelli per cucina, per ferri da stirare, saldatori, ecc. Anche il problema dell'incandescenza con esso gas fu tentato con buon successo dal prof. Sterza, sebbene il prezzo attuale del carburo non sia tale da dar luogo ad una soluzione economica. Tuttavia, soggiunge il prof. Sterza, l'acctilene potrebbe essere applicabile nelle pubbliche luminarie, coll'uso di reticelle che, imbevute di ossidi metallici differenti, darebbero incandescenze variamente colorate, ottenendosi col calcio il giallo, coll'erbio il verde, col didimio l'aranciato, ecc.

L'impiego dell'acetilene nei motori a scoppio in sostituzione del gas prodotto dalla distillazione del litantrace, avrebbe certamente il vantaggio di non richiedere grandi serbatoi od una condotta.

Secondo l'Autore, gli attuali motori a scoppio dovrebbero anche servire per l'acetilene; e lo studio dovrebbe solo ridursi a determinare la dosatura precisa della miscela per avere il maggior esfetto utile. Ma su questo i lettori comprenderanno come sia il caso di fare qualche riserva.

L'autore non crede all'utilità pratica dell'uso dell'acetilene liquido. e non parla dell'acetilene disciolto per la ragione semplicissima che il suo lavoro è anteriore alle recenti comunicazioni fattesi a questo proposito all'Accademia delle Scienze di Parigi (vedi Ingegneria Civile,

fasc. di maggio 1897, pag. 74, e fasc. di giugno, pag. 94-96).

Infine il prof. Sterza accenna ancora ad una importante applicazione del gas acetilene dal punto di vista della fotometria. Visto che l'intensità luminosa dell'acetilene di poco differisce da quella del platino in fusione, e non presenterebbe le difficoltà del campione proposto dal Vi de nella conferenza di Parigi del 1884, si potrebbe adottare la lampada campione ad acctilene proposta dallo stesso Violle per unità fotometrica.

SACHERI GIOVANNI, Direttore.

Tip. e Lit. Camilla e Bertolero di Natale Bertolero, Editore.

