

L'INGEGNERIA CIVILE

R

LE ARTI INDUSTRIALI

PERIODICO TECNICO MENSILE

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

COSTRUZIONI CIVILI

ACQUEDOTTO LUNGO LA FERROVIA

FAENZA-FIRENZE

dalla Galleria degli Allocchi alla stazione di Faenza
con diramazione
in servizio dei Comuni di Marradi-Brisighella-Faenza.

(Veggansi le Tav. V e VI)

Nella costruzione della Galleria degli Allocchi (linea Faenza-Firenze) versante Adriatico, essendosi trovate abbondanti sorgive d'acqua le quali vuolsi abbiano allora raggiunto complessivamente la portata di 160 litri per 1", sorse fin dal 1887 (Veggansi *Annali della Stazione Agraria di Forlì*, fasc. XVI, anno 1887) l'idea di utilizzare quel corpo d'acqua a beneficio delle Città di Romagna sprovviste affatto d'acqua potabile.

Ma procedendo la costruzione della ferrovia, e specialmente a lavoro compiuto, si verificò, come era naturale, una notevole diminuzione di portata dovuta all'esaurimento dei ristagni naturali trovantisi nel seno del monte.

La portata discese pertanto, nell'epoca della maggiore siccità annuale, fra i limiti di 30 a 24,8 litri per l", limiti rimasti fino ad ora costanti, come lo provano le misure dirette e ripetute per quattro anni consecutivi.

Il quale fatto aveva fatto rinunziare all'idea di includere nel beneficio dell'acquedotto le Città di Forlì, Ravenna e Lugo, per limitarlo solo fra Crespino e Faenza, ai servizi della ferrovia ed ai bisogni dei tre Comuni di Val Lamone.

E per tal modo, in seguito a dimanda dei Municipi di Marradi, Brisighella e Faenza, fu egregiamente sviluppato e propugnato con valore dal comm. ing. Perego, Direttore dei lavori della ferrovia Faenza-Firenze, il progetto di massima per l'impianto di una condotta, che convogliando le acque delle sorgenti rinvenute allo sbocco Faenza della Galleria degli Allocchi, si svolgesse lungo la ferrovia sino al rifornitore di Faenza, e con tali modalità da permettere delle derivazioni in servizio dei Comuni prossimi alla condotta principale.

Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici con voto 13 maggio 1891, avendo dichiarato meritevole di approvazione l'accennato progetto, esprime parere che fosse preferibile portare a Marradi tutta l'acqua, previi i voluti accordi colle Amministrazioni interessate per stabilire l'entità, la forma e le condizioni del loro concorso nella spesa relativa, in relazione alla quantità che si sarebbe loro potuto fornire ed alla maggiore spesa a tal uopo necessaria. Così che, mercè l'attività e costanza infaticabile dell'on. Caldesi, fu possibile nel 1892 addivenire ad una regolare convenzione fra il R. Ispettorato Generale delle Ferrovie ed i Municipi di Faenza, Brisighella e Marradi per fare lungo la ferrovia una condotta capace di portare tutta l'acqua derivabile dalla Galleria

degli Allocchi e di ripartire il volume eccedente i bisogni dei servizi ferroviari fra i Comuni suddetti in ragione di litri 60 al giorno per abitante, stabilendo la quota di spesa da sostenersi dai Comuni in ragione di 440 0/100 della spesa totale, e cioè:

367 millesimi a carico del Comune di Faenza

54 » » » » Brisighella

19 » » » » Marradi :

rimanendo gli altri 560 millesimi a carico del Governo come costruttore e proprietario della linea Faenza-Firenze.

In seguito alla predetta convenzione il R. Ispettorato Generale delle Ferrovie incaricava il comm. Perego dello studio del progetto definitivo del tratto Crespino-Marradi, ora completamente ultimato ed in esercizio, e la Società Italiana per le Strade Ferrate Meridionali, esercente la Rete Adriatica, dello studio del progetto esecutivo della condotta dalla stazione di Marradi alla stazione di Faenza.

In base quindi al progetto eseguito ed a quello presentato dalla Società Italiana per le Strade Ferrate Meridionali, venne stipulata in Faenza il dì 5 agosto 1893 la regolare convenzione fra i suddetti Municipi, il Governo e la Società Italiana per le Strade Ferrate Meridionali, per la completa esecuzione dell'acquedotto di cui in appresso si danno le principali notizie.

Portata. — Da misure dirette ripetute per quattro anni consecutivi dalla Direzione Tecnica Governativa, con particolare riguardo all'epoca delle magre estive ed autunnali è risultata la portata minima delle sorgenti verificata durante tutto il tempo delle osservazioni di litri 24,8 al 1", la quale ebbe luogo per pochi giorni alla metà del settembre, risalendo alla fine di questo mese a 25,5, mentre al principio dello stesso mese era di 26 litri ed alla metà di luglio era di 30 litri.

In ottobre poi si misurarono portate variabili da 25, a 26, a 28 litri. Ciò posto, trattandosi di una condotta molto importante, era pur d'uopo ch'essa fosse calcolata in guisa da soddisfare in modo sicuro alle condizioni contrattuali stabilite coi Comuni e a quelle riferentisi all'esercizio ferroviario, pur considerando le variazioni, fra la minima e l'ordinaria portata alla sorgente, però in un periodo di tempo non molto esteso.

Orbene, le variazioni che si verificano nel trimestre agosto-settembre-ottobre risultando appunto sensibilmente simmetriche per rapporto alla minima, potevano dare norma di quanto potesse utilizzarsi dalle sorgenti.

E siccome una condotta intesa a convogliare le maggiori portate verificantisi in altri periodi dell'annata, avrebbe richiesto una spesa molto maggiore, senza utilizzare l'acqua raccolta di più, perchè il regime di distribuzione negli abitati è forzatamente regolato e fissato nell'epoca del maggior consumo, la quale nel nostro caso coincide appunto coi giorni di minima portata, così la condotta è stata studiata in modo da essere capace di convogliare al più 27 litri al 1", pur avendo di mira che tutti gli impegni assunti fossero soddisfatti anche quando la portata discendesse a 24 litri.

*

Qualità dell'acqua. — L'acqua è purissima, fresca, leggera e gratissima a bere. Fu analizzata e dichiarata potabile prima dal prof. cav. Alessandro Pasqualini, Direttore della Stazione Agraria di Forlì (*Annali della Stazione Agraria di Forlì*, fasc. XVI, anno 1887), poi dal laboratorio presso la Direzione dei lavori (Rete Adriatica) nel 1889, e dal laboratorio presso la Sanità Pubblica nel 1891.

Risultati dell'analisi.

Valori limiti sopra mille parti d'acqua		ANALISI		
		del professor PASQUALINI	del laboratorio saggi materiali della Società delle Ferrovie Merid.	del professor CELLI
Residuo solido a 180° C	0.10—0.50	0.23	0.26	0.262
Ossido di calcio, Ca O	0.11—0.12	0.08	—	—
Ossido di ma- gnesio, Mg O	0.04	0.0389	—	—
Acido solforico anidro, S O ²	0.02—0.063	0.0252	0.0301	0.02015
Cloro, Cl	0.002—0.008	0.0049	0.0075	0.01065
Anidride nitrica, N ² O ⁵	0.4	nulla	tracce	0.572
Anidride nitrosa, N ² O ⁵	0 — tracce	nulla	assente	nulla
Ammoniacca, N H ³	0 — tracce	nulla	—	nulla
Sostanze orga- niche	0.025 - 0.05	0.022	—	—
Durezza totale in gradi idro- timetrici te- deschi	< 18°	—	Totale 13° $\frac{1}{4}$ Permanente 6° $\frac{1}{4}$ Temporanea 7°	14.04 3.38 11.46

*

Temperatura. — Nel tratto costruito ed in esercizio fra Crespino e Marradi si è trovato nel mese di luglio:

	Temperatura	
	dell'acqua	esterna
Alle bocche di presa	centigradi 12 1/2	24 1/2
Alla fontanella di Marradi	» 13 1/8	25

E sebbene siano numerose e complesse le cause di variazioni di temperatura di una condotta e tali da non potersi determinare con precisione *a priori*, pure potè ritenersi che nella stagione estiva, non essendovi che una distanza di Chm. 46 fra Crespino e Faenza, l'acqua giungerà a Faenza colla temperatura di 14° 1/2 circa (1).

*

Volume d'acqua e studio del progetto esecutivo. — Il volume minimo d'acqua proveniente dalle sorgenti in m³ 2073, viene così ripartito nelle 24 ore:

Per la ferrovia:

Rifornitore di Marradi . . .	m ³ 150
» » Fognano . . .	» 50
» » Faenza . . .	» 200
Case cantoniere e stazioni . . .	» 77
	m ³ 477

(1) Nella condotta di Francoforte, della lunghezza di 82 chilometri, dove l'acqua impiega 42 ore per portarsi dalla sorgente in città, si è trovato nei giorni più caldi nella sorgente più lontana 9° C., all'ingresso serbatoi 10°.

L'acqua di sorgente della Vanne percorrendo chilometri 173 non si

Pei Comuni:

Marradi	m ³ 180
Brisighella { Fognano 40 }	» 240
Faenza	» 1140
	m ³ 1560

mentre la maggior portata variabile sino a 300 m³, dipendente dall'oscillazione di getto delle sorgenti fra 24,8 e 27 litri per 1", va a totale beneficio dei rifornitori.

Pertanto lo studio del progetto definitivo d'esecuzione della condotta da Crespino a Faenza doveva considerare un servizio d'alimentazione di 3 rifornitori (Marradi, Fognano, Faenza) coordinato alle derivazioni per tre Comuni, di cui quello d'estremità (di Faenza), assorbente da solo 6 1/10 circa della portata minima, distribuendo i rimanenti 4 1/10 in modo discontinuo lungo un percorso di chilom. 46,906. Inoltre doveva tener conto che della complessiva portata terminale meno di 1 1/6 richiedevasi pel rifornitore di Faenza.

Dalla quota sul mare 569.72 (piano di presa presso la Galleria degli Allocchi) si doveva, dopo un percorso di chilometri 46,906, arrivare alla quota 34.50, indicante il piano del ferro della stazione di Faenza, con una condotta composta di tronchi con prese d'acqua e con ramificazione alla estremità di tutti i tronchi e con una distribuzione sufficientemente sensibile, per guisa che le grandi erogazioni non assorbissero le piccole o ne rendessero incerta la portata; quindi giustamente il progetto è stato studiato in modo da soddisfare alle seguenti condizioni:

a) Distribuzione d'acqua proveniente dalle sorgenti nelle 24 ore come al quadro precedente, considerando l'ipotesi dei *tubi usati*, e per la determinazione delle interne pressioni massime e anche delle grossezze considerando invece il caso di *tubi nuovi*; assicurando in entrambe le ipotesi ed anche con variazione di portata della sorgente da 24 a 27 litri al 1", la distribuzione per battente naturale alle stazioni, ai rifornitori, alle case cantoniere ed agli edifici speciali per la concessione d'acqua ai Comuni utenti;

b) Pressione in niun punto della condotta superiore a 14 atmosfere a *condotta nuova*, risultando così garantita, per la diminuzione notevole a tubi usati, la stabilità della condotta in qualunque tempo, sia riguardo ai giunti che per riguardo alla resistenza dei tubi, pur adottando le minime grossezze compatibilmente alle condizioni precedenti;

c) Dovere le derivazioni in servizio dei Comuni di Marradi, Brisighella, Faenza:

1° Garantire la invariabilità delle quote d'acqua rispettivamente assegnate indipendentemente dalle variazioni delle sorgenti e delle pressioni nella condotta principale;

2° Rendere possibile ai Comuni di utilizzare l'acqua loro concessa con tale pressione da permettere un'opportuna distribuzione negli abitati;

3° Prendere tali disposizioni agli edifici d'arrivo delle singole concessioni, da permettere alle stazioni con servizio di rifornitori e ai Comuni utenti di usufruire, occorrendo, *nel periodo delle sole ore diurne*, di tutta l'acqua concessa nelle 24 ore.

*

Descrizione della condotta principale, delle derivazioni, e dei diversi edifici regolatori. — Per soddisfare al complesso di condizioni dianzi accennate vennero adottate le disposizioni qui appresso descritte.

La condotta da Crespino a Faenza (veggasi Tav. V) si divide in 4 tronchi mediante quattro edifici interruttori al

riscalda al massimo che di 2°. Non maggiore è la variazione di temperatura nell'acquedotto di Vienna, che ha un percorso di chilometri 90 circa.

Fantino, Marradi, Fognano ed al Persolino presso Faenza, in modo da risultare al termine dei singoli tronchi le altezze piezometriche segnate nella seguente

TABELLA.

Tronco	Termine del tronco	Quota della condotta	Pressione massima espressa in metri di colonna d'acqua			
			a tubi nuovi		a tubi usati	
1	Stazione Fantino	421.69	107	14	57	05
2	» Marradi	318.66	87	23	54	27
3	» Fognano	138.52	135	87	70	60
4	Interruttore al Persolino .	52.89	80	02	44	66
5	Stazione Faenza	33.70	40	63	36	55

La presa delle acque provenienti dalle cunette della Galleria degli Allocchi viene fatta mediante un piccolo edificio di presa della dimensione in pianta di 1.44×1.76 , munito di griglia, situato presso la testata della galleria al livello di metri 572.06 sul mare, e provveduto di un piccolo canale invertitore per i necessari espurghi e scarichi.

Da questo edificio l'acqua passa in una tubazione di 0.30 di diametro, e dopo un percorso di 115 metri circa giunge alla quota 569.62 in un ben concepito filtro (fig. 41, 42, 43 e 44 a pag. 85), onde venga purificata dagli intorbidamenti, che, per quanto leggeri, potrebbero tuttavia nuocere alla sua potabilità.

Il filtro è diviso in otto scomparti, della lunghezza di metri 3.25 e della larghezza di un metro: sul fondo sono disposti degli strati sovrapposti di ghiaia minuta per m. 0.30 — carbone vegetale per 0.40 — sabbia silicea per 0.25 — ghiaia minuta per 0.30; e sopra questi un carico d'acqua di 0.80. La divisione in otto scomparti è stata fatta, come lo dimostrano i disegni, per rendere possibile la periodica verifica dei filtri senza interrompere il corso dell'acqua.

Chiarificata l'acqua delle materie eterogenee che avesse potuto trascinare seco nel suo movimento lungo le cunette della galleria, dal collettore del filtro passa nella tubazione, avente diametro di m. 0.175, per la via di Faenza lungo la strada ferroviaria, internata m. 0.90 sotto il piano del ferro a distanza dall'asse della ferrovia, che varia da:

1.50 a 2.50 nei rilevati,

2.10 a 2.50 negli sterri,

1.50 a 1.00 fra i muri d'ala delle trasversali sul Lamone; mentre nelle gallerie passa lungo le cunette, sorretta da mensole in ferro alla profondità di m. 0.315 dalla copertina, e nei ponti metallici mediante cassetta di protezione di ferro delle dimensioni di 200×375 .

Ad ogni 100 metri poi di condotta trovasi un manicotto d'ispezione munito di disco di chiusura.

A Fantino trovasi un *interruttore*; ed a Marradi la condotta somministra nelle 24 ore, mediante luce tassata, m. c. 180, di cui m. c. 100 nel serbatoio per l'alimentazione del paese, e la quantità restante al *rimanente*, munito di due vasche: una pel servizio delle gru, l'altra che serve per il carico e quale organo regolatore della condotta principale.

A Fognano risale la costa di fronte alla stazione per versare l'acqua in un apparecchio distributore, dal quale per

mezzo di luci tassate si immettono nelle 24 ore m³ 50 nel rifornitore delle gru, e m³ 40 nel serbatoio pel paese di Fognano, e mediante stramazzo, la quantità eccedente in un serbatoio regolatore, dal cui fondo parte la condotta principale.

Quest'edificio (fig. 1, 2, 3 e 4, Tav. VI) funziona quindi ad un tempo come interruttore della condotta principale, come rifornitore per la stazione e come serbatoio di riserva per il paese omonimo.

A Brisighella la diramazione per l'abitato viene fatta mediante presa diretta dalla condotta principale, e la diramazione porta, mediante bocca munita di valvola a chiusura automatica, l'acqua in un distributore dal quale a mezzo di luce tassata affluiscono i 200 metri cubi nelle 24 ore nel serbatoio di 100 m. cubi che serve all'alimentazione del paese.

Le modalità di quest'edificio partitore e dell'annesso serbatoio simile a quello di Marradi sono indicate nelle figure 5, 6, 7 e 8 della Tav. VI.

Dopo la presa di Brisighella la condotta prosegue lungo la ferrovia sino al colle attraversato dalla Galleria del Persolino, ove incontra al chilometro 96+260.00 un edificio ripartitore nel quale versa, mediante luce praticata su lastra sottile, 1140 metri cubi d'acqua, pari a litri 12.2 al l", nel serbatoio della capacità utile di m³ 1000 per la città di Faenza, diviso in due scompartimenti allo scopo di potervi praticare gli opportuni espurghi e riparazioni senza interrompere il servizio della distribuzione d'acqua in città. Uno stramazzo poi posto sopra la luce tassata di m³ 1140, riversa la quantità eccedente in un piccolo serbatoio da cui diramasi la condotta pel rifornitore della stazione di Faenza.

La costruzione del serbatoio alimentatore della città di Faenza è simile a quella del serbatoio di Brisighella, formato cioè di due bacini l'uno laterale all'altro, lunghi metri 20, larghi 6.25, coperti da volte a sesto ribassato di 1/3, che si impostano a 4 metri sul fondo. I muri di perimetro sono grossi m. 1.00, ed il longitudinale di separazione delle due vasche 1.65: le volte hanno lo spessore di due teste di mattoni (Ved. fig. 9, 10, 11 e 12, Tav. VI).

Il rifornitore poi per la stazione di Faenza è costituito da due serbatoi cilindrici della capacità di m³ 100 ciascuno: uno dei serbatoi comunica direttamente colla condotta alle gru, ed è alimentato da un getto continuo della portata di 200 m³ nelle 24 ore; l'altro può comunicare col primo soltanto quando quest'ultimo è vuoto, a mezzo di una valvola a galleggiante: questo secondo serbatoio è alimentato da un getto a chiusura automatica della portata massima di m³ 150 nelle 24 ore. Così con opportuni maneggi degli organi regolatori si potrà utilizzare in meno di 24 ore, non solo la quantità proveniente dai getti continui, ma anche quella immagazzinata, e cioè dai 200 ai 200+350.00.

L'acqua poi pel personale lungo la linea viene estratta dalla condotta principale con prese speciali mediante un manicotto di presa seguito da una valvola di sicurezza col diametro di passaggio di 0.10, che viene congiunto mediante raccordo in ghisa ad un rubinetto a vite col diametro di m. 0.05, dal quale l'acqua passa in una tubazione in piombo del diametro di 0.04 per riversarsi all'esterno mediante fontanella in ghisa a getto intermittente.

*

Livello piezometrico dell'acqua negli abitati. — Mediante le anzidette bocche tassate praticate negli edifici regolatori e ripartitori annessi ai serbatoi, la condotta principale, mentre assicura ai Comuni utenti la quantità d'acqua assegnata, lasciando la quantità eccedente a totale beneficio della ferrovia, permette ai Comuni medesimi — per la capacità assegnata ai serbatoi — di poter usufruire

occorrendo nel periodo delle sole ore diurne di tutta l'acqua concessa nelle 24 ore.

Basando pertanto il calcolo delle tubazioni urbane sulla capacità che esse debbono avere di erogare in 12 ore la quantità tutta concessa nelle 24 ore, tenendo per quota di partenza la quota fondo dei serbatoi e per quella d'arrivo la quota media degli abitati (1), risultano le altezze piezometriche indicate nei profili schematici portati dalla Tav. V, dai quali rilevasi che Faenza, Marradi e Fognano possono usufruire del beneficio dell'acqua sino a tutti i piani dei loro edifici, mentre questo beneficio si estenderà solo alla parte bassa di Brisighella, dovendo limitarsi nella media ed essere escluso nell'alto quartiere detto il Trebbio (2).

*

Riparto della spesa relativa alla condotta principale, e delle relative derivazioni per i Comuni. — La spesa secondo il preventivo dei progetti esecutivi ascende a L. 930000, divisa come infra:

Da Crespino a Marradi (tratto costruito) L. 340000

Da Marradi a Faenza, con le relative derivazioni ai Comuni:

a) Espropriazione L. 7000
b) Opere murarie » 58000
c) Scavi per la posa della condotta » 30680
d) Opere metalliche » 445100

Sommano L. 541380

Spese per studi, direzione, sorveglianza, collaudo, liquidazione dei lavori e spese generali di Amministrazione, 9 0/10 » 48620

» 590000

L. 930000

(1) Il suolo di Faenza può paragonarsi ad una superficie piana avente deflusso verso il fiume Lamone, di cui, approssimativamente, la linea di massima pendenza corre da Porta Imolese al Ponte sul Lamone. Si tratta quindi di alimentare con una derivazione *unica* un piano inclinato ed in modo uniforme. Il piano medio quindi della città può ritenersi uguale alla semisomma delle quote ove arriva l'acqua a porta Imolese ed il livello del ponte sul Lamone, e cioè 37,51 sul mare.

Brisighella trovasi sulla falda di un colle con diverse inclinazioni sull'orizzonte, avendosi nella zona superiore una quota media

$$\frac{126.20 + 137.42}{2} = 131.36;$$

nella parte media

$$\frac{126.20 + 118.06}{2} = 122.26;$$

nella zona a valle

$$\frac{118.06 + 107.36}{2} = 112.71.$$

Fognano invece presentasi su di un piano quasi uniforme fra le quote

130.07 e 125.03

cioè con la quota media di metri 127.55.

Infine Marradi si estende su di un piano inclinato con una quota media fra 319.14 e 330.45, cioè con una quota media di m. 326.53 sul livello del mare, quota della strada a Firenze poco a monte della fonte attuale.

(2) L'applicazione di un piccolo *ariete idraulico* a metri 3 di altezza da getto attuale della condotta principale che alimenta il pubblico fonte di Brisighella servirà per 1/6 della portata attuale ad alimentare un getto all'altezza di metri 12 dell'attuale cannella, mandando l'acqua di rifiuto dell'ariete in una condotta speciale in tubi di ferro a servizio del nuovo lavatoio e per la nettezza della fogna del nuovo macello.

Giusta pertanto il contratto stipulato, la spesa da sostenersi dai Comuni andrebbe ripartita fra i Comuni stessi nel modo che segue:

	Per opere d'interesse promiscuo	Per opere di esclusivo interesse dei Comuni (escluse le condotte urbane)	In totale
A carico del Comune di:			
Faenza	L. 300940	53800	354740
Brisighella	» 44280	7400	51680
Marradi	» 15580	6800	22380
Totali L. 360800		68000	428800

Oltre le somme suddette di concorso nella spesa per la condotta principale, i Comuni, nella misura sopra stabilita, dovranno pagare annualmente al Governo:

a) il riparto delle L. 2900 ammesse e concordate per l'annua ordinaria manutenzione e sorveglianza della intera condotta lungo la ferrovia;

b) il riparto del canone di L. 25 stabilito a titolo di riconoscimento della proprietà del R. Governo dell'acqua della Galleria degli Allocchi;

c) il riparto delle spese per le riparazioni in caso di forza maggiore.

Infine i Municipii debbono a proprie spese costruire le diramazioni tutte per l'alimentazione degli abitati a cominciare dai serbatoi.

Una condizione importante ottenuta poi dall'on. Giunta di Faenza a vantaggio dei Municipii e valida ad assicurare perennemente la quantità d'acqua ora concessa, si è quella contemplata dall'articolo 12 della Convenzione approvata:

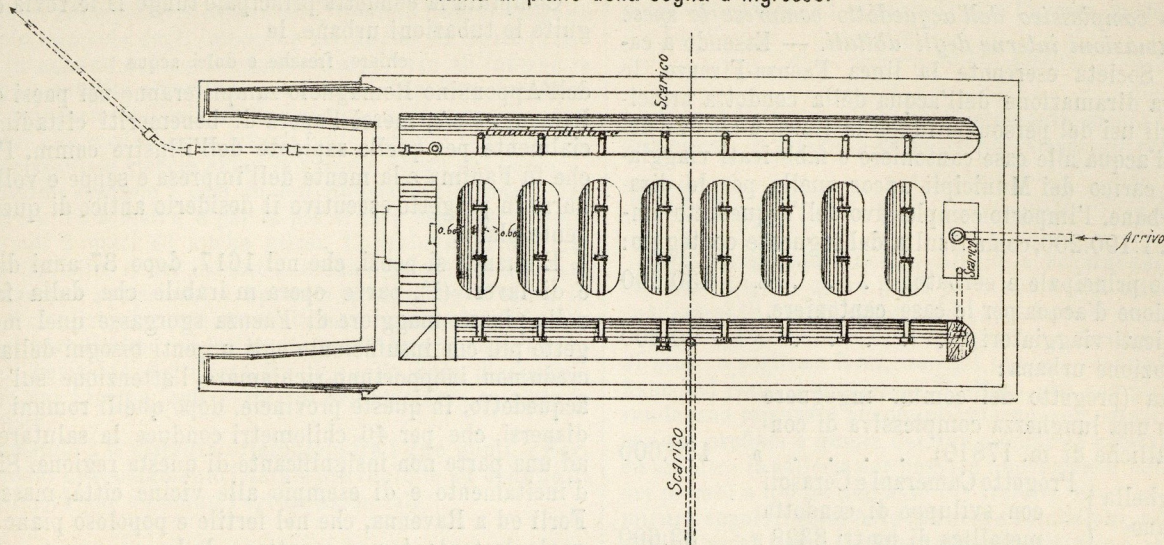
(Art. 12) « Qualora la portata delle sorgive nella Galleria degli Allocchi, la quale in epoca della maggior secchezza venne finora riscontrata di m. cubi 2133 nelle 24 ore, pari a litri 24.8 al 1", venisse a discendere al disotto di m. cubi 2060 nelle 24 ore, pari a litri 23.84 al 1", si ridurrebbero proporzionalmente le quantità d'acqua assegnate ai Comuni, modificando le aperture delle relative bocche modulate, in modo che alla ferrovia rimangano disponibili complessivamente almeno 500 m³ nelle 24 ore. »

« Appena cessato il periodo di secchezza le luci tassate saranno riportate alle primitive dimensioni a modo che i Comuni ritornino ad avere la quantità normale d'acqua stabilita »

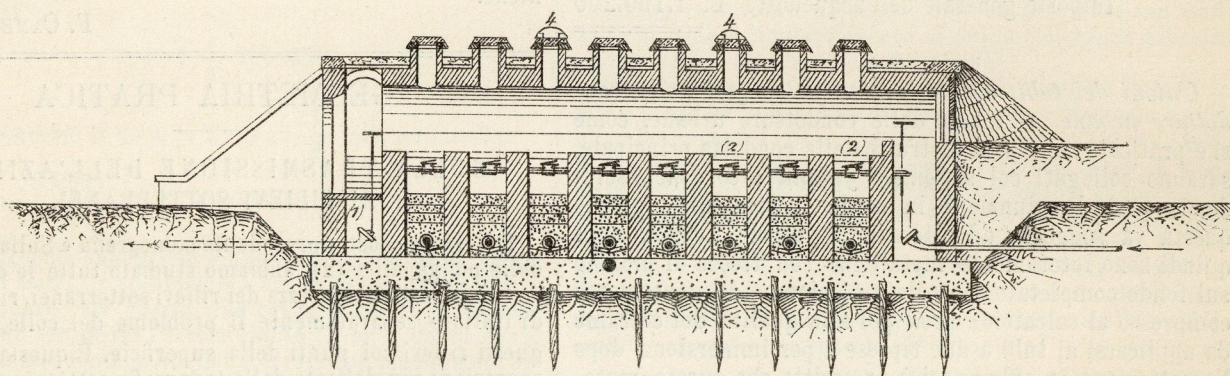
« Nel caso che si verificasse una diminuzione nella portata delle sorgenti degli Allocchi, tale da ricorrere alle disposizioni contenute nel 2° comma del presente art. 12 e che i tre Comuni interessati, previi accordi fra loro, intendessero ripristinare nel loro interesse la portata contrattuale, i Comuni stessi avranno diritto di immettere nella condotta principale a proprie spese nuove sorgive d'acqua potabile senza diritto ad alcun concorso nella spesa per parte dell'Amministrazione Ferroviaria. L'acqua da immettersi nella condotta dovrà essere riconosciuta potabile ed adatta alla alimentazione delle locomotive anche dalla Società esercente la ferrovia.

« Inoltre la presa e la condotta sussidiaria dovranno trovarsi in tali condizioni da potersi fare l'immissione nella condotta principale senza alterare menomamente il regime a norma del progetto approvato. Qualora invece la immissione delle nuove sorgive venisse fatta a spese tanto dei Comuni come del Governo, il riparto dell'acqua aggiunta dovrà farsi nelle proporzioni primitivamente stabilite col presente contratto ».

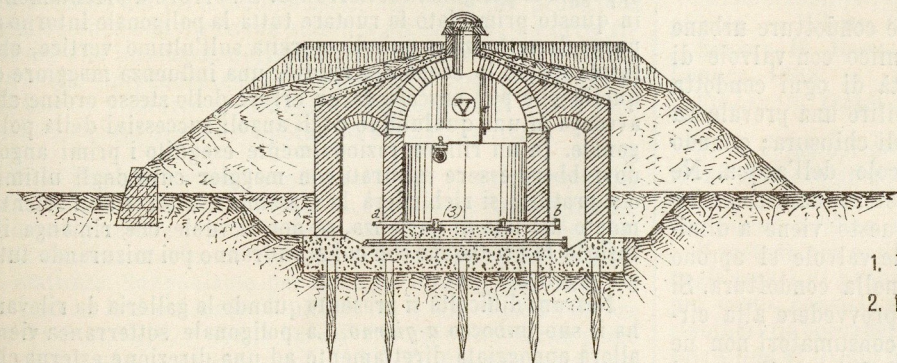
Pianta al piano della soglia d'ingresso.



Sezione longitudinale.



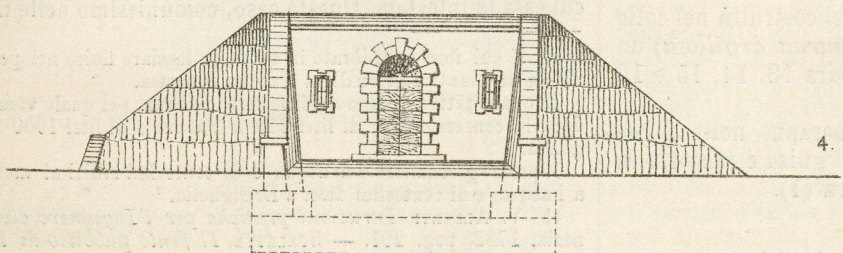
Sezione trasversale.



INDICAZIONI

1. Tubo di presa del diametro di 0,175.
2. Manicotto con attacco a flancia munito di coperchio oscillante su cerniera e di vite di chiusura al doppio scopo di permettere e di arrestare il getto d'acqua nella sottostante camera filtrante.
3. Tubo raccoglitore con fori del diametro di 0,005 alla distanza di 0,10 da centro a centro, munito di valvola automatica con guarnizione in caoutchouc in α pel getto d'acqua filtrata nel canale collettore, e di disco di chiusura in β .
4. Ventilatori.

Prospetto Faenza



Scala di 1:200.

Fig. 41, 42, 43 e 44. — Edificio dei filtri all'origine della condotta.

*

Importo complessivo dell'acquedotto comprese le spese per le diramazioni interne degli abitati. — Essendo a carico della Società esercente la linea Faenza-Firenze, le spese per la diramazione dell'acqua della condotta principale per gli usi del personale lungo la linea, e cioè la derivazione d'acqua alle case cantoniere e fabbricati viaggiatori; ed a carico dei Municipii ancor quella per le diramazioni urbane, l'importo complessivo dell'acquedotto ammonta a L. 1.190.200, come risulta dal seguente conteggio:

1. Condotta principale e serbatoi . . .	L. 930.000
2. Derivazione d'acqua per le case cantoniere, fabbricati viaggiatori »	20.000
3. Distribuzione urbana:	
a Faenza (progetto del comm. ingegnere Perego con una lunghezza complessiva di condotte metalliche di m. 17810) »	189.600
a Brisighella { Progetto Camerani e Cerasoli	
a Fognano { con sviluppo di condotta	
metallica di metri 3328 »	33.600
a Marradi . . Progetto Vantini »	17.000

Importo generale dell'acquedotto L. 1.190.200

*

Unioni dei tubi, e circolazione dell'acqua nelle condotture urbane. — I tubi delle condotture urbane, come si è praticato nel tratto costruito della condotta principale, saranno collegati col sistema a *guaina e cordone*, escludendo però le giunzioni in corda incatramata, perchè questa va soggetta ad alterazioni putride. Le giunzioni quindi sono interamente metalliche con trecce di piombo sul fondo completato con colate di piombo diligentemente compresso al calcatoio; circa poi alla qualità del catrame da applicarsi ai tubi a due riprese e per immersione, dopo l'accettazione in officina, si è prescritto che questo materiale debba essere ben accetto dalle Autorità preposte alla tutela della pubblica salute.

Alla circolazione poi dell'acqua nelle condotture urbane in Faenza si provvede in modo economico con valvole di sicurezza o di riduzione alle estremità di ogni condotta urbana; queste valvole servono a stabilire una prevalenza costante da monte a valle dell'organo di chiusura; quando quella eccede permettono il libero scolo dell'acqua. Ne viene che, regolate le valvole per un determinato consumo fatto dalla città, tutte le volte che questo viene a diminuire, le linee di carico si elevano e le valvole si aprono permettendo il rinnovarsi dell'acqua nella conduttura. Si ha quindi in tal modo il vantaggio di provvedere alla circolazione dell'acqua quando anche i consumatori non ne facessero uso. Nella condotta urbana di Brisighella non si collocheranno le valvole di sicurezza, ma sarà provveduto alla circolazione dell'acqua collocando all'estremità di ogni condotta una fontanella con rubinetto di efflusso con lente idrometrica. E al doppio ufficio poi di coadiuvare il serbatoio alimentatore durante il tempo di maggior consumo, e di sopperire al servizio delle condotte urbane nel caso di interruzione della condotta principale, si costruirà nel colle detto *Gabolo* internato nel terreno (*marna argillosa*) un serbatoio d'estremità come al tipo figura 13, 14, 15 e 16 della Tav. VI.

Tutte le acque di rifiuto si scaricheranno nelle fogne pubbliche, previo passaggio in sifoni di ghisa e raccolta in appositi serbatoi automatici di lavatura (1).

(1) L'acqua ai privati tanto a Faenza che a Brisighella viene concessa a deflusso continuo, e viene misurata a mezzo di lente idrome-

*

Compiuta la condotta principale lungo la ferrovia ed eseguite le tubazioni urbane, le

chiare, fresche e dolci acque

dell'Appennino Romagnolo zampilleranno nei paesi di Val Lamone; e ciò, mercè l'opera di benemeriti cittadini, specialmente per quella sapiente dell'illustre comm. Perego, che fu l'anima e la mente dell'impresa e seppe e volle tradurre in progetto esecutivo il desiderio antico di questa ridente plaga.

E quando si pensi, che nel 1617, dopo 37 anni di studi e di lavori (1), parve opera mirabile che dalla fontana nella piazza maggiore di Faenza sgorgasse quel modesto getto più che insufficiente agli urgenti bisogni della città, credo non inopportuno richiamare l'attenzione sul primo acquedotto, in queste provincie, dopo quelli romani ormai dispersi, che per 46 chilometri conduce la salutare linfa ad una parte non insignificante di questa regione. Sia esso d'incitamento e di esempio alle vicine città, massime a Forlì ed a Ravenna, che nel fertile e popoloso piano romagnolo da tanto tempo aspettano le buone acque potabili, necessarie per il miglioramento delle loro condizioni igieniche.

F. CAMERANI.

GEOMETRIA PRATICA

SULLA TRASMISSIONE DELL'AZIMUT AI RILIEVI SOTTERRANEI.

1. — In una nostra precedente monografia « Sulla precisione delle poligonali » (2), abbiamo studiato tutte le circostanze da cui dipende l'esattezza dei rilievi sotterranei, riservandoci di trattare separatamente il problema del collegamento di questi rilievi coi punti della superficie. È questa una delle operazioni più delicate della topografia sotterranea, specialmente per quanto riguarda l'azimut del primo lato su cui si appoggia la poligonale sotterranea. Un errore d'orientamento in questo primo lato fa ruotare tutta la poligonale intorno al punto di partenza, e quindi esercita sull'ultimo vertice, che forma spesso lo scopo del rilievo, una influenza maggiore di quella che può nascere da un errore dello stesso ordine che avvenga in uno qualunque degli angoli successivi della poligonale. In un rilievo razionalmente eseguito i primi angoli dovrebbero essere misurati con maggior cura degli ultimi; e soprattutto si richiederà la massima esattezza nell'orientamento del lato di partenza, se non si vuole che rimanga illusoria la precisione con cui si andranno poi misurando tutti gli angoli del rilievo.

Nessuna difficoltà si presenta quando la galleria da rilevare ha il suo imbocco a *giorno*. La poligonale sotterranea viene allora appoggiata direttamente ad una direzione esterna che può essere collegata con tutta precisione alla rete trigonometrica, ottenendone l'orientamento rispetto al meridiano vero o ad una direzione convenzionale prestabilita, con errore medio piccolo quanto si vuole, purchè si ricorra a strumenti e metodi di sufficiente finezza.

Ben diverso è invece il caso in cui la galleria da rilevare comunica all'esterno solo mediante un pozzo verticale, in cui essa fu intestata. Questo caso, comunissimo nelle miniere

trica, il cui foro è calibrato in guisa da lasciare fluire nel periodo di 24 ore la quantità giornaliera d'acqua concessa.

Il quantitativo minimo giornaliero d'acqua, pel quale viene accordata la concessione, è di litri 250 a Faenza e di litri 1000 a Brisighella.

Il prezzo giornaliero dell'acqua è di centesimi sedici al metro cubo a Faenza, e di centesimi dieci a Brisighella.

(1) V. ALBERTI, *Istruzioni pratiche per l'Ingegnere civile*. Venezia, 1782, pag. 201. — SCALETTA, *Il fonte pubblico di Faenza*. Faenza, 1804.

(2) V. *Ingegneria Civile*, vol. XIX (1893).

che hanno raggiunto un certo sviluppo in profondità, si presenta pure nelle gallerie ferroviarie, quando queste vengono attaccate non solo dagli imbocchi ma anche da pozzi intermedi, in ognuno dei quali occorre trasportare all'interno la direzione stabilita all'esterno per l'asse del traforo. In questi casi il trasporto dell'azimut dall'esterno all'interno non può ottenersi che mediante un lato di collegamento la cui proiezione orizzontale giaccia entro la sezione libera del pozzo.

Rarissimi saranno i casi in cui questa proiezione potrà giungere a 3 o 4 metri, e per lo più si sarà costretti a limitarla a soli 2 metri ed anche meno. Cosicché il primo lato della poligonale, il cui azimut dovrebbe essere determinato colla massima precisione, è appunto quello che si trova in peggiori condizioni, presentando in massimo grado gli inconvenienti grandissimi dei lati molto brevi. Le più tenui incertezze di posizione degli estremi di quella base d'appoggio possono dar luogo a forti errori di orientamento su tutta la poligonale.

Chiamando Δ la distanza orizzontale fra i due punti, e l'errore medio di spostamento laterale attribuibile ad ognuno di essi, nascerà per ciascuno l'errore azimutale:

$$\frac{e}{\Delta} 206265'',$$

e per entrambi:

$$\varepsilon = \sqrt{2} \frac{e}{\Delta} 206265''.$$

Se per esempio si ha $\Delta = 2^m$, $e = \frac{1}{2}$ mm. ne risulta:

$$\varepsilon = \frac{0,0005}{2} \sqrt{2} \times 206265'' = 73'' \text{ circa;}$$

e se la poligonale appoggiata a questo lato dovesse spingersi fino a 1000 metri, lo spostamento medio del punto di arrivo potrà ascendere, *per questa sola causa*, a metri 0,36; cioè potrà appena garantirsi l'errore limite di m. 1,08 in senso laterale, indipendentemente dagli errori che possono poi avvenire in tutto il resto del rilievo. E i dati assunti in questo esempio sono tutt'altro che rari nella pratica; adoperando per esempio dei fili a piombo calati nel pozzo per proiettare direttamente una direzione stabilita all'esterno, occorre riflettere alle incertezze derivanti dalla mobilità dei piombi; ma anche indipendentemente da queste, la sola grossezza dei fili basta a produrre errori dello stesso ordine di quelli poco anzi accennati, se non si opera con speciali cautele.

2. — Si può dire che in molti casi, per il solo fatto delle difficoltà pratiche inerenti a questa operazione fondamentale, non sarà possibile garantire nella comunicazione fra due gallerie attaccate per pozzi verticali che un grado assai limitato di esattezza. Supponiamo per esempio che vogliasi ottenere da ciascun lato un errore limite di m. 0,30, ossia un errore medio di m. 0,10, e che la base di appoggio in ciascun pozzo di attacco non possa essere più di 1^m,50. Ammettiamo pure che si tratti di una galleria rettilinea, il cui tracciamento fino ad opera finita possa farsi col semplice prolungare internamente la direzione trasportata dall'esterno, usando a tal uopo un potente cannocchiale fissato stabilmente, ed evitando così il bisogno di stazioni intermedie lungo il corso del traforo, le quali comincierebbero ad assorbire una certa parte della tolleranza concessa. Posto dunque che non intervenga alcuna causa di errore all'infuori di quella derivante dalla trasmissione dell'azimut della base d'appoggio, bisognerà che questa risulti determinata in fondo al pozzo coll'errore medio:

$$\varepsilon = \frac{0,10}{1000} 206265'' = 20'',6;$$

ora si rifletta che l'operazione consta in generale di tre parti: 1° collocamento sulla bocca del pozzo dei due punti nella direzione prefissa; 2° trasporto di questi due punti, mediante piombi od altro mezzo, fino al piano della galleria; 3° prolungamento in galleria della congiungente dei medesimi. Sup-

posto di effettuare queste tre operazioni con ugual precisione, potrà concedersi ad ognuna di esse l'errore medio:

$$\varepsilon' = \frac{20'',6}{\sqrt{3}} = 12'' \text{ circa;}$$

bisognerà quindi limitare lo spostamento medio laterale dei due punti, in ciascuna delle tre operazioni, al valore:

$$e = \Delta \frac{\varepsilon'}{\sqrt{2}} \text{ sen } 1'' = \frac{1,50 \times 12''}{1,414 \times 206265''} = \frac{1}{16} \text{ mm. circa.}$$

Questo risultato sarà ben difficile a raggiungersi, a meno che non si tratti di un pozzo pochissimo profondo e che offra condizioni di lavoro eccezionalmente buone.

Aggiungasi che, nel caso delle gallerie ferroviarie, i pozzi di attacco sogliono farsi, non già sull'asse del traforo, ma di fianco ad esso; l'operazione è allora più complicata occorrendo una misura d'angolo all'esterno per passare dalla direzione prefissa a quella dei due piombi da calarsi nel pozzo, ed un'altra in galleria per passare nuovamente dalla direzione dei piombi a quella dell'asse del traforo. E notisi che queste misure angolari sono fatte in cattive condizioni, avendosi uno dei lati assai breve. Infine, se la galleria non è rettilinea ma in curva, si richiederà un certo numero di misure angolari lungo il corso della sua escavazione. In tutti questi casi, per raggiungere la voluta precisione nell'incontro delle sue avanzate, bisognerà limitare ancora di più la tolleranza concessa all'operazione fondamentale dei piombi.

L'argomento, che come si vede è delicatissimo, fu trattato più o meno largamente da diversi Autori in Memorie e pubblicazioni speciali. Non sempre, furono però analizzate tutte le circostanze da cui può dipendere l'errore temibile nella trasmissione dell'azimut, a seconda dei metodi adoperati. Ci proponiamo in questa Memoria di passare in rassegna tutti i metodi finora usati e proposti, cercando di stabilire le formule per valutare in pratica il grado di esattezza raggiunto. Per i dettagli dei medesimi, e per la descrizione degli strumenti speciali all'uopo adoperati, rimandiamo alle pubblicazioni seguenti, che sono le più complete:

BRATHUHN, *Lehrbuch der Markscheidekunst*. — Lipsia, 1884.

SALMOIRAGHI, *Istrumenti e metodi moderni di geometria applicata*. — Milano, 1885.

BENNET H. BROUGH, *A treatise on Mine-Surveying*. — Londra, 1888.

PELLETAN, *Traité de Topographie*. — Parigi, 1893.

3. — I metodi per la trasmissione dell'azimut, possono riunirsi in tre gruppi, secondo che si fa uso di piombi calati nel pozzo, ovvero di semplici visuali dirette entro il pozzo medesimo, o infine di delicati orientatori magnetici.

Il metodo più antico e più ovvio, che trovasi già accennato negli scritti di Erone, *Il meccanico*, e che è ancora oggidi il più usato, consiste nel proiettare direttamente la direzione stabilita alla bocca del pozzo, mediante due lunghi fili a piombo, calati fino al livello della galleria in cui dovrà farsi il prolungamento della loro congiungente. I fili di sospensione, che sogliono essere di ottone o di acciaio, dovranno avere il minimo diametro possibile, e le masse che vi si appenderanno per tenerli perfettamente distesi, dovranno essere il più possibile pesanti compatibilmente colla resistenza dei fili. Il professore Schmidt di Freyberg, consiglia l'uso dei fili di ottone ricotto del diametro di circa 1 mm., da calarsi nel pozzo appendendovi dei pesi di 3 o 4 kgr., che saranno poi sostituiti con pesi definitivi di 20 a 25 kgr. Conviene poi assicurarsi che nella loro posizione definitiva i fili passino liberamente senza toccare in alcun punto della colonna del pozzo; per attenuare il più possibile le oscillazioni pendolari, si terranno immersi i pesi tenditori entro secchie d'acqua o meglio di altro liquido più resistente, come olio minerale, catrame, ecc.; allo stesso scopo converrà pure fare il possibile per deviare gli spruzzi d'acqua e le correnti d'aria che potessero investire direttamente i fili.

Ammettiamo per ora che con ripieghi di questo genere si riesca ad ottenere l'assoluta immobilità dei piombi, in guisa

che da questo lato non possa temersi alcuna causa di incertezza; e fermiamoci ad esaminare le due operazioni inverse che devono farsi fuori e dentro il pozzo, cioè collocamento dei piombi nella direzione prestabilita all'esterno, e prolungamento della loro congiungente in galleria. Non ci occuperemo del caso, assai grossolano, in cui queste operazioni vengano fatte mediante collimazioni ad occhio nudo; col-l'aiuto di fili sottilissimi, distesi a dolce contatto di fianco ai fili a piombo, si possono forse conseguire migliori risultati, ma sempre insufficienti nei casi di qualche importanza. Il metodo migliore per eliminare molte cause di errore, e riferire l'operazione agli assi geometrici dei fili, come è desiderabile, è quello di puntare i fili col cannocchiale di uno strumento topografico messo in stazione nella voluta direzione; l'esattezza della trasmissione dell'azimut dipenderà allora dalla precisione di quelle puntate, e questa potrà aumentarsi a volontà disponendo di mezzi ottici abbastanza potenti.

Chiamando α l'errore medio angolare che si può commettere in una collimazione fatta ad occhio nudo, per il solo fatto della limitata potenza visiva dell'occhio, adoperando un cannocchiale di ingrandimento I codesto errore medio si troverà ridotto ad $\frac{\alpha}{I}$, quando non si tenga conto delle inevitabili dispersioni di luce che avvengono nelle lenti.

4. — Parecchi Autori si sono in diversi modi occupati di valutare sperimentalmente la costante α da cui dipende la finezza delle puntate, e vengono ad essa attribuiti dei valori alquanto disparati. Nè può essere altrimenti, quando si rifletta alla gran diversità di potenza visiva che si riscontra da un individuo ad un altro, alla varietà delle circostanze che possono influirvi, come per esempio il colore ed il grado di illuminazione del segnale e del campo su cui esso si vede proiettato, ed infine alle dimensioni relative con cui si presentarono nel cannocchiale l'oggetto da puntare ed il filo del reticolo. Quest'ultima circostanza, che ha secondo noi una capitale influenza, specialmente nel caso che qui ci interessa, non fu abbastanza considerata dagli Autori, e crediamo utile perciò il fermarci ad esaminarla.

Discorrendo della potenza visiva dell'occhio umano, conviene distinguere la cosiddetta *sensibilità di visione* dalla *sensibilità di separazione*. La prima esprime il minimo angolo che deve abbracciare sulla pupilla un oggetto perchè esso sia visibile: un disco bianco, campeggiante su fondo nero, cessa di essere visibile quando la sua distanza dall'occhio è di 5 a 6000 volte il suo diametro; l'angolo di visibilità sarebbe dunque in queste condizioni di 35 a 40". Variando però il colore dell'oggetto o quello del campo, quest'angolo varia di molto e può diventare anche maggiore di 50". Per mettersi nelle condizioni medie delle puntate topografiche è forse conveniente assumere 45" come limite di visibilità

degli oggetti. La formula $\frac{45''}{I}$ servirà dunque a calcolare le dimensioni che dovranno darsi ad un segnale perchè esso riesca visibile ad una data distanza con un cannocchiale di ingrandimento I .

L'altra qualità che suol considerarsi nell'occhio umano è la *sensibilità di separazione*, da cui dipende la possibilità di vedere come distinti due oggetti molto vicini fra loro, e quindi di riconoscere i dettagli di un oggetto. È noto che sulla retina fanno capo le estremità dei nervi ottici che ricevono le sensazioni luminose: ognuna di queste estremità, per quanto piccolissima, ha tuttavia una certa ampiezza finita; e se due punti sono talmente vicini fra loro che le loro immagini cadano sopra uno stesso elemento della retina, non potrà percepirsi che una sensazione unica, come se si trattasse di un solo punto. Avviene così che due righe bianche parallele, su fondo nero, viste ad una distanza di 2500 a 3000 volte maggiore di quella che intercede fra gli assi delle due righe, non possono essere percepite come distinte. A questo rapporto di distanza corrisponderebbe un angolo di separabilità di circa 90"; ed il Salmoiraghi, che è uno dei pochissimi Autori di

topografia che entrino in questo argomento, adotta $\frac{90''}{I}$ come errore massimo che si può commettere nelle puntate con un cannocchiale di ingrandimento I , e quindi l'errore medio dovrebbe assumersi uguale a $\frac{30''}{I}$.

Altri Autori adottano valori alquanto minori; per esempio il prof. Jordan nell'ultima edizione del suo *Handbuch der Vermessungskunde* consiglia di ritenere uguale ad 1" l'errore medio di puntata con cannocchiale di ingrandimento da 15 a 20. Per decidersi nella scelta fra le diverse valutazioni conviene, secondo noi, prendere a considerare più attentamente l'operazione della puntata, a seconda delle dimensioni relative con cui si presentano nel campo del cannocchiale il segnale da puntare ed il filo del reticolo. Supponiamo per esempio che il segnale ed il filo si presentino con ampiezza perfettamente identica; se le due immagini venissero esattamente a sovrapporsi, la puntata sarebbe scevra da errore; se invece una di queste immagini si sposta lateralmente, verrà a scoprirsi una striscia del segnale; ma l'occhio non potrà accorgersi che vi ha questa striscia scoperta se non quando essa raggiunga l'ampiezza corrispondente all'angolo minimo della visibilità, cioè a $\frac{45''}{I}$. Sarà questo l'errore massimo di puntata, e quindi l'errore medio in queste condizioni sarà $\frac{15''}{I}$.

Supponiamo invece (e questo sarà il caso più ordinario nelle operazioni topografiche, e specialmente in quelle di cui noi dobbiamo occuparci qui) che l'oggetto da puntare abbia nel campo del cannocchiale una ampiezza maggiore di quella del filo del reticolo. La bontà della puntata non dipenderà più nè dall'angolo minimo di visibilità nè da quello di separabilità. L'occhio percepirà benissimo come distinti i due bordi laterali del segnale, che sono lasciati scoperti dal filo; ma per regolarsi sull'esattezza del puntamento, dovrà giudicare se sono uguali o diverse queste due striscie.

Ora si capisce che l'occhio non potrà accorgersi della diversità di ampiezza delle due striscie, se questa non oltrepassa un certo valore δ , al disotto del quale le due striscie verranno erroneamente giudicate come uguali; e siccome la differenza che può esistere fra queste, costituisce evidentemente il doppio dell'errore di puntata, ne segue che sfuggiranno all'occhio errori di puntata compresi fra 0 e $\frac{\delta}{2}$; quindi

un errore medio $\frac{\delta}{6}$. Occorrerebbero apposite esperienze per

stabilire quale sia l'acuità dell'occhio nell'apprezzare la differenza che può esistere fra due grandezze osservate contemporaneamente. Non si tratta qui del semplice fenomeno di percepire o no una sensazione; trattasi invece di un lavoro di confronto, di un giudizio di comparazione, certamente assai più complesso: per cui si può presumere che il valore della minima differenza apprezzabile δ dovrà essere notevolmente maggiore del limite di visibilità (45") e anche di quello di separabilità (90"). Attribuendole il valore di 90" a 120",

l'errore medio di puntata verrebbe a risultare da $\frac{15''}{I}$ a $\frac{20''}{I}$, come risulterebbe per altra via dalle considerazioni dello Jordan: e forse l'ipotesi ora fatta corrisponde abbastanza bene al caso delle puntate che occorrono nella topografia ordinaria. Allorquando però, o per essere relativamente grande l'oggetto da puntare, o per essere assai breve la sua distanza, riescono piuttosto larghe le due striscie che devono confrontare per giudicare della bontà della puntata, è evidente che sarà possibile un errore δ maggiore assai di quello supposto; e forse non è irragionevole il pensare che possa diventare anche doppio, dando luogo ad un errore medio di puntata fino a $\frac{30''}{I}$ ed anche più; e specialmente nelle puntate sotterranee, in cui può avere grande influenza la scarsità di illuminazione.

Vi ha un caso in cui l'errore medio di puntata può diventare notevolmente minore anche di quello assegnato da Jordan: e cioè quando il segnale si presenta con una ampiezza angolare che supera quella del filo del reticolo precisamente di quanto è l'angolo di visibilità, cioè 45". In questo caso l'apprezzamento della bontà della puntata non dipenderà più dal confronto della larghezza di due striscie, ma dalla visibilità dell'unica striscia corrispondente a 45"; l'errore della puntata sarà però anche in questo caso la metà, e quindi $22'' \frac{1}{2}$,

e l'errore medio sarà perciò $\frac{7'' \cdot 5}{I}$. In una operazione delicata sarà evidentemente a questo caso che bisognerà cercare di avvicinarsi, sempre quando ciò sia possibile, disponendo per esempio della grossezza del filo a piombo che si deve puntare, o della distanza da cui deve farsi la puntata.

I ragionamenti precedenti dimostrano quanta influenza possa avere sulla precisione delle puntate l'ampiezza con cui si presenta nel campo del cannocchiale il segnale da puntare; e come per questa ragione non possa stabilirsi, neanche approssimativamente, un valore dell'errore medio di puntata applicabile a tutti i casi della pratica, come hanno fatto diversi Autori. A seconda delle circostanze questo valore potrà variare da $\frac{7''}{I}$ fino a $\frac{30''}{I}$ ed anche più.

Segue da ciò un'altra ragione, da aggiungersi alle tante da noi altrove indicate (1), per evitare quanto è possibile nelle poligonalì sotterranee i lati molto brevi. Puntando a fili a piombo di grossezza usuale, o a mire di galleria, quanto più breve è la distanza tanto maggiore riesce l'ampiezza apparente del segnale in confronto a quella del filo del reticolo, e quindi peggiorano le condizioni da cui dipende la finezza della puntata.

Premesse queste nozioni che sono di somma importanza per l'argomento che trattiamo, veniamo a considerare l'operazione del collocamento di fili a piombo in una data direzione.

5. — Posto lo strumento in stazione, e orientatolo nella voluta direzione puntando ad un segnale lontano, trattisi di collocare esattamente in questa direzione un filo a piombo a distanza D . L'errore di puntamento $\pm \frac{\alpha}{I}$ produrrà sulla posizione del filo a piombo uno spostamento laterale misurato da $\pm \frac{\alpha}{I} D \sin 1''$; similmente, collocando un secondo piombo alla distanza $D - \Delta$, potrà aversi su questo un errore medio $\pm \frac{\alpha}{I} (D - \Delta) \sin 1''$. Per effetto del primo si avrà nella congiungente dei due piombi un disorientamento dato da $\frac{\alpha}{I} \frac{D}{\Delta}$; per effetto del secondo si avrà un altro disorientamento parziale $\frac{\alpha}{I} \frac{D - \Delta}{\Delta}$; ed essendo queste due influenze indipendenti fra loro, si avrà in complesso un errore medio di orientamento dato da:

$$\theta_1 = \frac{\alpha}{I} \frac{\sqrt{D^2 + (D - \Delta)^2}}{\Delta} = \frac{\alpha}{I} \frac{\sqrt{2D^2 + \Delta^2 - 2D\Delta}}{\Delta} \dots (2)$$

Per attenuare questo errore converrà:

1° Mettersi in condizioni per le quali riesca piccolo il valore di α , ed abbiamo visto nel numero precedente quali siano le condizioni più favorevoli;

2° Adoperare un cannocchiale a forte ingrandimento;

3° Aumentare la distanza Δ fra i due piombi per quanto è permesso dalle circostanze;

4° Diminuire la distanza dallo strumento ai fili a piombo.

In generale gli strumenti dei quali si suol far uso nelle miniere per i bisogni ordinari hanno cannocchiali di potenza piuttosto limitata; e limitata riesce pure la distanza Δ a cui

possono essere collocati i due piombi, per la ristrettezza della sezione libera dei pozzi. Il ripiego di fare piccola la distanza D della stazione può sempre giovare; ma bisogna tener presente che dal troppo avvicinare lo strumento ai piombi possono nascere degli inconvenienti non trascurabili; peggiorano anzitutto le condizioni da cui dipende il valore di α ; in secondo luogo, se collo stesso cannocchiale si deve puntare ad un segnale lontano, si dovranno dare dei grandi scorrimenti al tubo portaoculare con pericolo di variazioni nell'asse di collimazione; e se la distanza D è molto piccola questo pericolo può essere anche notevole, con uno strumento non molto perfetto, per il solo passaggio dalla puntata del primo a quella del secondo filo a piombo. Sarà cura dell'operatore attento di regolarsi opportunamente nella scelta del diametro dei fili da adoperare, e della distanza D in guisa da bilanciare nel miglior modo possibile le opposte influenze. In generale però si può dire che l'impicciolire la distanza D , fino a un certo limite, riesce di vantaggio alla precisione.

Per fare un esempio pratico, supponiamo di usare un cannocchiale di ingrandimento 15, ciò che suppone già uno strumento di una certa finezza; e sia $\Delta = 2^m$, $D - \Delta = 20^m$. Ammettendo di poter assumere $\alpha = 20''$, ne risulterà:

$$\theta_1 = \frac{20''}{15} \frac{\sqrt{484 + 400}}{2} = \pm 20'' \text{ circa;}$$

per ridurre quest'errore a 5" col solo aumentare l'ingrandimento del cannocchiale, bisognerebbe che questo si portasse ad $I = 60$, ciò che richiederebbe uno strumento di alta geodesia che difficilmente può aversi a disposizione in una miniera; invece lo stesso errore medio di 5" può ottenersi molto più semplicemente col solo ridurre a circa 5 m. la distanza dello strumento dal pozzo, purchè si adoperino per i piombi dei fili abbastanza sottili da non aversi grande aumento nel valore di α .

6. — Facendo diminuire fino a zero la distanza $D - \Delta$ dello strumento dal piombo più vicino, si giunge al metodo consigliato da qualche Autore di fare la stazione in uno dei punti stessi in cui viene sospeso uno dei piombi; non resta allora che di puntare all'altro filo a piombo, dopo aver orientato lo strumento sopra un segnale di azimut conosciuto, per avere l'azimut della congiungente dei due piombi.

Senza dubbio l'errore azimutale dipendente dalla puntata che si fa al secondo piombo, diventa in questo caso assai

tenuo; esso si ridurrà infatti ad $\frac{\alpha}{I} \frac{\Delta}{\Delta} = \frac{\alpha}{I}$, e per $\alpha = 20''$

$I = 15$ varrebbe semplicemente $1'' \frac{1}{3}$; e posto anche che in queste condizioni si dovesse assumere $\alpha = 30$, l'errore azimutale potrebbe giungere a 2". Senonchè questa precisione ci sembra illusoria; molto più grande sarà l'errore che può commettersi per imperfetta coincidenza del filo a piombo col punto occupato dal centro dello strumento. Anche coll'uso di speciali piattaforme di precisione sarà ben difficile poter garantire quella coincidenza a meno di $\frac{1}{10}$ di millimetro, e quindi per questa causa nascerà per $\Delta = 2^m$ un errore azimutale $\frac{0,0001}{2} 206265'' = 10''$. In secondo luogo la

misura dell'angolo dei due piombi colla direzione fondamentale viene fatta in questo caso in pessime condizioni; dovendo puntare al segnale lontano ed al piombo vicinissimo, dovrà darsi al tubo portaoculare tutto lo scorrimento di cui esso è capace, con gran pericolo di compromettere l'invariabilità dell'asse di collimazione. Infine, non potendo assottigliare oltre un certo limite il filo a piombo, puntandolo a così breve distanza esso si presenterà nel campo del cannocchiale con una ampiezza relativamente grande, che farà aumentare il valore della costante α .

Ovvierrebbe a questi ultimi inconvenienti il metodo proposto dal Salmoiraghi, di individuare i punti di sospensione di entrambi i piombi mediante due piattaforme di precisione sulle quali verrebbero collocati due strumenti all'incirca uguali, i cui cannocchiali dovrebbero puntare uno dentro l'altro, a guisa di *collimatori*. In tal modo queste puntate a

(1) Vedi *Ingegneria Civile*, vol. XIX (1893, pag. 145, 161, 181).

brevissima distanza si farebbero cogli oculari aggiustati per vedere a distanza infinita, e quindi anche per puntare al segnale lontano senza bisogno di spostare gli oculari. Delicatissimo sarebbe senza dubbio questo metodo in quanto alla finezza della puntata, ossia alla precisione dell'azimut della congiungente dei centri dei due strumenti; ma è ben difficile che questa precisione possa mantenersi nella congiungente dei centri dei due fili a piombo, giacchè non si può assicurare l'assoluta coincidenza di questi con quelli; una

differenza di appena $\frac{1}{30}$ di millimetro produrrebbe un disorientamento (per $\Delta = 2^m$) espresso da:

$$\frac{0,0001}{3 \times 2} \sqrt{2} = 206265'' = 5'' \text{ circa.}$$

E per raggiungere nella sospensione l'errore medio laterale di $1/30$ di millimetro, bisognerà ricorrere all'uso di piattaforme di precisione appositamente costruite ed usate con ogni possibile cautela. Ora noi abbiamo visto che senza bisogno di due strumenti, nè di speciali piattaforme per la sospensione dei piombi, si può limitare l'errore medio θ_1 ai $5''$ con un cannocchiale di ingrandimento 15, posto in stazione a circa 5 m., per puntare ai piombi che si sospendono nel pozzo. Questa sospensione potrà farsi con sostegni qualunque, purchè ben stabili e suscettibili dei piccoli movimenti che occorrono per portare i fili nel piano di collimazione del cannocchiale. E la stazione fuori del pozzo sarà sempre più semplice e più comoda di quella che vorrebbe farsi sulla bocca del pozzo.

7. — Inversa alla precedente è l'operazione che dovrà farsi nella galleria da rilevare, per ottenere il prolungamento della congiungente dei due piombi, che per ora supporremo immobili. Collocato approssimativamente lo strumento nella direzione voluta, sopra una piattaforma scorrevole a piccoli movimenti, rimane a correggere l'errore residuo di stazione. Dapprima si punteranno contemporaneamente i due fili ben illuminati, e si correggerà la posizione dello strumento finchè uno dei due fili resti coperto dall'altro. Indi si perfezionerà ancora la stazione per successivi tentativi, puntando uno per volta i due piombi, rimuovendo alquanto quello più vicino quando si punta a quello più lontano: la qual cosa non ha inconvenienti, come abbiamo supposto, i piombi si trovano in condizioni da assumere presto e mantenere stabilmente la loro posizione di equilibrio.

L'errore medio azimutale θ_2 attribuibile a questa operazione si valuterà in modo simile a quello indicato per θ_1 , cioè con una formula analoga alla (2). Solo converrà tener conto delle meno buone condizioni di illuminazione, aumentando il valore del coefficiente α . Portandolo per esempio da 20 a $30''$, e supponendo $\Delta = 2^m$, $D - \Delta = 5^m$, $I = 15$, come abbiamo supposto nella fine del N. 5, risulterà $\theta_2 = 7'' 1/2$.

8. — Fin qui non si è presentata alcuna difficoltà seria per le operazioni che abbiamo esaminate; e l'errore medio complessivo che potrà temersi per le relative incertezze, cioè:

$$\sqrt{\theta_1^2 + \theta_2^2},$$

potrà agevolmente essere ridotto a poca entità.

Negli esempi sopra considerati esso giungerebbe a:

$$\sqrt{5^2 + 7.5^2} = 9'' \text{ circa;}$$

ma non vi ha difficoltà ad attenuarlo ancora coll'accrescere l'ingrandimento del cannocchiale adoperato, o col diminuire la distanza D.

Ma ben più grave è d'ordinario la causa di incertezza derivante dalla difficoltà pratica di ottenere l'assoluta immobilità dei piombi. Malgrado l'immersione di questi in secchie d'acqua o di altro liquido più denso, malgrado tutte le cure che si vorranno usare per evitare correnti d'aria e spruzzi d'acqua che non mancano quasi mai nei pozzi alquanto profondi, è più che raro il riuscire ad ottenere quella immobilità che sarebbe desiderabile. La pazienza dell'operatore è messa talvolta a dura prova, tanto che si finisce col rinunciare all'immobilità dei piombi, e si è costretti a ricorrere a degli artifizii, che sono basati in sostanza sulla misura della

ampiezza delle oscillazioni, per dedurne la posizione media di riposo.

Avviene talvolta che le oscillazioni pendolari dei piombi siano tanto lente da dar tempo all'operatore, che sta allo strumento, di eseguire con sufficiente cura le puntate estreme e di fare le corrispondenti letture azimutali. Se A_1 è la media di una serie di operazioni fatte su uno dei piombi, ed A_2 quella dell'altro piombo, questi due valori dovranno coincidere quando la stazione è a posto; in caso contrario, dalla differenza $A_1 - A_2 = \delta$ si potrà arguire lo spostamento che dovrà darsi allo strumento mediante le viti di richiamo della sua piattaforma d'appoggio, per meglio avvicinarsi alla posizione esatta. Si ricominceranno poi le osservazioni, finchè si raggiunga lo scopo, o si ottengano delle discordanze tollerabili fra le due direzioni medie A_1 e A_2 .

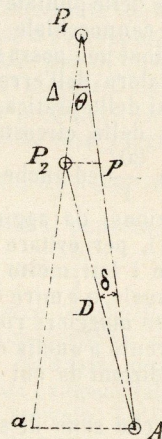


Fig. 45.

Siano P_1 , P_2 i due piombi, la cui distanza Δ sarà conosciuta esattamente misurandola presso ai punti di sospensione sulla bocca del pozzo; A sia la stazione in galleria, in cui fu constatato l'errore residuo δ , che supponiamo già ridotto a pochi secondi; infine sia D la distanza da questa stazione al piombo più vicino. Sarà evidentemente:

$$P_2 p = D \frac{\delta}{206265} = D \delta \text{ sen } 1''$$

e quindi:

$$\theta'' = \frac{D \delta \text{ sen } 1''}{\Delta \text{ sen } 1''} = \frac{D}{\Delta} \delta'' , \text{ A } a = \theta (D + \Delta) \text{ sen } 1'' =$$

$$= \frac{D (D + \Delta)}{\Delta} \delta \text{ sen } 1''.$$

Queste formule permetteranno di calcolare l'errore di orientamento θ che si commetterà sostituendo alla vera direzione della congiungente esatta dei due piombi, quella individuata dalla lettura media A_1 , corrispondente al piombo P_1 , ovvero lo spostamento $A a$ che dovrà ancora darsi allo strumento per portarlo alla direzione di quella congiungente.

Posto per esempio $\Delta = 2^m$, $D = 5^m$, $\delta = 5''$, sarà:

$$\theta = \frac{5}{2} 5' = 12'' 1/2 , \text{ A } a = \frac{5 \times 7}{2} \frac{5''}{206265} =$$

$$= \text{circa } \frac{2}{5} \text{ di mm.}$$

Ammesso che le escursioni dei piombi mantengano una certa regolarità, e non siano influenzate da cause anormali, questo metodo può condurre ad una discreta approssimazione, purchè si disponga di un buon strumento e di una piattaforma delicata, e si abbia pazienza di eseguire molte serie di esperienze finchè con successivi tentativi si riesca a

ridurre praticamente trascurabile la differenza δ e quindi l'errore θ . Dalle ultime due serie di osservazioni che hanno condotto alle due medie finali A_1, A_2 praticamente identiche, si può desumere l'errore medio che compete ad ognuna di queste direzioni medie. Chiamando α_1, α_2 questi errori medi, potrà dirsi che l'angolo $P_1 A P_2$ potrà di fatto differire da zero con errore medio dato da:

$$\delta_m = \sqrt{\alpha_1^2 + \alpha_2^2},$$

e quindi l'errore medio della trasmissione dell'azimut, per quanto dipende dalla mobilità dei piombi, sarà espressa da:

$$\theta_s = \frac{D}{\Delta} \sqrt{\alpha_1^2 + \alpha_2^2}.$$

Per attenuare gli errori medi α_1, α_2 da cui dipende l'errore azimutale θ_s , converrà moltiplicare le osservazioni che si fanno agli estremi delle escursioni dei piombi. Naturalmente bisognerà assicurarsi che ognuno di questi compia liberamente le sue oscillazioni, senza toccare in alcun punto della canna del pozzo, la qual cosa indurrebbe in errore sulla posizione di riposo; così pure se il filo di sospensione si troverà in qualche parte investito direttamente da spruzzi d'acqua o da vive correnti d'aria, rimarrà alterata la regolarità delle oscillazioni. Utili criteri per giudicare dell'assenza di perturbazioni anormali di questo genere, saranno i seguenti:

1° Osservare se la durata delle oscillazioni si mantiene pressochè costante, e poco diversa da quella che sarebbe data dalla nota formula del pendolo, dipendentemente dalla lunghezza del filo a piombo, quando questo si lasci oscillare liberamente nell'aria;

2° Confrontare fra loro tutte le osservazioni estreme e le successive medie, per vedere se le loro variazioni sono di entità secondaria in confronto all'ampiezza totale di ogni escursione;

3° Osservare se le oscillazioni conservano un andamento abbastanza rettilineo, senza deviazioni anormali di grande entità;

4° Provocare artificialmente le oscillazioni in piani differenti, per vedere se la durata di ogni escursione risulta sempre all'incirca la stessa;

5° Osservare se, mantenendo fermo il peso tenditore, e puntando col cannocchiale il filo quanto più in alto si può, ovvero osservandolo in punti intermedi della canna del pozzo, lo si vede star fermo, e non andar soggetto a scuotimenti notevoli.

Verificandosi queste buone condizioni, e con un numero abbastanza grande di pazienti osservazioni, non è difficile ridurre a pochi secondi il valore di α_1 ed α_2 .

Posto di ottenere $\alpha_1 = \alpha_2 = 5''$, nel solito caso $D = 5^m$, $\Delta = 2^m$, avremo:

$$\theta_s = \frac{5}{2} \sqrt{5^2 + 5^2} = 18'' \text{ circa,}$$

e tenendo conto degli altri errori medi parziali calcolati per lo stesso caso nei numeri precedenti, avremo, come errore medio complessivo della trasmissione dell'azimut:

$$\theta = \sqrt{\theta_1^2 + \theta_2^2 + \theta_3^2} = \sqrt{5^2 + 7.5^2 + 18^2} = 20'' \text{ circa;}$$

e sarà questo un risultato da considerarsi già come molto soddisfacente quando si tratti di piombi che non si riesca a mantenere in riposo. Quando invece non si presenti questa dannosa circostanza, l'errore medio dell'operazione si troverebbe ridotto semplicemente al valore:

$$\theta = \sqrt{\theta_1^2 + \theta_2^2} = \sqrt{5^2 + 7.5^2} = 9'' \text{ circa,}$$

nella ipotesi $I = 15$, $\Delta = 2^m$, $D = 5^m$.

9. — Benchè le oscillazioni dei piombi, già assai lente per oro natura e specialmente a grandi profondità, diventino entissime per effetto dell'immersione dei pesi tenditori in

un liquido assai resistente, tuttavia non sempre sarà possibile fare la puntata all'estremità di una escursione, leggere l'azimut corrispondente, e giungere ancora in tempo a puntare l'estremità opposta della stessa escursione. Talvolta questo scopo non potrà raggiungersi se non eseguendo queste operazioni troppo affrettatamente, con danno della precisione; e tanto più dovendo ripetere le osservazioni per molte escursioni consecutive. Sarebbe perciò utilissimo poter valutare le escursioni dei piombi, facendo a meno delle letture azimutali, e quindi senza allontanare l'occhio dal cannocchiale.

A tale scopo fu introdotto l'uso di piattaforme a piccoli movimenti, munite di due scale graduate (Schmidt), ovvero di una sola scala graduata, girevole intorno al centro (Salmoiraghi), da collocarsi in corrispondenza ad ogni piombo, in guisa da poter misurare le escursioni mediante tali scale. Il peso tenditore del filo può essere costituito da un grosso piombo terminato inferiormente con una punta, la cui estremità (esattamente centrata col filo), verrà puntata col cannocchiale in due direzioni ortogonali, per leggerne sulle righe graduate gli estremi delle escursioni. Dai risultati di queste osservazioni si vedranno gli spostamenti che bisogna dare alle piattaforme per portare il centro di ognuna di esse a coincidere col centro di oscillazione del piombo corrispondente.

L'uso dei piombi e delle piattaforme ora descritte, costringe a rinunciare al vantaggio di smorzare le oscillazioni dei piombi col tenerli immersi in secchi d'acqua o d'altro liquido più resistente.

In un altro tipo di piattaforma, proposto dal professore Schmidt e costruito dalla Casa Hildebrand, il filo a piombo può passare attraverso ad una larga apertura della piattaforma; le scale graduate invece che nel centro di questa sono fissate su due lati ad angolo retto della medesima, e le puntate si fanno osservando al filo, e leggendone le escursioni sulla riga che gli sta dietro.

In questo modo, quando le oscillazioni sono molto estese, nulla impedisce di renderle minori coll'immersione dei pesi tenditori in un liquido opportuno.

10. — L'uso di una piattaforma di precisione per individuare il centro di oscillazione di un piombo può essere raccomandato in due casi che possono spesso presentarsi; cioè quando il filo a piombo si vuol rendere immobile, fissandolo anche in basso, per valersi della verticale da esso individuata puntandola da diversi livelli di uno stesso pozzo; ovvero quando nel centro di oscillazione del piombo si deve poi collocare lo strumento per farvi stazione, dopo rimosso il piombo. Ma quando lo scopo del lavoro è semplicemente di prolungare in galleria la direzione della congiungente dei due fili a piombo, si può far a meno di piattaforme, conservando l'uso delle righe per misurare comodamente le escursioni dei fili a piombo.

Si collochi orizzontalmente dietro ognuno dei piombi, ed alla minima distanza consentita dalla libera oscillazione del medesimo, una riga millimetrata. Osservando col cannocchiale le escursioni di ognuno dei fili, che si vedrà proiettato sulla corrispondente riga, si potranno fare su di questa le letture corrispondenti agli estremi di ogni escursione; e dalla media di queste letture si desumerà il punto della riga che sarebbe battuto dalla visuale diretta al piombo in riposo. Puntando allora a questi due punti medii si riconoscerà da che parte, e approssimativamente di quanto, dovrà essere spostata la stazione per venire sul prolungamento dei due piombi. Così procedendo per successive approssimazioni si giungerà ad ottenere che la media delle letture di una delle righe e quella dell'altra corrispondano a due punti di esse che si trovino per dritto sull'asse di collimazione del cannocchiale.

In questi successivi tentativi vi ha una causa di errore dipendente dal trovarsi le righe alquanto indietro dei rispettivi piombi; ma è chiaro che l'errore che ne deriva andrà decrescendo, fino a ridursi a zero, man mano che colle successive approssimazioni si giungerà ad avere lo strumento sulla congiungente esatta dei due centri di oscillazione.

La misura dell'approssimazione raggiunta, si farà in questo caso in modo analogo a quello indicato nel n. 8. Gli errori

medi α , α , corrispondenti alle direzioni medie dei due piombi, si desumeranno invece che dalle misure azimutali fatte sul cerchio dello strumento, dalle letture fatte reiteratamente sulle righe per le estremità delle escursioni di ciascun piombo.

11. — L'esattezza dei metodi che abbiamo descritto per rimediare all'inconveniente delle oscillazioni dei piombi, dipende dalla regolarità di queste oscillazioni. E siccome le cause delle medesime sono molteplici, e soggette a variazioni e intermittenze talvolta ragguardevoli, si capisce che sarà una eccezione ben rara il riuscire ad attenuare quanto si vorrebbe il valore dell'errore medio da noi indicato con θ_3 . Il professore Schmidt riferisce che in un pozzo profondo 170 metri ottenne la determinazione del centro di oscillazione coll'errore medio di mm. 0,32; ed in un altro pozzo di 535 metri quest'errore medio risultò di mm. 0,44: a questi risultati, supposto $\Delta = 2$ m., corrisponderebbero rispettivamente gli errori azimutali $\theta_3 = 48''$, $\theta_3 = 1'$ circa. Questi errori sarebbero veramente enormi per una poligonale di precisione, specialmente se molto estesa; e tuttavia si devono considerare come indizio di condizioni piuttosto favorevoli, quanto a regolarità delle oscillazioni dei piombi. Per nostra personale esperienza possiamo dire che talvolta, dopo aver osservato diverse escursioni piuttosto concordanti, e che darebbero luogo ad una media dotata di errore medio assai piccolo, viene a presentarsi, senza alcuna causa ragionevole, una escursione tanto discordante dalle precedenti da innalzare d'un tratto l'errore medio, in guisa tale da far dubitare della bontà di tutto il lavoro già fatto.

Un ripiego che in pratica potrebbe forse riuscire utile a rendere più regolari le oscillazioni dei piombi, sarebbe quello di collegare inferiormente fra loro i due piombi mediante una verga rigida, mantenendoli ad una distanza invariabile, uguale a quella dei punti di sospensione. Meglio ancora, quando si usassero più di due piombi; con tre piombi formanti triangolo, rigidamente connessi nel basso, verrebbe a formarsi un sistema più stabile, nel quale le cause anormali di oscillazione che agiscono su ciascun piombo, bilanciandosi almeno in parte fra loro, verrebbero a trovarsi alquanto attenuate.

(Continua)

Ing. F. MOSSA.

CHIMICA APPLICATA E FISICA INDUSTRIALE

IL VALORE IGIENICO DEL SISTEMA INCANDESCENTE DI ILLUMINAZIONE A GAZ (1).

Il sistema incandescente di illuminazione a gas, venuto in uso in questi ultimi anni, va talmente diffondendosi, in grazia della sua economia e del suo maggiore potere illuminante, che l'amministrazione del « Lancet », il più antico e più autorevole giornale medico inglese, ha creduto bene farne fare uno studio accurato nel suo proprio laboratorio da apposita Commissione, sotto il punto di vista igienico.

Le conclusioni più importanti a cui la Commissione è venuta, si possono riassumere come segue.

*

Dei vari sistemi incandescenti di illuminazione a gas oggi in uso, e che vanno sotto i nomi di Clamond, Lewis, Sellon, Fahnehjelm, Welsbach, il sistema Welsbach merita assolutamente la preferenza, come quello che utilizza nel modo più completo e colla massima economia, tutto il potere illuminante del gas ricavato dalla distillazione del carbon fossile, nel tempo stesso che vizia al minimo possibile l'aria respirabile coi prodotti della combustione e con la elevazione della temperatura.

Il becco Welsbach si compone di due parti essenziali, cioè di un becco Bunsen, nel quale l'aria, com'è noto, si mescola al gas illuminante prima che quest'ultimo bruci, generalmente nella proporzione di 30 grammi di gas per 70 di aria,

producendo una fiamma scolorata o leggermente bluastra; e di un mantello speciale, composto di un reticolato finissimo, fatto degli ossidi di certi metalli rari, e sospeso nella fiamma mediante un sostegno a forchetta, fatto di silicato di magnesio, che è luminoso anch'esso quando è riscaldato; al qual sostegno il mantello suddetto è attaccato mercé un filo di amianto. La fiamma ed il mantello sono racchiusi in un tubo di vetro o di mica, il quale, sebbene non assolutamente essenziale per la produzione della luce, pur tuttavia serve a proteggere il fragile mantello dagli urti, e nello stesso tempo mantiene la fiamma perfettamente tranquilla.

Il mantello si prepara nel seguente modo. Con un fil di cotone prima lavato in ammoniac diluita per sgrassarlo, poscia in acqua addizionata di alquanto acido cloridrico, indi in acqua distillata, e finalmente asciugato, è tessuto un reticolato di forma tubolare. Questo reticolato si taglia in pezzi di conveniente lunghezza, ed ogni pezzo si chiude ad una delle estremità in forma di cupolino, e poscia si satura con una soluzione contenente i nitrati dei metalli rari Zirconio, Lantano, Thorio, Cerio, e quindi asciugasi sopra una canna di vetro. In prosieguo si passa attraverso la sommità del mantello un filo di amianto così da formare un'ansa che serva per attaccare il mantello al sostegno. Il Lantano, e lo Zirconio, impartiscono candore alla luce, il Thorio le dà una tinta bluastra, ed il Cerio una tinta rossa che accresce il potere diffusivo della luce. Una delle sorgenti da cui si ricavano gli ossidi dei metalli a tal scopo impiegati, è la Monazite, che fornisce Thorio, Lantano, Cerio e Didimio. La Orbite è un'altra sorgente che fornisce Cerio e Didimio. La maggior parte di questi minerali provengono dalla Norvegia; però essi trovansi in grandi quantità, ad eccezione della Thorite, anche in America. Al mantello così fatto si dà la forma stendendolo sopra un opportuno modello; quindi si applica la fiamma di un becco Bunsen alla parte superiore del medesimo; ed allora il mantello, prendendo fuoco, brucia lentamente da sopra in sotto, accorciandosi considerevolmente in lunghezza a misura che il cotone brucia; e da ultimo non rimane che uno scheletro reticolare fatto dagli ossidi dei suddetti metalli, il quale, messo nella fiamma di un becco Bunsen, diventa là per là incandescente, emettendo una luce brillante e continua. Dopo aver tenuto il mantello per alcuni minuti al disopra della fiamma Bunsen, gli si dà l'assetto definitivo tenendolo ad arroventare al disopra di un becco a gas ad alta pressione. Finalmente lo si immerge in una soluzione di collodion, lo si asciuga, e lo si mette in scatole, con cui può viaggiare. Lo strato di collodion serve appunto a rafforzare il mantello a scopo di trasporto. Il mantello però si libera del medesimo non appena venga appeso al sostegno sul becco a gas; giacchè allora il collodio rapidamente brucia, se si ha cura di accendere il becco con una fiamma alquanto ridotta, prima di mettere il tubo a posto. In pochi minuti il collodion è tutto bruciato, ed allora il tubo si può mettere a posto.

*

L'incandescenza è la luce brillante che viene emessa da certi corpi refrattari, allorchando sono riscaldati fino ad un punto determinato. Essa è la conversione parziale del calore in raggi luminosi. Nel becco Welsbach l'incandescenza è dovuta al riscaldamento di un reticolo formato dagli ossidi di alcuni metalli rari, il quale emette alla temperatura della fiamma Bunsen una luce bianca brillante, continua, e potente, ed è la più bella prova che si conosca della conversione del calore in raggi luminosi. Infatti la fiamma Bunsen è molto calda e per sè non ha potere luminoso, tanto è vero che è scolorata; ma facendo sì che essa agisca sopra certi corpi refrattari e resistenti, il calore viene a trasformarsi nel fenomeno strettamente affine della luce. Si ha dunque la produzione di una energia raggiante, a spese dell'energia calorifica. Per conseguenza il becco Welsbach dal punto di vista igienico non è altro che un becco Bunsen sulla cui fiamma è sospeso un reticolo di materiale incombustibile, che irradia una luce intensa, allorchando si è riscaldato fino alla temperatura della fiamma Bunsen. Analizziamo dunque i vantaggi di questo sistema.

(1) Rivista d'igiene e sanità pubblica.

1. Se noi consideriamo il becco Bunsen in sè stesso, ossia il becco Welsbach senza del mantello, si sa che in esso le condizioni della combustione sono più favorevoli, e la formazione di prodotti completi è più certa che nella fiamma luminosa, grazie all'introduzione dell'aria nella fiamma. Giacchè, per l'intervento dell'aria, succede (*Lewes*) che l'azoto diluisce gli idrocarburi del gas illuminante e li rivolge in modo da rendere necessaria una più alta temperatura per la loro decomposizione; il che dà tempo all'ossigeno atmosferico di consumare gli idrocarburi stessi senza mettere in libertà del carbonio, e quindi senza luminosità. E mentre nella fiamma luminosa del gas la decomposizione dell'*acetilene* (C^2H^2) ha luogo nella zona esterna, mettendo in libertà delle particelle di carbone arroventate e perciò luminose, cosicchè è probabilissimo che tracce di questo gas e di *ossido di carbonio* (CO) sfuggano dalla fiamma — secondochè delicate analisi confermano; — ciò non può accadere nella fiamma Bunsen scolorata. Adunque, il primo vantaggio igienico del becco Welsbach, dovuto alla fiamma Bunsen, di cui esso fa uso, è quello di assicurare la completa trasformazione del gas che brucia, in acqua ed acido carbonico (CO^2); senza svolgere neppure una traccia di prodotti incompleti di combustione, cioè ossido di carbonio (CO) ed acetilene (C^2H^2). Questo vantaggio è condiviso dal becco *Argand*, ma non da altri.

2. Il secondo vantaggio è che il becco Welsbach, a parità di tempo, consuma molto meno gas che gli altri becchi in uso. Per es. mentre il becco Welsbach in un'ora consuma 3,5 piedi cubici di gas, e tutt'al più 4,0 piedi; il becco *Argand* invece ne consuma 6.

Questo, da una parte, è un vantaggio economico; ma nello stesso tempo è un vantaggio igienico, perchè, essendo minore la quantità del gas bruciata nell'unità di tempo dal becco Welsbach, minore è del pari la quantità di *acido carbonico* che esso produce. Così, calcolando che un piede cubico di gas illuminante bruciando produce 0,52 piedi cubici di acido carbonico, si è trovato che il becco Welsbach in un'ora produce 1,72 piedi cubici di CO^2 , mentre il becco *Argand* ne produce 3,12, e la lampada ad olio sistema Belga, che è pari alla forza di 16 candele, ne produce 2,91. Il che vuol dire, in altri termini, che l'effetto viziante del becco Welsbach è pari alla esalazione di 3 individui adulti; mentre quello del becco *Argand* è pari alla esalazione di 5 individui adulti, e quasi altrettanto è l'effetto viziante della lampada Belga.

3. Con la minore produzione di acido carbonico va di pari passo il minore innalzamento di temperatura nell'aria atmosferica: che è appunto il terzo vantaggio igienico del sistema Welsbach; — ossia il becco Welsbach riscalda l'aria respirabile molto meno che non gli altri sistemi di illuminazione a gas conosciuti, e ciò d'accordo con la minore quantità di gas, che esso consuma nell'unità di tempo. Per es. fu calcolato che mentre due becchi Welsbach posti a 6 piedi di altezza sulle pareti di una camera perfettamente chiusa, avente 10 piedi di lunghezza, 10 di altezza, e 6 di larghezza, e situati in angoli diametralmente opposti alla distanza di 9 piedi fra loro, dopo un'ora di combustione, riscaldavano l'aria di 15 gradi Fahrenheit all'altezza di un piede al disotto del soffitto, e di 6 gradi al livello delle aperture respiratorie di uno sperimentatore adulto; due becchi *Argand* invece, posti nelle medesime condizioni, la riscaldavano di 26 gradi ad 1 piede al disotto del soffitto, e di 12 gradi a livello delle aperture respiratorie.

4. Dall'altra parte il potere illuminante de' becchi Welsbach è immensamente superiore a quello di tutti gli altri sistemi di illuminazione a gas conosciuti. Per es. è stato calcolato che due becchi Welsbach hanno il potere illuminante di 90 candele; mentre due becchi *Argand* hanno il potere illuminante di 32 candele. La luce del becco Welsbach è intensamente bianca e brillante, raggiungendo la media di 45 candele per soli 3 1/2 piedi cubici di gas consumato. E non è a credere che la luce si accresca con l'aumentare la pressione e velocità del gas; che anzi, riducendo frequentemente l'una e l'altra, si ottiene un aumento di luminosità. In certi casi

è bene ridurre questa intensità, per renderla meno faticosa sui muscoli dell'accomodazione dell'occhio. Una diminuzione di luce (perdita di luce) ed anche un cambiamento nella sua qualità possono naturalmente ottenersi variando la natura del tubo, in cui arde la fiamma. Con i tubi colorati la perdita di luce è grande, ma è sempre minore nel sistema Welsbach che negli altri sistemi. I tubi di vetro rubino per esempio danno una luce di 27 candele. I tubi di mica assorbono pochissima luce e non si rompono così facilmente, e possono quindi raccomandarsi per prolungare la vita del mantello, che varia da 3 a 6 mesi, ma potrebbe, con debita cura, estendersi anche ad un anno, conservandosi egualmente bene il potere luminoso del mantello stesso, come le misure fotometriche hanno accertato.

5. Come la luce dell'arco voltaico, la luce incandescente Welsbach è molto ricca di raggi violetti dello spettro, ossia di raggi attivi chimici, ed ha per conseguenza un piccolo potere diffusivo; ma dall'altro canto serve benissimo come sorgente di luce artificiale per la fotografia. Essa inoltre è adattissima per illuminare oggetti sul tavolo del microscopio, e per certe operazioni di chimica analitica, in cui dal cambiamento di colore si arguisce il cambiamento chimico avvenuto. Infine, per il suo alto potere brillante, la luce Welsbach si presta eccellentemente per l'esame del laringe, del faringe e delle cavità nasali.

In conclusione, fra tutti i sistemi di luce artificiale che sono oggi in uso, dopo il sistema incandescente di illuminazione elettrica, al quale, dal punto di vista igienico, spetta il primo posto, perchè dà una luce dolce e piacevole, e senza viziare menomamente l'aria, giacchè non si ha combustione, e quindi non vi sono prodotti di combustione completi od incompleti, — deve collocarsi immediatamente il sistema incandescente di illuminazione a gas con becco Welsbach.

6. Non è fuor d'opera aggiungere che questo sistema, malgrado il suo alto potere illuminante, non richiede un gas che possenga esso stesso uno speciale potere illuminante; e poichè il costo del gas illuminante è in relazione principalmente col suo più o meno alto valore illuminante, ne segue che, l'adozione generale del sistema incandescente di illuminazione a gas condurrebbe probabilmente alla produzione per parte degli industriali di un gas più a buon mercato, cioè di un gas dotato di un piccolo potere illuminante, ma egualmente buono per i becchi incandescenti a sistema perfezionato; e dall'altra parte la produzione di un gas poco costoso servirebbe a generalizzare sempre più quest'ultimo a scopo di riscaldamento, a svantaggio del carbone.

A. PAVONE.

NOTIZIE

Il nuovo Canale tra il mar Baltico e quello del Nord. — L'inaugurazione del canale che unisce il golfo di Kiel sul Baltico coll'estuario dell'Elba nel mar del Nord, è stato di questi giorni uno dei più grandiosi avvenimenti dell'epoca nostra. Per invito dell'Imperatore di Germania, giovane intelligente ed amantissimo della pace, intervennero a questa festa tutte le squadre dei popoli civili. Ed invero l'opera colossale, di cui il 21 scorso Guglielmo II posava solennemente l'ultima pietra, compiutasi relativamente in così breve tempo senza interruzioni ed errori, meritava il rumore e gl'inni che attorno ad essa si vanno facendo.

Crediamo quindi dover nostro riassumerne qui brevemente le notizie e i dati principali.

*

Sono più di cinque secoli che si era pensato ad una comunicazione tra i due mari, troppo lungo e periglioso per le navi essendo il giro attorno alla Danimarca. Fra i molti progetti ventilatisi in così grande numero di anni, tre soli furono eseguiti. Il più antico è quello che unisce l'Elba a Lubecca; il secondo univa quest'ultima città con Amburgo, ma venne abbandonato nel 1550; l'ultimo era quello dell'Eider, che risalendo il corso di questo fiume sboccava nella baia di Kiel,

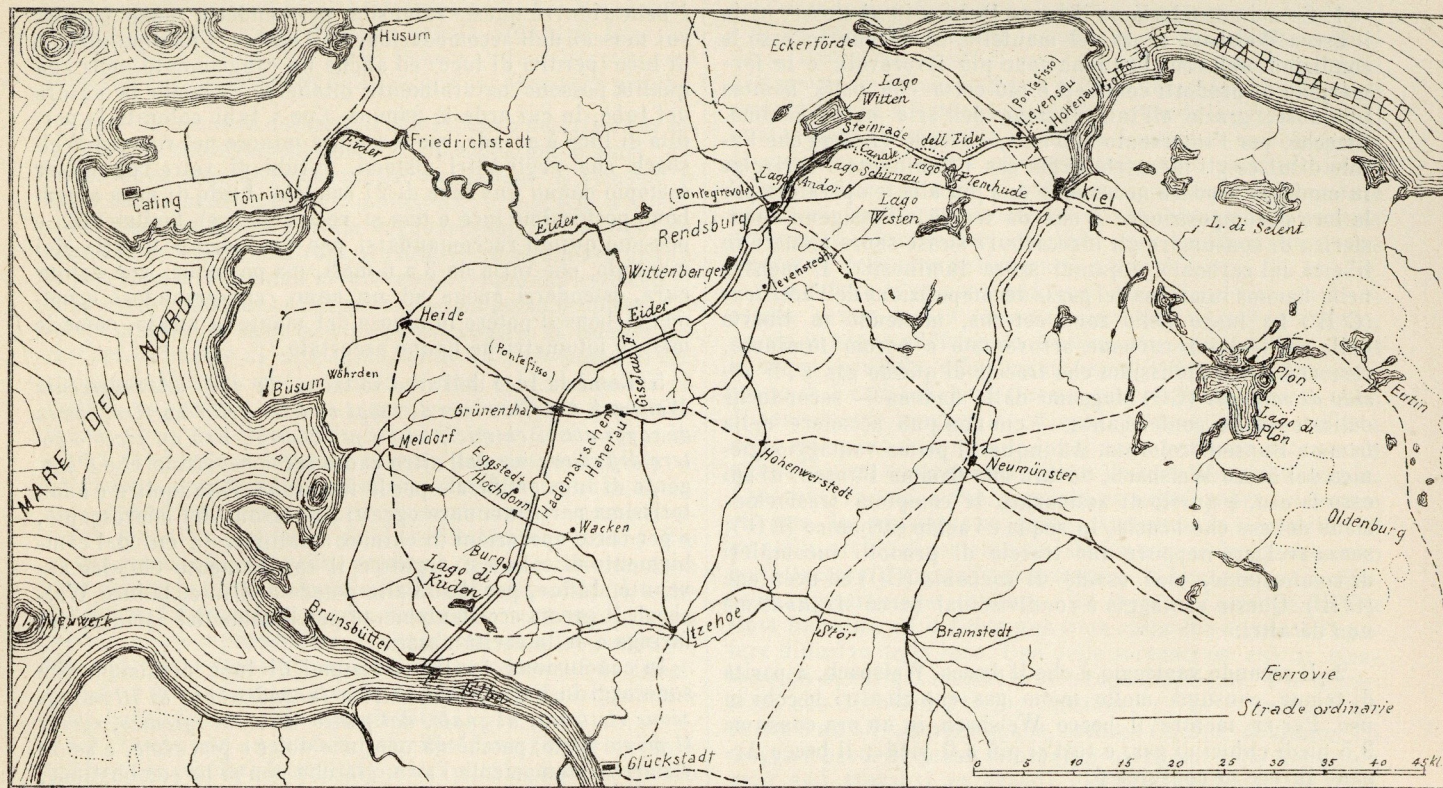


Fig. 46. — Planimetria del Canale tra il Mar Baltico ed il Mare del Nord.

utilizzato finora dalle navi di mediocre grandezza, e che contava 6 chiuse nel suo percorso.

Fra gli altri progetti rimasti, per ragioni diverse, allo stato di studio, va menzionato quello dei fratelli Christensen, danesi (1848), perchè quando nel 1864 il ministro Lentze ebbe incarico di esaminare la possibilità di un gran canale e di stenderne un progetto, egli si attenne essenzialmente a quello, tracciando alcune varianti, nelle quali aveva avuto sempre di mira l'assenza delle chiuse, con evidenti vantaggi su tutti gli altri progetti.

Ragioni politiche non permisero allora l'esecuzione del canale, ma gli studi e le trattative continuarono fino a che nel 1878 uno studio economico sulla potenzialità del canale steso da un competente commerciante di Amburgo, sig. Dahlström, richiamò tutta l'attenzione del Governo, cui non spaventava l'enorme somma occorrente in vista dell'importanza militare che in caso di guerra avrebbe l'unione dei due mari tutta sopra suolo tedesco.

Il Dahlström stesso ottenne così di fare studi sopra la linea Brunsbüttel-Wittenbergen-Rendsburg-Steinrade-Holtenau, di cui presentò una relazione nel 1881. Alla parte tecnica di questi studi, che furono i definitivi, servirono i progetti di Lentze, con modificazioni dell'ispettore delle opere idrauliche Boden, venuto in aiuto del Dahlström.

*

Premesso che la scelta del tracciato fu determinata dalla necessità di adottare per punto di partenza la foce dell'Elba, e ciò per ragioni fisiche, e per punto di arrivo il golfo di Kiel che è diventato il porto militare più importante della Germania, ecco come fu sviluppato il canale.

Questo ha origine presso Brunsbüttel, come si vede nell'annessa planimetria (fig. 46) si dirige verso Nord attraversando prima una regione bassa, e avvicinandosi al lago di Kuden e ai villaggi Burg, Hochdonn, Eggstedt; indi, poichè il suolo si innalza lentamente sul mare, entra in trincea che diventa sempre più profonda fino a raggiungere 25 m. presso Grünenthal, dove esiste lo spartiacque tra i fiumi Elba ed Eider. Questo valico era già stato indicato dai fratelli Christensen, e tanto Lentze come Dahlström e Boden riconobbero la giustezza della scelta. Il canale attraversa poi il Gieselau, confluyente dell'Eider, rag-

giunge questo presso Wittenbergen, e lo costeggia fin oltre Rendsburg per girare la quale città però se ne distacca, attraversa i laghi dell'alto Eider e seguendo il corso dell'antico canale dell'Eider, salvo alcune rettifiche ed accorciamenti, termina a Holtenau a circa 2 chilometri a nord del porto di Kiel.

*

Il canale ha una lunghezza di 98 chilometri ed ha sezione trapezia con queste dimensioni: metri 64 di larghezza al pelo di acqua massimo; 26 al fondo per 8,50 di profondità. Tali dimensioni permettono libero transito alle più grandi navi mercantili del Baltico con velocità di 10 km. all'ora, permettendo parimenti l'incrocio fra due navi.

Per provvedere poi allo incrociarsi delle corazzate, che hanno dimensioni molto maggiori di quelle, si sono disposti lungo il percorso 6 appositi bacini distanti 10 chilom. uno dall'altro, lunghi ciascuno 450 metri; inoltre possono servire a tale uopo anche i laghetti dell'alto Eider attraversati dal canale stesso.

Il tracciato, come vedesi sulla figura, è alquanto serpeggiante. Prevalentemente le curve si tracciarono con raggio di m. 3000; il più breve rettilineo di raccordo fra due curve giranti in senso opposto è di almeno 250 m.

Il canale può definirsi come una grande trincea, senza chiuse, fuorchè agli imbocchi; il suo livello corrisponde a quello medio del Baltico (0,23 sotto lo zero della livellazione tedesca).

Le chiusure agli imbocchi furono stabilite per rendere il canale indipendente dalle variazioni di altezza dei due mari; assai sensibili dalla parte dell'Elba in confronto con quelle verso il Baltico, e che richiedono la manovra periodica delle paratoie.

Lo scolo del canale è fatto verso l'Elba, partendo da Rendsburg. Da questo punto fino a Holtenau il fondo è invece orizzontale.

Presso l'Elba perciò l'acqua del canale ha 10 metri di profondità a chiuse serrate e m. 8,50 quando sono aperte; all'altro imbocco le chiuse possono lasciarsi quasi sempre aperte.

I lavori del canale furono iniziati nel giugno 1887; essi consistettero anzitutto in movimenti di terra per circa 100 milioni di m. c.; vennero poi le opere agli imbocchi come chiuse, porti, moli, ecc., il raccordo col canale dell'Eider, i rivestimenti in muratura delle scarpate, il consoli-

damento dei terreni paludosi che fu fatto con argini di sabbia affondati nei terreni stessi, i ponti di comunicazione fra le due sponde. Il canale incontra infatti 4 ferrovie e 17 strade di varia importanza. A ciò provvedono 2 ponti fissi, 4 ponti girevoli e speciali servizi di chiatte a vapore ed a remo.

I ponti fissi per la ferrovia si trovano uno a Levensau ed uno a Grumental, sulla cresta di dislivello tra l'Elba e l'Eider. Sono ambidue in metallo ad una sola arcata ciascuno; il primo ha corda di metri 164,40, la luce del secondo è di m. 156,50. Entrambi lasciano una luce netta di 42 metri sopra il livello dell'acqua. Gli altri due ponti ferroviari, sono, come si disse, girevoli, uno a Rendsburg, l'altro tra il lago di Kuden e l'Elba.

Secondo il preventivo di Dahlström, le spese dell'opera grandiosa erano così determinate:

1° Acquisto di terreni	L. 12 300.000
2° Lavori di terra	» 88.800.000
3° Consolidamento delle sponde	» 9.000.000
3° Porti, moli, chiuse, ecc.	» 45.250.000
5° Ponti e attraversamenti	» 8.400.000
6° Lavori militari	» 1.250.000
7° Fabbricati	» 1.600.000
8° Disposizioni per l'esercizio e impianti di macchine	» 2.800.000
9° Spese generali ed impreviste	» 25.600.000
	L. 195.000.000

Pur tenuto conto delle navi che non abbandoneranno le vecchie strade, si calcola che al tasso di L. 0,94 per tonnellata, il nuovo canale darà un prodotto di L. 5.150.000 contro una spesa di esercizio e manutenzione valutata in L. 2.375.000.

(Politecnico).

Del modo di produrre le più basse temperature e di servirsene per la scienza e nelle industrie. — Su questo argomento il signor Raoul Pictet tenne la sera del 3 maggio una conferenza alla *Société des Ingénieurs Civils de France*. L'egregio sperimentatore che negli anni precedenti e di quando in quando aveva ragguagliato la Società sui progressi da lui raggiunti nei metodi per arrivare alle più basse temperature, si propose di dimostrare in modo riassuntivo per quali procedimenti e per quale complesso di disposizioni meccaniche si possano ottenere apparecchi per produrre industrialmente le basse temperature e come dessi si possano utilizzare sia per la scienza sia per i bisogni dell'industria.

Prima di entrare nel campo pratico il sig. Pictet riassume i teoremi fondamentali sui quali si basano le esperienze ed il modo di funzionare degli apparecchi.

I metodi conosciuti per raggiungere le basse temperature sono essenzialmente tre:

Il primo consiste nella soluzione di sostanze cristalline nell'acqua o in altri liquidi, con che si ottengono abbassamenti di temperatura generalmente insufficienti.

Il secondo metodo, più importante, consiste nell'espansione dei gas e specialmente dell'aria atmosferica. Una volta compressa dell'aria, se la si lascia espandere, si ha un abbassamento di temperatura direttamente proporzionale al lavoro esterno sviluppato. Queste esperienze sono interessanti dal punto di vista essenzialmente teorico, e attraggono coloro che si dilettono di questioni scientifiche.

Il sig. Solway cercò di ottenere le basse temperature, comprimendo aria, raffreddandola e facendola espandere, e così ripetutamente di seguito. Col quale procedimento arrivò a 120° sotto zero.

Il terzo metodo che soddisfa egualmente bene alle esigenze della teoria ed ai bisogni della pratica consiste nel ricorrere al cangiamento di stato di liquidi volatili che passano allo stato aeriforme.

A ben comprendere questo metodo è necessario di farsi un'idea precisa di ciò che siano lo stato liquido e lo stato gassoso.

Noi conosciamo di un liquido le due temperature, quella della sua cristallizzazione, e quella del suo punto critico, quando cioè il liquido sparisce ai nostri occhi, benchè riscaldato in vaso chiuso.

L'occhio nostro non è in grado di informarci quando si arriva a

temperature elevatissime; invece il fenomeno della liquefazione è accompagnato da azioni meccaniche, nell'esame delle quali l'occhio nostro ci può essere di aiuto.

Per spiegarci bene i fenomeni ed i movimenti delle particelle liquide, immaginiamo un serbatoio metallico di forma qualsiasi nel quale si sia introdotta una certa quantità di liquido dopo avervi fatto il vuoto.

Il liquido che consideriamo consta di particelle materiali formate da molecole gassose in numero di due almeno, più probabilmente di qualche migliaio di milioni.

Consideriamo il caso più semplice delle due molecole, esse si trovano riunite per attrazione di gravità che in tal caso diciamo coesione, desse tendono ad unirsi l'una all'altra, e vibrano l'una a fianco dell'altra; impedito solo di avvicinarsi maggiormente dall'azione dell'etere. Quando la materia ponderabile si avvicina ad altra materia ponderabile, sposta l'etere, e dopo averne spostato un peso eguale al suo proprio volume, essa non ha più tendenza ad avvicinarsi maggiormente, nè ad allontanarsi. Se in questo momento avviene una certa impulsione esteriore, queste molecole si avvicineranno, poi si allontaneranno provocando movimenti oscillatorii; e le vibrazioni saranno proporzionali alle attrazioni molecolari dei corpi od al loro peso atomico. Si ha quindi la certezza che collo studio del movimento di una molecola liquida si conosceranno tutti i caratteri speciali dei liquidi: pressioni, dilatazioni, color latente, ecc.

Rimane a dire come si possano esaminare codesti movimenti. Dessi sono rappresentati da una serie di molecole alla superficie del liquido. In virtù del teorema di Fourier, ogni qualvolta dei corpi rilegati tra loro da una sostanza elastica vengono sotto l'azione di una sorgente d'energia, questa non si distribuisce uniformemente dappertutto; ma vi sono elementi che vibrano più degli altri, e che poi vibrano meno mentre gli altri a lor volta vibrano maggiormente; ed è la media di questi movimenti che ci dà la temperatura.

È dimostrato che tutti i corpi solidi fondono non si tosto l'ampiezza delle oscillazioni calorifiche è la stessa per tutti. Ed applicando queste conclusioni ai liquidi si deve dire che tutte le molecole liquide passano da movimenti elittici a movimenti parabolici ed iperbolici che le fanno separare le une dalle altre quando la lunghezza di oscillazione è la stessa per tutti i liquidi. Ed è ammesso che tutti i liquidi, nessuno eccettuato, siano composti di molecole liquide le quali imprimendo loro movimenti oscillatorii sempre più grandi, finiscono per una lunghezza d'oscillazioni determinata, che è la stessa per tutti i liquidi, a prendere lo stato aeriforme.

Se in un serbatoio metallico, nel quale si sia fatto il vuoto assoluto, si introduce una certa quantità di liquido ad una temperatura qualsiasi, alla superficie interna del serbatoio si verificano urti di molecole, ed è ciò che noi diciamo tensione del vapore. Più la temperatura si eleva, più gli urti sono violenti, e più aumenterà il numero delle oscillazioni; verrà un istante in cui le vibrazioni calorifiche saranno al disotto della lunghezza media delle vibrazioni per cui il liquido può ancora sussistere; il che non vuol dire che non vi sia più liquido nel recipiente, ma sarà liquido invisibile.

Quando le oscillazioni arrivano progressivamente alla lunghezza media corrispondente al punto critico, le molecole passano allo stato di vapore, e per una differenza di temperatura estremamente piccola nelle vicinanze del punto critico il liquido si fa gas, ed il gas ritorna liquido. Del qual fenomeno possiamo renderci conto sperimentalmente sciogliendo dell'alizarina nell'alcool, ponendo la soluzione in un tubo di vetro ed ottenendone il punto critico, che si verifica a 241°. Il ritorno dallo stato gassoso allo stato liquido ha luogo in un ventesimo di secondo per una differenza di temperatura di un centesimo di grado; il fenomeno è accompagnato da una nebulosità.

Quest'esperienza prova che per la liquefazione basta togliere energia al vapore, e quindi che per ottenere le basse temperature e servirsene per liquefare i gas resistenti, si possono utilizzare soltanto le temperature inferiori al punto critico; epperò conviene adoperare soltanto quei liquidi, il cui potere volatile è molto grande, il cui punto di volatilizzazione è bassissimo per farli operare al disotto del punto critico. Ecco il principio fondamentale.

Con un miscuglio d'acido solforoso anidro ed acido carbonico, il

signor Raoul Pictet ottiene un primo abbassamento di temperatura da -100° a -110° , togliendo i vapori a misura che si formano. Per ottenere questo risultato, impiega una serie di apparecchi costituiti da due involucri concentrici. Lo spazio anulare riceve una serie di tazze facenti il giro del doppio involucro e poste di distanza in distanza. Il liquido volatile arriva dalla parte superiore, si versa nella prima tazza, o quando essa è piena, versa nella tazza posta al dissotto, e così di seguito, progressivamente ogni tazza si riempie di liquido volatile. La quale disposizione in cascata ha per effetto di dare dappertutto la stessa temperatura in un cilindro che ha 2 metri di diametro e m. 3,10 di lunghezza.

Raggiunta la temperatura di -110° , questa è ancora troppo elevata per poter liquefare l'aria atmosferica, sottoponendola alla compressione. E fa d'uopo ricorrere all'etilene, le cui proprietà sono state studiate da Cailletet. Nell'interno dei due tubi concentrici si fa arrivare del gas etilene compresso a 20 atmosfere; esso abbandona il suo calor latente di condensazione, perchè la temperatura di -110° è al dissotto del suo punto critico. L'etilene si liquefa, e con questo mezzo si arriva a -160° . Se si comprime allora dell'aria a 150 atmosfere, e la si sottopone alla temperatura di -160° , si ottiene la liquefazione. Il signor Pictet conserva nel suo laboratorio 20 litri d'aria atmosferica liquefatta con questo metodo. Coll'aria liquefatta si può arrivare alla temperatura di -213° .

Il signor Pictet ricorda una sua conferenza fatta alcuni anni sono, nella quale ha parlato dell'influenza delle basse temperature sulle combinazioni chimiche, e soggiunge che i corpi chimici, quali si siano, non hanno più azione gli uni sugli altri quando la temperatura si abbassa a -100° .

Il chimico potrà dunque servirsi di tutta una serie di apparecchi composti di cilindri concentrici, e introdurre nel doppio involucro ora dell'acido solforoso, ora dell'etilene ed ora dell'aria atmosferica liquida per ottenere qualsiasi abbassamento di temperatura sino a -213° . Con questo apparecchio si potrà determinare la legge tuttora ignota, secondo cui le combinazioni chimiche hanno luogo.

Intanto il signor Pictet ha avvertito fenomeni di irradiazione curiosi, de' quali è indispensabile tener conto per non essere indotti in errore. Così, ponendo del cloroformio in un apparecchio a -120° , si constata che il termometro si abbassa fino a $-68^{\circ} 1/2$, e che la cristallizzazione ha luogo a $-68^{\circ} 1/2$. Invece, se si colloca la provetta piena di cloroformio in un ambiente di -80° , si constata che la cristallizzazione non ha luogo, e che i cristalli gettati nel liquido, a vece di favorire la cristallizzazione, si liquefanno.

Ciò vuol dire che, introducendo il cloroformio nell'apparecchio a -120° , il termometro riceve al momento della cristallizzazione una quantità considerevole di calore, che proviene dalla precipitazione delle molecole di cloroformio le une sulle altre. Egli segna $-68^{\circ} 1/2$, cioè denota lo stato termico, nel quale si trova per la somma di tutte le quantità di energia che riceve e che abbandona. Il cloroformio fonde a -80° , perchè questa temperatura è ancora al disopra del suo punto di cristallizzazione.

Se questa spiegazione del fenomeno è vera, ne segue che, procedendo progressivamente, si vedranno apparire i primi cristalli di cloroformio, e più si abbasserà la temperatura, e più si vedrà salire il termometro, ricevendo egli maggiore quantità di calore. Ed è precisamente quello che avviene, attalchè per la misura delle temperature di cristallizzazione bisogna cominciare con una temperatura bassissima, poi aumentare questa temperatura fino a che i cristalli fondono, per ritornare a una temperatura di un cotal poco più bassa per ottenere la cristallizzazione.

Il signor Pictet ha pure lasciato intravedere applicazioni dei suoi apparecchi alla terapentica; essendosi sottoposto egli stesso ad una temperatura di -100° , sarebbe venuto a guarire di una gastralgia persistente da sei anni.

Il signor Pictet finì la sua conferenza invitando al laboratorio i colleghi, desiderosi di assistere ad alcuni esperimenti, e soggiungendo che metterebbe i suoi apparecchi a disposizione di tutti coloro che volessero fare studi seri di fisica, di chimica o di biologia.

(Société des Ingénieurs Civils de France).

BIBLIOGRAFIA

I.

Compendio di termodinamica applicata, del prof. ing. GIUSEPPE BERTOLDO. — Vol. I in-8° di pagine 240 con 24 figure schematiche nel testo. — Torino, 1895. — Prezzo L. 4.

È testè uscito coi tipi dell'Unione Tipografico-Editrice Torinese il primo volume del compendio di termodinamica applicata, opera del chiaro ingegnere Bertoldo Giuseppe, professore di macchine termiche presso il R. Museo Industriale italiano di Torino ed Ispettore Principale, Capo-Divisione presso le ferrovie della Rete Mediterranea.

Questo primo volume si divide in due parti: nella prima sono esposte le nozioni fondamentali di termodinamica con applicazioni ai gas, ai vapori saturi e surriscaldati ed ai miscugli di gas e di vapore saturo; nella seconda è trattato del moto dei fluidi con applicazioni ai camini, agli apparecchi a tirante artificiale, agli iniettori ed agli eiettori.

Chiude il libro una serie di tabelle numeriche indicanti i valori delle principali quantità caratteristiche dei vapori saturi usati nell'industria.

La meritata fama che gode nel campo della meccanica applicata l'autore, la sua lunga esperienza e la pratica acquistata nell'esercizio professionale basterebbero da sole a raccomandare il libro. Ed infatti con queste doti particolari che difficilmente trovansi riunite in un'unica persona, l'autore ha potuto dare al suo lavoro un'impronta caratteristica e nuova, accoppiando nello studio delle difficili quistioni tecniche la teoria e la pratica con somma chiarezza e precisione.

Rari sono gli autori italiani che trattarono intorno alla termodinamica, unico nel campo dell'applicazioni pratiche è il prof. Bertoldo.

È certo che chi legge questo primo volume attenderà con impazienza il secondo, che per gli argomenti ivi a trattarsi deve interessare assai i cultori della meccanica applicata alle macchine termiche.

C. P.

II.

Ing. EMILIO GOLA. — **Le strade e la cilindratura a vapore.** — Op. in-16° di pagine 32. — Merate, 1895.

L'argomento non è nuovo ai nostri lettori. Essi sono perfettamente al corrente dei vantaggi della cilindratura a vapore per la buona costruzione e migliore manutenzione delle massicciate stradali, e ne conoscono i risultati tecnici ed economici di indiscutibile valore, perchè dedotti da esperienze accurate fattesi in Inghilterra, in Francia e in Italia.

L'ingegnere Emilio Gola, reduce da un viaggio in Inghilterra, e da una visita allo stabilimento dei signori Aveling e Porter di Rochester, i quali producono un compressore a vapore al giorno, riprende, nell'opuscolo di cui parliamo, a trattare da bel principio l'argomento, dimostrando che i compressori a vapore sono assolutamente da anteporsi ai cilindri tirati da cavalli, e che i medesimi hanno fatto dovunque buonissima prova.

L'ufficio dei lavori pubblici per la città di Torino calcola la spesa della cilindratura col rullo a vapore in ragione di:

Lire 11,50 per ogni 1000 giri delle ruote motrici;

Lire 0,09 a 0,15 al mq. (per spessore di m. 0,12);

Lire 0,70 a 1 per ogni mc. di materiale impiegato.

E siccome gli inghiafiamenti e le riparazioni col compressore a vapore possono effettuarsi in qualunque stagione, e la macchina avendo lavoro continuo, rimborsa in pochi anni la spesa d'acquisto, così l'ingegnere Gola vorrebbe vedere la costituzione di Consorzi fra diversi Comuni contigui per l'uso cumulativo del rullo a vapore, o meglio ancora, che sorgessero Impresari di cilindratura, come si trovano in Francia da una ventina d'anni, i quali noleggiavano i compressori a vapore in ragione di L. 0,25 per ogni tonnellata-chilometro, ottenuta moltiplicando il peso della macchina per la distanza percorsa, così nell'andar avanti che all'indietro, ed accusata da un contatore. Per tal modo, l'Amministrazione paga nè più nè meno che il lavoro eseguito dalla macchina, semplificando in modo assoluto l'esercizio della cilindratura a vapore.

G. S.

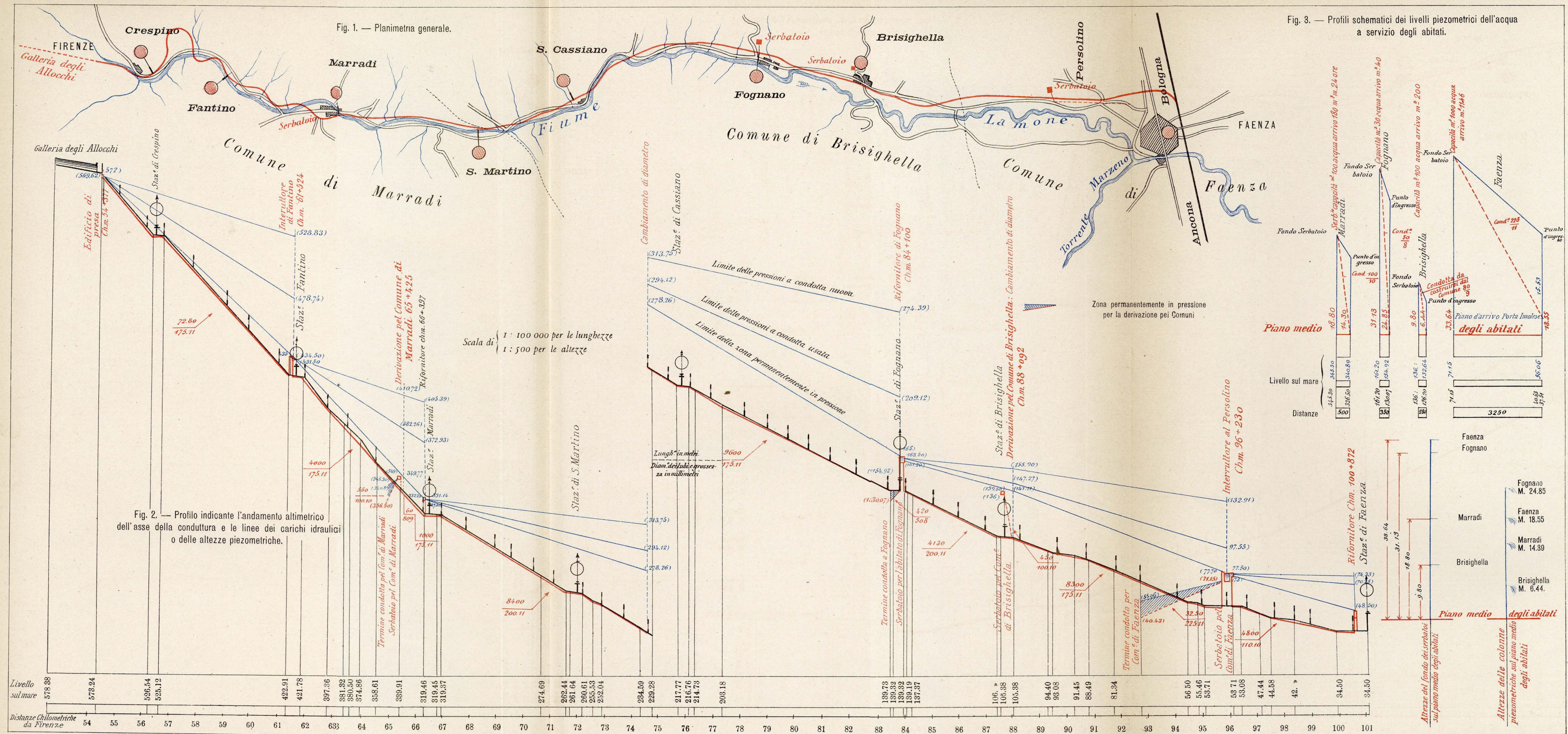


Fig. 1, 2, 3 e 4. — Edificio regolatore e rifornitore per la Stazione di Fognano e serbatoio per l'abitato.

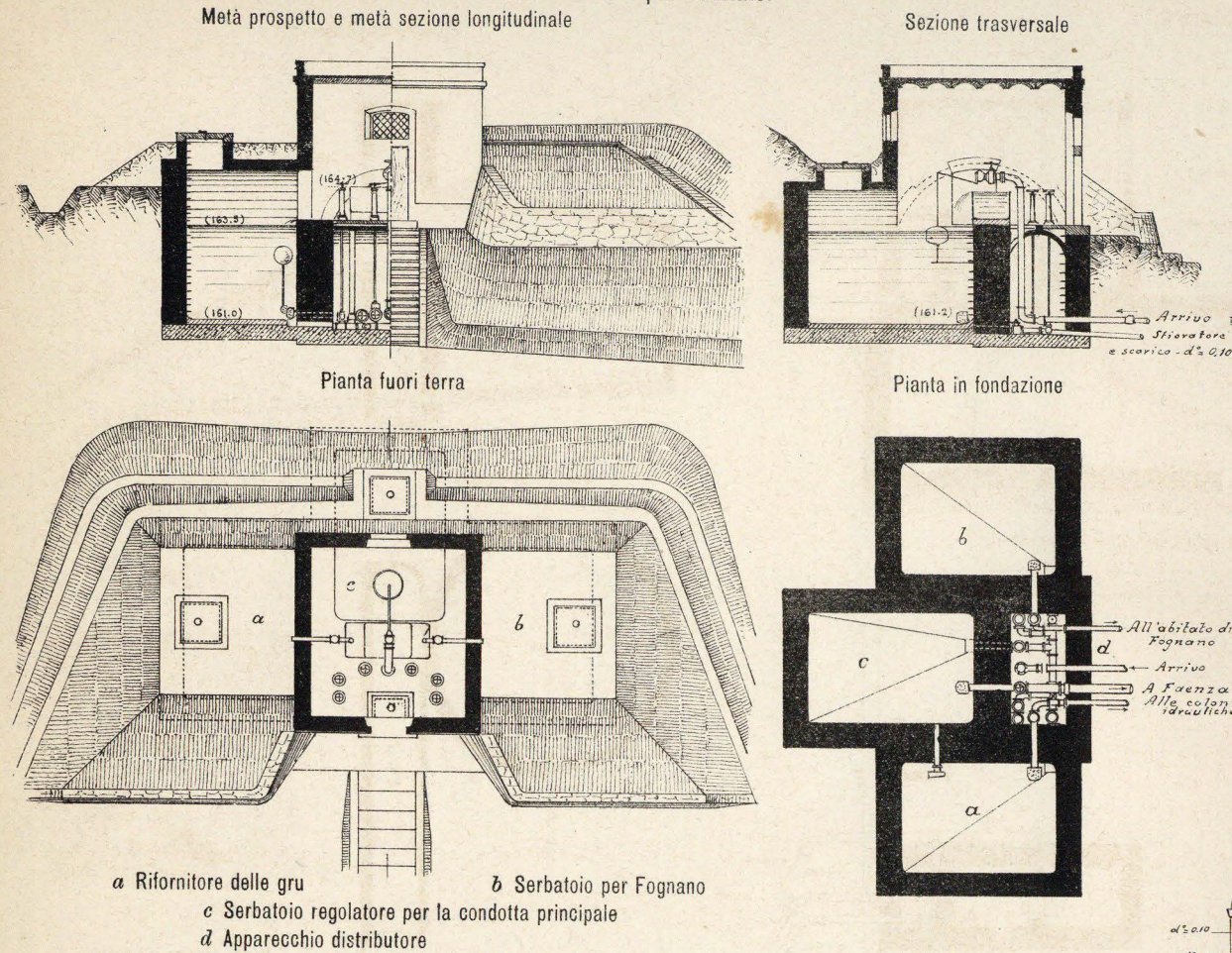


Fig. 5, 6, 7 e 8. — Edificio ripartitore e serbatoio per l'abitato di Brisighella.

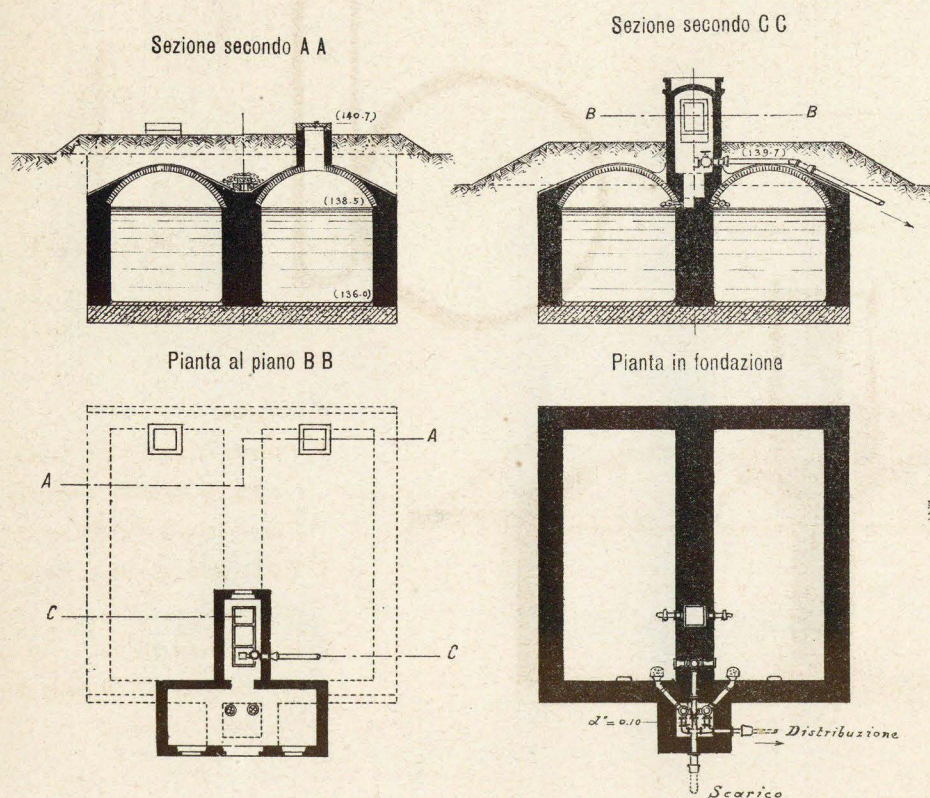
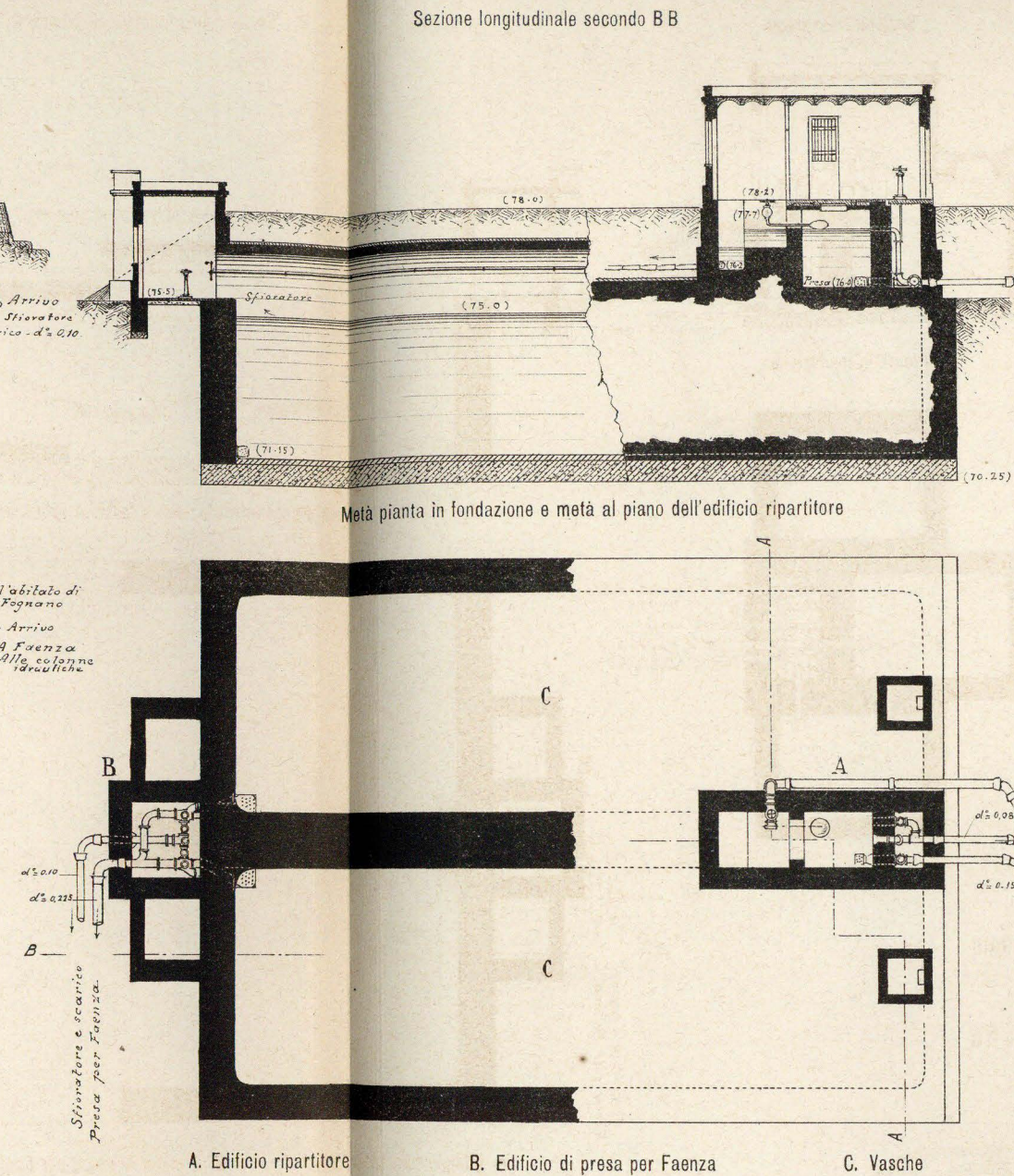
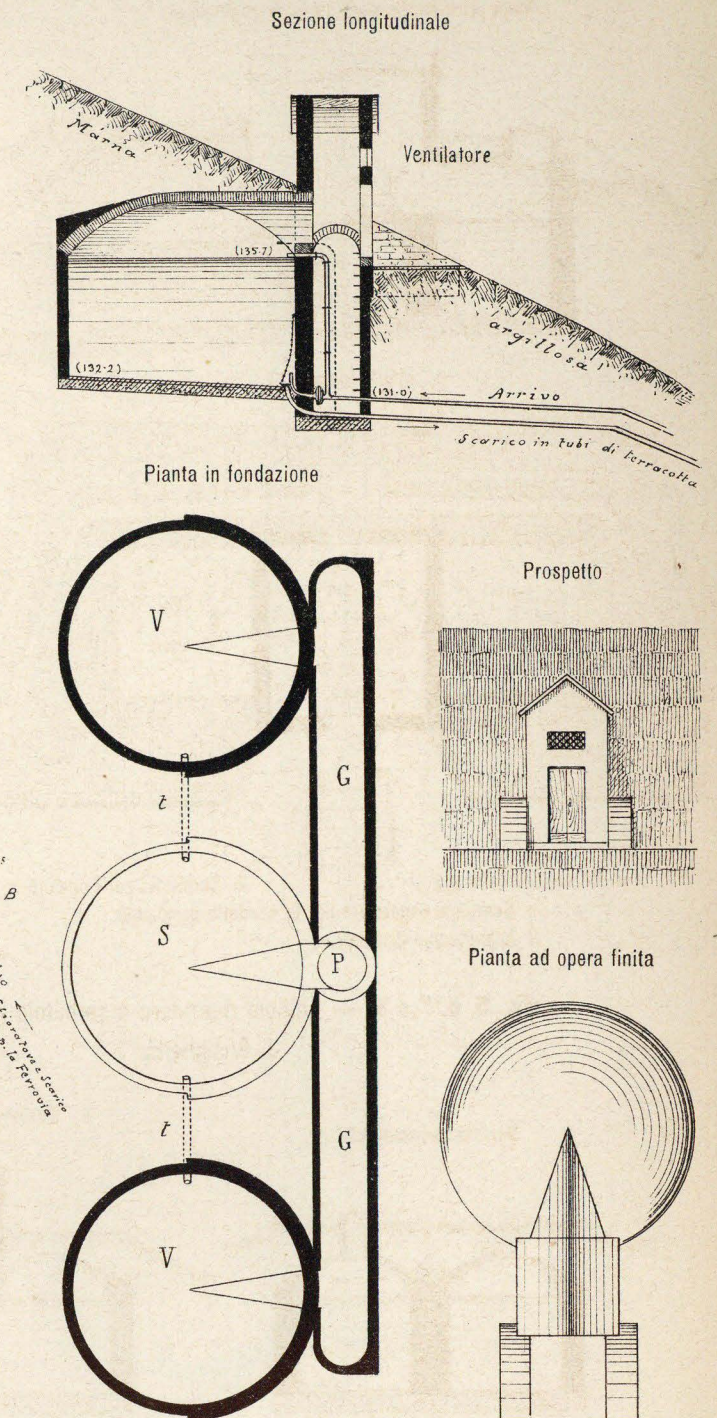


Fig. 9, 10, 11 e 12. — Serbatoi per la città di Faenza.



Scala di 1 a 200 per tutte le figure.

Fig. 13, 14, 15 e 16. — Serbatoi di arresto al colle Gabolo.



S. Serbatoio.

P. Pozzetto di servizio con saracinesca per convertire in serbatoi di estremità le vasche di scorta.

V. Vasche della capacità di mc. 64 ciascuna.

G. Galleria di servizio.

t. Tubi di ghisa con diametro di m. 0.10.