

L'INGEGNERIA CIVILE

E

LE ARTI INDUSTRIALI

PERIODICO TECNICO QUINDICINALE

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

È riservata la proprietà letteraria ed artistica delle relazioni, memorie e disegni pubblicati in questo Periodico.

IDRAULICA PRATICA

LO STUDIO IDROGRAFICO DEL TEVERE
E DEI SUOI TRIBUTARI

(Veggansi le Tavole III e IV)

(Continuazione e fine)

*

IV. — PORTATE DEL TEVERE E SUOI INFLUENTI.

La misura delle portate furono fatte col mulinello a segnalazione elettrica, finchè fu possibile adoperarlo, cioè per le misure di magra o di mezza piena, ed anche per altezze d'acqua superiori a 8 metri e che giunsero a metri 10,70 (3 novembre 1893), nel qual caso si sostituì alle aste di ferro vuoto, giuntate a vite di 2 in 2 metri, un'asta di ferro pieno, lunga 11 metri, di faticosissimo maneggio, e le cui inflessioni erano attenuate da una catena a tirante.

Le piene maggiori furono misurate coi galleggianti semplici, osservati per un tratto rettilineo della lunghezza di m. 40 tra i due traguardi, e determinando la sezione media, prima e dopo la piena, con 5 sezioni di 10 in 10 metri. E per avere le velocità superficiali nei diversi punti della sezione, questa fu divisa in zone, e la media velocità di ogni zona risultò dalle osservazioni di non meno di 20 esperienze, cosicchè la media generale delle velocità superficiali fu determinata con circa 150 esperienze.

Non si poterono usare i galleggianti composti per la difficoltà ed il pericolo di raggiungerli con le barche.

Ma si fecero numerose esperienze preliminari per trovare il rapporto fra la velocità superficiale ad una determinata distanza della sponda, per un tratto di 40 metri, misurata col galleggiante, e quella del punto di mezzo del tratto stesso, misurata col mulinello, per poter poi ottenere collo apposito coefficiente la velocità superficiale riferita alla sezione prescelta.

Epperò le poche misure fatte col galleggiante, oltre ad essere calcolate colla media sezione data da 5 sezioni a 10 metri di distanza fra loro e coi coefficienti indicanti il rapporto fra la velocità superficiale e la media di ogni verticale, furono pure calcolate col coefficiente predetto, ossia col rapporto dato, per un tratto longitudinale di 40 metri, fra la velocità superficiale di tutto il tratto e quella del punto mediano, ove passava la sezione calcolata. La differenza non fu mai molto sensibile, nondimeno si fecero le medie dei risultati ottenuti.

Si è pure dovuto tener conto della direzione e forza del vento sul galleggiante, confrontando il coefficiente o rapporto della velocità superficiale alla media di ogni verticale ottenuto col vento che spirava durante le esperienze fatte col

mulinello. Ma è sempre difficile, specialmente quando il vento soffia a folate, colpire esattamente il momento in cui influisce sul galleggiante.

*

Dopo di avere registrati i risultati delle portate, ottenuti in diversi punti sia del Tevere che di tutti i suoi confluenti e per uno stesso punto in diverse epoche di magra generalmente comprese fra il 1890 ed il 1897, la Relazione affronta il problema della determinazione della massima e minima portata del Tevere e del suo modulo all'idrometro di Ripetta, intorno al quale argomento ebbero frequentemente ad interloquire i più distinti cultori delle idrauliche discipline, segnatamente dopo la celebre piena del 1870, collegandosi tale questione al poderoso tema dell'arginatura del tronco urbano del Tevere, per difendere la Capitale dalle inondazioni.

Le nuove esperienze eseguite ed i molti dati raccolti riusciranno certamente utili allo studio del regime del fiume, ed è per noi importante esaminare i risultati che si sarebbe con essi cercato fin d'ora di conseguire.

La determinazione del modulo del Tevere all'idrometro di Ripetta presentava una prima difficoltà. Le osservazioni dell'idrometro esistono dal 1822 in poi; le misure di portata essendo state fatte nel 1892 e 1893, quando, cioè, per i lavori di arginatura il letto era stato completamente cambiato, occorreva mettere in rapporto le letture dell'idrometro anteriori all'arginatura con quelle posteriori, e questo si è pensato di fare mediante l'idrometro di Ripagrande, siccome si è detto più sopra parlando degli idrometri.

Naturalmente nella determinazione delle medie si lasciarono in disparte le osservazioni idrometriche del periodo fra il 1872 e il 1892, durante il quale ebbero luogo i lavori di sistemazione del letto.

La scala delle portate, in funzione delle altezze dell'idrometro di Ripetta, fu costruita *graficamente* (fig. 4 della Tav. IV), riportando le misure fatte col mulinello per le altezze comprese fra m. 5,28 a m. 10,70 e quelle fatte coi galleggianti al disopra di questo livello, « applicando però » a queste ultime (e qui riproduciamo testualmente le parole della Relazione, perchè ci lasciano in qualche indecisione, almeno dal lato della chiarezza) il coefficiente d'« trito dedotto dalle misure col mulinello, modificato a seconda di quanto è stato detto nel capitolo precedente e » tenuto conto della direzione e della forza del vento. Con » la scala ora detta si stabilirono le portate corrispondenti » alle diverse altezze di 50 in 50 centimetri. Interpolando » poi si ottennero le portate intermedie, di 5 in 5 cent. per » le magre, di 10 in 10 centim. per quelle al disopra dei » 6 metri dell'idrometro ».

La Relazione prosegue facendo osservare che in tutto il lungo periodo dei 55 anni decorsi dal 1822 al 1877, per quattro volte soltanto fu superata l'altezza di m. 14, otto volte soltanto fu superata quella di metri 13,50 (idrometro del 1893). Per cui soltanto per 8 giorni su 20 075 si è do-

vuto attribuire una portata non determinata da misure dirette. Risulta del pari che per circa 300 volte soltanto si verificarono altezze di magra inferiori di pochi centimetri a quelle misurate. Per cui è da ritenersi minima l'influenza dei valori attribuiti alle portate non misurate direttamente.

Ed in base a queste considerazioni ed ai calcoli aritmetici fatti, la Relazione conclude doversi ritenere il modulo del Tevere in mc. 229,65, od in cifra tonda mc. 230, mentre il Lombardini lo ritenne di mc. 262, il Venturoli, servendosi delle formole dell'Eytelwein, di mc. 267, ed il Possenti, colle formole del Bazin, di mc. 283.

La ragione essenziale di tutti questi moduli superiori al vero dipenderebbe dal fatto che nel Tevere hanno forte preponderanza gli stati di magra, mentre fino al 1878 ed anche più tardi, cioè fino alle esperienze dello Zucchelli e del Nazani, la portata minima del Tevere era ritenuta non inferiore a mc. 160.

*

La determinazione della *massima portata*, sia pure di quella corrispondente alla piena del 1870, non potrebbe essere fatta oggidì in base alle altezze, per le variazioni avvenute e per la mancanza di termini sufficienti di confronto.

Le misure dirette finora eseguite, se permettono di estendere d'alquanto la scala, sopra o sotto gli estremi misurati, non autorizzerebbero a spingere le deduzioni fino alle massime altezze. Ma di fronte alla disparità di apprezzamenti fra gli idraulici, dei quali, mentre alcuni stimarono la portata delle massime piene di mc. 3200, altri non dubitarono di arrivare fino a mc. 5000 e più, la Relazione ammette possa trovar posto il risultato a cui si arriverebbe prolungando ad occhio graficamente la curva delle portate, senza però far uso del calcolo, dappoichè gli elementi raccolti non sono sembrati sufficienti nè per una esatta determinazione, nè per precisare la curva che ne risulterebbe. E invero la curva non apparirebbe regolare che a tratti; cioè: da m. 5,58 fino a circa m. 7, ossia sino al piano delle banchine, si scosta poco da una retta; dopo i m. 7 a m. 10,50 circa ripiega ad arco molto sentito; quindi fino a m. 13,50 circa (m. 14,50 dell'antico idrometro) ritorna ad accostarsi sensibilmente alla retta. Se in base a questo andamento si prolungasse la curva, questa continuerebbe ad elevarsi rapidamente secondo una retta e per un'altezza idrometrica di m. 15,98, corrispondente a m. 17,22 della piena del 1870, segnerebbe una portata di mc. 3150 in cifra tonda. Se invece la curva dovesse divergere alquanto da una parte o dall'altra, si avrebbero cifre comprese fra mc. 3000, che può ritenersi un minimo, e mc. 3500, che sarebbe un massimo da ritenersi insuperabile.

Ritenendo che la portata della piena del 1870 non abbia potuto di molto scostarsi dalla sovraesposta cifra di metri cubi 3150, la Relazione soggiunge che a tale cifra devesi ancora aggiungere l'acqua disalveata, poichè allora si ebbero estese inondazioni, sia entro la città, sia nei Prati di Castello, nudi di costruzioni e col piano di campagna molto basso. Ma l'acqua disalveata, quantunque avesse grande sezione, rappresentava una piccola portata sottratta al Tevere, perchè era dotata di minima velocità, ed è noto che l'ing. Canevari, dopo avere dimostrato che la sezione delle correnti laterali, cioè non inalveate, era di mq. 57 a destra e mq. 18 a sinistra presso il ponte Sant'Angelo, ove le acque disalveate si restringevano, calcolandone la loro velocità in base all'altezza, la quale era di m. 1,80 (mentre quella del fiume era di m. 16 circa), conchiuse che la loro portata non poteva superare i mc. 100.

In quanto poi alla portata della massima piena conosciuta, che sembra sia quella del 1598, indicata dall'idro-

metro di Ripetta a m. 19,56, mentre la Relazione non ritiene possibile di poterla coordinare alle misure fatte, perchè le condizioni d'allora, tanto del fiume, quanto della città e campagne adiacenti, sono affatto ignote, ritiene peraltro ammissibili le osservazioni e deduzioni del comm. Canevari, secondo le quali le due piene del 1598 e del 1870 sarebbero state quasi uguali, o tutt'al più la prima avrebbe superato la seconda di appena m. 0,70 di altezza, e ne conclude che la massima piena conosciuta del Tevere, se non fu quella del 1870, devesi ritenere superiore ad essa di non più di mc. 200 a 250. E soggiunge che oggidì, a parità di condizioni meteoriche, tale piena non giungerebbe a Ripetta con la portata che ebbe allora, per le avvenute variazioni topografiche ed idrografiche del bacino, non defluendo più nel Tevere la Chiana Toscana, ed avendo il Ponte Regolatore sul Velino, alle Marmore, diminuito d'alquanto il deflusso delle grosse piene di quel fiume.

*

In quanto alla *portata di minima magra*, la sua determinazione presenta minori difficoltà. La più forte magra misurata è quella del 1893, data da m. 5,28 all'idrometro di Ripetta. Dal 1822 in poi la minima altezza idrometrica riscontrata risulterebbe inferiore di em. 14 appena a quella del 1893. Ora il modulo di aumento del Tevere, che va sempre crescendo col crescere delle altezze idrometriche, da m. 5,28 a m. 5,50, risulta in media di mc. 0,980 per em. di altezza, e sotto i m. 5,28 la diminuzione avvenendo con sempre minore intensità, può ritenersi per i primi 14 centimetri mediamente di mc. 0,900 per centimetro. Epperò a m. 5,28 essendosi misurata la portata di mc. 103, ne segue che a metri 5,14 puossi ritenere ridotta la portata a metri cubi 90,400, ossia in cifra tonda la minima portata del Tevere verificatasi negli ultimi 75 anni devesi ritenere di mc. 90.

*

Prima di abbandonare l'argomento delle portate del Tevere la Relazione ricorda e pone a confronto le misure delle portate precedentemente fatte dagli idraulici, lasciando da parte quelle determinate in base alla pendenza, perchè meno attendibili, e limitandosi alle determinazioni di portata dedotte dalle misure di velocità.

Nella fig. 5 della Tav. IV sono graficamente riprodotti i risultati di tali misure, e così vediamo, incominciando per ordine cronologico dalle più antiche:

1° La misura fatta il 19 giugno 1821 dalla Scuola degli Ingegneri di Roma sotto la direzione del prof. Benetti, nella località dell'Albero Bello, fuori Porta del Popolo, facendo uso di *aste ritrometriche*, mentre il pelo del Tevere era a m. 6,20 dell'idrometro impiantatovi l'anno successivo, essendosi ottenuta la portata di mc. 244,45.

2° Le due esperienze fatte nel 1871, pur esse colle *aste ritrometriche*, dall'ing. comm. R. Canevari, per incarico della Commissione per la sistemazione del Tevere, sul tronco fluviale presso la Marmorata, secondo le quali si ricavarono le portate seguenti, essendo rispettivamente il pelo d'acqua sulla scala dell'antico idrometro di Ripetta:

a metri 5,80	mc. 174,507;
a metri 9,665	» 997,500.

3° Le 11 misure eseguite negli anni 1872, 75 e 76 dall'ingegnere Vescovoli col galleggiante semplice (1) coi seguenti risultati:

(1) I. NAZZANI, *Misura di velocità del Tevere*. — Roma, 1882, a pag. 44.

Idrometro di Ripetta (antica lettura)	Portata
m. 6,69	mc. 220,58
» 8,08	» 481,256
» 9,08	» 654,714
» 9,11	» 666,33
» 10,09	» 782,39
» 10,84	» 1028,78
» 11,69	» 1161,696
» 12,41	» 1168,73
» 12,52	» 1516,91
» 12,90	» 1561,022
» 13,50	» 1612,43

4° Le 45 esperienze eseguite nel 1880 e 1881 (1) per cura del Genio Civile, ufficio speciale per la sistemazione del Tevere, sotto la direzione dell'Ispettore comm. Giacomo Zucchelli, delle quali riportiamo i seguenti valori:

Idrometro di Ripetta (antica lettura)	Portate	Idrometro di Ripetta (antica lettura)	Portate
m.	mc.	m.	mc.
5,90	158,0	7,50	374,2
5,91	158,4	7,59	399,1
5,92	156,1	7,75	402,6
5,92	162,9	7,83	451,6
5,92	163,8	7,93	451,3
5,92	169,4	8,20	500,9
5,95	160,3	8,34	520,6
5,97	167,6	8,36	528,8
5,98	169,3	8,51	588,0
6,03	175,2	8,67	581,7
6,05	183,5	8,77	674,6
6,10	182,1	8,92	588,6
6,11	190,6	9,22	768,7
6,13	189,4	9,38	701,2
6,14	188,1	9,42	755,3
6,28	209,7	9,44	866,9
6,80	270,0	9,58	823,3
6,87	273,0	10,60	1218,0
6,98	316,8	11,02	1136,0
7,05	293,4	11,45	1277,9
7,16	321,4	11,55	1297,0
7,26	338,1	12,52	1654,7
7,28	306,8	—	—

5° Le 4 misure eseguite col *mulinello* nel giugno e luglio 1881 (2) dall'ing. comm. I. Nazzani, professore d'idraulica alla Scuola degli Ingegneri di Roma, assistito da altri professori e dagli allievi, presso il gasometro della via Flaminia, di cui si conoscono i seguenti risultati:

Idrometro di Ripetta (antica lettura)	Portata
m. 5,90	mc. 149
» 6,45	» 205
» 7,60	» 337
» 8,69	» 577

6° Le 16 misure fatte al ponte di Ripetta dall'aiutante ingegnere Eugenio Perrone, sotto la direzione dell'ingegnere G. Zoppi, delle quali le prime 11 col *mulinello* e le 5 ultime coi *galleggianti*:

Data delle misure	Idrometro di Ripetta	Portata	Natura del vento
	m.	mc.	
24 8 1893	5,28	102,217	calma.
29 11 1892	5,76	148,134	id.
30 10 1892	5,81	153,553	id.
4 6 1893	6,41	217,019	id.
4 11 1892	7,31	337,493	libeccio leggero.
16 12 1892	7,75	373,759	brezza da nord.
29 12 1892	7,81	381,368	sud moderato.
25 2 1893	7,90	404,480	sud a folate.
24 2 1893	7,98	407,624	libeccio moderato, poi sud forte.
27 2 1893	10,12	767,481	ovest moderato a intervalli.
3 11 1893	10,70	952,621	debole scirocco, poi forte di sud.
10 11 1893	11,80	1329,090	calma.
24 11 1893	12,15	1480,182	id.
10 11 1896	12,74	1748,000	moderato da libeccio a sud.
15 10 1896	13,08	1814,000	calma.
21 10 1896	13,48	2007,000	id.

La Relazione non crede dover tirare alcuna conseguenza dalle linee degli ingegneri Zucchelli e Vescovoli, le quali risentono troppo l'influenza del metodo usato nelle esperienze; quanto alle misure del Benetti e del Canevari, stante il loro limitato numero, crede che non abbiano valore se non per i casi osservati, mentre sulle misure del prof. Nazzani fa rilevare che le prime tre concordano quasi perfettamente con quelle dell'ultima tabella, negli stessi stati del Tevere, le piccole differenze dovendo ascriversi, più che ad altro, alla non esatta riduzione delle letture idrometriche anteriori alla costruzione dei muraglioni. Invece la quarta misura sconcerta sensibilmente, ma lo stesso prof. Nazzani accenna a difficoltà incontrate nello esplorare le velocità a profondità maggiore di 5 metri.

La Relazione poi insiste sulla esattezza delle misure Perrone per le altezze e portate maggiori; ma senza volere per nulla dubitare delle misure stesse e del metodo adoperato, crediamo peraltro non potersi dare in modo assoluto il voluto grado di fiducia a simili misure di grandi portate, se non quando le misurazioni fatte contemporaneamente da due squadre di operatori in due distinte sezioni del fiume distanti sufficientemente fra loro, conducano a risultati fra loro concordi. Le anomalie che presentano le curve della profondità delle velocità massime e medie, e la diversità del loro andamento in una stessa sezione (vedansi ad es. le fig. 1-3 della Tav. IV) da una misura all'altra e con stati del fiume pochissimo differenti, devono pur metterci in guardia dal fare asserzioni troppo assolute. E ad ogni modo appare evidente la necessità di nuove e più numerose misure per altezze idrometriche superiori ad 8 metri, e di controllarne il grado di attendibilità operando simultaneamente in due sezioni del fiume e provvedendo ai mezzi indispensabili per ottenere con sicurezza e senza inconvenienti la misura delle velocità a diverse profondità sotto il livello della corrente.

*

Determinate colle osservazioni locali e colle misure dirette e tutte le precauzioni possibili, le portate di massima magra in ogni parte del Tevere, a partire dall'origine o, come dicono, dalle vene del Tevere, ridotte a soli 6 litri di portata, e fatte le medesime determinazioni per tutti gli influenti man mano che si incontrano, e tenendo conto così di tutte le immissioni, si giunge all'idrometro di Ripetta con una minima portata di mc. 97, la quale non differisce troppo da quella di mc. 90, ammessa in base alle indicazioni dell'idrometro ed alla scala delle portate calcolata in precedenza. Ed

(1) Ing. TOMASO MONTANARI, *Calcolo della portata del Tevere, secondo i rilievi idrometrici ufficiali*. — Roma, 1883, a pag. 12 e seguenti.

(2) I. NAZZANI, *Misure di velocità nel Tevere*. — Roma, Tip. del Genio Civile, 1882.

a questo proposito vuolsi anzi osservare che la massima magra di mc. 90 sopradetta è l'estrema a cui si è giunti in 75 anni, essendosi verificata solo nel 1834. Ma le magre degli altri influenti sono state calcolate in base alle indicazioni posteriori al 1870, per cui se a tutti gli influenti si applicassero le riduzioni relative a quella siccità, si giungerebbe al minimo sopradetto, sebbene non sia possibile indagare quale magra ognuno degli influenti avrebbe avuta in quell'anno, mancando qualsiasi elemento per simili determinazioni.

Del resto, come la cifra risultante dalla somma delle singole magre, calcolate per ogni influente, rappresenta appunto la portata di una delle più forti magre verificatesi nel Tevere, eccezione fatta di quella del 1834, nella carta idrografica vennero riportate le portate di magra così trovate e non quelle che deriverebbero da quella eccessiva del 1834.

V. — PENDENZE.

Nelle parti più montane del bacino del Tevere essendovi intere regioni nelle quali non erano mai state fatte per l'addietro nè livellazioni, nè studi di progetti di strade od altre opere, fu d'uopo riferirsi alle carte al 50 000 od al 25 000 dello Stato Maggiore, sulle quali però le quote segnate si riferiscono al piano di campagna o a manufatti prossimi all'alveo e non al pelo dell'acqua.

Ma da Perugia al mare per il Tevere, da Peschiera alle Marmore per il Velino, da Collestata ad Orte per il Nera, si hanno livellazioni esatte.

Epperò sulla carta idrografica vennero segnate le quote dei punti estremi di ogni tratto, la distanza in chilometri, e la pendenza stessa, tanto per l'arteria principale quanto per gli influenti di qualche importanza.

Per il tratto dalle Vene del Tevere, a m. 1268 sul mare, sino all'idrometro del Ponte Nuovo, sotto Perugia, a metri 161,05, le quote dei diversi punti considerati sono state ricavate dalle tavolette al 50 000 dell'Istituto Geografico Militare.

Dal Ponte Nuovo comincia la livellazione regolare del Tevere, fatta dagli ing. Manfredi e Bottari nel 1732, fino ad Orte foce. Gli elementi di questa livellazione trovansi riportati nella Relazione per la carta idrografica del Tevere dal volume pubblicato dal Ministero dei Lavori Pubblici nel 1878, *Sull'idrografia e sull'idraulica fluviale in Italia*.

Infine, per avere le pendenze dell'ultimo tronco del fiume, la Relazione ricorre alla livellazione da Orte al mare fatta dal Genio Civile di Roma sul finire del 1876, e che è riprodotta dal volume sopracitato del Ministero dei Lavori Pubblici, dalla quale è pure risultato che lo zero di Ripetta, che ritenevasi corrispondente al livello del mare, è invece di m. 0,971 più alto.

Registrate in apposito quadro le pendenze chilometriche di magra del ramo principale, necessarie a determinare la forza motrice di cui il fiume è capace, vennero cogli stessi criteri determinate le pendenze dei principali tributari.

VI. — FORZA MOTRICE.

Le forze motrici disponibili nei diversi punti, calcolate in base alle portate di massima magra, sono evidentemente le minime che si potranno sviluppare; epperò la capacità degli impianti potrà essere aumentata anche di un quarto, poichè sarebbe eccessiva prudenza il perdere una quantità d'energia solo perchè per breve tempo e a lunghi periodi potrebbe venir meno.

Lo stesso non potrebbe fare se le acque dovessero essere rivolte alla irrigazione, perchè l'acqua in tal caso è tanto più necessaria quanto più arida corre la stagione, e quando appunto si verificano le più sentite magre, onde non puossi fare

assegnamento su ciò che verrebbe per lo appunto a mancare nei momenti di maggiore necessità.

La forza motrice venne calcolata per ogni chilometro di canale e non per lunghi tratti di fune, perchè non sempre alle lunghe derivazioni prestasi il terreno, mentre quasi sempre è adattato per quelle brevi. Solo nel caso di cascate o di forti pendenze non divisibili venne indicato il totale della forza utilizzabile.

Nel calcolare i dislivelli utili, si suppose che i canali di derivazione abbiano la pendenza del 0,25 per mille, ad eccezione del tratto del Tevere da Orte a Roma, per il quale si ammette il 0,133.

Senonchè la Relazione avverte che, per non danneggiare la navigazione ed anche per ragioni igieniche, nelle forti magre non sarebbe permesso derivare forse nemmeno la metà dell'acqua corrente, per cui l'energia possibile ad essere prodotta si ridurrebbe alla metà di quella calcolata. Ed avverte pure alle difficoltà tecniche ed economiche, ed alla poca quantità di forza motrice in confronto della grande massa d'acqua necessaria, occorrendo scavare e costruire un lungo canale prima di guadagnare un salto utile, non essendo possibili derivazioni di mediocre lunghezza per la grande altezza delle sponde del fiume sulle magre, senza ricorrere alla non meno difficile soluzione delle dighe mobili. E da tutte queste osservazioni la Relazione ne deduce non doversi in generale ritenere proporzionali alle colossali opere occorrenti i benefici che si potrebbero ottenere da una derivazione del Tevere a scopo di forza motrice, per quanto da Orte a ponte Milvio, cioè sulla distanza di km. 114,20 e col totale dislivello di m. 35,18, pur ammettendo per la pendenza del canale una perdita di m. 15,19, e pel franco delle piene altra perdita di m. 7, risulterebbe ancora la poesia di 12 643 cavalli-vapore teorici.

Nè a valle di Roma si potrebbe essere in condizioni migliori, sia perchè in questo troneo è più attiva la navigazione e vi è a monte la parte arginata, sia perchè la campagna è di 3 a 4 metri più elevata della quota di magra del Tevere.

*

Prosegue la Relazione a calcolare la forza motrice ricavabile dai principali influenti in ordine progressivo, discendendo il corso, e tralasciando naturalmente i tratti nei quali la forza motrice è di già più o meno bene utilizzata.

E chiude il capitolo una tabella riassuntiva delle portate minime e delle energie ricavabili dal Tevere e suoi influenti nei diversi tronchi ed in tutto il bacino, registrandosi di ogni tronco la lunghezza in chilometri, la portata minima, non che la forza motrice per ogni chilometro di canale.

VII. — UTILIZZAZIONE DELLE ACQUE.

Le sorgenti e le acque correnti del Tevere e dei suoi influenti sono ancora in piccola parte utilizzate per forza motrice, lo sono poi pochissimo per l'agricoltura. La tendenza generale è in questi ultimi anni rivolta alle grandi derivazioni, le quali in generale presentano difficoltà enormi tecniche e finanziarie per essere utilizzate, specialmente per raccogliere i capitali ingenti necessari e conciliare i vari interessi che possono urtarsi. Tuttavia fin che trattasi di produrre forza motrice, le grandi derivazioni sono quelle soltanto che possono rendere compatibili le spese d'impianto, sempre assai rilevanti. Ma quando trattasi di irrigazione, possono invece convenire le modeste prese per la maggiore facilità di associare quel ristretto numero di proprietari che vi possono essere interessati. D'altra parte, ai fiumi dell'Italia Centrale mancano o sono pochissime le vaste pianure che potrebbero dar luogo alla grande irrigazione, mentre abbondano quelle mediocri.

In questi giorni una grande trasformazione si prepara nella trazione ferroviaria colla sostituzione dell'elettricità al vapore, e quindi dell'energia idraulica al carbone. Si spera così di poter utilizzare tutte le grosse fonti d'energia prossime o lontane dalle linee, e le stesse grosse sorgenti perenni internate nelle gole dei monti.

La quale prospettiva spinge a rivolgere particolarmente l'attenzione prima agli usi dell'acqua per forza motrice, e poi all'irrigazione, tanto più che questa può praticarsi quando l'acqua ha già ceduto all'industria la parte maggiore della sua energia, essendochè in generale ove sono le forti pendenze, mancano le pianure irrigabili, e queste si svolgono dopo che i fiumi si sono ridotti a lento corso.

*

Tutto l'alto Tevere, fino al Singerna, non è usato, nè può esserlo in grande scala per l'irrigazione. Ma le scarse acque sono di già usate dovunque a muovere opifici, specialmente molini, aiutati all'uopo dal servizio intermittente delle vasche di raccolta. Utilizzando parecchi tratti del corso del fiume che non lo sono ancora, sostituendo alle antiche ruote a treccine le moderne turbine per grandi cadute, non sarà tuttavia impossibile il portare a distanza l'energia elettrica occorrente all'illuminazione dei piccoli centri abitati.

A valle del Singerna, il Tevere è utilizzato in tutta la pianura di San Sepolero, per quanto lo comportano le sue magre. Non vi sono salti di qualche valore; occorrerebbero troppo lunghi canali per ottenerli. Invece l'irrigazione potrebbe introdursi in sostituzione di qualche opificio non più consentaneo ai moderni progressi della meccanica.

A valle di Città di Castello e fino al Chiagio, il Tevere corre quasi sempre incassato, e ben piccoli sono i tratti ove potrebbesi irrigare, a meno di servirsi di parte dell'acqua come forza motrice destinata a sollevare la porzione occorrente all'irrigazione. Senonchè le piene repentine e poderose richiederebbero dighe ed altre opere di presa e di difesa troppo costose. E lo stesso deve dirsi per il tronco dal Chiagio ad Orte, ove utili impianti di edifici potrebbero farsi, come ne danno esempio gli esistenti molini.

Da Orte a ponte Milvio, come già si disse nel capitolo precedente, non si può pensare ad alcunchè di pratico nè per irrigazione, nè per sviluppo di forza motrice.

A valle di Roma, qualche derivazione potrebbe ritenersi possibile al di sotto del ponte della ferrovia per Civitavecchia, cioè ove la magra del fiume è a meno di m. 5 sul mare, ma occorrerebbero dighe per alzarne la presa, e sono in corso studi di valenti ingegneri per giudicare se ciò si possa fare senza nuocere alla navigazione o produrre qualche disturbo al regime del tronco urbano. Ma si prevede che non sarà un problema di troppo facile soluzione.

*

In più favorevoli condizioni del ramo principale sono la maggior parte degli influenti.

Il *torrente Afra*, già molto utilizzato per le industrie a San Sepolero, ove un canale a fianco della città anima opifici e serve all'irrigazione, ha ancora nel tratto a monte la possibilità di fornire, con la sua forte pendenza, discreto numero di cavalli-vapore.

Il *torrente Assino*, alimentato da una sorgente perenne e dotato di forte pendenza, è utilizzato per irrigazione e per opifici; ma il tronco inferiore, più pendente ed inattivo, potrebbe dar luogo a qualche nuovo e forte impianto, utilizzando almeno 200 cavalli-vapore.

Il *fiume Chiagio* ha il suo primo ramo abbastanza bene utilizzato per forza motrice; le sorgenti di Gualdo Tadino sono pur esse usufruite per forza motrice e per irrigazione;

presso Bastia il fiume è derivato quasi tutto e condotto a muovere vari opifici, ma a monte di Bastia sarebbe possibile una maggiore utilizzazione favorita dalla vicinanza della ferrovia e di alcuni centri industriali e di ricca agricoltura; invece a valle di Bastia nulla è possibile fare in causa delle inondazioni che si succedono abbastanza gravi.

Il *fiume Topino* in tutto il suo corso è molto utilizzato, ed anche gli influenti suoi sono sfruttati abbondantemente e per irrigazione e per muovere opifici. Ma la capacità produttiva di questi corsi d'acqua, quella specialmente del Menodre, è tutt'altro che esaurita. Ed a Foligno, città attiva quanto mai, sono in corso studi per qualche grosso impianto da cui trasmettere poi l'energia a Foligno. Del Clitunno invece meglio sarebbe sopprimere le derivazioni destinate ad opifici, sostituendovi la forza producibile dal Menodre per rivolgere tutte le sue acque all'irrigazione.

Il *fiume Paglia*, scarso di acque perenni, è pressochè tutto impegnato in usi industriali, e nelle ore di riposo per l'agricoltura. Ad aumentare la forza motrice non si rifiuterebbero le sorgenti dell'Amiata, intorno a cui i boschi immensi e le ottime trachiti potrebbero dar lavoro a segherie di vario genere e a macchine analoghe, sempre quando i prodotti potessero introdursi sui mercati.

Per il *fiume Nera*, in questi giorni di illuminazione e di trazione elettrica, non è più improbabile veder sorgere qualche modesto o grande stabilimento nell'alta valle del Nera, o qualche linea di tramvia elettrica, e certamente verso Triponzo troverebbe più facilmente luogo un impianto di meccanismi per fruire dei forti dislivelli del fiume Corno e del Nera stesso.

Lo stesso non può dirsi del *fiume Velino*, al di sopra della cascata, per le minori pendenze e le condizioni topografiche meno favorevoli; tant'è che la città di Rieti, situata in mezzo a ricchi corsi d'acqua, andò alle Marmore a ricercare la forza necessaria alle dinamo per la sua illuminazione elettrica.

Il Nera, nel suo incontro col Velino alle Marmore, ha offerto campo opportuno a grandiosi opifici, che non hanno gli uguali in Italia. L'acciaieria, la fabbrica d'armi, il jufificio e altri numerosi sono là ad indicare quanto l'industria abbia saputo trarre profitto da quella forza naturale. E con tutto ciò dalla celebre cascata sono stati tolti soltanto 3 mc. dei 38 che essa ha nella massima magra, la quale potrebbe quindi essa sola offrire ancora 77 mila cavalli-vapore.

E quand'anche non si volesse sacrificare la cascata nel suo salto principale, di circa 100 metri, potrebbesi dai salti minori, ancor prima che il Velino si congiunga al Nera, avere 60 m. circa utilizzabili, i quali darebbero tuttavia 28 mila cavalli-vapore.

A valle di Terni, all'attività industriale subentra l'agricola; dai canali Sersimone e Cervino è irrigata gran parte della pianura; la breve pendenza del fiume non permetterebbe impianti poderosi confacenti alla ricchezza del fiume.

Al ponte di Augusto, sotto Narni, si riscontrano nuovi forti dislivelli fino alla stazione di Nera-Montoro, nel qual tratto potrebbe ricavarci una forza di 23 mila cavalli-vapore. Con i continui progressi dell'elettrotecnica, non è nemmeno improbabile che un giorno non convenga trasportare a Roma, o sulla linea di Roma, tutta o parte di quell'energia, alla quale la capitale potrebbe offrire conveniente impiego.

Il *fiume Farfa*, appena viene impinguato dalle omonime sorgenti, è capace di sviluppare grandi energie. Il progetto ventilato di irrigare la zona ondulata dell'ultima parte della valle ed anche di quella del Tevere, non diminuirebbe che in menoma parte, e nel luogo meno adatto, la possibilità degli usi industriali; e la non soverchia distanza da Roma, di circa 40 km., poco dissimile da quella di Tivoli, permetterebbe un conveniente trasporto di energia; anche la tanto

discussa ed utile ferrovia Corese-Rieti potrebbe avere esecuzione colla trazione elettrica.

Il fiume *Aniene* è utilizzato sufficientemente presso i centri abitati, ed a Tivoli e Subiaco quasi completamente. Ma la Relazione chiama particolarmente l'attenzione sulla forza che potrebbe svilupparsi al di sopra di Subiaco e in qualche tratto presso Mandola e fra Vicovaro e Tivoli, la quale, non trovando utile applicazione in quelle regioni, potrebbe trasportarsi a Tivoli in surrogazione di quella che, in base ad antichi diritti e con molto sciupio, è adibita a piccoli motori e minuscoli opifici, e che, raccolta e meglio usata, potrebbe con maggior profitto condursi a Roma senza danno degli antichi utenti.

Della forza minima di circa 27 mila cavalli-vapore sviluppabile dalle cascate a ponte Luciano, ora la metà almeno è completamente perduta, ed il resto adibita a motori che non utilizzano la metà di quella a cui hanno diritto.

I numerosi fossi od *influenti minori del Tevere* da Orte al mare esigerebbero molti anni per essere tutti studiati dal punto di vista dell'utilizzazione delle loro acque. Ma è certo che, a cominciare dal fiume Cremere o di Valchetta per finire a quello di Malafede, qualche migliaio di ettari attorno a Roma potrebbe rendersi irriguo con benefici immensi, specialmente estendendo le colture speciali e non ultima quella ortiva, la quale ora trae dalle provincie limitrofe troppo forte sussidio.

Il fosso Buttero, che, alimentato dalla sorgente Cecchiagnola, fu in questi ultimi anni derivato a vantaggio dell'agricoltura, dovrebbe essere d'esempio per altre opere consimili che potrebbero sorgere nelle vicinanze, specialmente attorno il fosso di Malafede, il quale mantiene discreta portata estiva ed ha estesa pianura sottostante.

Ogni parziale derivazione irrigua esigerebbe naturalmente uno studio apposito, ma fin d'ora può dirsi che il costo di tali opere non sarebbe eccessivo, perchè le condizioni orografiche della campagna si prestano assai bene alle piccole derivazioni, trovandosi le pianure non lontane dalle valli a forte pendenza, cosicchè i canali, per dominare i terreni da irrigare, non avrebbero bisogno di lunghi percorsi, nè di alte dighe od opere consimili.

VIII. — LE TORBIDE DEL TEVERE.

Per cura della Stazione Agraria di Roma, si incominciarono il 17 gennaio 1873 e furono proseguite giornalmente fino al 1878 le osservazioni a Ripetta sulle torbide del fiume Tevere, e le tabelle relative trovansi riportate nel volume: *Rilievi, osservazioni ed esperienze sul fiume Tevere* (Roma, tip. Eredi Botta, 1882), pubblicato dal Ministero dei Lavori Pubblici, Direzione Generale delle opere idrauliche.

Ma chi si limitasse a consultare quelle tabelle, sarebbe a primo aspetto colpito dalla differenza fortissima che per altezze idrometriche poco diverse si riscontrano nei numeri che danno il peso delle torbide. Con altezze idrometriche comprese fra m. 5,50 e m. 6, si va da gr. 12 a gr. 10 620; con altezze comprese fra m. 7,5 e m. 8, si va da gr. 124 a gr. 42 646. Egualmente forti sono le differenze da un giorno all'altro; così, mentre il 19 ottobre del 1873 con l'idrometro a m. 5,89 si ebbero gr. 74, l'indomani, con appena 10 centimetri di aumento all'idrometro, si saltò a gr. 10 620 di torbida.

Ora tutte le anomalie spariscono e le enormi differenze risultano spiegate, appena si badi alla natura litologica dei bacini del Tevere e de' suoi influenti, ed alla diversa attitudine delle varie rocce a lasciarsi sgretolare e dilavare dalle acque di pioggia. Secondo la regione che è più colpita dalle piogge, puossi avere maggiore o minore ricchezza di torbide nel Tevere a Ripetta; onde le osservazioni stesse, fatte colla

massima accuratezza, vogliono essere esaminate in rapporto alle osservazioni idrometriche delle diverse regioni di tutto il bacino sulle quali è caduta la pioggia. E così la fenomenale torbida di gr. 42 646 verificatasi il 31 agosto 1874 con soli m. 7,93 all'idrometro di Ripetta, si spiega con le abbondanti piogge, avvenute nei giorni precedenti, sulla bassa valle del Nera e in quella del Tevere, da Orte a Perugia.

Così pure potrebbe a primo aspetto sembrare che il periodo delle osservazioni, sebbene continuate per sei anni, non sia stato abbastanza lungo per poter determinare con sufficiente approssimazione ciò che ha più interesse per il fiume, ossia la media quantità annua di materie convogliate al mare. Ma anzitutto è fuori dubbio che in ben 2170 osservazioni se ne ha un numero sufficiente per le altezze normali del fiume ed un numero discreto per le piene ordinarie, onde per le altezze idrometriche comprese fra le magre ordinarie e le piene pure ordinarie, la media è attendibilissima.

Per le magre straordinarie, cioè inferiori a m. 5,50 (antica lettura), non si hanno, è vero, che due osservazioni; ma siccome per due anni solo in 75 anni l'idrometro scese a m. 5,34, così dal lato pratico nessun valore hanno le determinazioni relative a tali magre, e gli errori che ne deriverebbero non graverebbero in modo apprezzabile sulla media generale.

Per le piene straordinarie, cioè superiori a m. 11 dell'idrometro, si posseggono ancora fino a m. 13 sufficienti osservazioni sulla proporzione delle torbide da poter ritenere praticamente esatte le medie risultanti. Invece vi è deficienza sensibile al di sopra dei m. 13, e sopra i m. 15,25 mancano completamente. Ma siccome in sei secoli l'idrometro di Ripetta sorpassò i m. 17 soltanto quattro volte, in 75 anni per una volta soltanto superò di pochi centimetri quell'altezza, e solo due volte raggiunse i m. 16 ed altre due volte sorpassò i m. 15, ed in media può dirsi che soltanto una volta ogni tre anni abbiasi avuto un giorno con altezze che superarono i m. 14, così riesce ovvia la conclusione che il Tevere, in media, solo per un giorno e qualche ora all'anno si mantiene oltre i m. 13, e così riesce evidente che anche facendo la media delle torbide con le osservazioni che si posseggono, si avrebbero incertezze soltanto sopra 1/360 circa del periodo osservato, ossia l'errore probabile sarebbe per un tempo così breve, che, se anche fosse grave, non influirebbe in modo apprezzabile sul risultato finale. Aggiungasi, infine, che le maggiori torbide non corrispondono alle maggiori altezze idrometriche, perchè le acque dei bacini costituiti da calcari ed altri elementi sgretolabili, diluiscono quelle provenienti dai bacini formati da sabbie, arenarie e scisti.

Orbene, dividendo il peso totale delle torbide, gr. 3 177 091, per il numero totale dei giorni di osservazione 2170, ne risulterebbe la media generale di gr. 1464 per ogni metro cubo di acqua convogliata dal fiume.

Il modulo del Tevere essendosi, come abbiamo detto, determinato in mc. 230, ne risulterebbe che il Tevere convoglia mediamente in un anno circa 10 618 802 tonnellate di materiali, i quali, avendo il peso specifico da 1,8 a 2,3 ed in media di circa 2, equivalgono a mc. 5 309 401 di sedimentazione all'anno.

Potrebbebbi obbiettare che la media sovra esposta, comechè ricavata da osservazioni fatte prima dei lavori di sistemazione del tronco urbano, potrebbe avere cambiato per la variata pendenza; ma devesi pure osservare che i nuovi murazzi sono più distanti fra loro che non fossero le antiche rive, e se le pendenze nel tratto arginato sono state modificate, la pendenza generale è rimasta costante; epperò quando cesseranno gli interrimenti, nei punti a questi esposti non si verificheranno più depositi parziali di torbide.

*

Dovremmo ora considerare quali effetti potrebbe avere la suindicata quantità di materia trasportata dal fiume sugli interrimenti nell'alveo, sull'avanzamento della foce e sulla possibilità di colmare delle zone depresse.

Ma quest'ultima questione può senz'altro escludersi, perchè omai il bonificamento delle terre paludose prossime al fiume, cioè gli stagni di Ostia e di Maccarese, è di già quasi ultimato con altri sistemi, ossia col prosciugamento per mezzo delle macchine idrovore.

Quanto agli interrimenti, i luoghi che presentano maggiormente questo fenomeno (di cui sono ovvie le cause) nel tronco urbano del Tevere, sono:

Sulla sponda *destra*: due tratti, prima e dopo del ponte Margherita; altri due, a monte ed a valle del ponte Umberto I, ed uno a Ripagrande;

Sulla sponda *sinistra*: un tratto al nuovo porto del Popolo, uno al ponte Elio ed uno al ponte San Giovanni dei Fiorentini. Inoltre è interrimento completamente il ramo sinistro del fiume all'isola di San Bartolomeo, cominciando prima del ponte Garibaldi.

Nel centro del fiume poi, a 100 metri dopo il ponte Margherita, e più precisamente al punto d'incontro della corrente dell'arco centrale colla corrente meno veloce dell'arco di sinistra, incominciò nel 1894 un deposito, che ora ha quasi raggiunto il pelo di magra, formando un isolotto subacqueo, e che non tarderà a superare le magre.

Ora di simili interrimenti, dei danni che risente la navigazione, per non parlare della salubrità e dell'estetica, non che dei mezzi per porvi riparo, stanno occupandosi altri ingegneri, i quali già numerosi progetti hanno presentato ed ognor ne studiano dei nuovi.

*

Rimane a considerare l'interrimento maggiore, quello cioè che si produce lentissimamente sul fondo e che lo rialza gradatamente, e lungo la spiaggia del mare, ai due lati dello sbocco del fiume, protraendo sempre più la foce di questo. Quivi è veramente imponente la quantità di materie accumulate; la zona dell'interrimento si estende da Torre Paterno, cioè per 11 km. a sinistra, alla Torre di Palidoro, ossia per 20 km. a destra, formando un gran delta coll'apotea di circa km. 12, ossia colla superficie di kmq. 186, alla quale se si assegnasse lo spessore medio di m. 200 (lo spessore che si ha attualmente a km. 4 dalla spiaggia), si avrebbero mc. 37.200.000.000.

La foce del Tevere doveva trovarsi, in epoca remota, presso la stazione di Ponte Galera, perchè ivi è il principio del delta. Ai tempi di Anco Marzio, cioè al 633 avanti Cristo, la foce stessa era già pervenuta al posto ove trovansi le rovine di Ostia, da quel re fondata per avere un porto sul mare, ossia era già avanzata di m. 7900.

Dal già citato volume *Sull'idraulica fluviale in Italia*, edito dal Ministero dei Lavori Pubblici, si dedurrebbero sull'avanzamento totale di 12 km. della foce del Tevere i seguenti dati:

M.	7900	in	epoca	ignota
»	950	in	anni	743, cioè m. 1,28 all'anno
»	1750	»	»	1459 » » 1,20 »
»	550	»	»	111 » » 4,05 »
»	400	»	»	103 » » 3,38 »

le quali cifre non risulterebbero punto concordanti fra loro, probabilmente perchè non furono tutte bene determinate le epoche a cui si riferiscono.

Risulta intanto constatato che in 2500 anni circa la foce del Tevere avanzò di m. 4100, e che in questi ultimi anni la foce non si inoltra in mare con la rapidità degli ultimi

secoli, come può rilevarsi anche ad occhio da chi ha pratica di Ostia e di Fiumicino, ove vi sono palafitte che permettono apprezzamenti esatti.

Le conseguenze di questo avanzamento sono di due specie: utili e dannose.

Utili, in quantochè hanno creato una superficie piana di molta estensione, la quale, oggidì in gran parte bonificata, comincia ad essere molto remunerativa.

Dannose, perchè le terre di poco emerse dal mare e non ancora colmate o bonificate, rimangono fomite di malaria, e perchè coll'avanzarsi della foce si allunga il corso del fiume e se ne diminuisce per conseguenza la pendenza generale. E siccome questa diminuzione non si propaga in egual modo in tutto il corso, ma si fa sentire più forte nei tratti ove il letto del fiume è più pianeggiante, così quivi le acque, non avendo più la velocità sufficiente per convogliare le torbide che trasportano dall'alto, le lasciano depositare in parte, innalzando a poco a poco il fondo.

A Roma quest'innalzamento del letto del fiume, dall'epoca romana a noi, non deve avere ancora raggiunto un metro di altezza; tuttavia il problema di determinare fino a qual punto ed in quale proporzione sia avvenuta ed avvenga tale espansione degli interrimenti, non può essere utilmente risolto nè colle formole, nè cogli scarsissimi dati di osservazione che si posseggono.

IX. — REGIME DEL TEVERE E SUOI AFFLUENTI.

In quest'ultimo capitolo, che occupa più della terza parte di tutto il volume, si abbracciano tutti i fenomeni che influiscono sulle vicende dei corsi d'acqua dell'intero bacino, sia nei tempi delle magre che nei periodi delle piene. Ma lo studio prendendo naturalmente ad esame il regime di ogni singolo corso d'acqua nei diversi tronchi e quello dei laghi e sorgenti che li alimentano, non si presta naturalmente ad essere riassunto, nè a dedurne altra conseguenza generale che questa della quasi perfetta armonia esistente fra i dati forniti dall'idrologia e quelli della meteorologia, quando però tengasi diligente conto delle cause di dispersione, ossia dei fenomeni di evaporazione e di quelli di assorbimento delle rocce permeabili.

Abbiam visto come il modulo annuo del Tevere a Ripetta risultasse di mc. 230; la superficie del bacino a monte dell'idrometro essendo di kmq. 16 592, ne consegue che per alimentare tale modulo basterebbe una pioggia generale di mm. 437 all'anno, o meglio di mm. 441, se si tien conto dell'acqua tolta superiormente a Ripetta e condotta a Roma dagli acquedotti, che complessivamente è valutata di mc. 2 al 1''.

Ma l'altezza media annua di pioggia che cade sul bacino essendo di mm. 1073, ben si vede come i 3/5 circa dell'acqua caduta non scorra nel fiume.

*

A questo proposito il Geikie (*Text book of geology*, London, 1882) trovò pel Tamigi a Staines un modulo corrispondente ad 1/3 dell'altezza media annua della pioggia. Prima di lui (nel 1861) Humphreys e Abbot avevano trovato che il Mississippi scaricava in mare appena 1/4 della pioggia che annualmente cade sul suo bacino. Altri in Boemia, in Inghilterra ed in Francia trovarono da 1/4 ad 1/3. I quali rapporti sarebbero più forti di quello trovato per il Tevere.

Ma, per contro, abbiamo esperimenti in Italia che toglierebbero molto alle precedenti proporzioni. Il Lombardini calcola a m. 0,781 l'altezza di pioggia necessaria a mantenere il modulo del Po a Lagoscurò, mentre la media dell'acqua piovuta non arriva a mm. 1300, il che ridurrebbe a meno di 1/2 il rapporto fra l'acqua scorrente e la pioggia caduta.

Ed anzi essendo la media stessa, secondo gli *Annali di meteorologia* del 1883:

per l'alta pianura Piemontese	mm.	792
» la pianura Emiliana . . .	»	665
» » Veneta . . .	»	858
» l'alta pianura Lombarda . . .	»	1015
pei contrafforti Alpini . . .	»	1400

potrebbe ritenere che l'acqua scorrente nel fiume sia i 2/3 di quella piovuta. Il che, del resto, non sarebbe straordinario, se si osserva che la precipitazione invernale sugli alti monti è in forma di neve, la quale nell'estate si scioglie più rapidamente nella parte superficiale e corre ai rivi senza permanere lungamente sul terreno, che le Alpi sono in gran parte formate da rocce impermeabili, e che l'evaporazione sul terreno nella zona montuosa è di poca intensità.

*

Coloro i quali ammettono in 1/3 il rapporto precedente, ritengono che gli altri 2/3 si disperdano metà per evaporazione e metà per assorbimento del terreno.

Ma l'evaporazione vuol essere considerata così sulla superficie delle acque come sulla superficie del suolo, e l'assorbimento può farsi sia per l'alimentazione della vita vegetale ed animale, sia per effetto di rocce permeabili che la conducono a versare in altri bacini.

Nel caso particolare del bacino del Tevere, le dispersioni fuori del bacino sono in piccolissima parte, e la Relazione ammette che per esse non siavi una perdita superiore a 2 metri cubi.

L'evaporazione ha luogo sullo specchio delle acque stagnanti e di quelle scorrenti negli alvei, ed è massima nei letti ghiaiosi e presso alle sponde, dove all'azione del sole e dei venti, come sulle acque quiete, aggiungesi il riverbero del calore accumulato dalle ghiaie e dai ciottoli, e in taluni casi il richiamo per capillarità alle superficie di acque subalvee.

Sulla evaporazione alla superficie delle acque in quiete o scorrenti, abbiamo alcuni dati di osservazioni fatte per cura dell'Ufficio Centrale di Meteorologia in città molto prossime all'alveo del Tevere; ma le osservazioni fatte all'aperto, che sono quelle che più interessano, sono poche; le più numerose sono quelle fatte al coperto dei raggi del sole. Tuttavia non è difficile constatare un rapporto.

Così a Roma, esperienze fatte per un ventennio (1872-1891) dai signori Calandrelli e Conti, diedero un'annua evaporazione all'aperto di m. 2,362, e la media evaporazione al coperto, riscontrata all'Osservatorio del Collegio Romano (1880-1887), fu di m. 0,885, donde il rapporto di 2,67 a 1.

A Lucca, osservazioni fatte per quattro anni, al sole ed all'ombra contemporaneamente, diedero rispettivamente m. 1,636 e 0,606, donde il rapporto di 2,70 a 1.

Si avrebbero dunque criteri abbastanza esatti per poter ridurre allo stesso termine tutte le osservazioni fatte in modi diversi.

Riassumendo quindi tutti i dati che possono interessare il bacino del Tevere e riducendo quelli osservati al coperto al valore che avrebbero se presi all'aperto, risulterebbero ancora dati sensibilmente sconcertanti, a seconda delle diverse località, cioè:

Fucino	evaporazione annua all'aperto	m.	1,850
Roma	»	»	» 2,362
Arezzo	»	»	» 2,414
Perugia	»	»	» 2,250

Inoltre è da ritenersi che tali cifre siano in ogni caso superiori sensibilmente al vero. Perchè in ben diverse condizioni di temperatura è l'acqua in un vaporometro, ordinaria-

mente di parete metallica sottile, contornata da ogni parte dall'aria, e nel quale, per le sue piccole dimensioni, l'acqua è facilmente portata alla temperatura esterna, — dall'acqua in un lago, dove la sola parte superficiale è esposta al riscaldamento. Oltrecchè un vento asciutto, avido di umidità, passa sul vaporometro, rinnovando ad ogni istante l'aria secca, mentre il vento che passa su di uno specchio d'acqua di vasta estensione, si avvanza già saturo a lambire le parti successive di quella superficie. Per queste ragioni si comprende che l'evaporazione sugli evaporimetri debba risultare maggiore che sui laghi e corsi d'acqua di vasta superficie.

*

Occorrerebbe dunque studiare il fenomeno in modo più naturale su qualcuno dei laghi compresi nel bacino del Tevere. Sul lago Trasimeno, ad esempio, un ottimo mezzo alla esatta determinazione ci sarebbe dato dall'idrometro, che regolarmente funziona presso la soglia dell'emissario, se fosse sussidiato dalle osservazioni pluviometriche e dalla scala di deflusso dell'emissario stesso. Si potrebbe in tal caso istituire prospetti conformi a quelli fatti dall'ing. A. Brisse per lo studio di regime del Fucino. Nondimeno la Relazione si prova a dedurre da quelle osservazioni idrometriche, le quali sono anche accompagnate dallo stato del cielo, qualche dato, limitandosi all'esame di alcuni periodi di siccità, durante i quali l'idrometro segnò altezze di portata nota. Facendo quindi la tara per i giorni piovosi, la Relazione arriva a ritenere di soli m. 0,850 l'evaporazione di 5 mesi, dal maggio al settembre inclusi.

Confrontando questa cifra colla corrispondente trovata dal Brisse, pel Fucino, che è di m. 1,201, si fa più forte il dubbio che i valori forniti dagli evaporimetri non siano conformi a quanto avviene realmente sulle vaste superficie di laghi e fiumi. E la Relazione non crede di errare assumendo per il Trasimeno la media annua di m. 1,30.

Sul riflesso poi che mentre il Trasimeno ha la superficie di 130 kmq., tutti gli altri del bacino sommati assieme non raggiungono i kmq. 18, ammette di potere, senza errore apprezzabile nel risultato complessivo, dare lo stesso coefficiente per tutti i laghi. Quindi essendo di kmq. 148 la superficie totale, e di m. 1,30 l'altezza dell'acqua evaporata, sarà di mc. 192 400 000 il volume dell'acqua in tal modo tolta annualmente al Tevere, che ridotta a portata continua costituirebbe un deflusso di mc. 6,1.

*

L'evaporazione sulla superficie delle acque correnti è più difficile a determinarsi. Sono tanti i coefficienti di variabilità, che è impossibile tenerne conto. Variabilissima è la temperatura dell'acqua in uno stesso giorno ed ora, a seconda dei punti di uno stesso corso d'acqua in cui viene osservata; così a mezzogiorno in agosto le acque del Velino e poi del Nera presentarono le seguenti oscillazioni:

Velino, prima della Peschiera . . .	18°
Acque della sorgente Peschiera . . .	10° 1/2
Velino al passo Ciccolano . . .	13°
Velino a Rieti . . .	15° 1/2
Velino a Piediluco . . .	23°
Nera a Terni . . .	27°
Nera a Stifone . . .	24° 1/2

La pendenza e la scabrosità del fondo influiscono pure notevolmente. Mancando quindi gli elementi per una sufficiente approssimazione, la Relazione crede per altro doversi adottare per le acque in moto un coefficiente superiore a quello scelto per i laghi, e tenendo conto della evaporazione negli alvei non completamente coperti dall'acqua, adotta senz'altro il coefficiente di m. 2.

Ed essendo di kmq. 16 in cifra tonda il totale della superficie bagnata, ne risulterebbe tolto annualmente al Tevere, sopra Ripetta, per evaporazione delle acque in moto, un volume d'acqua di mc. 32 milioni, che riferito al 1'' darebbe in cifra tonda la portata continua di 1 mc.

Ed un altro metro cubo devevsi ammettere per l'evaporazione dovuta alle acque subalvee. Vedesi intanto che questi due ultimi valori sono così piccoli, che qualunque errore in essi non avrebbe influenza sulle conclusioni a cui si vuol giungere.

Si avrebbe dunque:

Modulo calcolato	mc. 230
Acque condottate	» 2
» versantisi fuori del bacino	» 2
» evaporate (laghi, fiumi e subacquee).	» 8

Modulo totale mc. 242

Per soddisfare questo modulo basterebbe una pioggia distesa su tutto il bacino di m. 0,460. Ma essendo di m. 1,073 la media pioggia che sul medesimo cade annualmente, rimarrebbe un'altezza di pioggia di m. 0,613, che viene evaporata sul terreno od assorbita dalle piante.

Sul coefficiente d'evaporazione sul terreno non si hanno dati punto più precisi dei precedenti. Nella Scuola superiore di Agraria in Pisa sono stati iniziati recentemente alcuni esperimenti, dei quali non si conoscono ancora i risultati. Negli studi per il prosciugamento del Fucino è dato un valore annuo di m. 0,40, con una massima giornaliera di m. 0,002 065 in giugno, ed una minima di 0,000 387 in dicembre; e con una massima mensile di m. 0,064 in luglio ed una minima di m. 0,012 in dicembre. Ma non è detto come furono condotti gli esperimenti, quantunque questi siano durati un ventennio.

E sebbene tali dati si riferiscano ad una regione diversa, sotto molti aspetti, da quella del Tevere, essi cominciano col dirci che, alla quota di m. 700 circa, l'evaporazione terrestre potrebbe in certe circostanze raggiungere ancora una cifra elevata, la quale deve aumentare nelle posizioni più basse e più esposte di quella alle azioni atmosferiche.

S'è visto come l'evaporazione lacustre dalle osservazioni di quattro vaporimetri risultasse nel rapporto di 1,85 a 2,30, ossia di 1 a 1,24 fra il Fucino ed il Tevere; ora questa proporzione, dipendente dalle condizioni altimetriche e climatologiche e non da quelle geognostiche, dovrebbe mantenersi nell'evaporazione terrestre, e quindi da 0,40 per il Fucino dovrebbe salire a 0,496 per il Tevere. Osservando inoltre che da 0,40 a 0,562 è il rapporto della pioggia estiva per le due regioni, e tenendo conto della differenza dipendente dalla costituzione geologica ed orografica, la Relazione conclude che il valore di m. 0,625 per l'evaporazione dal terreno su tutto il bacino del Tevere (1), non è da ritenersi esagerato. Esso è d'altronde dedotto, come si è visto, da condizioni di fatto, quasi interamente accertate.

*

La Relazione si estende a considerare il regime di magra e quello di piena del Tevere a Ripetta, facendo notare il fenomeno della grande regolarità della magra (mc. 100),

(1) La Relazione ritiene inoltre che l'acqua dispersa sulle rocce permeabili sia soltanto di m. 0,183, ed essendo la superficie di queste circa 1/4 di quella dell'intero bacino, ne deduce che sugli altri 3/4 l'evaporazione media sia più forte, e propriamente di m. 0,772; e questa essendo ancora una media, proverebbe quanto debba aumentare tale coefficiente nelle regioni in condizioni favorevoli, in alcune delle quali può venire ad uguagliare l'evaporazione lacustre, e come potrebbero essere fallaci le deduzioni che si facessero dai soli esperimenti sul Fucino.

perchè alimentata da grosse sorgenti di lungo percorso sotterraneo, pochissimo sensibili alle prolungate siccità, mentre le acque colatzie dell'alto Tevere e dei rami secondari hanno una portata addirittura insignificante rispetto alla dotazione minima del fiume a Ripetta: e in quanto al regime di piena limitandosi per ora ad alcune considerazioni sul modo col quale sono alimentate le grosse piene del Tevere a Roma, non avendosi ancora la scala delle portate dei vari rami che compongono il corso maggiore, mentre si continueranno le osservazioni sulle piene stesse, onde avere fra pochi anni un materiale più completo per fare del regime delle piene del Tevere uno studio definitivo.

*

Segue un minuto studio del regime dei vari tronchi del Tevere; e passate in rassegna tutte le acque perenni che derivano dai monti calcarei compresi nel bacino del Tevere, i quali frmano come un gran massiccio, appena in qualche punto inframmezzato da rocce impermeabili, che vi si sono addossate, riempiendone i grandi avvallamenti, la Relazione ne conclude che la superficie totale di queste masse calcaree (comprendente i bacini del Chiagio, del Nera, del Farfa, dell'Aniene, ed alcuni altri che non hanno sorgenti proprie), è di kmq. 3874, a cui aggiungendo la metà della superficie delle rocce semipermeabili, per poter loro attribuire lo stesso coefficiente di assorbimento delle rocce permeabili, si giungerebbe ad un totale di rocce assorbenti di kmq. 4500 in cifra tonda. E poichè le portate minima e media delle sorgenti di qualunque genere, dipendenti dalle superficie predette, sarebbero rispettivamente di mc. 90,45 e 108,40; così, tenendo il coefficiente di assorbimento precedentemente adottato, occorrerebbe per alimentare tali portate un'altezza annua di pioggia assorbita di mm. 634 e 760. Ora, da quanto trovasi esposto nel capitolo dei Pluviometri, potendosi ammettere che la media, nella regione considerata, non è inferiore ai mm. 1250, così più chiara appare l'armonia fra la pioggia caduta e quella convogliata; anzi si sta al disotto della proporzione ammessa di 3/4, perchè si sono comprese le rocce semipermeabili, le quali molto probabilmente non hanno azione sulle portate continue. Togliendo queste ed aggiungendo la porzione fra Antrodoco ed Aquila, la quale evidentemente dà le sue sorgenti nel Velino, si avrebbe il coefficiente di mm. 824, che starebbe in più diretto rapporto con la pioggia caduta.

In conclusione si vede che, sebbene esaminati parzialmente i singoli bacini, ne risultino anomalie, presi nel loro assieme, le anomalie cessano, e scaturisce evidente la regolarità della circolazione sotterranea delle acque, le quali percorrono lunghe vie per arrivare alle più facili scaturigini, indipendentemente dalla configurazione esterna dei bacini.

*

Analogamente la Relazione passa in rassegna tutte le acque perenni che hanno dipendenza dal sistema vulcanico Laziale, nello scopo di studiarne anche qui il regime generale.

La superficie considerata è quella racchiusa fra l'Aniene, il Tevere, il mare e il fiume Astura, questo compreso, esclusa però quella piccola parte che versa nel fiume Sacco, che non ha acque sotterranee. E se ne esclude pure la parte entro le mura di Roma, essendochè lo studio delle acque sotterranee della città, le quali ben poca, e forse nessuna relazione hanno col monte Laziale, presenta, come ognuno può ben immaginare, difficoltà speciali che richiedono a vincerle lungo tempo e mezzi eccezionali.

La superficie esaminata è quindi di kmq. 1730, di cui la parte permeabile dei materiali del cono non è che di kmq. 290, ridotta a kmq. 270, poichè la superficie dei ba-

cini dei laghi di Albano e di Nemi formano sistema idrico separato, e quella delle pozzolane e tufi terrosi, alquanto permeabile, non è che di kmq. 200.

La portata delle scaturigini di tutto il sistema è di mc. 4,794 nelle forti magre, e di mc. 6,143 è la portata media annua.

Attribuendo alle pozzolane e tufi terrosi un potere assorbente metà di quello delle rocce permeabili, occorrerebbero per alimentare le due portate rispettivamente mm. 409 e 524 di pioggia sulla totale superficie.

Ma quel che è importante di rilevare è che tali formazioni vulcaniche, le quali dal loro aspetto esterno farebbero credere ad una fortissima permeabilità, sono meno permeabili dei calcari in genere e di quelli cretacei in ispecie, ed anche le più disgregate perdono molto del loro potere assorbente, poichè le acque devono lentamente in esse filtrare invece di scorrere, e durante le piogge dirotte vi avviene la saturazione, o meglio la costipazione, ed allora buona parte di queste è trattenuta sugli strati superficiali ed esposta all'evaporazione.

Per cui, e come conclusione, si deve ammettere che tutto il gran cratere dei colli Laziali versa le sue acque sotterranee nell'Aniene; che i laghi di Albano e di Nemi determinano la separazione fra i deflussi che scendono all'Aniene stesso, da quelli che scendono al Tevere ed al mare; che infine le acque che si versano in Tevere e nel mare provengono dalle falde esterne meridionali del gran cratere, al di sotto dei laghi, e dalle pendici dell'Artemisio.

*

Quale appendice allo studio del regime, la Relazione riporta per ultimo quanto si riferisce alla pianura alluvionale del Tevere da Roma al mare, riconosciuta in varie occasioni con trivellazioni fatte in punti diversi, per vari scopi, e precisamente ai Prati di Castello, per studiare il sottosuolo del Palazzo di Giustizia; ad Ostia per rinvenire acque salienti; sotto il Palatino, per rintracciare acque sotterranee.

I quattro fori di trivella in prossimità dei quattro vertici del Palazzo di Giustizia, essendo stati spinti a m. 36 a 40 sotto il piano stradale, e così a raggiungere con uno di essi m. 22 sotto il livello del mare, hanno fatto conoscere con esattezza la natura litologica del suolo ad una profondità mai prima esplorata.

Astraendo dai materiali di scarico, coi quali fu portato ai Prati di Castello il piano stradale del quartiere al livello di 18 a 19 m. sul mare, si incontrarono dall'alto al basso:

- Argille gialle, molto consistenti;
- Sabbie gialle, argillose, asciutte, consistenti;
- Sabbie, gialle o turchine, sciolte, acquifere;
- Argille turchine;
- Sabbie turchine sciolte.

Sembra fuor di dubbio che in epoca non molto lontana dalla fondazione di Roma, la campagna ove ora sono i Prati di Castello si trovasse a soli sei metri sul livello del mare, e ricoperta soltanto dalle sabbie alluvionali, e che d'allora in poi i depositi argillosi hanno acquistato un'altezza di oltre tre metri.

E in quanto al regime delle acque sotterranee, è pure risultato che tutti i pozzi praticati accusano, nelle magre, altezze maggiori del fiume a Ripetta, il che dimostra che l'alimentazione delle acque sotterranee, la quale non può essere fatta nè dalle colline circostanti, nè da piogge assorbite dalla pianura dei Prati stessi, è dovuta alle infiltrazioni dell'alveo del Tevere, più a monte di Ripetta. E invece è risultato che le acque sotterranee seguono perfettamente le oscillazioni del livello del fiume, verificandosi anche l'aumento di livello nei pozzi, senza che a Roma e dintorni abbia

piovuto. Ed allo stato presente non potendo l'acqua del fiume sottopassare i muraglioni del Tevere, che all'epoca degli esperimenti erano completi, sulla destra, dal Ponte Margherita al Ponte Sant'Angelo (1), deve ammettersi che essa si infiltri nella sponda al disopra di Ponte Margherita, e sfugga, dal tratto non arginato, sotto il Ponte Elio.

Risulta inoltre che l'acqua sotterranea dei Prati di Castello non può raggiungere il livello di massima magra del Tevere, perchè le sabbie argillose asciutte e le argille gialle soprastanti sono impermeabili; risulta infine che queste acque non possono scorrere, al massimo, che colla velocità indotta da una lentissima filtrazione.

Questo esame del sottosuolo dei Prati di Castello si riferisce alla pianura a destra del Tevere, prossima alle colline plioceniche, e non arrivò che a m. 22 circa sotto il livello del mare.

Ad Ostia, invece, sulla sponda sinistra, alla distanza di qualche chilometro dall'alveo, dove, per opera del Genio Civile, fu praticato un foro di trivella fino a m. 192 sotto il mare, per ricercare acque salienti, si riscontrarono le solite alternanze di sabbie ed argille come ai Prati di Castello; l'ultimo deposito, a m. 192 sotto il livello del mare, quando fu fermata la trivellazione, era costituito da sabbia turchina argillosa, uguale a quella rinvenuta ai Prati. Può dunque conchiudersi che a m. 192 sotto il mare, ad Ostia, continuano ancora i depositi del Tevere. Superfluo il soggiungere che di acque salienti non si trovò, nè si poteva trovarne traccia.

G. SACHERI.

CHIMICA APPLICATA

SULLE COMBUSTIONI SPONTANEE NEI DEPOSITI DI CARBONI (2).

Una questione di particolare importanza per le Compagnie di trasporto in generale si è quella della ricerca delle cause e quindi dei rimedi per difendersi contro un grave pericolo che presenta l'ammucchiamento dei carboni fossili, sia nei depositi a terra, sia nelle stive dei bastimenti nei lunghi viaggi transoceanici. E' noto che soventi si verificano degli incendi in queste grandi masse di carboni, con notevoli danni, come ognuno può facilmente comprendere, specialmente quando questi incendi avvengono in navigazione.

Quanto alle cause di queste combustioni spontanee non mancano in realtà degli studi, ed anche di una certa importanza, fatti da persone autorevoli.

Le conclusioni a cui in questi studi si giunse sono però spesso contraddittorie, sia sulle cause delle combustioni spontanee, sia sui mezzi di prevenirle.

Riguardo alle cause delle combustioni spontanee la maggioranza degli autori, d'accordo col Liebig, che trent'anni fa si occupò per il primo dell'argomento, opina che essa consista specialmente nell'ossidazione delle pirite, che in quantità più o meno grande sempre accompagnano i carboni, favorita dalla umidità.

Oltre il Liebig citeremo di questa opinione una Commissione reale inglese nominata nel 1877 per tali studi, l'Abel, il Percy, Cremer, Durand.

Il Richter considera questa soltanto come una causa secondaria dello sviluppo di calore necessario per arrivare alla temperatura della combustione spontanea, e che avrebbe importanza solo nel caso di carboni molto piritiferi e umidi. Egli ritiene anche la semplice ossidazione progressiva dei costituenti principali dei carboni come sufficiente a portare questi fino alla combustione spontanea.

(1) Essi furono affondati 10 metri sotto il fondo del fiume, che mediamente è a 4 metri sopra il livello del mare. Quindi essi scendono a m. 6 sotto questo livello.

(2) Dal *Giornale scientifico di Palermo*, anno VI, n. 11.

Fayol ritiene che la prima e più importante causa delle combustioni spontanee risiede nell'assorbimento di ossigeno per parte del carbone stesso, tanto più rapida quanto più questo è finamente diviso e più alta è la temperatura. Secondo lui l'accensione dei combustibili in polvere avverrebbe per la lignite a 150°, per i carboni da gas a 200, per il coke a 250°, per l'antracite a 300° e più.

Anche altri, come Hädicke, ritengono non avere importanza le piriti, ma che le combustioni siano dovute ai gaz che si sviluppano dai carboni.

Secondo alcuni infine, come il Lewes, la causa principale delle combustioni consisterebbe nella ossidazione dei componenti bituminosi dei carboni, e quindi sarebbe favorita dalla ventilazione.

Le conclusioni, che ci sembrano potersi dedurre dallo studio delle indagini diverse eseguitesi e dall'esame dei risultati, per quanto non molto concordi, a cui si pervenne, sarebbero le seguenti.

Devono presentare pericolo di combustioni spontanee tanto nei depositi a terra, quanto a bordo delle navi i carboni che offrano le condizioni qui appresso:

a) Carboni che contengono quantità notevoli di piriti, quando concorra l'azione dell'acqua per essere questi carboni bagnati od anche solo molto umidi. Non sembra presentare inconveniente quella quantità d'acqua che naturalmente si trova nel carbone;

b) Carboni molto ricchi di sostanze bituminose, che producono facilmente sostanze volatilizzabili e specialmente quando la temperatura venga ad elevarsi notevolmente.

Nei due casi sembra che sarà sempre nociva la ventilazione nell'interno della massa del carbone. Poichè nel primo caso questa non potrà mai essere così attiva da asciugare abbastanza rapidamente il carbone, in modo che non vi sia il tempo che l'azione combinata dell'ossigeno dell'aria e dell'umidità aderente ai carboni non producano delle condizioni opportune per le combustioni spontanee.

Nel secondo caso se la ventilazione potrebbe essere opportuna, per asportare rapidamente i gaz combustibili, d'altra parte può nell'interno della massa del carbone dar luogo ad una ossidazione rapida dei componenti bituminosi, ciò che potrebbe per sé solo, secondo alcuni, portare alla combustione spontanea.

Quindi mezzi preventivi contro le combustioni spontanee potrebbero essere i seguenti:

1° I carboni debbono contenere la minor quantità possibile di piriti;

2° I carboni debbono contenere poche sostanze bituminose in modo da produrre poche materie volatili, poichè anche se queste non potranno più essere causa diretta di combustioni spontanee potranno sempre favorirle e propagarle;

3° I carboni non si dovrebbero possibilmente introdurre bagnati nei depositi;

4° La ventilazione di questi depositi dovrebbe essere fatta solo nella parte più alta, in modo da asportare i gaz che possono svilupparsi dai carboni;

5° L'ambiente del deposito dovrebbe però essere per quanto possibile asciutto, e quindi in specie il pavimento di esso dovrebbe essere impermeabile all'acqua, e le aperture, porte o finestre, non permettere l'entrata dell'acqua in veruna contingenza. Per questa ragione non convengono in generale i depositi all'aperto.

I depositi all'aperto non convengono poi specialmente quando i carboni sono destinati ad essere caricati a bordo delle navi per lunghi viaggi.

Possiamo subito osservare che alle due prime condizioni è generalmente provveduto nei capitolati di onere delle Società di trasporti per l'acquisto dei carboni, essendo in essi per lo più imposto che il quantitativo di zolfo non superi l'1 0/10 e quello delle materie volatili il 18 a 20 0/10.

Esperienze dirette avrebbero dimostrato che fino al quantitativo dell'1 0/10 lo zolfo non abbia influenza per favorire l'ossidazione del carbone umido, mentre al 3 0/10 quest'influenza si farebbe già sentire in modo notevole.

Potrebbe anche essere una buona garanzia il far uso per determinati scopi di carboni provenienti da miniere, come

quelle del Sud-est e del Sud-ovest del Glamorgan, che fanno capo a Cardiff, nelle quali si hanno i carboni semi-bituminosi.

Quanto alla terza condizione essa non è sempre facile a soddisfarsi quando si debba fare necessariamente lo scarico del carbone in tempo di pioggia. Ma si potrebbe in parte riparare all'inconveniente se si disponesse di un locale di riserva, nel quale introdurre il carbone bagnato, senza mescolarlo subito alla massa del restante carbone, a cui comunicherebbe un'umidità che potrebbe essere anche più nociva dell'inaffiamento completo; essendo che in quest'ultimo caso l'acqua, che riempie i pori del carbone, può fare ostacolo all'assorbimento dell'ossigeno dell'aria.

I magazzini di deposito dei carboni dovrebbero sempre presentare un'ampiezza superiore a quella strettamente necessaria per le quantità di carbone che abitualmente vi devono rimanere depositate.

E ciò anche per una ragione di precauzione.

Difatti è buona regola, nel caso che avvenga una combustione spontanea, quella d'isolare il più rapidamente che si può la parte in ignizione, tenendola coperta con un grosso strato di carbone minuto, allo scopo di soffocare eventualmente le fiamme, ed impedire l'accesso dell'aria. Si deve per quanto è possibile evitare l'uso di acqua per spegnere.

Ora per eseguire rapidamente questo isolamento, il quale ha anche il vantaggio d'impedire il deterioramento di una maggior quantità di carbone, è necessaria una certa libertà di sgombero.

Abbiamo sopra detto come può presentare gravi inconvenienti l'introduzione nei depositi di carbone bagnato e come si potrebbe almeno in parte riparare ad essi disponendo d'un locale di riserva in cui introdurre il carbone bagnato, del quale si potrebbe anche servirsi, tal quale, per brevi navigazioni, oppure farlo asciugare per caricarlo quindi insieme col restante della massa.

Si comprende poi come tutte le precauzioni sopra indicate presentino una maggiore importanza per il carbone minuto che pel grosso, presentando quello maggior facilità per le combustioni spontanee.

Infine indicherò una norma che è stata proposta dalla Commissione reale inglese per i carichi a bordo e dal Kunath per i depositi dei carboni delle fabbriche di gaz luce, l'esplorazione di tempo in tempo della temperatura dell'interno della massa di carbone.

La detta Commissione reale inglese fra le altre norme indicò le seguenti: i carichi di carbone devono essere durante i lunghi viaggi di tanto in tanto in diversi punti esplorati col termometro, ed i risultati delle osservazioni iscriversi nel registro di bordo.

Il Kunath, che si è occupato molto del mantenimento dei depositi di carbone per fabbriche di gaz illuminante, propone di tenere introdotti nella massa di carbone dei tubi di ferro con entro termometri per osservare di tempo in tempo la temperatura, e sorvegliare così se perdura un eccessivo riscaldamento, che potrebbe portare alla combustione spontanea.

Questa precauzione non ha soltanto la sua ragion d'essere nel prevenire il pericolo di una combustione spontanea, ma può anche servire, secondo noi, ad un altro scopo molto importante.

Il riscaldamento di una massa di carbone, il quale può essere dovuto tanto al solo processo di ossidazione dei costituenti principali del carbone, quanto all'ossidazione delle piriti in presenza dell'umidità, può non solamente essere dannoso perchè, se eccessivo, può portare alla combustione del carbone, ma anche per ciò che esso determina un fenomeno di deterioramento del carbone.

È questo un fenomeno, che si produce per sé stesso nei depositi di carbone, noto da molto tempo, al quale però forse si dà minor importanza di quel che merita.

I carboni, anche della migliore qualità, dopo un certo tempo di deposito, e specialmente quando hanno subito dei riscaldamenti, dovuti a qualunque causa, presentano una diminuzione nel potere calorifico, nella produzione di coke, nella produzione di sostanze volatili combustibili.

Senza entrare nella esposizione delle cause diverse che possono determinare ed accompagnare questo fenomeno, ci-

terò subito alcuni risultati di esperienze dirette, e di osservazioni fatte sopra depositi di carbone.

Secondo sperienze di Richter dei carboni riscaldati per 14 giorni ad una temperatura di 70° a 80° presentarono una perdita di carbonio che andò fino a 1,76 per cento, ed una diminuzione nel potere calorifico che andò fino a 3,6 0/0; cioè un carbone che prima del riscaldamento presentava il potere calorifico di 8000 calorie, dopo non dava più che 7712 calorie.

Alcune determinazioni del Grundmann avrebbero dato i seguenti interessanti risultati su carboni, che avevano subito riscaldamento.

CARBONE N. 1.		
	Di recente estrazione	Dopo un anno di deposito
Carbonio	86,374	80,455
Idrogeno	6,001	5,137
Ossigeno ed azoto	7,625	14,408
Potere calorifico	7948	7061

CARBONE N. 2.		
	Di recente estrazione	Dopo un anno di deposito
Carbonio	84,832	80,383
Idrogeno	5,462	5,382
Ossigeno ed azoto	9,706	14,235
Potere calorifico	7638	6880

CARBONE N. 3.		
	Di recente estrazione	Dopo 9 mesi di deposito
Carbonio	87,132	82,805
Idrogeno	5,771	5,012
Ossigeno ed azoto	7,097	12,183
Potere calorifico	7966	7286

Si vede da questi risultati come dopo un solo anno di deposito si possa avere una perdita di più del 10 0/0 nel potere calorifico, se succede un riscaldamento per una causa qualunque nel carbone.

Si potrebbe dire, usando una frase comune, che anche il carbone, quantunque già fossile, invecchia talora nei depositi e diventa meno atto a produrre energia. Sarebbe adunque conveniente ridurre al minimo la sosta dei carboni nei depositi. Le Società ferroviarie francesi ed inglesi difatti prescrivono nei loro capitoli che i carboni debbano essere di recente estrazione.

Ad ogni modo converrà sempre sorvegliare i carboni, come si disse, esplorandone di tanto in tanto la temperatura dell'interno. Poichè se per caso si osservasse che questa temperatura arrivasse a più di 150°, converrebbe rimuovere quella porzione di carbone, onde esporla a raffreddamento, ed impedire anzitutto il deterioramento di essa (che si effettua con una certa rapidità a partire dalla temperatura di 170°) ed inoltre che per il progressivo riscaldamento si vadano propagando e acquistino intensità quei processi chimici per cui il carbone può essere portato alla combustione spontanea.

Se queste osservazioni della temperatura verranno fatte diligentemente e in punti opportuni ad intervalli di tempo non troppo grandi, noi siamo di parere che esse possano essere un mezzo efficace più d'ogni altro a prevenire non solo le combustioni spontanee, ma anche il deterioramento del carbone, che dovesse restare molto tempo depositato.

L'uso però degli ordinari termometri non è molto pratico per queste osservazioni stante la loro fragilità e la poca superficie che offrono i serbatoi che contengono la sostanza termometrica.

Si potrebbero usare dei pirometri, ma anche qui si ha da fare generalmente con strumenti piuttosto delicati nell'uso, specialmente per temperature non molto alte.

Perciò anche nella considerazione, che qui si tratta specialmente di avere un indicatore di una temperatura massima, che non si deve oltrepassare, noi proponiamo di usare dei pirometri, fondati sulla temperatura di fusione delle leghe, costituiti da un tubo di ferro di dimensioni convenienti, sul cui fondo si disponga un cilindretto formato da una lega, che fonda alla temperatura massima che non si vuole oltrepassare.

Sopra questo cilindretto appoggi con una sua estremità un'asticina di platino od in genere di un metallo specificamente più pesante della lega fusa, che passi per un foro centrale del coperchio di chiusura del cilindro come in una guida, ed in modo che esca dal coperchio di un'altezza uguale all'altezza del cilindretto (per esempio 2 cm.). Disponendo uno o più di questi apparecchi entro la massa del carbone, in posizione per quanto possibile verticale, ed in punti opportuni, quando in questi punti sarà raggiunta la temperatura di fusione della lega l'asticina si affonderà in essa e non si vedrà più sporgere fuori del cilindretto. Noi sappiamo essere facile trovare delle leghe convenienti.

Così per la temperatura di 150° abbiamo la lega costituita da:

Cadmio p. 2, stagno p. 4, piombo p. 2.

Essa fonde a 149°.

Per la temperatura di 170° abbiamo la lega:

Bismuto p. 8, piombo p. 30, stagno p. 24.

Essa fonde a 172°.

In tal modo si avrà un indice della temperatura alla quale è arrivata la massa di carbone nei diversi punti.

Prof. STEFANO PAGLIANI.

NOTIZIE

L'equazione caratteristica del vapor d'acqua. — Il prof. Battelli, che ha eseguito ricerche molto estese e molto accurate sulle proprietà termiche dei vapori, ha studiato pure fra questi particolarmente il vapor d'acqua (Accademia delle Scienze di Torino: *Memorie*, serie II, vol. 43, 1893, pag. 63-98), che è anche fra i vapori il più interessante dal punto di vista tecnico.

Misurando le isoterme del vapor d'acqua fra limiti estesi di pressione e di temperatura fino alla temperatura critica, il prof. Battelli ottenne per i valori corrispondenti del volume, della pressione e della temperatura, un ricchissimo corredo di dati di osservazione, i quali possono essere collegati colla espressione (tipo formula di Clausius):

$$p = \frac{RT}{v - \alpha} - \frac{mT^{-\mu} - nTv}{(v + \beta)^2} \quad (1)$$

nella quale T è la temperatura assoluta; p la pressione (in mm. di Hg) e v il volume specifico (di 1 gr. misurato in cm. cubici), e le costanti avrebbero i valori seguenti:

$$R = 3430,92 \quad m = 57\,288\,567 \quad n = 7711,6 \\ \mu = 0,22015 \quad \nu = 0,12235 \quad \alpha = 0,742 \quad \beta = 1,137.$$

Come si vede, questa formola contiene non meno di 7 costanti, ed è inoltre di forma molto complicata.

Ora il prof. O. Tumlirz di Vienna ha trovato che i risultati delle misure del Battelli fra le isoterme più basse e quella di +231°,41 C. si possono rappresentare con l'equazione semplicissima:

$$p(v + 0,008402) = 3,4348 T \quad (2)$$

nella quale p e T hanno gli stessi significati sopra detti, e v è il volume di un Cg. in m³, ossia i valori di R sono nella formola (2) 1000 volte minori.

Con una serie di tabelle numeriche, nelle quali sono riportati i risultati dei calcoli comparativi, il prof. Tumlirz dimostra che l'equazione (2) si adatta assai bene alle 242 osservazioni del prof. Battelli.

Ora la (2) contenendo solamente due costanti, e rappresentando la forma più semplice possibile della funzione, non può rimaner dubbio alcuno che essa sia l'equazione caratteristica vera pel vapor d'acqua entro i limiti sovra indicati degli esperimenti del prof. Battelli.

Il prof. Tumlirz fa inoltre osservare che dalla forma stessa della (2) scaturisce l'importante conseguenza che il vapor acqueo fra le isoterme — 6°,10 C. e +231°,41 C. è un gas perfetto. La quale proprietà vale sino in prossimità del limite di condensazione, ma non più per lo stato della saturazione.

Che il vapor acqueo sia un gas perfetto anche per isoterme inferiori a — 6°,16 C. non può mettersi in dubbio. Ma vuolsi pur notare la circostanza che il volume del vapor acqueo al disotto di 49°,46 C. è maggiore del volume che corrisponderebbe in quelle condizioni ad un gas perfetto. La quale circostanza è stata messa in evidenza dallo stesso prof. Tumlirz fin dal 1896 in una sua Memoria intitolata: *La divergenza del vapor acqueo saturo dalla legge di Mariotte-Gay-Lussac* (*Wiener Sitzber.*, 105, II, dicembre 1896). Ed ivi era stata spiegata con l'ipotesi che il vapor acqueo, quando si svolge dall'acqua che bolle a basse temperature, sia dissociato in parte allo stato nascente, e che tale dissociazione sparisca spontaneamente quando il vapore si lascia a sè stesso sotto la stessa pressione e alla stessa temperatura.

(Il Nuovo Cimento).

Sulle condizioni igieniche e sanitarie dei lavori al traforo del Sempione. — Come è noto, la galleria del Sempione, che si sta perforando, e che misurerà m. 19.731 di lunghezza, attraversa le Alpi ad un livello sul mare assai più basso di quello a cui passano le due altre grandiose gallerie del Frejus e del Gottardo. Abbiamo invero ai due imbocchi rispettivamente le seguenti quote di livello:

Sempione m. 633, 8 (Iselle); m. 636,98 (Briga);
 Frejus m. 1291,52 (Bardonecchia); m. 1158,96 (Modane);
 Gottardo m. 1145 (Airolo); m. 1109 (Goeschenen).

Onde si comprende quanto meno potrà costare la traversata delle persone e delle merci per il Sempione in confronto cogli altri passi.

Ma si comprende pure come si dovranno superare difficoltà assai più serie nello scavo e costruzione di tale galleria.

Niun dubbio rimane per quanto riguarda la tecnica dell'escavazione. Si è camminato assai colle tante perforazioni di montagne compiutesi nell'ultimo quarto di secolo. Si perfezionarono le perforatrici ed i mezzi esplosivi. Le lunghe e pazienti esperienze hanno permesso di raggiungere poco a poco una rapidità di avanzamento quale prima non era sperata.

Così 25 anni preventivati per i 12 chilometri del Frejus per la perforazione a mano, si ridussero a soli 14 colle perforatrici meccaniche; successivamente per i 15 chilometri del Gottardo bastarono 9 anni, ed ora si calcola di completare in soli 5 anni i 20 chilometri del Sempione.

Ma gli ostacoli che danno a gran ragione più pensiero in questa nuova opera sono quelli della troppo alta temperatura che si dovrà incontrare di fronte alla resistenza fisiologica dell'uomo, e della respirabilità dell'ambiente molto limitato e per giunta alterato dalla respirazione degli operai, dai mezzi di illuminazione, dagli esplosivi consumati in gran copia. Epperò non è esagerazione l'affermare che i più gravi e forse gli unici quesiti a risolvere in un'impresa come questa, stanno nell'ottenere una conveniente temperatura nei punti d'attacco delle gallerie, e nel provvedere una sufficiente rinnovazione d'aria, perchè l'opera dell'uomo vi sia possibile.

E sono questi i quesiti che prende ad esaminare il comm. Luigi Pagliani, professore d'igiene nella R. Università e nella Scuola degli Ingegneri di Torino, nella nuova Rivista quindicinale intitolata *L'Ingegneria igienista* dal chiarissimo professore diretta in unione all'ingegnere cav. Carlo Losio.

Delle due accennate difficoltà, la più imponente è quella dell'alta temperatura, la quale esercita un'influenza più rapidamente e sentitamente pernicioso sulle funzioni fisiologiche dell'organismo, mentre in quanto all'alterazione dell'aria, tutto induce a credere che coi potenti mezzi meccanici dei quali si dispone, riuscirà abbastanza facile il ricambiare l'aria in modo sufficiente attorno ai lavoratori. Ma è legittimo il dubbio che si abbiano sufficienti mezzi per riescire a vincere convenientemente il forte calore, quando sono le pareti stesse le potenti emanatrici di esso, e queste ne sono incessantemente rifornite dalla massa immane in cui sono tagliate.

Gli studi diligenti dell'ing. Stapff (1) nella galleria del Gottardo permettono di calcolare con abbastanza di approssimazione le temperature che presenterà la roccia nell'interno della montagna.

Se per il caso delle perforazioni di montagne si dovesse verificare la medesima scala delle temperature, quale risulterebbe dai dati concordanti dei diversi pozzi artesiani, pur volendoci limitare a ritenere di 35 metri il così detto *grado geotermico*, ossia lo spessore di terreno che corrisponde all'aumento di 1° centigrado di temperatura, si dovrebbe concludere che al traforo del Frejus per un'altezza di montagna sovrastante di m. 1609, essendo di 1°,5 la temperatura costante del suolo alla sommità, avremmo dovuto incontrare la temperatura di 47° circa. Ed al Gottardo per un'altezza o spessore di roccia di m. 1700, essendo di 0° la temperatura al culmine, avremmo dovuto incontrare la temperatura di 48°,5. Epperò al Sempione per un massimo spessore di m. 2160 dovremmo attenderci la temperatura spaventevole di 62°. Il che non presenterebbe nulla di straordinario, mentre a Rybnitz, nella Slesia, in sondaggi fino a 2004 metri nel suolo si arrivò a trovare 70°.

Per fortuna le cose nel fatto stanno diversamente per la montagna che per il piano. Al Frejus le osservazioni geotermiche, benchè incomplete, mostrarono che se prima si notava l'aumento di 1° per 24 a 33 m. di montagna soprastante, in seguito tale aumento si faceva solo per ogni m. 51,5 di spessore; per cui al centro invece di trovare il massimo di 47° si ebbe solo nella roccia un massimo di 29°.

Al Gottardo dalle molte precise osservazioni dello Stapff, raccolte durante 7 anni, è risultato il grado geotermico variabile da m. 20,5 a m. 52,3, e verso il centro, ossia per tutta un'estensione di m. 920 compresa fra m. 7000 dall'imbocco sud ed altrettanti dall'imbocco nord, la temperatura anzichè arrivare a 48° è stata soltanto di 30°,43.

In base adunque alle deduzioni dello Stapff, secondo cui l'aumento di temperatura nell'interno delle montagne devesi ritenere di 0°,0207 per metro di profondità reale sotto il suolo, dovrebbero ritenere molto

probabile che nel tunnel del Sempione, per un tratto di 6 a 7 chilometri, cioè da poco oltre 5 km. di avanzamento dal lato sud, e di 8 km. da quello nord si avrà nella roccia una temperatura superiore ai 38°, e che il massimo di temperatura deve prevedersi in tale tratto fra 42 e 45°.

Invece la Compagnia assuntrice dell'opera, in base ad un interessante Relazione dell'ing. G. E. Lommel (1), già direttore della Compagnia del Sempione, nella quale alla teoria dello Stapff si rivolgono appunti in parte fondati, ma vi si contrappone altra teoria a sua volta troppo ottimista, aveva preveduto che la temperatura della roccia non sarebbe stata guari superiore a 30°.

Per ora intanto si conoscono le seguenti temperature (t°) ufficiali: Alle distanze dagli imbocchi di:

m.	50	100	200	300	400	500	600	700	800
t°	9°,6	10,6	10,75	12,15	12,8	14,5	15,5	15,9	15,9
t°	12°,5	14,7	16,2	18,7	20,8	21,3	24,2	25,1	26,2

Risulta inoltre che all'avanzamento di 1400 metri dal lato di Iselle, è stata già notata la temperatura di 30°.

Non pare dunque esagerata la previsione per il centro del tunnel di una temperatura per la roccia di 42°, e che in molti momenti della lavorazione, per le persone che vi lavorano, per i lumi necessari ad ogni operaio, per l'accensione dei materiali esplosivi, ed il calore trasmesso ai massi staccati dall'esplosione, la temperatura possa arrivare a superare i 45°.

*

Quali siano gli effetti di così alte temperature sull'organismo nelle condizioni particolari del lavoro in simili gallerie, si possono prevedere riferendoci alle impressioni ed ai pochi dati raccolti nella galleria del Gottardo dallo Stapff, durante un periodo di tempo abbastanza lungo, ed a quelli registrati dallo stesso prof. Pagliani in una visita fatta alla stessa galleria nei giorni immediatamente successivi a quello dell'incontro dei due cunicoli di avanzamento.

Dai dati sperimentali che si posseggono sugli animali, dai referti circa i lavori nelle gallerie, e dalle osservazioni dello Stapff, e proprie, il prof. Pagliani conclude che:

1° Un lavoro duraturo ed efficace non si può fare in temperature che si avvicinino a quelle del corpo umano o che le superino, specialmente quando il lavoro si deve compiere in ambiente chiuso e con un grado di umidità che s'avvicina alla saturazione dell'aria;

2° Che quando in un ambiente chiuso e molto umido la temperatura supera i 30°, l'effetto utile del lavoro è per lo meno molto ridotto, e anche restando nei limiti fra 30° e 34°, come al S. Gottardo, si ha già da notare una sensibile influenza deleteria sull'organismo, le cui conseguenze permanenti non si potranno ancora bene precisare, ma che si possono presumere abbastanza gravi.

Con molto senno adunque, e giusta conoscenza delle esigenze igieniche degli operai e della economia del lavoro, la Compagnia Jura-Simplon ha messo per obbligo all'Impresa assuntrice dei lavori ora in corso, di provvedere ad una buona ventilazione e di prendere le misure necessarie, perchè, quando la temperatura dell'ambiente si elevi sopra i 25°, essa sia ricondotta e mantenuta entro questi limiti.

*

Nell'intendimento appunto di accelerare il lavoro, di favorire la ventilazione nel tunnel e di mantenere la temperatura al grado meno elevato che sarà possibile, il modo di condurre i lavori di osservazione adottato per il Sempione, diversifica, come è noto, radicalmente dal metodo adottato nei precedenti tunnel sotto-alpini.

Il processo consiste nel praticare per un tratto molto lungo alla base della sezione della galleria definitiva la così detta galleria di avanzamento, nell'aprire superiormente a questa, di tratto in tratto, dei pozzi verticali aventi la medesima ampiezza della galleria di avanzamento, che raggiungano il limite dell'altezza della galleria definitiva; e nell'attaccare quindi da ciascuno di questi pozzi e nei due sensi opposti una seconda galleria di piccola sezione rasente la volta definitiva. Con questo procedimento, insieme al vantaggio di una maggiore facilità allo scolo delle acque, alla evacuazione dei materiali, e al movimento delle persone e dei carri nella galleria, si aggiunge quello non meno essenziale della maggiore celerità del lavoro, potendosi aumentare a volontà i cantieri di lavoro.

Non si deve però nascondere che negli accennati pozzi, come nei diversi tratti di gallerie di avanzamento superiori, le condizioni di esistenza degli operai debbono essere più difficili, per cui, specie col procedere dello scavo, meriteranno una speciale considerazione.

Contrariamente a quanto si è fatto sistematicamente al Frejus e con qualche modificazione anche al Gottardo, al Sempione si ha per massima di prolungare di molto la galleria d'avanzamento in piccola sezione, prima di venir dietro colle opere di allargamento in piena sezione. Questo procedimento fu creduto a tutta prima meno favorevole alle buone condizioni dell'ambiente entro la galleria, perchè

(1) Dr. F. M. STAPFF, *Etude de l'influence de la chaleur de l'intérieur de la terre*, ecc. — Paris, 1880.

(1) *Etude de la question de la chaleur souterraine et de son influence sur les projets et systèmes d'exécution du grand tunnel du Simplon*. — Lausanne, 1880.

obbliga gli operai a restare in uno spazio molto ristretto, mentre col fare seguire rapidamente l'ampliamento della galleria, essi potrebbero usufruire di un'ampiezza di cubatura maggiore. Però se si considera che l'emanazione del calore si deve essenzialmente alle pareti, e che quindi essa deve effettuarsi in ragione dell'ampiezza della loro superficie messa allo scoperto, e se si considera pure che il mezzo più semplice e più razionale, fino a che sarà sufficiente, di raffreddare la galleria in costruzione, è quello di un'attivissima circolazione d'aria in essa, si può comprendere che il rapido avanzarsi dei lavori in piccola galleria (mq. 5,20 a 5,55 di sezione) deve favorire le condizioni dell'ambiente, almeno per gli operai che si trovano alla fronte d'attacco (dodici fra minatori e manovali, più un ingegnere e un sorvegliante per ogni squadra e per 8 ore di lavoro).

Al 30 settembre 1899 la fronte d'attacco della galleria d'avanzamento precedeva di ben 800 metri gli scavi della galleria in piena sezione, alla quale invece tien subito dietro il rivestimento che deve rendere più facile la circolazione dell'aria.

Il problema della ventilazione vuol essere considerato sotto duplice aspetto, dovendosi fornire, a chi lavora, l'aria necessaria per una buona respirazione, e dovendosi nello stesso tempo produrre un abbassamento di temperatura tale, che l'ambiente si mantenga nelle condizioni di calore ed umidità tollerabili per un lavoro proficuo e senza dannose conseguenze.

Al primo intento è essenzialmente utile l'estrazione dell'aria viziata, e quindi un'aspirazione attiva dell'aria interna, lasciando che il vuoto prodotto richiami l'aria esterna pura dall'imboccatura del canale.

Al Frejus erasi perciò ricorso alla divisione, per mezzo di un tavolo orizzontale a poca distanza dal volto, della galleria in due parti, superiore e inferiore, così che per la prima usciva l'aria usata e per la seconda entrava la nuova. All'imbocco della galleria ottenevasi meccanicamente l'aspirazione per mezzo di una pompa. E quest'azione aspirante era coadiuvata dalla premente dell'aria compressa delle perforatrici, e da quella di una conduttura speciale.

L'effetto era ottimo nel punto d'attacco della galleria per lo sgombero dell'aria viziata e dei prodotti delle mine, ma per tutto il rimanente della galleria la rinnovazione dell'aria era deficientissima, essendo solo attivata con efflussi d'aria compressa nei luoghi di maggiore agglomerazione di operai.

V'era pure l'inconveniente che parte dell'aria viziata, cacciata indietro dalla galleria d'avanzamento, non passava per il condotto superiore, ma refluita nella parte inferiore del tunnel a guastarne maggiormente l'ambiente.

Risultati ancora meno buoni si ebbero dal lato nord del traforo, dove si fece servire di canale di richiamo dell'aria viziata quello stesso di scolo delle acque scavato nel pavimento della galleria. La troppo imperfetta chiusura dei canali di richiamo dell'aria era altra potente causa della poca efficacia del sistema seguito.

Al S. Gottardo la ventilazione fu sempre molto deficiente, essendosi essa affidata unicamente agli efflussi d'aria compressa, portata da piccoli-tubi che arrivavano molto vicini alla fronte di attacco della galleria d'avanzamento e che distribuivano per via, qua e là, qualche getto d'aria, sempre insufficiente al bisogno.

L'esame fatto dal Bunsen di due campioni d'aria, presi l'uno a m. 1950 dall'imbocco sud, l'altro a m. 1460 dall'imbocco nord, diedero per il primo 9,6 per cento di CO_2 e 3,0 per cento per il secondo, mentre si suole considerare come già viziata l'aria negli ambienti quando il CO_2 è all'1 per cento.

E tale proporzione dev'essere salita a valori ben superiori a più grandi profondità, come si poteva arguire dalle sofferenze, e soprattutto dalla vera fame d'aria da cui erano invasi quegli operai dopo un po' di lavoro, attache si raccoglievano attorno alle bocche aperte dell'aria compressa, disputandosi energicamente i posti per poterne ricevere refrigerio.

Per la galleria del Sempione, la questione dell'abbassamento della temperatura assumendo, come già si disse, una importanza ben maggiore, la questione della ventilazione doveva essere studiata in connessione a quella del raffreddamento.

Il Consiglio Federale Svizzero non si era nascoste le difficoltà che si sarebbero incontrate quando negli scavi si fosse proceduto verso il cuore della montagna, con temperature incompatibili non solo con una regolare attività, ma fors'anche incompatibili con una permanenza degli operai nelle gallerie.

L'ing. Thommen di Vienna, all'uopo interpellato, aveva riconosciuto, come conveniente, per l'aspirazione dell'aria viziata dall'interno della galleria principale, una galleria laterale, che da uno degli imbocchi arrivasse fino al centro dei lavori. E seguendo tale proposta, l'impresa costruttrice Brandt, Brandau e C., finiva per escogitare un sistema tutto speciale e nuovo di perforazione di gallerie a doppio binario. Invece di un'unica galleria assai ampia da poter servire alla posa di due binari, al Sempione si decise di scavare due gallerie parallele, distanti l'una dall'altra di m. 17 e collegate fra loro da gallerie trasversali non perfettamente normali all'asse delle gallerie longitudinali e distanti fra loro di m. 200.

Delle due gallerie, una sola dev'essere per ora completamente ultimata in tutta sezione (di m. 5 di larghezza e m. 5,50 di altezza), dovendo servire al passaggio dei treni per incominciare il servizio della linea. La galleria parallela è perforata per ora soltanto in piccola sezione (mq. 5 circa) per servire soltanto alla ventilazione ed alla canalizzazione dell'acqua usata per la perforazione ed a quella che scaturisce dalla roccia. Solo più tardi si deciderà se convenga allargarla come seconda via di passaggio dei treni.

Per ora la ventilazione del lato sud, si ottiene spingendo per mezzo di un ventilatore, situato nel cantiere esterno delle macchine, una colonna d'aria a debole pressione nella prima tratta della galleria parallela, chiusa con porta alla sua testata. E ciò nell'intento di stabilire un movimento dell'aria interna di questa galleria verso il fondo della sua escavazione, ed attivare attraverso la prima galleria, in senso retrogrado, il movimento, onde la corrente dell'aria viziata dovrebbe uscire dall'imbocco della prima galleria.

Ma l'effetto isolato di questa semplice spinta d'aria sarebbe assai limitato, se non la venisse in aiuto un'altra spinta ottenuta con iniettori a getti d'acqua ad alta pressione (circa 90 atmosfere) nella galleria parallela presso il distacco dell'ultima galleria trasversale di comunicazione fra le due gallerie parallele. L'aria è spinta entro speciali condotti di ferro del diametro di 25 cent., aventi all'imboccatura un ampio imbuto, viene così portata fino alla fronte di attacco delle due gallerie, per cui in quel punto la massa d'aria portata è relativamente grande. Ed a meglio facilitare l'arrivo di molta aria alla fronte d'attacco della prima galleria, più profonda, si fa agire presso al termine del condotto d'aria un altro iniettore ad acqua.

Questi getti d'acqua a forte pressione, per cui l'acqua si polverizza, servono a mettere in movimento la colonna d'aria, ed anche ad abbassare la temperatura; ma rendono altresì l'aria che spingono alquanto più umida, mentre invece dovrebbe essere molto secca. Naturalmente le gallerie trasversali che stanno dietro a quella più vicina all'avanzamento, si tengono chiuse con porte di legno, perchè l'aria sia meglio diretta nel circuito stabilito.

La quantità media d'aria introdotta nel secondo trimestre del 1889 nelle gallerie sud è stata di mc. 342 mila al giorno, con una pressione di mm. 280 d'acqua all'uscita dal ventilatore. Nel trimestre successivo se ne introdussero mc. 574 mila al giorno, colla stessa pressione.

Chi percorre le gallerie, sente, senza il bisogno di strumenti d'osservazione, che la rinnovazione ed il rinfrescamento dell'aria nella galleria parallela e nella principale dall'ultima trasversale fino al suo imbocco, si fanno abbastanza bene; all'infuori del momento che segue lo sparo delle mine, l'ambiente è abbastanza respirabile e fresco.

In meno buone condizioni si trovano invece alcuni tratti di galleria che stanno fra la detta trasversale e la fronte d'attacco, ossia per una lunghezza di 300 a 500 metri; all'attacco, dove sono in funzione le perforatrici per l'aria nuova che vi arriva e la molta acqua fredda versata dalle perforatrici, si gode il beneficio di un relativo raffreddamento dell'ambiente; ma poco più indietro il ricambio dell'aria si fa assai più difficile e le condizioni di lavoro restano molto meno buone.

Volendo tuttavia meglio constatare l'influenza di detta circolazione dell'aria nelle due gallerie, il prof. Pagliani poté ricorrere all'esame comparativo delle temperature e del grado di inquinazione dell'aria a diverse profondità, in momenti di attiva o di deficiente ventilazione, ed in varie contingenze di presenza o di assenza degli operai. Due campioni d'aria, presi ad 820 metri dall'imbocco nella galleria principale il 17 ed il 18 settembre, essendo la temperatura rispettivamente di 27 e di 28°, dove lavoravano a mano, all'allargamento dieci operai, contenevano il primo l'1,75 per cento ed il secondo il 3,43 per cento di CO_2 , essendo stato preso il primo quando funzionava la ventilazione, ed il secondo quando la ventilazione era stata sospesa da parecchi minuti. Nello stesso giorno (17 settembre) alla fronte d'attacco, cioè a m. 1073 dall'imbocco, funzionando la ventilazione e le perforatrici, la proporzione del CO_2 non era che del 0,68 per cento. Onde si vede che l'inquinazione dell'aria si manteneva maggiore a 820 metri, che non alla fronte di attacco a 1073 metri. In quello stesso giorno, nella galleria parallela, a m. 900, dopo un'ora che la ventilazione aveva dovuto essere sospesa per necessità del servizio, l'inquinazione dell'aria era già salita al punto da avere il 7,53 per cento di CO_2 . Onde ognuno vede a quale altezza arriverebbe l'inquinazione dell'aria senza il servizio di ventilazione.

L'11 dicembre, alla fronte d'attacco della galleria principale, cioè a m. 1400 circa dall'imbocco, dopo lo sparo delle mine e verso la fine del lavoro di sgombero, pur seguitando attiva la ventilazione, tale che essendo di 30° la temperatura della roccia, quella dell'ambiente non era che di 27°, la proporzione di CO_2 era ancora del 2,55 per cento. Ad ogni modo è indubitato che colla ventilazione anche solo nei limiti finora praticati si riesce ad abbassare la temperatura dell'ambiente alla fronte d'attacco di 4 a 5 centigradi, perchè se la roccia aveva 30° di calore, l'ambiente ne avrebbe certo avuto, senza ventilazione, almeno 32° o 35°.

Ora è in costruzione un edificio apposito presso l'imbocco delle gallerie di congiunzione che mettono alla prima galleria ed alla sua parallela, nel quale sarà installato un potentissimo ventilatore destinato

a lanciare in galleria 50 mc. d'aria al minuto secondo. Ed un ottimo effetto si otterrà certamente con questo mezzo quanto alla rinnovazione dell'aria in ogni punto della galleria, tanto più se si avrà cura di raffreddare e ben disseccare l'aria da introdursi.

In conclusione i risultati ottenuti col sistema di ventilazione della galleria parallela, inaugurato al Sempione, sono di gran lunga migliori di quelli raggiunti colla sola aria compressa al S. Gottardo.

Ma rimane ancora il dubbio che una così attiva circolazione d'aria riesca ad abbassare la temperatura dell'ambiente al limite voluto per un proficuo e meno dannoso lavoro, essendochè un ambiente anche abbastanza ventilato per i bisogni respiratori, colle elevate temperature che, oramai non v'è dubbio, si avranno ad incontrare, sarà sempre un pessimo ambiente di lavoro.

*

Nell'ultimo rapporto trimestrale al Consiglio Federale svizzero, sullo stato dei lavori al traforo del Sempione, a tutto il 31 dicembre 1899, si trovano alcuni interessanti dati di osservazione, dai quali risulterebbe come le pareti stesse della galleria si vadano raffreddando, in virtù dell'attuale movimento d'aria, che si calcola dal lato sud in ragione di 10 mc. al 1".

Ecco infatti le temperature successivamente accusate dai termometri situati entro la roccia, ad una profondità di m. 1,50 dalla parete, ed alle seguenti sezioni dall'imbocco sud.

	A metri:	900	1000	1200	1400
5 ottobre		27°,2	—	—	—
8 »		26°,8	—	—	—
27 »		—	—	28°,9	—
4 novembre		—	—	28°,7	—
6 »		—	27°,05	—	—
10 »		—	26°,7	—	—
9 dicembre		—	—	—	30°,0
11 »		—	—	—	29°,4
27 »		21°,2	23°,1	26°,1	28°,2

Singularmente dimostrativo è il fatto che a 1400 metri dall'imboccatura siasi ottenuto in 18 giorni un abbassamento della temperatura della parete di quasi 2°.

Col tenere per quanto è possibile asciutta la galleria, procurando cioè che la grande quantità d'acqua continuamente versata in galleria per il funzionamento delle perforatrici sia debitamente incanalata e non ristagni, come ora accade; e col raffreddare ed essiccare l'aria introdotta, si favoriranno due coefficienti di riduzione della temperatura e dell'umidità dell'aria, e quindi di difesa contro l'aumento di temperatura del corpo degli operai.

Se poi questi mezzi non saranno sufficienti, come è a temersi, si potrà ancora ricorrere ad altri più efficaci. Così la facilità colla quale ora si ottiene l'aria liquida, e colla quale si può trasportare sul luogo di lavoro nelle gallerie, lascia intravedere la possibilità di determinare rapidamente un forte abbassamento di temperatura e di umidità dell'aria ambiente, anche quando si avesse a lottare contro temperature della roccia, che la sola attiva circolazione dell'aria nelle gallerie non riuscisse a vincere.

E sarebbe pure un grande vantaggio se all'illuminazione odierna così difettosa colle lampade ad olio si sostituisse l'illuminazione elettrica, che vi sarebbe applicabilissima. Così pure sarebbe da augurarsi che la trazione elettrica fosse sostituita all'attuale trazione animale ed a quella a vapore, le quali non possono a meno di concorrere molto efficacemente all'alterazione dell'aria nelle gallerie ed al riscaldamento della medesima.

*

All'infuori dei pericoli che l'ambiente delle gallerie può presentare agli operai per l'alta temperatura e la inquinazione dell'aria, altri ve ne sono i quali riguardano essenzialmente la trasmissione dall'uno all'altro di malattie parassitarie o infettive.

Fra le prime, la triste esperienza del Gottardo e le indagini che si sono fatte in seguito in altre gallerie in costruzione e nelle miniere, hanno dimostrato come sia di molto facile diffusione e di alta gravità quella determinata dall'*anchilostoma duodenale*. Le cause già così fortemente debilitanti che s'incontrano nei lavori delle gallerie, aggravano di molto gli effetti perniciosi della presenza di questi piccolissimi vermi nell'intestino duodenale, onde si hanno seriissime anemie negli operai appunto esposti a tali cause, più che non avvenga in chi lavora all'aperto ed in condizioni igieniche migliori.

Contro il pericolo di tale malattia, che sarebbe un vero disastro se si venisse sviluppando fra gli operai del traforo del Sempione, si è escogitato, oltre una visita attenta agli operai che si accettano, da parte del medico dell'Impresa, anche l'impianto di apposite latrine a forba in diversi punti della galleria e l'uso di recipienti chiusi per la distribuzione dell'acqua da bere.

Si è pure pensato di mettere a disposizione del personale dirigente e degli operai, presso l'imbocco della galleria di direzione, per la quale deve farsi l'entrata e l'uscita delle squadre lavoratrici, locali adatti per deposito di abiti di ricambio, per bagni, asciugatoi, ecc.; cosicchè il passaggio dall'ambiente eccessivamente caldo dei cantieri interni a

quello esterno molto freddo, non arrechi loro danno. A questi usi, ove si potessero col tempo adattare le prime gallerie trasversali, man mano che esse non serviranno più alla ventilazione, sarà evitato agli operai un troppo lungo tratto di strada in abito di lavoro.

Per la cura dei malati, l'Impresa ha costruito molto bene un ospedale capace di 50 a 60 letti. Del resto le statistiche della morbosità e mortalità ordinaria di quella popolazione operata provano come per tale riguardo nulla si abbia a desiderare di meglio.

In quanto ai mezzi di alloggio, l'Impresa, ben sapendo da lunga esperienza come mal volentieri gli operai si lasciano incasermare, si limitò dal lato sud a costruire una casa per abitazione di 100 operai, con camere a due o quattro letti ciascuna, bene difese e riscaldate nella cattiva stagione. La quota per notte fu stabilita di cent. 20 per letto. Ma raramente questo dormitorio è occupato per due terzi, preferendosi dagli operai dormitori privati a maggiore distanza dai cantieri, sebbene in meno buone condizioni.

Per l'alimentazione l'Impresa ha pure impiantato una cantina economica, un magazzino di derrate alimentari, un macello ed una panetteria, che servono più che altro a frenare gli abusi possibili delle rivendite private. La pensione giornaliera alla cantina, compreso l'alloggio, è di L. 1,10; ma sono relativamente pochi gli operai che se ne valgono.

Hanno incontrato invece maggior favore le piccole case di due camere, per famiglie, costruite sulla riva destra della Diveria, affittate a L. 12 al mese, che furono subito tutte occupate.

Ad ogni modo, sia dalla parte dell'Impresa assuntrice, sia da parte delle nostre Autorità, nulla si lascia d'intentato per rendere la vita dell'operaio meno dura e difficile e proteggerli contro qualsiasi abuso, o pericolo, contro qualsiasi falsificazione di alimenti o di bevande, essendosi persino istituito apposito laboratorio per le opportune osservazioni. (L'Ingegnere Igienista).

BIBLIOGRAFIA

Ing. PIETRO ALIBRANDI — Alcune nuove formole sulla resistenza dei tubi metallici. — Op. in-8° di pag. 19, con tre figure nel testo e due tabelle grafiche. — Estr. dagli *Annali della Società degli Ingegneri di Roma*, fasc. IV, anno 1899.

Nei calcoli statici dei tubi destinati a contenere liquidi in pressione non è in generale esatto l'ammettere che gli sforzi interni o molecolari, che sollecitano la parete, siano sforzi di trazione uniformemente ripartiti nel suo spessore, o, in altri termini, che la curva delle tensioni (analogo alla curva delle pressioni nelle volte) coincida colla curva media fra il perimetro interno e l'esterno della sezione trasversale del tubo. Anzi è neppure generalmente ammissibile che tale curva rimanga totalmente compresa fra i due perimetri.

La quale osservazione è certamente ovvia per tubi di sezione differente dalla circolare. Così, per esempio, quando si consideri la sezione oblunga della molla tubolare di un manometro, al cui rigonfiarsi per effetto della pressione di un fluido è dovuto il distendimento della molla, indicatore della pressione, è chiaro come in questo caso entrino in giuoco i momenti inflettenti il profilo della sezione.

Ma anche nel caso di un tubo di sezione circolare, e nelle ordinarie condizioni di sollecitazione, può verificarsi un fatto consimile. Perché, anche prescindendo dal peso proprio del tubo e dalla inesattezza inerente all'ipotesi di uno spessore infinitamente piccolo, una perfetta uguaglianza fra le pressioni unitarie sui singoli elementi della parete non può aver luogo, almeno per tubi disposti coll'asse fuori della verticale, se non quando il carico idraulico sul centro della sezione possa riguardarsi come infinito rispetto al raggio della medesima. Se invece il rapporto fra queste due quantità non è estremamente grande, è evidente che la curva delle tensioni si allontanerà più o meno sensibilmente dalla circonferenza media, e potrà anche uscire fuori della corona.

Nè tale osservazione devesi ritenere quale una sottigliezza, priva cioè di interesse pratico. Perché se egli è vero che per piccoli tubi e moderate pressioni le esigenze di costruzione ed altre considerazioni pratiche consigliano di adottare spessori sovente molto più forti del necessario, non può dirsi altrettanto dei grandi diametri. E, per esempio, quando si avesse un tubo di ferro di 1 metro di raggio (dimensione che in pratica è stata già superata), il quale debba sostenere il carico centrale di una colonna d'acqua alta 200 m., non volendosi oltrepassare ovunque il limite di sicurezza di 6 chg. per mm. quadrato, l'ing. Alibrandi, colle formole delle quali è oggetto questa sua Memoria, arriva ad assegnare a quel tubo lo spessore di 49 mm., mentre colla conosciuta formola di Mariotte si arriverebbe soltanto a mm. 33.

Aggiungasi che lo spessore assegnato per una pressione di 9 atmosfere dalla succitata formola di Mariotte (e così pure da quella del Lamé, in cui si fa a meno dell'ipotesi che lo spessore sia piccolissimo rispetto al diametro), sarebbe invece quello appena che occorrerebbe, nelle eguali condizioni di sicurezza di cui sopra, perché il tubo vuoto e adagiato su piano orizzontale potesse sostenere il proprio peso.

*

Per stabilire le sue nuove formole, l'ing. Alibrandi prende le mosse dalle espressioni degli sforzi interni in una parete cilindrica, di sottile spessore, avente per sezione una curva chiusa qualunque, e soggetta a pressione statica. Adotta per altro l'ordinaria ipotesi della conservazione delle sezioni normali alla fibra media durante la deformazione, e riferita la curva media della sezione trasversale a due assi ortogonali nel piano di detta sezione, dei quali uno verticale, stabilisce:

1° Le tre equazioni di equilibrio tra tutte le forze che agiscono esternamente (supponendole uniformemente distribuite ciascuna lungo la rispettiva generatrice del tronco di tubo che si considera, lungo 1 metro) ed il peso di questo tronco di tubo, insieme col suo contenuto;

2° Le tre equazioni di equilibrio statico per un segmento di parete di quel tronco, esistenti tra le forze interne trasmesse attraverso le due sezioni normali estreme del segmento, le pressioni esercitate dal liquido su tutti gli elementi del segmento di parete considerato (lungo 1 metro) e le forze esterne agenti sul segmento medesimo. A determinare le costanti di quelle integrazioni, le quali risultano possibili perchè indipendenti dall'equazione della curva media, e che per sezioni chiuse rappresentano generalmente delle incognite, l'A. ricorre alla teoria degli archi elastici, semplificandola coll'ipotesi di avere la parete omogenea e di spessore costante, e trova così tre equazioni ausiliarie, le quali sono fortunatamente suscettibili di notevoli semplificazioni quando vengono applicate ai casi che più occorrono nella pratica.

Così l'A. incomincia dal considerare il caso in cui la curva media della sezione del tubo sia simmetrica rispetto ad un asse verticale, e che inoltre il tubo sia semplicemente appoggiato lungo tutta la sua generatrice inferiore sopra un suolo orizzontale, per cui la sola forza esterna sia la reazione del suolo, verticale ed uguale al peso del tubo e del suo contenuto.

Come caso più particolare ancora, suppone inoltre che il sistema, anzichè di un solo piano verticale, sia dotato pure di un piano orizzontale di simmetria, come in pratica avverrebbe quando tanto il peso del fluido contenuto nel tubo, quanto il peso proprio di questo fossero nulli, od almeno trascurabili rispetto alla pressione, che è poi l'ipotesi che si fa onde ricavare l'ordinaria formola dei tubi a sezione circolare.

Infine prende a considerare il caso della sezione a corona circolare poggiata sopra un piano orizzontale, che è il più importante di tutti, ma per il quale non si ha più simmetria geometrica e statica se non rispetto al solo diametro verticale. Trasforma le coordinate cartesiane in polari, e dicendo a il raggio della circonferenza media della corona, e θ la variabile angolare misurata a partire dal raggio verticale superiore, e che ci denota una qualunque sezione normale alla circonferenza media, la componente orizzontale X e la verticale Y della risultante delle forze interne trasmesse attraverso di quella normale, ed il momento μ della coppia che nasce dal trasporto di detta risultante nel punto della circonferenza media indicato da θ , risultano determinate dalle seguenti espressioni, nelle quali h è il carico idraulico sul centro della corona:

$$X = -ah \cos \theta - a^2 \left(\frac{1}{4} + \frac{\sin^2 \theta}{2} \right),$$

$$Y = -ah \sin \theta + \frac{a^2}{2} (\sin \theta \cos \theta + \theta),$$

$$\mu = \frac{a^3}{2} \left(1 - \theta \sin \theta + \frac{\cos \theta}{2} \right),$$

dalle quali risulta che il momento μ non dipende dal carico h , ma soltanto dal raggio a ; positivo dapprima, si annulla per $\theta = 70^\circ$, raggiunge un minimo negativo presso $\theta = 125^\circ$, minimo però il cui valore assoluto è minore del massimo che cade in $\theta = 0$; ritorna poi ad essere positivo sull'ultimo arco del semicerchio, dopo essersi annullato una seconda volta per $\theta = 170^\circ$.

L'ingegnere Alibrandi prosegue a determinare lo spessore ε dei tubi, sempre nell'ipotesi della sezione circolare di spessore costante, e trova che il massimo assoluto sforzo unitario R ha luogo sulla generatrice superiore della superficie interna del tubo, ed ha per valore:

$$R = \frac{ah}{2} - \frac{9a^3}{2\varepsilon^3} - \frac{a^2}{4\varepsilon}$$

sforzo di tensione, perchè essenzialmente negativo.

E con sufficiente approssimazione per la pratica, ne ricava:

$$\varepsilon = \frac{ah}{2K} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{18aK}{h^3}} \right) \quad (1)$$

essendo K il limite che si vuole ammettere dei carichi R .

Ora confrontando questa espressione colla nota formola di Mariotte:

$$\varepsilon = \frac{ah}{K} \quad (2)$$

si vede che il fattore di correzione da introdursi in questa:

$$1 + \frac{\sqrt{1 + \frac{18aK}{h^3}}}{2}$$

è superiore all'unità e notevolmente, finchè h è una quantità non troppo grande.

Nè la formola del Lamé, nè quella di Brix, nè altre utili per pressioni estremamente elevate, danno risultati sensibilmente diversi dalla formola di Mariotte per le pressioni a cui vanno solitamente soggette le condotte d'acqua, come ognuno può vedere dai manuali in cui quelle formole sono raccolte. In questi casi l'errore che si fa in base all'ipotesi che la parete sia condensata nel foglietto medio tra la superficie interna e l'esterna, è molto minore di quello che si commette adottando l'ipotesi ovvia della pressione uniforme.

Uno dei sistemi comuni per calcolare praticamente ε è quello di aggiungere una costante, più o meno arbitraria, alla (2). Come tutte le regole non abbastanza giustificate, ciò può condurre a risultati talora esagerati, e talora anche troppo scarsi. Prendasi, ad esempio, la formola con cui (secondo il De Benedictis) sono calcolati i tubi di ghisa della fonderia di Terni:

$$\varepsilon = 0,009 + 0,00146 n \cdot 2 a \quad (3)$$

dove n è il numero delle atmosfere di pressione, cioè circa $0,1 h$. A parte la costante, essa corrisponde ad ammettere $K = 3500$, ossia chg. 3,5 per mm. quadrato. E ritenendo quindi per fermo questo limite per $n = 10$ atm. ed $a = 0,60$, essa ci dà $\varepsilon = m \cdot 0,0265$, mentre la formola (1) dell'Alibrandi per $h = 100$ metri darebbe $\varepsilon = 0,0273$; ossia prima ancora che si arrivi ai tubi di mezzo metro di raggio, i risultati della (3) cominciano ad essere scarsi, non ostante il termine addizionale $0,009$.

Il procedimento razionale dell'ing. Alibrandi gli permette di determinare altresì la curva delle tensioni, la cui equazione polare sarebbe:

$$r = a + \frac{a^2 \left(1 - \theta \sin \theta + \frac{\cos \theta}{2} \right)}{-2h + a \left(\theta \sin \theta - \frac{\cos \theta}{2} \right)},$$

la quale non diventa un circolo di raggio a se non per $h = \infty$.

Nelle surriferite formole, essendosi di proposito trascurato il peso proprio della parete, l'A. prende in seguito a considerare l'azione isolata di quest'ultimo, nell'intento di calcolare lo spessore minimo uniforme che debbesi assegnare al tubo uniforme. E dicendo p il peso dell'unità di volume del materiale costituente il tubo, trova per lo spessore minimo:

$$\varepsilon_m = \frac{12pa^2}{K} \quad (4)$$

Ricordando che questa formola, al pari delle precedenti, si riferisce ad un tubo posato su di un piano orizzontale, e confrontandola in tal caso colla formola (2) di Mariotte, ne risulta che questa per un carico $h = 12pa$ assegnerebbe al tubo nulla più dello spessore che gli occorrerebbe per poter sostenere, vuoto e posato orizzontalmente, il proprio peso. Per il ferro e per la ghisa, i cui pesi specifici poco differiscono fra loro, questo valore di h sarebbe $90 \cdot a$ circa.

Lo spessore minimo da darsi ad un tubo sarebbe quindi proporzionale al quadrato del raggio.

Per la ghisa, avendosi $K = 3000$ (chg. 3 per mm. quadrato) e $p = 7,5$, devesi fare:

$$\varepsilon_m = 0,03 a^2.$$

Per il ferro, essendo $K = 6000$:

$$\varepsilon_m = 0,015 a^2.$$

Giova intanto avvertire che a nessun pericolo si va incontro adoperando la formola (1), alla quale si è giunti senza avere tenuto conto del peso proprio del tubo, perchè in essa si è adottato per R il valor massimo, corrispondente cioè a $\theta = 0$, nella quale regione il termine addizionale dovuto al peso è nullo; mentre per $\theta = \pi$, ossia nel punto più basso della sezione del tubo, dove appunto il termine addizionale è massimo, il valore di R è inferiore ad un terzo del suo valor massimo.

Infine l'A. ci presenta due utilissime tabelle grafiche (di riproduzione riservata), nelle quali rispettivamente per i tubi di ghisa e per i tubi di lamiera di ferro si hanno le curve o diagrammi degli spessori ε in mm. calcolati colla formola (1) per diametri successivamente crescenti da 0 mm. a 1200 mm. per la ghisa, ed a 2500 per il ferro. Sono tracciate altrettante curve quanti sono i valori dei carichi h considerati, i quali sono fatti variare da m. 10 a 50, a 100, e successivamente di 100 in 100 fino ad 800 metri. Con linee punteggiate sono pure tracciati i diagrammi corrispondenti alla formola (2) di Mariotte, e le differenze appaiono molto sensibili, segnatamente per i tubi di ferro, pei quali la concordanza approssimativa si stabilisce solo al di là di $h = 800$ metri.

G. SACHERI.



CARTA IDROGRAFICA DEL BACINO DEL TEVERE.

