

L'INGEGNERIA CIVILE

E

LE ARTI INDUSTRIALI

PERIODICO TECNICO MENSILE

SOCIETÀ DEGLI
INGEGNERI
E DEGLI INDUSTRIALI
TORINO

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

CONCORSO PER IL MONUMENTO ONORARIO IN ROMA A VITTORIO EMANUELE II

UMBERTO I

PER GRAZIA DI DIO E PER VOLONTÀ DELLA NAZIONE
RE D'ITALIA

Il Senato e la Camera dei deputati hanno approvato, Noi abbiamo sanzionato e promulghiamo quanto segue:

Art. 1. In esecuzione della legge 16 maggio 1878 sarà eretto in Roma un monumento onorario a Vittorio Emanuele II, primo Re d'Italia.

Art. 2. Sarà pel fine indicato nell'articolo precedente aperto un concorso mondiale mediante un manifesto da inserirsi nella *Gazzetta Ufficiale del Regno* dentro due mesi dalla promulgazione della presente legge.

Art. 3. Per la presentazione dei progetti è assegnato ai concorrenti il termine di un anno computabile dalla data del detto manifesto.

Art. 4. Tre premi, uno di lire 50,000, uno di lire 30,000, e uno di lire 20,000 da prelevarsi sui fondi di cui all'articolo 6, saranno rispettivamente e per ordine di merito aggiudicati agli autori dei tre migliori progetti.

I progetti premiati diventano proprietà dello Stato.

Art. 5. Il conferimento del premio non vincola lo Stato di rispetto ai concorrenti, per ciò che riguarda la scelta del progetto da eseguirsi: nè l'autore del progetto scelto potrà pretendere che l'esecuzione ne venga ad esso affidata di preferenza ad ogni altro.

Art. 6. Il concorso dello Stato alla spesa in aggiunta alle offerte di cui all'articolo 3 della legge 16 maggio 1878 è fissato nella somma di 8 milioni di lire.

La spesa sarà iscritta nel bilancio del Ministero dell'Interno in un capitolo speciale. La somma da iscriversi sotto questo capitolo sarà d'anno in anno determinata in corrispondenza dell'avanzamento dell'opera.

Art. 7. Una Commissione da nominarsi per decreto Reale provvederà alla pubblicazione del manifesto di concorso, al conferimento dei premi; farà la scelta del progetto da eseguirsi, continuerà a raccogliere le offerte pel monumento nazionale, e veglierà alla buona esecuzione dell'opera.

Ordiniamo che la presente, munita del sigillo dello Stato, sia inserita nella Raccolta ufficiale delle leggi e dei decreti del Regno d'Italia, mandando a chiunque spetti di osservarla e di farla osservare come legge dello Stato.

Data a Roma, addì 25 luglio 1880.

UMBERTO.

DEPRETIS.

Visto — *Il Guardasigilli*
T. VILLA.

UMBERTO I

PER GRAZIA DI DIO E PER VOLONTÀ DELLA NAZIONE
RE D'ITALIA

Veduta la legge 25 luglio 1880, n. 5562, relativa al monumento onorario in Roma a VITTORIO EMANUELE II;

Sulla proposta del Nostro Ministro Segretario di Stato per gli affari dell'Interno,

Abbiamo decretato e decretiamo:

Art. 1. La Commissione, di cui all'art. 7 della cennata legge, sarà composta del Presidente del Consiglio dei Ministri, che ne avrà la *Presidenza*, e dei signori:

BERTINI prof. Giuseppe;
BOITO prof. Camillo;
CANEVARI ing. Raffaele;
CEPPI prof. Carlo;
CORRENTI comm. Cesare, deputato al Parlamento;
DE RENZIS barone Francesco, deputato;
DUPRÈ prof. Giovanni;
GIORGINI prof. Gio. Battista, senatore del Regno;
GUICCIOLI marchese Alessandro, deputato;
MARTINI prof. Ferdinando, deputato;
MASSARANI comm. Tullo, senatore;
MORELLI prof. Domenico;
MORELLI dott. comm. Giovanni, senatore;
TABARRINI comm. Marco, senatore;
VELA prof. Vincenzo;
VITELLESCHI Nobili marchese Francesco, senatore;
SINDACO di Roma;
PRESIDENTE dell'Accademia di San Luca in Roma.

Il barone De Renzis assumerà le funzioni di *segretario* della Commissione.

Art. 2. Per l'aggiudicazione dei premi, di cui all'articolo 4 della legge, occorreranno non meno di dieci voti favorevoli.

Art. 3. La Commissione è convocata pel 20 del corrente mese.

Art. 4. Con decreto Ministeriale sarà nominato tra gli impiegati del Ministero dell'Interno il personale occorrente per i lavori di segreteria.

Il Ministro proponente è incaricato della esecuzione del presente decreto.

Data a Firenze, addì 13 settembre 1880.

UMBERTO.

DEPRETIS.

PROGRAMMA

per il Concorso al monumento onorario da erigersi in Roma a VITTORIO EMANUELE II, primo Re d'Italia.

Art. 1. In adempimento della legge del 25 luglio 1880 e del decreto Reale 13 settembre corrente è aperto un concorso per i progetti di un monumento onorario alla memoria di VITTORIO EMANUELE II, liberatore della patria, fondatore della sua unità.

Art. 2. Potranno concorrere tutti gli artisti indistintamente, italiani e stranieri.

Art. 3. Nessun vincolo è posto alla invenzione dei concorrenti, sia per ciò che si riferisce al concetto ed allo stile, sia per la scelta del luogo ove si proponga di innalzare il monumento.

Art. 4. I progetti non dovranno eccedere per la spesa la previsione di nove milioni di lire italiane.

Art. 5. I disegni o modelli dovranno eseguirsi in modo da dimostrare con chiarezza l'idea del concorrente.

Art. 6. I progetti porteranno la firma e l'indirizzo dell'autore, oppure un motto ripetuto sulla busta d'una let-

tera siggellata, nella quale stia l'indicazione del nome e del domicilio del concorrente. Verranno aperte le sole buste dei premiati.

Art. 7. Secondo i termini della legge 25 luglio 1880 il concorso rimane chiuso alle ore cinque pomeridiane del giorno 25 settembre 1881.

Art. 8. I progetti dovranno essere consegnati non prima del 25 agosto 1881 alla Segreteria della Commissione Reale presso il Ministero dell'Interno.

Tutte le opere, ad eccezione delle premiate, si dovranno ritirare entro due mesi dalla data della pubblicazione del giudizio.

Art. 9. Prima del giudizio le opere presentate saranno esposte in pubblica mostra.

Il giudizio verrà pubblicato dalla Commissione Reale nella *Gazzetta Ufficiale del Regno*, in una relazione che dichiarerà i risultamenti del concorso.

Art. 10. Tre premi, uno di lire 50,000, uno di 30,000 lire e uno di lire 20,000 saranno rispettivamente e per ordine di merito aggiudicati agli autori dei tre migliori progetti.

Per l'aggiudicazione dei premi occorreranno non meno di dieci voti favorevoli.

I progetti premiati diventano proprietà dello Stato.

Art. 11. Il conferimento dei premi non vincola lo Stato verso i concorrenti per ciò che riguarda la scelta del progetto da eseguirsi, nè l'autore del progetto scelto potrà pretendere che la esecuzione venga ad esso affidata, di preferenza ad ogni altro.

Art. 12. La Commissione incaricata del conferimento dei premi della scelta del progetto da eseguirsi, di raccogliere le offerte pel monumento nazionale e di vegliare alla buona esecuzione dell'opera, fu nominata con decreto Reale del 13 corrente settembre, e furono chiamati a farne parte:

(Segue l'elenco soprariportato).

Roma, addì 21 settembre 1880.

Il Presidente della Commissione Reale
CAIROLI.

Il Segretario della Commissione Reale
DE RENZIS.

GEOMETRIA PRATICA

STUDI PRATICI SULLA IPSOMETRIA BAROMETRICA

per B. DEBENEDICTIS
Tenente Colonnello del Genio.

Continuazione e fine, vedi numero precedente

INCOSTANZA DELLA LEGGE CON CUI VARIA LA TEMPERATURA DELL'ARIA COL CRESCERE DELL'ALTEZZA E DIFFICOLTÀ DI AVERE QUESTA TEMPERATURA.

È noto che per avere, con le formole barometriche, la differenza di livello fra due stazioni, è necessario conoscere la pressione atmosferica e la temperatura dell'aria esterna osservate in esse nel medesimo istante. Ora l'incertezza dei dati su cui sono fondate le livellazioni barometriche risiede molto meno nella pressione dell'aria che nel termine contenente la temperatura, la quale è un elemento assai più incostante. Di fatto quantunque l'Italia abbracci circa 41° di latitudine e 12° di longitudine, e quantunque presenti spiccate differenze di livello, e di disposizioni del suolo, di vegetazione, e di svaporamento, tuttavia la pressione barometrica serba ovunque un andamento quasi uniforme. Vi ha qualche disaccordo nell'andamento e nell'ampiezza del periodo diurno e nell'ora dei massimi e dei minimi sol quando si tratta di stazioni poste a latitudini considerevol-

mente diverse, ma l'altezza sul livello del mare non ha se non un leggero influsso sulle differenze fra le altezze barometriche osservate alle 9 ant. e alle 3 pom. (1), che sono presso a poco, almeno in Italia, le ore del massimo e del minimo della pressione barometrica. Invece la temperatura varia più discordemente secondo l'altitudine e la postura dei singoli luoghi, poichè essa dipende non solo dalla posizione del sole e dalle correnti aeree, ma anche dai fenomeni di assorbimento e di irradiazione che avvengono alla superficie del suolo con intensità variabile secondo la natura di questo. Ora codeste variazioni della temperatura non possono non turbare la legge di decremento della densità dell'aria, il che altera i risultati delle livellazioni barometriche; perchè le formole sono fondate su di una legge che si suppone costante per tutto quel tratto di paese in cui si fa la livellazione, mentre tutto fa credere che codesta legge varia più o meno regolarmente con le ore e con le stagioni.

Il Glaisher nelle Memorie dei suoi viaggi aerei dice che: « il decremento della temperatura è lungi dall'esser costante.... Tutto fa credere che le leggi della ripartizione della temperatura variano secondo le ore del giorno » (2).

Il Flammarion dice: « La décroissance de la température de l'air..... est loin de suivre une loi régulière et constante. Elle varie selon les heures, les saisons, l'état du ciel, l'origine des vents, l'état de la vapeur d'eau, etc..... » Il résulte de 550 observations aéostatiques, faites au sein de ces conditions si dissemblables, et pourtant moins mauvaises que les conditions des observations faites sur les montagnes, il en résulte, dis-je, que la décroissance de la température de l'air diffère d'abord selon que le ciel est pur ou couvert: elle est plus rapide lorsque le ciel est pur; elle est plus lente lorsque le ciel est couvert.... » Le décroissement est plus rapide dans les régions voisines de la surface du sol et se ralentit à mesure qu'on s'éleve.... Le décroissement est plus rapide le soir que le matin, et pendant les journées chaudes que pendant les journées froides » (3).

Disgraziatamente oltre della incostanza della legge con cui varia la temperatura dell'aria al crescere dell'altezza, si noti che è assai difficile conoscere con precisione questa temperatura, a segno che si può dire esser questo un problema non ancor risoluto dalla meteorologia. L'aria, com'è noto, avendo un potere assorbente del calorico molto più piccolo di quello del suolo in generale, si riscalda molto meno di questo e degli oggetti circostanti esposti direttamente ai raggi del sole; cosicchè anche nelle lunghe giornate di estate, nelle quali il suolo si riscalda fortemente, l'aria non può giungere a pari elevazione di temperatura. Ecco perchè la temperatura che si legge su di un termometro, esposto all'aria libera e percossa dai raggi del sole, è superiore a quella dell'aria che lo circonda; il che obbliga tenere rigorosamente il termometro all'ombra nelle livellazioni barometriche. Ma difficilmente si potrà evitare ch'esso assorba il calorico irradiato dai corpi circostanti, essendo il termometro per lo più collocato a breve distanza dal suolo; perciò è importante tenerlo isolato e lontano dalle pareti o da altri oggetti e anche favorire, se si può, lo scambio di calorico fra esso e l'aria, agitando mercè una cordicella fissata al suo estremo e tenuta fortemente con la mano.

Quando il sole è tramontato, il suolo medesimo irradia calorico verso il cielo, e per la nota legge che il potere di emissione è proporzionale a quello di assorbimento, là dove il terreno si sarà scaldato maggiormente, ivi l'irradiazione sarà più forte. Cosicchè di notte il termometro, irradiando anch'esso calorico, segna per lo più una temperatura più bassa di quella dell'aria.

Riassumendo potremo dire che la massa dell'atmosfera risente poco i cambiamenti di temperatura che accadono in prossimità del suolo; e però spesso accade che con la lettura dei termometri, fatta soltanto nelle due stazioni, ve-

(1) *Dati meteorologici sull'Italia*. Novennio 1866-74. Supplemento alla *Meteorologia italiana*. Anno 1874. Fascicolo III.

(2) *Voyages aériens*. Paris 1870, pag. 105 e 109.

(3) *Ibid.*, pag. 579-580.

niamo ad attribuire a tutta la colonna d'aria interposta fra queste una temperatura media che può scostarsi dalla vera in più o in meno; il che produce nel primo caso un errore in più sul valore dell'altezza, e nel secondo un errore in meno. Così, dai calcoli eseguiti dal Belli sulle osservazioni meteorologiche di Ginevra e del Gran San Bernardo risulta che mentre a Ginevra, per medio risultamento di un anno, la temperatura dell'aria durante la giornata varia di 6° R. e al Gran San Bernardo varia di 3°,4, quella della massa d'aria compresa fra le due stazioni non varia che di 1°,25. Dal che si vede che la media delle temperature lette sui termometri può differire di parecchi gradi dalla reale temperatura media della colonna d'aria interposta fra le due stazioni e produrre sensibili errori nel calcolo delle altezze. Questo spiegherebbe, almeno in gran parte, perchè in generale le altezze calcolate con le osservazioni barometriche fatte nelle ore fredde di una giornata peccano in difetto, e il contrario accada nelle ore calde; e spiegherebbe anche perchè le altezze possono risultare maggiori del vero se fondate sulle osservazioni barometriche fatte di giorno e minori di notte, maggiori di estate che d'inverno.

I TERMOMETRI.

È importante adoperare buoni termometri e sensibili alle parti di grado per attenuare il più che si può gli errori nella lettura, ma l'aver buoni termometri non è facile, perchè anche i migliori avrebbero sempre bisogno di una scala di correzione. Dippiù è necessario che i termometri sieno confrontati fra loro esattamente, perchè il loro disaccordo aumenterebbe gli errori nel valore dell'altezza. E siccome gli errori delle temperature si sommano quando hanno il medesimo segno, così se i termometri fossero bensì d'accordo fra loro ma affetti da un errore dello stesso segno, l'errore dell'altezza risulterebbe doppio. Ecco perchè, come giustamente osservano gli autori, non basta che i termometri siano di *accordo* fra loro, ma è necessario che siano *corretti*.

NECESSITÀ DI TENER CONTO DEL TEMPO IN CUI SI FANNO LE LIVELLAZIONI BAROMETRICHE E DI PRENDERE MOLTE MEDIE.

Fin dal secolo scorso il Deluc, nelle molte esperienze che fece col barometro, osservò che ebbe sempre altezze troppo piccole con le osservazioni fatte al levar del sole, e l'ascriveva a particolari perturbazioni della legge delle pressioni, cagionate dai movimenti dell'aria che han luogo in quel tempo. Anche il Ramond trovò che le altezze calcolate col barometro variano secondo le ore del giorno o della notte in cui si fanno le osservazioni, e secondo lo stato dell'atmosfera e la posizione relativa delle due stazioni. Egli notava che le correnti aeree ascendenti o discendenti, prodotti dalle variazioni diurne della temperatura, possono alterare la legge di decremento della temperatura col crescere dell'altezza e anche la legge della pressione barometrica, perciò designava il mezzodì come ora più opportuna per le osservazioni, perchè della massima calma relativa. Ai nostri giorni è ormai accertato l'influsso che hanno sui risultati delle livellazioni barometriche l'ora del giorno e anche il mese dell'anno in cui si fanno le osservazioni, il quale influsso è tale che al paragone sono trascurabili le correzioni della gravità, e anche quelle dipendenti dall'umidità dell'aria, correzioni che d'altra parte complicano di molto le formole barometriche. Ecco perchè si comincia a sentire il bisogno di poter tener conto dell'epoca dell'anno in cui si fa una livellazione barometrica; il che non potrà farsi altrimenti se non cercando per via di esperienze il modo nel quale modificare il valore delle costanti della formola barometrica secondo i mesi dell'anno. Oggidì, in cui vi ha tanti osservatorii meteorologici, non sarebbe difficile, anche con l'aiuto di qualche stazione sussidiaria, l'istituire una lunga serie di accurate osservazioni simultanee nei soli giorni tranquilli, applicarvi le formole barometriche, e discuterne i risultati per ricavare delle regole empiriche, fondate su moltissime medie, le quali indicassero il modo in cui modificare le costanti delle formole secondo i mesi dell'anno, affinchè i ri-

sultati fossero più prossimi al vero di quelli che si hanno al presente adoperando sempre gli stessi coefficienti.

In generale i piccoli errori inseparabili dalle livellazioni barometriche si possono, non dico già fare scomparire del tutto, ma attenuare mercè la loro compensazione reciproca, ripetendo le osservazioni parecchie volte in uno stesso giorno o in più giorni e pigliando la media di tutte le altezze calcolate; il che giova anche a compensare gli errori di lettura, e quelli provenienti dall'imperfetto confronto degli instrumenti.

Prendendo le medie diurne, mensili o annue, si viene a sottrarre il calcolo delle altezze agl'influssi dell'ora e del mese, ed a compensare gli altri errori; quindi si possono presumere risultati più esatti. Di fatto le formole barometriche, come abbiám detto, presuppongono l'equilibrio atmosferico; il quale se si può ammettere che si verifichi nella media delle pressioni osservate durante un lungo lasso di tempo (in cui tutte le anomalie in senso contrario possono essersi compensate), non è lo stesso di un'osservazione isolata, e l'errore potrà essere tanto più grande quanto maggiore sarà la distanza orizzontale delle due stazioni. Così pure se la temperatura media (fornita dai termometri) della colonna d'aria interposta fra le due stazioni, può in un dato momento essere diversa dalla vera temperatura dell'aria, può però non allontanarsene molto se si prende la media di un grandissimo numero di osservazioni fatte durante un lungo lasso di tempo e in condizioni diverse.

MEDIE DIURNE.

Nelle giornate tranquille l'esistenza d'un periodo diurno nei risultati delle osservazioni barometriche, già additato da parecchi autori per tutte le stagioni dell'anno, appare chiaramente dalle tabelle delle medie mensili per le diverse ore di osservazione. In esse si vede che le altezze calcolate con le medie delle osservazioni fatte nella stessa ora di ciascun giorno del mese crescono dalle ore 6 ant. fino al mezzodì, in cui presentano un massimo; indi scemano gradatamente fino alle 9 o alle 10 di sera. La grandezza di questo periodo diurno non è costante ma variabile con la stagione, e sembra maggiore nei mesi caldi, minima nell'inverno, e in ogni caso dipendente anche dal clima e dalle condizioni locali. Adunque pigliando la media aritmetica delle altezze calcolate con le osservazioni fatte di 2 in 2 ore di un'intera giornata dalle 6 ant. alle 10 pom. (9 osservazioni) o almeno di 3 in 3 ore dalle 6 ant. alle 9 pom. (6 osservazioni) si avranno risultati degni di maggior fede che non quelli fondati su di una o due osservazioni molto vicine fra loro fatte nella stessa giornata.

Se non si possono fare tutte le osservazioni biorarie o triorarie suddette, si dovrebbe, nei giorni molto tranquilli preferire le ore prossime al massimo o al minimo diurni, cioè:

verso le ore 10 ant. (massimo diurno)
» » 4 pom. (minimo diurno).

E questo per il noto principio che le variazioni delle grandezze in prossimità del massimo o del minimo sono pressochè nulle, il che fa presumere che nei momenti prossimi al massimo o al minimo barometrico di ciascun giorno tranquillo, vi sia un po' più di stabilità relativa nella pressione atmosferica.

Fortunatamente questa regola, che il solo raziocinio indica secondo me già abbastanza, sarebbe confermata dalle esperienze del Bauernfeind, il quale eseguì una serie di 100 osservazioni sul gran Miesing in Baviera in tre stazioni collocate presso a poco ad uguali distanze verticali. La stazione inferiore era a 815^m,4 sul livello del mare e la superiore a 1883^m,5 (1). Egli finì per concludere che le ore 10 ant. e le ore 4 pom. sono le più opportune per le livellazioni barometriche, nelle giornate tranquille e senza vento, e dice che quattro o cinque osservazioni eseguite in due stazioni poco discoste fra loro nel senso orizzontale, verso le 10 ant. e le 4 pom., di venti in venti minuti, danno un buon risultato medio. Credo che le esperienze

(1) GRASSI. Op. cit., pag. 97-98.

del Bauernfeind meritino una grande fiducia, e per le favorevoli condizioni in cui furono fatte, e perchè essendo state eseguite a bella posta, si potrà contare sulla loro precisione e soprattutto sulla simultaneità delle osservazioni assai più di quel che non si possa fare delle osservazioni ordinarie degli osservatorii, fatte per uso della meteorologia.

Alcuni autori, come il Plantamour e il Rühlmann, danno delle regole intorno alle ore del giorno migliori per fare le livellazioni barometriche secondo le stagioni o i mesi dell'anno; ma non è da credere che seguendo tali regole si debbano avere sempre risultati esatti, perchè esse sono fondate sull'impiego di questa o quella formola e su casi particolari, e perchè in realtà la scienza non possiede finora dati positivi i quali autorizzino ad affermare a priori qual sia l'ora più opportuna per eseguire una livellazione barometrica, quando si vogliono fare una o poche osservazioni. Per livellazioni fondate sulle osservazioni di una sola giornata, la vera regola, onde i risultati possano meritare la maggior fiducia, si è di fare il maggior numero possibile di osservazioni ripartite (se se ne avrà il tempo) in tutta la giornata e prendere la media delle altezze calcolate. « Non » devesi accordare peso soverchio, dice egregiamente il » P. Denza, alle norme che fino al presente si sono venute » enunciando intorno alle migliori circostanze d'ora e di » mese per fare misure altimetriche col barometro; impe- » rocchè mille sono le cause che hanno influsso sulle me- » desime, e che possono farle variare ora in un senso ora » in un altro (1) ».

MEDIE MENSILI.

Quando per ciascun giorno di un mese si hanno le osservazioni biorarie o triorarie, fatte nelle due stazioni, si può prendere la media delle pressioni barometriche e delle temperature osservate nella stessa ora in tutti i giorni, e così si avranno 9 o 6 valori secondochè le osservazioni sono state biorarie o triorarie. Applicando la formola barometrica a ciascuna coppia di valori, e pigliando la media delle altezze ottenute, si avrà l'altezza calcolata con le medie diurne di un mese intero, cioè l'altezza calcolata colla media del mese.

Come esempi di questi calcoli abbiamo compilato quattro tabelle (2), nelle quali si leggono le medie mensili delle osservazioni termometriche e barometriche eseguite nelle diverse ore del giorno, cioè:

- Tab. I. Tra Aosta e il Gran S. Bernardo (alt. m. 1891).
 » II. Tra Ginevra e il Gran S. Bernardo (alt. m. 2070,3).
 » III. Tra Torino e il Gran S. Bernardo (alt. m. 2202,3).
 » IV. Tra Torino ed Aosta (alt. m. 311,3).

Giova però notare che, in difetto di accurate esperienze eseguite a bella posta per vagliare i risultati delle livellazioni barometriche, fondate sulle medie mensili, abbiamo dovuto rivolgerci alle tabelle delle osservazioni periodiche fatte negli osservatorii meteorologici. Ma si badi che le letture termo-barometriche scritte in codeste tabelle abbracciano indistintamente tutti i giorni di ciascun mese, cioè a dire che le osservazioni dei giorni sereni sono accumulate con quelle dei giorni di cattivo tempo, disadatti per le livellazioni barometriche. Dipiù nessuno potrà garantire che nei diversi osservatorii si facciano *sempre* le osservazioni *nelle ore precise* indicate dalle tabelle, perchè qualche piccolo divario può esservi talvolta, a causa delle altre occupazioni che hanno coloro ai quali sono affidate le osservazioni. Ed ecco due cause d'inesattezza nei risultati della livellazione barometrica. Ma quando le osservazioni termo-barometriche si facessero con la massima cura nelle due stazioni, e precisamente nella stessa ora, con istrumenti ben confrontati fra loro, e quando si tenesse conto delle sole osservazioni fatte nelle ore e nei giorni tranquilli, le medie mensili potrebbero dare risultati più esatti di quelli

dei quali le tabelle accennate forniscono un esempio; segnatamente poi se le due stazioni fossero a poca distanza orizzontale scambievolmente, e non a quelle enormi distanze in cui sono le stazioni alle quali si riferiscono le nostre tabelle.

ALTEZZE CALCOLATE CON LA MEDIA DEL MESE DI AGOSTO.

I calcoli delle altezze fondati sulle medie mensili danno risultati un po' diversi fra loro secondo la formola che si adopera. Così il Rühlmann, dai calcoli fondati sulle medie del seiennio 1860-65 di Ginevra e del Gran San Bernardo, trovò che le altezze ricavate dalle medie dei mesi di marzo e di aprile coincidono con l'altezza vera del Gran San Bernardo su Ginevra con errore minore di 1 metro. Non così l'altezza calcolata con le medie del mese di agosto, le quali gli hanno dato un errore in più di 5 metri (1). Invece dalle nostre tabelle risulta che con la formola ridotta del La Place la media del mese di agosto darebbe una esatta coincidenza con l'altezza vera. Cosicchè con questa formola si potrebbero avere ottimi risultati prendendo la media, se non di tutti i giorni del mese, almeno di parecchie altezze calcolate in alcuni giorni ripartiti per quanto si potrà uniformemente dal cominciare al finire del mese di agosto, che è così acconcio pei lavori di campagna in generale.

ALTEZZE CALCOLATE DA LUGLIO A SETTEMBRE.

Secondo parecchi autori l'epoca dell'anno compresa fra la metà di luglio e la metà di settembre corrisponde ad un periodo di variazioni atmosferiche abbastanza regolare; cosicchè quest'epoca sarebbe la più opportuna per eseguire livellazioni barometriche. Fortunatamente la formola ridotta del La Place dà ottimi risultati nel detto periodo. Così, p. es., la nostra tabella III ci dimostra che, se la media del mese di agosto coincide con l'altezza vera, le medie dei mesi di luglio e di settembre si approssimano al vero assai più della maggior parte delle altre medie mensili. Ed io credo che, se in vece di punti così lontani fra loro come Torino e il Gran San Bernardo, si trattasse di punti assai più vicini, e non separati l'uno dall'altro da così grandi accidentalità geografiche, certo si otterrebbero i risultati più splendidi, massime poi se si potesse davvero contare sulla simultaneità delle osservazioni e sull'esatto confronto degli istrumenti.

È da notare però sempre che anche nell'epoca dell'anno più acconcia per far livellazioni barometriche, cioè da luglio a settembre, se non si possono prendere le medie di tutto un mese e si vogliono fare osservazioni interpolatamente nel corso di esso, la miglior cosa è di ripartire i giorni delle osservazioni presso a poco uniformemente dal principio alla fine del mese, perchè le varie decadi di uno stesso mese danno altezze più o meno diverse fra loro, e le variazioni da una decade alla successiva non seguono un andamento regolare: il che risulta chiaramente dai calcoli del Grassi relativi alle medie decadiche di Torino e del Piccolo San Bernardo per tutti i mesi dell'anno (2).

ALTEZZE CALCOLATE NEI MESI DI NOVEMBRE, DICEMBRE, GENNAIO E FEBBRAIO.

Le tabelle I e III dimostrano che, adoperando la formola del La Place, non solo le altezze calcolate con le medie di ciascuno di questi mesi, ma anche quelle calcolate con le medie della stessa ora di ciascun giorno del mese sono *sempre inferiori alla vera altezza, e che se ne allontana meno quella calcolata con le osservazioni del mezzogiorno*. Dunque, stando alle dette tabelle, si può inferire che, se si dovessero fare delle livellazioni barometriche nei mesi di novembre, dicembre, gennaio e febbraio, sarebbe superfluo il fare osservazioni nelle diverse ore del giorno, e basterebbe fare la sola osservazione del mezzodì. E qui è importante notare che anche i calcoli eseguiti del Rühlmann, con le osservazioni del seiennio 1860-65 di Ginevra e del Gran San Bernardo, lo condussero a codesto risultato cioè ad altezze inferiori alla vera con le medie dei mesi di novembre, dicembre, gennaio e febbraio.

(1) DENZA. *L'altitudine dell'Osservatorio di Moncalieri*. — Torino, 1879, pag. 25.

(2) Tali tabelle trovansi pubblicate nel *Giornale di Artiglieria e Genio*, dal quale la presente memoria è riprodotta.

(1) GRASSI. Op. cit., pag. 100.

(2) GRASSI. Op. cit., pag. 108.

MEDIA ANNUA.

Calcolata nel modo anzidetto l'altezza per ciascun mese dell'anno, si avranno 12 valori, la media dei quali darà l'altezza calcolata colla media annua. Ora siccome tutti gli elementi meteorologici presentano un periodo annuo, dopo il quale si ricade presso a poco sui medesimi valori, così gli autori ritengono che la media annua debba rispondere allo stato di equilibrio dell'atmosfera qual'è richiesto dalle formole barometriche. Ecco perchè se non si può affermare che l'altezza calcolata con la media annua debba sempre coincidere rigorosamente con l'altezza vera, si può però dire che sarà assai prossima a questa. Cosicchè quando si conosce, dietro molti anni di osservazioni, l'altezza media del barometro in un dato luogo della terra e la temperatura media, se ne può calcolare l'altitudine, perchè basta combinare questi dati coi loro analoghi a livello del mare. E il risultato sarà tanto più prossimo al vero quanto maggiore è il numero degli anni a cui si riferiscono le osservazioni termo-barometriche delle quali si è presa la media.

FORMOLA DEL LA PLACE.

Il La Place, nello stabilire la sua celebre formola barometrica, assunse per la temperatura di tutta la colonna di aria interposta fra le due stazioni una temperatura costante e uguale alla media aritmetica delle temperature osservate in esse nello stesso istante; ed applicando poi la legge del Boyle e del Mariotte ammise che, sotto questa temperatura costante, la densità dell'aria dovesse decrescere in progressione geometrica a partire dal suolo. Ora se non si può affermare a priori che la media aritmetica delle temperature osservate nelle due stazioni esprima la vera temperatura media della colonna d'aria interposta fra di esse, si può però dire che vi si approssima assai.

La formola genuina e completa del La Place (fondata sui dati che possedeva la fisica a quei tempi intorno alla densità dell'aria rispetto a quella del mercurio) ha il coefficiente 18336 e contiene la correzione relativa al decrescimento della gravità nel senso verticale, e quella relativa alla latitudine. Questa è la formola che ogni anno si pubblica nell'*Annuaire du Bureau des longitudes* e per la quale il Mathieu ha calcolato apposite tavole. Ma le belle ed utilissime sperienze del Ramond, il quale dal 1808 al 1811 fece molti confronti fra i risultati della formola del La Place e quelli della livellazione geodetica, lo condussero ad adottare il coefficiente 18393 ed a sopprimere il fattore relativo alle variazioni della gravità coll'altezza. I confronti del Ramond furono fondati sulle osservazioni del mezzogiorno, ora che (come abbiam detto) egli considerava della massima calma relativa nei movimenti ascendenti o discendenti dell'aria prodotti dalle variazioni diurne della temperatura. Nacque così la formola ridotta del La Place la quale dà gli identici risultati della formola completa, almeno fino all'altezza di 4000^m, come tutti possono verificare. In questa formola ridotta non è a dire che manchi la correzione relativa allo stato igrometrico dell'aria, ma solo che questa correzione non è espressa in un modo esplicito e rigoroso, sibbene contenuta nel coefficiente empirico $\frac{2}{1000}$, il quale dispensa gli osserva-

tori dall'esplorare col termometro bagnato l'umidità dell'atmosfera, perchè esso risponde ad uno stato medio di questa umidità. Questa notissima formola, per l'Italia in cui ben di rado è necessaria la correzione relativa alla latitudine, è

$$Z = 18393 \left(1 + \frac{\theta}{500} \right) \log \frac{h_0}{h} \dots (1)$$

in cui Z è la cercata differenza di livello fra le due stazioni; h_0 ed h le letture barometriche fatte nello stesso istante nelle due stazioni e ridotte a 0°; e θ è la somma algebrica delle temperature dell'aria osservate nelle due stazioni al momento della lettura del barometro (*).

(*) È noto che nelle livellazioni barometriche la correzione relativa alla latitudine consiste nel moltiplicare il valore di Z, dato dalla formola, per la quantità $1 + C \cos 2\phi$ essendo C un

La formola (1) si fonda in parte su leggi fisiche esatte e in parte su leggi ipotetiche assai vicine alle vere leggi a noi ignote; ed ha il pregio di essere la più semplice di tutte le formole barometriche proposte dagli autori, e la più comoda perchè si calcola con una o due semplicissime tavole.

Il coefficiente 18393, trovato empiricamente dal Ramond, si discosta pochissimo dal coefficiente teorico 18404,3 che risponde al valore molto esatto della densità del mercurio rispetto a quella dell'aria desunto dalle ricerche posteriori dell'illustre Régnault. Per questo parecchi autori moderni hanno sostituito al coefficiente del Ramond il numero 18404,3 o 18405. A rigore però è da riflettere che, se si trattasse di una formola di esattezza matematica, cioè fondata su leggi inconcusse, certo sarebbe razionale d'introdurvi il nuovo coefficiente 18405; ma per una formola semi-empirica (come tutte le formole barometriche) non si può dire a priori che il coefficiente 18405 debba dare risultati più esatti sol perchè risponde al vero rapporto fra la densità dell'aria e quella del mercurio. Dovrebbe anche l'esperienza aver comprovato questo, il che è difficile a verificare, poichè, trattandosi di una differenza piccolissima fra i due coefficienti, solo una lunga serie di accuratissime osservazioni potrebbe svelare quale dei due meriti la preferenza. Del resto sia che si adottò il coefficiente 18393, sia che si adottò l'altro 18405, solo per un'altezza di 2000^m si ha una differenza di poco più di 1^m; ma per altezze minori di 2000^m la differenza non è che di frazioni di metro, le quali in verità sono trascurabili nelle livellazioni barometriche, quale che sia la formola che si adottò. Essendo il rapporto fra i due detti coefficienti

$$1,0006523$$

ne segue che se col coefficiente 18393 si trovasse p. es.,

$$Z = 2000^m$$

il coefficiente 18405 avrebbe dato

$$Z = 2000 \times 1,0006523 = 2001^m, 3.$$

coefficiente costante, che dipende dagli elementi dello sferoide terrestre, e ϕ la media delle latitudini delle due stazioni.

Stando alla eccentricità dello sferoide ricavata dal Bessel e dall'Airy, si avrebbe

$$C = 0,00334832$$

(Corso di geodesia fatto alla scuola di guerra dal capitano Giletta). Ma gli autori continuano ad adottare il valore un po' più piccolo $C = 0,002837$ fondato sullo schiacciamento che risultava dai calcoli del Délabre; cosicchè secondo i trattati moderni, la correzione relativa alla latitudine consiste nel moltiplicare il valore di Z per la quantità

$$1 + 0,002837 \cos 2\phi \dots (a)$$

E qui si vede subito che per la latitudine di 45° la correzione è nulla e che diviene sensibile solo per latitudini molto diverse da 45°, massime nelle grandi altezze.

L'Italia continentale essendo compresa fra il parallelo di 46°40' (che passa quasi per il punto più settentrionale della nostra frontiera nelle Alpi Carniche) e il parallelo di 44° che si discosta poco dalla congiungente la foce della Magra con Rimini, si vede chiaro che la correzione relativa alla latitudine in questa regione è addirittura trascurabile anche nelle maggiori altezze. Qualche esempio ci darà un'idea abbastanza approssimata del valore di questa correzione. Così, trascurando i minuti secondi, ritenendo come latitudine approssimata del Monte Rosa 45°56', e riflettendo che la sua altezza è circa 4636^m, si trova subito che il termine (a) si riduce a 1,000066 e che quindi la correzione relativa alla latitudine sarebbe solo 0^m,31. Così pure ritenendo 46°35' come latitudine approssimata dal Monte Peirata nelle Alpi Carniche, alto 2936^m sul mare, si trova che la correzione relativa alla latitudine non sarebbe che 0^m,46.

In quanto all'Italia peninsulare ed insulare, è vero che le latitudini si scostano maggiormente da 45°, ma ivi le altitudini in generale sono minori, quindi solo eccezionalmente la correzione relativa alla latitudine potrà acquistare un valore sensibile. Così, p. es., ritenendo 42°5' come latitudine approssimata della Macella, alta 2793^m sul mare e uno dei punti culminanti dell'Appennino centrale, abbiamo che la correzione relativa alla latitudine sarebbe di 0^m,80. Per dare un altro esempio riteniamo 37°36' come latitudine approssimata del monte Etna (alto sul mare 3313^m): la correzione relativa alla latitudine risulterebbe di 2^m,38.

E per un'altezza di 1500^m la differenza sarebbe di solo 0^m,9; cosicchè si può dire che per differenze di livello inferiori a 1500 metri è indifferente l'adoperare l'uno o l'altro coefficiente. Per altezze maggiori di 1500 metri le differenze fra i risultati che si hanno adoperando l'uno o l'altro coefficiente, sono ancora così piccole che rientrano nelle solite oscillazioni, ora in più e ora in meno, dei risultati di tutte le formole barometriche; cosicchè, fino a tanto che non si facciano accuratissimi studi su questo proposito, è difficile il poter dire quali dei due coefficienti sia più adatto. Così, da una parte le Tabelle II e III dimostrano che il coefficiente 18393 dà l'altezza vera con le medie del mese di agosto, ma d'altra parte la stessa Tabella III dimostra che il coefficiente 18405 avrebbe dato risultati un po' più prossimi al vero con le medie dei mesi di giugno, luglio e settembre, com'è facilissimo vedere. Invece la Tabella II dimostra che il coefficiente 18405 avrebbe dato risultati più discosti dal vero con le medie dei mesi di giugno e di luglio e più approssimati con la media del mese di settembre.

Le Tabelle V e VI dimostrano che (almeno nei casi particolari, a cui esse si riferiscono), il coefficiente 18405 dà, in quanto alla media annua, quasi gli stessi risultati della formola del S. Robert. Ma forse questi due soli esempi di medie annue non bastano per provare che il coefficiente 18405 sia più esatto dell'altro, e sarebbe necessario, come dicevamo, discutere i risultati di un gran numero di calcoli consimili, fatti però nelle più favorevoli condizioni geografiche e con la certezza della bontà delle osservazioni. Fino a che questo non sia fatto, credo si possa continuare ad adoperare il coefficiente 18393, tanto più che le tavole barometriche calcolate da vari autori, per rendere comodo l'impiego della formola ridotta del La Place, sono fondate tutte sul coefficiente 18393.

FORMOLA COMPLETA DEL S. ROBERT.

Il S. Robert, fondandosi su alcune osservazioni fatte dal Glaisher nelle sue ascensioni aerostatiche, propose una nuova formola barometrica, in cui si assume per la densità della colonna d'aria interposta fra le due stazioni la media aritmetica delle densità che ha l'aria in queste stazioni. La formola completa del S. Robert, riportata in molti libri moderni come, p. es., il *Manuale di fisica dei professori Naccari e Bellati*, è assai complicata, ed esige anche l'osservazione dell'umidità dell'aria nelle due stazioni mercè due termometri bagnati. Essa vuole l'impiego di *sette Tavole* (oltre quella della riduzione a zero delle letture barometriche che è comune a tutte le formole) pubblicate dall'insigne autore nel 3^o volume delle sue *Mémoires Scientifiques* delle quali la 5^a Tavola, la 6^a, la 7^a e l'8^a sono a *doppia interpolazione*.

Intorno all'impiego di questa formola completa del S. Robert si possono fare le seguenti osservazioni:

1^o In generale le tavole complicate non possono essere adoperate, con la desiderata facilità, se non da persone esperte nei calcoli, per le quali, come dice il Biot, la migliore di tutte le Tavole è anzi la formola stessa. Invece per chi è poco abituato ai calcoli, sono infinitamente migliori le tavole semplici e che non esigano se non qualche brevissimo calcolo. E si noti che dovendosi fondare le livellazioni barometriche sul maggior numero possibile di osservazioni, è di capitale importanza l'aver tavole semplici, altrimenti si verrebbe a togliere al metodo il suo pregio caratteristico che è la semplicità e la facilità.

2^o In un sol caso sarebbero giustificati il tempo maggiore che richiede l'impiego di una data formola barometrica e la necessità di dover anche esplorare l'umidità dell'aria, cioè quando questa formola desse sempre risultati più esatti. Ma chiunque abbia pratica delle formole barometriche avrà potuto toccar con mano che, almeno fino alle altezze di 3 a 4000^m, la formola completa del S. Robert e la formola ridotta del La Place danno risultati pochissimo diversi fra loro ed or più o meno approssimati al vero, mentre d'altra parte non abbiamo finora una serie tale di numerose ed accurate esperienze la quale ci autorizzi ad affermare che l'una formola sia più esatta dell'altra. E si

noti che nella complicata quistione della ipsometria barometrica, i risultati di poche osservazioni sono tutt'altro che validi a stabilire un rigoroso paragone fra due formole, dovendosi discutere molte e molte medie, fondate sopra osservazioni scrupolosissime, se davvero si vuol fare questo confronto. Di fatto non è facile sceverare nei vari casi gli errori strumentali e di osservazione, da quelli dipendenti dalle costanti della formola che si sarà adoperata, dalle sfavorevoli condizioni atmosferiche che possono essersi incontrate, e dall'influsso delle condizioni locali, cioè della natura e della configurazione del suolo.

3^o In quanto alle altezze superiori ai 3000^m notisi che la scienza potrà bensì aver bisogno della loro misura, ma difficilmente gl'ingegneri e i militari; cosicchè, aspettando che si faccia maggior luce sull'esattezza delle varie formole barometriche, per ora potremo contentarci di vedere qual sia la formola più opportuna nella pratica, fino alle altezze di 3 a 4000 metri. La Tabella VI dà l'altezza del Gran San Bernardo su Torino ricavata dalla media annua del 1871. Le altezze scritte nella 4^a colonna sono state calcolate dal Grassi (1), e i numeri scritti nella 2^a colonna sono tolti dalla Tabella III. Or bene, la detta Tabella VI dimostra che su di un'altezza di ben 2202 metri non vi è stato che 0^m,6 di differenza fra i risultati delle formole del S. Robert e del La Place. Parimenti la consimile Tabella V, che dà l'altezza del Gran San Bernardo su Aosta, dimostra che su di un'altezza di circa 1900^m, non vi ha che 0^m,4 di differenza fra i risultati delle due formole fondate sulla media annua. In quanto poi alle medie dei singoli mesi la Tabella VI dimostra che, la formola completa del S. Robert ha dato con le medie dei mesi di gennaio, maggio, novembre e dicembre altezze alquanto più prossime alla vera che non la formola del La Place. Le altezze fornite dalle medie dei mesi d'aprile, giugno, luglio, settembre e ottobre sono piuttosto a vantaggio della formola del La Place. Similmente la Tabella V dimostra che le altezze calcolate con le medie dei mesi di gennaio e dicembre sono più prossime al vero con la formola del S. Robert, e che le altezze calcolate con le medie degli altri mesi sono quasi le stesse con le due formole salvo piccolissime differenze. Stando adunque ai risultati delle Tabelle V e VI si può concludere che nei mesi dell'anno da giugno a settembre, *che sono i più acconci per le livellazioni barometriche*, è indifferente adoprare la formola completa del S. Robert o quella ridotta del La Place, almeno per altitudini di circa 2500 metri. Esempi come quelli delle Tabelle V e VI si potrebbero moltiplicare quanto si vuole, e si vedrebbero sempre gli stessi risultati. Per conseguenza, non avendo la scienza ancora provato qual sia la formola barometrica più esatta, è razionale che gl'ingegneri, messi a partito, debbano preferire la formola più semplice e quella che nei mesi dell'anno in cui più verosimilmente si fanno livellazioni barometriche, dà risultati buoni quanto quelli delle formole più complicate. Ora, o io m'inganno d'assai, o questa formola è precisamente quella ridotta del La Place.

4^o La correzione relativa all'umidità dell'aria (contenuta nella formola completa del S. Robert) è di per sé poca cosa, ma richiede l'impiego di un termometro di più in ciascuna stazione e di un'apposita tavola pei calcoli. Ora quando si pensa che la legge con cui varia lo stato igrometrico dell'aria, al crescere dell'altezza, è variabile ed a noi ignota, e che per conseguenza nelle formole barometriche vi ha sempre qualche cosa di arbitrario circa il termine contenente la tensione del vapor acqueo, non si può non riconoscere che in realtà non vale il pregio di fare la correzione relativa all'umidità dell'aria. Più semplice e più felice fu l'idea di modificare nella formola del La Place, il coef-

ficiente relativo alla temperatura e ridurlo a $\frac{2}{1000}$, affinché risponda ad uno stato medio di umidità dell'atmosfera. Del resto una volta che le formole barometriche, che tengono conto esplicitamente dello stato igrometrico dell'aria, e quella

(1) *Supplemento alla Meteorologia Italiana*, 1875. Fascicolo II pag. 20-21.

ridotta del La Place, danno su per giù gli stessi risultati, come or ora si è veduto, non è questa la più bella prova a posteriori che l'impiego del termometro bagnato non compensa la maggior fatica nei calcoli e nelle osservazioni che esso richiede?

FORMOLA RIDOTTA DEL S. ROBERT.

La formola ridotta del S. Robert è

$$z = 58,8 \frac{h_0 - h}{\frac{h_0}{T_0} + \frac{h}{T}} \quad \dots (a)$$

in cui h_0 ed h sono le letture barometriche ridotte a 0° , e T_0 e T le temperature assolute delle due stazioni, cioè le temperature date dal termometro centigrado accresciute della costante $272,5$.

L'impiego spedito di questa formola richiede due tavole, la prima delle quali, a semplice entrata, contenga i valori di $58,8 (h_0 - h)$, e la seconda, a doppia entrata, i valori di $\frac{h_0}{T_0}$ e di $\frac{h}{T}$, la quale ultima tavola richiede per due volte una doppia interpolazione. Infine si deve poi sempre eseguire una divisione. Cосicchè l'uso di questa formola è più laborioso di quello delle note tavole relative alla formola del La Place ridotta, mentre nulla ci autorizza d'altro canto a ritenere che i risultati della formola ridotta del S. Robert siano più esatti.

Intorno a questa formola è da osservare che gli errori inevitabili nell'esplorare la temperatura dell'aria generano, nel calcolo dell'altezza, variazioni più sensibili che non colla formola del La Place. Di fatto, riferendoci all'errore che si potrebbe commettere nell'esplorare la temperatura dell'aria alla stazione superiore, differenziamo l'equazione (a) rispetto a T : sarà

$$dz = \frac{58,8 h (h_0 - h)}{\left(\frac{h_0}{T_0} + \frac{h}{T}\right)^2} dT.$$

Questa equazione e la (a) danno

$$dz = \frac{z}{\frac{h_0}{T_0} + \frac{h}{T}} \times \frac{h dT}{T^2},$$

e ponendo in vece del denominatore del primo fattore il suo valore tratto dalla (a), si ha

$$dz = \frac{z^2 h}{58,8 (h_0 - h)} \frac{dT}{T^2} \quad \dots (b)$$

Ora, combinando l'ipotesi che la densità dell'aria decresca uniformemente al crescere dell'altezza, con le leggi del Boyle e del Gay-Lussac, e ammettendo sempre la formola (a), si trova

$$z = 58,8 \frac{T}{h} (h_0 - h) \frac{1 - ze}{1 + ze} \quad \dots (c)$$

in cui e è la frazione di cui diminuisce la densità dell'aria per ogni metro di elevazione (1). Essendo per lo più z un numero relativamente molto grande, l'ultimo fattore del secondo membro della (c) differirà poco dall'unità, quindi rimarrà alterato poco o nulla il risultato dei nostri calcoli se trascureremo questo fattore, e allora combinando il valore di z che ne risulta col valore (b) si trova definitivamente

$$dz = \frac{z}{T} dT.$$

Siccome T rappresenta la temperatura assoluta dell'aria, così chiamando t la temperatura letta col termometro, sarà

$$T = 272,5 + t,$$

(1) GRASSI, op. cit., pag. 20-21.

e però chiamando Δz l'errore prodottosi nella misura dell'altezza, a causa dell'errore Δt commesso nella lettura della temperatura, sarà

$$\Delta z = \frac{z}{272,5 + t} \Delta t \quad \dots (p)$$

D'altra parte ricordandoci che la formola ridotta del La Place è

$$z = 18393 \left(1 + \frac{t + t'}{500}\right) \log \frac{h_0}{h} \quad \dots (m)$$

avremo, differenziando rispetto a t ,

$$dz = 18393 \frac{dt}{500} \log \frac{h_0}{h} \quad \dots (n)$$

Combinando le due equazioni (m) ed (n) si ha:

$$dz = \frac{dt}{500 + t + t'} z.$$

Dunque con la formola del La Place, la relazione fra i due errori Δz e Δt sarà

$$\Delta z = \frac{z}{500 + t + t'} \Delta t \quad \dots (q)$$

Ora paragonando fra di loro i due valori (p) e (q) si vede che si avrà sempre

$$\frac{z}{500 + t + t'} < \frac{z}{272,5 + t}.$$

Così supponiamo, per dare un esempio, che si tratti di una differenza di livello di 600 metri, e che si abbia $t = 20^\circ$, $t' = 17^\circ$. L'errore di 1° nella valutazione della temperatura darà, con la formola ridotta del S. Robert, la variazione

$$\frac{600}{292,5} = 2^m,05;$$

laddove con la formola del La Place la variazione sarebbe

$$\frac{600}{537} = 1^m,12,$$

che è quasi la metà della precedente.

FORMOLA DEL DORNA.

La formola che il Dorna ha ricavato da quella completa del S. Robert, è:

$$\frac{z}{T} = 29,672 \left(-1 + \sqrt{2 \frac{h_0}{h} - 1}\right),$$

in cui T è la temperatura assoluta dell'aria nella stazione superiore. Questa formola ha il pregio di essere indipendente dalla temperatura della stazione inferiore, cioè di richiedere l'osservazione della temperatura nella sola stazione superiore. Essa si calcola facilissimamente, perchè esige solo una divisione, per avere la quantità $\frac{h_0}{h}$, indi l'impiego di una tavola a semplice entrata calcolata dall'egregio autore (1) e infine una moltiplicazione. Ma non si può porre in dubbio che una formola barometrica ad una sola temperatura è da reputare, in generale, meno esatta di quelle fondate sulle temperature lette nello stesso istante nelle due stazioni.

Anche per la formola del Dorna giova notare che un errore nella temperatura produce un divario più forte nel valore dell'altezza rispetto alla formola del La Place. Di fatto la formola di cui parliamo può mettersi sotto la forma

$$z = C (272,5 + t) \quad \dots (b)$$

(1) DORNA, Tavola logipsometrica. Torino, 1870.

e si vede chiaro che l'errore Δt , nella lettura del termometro, produrrà nel valore dell'altezza l'errore

$$\Delta z = C \Delta t.$$

Facciamo lo stesso esempio precedente, cioè supponiamo che l'altezza approssimata sia di 600^m. Poniamo $t = 17^\circ$, $z = 600$, $\Delta t = 1^\circ$ Sarà per l'equazione (b) $C = \frac{600}{289,5} = 2,07$, e quindi $\Delta z = 2^m,07$, cioè a dire che si ha la stessa variazione che con la formola del S. Robert, mentre in questo caso si è veduto che con la formola del La Place si aveva un errore di 4^m,11.

FORMOLE DEL RÜHLMANN E DEL BAUERNFEIND.

Le sole formole del S. Robert e del Dorna meritano il titolo di *nuove*, perchè quelle recenti di altri autori stranieri non sono in sostanza che la formola stessa del La Place. Le formole del Rühlmann e del Bauernfeind si trovano nel *Manuale di fisica dei signori Naccari e Bellati*, pag. 172; sono poco diverse fra loro, e corrispondono alla formola del La Place in cui si sono introdotti i coefficienti numerici più esatti del Régnault e la correzione relativa allo stato igrometrico dell'aria. Queste formole sono assai lunghe e complicate e richiederebbero l'impiego di parecchie tavole per abbreviare i calcoli. Finora nulla consiglia di preferirle alla semplicissima formola ridotta del La Place, perchè esse mentre sono più lunghe, e, quel che è peggio, esigono anche l'impiego del termometro bagnato in ciascuna stazione, d'altra parte finiscono per dare risultati approssimati quanto quelli della detta formola ridotta. Nè questo deve stupire, perchè da tutte le cose dette in questo scritto risulta chiaramente che è impossibile che la teoria desse una formola barometrica esatta in tutte le stagioni e in tutte le epoche dell'anno. Solo delle sperienze numerose, come quelle del Ramond, potrebbero svelare se mai codeste nuove formole meritino di essere preferite alla semplicissima formola ridotta del La Place, che ha il suffragio di tanti anni di dotte sperienze, massime in Francia e in Italia, ed alla qual formola nessuno potrà negare il pregio (posto abbastanza in luce in questo scritto) di dare, al pari della formola completa del S. Robert, i migliori risultati appunto nei mesi dell'anno più propizii per le livellazioni barometriche. Laddove la formola del Rühlmann, come risulta dai calcoli del Grassi fondati sulle medie del seiennio 1860-65 (Ginevra, Gran San Bernardo), darebbe l'altezza vera con le medie dei mesi di marzo e di aprile, che certo non sono i più acconci pei lavori di campagna, e altezze troppo forti con le medie dei mesi di luglio e agosto.

FORMOLA DEL BESSEL.

Per questa formola, che certo non è così semplice come quella del La Place, il Plantamour ha calcolato apposite tavole (1) dopo avervi introdotto i dati del Régnault. Dalla Tabella III risulta che la formola del Bessel avrebbe dato peggiori risultati di quella del La Place nei mesi di giugno, luglio e agosto, e migliori nel mese di settembre. La media dei quattro mesi è esatta con la formola del La Place, e differisce dalla vera di 8^m,3 con la formola del Bessel.

Non sarebbero questi dei primi fatti che forse consiglierebbero adoperare una formola in certi mesi dell'anno e un'altra in altri mesi? O per dir meglio, consiglierebbero cercare, come abbiamo già accennato, dietro una lunga serie di ordinate sperienze i valori da assegnare alle costanti della semplicissima formola del La Place p. es., secondo le diverse epoche dell'anno e le condizioni atmosferiche, affinchè i risultati siano più prossimi al vero di quel che non accade ora con la formola unica? Così per esempio, giacchè nei mesi di novembre, dicembre, gennaio e febbraio la formola del La Place dà, al pari di quelle del S. Robert e del Rühlmann, altezze sempre minori della vera, non sarebbe opportuno l'adottare pei detti mesi coefficienti più grandi da determinarsi empiricamente mercè numerose sperienze?

(1) *Mémoires de la Société de physique, etc., de Genève*, a. 1860.

LA PIÙ SEMPLICE TAVOLA IPSOMETRICA.

Avendo veduto che la formola ridotta del La Place dà i migliori risultati nei mesi dell'anno più acconci per le livellazioni barometriche, non sarà inutile volgere uno sguardo su di una tavola ipsometrica pubblicata di recente in Italia (1), la quale rende speditissimo l'impiego di quella formola. Tutte le tavole barometriche più comuni fra di noi, come quelle del Mathieu, dell'Oltmanns, del Radau, ecc., sono di un impiego semplicissimo quando non vi ha frazioni di millimetro nelle letture fatte nelle due stazioni, perchè basta trascrivere i due numeri, che si trovano sulle tavole accanto alle due letture ridotte a zero, e farne la differenza; indi moltiplicare la millesima parte di questa per il doppio della somma delle due temperature esterne; e finalmente aggiungere il prodotto che si ottiene alla cennata differenza. Ma quando nelle letture barometriche vi sono frazioni di millimetro, come accade quasi sempre, allora bisogna tener conto di esse calcolando la parte $\frac{v}{z}$ proporzionale, il che certamente allunga un poco i calcoli.

Il sig. Bruno è stato il primo che ha avuto l'idea quanto semplice altrettanto felice di scomporre la formola del La Place non come hanno fatto tutti gli altri autori di tavole, ma nei due fattori.

$$18393 \left(1 + \frac{\theta}{500} \right) \quad (1) \quad \text{e} \quad \log \frac{h^0}{h} \quad (2);$$

il che semplifica sopra modo il calcolo delle altezze, abbiano o no le letture barometriche frazioni di millimetro. In una tavola il Bruno ha calcolato i valori del termine (1) per tutti i valori di θ da 24° a 65° di decimo in decimo di grado, e in un'altra ha raccolto i logaritmi dei numeri compresi fra 400^e e 780 di decimo in decimo per calcolare subito il termine (2). In tal guisa il calcolo delle altezze raggiunge una semplicità grandissima e superiore a quella di tutte le altre tavole barometriche pubblicate finora. Imperocchè non si dovrà far altro che trascrivere i logaritmi delle due letture barometriche ridotte a zero, farne la differenza, e moltiplicarla pel numero che nell'altra tavola si troverà corrispondere al valore di θ . Io che ero abituatissimo alle antiche tavole, e che ho adoperato in questi ultimi tempi quelle del Bruno, ho potuto apprezzarne tutta l'utilità, massime quando si tratti di calcolare molte altezze e molte medie.

LE TAVOLE DEL VALORE DEL MILLIMETRO ANEROIDICO.

Parecchi autori hanno creduto di rendere più spediti i calcoli delle livellazioni barometriche, compilando alcune *tavole del valore dell'altezza in metri per un millimetro di mercurio di pressione, secondo le diverse pressioni e temperature dell'aria*. Ma l'impiego delle tavole del Bruno è così rapido e sicuro da sopravanzare codeste tavole e tavolette del famoso millimetro aneroidico, riportate in tutti i moderni opuscoli sul barometro. Oltre di che è da notare che la *colonna delle differenze* di una qualunque delle antiche tavole barometriche, come quelle del Mathieu, dell'Oltmanns, del Radau, ecc. può dare ugualmente il valore del millimetro aneroidico, anzi con maggior semplicità ed esattezza, perchè le tavole del valore di questo millimetro, come quelle del Grassi, sono calcolate di 10 in 10 millimetri, laddove le tavole barometriche ordinarie sono di millimetro in millimetro. È vero che in queste la colonna delle differenze si arresta ai decimi, ma se fosse spinta sino ai centesimi o anche sino ai millesimi, come ha fatto il Grassi nella sua tavola, certo i risultati sarebbero più esatti.

Tutti sanno che nelle tavole barometriche i numeri della colonna delle differenze esprimono appunto le altezze di colonne d'aria, supposte a 0^o, corrispondenti a ciascun millimetro di pressione; dunque basterà fare a questi numeri la correzione relativa alla temperatura per avere subito il valore del millimetro aneroidico in un dato luogo e in un dato momento. Questa correzione è semplicissima, perchè si

(1) L. BRUNO. *Tavole barometriche*. Torino 1880, F. Casanova, libraio-editore.

riduce ad aggiungere al numero dato dalla tavola la sua millesima parte moltiplicata pel quadruplo della temperatura: quadruplo che risponde al doppio della somma delle due temperature quando si tratta di due stazioni, secondo la notissima regola del Deluc.

Esempio. In un dato luogo si sono fatte le seguenti osservazioni:

pressione a 0°... 580^{mm}, temperatura 15°.

Si vuol sapere il valore del millimetro aneroidico, cioè si vuol sapere di quanto saremo saliti quando il barometro segnerà 579^{mm}. Prendiamo la tavola barometrica del Radau, per esempio, e vedremo che fra le letture 580 e 579 è scritta la differenza 13,8, la cui millesima parte, 0,0138 moltiplicata pel quadruplo della temperatura dà $0,0138 \times 60 = 0,83$; dunque il valore cercato sarà $13,8 + 0,83 = 14^m,6$. Il quale risultato coincide perfettamente, com'era da aspettarsi, con quello della tavola del Grassi (1) che è 14^m,599.

Le tavole del Bruno possono dare anche rapidamente il valore del millimetro aneroidico. Così nel presente esempio si tratterà di trovare con esse la differenza di livello fra due punti nei quali si abbia:

per la stazione superiore 579^{mm} e 15°
» » inferiore 580^{mm} e 15°.

Ma io credo che oramai il millimetro aneroidico abbia fatto il suo tempo, e che anche nelle livellazioni barometriche speditive con un solo aneroide, nulla è di un impiego più semplice e generale quanto le tavole barometriche ordinarie.

LIVELLAZIONE BAROMETRICA FRA TORINO, AOSTA, IL GRAN SAN BERNARDO E GINEVRA.

Le tabelle I, II, III e IV essendo state il fondamento della massima parte delle ragioni svolte in questo scritto a favore della formola ridotta del La Place, è bene che il lettore vegga l'accordo che regna fra i risultati delle livellazioni eseguite con la detta formola e con le medie di agosto.

Il Plantamour dice: « La differenza di livello fra l'osservatorio di Ginevra e l'ospizio del Gran San Bernardo è » stata misurata mercè un livello a bolla d'aria, e la cifra » così ottenuta, 2070^m,34, è esatta a meno di una piccola » frazione di metro » (2); ma l'altitudine dell'osservatorio di Ginevra è 408^m, dunque la quota esatta del Gran San Bernardo deve ritenersi essere $2070^m,3 + 408^m = 2478^m,3$. Se a questi dati aggiungiamo la quota dell'osservatorio di Torino, avremo tre capi-saldi sulle cui altitudini non può cadere alcun dubbio, cioè a dire

	Altitudine metri	Differenza di livello rispetto al Gran San Bernardo.	Latitudine
Ospizio del Gran San Bernardo	2478,3	—	45° 52'
Osservatorio di Ginevra	408	2070,3	46° 12'
Osservatorio di Torino.	276	2202,3	45° 4'

Ciò premesso, ecco i risultati delle medie del mese di agosto:

Tabella II. Ginevra - Gran San Bernardo. — La media di agosto dà appunto per l'altezza del Gran San Bernardo su Ginevra 2070^m,6.

Tabella III. Torino - Gran San Bernardo. — La media del mese di agosto 1871 dà appunto 2202^m,7, per l'altezza del Gran San Bernardo su Torino.

Riferiamo ora Aosta tanto al Gran San Bernardo quanto a Torino:

(1) Questa Tavola è stata calcolata dal Grassi con la formola completa del S. Robert e si trova nel *Fascic. II Suppl. alla Meteor. italiana*, 1875, pag. 37 e seg.

(2) *Mémoires de la Société de Physique, etc., de Genève*, p. 397, anno 1860.

Tabella I. Gran San Bernardo - Aosta. — La media del mese di agosto 1871 dà per la differenza di livello fra il Gran San Bernardo e Aosta 1890^m,6; quindi la quota di Aosta sarebbe $2478,3 - 1890,6 = 587,7$.

Tabella IV. Torino - Aosta. — Questa tabella ci permette di controllare la precedente quota di Aosta.

La media del mese di agosto dà per la differenza di livello fra Torino e Aosta 311^m,1; quindi se aggiungiamo a questo numero l'altitudine dell'osservatorio di Torino, avremo per la quota di Aosta $276 + 311,1 = 587^m,1$, il quale risultato, con errore di pochi decimetri, coincide con quello ricavato dal Gran San Bernardo. Coscicchè potremo ritenere col Grassi 587^m come altitudine dell'osservatorio di Aosta, e allora la differenza di livello fra il Gran San Bernardo e Aosta sarebbe in cifra rotonda 1891^m.

MACCHINE A VAPORE E FERROVIE

LE LOCOMOTIVE SENZA FOCOLARE PER TRAMWAYS.

III.

Replica dell'Ing. LEONE FRANCO di Parigi

in seguito alla discussione

della Società degli Ingegneri Meccanici di Manchester.

Il signor Franco dicendosi lieto che la sua comunicazione abbia provocato una discussione così completa ed interessante, indirizzò alcune controsservazioni in risposta agli onorevoli membri dell'Istituzione.

Riconosce assolutamente esatta l'opinione del sig. Crampton, che i principali elementi di spesa delle macchine per tramways sieno i salari del personale e la manutenzione.

È ciò che la pratica ha dimostrato ovunque, e la superiorità della locomotiva senza focolare deriva appunto dalla riduzione del personale e dall'economia effettuata nelle spese di mantenimento e di riparazioni grandemente inferiori a quelle delle altre macchine.

Il signor Franco ammette che il movimento è troppo vicino a terra; ma nuovi studii è presso a terminare, i quali hanno appunto lo scopo di elevare il meccanismo e proteggerlo dal fango e dalla polvere. Fa intanto osservare che le macchine impiegate sul tramway di Rueil a Marly-le-Roi, non hanno dato luogo che a riparazioni insignificanti per ciò che può essere causato dalla polvere e dal fango.

Essendochè vuol essere notata la circostanza dell'assenza delle ceneri del focolare, e le disposizioni state prese per liberare affatto il meccanismo da un involucro metallico, il quale, contrariamente a quanto si crede, ha l'inconveniente di ritenere la polvere, e questa, elevandosi e turbinando nei pezzi della macchina, produce inconvenienti più nocivi che se l'involucro non esistesse affatto. Aggiunge che non è partigiano delle disposizioni adottate nella macchina Brown di Winterthur, e ne ha la prova in ciò che quelle macchine si trovano già in uno stato di deperimento straordinariamente avanzato.

Ma è possibile disporre diversamente sulla locomotiva senza focolare i diversi pezzi meccanici più delicati.

Rispondendo al signor Tomlinson, il signor Franco non esita menomamente a dichiarare che il suo sistema può essere utilmente e vantaggiosamente applicato per la trazione dei treni della metropolitana quando si tratterà di corse non superanti i 20 a 25 chilometri e di profili come quelli di Londra. E per sostenere questa opinione egli parte dal dato che 2000 litri di acqua calda producono una forza motrice sufficiente a rimorchiare un treno del peso lordo di 36 tonnellate su di un percorso di 15 chilometri, 12,000 litri produrranno certamente un lavoro sei volte maggiore, ossia produrranno almeno 18,000,000 di chilogrammetri, lavoro più che sufficiente a trascinare un treno sulla metropoli-

tana di Londra, il quale pesi poco più di 100 tonnellate. Non restano adunque, in realtà, che due punti da esaminare da vicino; la potenza di trazione e la facilità della messa in moto quando si è tosto al fine della corsa, e la possibilità di approvigionare la macchina con 12,000 litri d'acqua calda. La potenza di trazione e la facilità della messa in moto si possono in ogni caso ottenere ricorrendo all'impiego di 4 cilindri sebbene per linee a profili regolari bastino due cilindri di più grande diametro.

Dagli studii fatti il signor Francq deduce non solo la possibilità di immagazzinare 12,000 litri d'acqua calda, ma di poter inoltre provvedere la stessa macchina di una grande quantità di acqua fredda per la condensazione.

Una locomotiva senza focolare in queste condizioni non peserebbe che 26 tonnellate a vuoto, in luogo di pesare 35 tonnellate, per modo che, in servizio, le locomotive senza focolare per la ferrovia sotterranea non peserebbero più di 43 tonnellate. Nè vi è maggiore difficoltà a mettere in pressione le locomotive senza focolare per mezzo delle caldaie fisse, bastando dare proporzioni convenevoli a codeste caldaie. Se si avessero 12 locomotive da mettere in pressione in un'ora, ciascuna macchina dovrebbe ricevere la sua provvigione di vapore in 5 minuti, e basterà dare una conveniente sezione ai tubi di efflusso del vapore. Per caricare 20 macchine in un'ora, basterà impiantare nella stazione di partenza una batteria di caldaie, le quali abbiano complessivamente 1800 metri quadrati almeno di superficie di riscaldamento non comprese le caldaie di riserva.

Nè sarà un simile impianto che può dar luogo ad esitazioni, essendochè conviene riconoscere i vantaggi che derivano dalla centralizzazione in un punto solo della produzione del vapore, dal risparmio di un fuochista per ogni locomotiva e dalla soppressione assoluta dei gas deleterii che sfuggono dalle locomotive ordinarie nei sotterranei, e che per la loro densità soffocano i viaggiatori malgrado la ventilazione prodotta dal passaggio dei treni.

Sulla questione della condensazione il signor Francq dichiara che per condensare completamente il vapore col'aria, occorre una superficie troppo grande e non ammissibile in pratica; mentre coll'acqua bisognerebbe pure portare sulla locomotiva una quantità d'acqua troppo rilevante. E gli altri mezzi conosciuti sono troppo costosi. Volendo rimanere su di un terreno assolutamente pratico, egli ha voluto limitarsi a sopprimere il rumore della scarica, favorendo l'espansione del vapore in una grande capacità, e parzialmente condensandolo per il contatto di un gran numero di tubi a circolazione d'aria. Egli pensa che spogliando perfettamente dalle goccioline d'acqua seco trascinate il vapore di scarica, il vapore mantenendosi alla parte superiore si sprigionerà dal tunnel abbastanza rapidamente. Ammettendo pure che qualche nuvoletta penetri talora nei vagoni, come potrebbe avvenire quando l'atmosfera non fosse propizia all'ascensione del vapore, non sarebbe poi inconveniente serio; poichè nelle ferrovie sotterranee di Londra è il fumo che dà molestia ai viaggiatori, mentre il vapore è affatto inoffensivo. Si potrebbe provare questa verità facendo un'esperienza che darebbe luogo ad un aumento rapidissimo nel numero dei viaggiatori.

Per i tramways nelle vie delle città, il signor Francq riconosce la possibilità di condensare completamente il vapore della scarica. Ma si domanda se l'influsso del vapore quando avvenga senza rumore, non sia un inconveniente piuttosto immaginario anzichè reale; ed osserva che volendo condensare completamente il vapore si va incontro a grandi complicazioni ed a spese, le quali tolgono allora alle macchine dei tramways i due precipui vantaggi che hanno per iscopo di realizzare, ossia la semplicità e l'economia.

D'altra parte cinque anni d'osservazione bastarono a convincerlo che non è la vista del vapore che spaventa gli animali; bensì il fatto di una macchina che si avvanza rapidamente senza segni esteriori visibili di forza motrice; ed i cavalli si spaventano di tutto ciò che produce un rumore acuto, improvviso, come è il caso delle macchine ad efflusso d'aria compressa, e delle locomotive ordinarie, le quali non possono far a meno di un soffio di vapore nel

camino, e di una scarica violenta per attivare il fuoco, e di valvole di sicurezza.

Il signor Francq non crede, come il signor Cowling Welch, che attraversando le valvole dell'apparecchio d'espansione il calore del vapore si trasformi in elettricità.

Fa osservare che il signor William Armstrong non otteneva lo sviluppo dell'elettricità, che per un'altissima tensione del vapore, mediante il raffreddamento di questo vapore trasformato in goccioline d'acqua prima di scaricarlo nell'atmosfera e dipendentemente dall'attrito considerevole di queste goccioline d'acqua fra loro. Si sa che la macchina elettrica di Armstrong, non produceva più in alcun modo l'effetto voluto dal momento che il vapore cessava di circolare nei condotti raffreddati e più non avevano luogo le confricazioni delle goccioline d'acqua fra loro.

Nella locomotiva senza focolare le valvole equilibrate a cagione della sezione *anulare* di efflusso che esse presentano, non danno luogo che a poco attrito, il vapore, invece di uscire raffreddato dall'atmosfera passa in un mezzo ad alta temperatura e dov'è minore la pressione per potere sovrariscaldarsi. In tali circostanze vi ha produzione di goccioline d'acqua e in conseguenza non vi ha nè attrito nè sviluppo d'elettricità.

Ciò è d'altronde stato dimostrato da esperimenti comparativi. L'apparecchio d'espansione non è altra cosa che il *cassetto* consigliato dal signor Cowling Welch; solo che esso agisce automaticamente, mentre che un *cassetto* ordinario non agirebbe così. L'autore persiste quindi a considerare l'apparecchio d'espansione come vantaggioso, siccome ognuno se ne può convincere praticamente da un'attenta osservazione.

Sulla questione d'impiego del vapore a bassa pressione il signor Francq constata che la sua opinione non è punto divisa dal signor Cowper nè da molti altri membri. Ei crede dover tuttavia insistere su di un punto così importante che egli si felicitava d'aver sottoposto all'esame degli ingegneri dell'Istituzione.

Egli è bensì vero, dice il signor Francq, d'accordo in ciò col signor Cowling Welch, che il vapore ad alta pressione è più vantaggioso, poichè il calore latente, per rapporto al calore totale prodotto è proporzionalmente meno elevato del calore latente del vapore a bassa pressione; ma perchè questa verità sussista è d'uopo ammettere che il calore latente del vapore ad alta pressione non abbia abbandonato, dopo che ha sviluppato il suo lavoro, più calorie nell'atmosfera che il calore latente del vapore a bassa pressione.

Così conviene calcolare per una locomotiva, entro quali limiti vantaggiosi si possa ammettere l'espansione, tenendo conto della proporzione d'acqua meccanicamente trascinata.

Il signor Francq l'ammette su i $2\frac{1}{3}$ della corsa in media. Dietro questi dati bisogna vedere quale sia il calore latente del vapore nei cilindri al suo arrivo, e quale ancora sia il calore latente alla scarica. La differenza è una perdita di calore utile diffuso nell'ambiente.

Egli è tenendo conto di codeste considerazioni pratiche che l'autore della memoria è giunto a dimostrare che dal punto dell'utilizzazione del calore esistente nel vapore, una macchina locomotiva, da non confondersi con una macchina fissa, dà luogo ad un rendimento di calore del 44 p. 0/0 soltanto, adoperando vapore a 15 atmosfere, mentre che il rendimento è del 60 p. 0/0 con vapore a 4 atmosfere. D'onde una differenza del 16 p. 0/0 che è più grande ancora, quando si distingue il rendimento di una macchina la quale lavori col vapore ad alta pressione trascinandosi seco il 30 p. 0/0 d'acqua allo stato globulare dal rendimento certamente migliore d'una macchina che lavori a bassa pressione con vapore secco e nel modo indicato dal signor Francq.

La differenza del 16 p. 0/0 al contrario sarebbe certamente minore se si trattasse di macchine fisse a grande espansione ed a condensazione; ma ciò che può essere guadagnato dall'espansione coll'impiego di macchine fisse non può esserlo sulle locomotive ordinarie, nelle quali l'acqua trascinata, gl'inconvenienti dell'anticipazione alla scarica, la velocità che è necessario lasciare al vapore per il suo

efflusso nel camino sono cause che limitano l'espansione, e per le quali il calore per la scarica del vapore risulta elevato, il signor Francq se ne è reso conto, ed è così che egli fu condotto a compilare la tabella 1^a della sua memoria.

Per tal modo egli è di parere che il signor Cowper si trovi in errore quando egli dice che il vapore prodotto a 15 atmosfere subisce una perdita quando esso si trovi impiegato a pressione minore, per esempio, a 4 atmosfere. Si paragoni infatti il caso della locomotiva senza focolare a due vasi comunicanti A e B, di cui l'uno A sia pieno di vapore a 15 atmosfere, ossia si trovi alla pressione di 199 centigradi. Se noi mettiamo il vaso A bruscamente in comunicazione con il vaso B, la pressione si equilibra nei due vasi. Se si suppone inoltre, che il rapporto dei volumi dei due vasi sia tale che la pressione nei due divenga di 4 atmosfere (a cui corrisponderebbe la temperatura di 144 centigradi) il calore interno del vapore non sarà cambiato e non si avrà avuto sviluppo di lavoro.

Nel sistema del signor Francq, la comunicazione non è stabilita bruscamente, ma essa ha luogo fino all'equilibrio per un tempo determinato. Il risultato tuttavia è sempre lo stesso.

Or bene, dietro i dati della teoria meccanica del calore, il calore interno del vapore d'acqua saturo e secco, a 15 atmosfere (199 gradi) trovasi espresso nel primo vaso A da

$$573,34 + (0,2342 \times 199^\circ) = 619 \text{ calorie, } 94$$

per un chilogramma di vapore.

Lo stesso vapore saturo a 4 atmosfere ed occupante la capacità di due vasi A e B, possiede un calore interno di

$$573,34 + (0,2342 \times 144^\circ) = 607 \text{ calorie, } 06.$$

La differenza per chilogrammo di vapore è di 12 calorie, 88, le quali diventano libere; il vapore a 4 atmosfere vi è dunque *soprariscaldato* con queste calorie, e tale sovrariscaldamento ha per effetto di vaporizzare le goccioline d'acqua trascinata allo stato globulare.

Non sarebbe la stessa cosa se il vapore si espandesse direttamente nei cilindri rei quali l'espansione producendo una condensazione, l'effetto dell'acqua meccanicamente trascinata col vapore non sarà annullato.

Il signor Francq riconosce che la questione da lui sollevata è delicata, ed è perciò che i fatti da lui enunciati e che incontrarono oppositori, saranno ben tosto verificati con esperienze serie che egli si propone di eseguire su di una locomotiva di qualche grande Società di ferrovie in Francia, sulla quale egli adatterà un apparecchio di scarica sufficiente alla chiamata del fuoco senza che sia necessaria una grande pressione all'uscita del vapore dai cilindri.

Per intanto il signor Francq riassume la sua risposta alle questioni ed alle osservazioni critiche che egli ha molto volentieri ricevute, annunciando che egli ha fatto circolare una macchina senza focolare con la stessa carica di vapore sul tramway di Reueil a Marly, alcune volte sopprimendo l'apparecchio d'espansione ed altre volte ammettendo il vapore direttamente nel regolatore per lasciarlo espandere, funzionando il settore, e che *giammai egli poté constatare un consumo di vapore più grande impiegando l'apparecchio d'espansione*. Egli ha osservato che per il riscaldamento del vapore, il vapore può dare all'entrata nei cilindri un rendimento meccanico più elevato, che il bozzolo delle stoppe del regolatore e dell'asta degli stantuffi durano più lungo tempo che quando si introduce direttamente il vapore nei cilindri, che le fughe sono meno numerose, che il vapore uscendo alla pressione atmosferica, non solamente utilizza meglio il suo calore, ma ancora non dà luogo a rumore e rende più facile la propria condensazione.

TECNOLOGIA INDUSTRIALE

I FORNI A GAS E I COMBUSTIBILI ITALIANI

Monografia del cav. ing. CELSO CAPACCI

Veggansi le tav. XI, XII e XIII.

(Continuazione).

§ 3. — Studio della gassificazione per mezzo dell'aria.

Ho già detto che l'azione dell'ossigeno sopra il carbonio fisso portato al calor rosso ed accumulato in grande spessore, dà come prodotto finale dell'ossido di carbonio, il quale è ottenuto nella terza zona di combustione per l'effetto di riduzione che il carbonio incandescente esercita sull'acido carbonico sviluppato nella seconda zona di combustione completa.

Quest'azione teorica non è realizzabile completamente in pratica, sia perchè invece di ossigeno noi alimenteremo la combustione coll'aria atmosferica, sia inoltre perchè impiegheremo dei combustibili di composizione varia, tanto per proporzione di carbonio fisso, quanto per quantità di materie volatili e di sostanze terrose. A questo riguardo dirò anzi subito che l'applicazione dei combustibili gassosi è tanto più vantaggiosa quanto più scadente è il combustibile sottoposto alla gassificazione.

Studiamo ora l'influenza dei vari elementi (aria e combustibile) sulla natura del gas ottenuto.

Rispetto alla sostanza comburente, si vede subito che essendo l'aria composta di ossigeno e azoto, il gas per questo solo fatto sarebbe composto di ossido di carbonio e azoto nelle proporzioni seguenti in peso:

CO	34,4
Az	65,6

L'influenza del combustibile sarà poi varia a seconda della sua natura chimica e del suo stato fisico.

I combustibili impiegati per la gassificazione sono i seguenti:

Combustibili artificiali: Coke — Carbone di legna.

Combustibili naturali: Antracite — Litantrace — Lignite — Torba — Legno.

Il coke essendo un combustibile a carbone fisso, si avvicina il più possibile alle condizioni teoriche suesposte, giacchè non dà nessun prodotto per distillazione e solo contiene circa 3 0/0 di idrogeno ossigeno e azoto condensati in esso a causa della sua porosità.

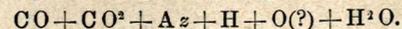
Il gas sarà quindi composto essenzialmente di ossido di carbonio e azoto. Conterrà inoltre del vapor acqueo scacciato per essiccazione dal coke ed i gas seguenti in piccola proporzione:

Dell'idrogeno, ottenuto per scomposizione del vapor acqueo condensato nei pori e che per tal guisa può raggiungere la zona del calor rosso:

Dell'ossigeno, svelato raramente dalle analisi, e che può provenire, sia dall'ossigeno condensato nel coke, o meglio da una troppo grande abbondanza d'aria nel gasogeno o da un troppo piccolo spessore di carbone in modo da lasciar sfuggire qualche particella dell'elemento comburente all'azione del combustibile:

Dell'acido carbonico, il quale esiste sempre in una certa proporzione nel gas per quanto sia perfetto l'apparecchio ove succede la gassificazione, e lo stato del combustibile bene appropriato al caso. Esso è dovuto, sia all'esser sfuggito all'azione riduttiva del carbone, sia alla combustione parziale dell'ossido di carbonio avvenuta per un fortuito eccesso d'aria calda.

Il gas sarà quindi composto dei seguenti elementi:



Il coke poi lascerà un residuo solido che sono le ceneri, dovute alle materie minerali ch'esso contiene.

Darò qui due esempi di analisi di gas ottenuti dalla gassificazione del coke. In essi non apparisce traccia di vapor acqueo perchè sono stati raccolti ad una certa distanza dal generatore, allorchè il gas raffreddato aveva perduto la maggior parte della sua umidità.

Elementi costituenti il gas	Gasogeni	
	Ebelmen	Siemens
CO	33,80	26,03
CO ²	1,30	7,03
Az	64,80	66,82
H	0,10	0,12
In peso	100,00	100,00

Come proprietà fisiche, questi gas sono trasparenti e senza odore. Considerando queste analisi si vede come le proporzioni di ossido di carbonio e azoto sieno vicine a quelle teoriche date più sopra, e ciò appunto in virtù della qualità che ha il combustibile di essere costituito di carbonio fisso.

È rimarchevole quindi come in essi sia piccola la proporzione di acido carbonico, prodotto accessorio e dannoso, che devesi sempre cercare di ridurre al minimo possibile.

Parimente l'idrogeno vi si trova in piccolissima dose.

Il carbone di legna è, similmente al coke, costituito per la massima parte di carbonio fisso, se non che a causa del suo potente potere condensante, ritiene nei suoi pori intercellulari una proporzione molto maggiore di idrogeno ossigeno e azoto, come pure di umidità.

La composizione del gas ottenuto da questo combustibile si spiega nello stesso modo che più sopra è stato fatto per il coke, e per conseguenza non entrerà in ripetizioni inutili.

Darò due analisi di gas ottenuti dal carbone di legna. Essi si mostrano spogli di umidità.

Elementi costituenti il gas	Gasogeni	
	Ebelmen	Ebelmen
CO	34,10	34,27
CO ²	0,80	0,67
Az	64,90	64,73
H	0,20	0,33
In peso	100,00	100,00

Tali gas sono trasparenti e senza odore.

Queste analisi sono vicinissime alla composizione teorica.

Ponendo poi in confronto queste cifre con quelle date per il coke, si vede come il gas del carbone di legna contiene maggior proporzione d'idrogeno libero, il che è dovuto al potere condensante che questo combustibile possiede a causa della sua porosità microscopica. Anzi può dirsi in generale che questi gas contengono idrogeno libero in proporzione doppia di quelli del coke.

Osserverò inoltre che qui noi abbiamo minor proporzione di acido carbonico, e ciò è dovuto al fatto che il carbone di legna ha un'azione riduttiva più potente di quella del coke. Ne deriva infine una maggior ricchezza di questi gas in ossido di carbonio, per rispetto a quelli primamente studiati.

Il litantrace dà gas di composizione varia a cagione della varietà della sua natura. La sua parte combustibile risultando di due elementi, uno volatile (idrocarburi), l'altro fisso (coke), ne segue che introdotto in un gasogeno, scaldandosi progressivamente, darà prima dei prodotti volatili per essiccazione e per distillazione ed il coke residuo agirà più specialmente nella gassificazione. Divise così le tre azioni di essiccazione, distillazione e gassificazione, noi ci renderemo conto, dietro quello che è stato detto parlando del coke, dei prodotti della prima e terza zona, e che saranno il vapor acqueo, l'ossido e l'acido carbonico, l'idrogeno, l'ossigeno e l'azoto.

Esaminiamo ora quali saranno i prodotti ottenuti per distillazione. Se questa avesse luogo a bassa temperatura e fuori del contatto di corpi combustibili, si otterrebbero quegli stessi idrocarburi che si hanno nella preparazione del gas illuminante; ma qui l'azione si complica in virtù dell'elevata temperatura esistente nel gasogeno e della presenza di una corrente di gas combustibili per cui si otterranno delle azioni di combinazioni, scomposizioni e dissociazioni molto complicate. Come risultato finale si otterranno gl'idrocarburi più stabili e dei prodotti semplici, come idrogeno libero, vapor acqueo e acido carbonico, i quali andranno ad unirsi ai prodotti della gassificazione.

Il Berthelot ha scoperto che l'idrocarburo il più stabile è l'acetilene (C²H²) e che vi ha formazione di questo gas in ogni combustione incompleta, ed ogniquivolta un combustibile brucia a contatto dell'aria producendo nero fumo.

È dunque da ritenere che gl'idrocarburi prodotti nella gassificazione del litantrace sieno per la massima parte costituiti di acetilene.

È ben difficile in fatto di gas ottenuti dal litantrace dare delle analisi tipiche, la loro natura essendo assai variabile. Darò quindi i limiti ordinari in cui sono racchiusi i vari elementi costituenti questi gas.

Elementi costituenti il gas	Gasogeni			
	Siemens	Ponsard	Ponsard	Brook e Wilson
CO	25,88	22,48	26,42	26,33
CO ²	7,04	10,08	6,69	8,29
Az	65,13	64,94	64,74	62,84
H	0,62	0,69	0,65	1,11
Idrocarburi	1,33	1,81	1,50	1,43
In peso	100,00	100,00	100,00	100,00

Come proprietà fisiche questi gas sono in generale opachi, bianchi e più spesso giallastri ed hanno odore di catrame.

Confrontando queste analisi con quelle date precedentemente, si possono fare le seguenti osservazioni.

Prima di tutto i gas del litantrace sono più poveri in ossido di carbonio di quelli del coke e carbone di legna e ciò perché la loro composizione si allontana da quella teorica, cioè dire dal carbonio fisso totale cui invece gli ultimi si avvicinano.

In secondo luogo l'acido carbonico è nelle ultime analisi in maggior proporzione che nelle prime e ciò in ragione principalmente della combustione parziale di alcuni prodotti della distillazione.

In terzo luogo l'idrogeno è parimente in maggior dose, il che è dovuto all'azione di scomposizione del litantrace e la sua risoluzione in elementi stabili.

In quarto luogo noi abbiamo in più nei gas del litantrace gl'idrocarburi la cui genesi è stata più sopra spiegata.

In quinto luogo risulta che se per le azioni accompagnanti la gassificazione si ha uno sviluppo di gas indipendente dal consumo di ossigeno dell'aria, ne segue che la proporzione di azoto la quale passerà nei gas sarà minore nel caso della gassificazione del litantrace che quando si tratti del coke.

L'antracite si comporterà nel gasogeno in modo intermedio fra il litantrace ed il coke, giacché mentre da una parte è quasi esclusivamente costituita di carbonio fisso, dall'altra poi contiene qualche poco di prodotti volatili carburati, che si svolgeranno per distillazione. Senza poter addurre delle analisi in appoggio, è lecito arguire che il suo gas sarà più ricco in ossido di carbonio e meno ricco in idrogeno e idrocarburi, di quello del litantrace.

La lignite darà nel gasogeno un gas assai differente da quello del litantrace, giacché sarà più ricco in umidità ed in acidi organici, più povero in idrocarburi, in ragione della sua stessa natura. Conterrà inoltre maggior copia di acido carbonico dovuto soprattutto all'azione dell'umidità, la quale trovandosi in forte proporzione assorbe grande quantità di calorico sia per trasformarsi in vapore, sia per scomporsi a contatto del carbone, in modo da abbassare la temperatura del gasogeno al disotto di quella utile per la riduzione dell'acido carbonico.

Un'altra ragione di questa maggior copia di acido carbonico risiede, a mio parere, nella forte proporzione di ossigeno contenuto nella lignite (21 a 29 O/0), il quale brucierà nei primi strati del gasogeno a combustione completa dando, sia del vapor acqueo in ragione della forte dose d'idrogeno contenuta in questo combustibile, sia dell'acido carbonico in virtù dei gas che si sviluppano nella distillazione.

Come aspetto fisico questi gas sono opachi, hanno colore giallastro chiaro, ed un forte odore di catrame.

La torba si comporterà nel gasogeno in modo analogo alla lignite. Cioè dire, il suo gas sarà meno ricco in idrocarburi di quello del litantrace, e più ricco in umidità, acidi organici ed acido carbonico. La maggiore abbondanza di questo si spiega per le stesse ragioni esposte parlando della lignite.

Le analisi seguenti serviranno a dare una idea della composizione del gas ottenuto gassificando la torba.

Elementi costituenti il gas	Gasogeni	
	Ebelmen	Ebelmen
CO	22,40	20,81
CO ²	14,00	16,26
Az	63,10	57,74
H	0,50	5,19
In peso	100,00	100,00

Questi gas sono opachi, hanno forte odore empireumatico, sono ricchi in vapor acqueo e richiedono quindi di esser purificati.

Il legno infine darà per gassificazione un prodotto analogo a quello della torba.

Qui però avremo una certa abbondanza di acido pirolegnoso, acqua, spirito di legno ed altri prodotti inutili e dannosi per lo scopo che ci si prefigge.

Vedremo più tardi con quali mezzi si arriva a sbarazzarsi di questi elementi dannosi.

Ora, seguendo l'ordine stabilito, darò la composizione del gas ottenuto nei gasogeni alimentati a legna.

Il saggio è stato preso dopo la condensazione dei vapori.

Elementi costituenti il gas	Gasogeni	
	Ebelmen	Lundin
CO	34,50	20,80
CO ²	11,60	19,60
Az	53,20	56,30
H	0,70	0,90
Gas delle paludi		2,40
In peso	100,00	100,00

Questi gas hanno colore bluastrò e forte odore di creosoto.

È necessario dare qualche schiarimento su queste analisi.

Quella di Ebelen è stata ottenuta gassificando del legno essiccato all'aria. Il gas era opaco e traversando un lungo tubo abbandonava una proporzione assai forte di prodotti liquidi identrici a quelli ottenuti nella distillazione del legno.

La seconda analisi è relativa al gas ottenuto in un gasogeno Lundin alimentato colla segatura di legno ricca a 48 0/0 di acqua igrometrica. Questo gas raffreddandosi abbandona fino a 33 0/0 di umidità e quindi per esso è necessario un sistema di purificazione molto efficace.

L'abbondanza dell'acido carbonico svelato da questa analisi, si spiega per le ragioni addotte parlando delle ligniti.

La proporzione assai forte d'idrogeno è dovuta alla dose rag-

guardevole di questo gas contenuta nel legno, e che viene allo stato libero sia per riduzione del vapor acqueo sia prodotto nella distillazione.

Parallelo fra i gas ora descritti.

Mi pare convenga terminare questo studio sui gas ottenuti per gassificazione dei combustibili solidi, stabilendo un confronto esatto fra la composizione del combustibile e quella del gas da esso ottenuto.

Riunendo in un quadro tutti gli elementi di questo paragone, per ognuno dei combustibili di cui mi sono occupato più sopra, avremo sott'occhio i dati numerici utili per uno studio particolareggiato sul modo con cui avviene la trasformazione di un combustibile solido in gassoso.

Combustibili sottoposti alla gassificazione	COMPOSIZIONE DEL COMBUSTIBILE senza cenere					COMPOSIZIONE DEI GAS PURIFICATI in peso						
	Composizione elementare			Composizione immediata		Composizione elementare					Composizione industriale	
	C	H	O+Az	Carbone fisso	Materie volatili	CO	CO ²	Az	H	Idrocarburi	Elementi combustibili	Elementi inerti
Coke	97	0,50	2,30	97	3	32,20	2,20	65,50	0,10		32,30	67,70
Carbone di legna	84 a 90	15 a 17		85	15	34,30	1,00	64,50	0,20		34,50	65,50
Antracite	93 a 95	2 a 4	3 a 5	90 a 92	8 a 10							
Litantrace	80 a 90	4 a 5	5 a 19	60 a 80	20 a 40	25,30	8,00	64,40	0,80	1,50	27,60	72,40
Lignite	65 a 75	4 a 6	21 a 29	40 a 50	50 a 60							
Torba	58 a 63	5,5 a 6	31 a 36	27	73	21,90	15,00	61,50	0,60	1,00	23,50	76,50
Legno	30 a 52	6 a 6,3	42 a 44	24 a 28	70 a 78	30,00	14,00	54,20	0,70	1,10	31,80	68,20

È necessario spiegare il modo con cui è fatto questo quadro e far vedere quale è il valore relativo che si deve dare alle cifre in esso consegnate.

Nel comporre il quadro sono partito dal principio che, per dar delle idee esatte in fatto di composizioni di combustibili e gas, è necessario prendere degli esempi medii, pratici, usuali, atterrendo dai casi-limiti, i quali non danno per niente idea chiara del gruppo cui appartengono.

Così, per esempio, ognuno sa che i vari elementi costituenti un combustibile, variano secondo certe date proporzioni da uno all'altro, e che poi considerando la serie quale è stata scritta nel quadro, detti elementi variano gradatamente sia in scala ascendente o discendente, in modo da presentare una serie continua partendo dal coke fino al legno.

Queste progressioni continue si ottengono appunto prendendo delle cifre medie e non i casi-limiti, i quali si confondono sia col prodotto inferiore, sia con quello superiore. Così, per esempio, considerando la classificazione dei litantraci data dal Gruner, si vede che il termine superiore della scala, cioè il litantrace-antracitoso si confonde, come composizione chimica, con una vera e propria antracite, mentre l'altro termine estremo, cioè il litantrace secco a lunga fiamma, ha la sua composizione elementare molto vicina a quella di una lignite di qualità superiore.

Ecco dunque spiegato il perchè nel quadro ho dato le cifre medie, come quelle che sole possono caratterizzare un combustibile.

La prima metà del quadro, relativa alla composizione dei combustibili, astrazione fatta dalle ceneri, è stata desunta dalle composizioni che si trovano nei trattati, mentre la seconda metà relativa alla composizione dei gas purificati, quali ordinariamente s'impiegano, è stata da me calcolata prendendo le medie aritmetiche di un gran numero di analisi che ho potuto a gran fatica raccogliere.

Consideriamo ora partitamente le relazioni esistenti fra le varie cifre contenute nelle colonne di questo quadro.

Rispetto alla composizione elementare dei combustibili è da osservare che:

1. La proporzione di carbonio va gradatamente scemando dal coke al legno, e questa serie è soprattutto continua fra i combustibili naturali (litantrace a legno);

2. La proporzione d'idrogeno va gradatamente crescendo dal coke al legno;

3. Similmente la proporzione dell'ossigeno e azoto (il quale è in piccolissima dose) va continuamente crescendo dal coke al legno.

Rispetto alla composizione elementare dei combustibili, quale è quella svelata nella distillazione ed a cui generalmente ci si riferisce perchè serve meglio a caratterizzare industrialmente un carbone, si vede che:

1. La proporzione di carbonio fisso va gradatamente scemando dal coke al legno, e ciò si trova in relazione colla variazione del carbonio contenuto;

2. La proporzione di materie volatili va gradatamente crescendo dal coke al legno, e ciò in corrispondenza colle quantità d'idrogeno e ossigeno contenute nei combustibili.

Le ragioni di queste serie continue ascendenti e discendenti sono facilissime a dare. Per la scala dei combustibili naturali (litantrace a legno) noi sappiamo che un combustibile perde tanto più idrogeno e ossigeno e quindi aumenta il suo tenore in carbonio fisso, quanto più è completamente fossilizzato. Per due combustibili artificiali, il coke ed il carbone di legno, sappiamo che la carbonizzazione ha loro tolto la parte volatile.

Facciamoci ora a considerare la seconda parte del quadro, cioè quella relativa ai gas ottenuti per gassificazione dei combustibili suddetti.

Rispetto alla composizione elementare dei gas, noi possiamo osservare che:

1. La proporzione di ossido di carbonio va gradatamente scemando dal coke alla torba, in relazione colla serie decrescente del carbonio fisso contenuto in questi combustibili. Eccezione fatta però per il legno ed il suo carbone, i quali danno una proporzione di ossido di carbonio superiore a quella del coke, in ragione del loro grande potere riduttivo.

2. La proporzione di acido carbonico va gradatamente crescendo dal coke al legno, eccezione fatta pel carbone di legno che ne dà meno del coke. Questa progressione crescente è in rapporto con quella parimente crescente dell'ossigeno contenuto nei combustibili, e ciò si spiega, perchè quest'ossigeno se ne va nella zona di distillazione per la maggior parte allo stato di acido carbonico, il quale non può essere ridotto nella zona di riduzione sottostante. Osserverò inoltre che la scala crescente dell'acido carbonico contenuto nei gas, è complementare di quella decrescente dell'ossido di carbonio in essi contenuto. Conviene qui ricordarsi come questo fatto sia in relazione anche col potere riduttivo dei combustibili.

3. Considerando insieme riunite le proporzioni di ossido di carbonio ed acido carbonico, essendo in essi che si trasforma la totalità del carbonio fisso contenuto nel combustibile, si vede che il loro insieme decresce nella stessa maniera che il detto carbonio fisso.

4. La proporzione di azoto va continuamente scemando dal coke al legno, e ciò sta appunto in relazione colla serie crescente delle proporzioni di ossigeno contenute nei combustibili. È evidente infatti che quanto maggiore sarà la proporzione di ossigeno contenuta nel combustibile, e che si trasforma sia in acido carbonico, sia in ossido di carbonio, tanto minore sarà la quantità dell'ossigeno dell'aria richiesta nella gassificazione e

quindi tanto minore la proporzione di azoto che entrerà come elemento nocivo nel gas.

5. La proporzione d'idrogeno libero va gradatamente crescendo dal coke al legno, eccezione fatta per il litantrace che ne dà più del legno. Ciò appunto è in relazione colla serie crescente dell'idrogeno contenuto nei combustibili. La maggiore proporzione dell'idrogeno contenuto nel gas del litantrace è dovuta alle azioni e reazioni che avvengono nella zona di distillazione in virtù dell'abbondanza d'idrocarburi in esso contenuti.

6. La proporzione degli idrocarburi va gradatamente scemando dal litantrace al legno. Questo fatto è apparentemente in disaccordo colla composizione elementare ed immediata dei combustibili, la quale svela una proporzione continuamente crescente di idrogeno, ossigeno e materie volatili. Ma in realtà questo disaccordo si spiega quando si consideri che quanto meno un combustibile è carbonizzato, tanto più darà per distillazione maggior copia di prodotti acidi (pirelegnosio acetico), umidità ed altri vapori non combustibili e condensabili, nella composizione dei quali entra l'idrogeno e l'ossigeno. Dunque la maggior proporzione di questi due gas, contenuta nei combustibili sempre meno perfetti, non fa altro che dare maggior copia di vapori non combustibili e non d'idrocarburi utilizzabili nella combustione.

Ma nella pratica delle officine metallurgiche un dato gas viene soprattutto giudicato al punto di vista della sua efficacia e combustibilità dietro la sua ricchezza in elementi combustibili. Ed appunto questa composizione, che io chiamerò industriale, è quella che più comunemente viene apprezzata.

Considerando quindi l'ultima parte del quadro, vedremo che:

1. La proporzione di elementi combustibili di un gas va gradatamente decrescendo dal coke alla torba, eccezione fatta per il carbone di legna e per il legno che ne danno una proporzione maggiore.

Questo fatto è parallelo a quello del tenore in ossido di carbonio, che forma l'elemento più importante del gas, ed è quindi in relazione col potere riduttivo particolare a ciaschedun combustibile.

2. La proporzione di elementi inerti varia in senso inverso degli elementi combustibili essendo complementare della precedente.

Tutte le osservazioni fatte sul precedente quadro serviranno, spero, a dare un'idea esatta della composizione dei gas ottenuti per gassificazione dai differenti combustibili e del modo di trasformazione di un combustibile solido in gassoso. Serviranno inoltre a calcolare le calorie prodotte e la temperatura di combustione dei vari gas. Mostreranno infine come anche il combustibile solido il più scadente possa dare per gassificazione un gas combustibile il quale, purificato, è paragonabile a quello ottenuto dai migliori carboni.

Piacemi dare qui subito una prima idea dei vantaggi inerenti alla gassificazione, rimandando, per lo studio completo di ciò che ad essi si riferisce, al capitolo concernente la combustione dei gas ed a quello che tratta dei vantaggi dell'impiego dei forni a gas.

Il principio su cui si fonda la buona combustione di un combustibile qualunque e la condizione richiesta acciocché si possa ottenere il potere calorifico massimo di cui esso è suscettivo, consiste in ciò che deve bruciare colla quantità d'aria richiesta teoricamente per l'ossidazione completa dei suoi elementi combustibili.

Or noi sappiamo che nella combustione di un combustibile in pezzi, in un focolare ordinario a graticola, si richiede un volume d'aria dal 50 al 100 0/0 superiore a quello teorico. Invece nella combustione di un gas, l'aria richiesta per la sua combustione completa non è che 10 a 20 0/0 superiore a quella strettamente teorica. La spiegazione di ciò risiede in questo, che tanto l'elemento combustibile (il gas) quanto l'elemento comburente (l'aria) si trovano nel medesimo stato fisico e quindi la loro mescolanza nelle proporzioni teoriche è facilissima.

Il risultato pratico di questo fatto complesso è che la combustione si fa in buone condizioni e la temperatura di combustione è vicina a quella teorica, donde risulta una rilevante economia di combustibile.

Inoltre, molti combustibili inferiori, non possono essere utilizzati nei nostri focolari a causa del loro stato fisico e delle impurità che contengono. Ora se noi possiamo avere una qualche azione sul loro stato fisico (essiccazione, torrefazione, compressione della torba) non possiamo però purificarli mantenendoli nel loro stato. La gassificazione invece, mentre ci libera da ogni processo di preparazione particolare, sempre costoso, ci offre poi il mezzo più semplice di purificazione dei combustibili, giacché oltre eliminare le ceneri, permette anche la condensazione degli elementi dannosi (umidità, acido pirelegnosio).

Mi basta di aver dato questo primo cenno dell'importanza della gassificazione. Il complesso poi dei vantaggi che ad essa si connettono, sarà studiato in appresso in modo particolare e dettagliato.

§ 4. — Gasogeni.

Passiamo ora allo studio degli apparecchi ove succede la gassificazione e che si chiamano generatori di gas o gasogeni.

Da tutto quello che è stato detto nel paragrafo precedente risulta la definizione del gasogeno, il quale sarà una concamerazione ove il combustibile solido raccolto in un certo spessore vien sottoposto alla combustione a mezzo dell'aria. Per la continuità dell'operazione, dovrà esser possibile l'alimentazione non interrotta dell'aria e del combustibile, il raccoglimento continuo del gas e l'evacuazione delle ceneri.

Se noi ci facciamo a considerare quale forma di apparecchio possa soddisfare il meglio ed il più semplicemente a queste condizioni, vedremo che sarà un tipo in cui il combustibile è accumulato e vien caricato dall'alto sia continuamente sia ad intervalli fissi, in cui l'aria penetra dal basso, da dove poi si estraggono le ceneri, mentre infine i gas vengono raccolti in alto e portati fuori del gasogeno.

Avanti di venire a descrivere i principali tipi di gasogeni oggi impiegati, spiegherò quali sono le classificazioni che di essi è dato fare.

Considerandoli al punto di vista dell'alimentazione dell'aria, essi si dividono nel seguente modo:

- a) Gasogeni a vento forzato;
- b) Gasogeni ad aspirazione naturale.

Considerandoli a seconda del processo impiegato onde estrarre le ceneri li vediamo dividersi in due classi:

a') Le ceneri sono scorificate e la scoria cola al di fuori del tipo senza cura speciale. Ciò è stato fatto nei gasogeni a vento forzato e non muniti di grata;

b') Le ceneri non sono scorificate. Il gasogeno è in generale ad aspirazione naturale, munito inferiormente di grata e le ceneri vengono estratte come nei focolari ordinari.

Da quel che ho detto risulta un nuovo modo di distinguere i gasogeni a seconda della disposizione data alla loro parte inferiore:

1. Gasogeni non muniti di grata;
2. Gasogeni muniti di grata.

Considerando infine i vari generi di graticole che possono essere applicate ad un dato gasogeno ne troveremo di tre specie:

1. Graticola piana, per combustibili puri in pezzi grossi e per grandi altezze di caricamento. Esempio: legno, lignite e litantrace non colante e di buona qualità;

2. Graticola a leggio, per combustibili di media grossezza e media altezza di caricamento. Esempio: torba, lignite, litantrace magro e colante;

3. Graticola a gradini, per combustibili minuti e scadenti e per piccole altezze di caricamento. Esempio: litantrace, lignite, torba minuta e di cattiva qualità.

Avendo parlato dei vari generi di grate, il cui impiego dipende direttamente dalla natura e dallo stato fisico del combustibile, son tratto a parlare dell'altezza di caricamento, la quale è in relazione diretta con le dette proprietà del carbone sottoposto alla gassificazione.

È evidente *a priori* che lo spessore del combustibile dovrà essere tanto minore, quanto maggiore è il suo potere riduttivo, la sua porosità e la minutezza dei suoi pezzi. Detto spessore invece dovrà essere tanto maggiore quanto minore è il potere riduttivo del carbone, la sua porosità e più grossi i suoi pezzi.

Pei casi intermedi si avranno spessori intermedi.

Noi possiamo dunque distinguere tre altezze di caricamento:

1. Spessore massimo 1^m a 1^m,20. Per combustibili in grossi pezzi come la legna, la torba, il legno fossile.

Una massa composta di grossi pezzi lascia anche grandi vani i quali non fanno altro che sottrarre l'acido carbonico all'azione riducente della terza zona di combustione.

Convien dunque, aumentando lo spessore del carbone, crescere l'estensione di questa zona affinché, per il contatto prolungato, niuna particella di acido carbonico sfugga alla riduzione.

Questo grande spessore conviene anche ai combustibili poco porosi, molto compatti e che non hanno un gran potere riducente, come, per esempio, il coke (1^m) e l'antracite.

2. Spessore medio 0^m,80 a 0^m,90. Per combustibili in pezzi di grossezza ordinaria, assai porosi, di azione assai riduttiva. Esempio: il litantrace e la lignite;

3. Spessore minimo 0^m,60. Per carboni in piccoli pezzi, porosi, e che hanno un forte potere riduttivo. Esempio: il carbone di legna.

Eccomi ora ad imprendere la descrizione dei principali tipi di gasogeni.

Dietro la definizione e gli schiarimenti dati più sopra, mi sembra inutile corredare la mia descrizione di numerose figure.

Darò solo quelle dei gasogeni moderni riconosciuti universalmente i migliori.

Non seguirò neppure nessun ordine di classificazione, perchè sappiamo che un dato generatore di gas può servire per vari combustibili; gli aggrupperò piuttosto a seconda delle loro somiglianze come costruzione.

Gasogeno di Ebelmen. — Il primo inventato e costruito per la prima volta a Audincourt in Francia.

Si compone di un tino circolare a doppio imbuto, senza graticola inferiore ed a vento forzato. L'aria arriva per due ugelli situati in basso, il combustibile è caricato dall'alto e la presa dei gas è laterale.

Le sue dimensioni sono le seguenti:

Diametro al ventre	1 ^m ,30
Altezza del tino	2 ^m ,10

Allo scopo di fonder le ceneri, Ebelmen caricava insieme al carbone una data proporzione di calcare in modo da formare una scoria la quale riducevasi in apposito crogiuolo inferiore da cui poi rigurgitava all'esterno.

I combustibili che vi furono impiegati erano il carbone di legna, il coke ed il legno.

I difetti di questo gasogeno sono vari. Necessita prima di tutto un ventilatore per l'iniezione del vento, e ciò aggiunge complicazione e costo all'impianto. In secondo luogo la scorificazione delle ceneri, oltrechè essere inutile, è di più dannosa per la complicazione che induce nell'andamento del gasogeno e per il calorico che assorbe, calorico sottratto ai gas combustibili. Infine la mancanza di graticola inferiore, sebbene si spieghi col fatto del vento forzato e della scorificazione delle ceneri, pure non è una buona disposizione.

È con questo generatore che Ebelmen ha fatto le classiche esperienze sulla gassificazione dei combustibili: le quali mentre sono la sua maggior gloria, servirono poi a mettere in luce evidente tutti i vantaggi dell'impiego dei combustibili gassosi.

Quantunque oggi nessuno costruirebbe più un gasogeno simile a quello di Ebelmen, pure convien citarlo in capo lista come monumento storico, ed anche per poter veder meglio la trasformazione ch'esso ha subito nei seguenti.

Gasogeno Bichof. — Come forma generale richiama quello di Ebelmen. È applicato in Germania ove dà buoni risultati.

Si compone di un tino a doppio imbuto, a sezione circolare a vento soffiato e munito inferiormente di graticola piana.

Le sue dimensioni sono:

Diametro al ventre	1 ^m ,60
Altezza del tino	2 ^m ,20

Il vento è soffiato alla pressione di 3 a 4 centim. d'acqua.

Le ceneri quando sieno pulverulenti, sono estratte e cadono a traverso la graticola: quando invece sono agglomerate, vengono estratte da una porta situata appositamente al disopra della grata.

Nella parete anteriore del tino sono praticate a differenti altezze delle aperture, le quali d'ordinario son chiuse, ma che servono a poter sorvegliare l'andamento del gasogeno e far cadere i pezzi che per avventura facciano ingorgo.

Questo generatore serve bene per il coke ed il legno. Esso può anche funzionare senza vento soffiato, ossia ad aspirazione naturale.

Gasogeno Dutreix. — Costruito recentissimamente all'officina di Raismes presso Anzin, in Francia, dietro il tipo di Ebelmen. Si compone di un tino a sezione rettangolare a vento soffiato e senza graticola inferiore.

Le dimensioni del gasogeno alimentato col litantrace ed applicato ad un forno a riscaldare il ferro, sono:

Sezione	0 ^m ,35 × 0 ^m ,55
Altezza	1 ^m ,20

L'aria è insufflata inferiormente per due ugelli opposti situati sui lati più lunghi. Le ceneri vengono estratte da apposita apertura situata alla base del tino.

Il carbone vien caricato in alto con una porta a tramoggia. Il tino è contiguo al forno ed i gas passano direttamente sul ponte di questo, ove vengono bruciati.

Questo gazogeno dà ottimi risultati col litantrace minuto di Anzin, e sarà utile in generale per ogni combustibile in polvere. Però è da osservare che la necessità di un ventilatore e di una condotta d'aria ne complica l'impianto.

Gasogeno Beaufumè. — Non è altro che un focolare da locomotiva ridotto a gazogeno ed alimentato a vento forzato.

Lo scopo di questo è di rimediare all'inconveniente principale di quello di Ebelmen, il quale richiedeva un motore speciale per il ventilatore. Il Beaufumè pensò di fare un gasogeno a pareti metalliche doppie, il cui interstizio fosse ripieno di acqua in modo da utilizzare per la vaporizzazione il calore trasmesso alle pareti del generatore, siccome appunto succede nelle locomotive. Il vapore, prodotto a spese del calore irraggiante, era poi impiegato a mettere in movimento il ventilatore del gasogeno.

Questo è munito di una graticola inferiore piana sotto la quale arriva il vento per due ugelli opposti. Le porte del cinerario sono quindi abitualmente chiuse.

Il caricamento si fa mediante due tramogge poste sul cielo del focolare, le quali traversano la caldaia e sono munite di due valvole, una superiore l'altra inferiore, in modo da permettere l'introduzione della carica senza lasciar sfuggire i gas.

Questo apparecchio, impiantato per l'addietro all'officina Cail a Parigi, dette eccellenti risultati al punto di vista dell'utilizzazione del calore, se non che a causa del costo molto elevato, del rapido consumo e della difficoltà del regolarlo e sorvegliarlo essendo chiuse le porte del cinerario, non poté estendersi e fu dovuto abbandonare.

Con questi primi quattro ho finito lo studio dei principali tipi di gazogeni a vento forzato; passerò ora in rassegna quelli ad aspirazione naturale.

Gasogeno di Carinzia per il legno. — Si compone di un tino retto a sezione rettangolare, munito inferiormente di graticola piana, e ad aspirazione naturale (tav. XIII, fig. 1 e 2).

Le sue dimensioni, quando venga applicato ad un forno a riscaldare il ferro, sono:

Sezione	m. 0,40 × m. 0,86
Altezza	m. 1,55

Serve bene per il legno ed anche per la torba in pezzi. Quando il generatore è contiguo al forno è bene che questi combustibili sieno essiccati e meglio se torrefatti, altrimenti sviluppano troppa umidità che se ne va mescolata al gas.

Questo gasogeno è applicato in Carinzia ai forni a riscaldare il ferro, e dà buoni risultati.

Pei forni a pudellare s'incontrano in Carinzia gasogeni analoghi a quello descritto, i quali non hanno la grata inferiormente, ma terminano in un cinerario ove si raccoglie la cenere. Essi sono a vento forzato e non più ad aspirazione naturale, in ragione della maggiore attività richiesta nella combustione.

Gasogeno Lundin. — Inventato fino dal 1865 ed applicato con successo alla ferriera di Munkfors in Svezia per la gassificazione della segatura di legno contenente fino a 50 0/0 di acqua igrometrica.

Si compone (tav. XIII, fig. 4) di un tino prismatico A in muratura, la cui parte inferiore è completamente occupata da una grata. Questa si compone di due parti: una orizzontale posteriore e più bassa, che appoggia da una parte sulla muratura e dall'altra sopra un trave vuoto *b*; l'altra più elevata anteriore e inclinata, sopportata da due traverse in ghisa.

Il cinerario è chiuso ed il gasogeno è insufflato. Il vento arriva per un tubo verticale nella trave vuota *b* e di qui per apposite aperture situate nelle facce laterali di questa, esce e va ad alimentare la combustione.

Nella faccia superiore del gasogeno sono due aperture. A quella anteriore sovrasta la tramoggia di caricamento a doppia chiusura. Dall'altra s'innalza una specie di camino ove si raccoglie il gas che per il tubo C è condotto al purificatore.

Le dimensioni principali di questo gasogeno a vento forzato, alimentato colla segatura di legno ed applicato ad un forno doppio a riscaldare il ferro, sono le seguenti:

Larghezza	m. 2,60
Lunghezza (profondità)	» 2,80
Altezza totale	» 2
Altezza della parete anteriore	» 1,40
Lunghezza orizz. della grata inclinata	» 1,40

I risultati ottenuti con questo gasogeno sono dei più soddisfacenti, come vedremo a suo tempo nel capitolo sui dati numerici dei forni a gas.

Avendo addimosttrato la sua efficacia colla segatura di legno è evidente che potrà, fatte leggere modificazioni, essere impiegato anche per altri combustibili in polvere.

Gasogeno di Freiberg per il coke. — A Freiberg, nel forno ove si fabbrica l'acido arsenico per via di ossidazione (abbrustolimento) dei minerali, è necessario avere una fiamma chiara e completamente priva di polvere di carbone o di cenere, acciocchè il prodotto il quale se ne va per sublimazione, non contenga nessun corpo estraneo.

A questa condizione si soddisfa con un gasogeno alimentato col coke, il cui gas è puro e trasparente.

Le dimensioni del gasogeno per un forno a riverbero di 4 m. di lunghezza, sono:

Sezione	m. 1,50 × 0,50
Altezza	m. 1,70

Esso è munito inferiormente di una grata piana ed è ad insufflazione naturale. Questa avviene a traverso la grata per lo scopo della gassificazione; nella parete anteriore del tino poi sono situate a differenti altezze delle aperture per le quali l'aria in abbondanza s'introduce nel tino per bruciare il gas con fiamma ossidante a bassa temperatura, giacchè sono appunto questi gli effetti calorifici e chimici che si richiedono onde ossidare l'arsenico e sublimare l'acido ottenuto.

Passiamo ora alla descrizione dei *gasogeni più comunemente impiegati nell'industria*.

Gasogeno Siemens. — Si compone (tav. XI, fig. 1 e 2) di una concamerazione a sezione rettangolare, la di cui faccia anteriore è inclinata e munita in parte di una graticola; la parete posteriore e quelle laterali sono quasi sempre verticali, raramente a tramoggia; ed è poi munito in basso di una graticola piana.

È difficile dare delle dimensioni esatte su questo gasogeno, essendo esse in relazione intima colla natura del combustibile.

Un gasogeno Siemens per litantrace ordinario applicato ad un forno a riscaldare il ferro, potrà avere le dimensioni seguenti:

Larghezza	m. 1	a 1,50
Altezza totale	» 2	a 2,50
Lunghezza in alto	» 2	
Altezza vertic. della parete a leggìo	» 1,50	
Lunghezza della graticola piana	» 0,60	a 0,80

Questo generatore è ad aspirazione naturale, e l'aria penetra in esso a traverso le graticole piana ed inclinata.

Alla parte anteriore è munito di due tramogge di caricamento, le quali contengono una valvola interna a contrappeso e sono poi chiuse in alto da un coperchio a chiusura idraulica. Tolto il coperchio e caricato il combustibile nella tramoggia sulla valvola, si rimette a posto il coperchio e girando la valvola si fa cadere il carbone nell'interno.

La presa dei gas, è fatta a traverso la volta del generatore per un tubo di lamiera di ferro che li conduce al forno.

La larghezza del gasogeno, cioè la distanza che separa le due pareti laterali, variabile a seconda della natura del combustibile, varia anche secondo il modo di costruzione, giacchè la si può portare al doppio di quella notata purchè la grata venga sul suo mezzo sopportata con colonne di ghisa.

I risultati dati nella pratica da questo gasogeno sono stati ottimi per la maggior parte dei combustibili ordinari in pezzi ed anche minuti (litantrace, lignite, torba, legno).

Ciò dipende in principal modo dalla disposizione della graticola a gradini e dalle sue dimensioni maggiori che in quelli precedentemente studiati.

Una disposizione particolare è data al gasogeno Siemens quando s'impiega un combustibile molto minuto. Questa consiste nel prolungare la graticola a gradini anteriore fino ad incontrare la parete posteriore e così sopprimere la grata inferiore piana.

Per tal guisa il carbone minuto non cade a traverso le fessure della grata, ed inoltre l'aria penetra bene nella massa del combustibile per aspirazione naturale.

Gasogeni Ponsard. — Quest'inventore presenta due gasogeni, uno detto *ordinario*, l'altro *soprariscaldato*.

Il *Gasogeno ordinario Ponsard* (tav. XII, fig. 4 e 5) è analogo a quello Siemens. È una concamerazione a sezione rettangolare, avente la parete anteriore disposta a tramoggia e munita inferiormente di una graticola piana. La parete anteriore inclinata è massiccia superiormente e finisce in basso in una graticola a gradini.

Questo gasogeno è ad aspirazione naturale. Le sue principali dimensioni, per un forno a riscaldare il ferro, impiegando come combustibile il litantrace ordinario, sono:

Altezza	m. 1,68
Lunghezza in alto	» 1,76
Lunghezza in basso	» 1,28
Altezza vertic. della grata a gradini	» 0,56
Larghezza	» 1,84

Il fondo del gasogeno è formato per metà da un piano in muratura e per l'altra metà dalla graticola quasi piana.

La presa del gas si fa sotto la volta nella parete posteriore, la quale è contigua al forno.

Le disposizioni di dettaglio variano a seconda del combustibile. Questo gasogeno dà buoni risultati in pratica, colla maggior parte dei combustibili.

Il *gasogeno soprariscaldato Ponsard* è stato inventato per due scopi: primo, per poter gassificare facilmente anche i combustibili inferiori; secondo, per poter ottenere dei gas molto caldi, giacchè, come vedremo studiando il sistema di combustione Ponsard, egli non riscalda che l'aria, ed i gas li prende alla temperatura che hanno uscendo dal gasogeno.

Allorchè dunque egli vuol produrre delle temperature molto elevate è costretto ad alimentare il gasogeno con aria calda proveniente dal recuperatore in modo da cedere il calore di questo ai gas che si sviluppano nella gassificazione.

Siccome allora si producono nel generatore delle azioni molto vive, non si può impiegare nessuna graticola metallica, ed è per questo che il gasogeno soprariscaldato ha la forma di un tino, il quale ha ad una certa altezza due aperture corrispondenti, l'una al canale di arrivo dell'aria calda, l'altra alla condotta d'uscita dei gas. Presso queste aperture il tino ha la forma di un imbuto rovesciato in modo che il carbone prenda il suo declive naturale senza incomodare la corrente gassosa.

Dei gasogeni soprariscaldati Ponsard ignoro se ne siano stati costruiti, e quindi poco posso dire sul loro funzionamento.

Gasogeno Boetius (tav. XII, fig. 6 a 8). — È analogo a quello Siemens. La parete posteriore e quelle laterali sono verticali; quella anteriore risulta di due parti, la superiore massiccia, l'inferiore che è meno inclinata e costituita dalla grata, la quale forma il fondo del gasogeno. Esso è ad aspirazione naturale. Le sue dimensioni, per un forno a riscaldare il ferro, impiegando come combustibile il litantrace, sono:

Altezza	m. 1,50
Lunghezza in alto	» 1,30
Lunghezza in basso	» 0,75
Altezza verticale della parete inclinata anteriore	» 1,15
Altezza verticale della grata	» 0,35

La grata inferiore fortemente inclinata è di un vantaggio reale come quella che permette di sorvegliare bene il fuoco, togliere le ceneri per far cadere le parti ostruenti, ecc. L'impiego di questo gasogeno si è addimostrato utile nella pratica.

Gasogeno Bisheroux (tav. XII, fig. 9 e 10). — La forma di questo gasogeno richiama quella del precedente, se non che ai vantaggi di quello esso accoppia l'aver la parete posteriore inclinata, in modo da formare insieme coll'anteriore una vera e propria tramoggia. Questa disposizione facilita e prolunga l'azione dell'aria sul carbone, giacchè aumentando la sezione diminuisce la velocità dell'aria, e quindi l'andamento sarà migliore. Di più impedisce che l'aria lambisca la parete e sfugga alle reazioni.

Esiste pure la grata inferiore fortemente inclinata.

Le principali dimensioni per un tal gasogeno alimentato col litantrace ed applicato ad un forno a riscaldare il ferro, sono:

Altezza	m. 2,20
Lunghezza in alto	» 2,00
Lunghezza in basso	» 1,00
Altezza verticale della parete inclinata anteriore	» 1,75
Altezza verticale della grata	» 0,45

In pratica questo gasogeno ha dato risultati eccellenti col litantrace. (Continua)

Sono venute in dono alla Direzione le seguenti pubblicazioni:

— La teoria delle ombre e del chiaro-scuro, dell'ing. Domenico Tessari, fascicolo 2° ed ultimo. (L'intero volume consta di 360 pagine in 8° e di 36 tavole litografate). — Torino, 1880. — Prezzo del 2° fascicolo L. 9, dell'intero volume L. 15.

— Trattato elementare delle funzioni ellittiche di Arturo Cayley, prof. nell'Università di Cambridge. — Traduzione riveduta e accresciuta d'alcune appendici da F. Brioschi. — Milano, 1880 — 1 vol. di pag. 450 — Prezzo L. 15.

— Aritmometro di Thomas, suo principio, descrizione ed uso, per l'ing. Agostino Cavallero, prof. di macchine a vapore e ferrovie alla Scuola d'Applicazione per gli Ingegneri in Torino — Op. di 25 pag. e due tavole. — Torino, 1880. — L. 1,20.

— Sulla teoria e sulle formole dell'interesse composto. Considerazioni dell'ing. Bustini Filadelfo. — Milano, 1880 — Opuscolo di pag. 17, estratto dal giornale *Il Politecnico*.

— Raccolta di opuscoli sulla manutenzione delle strade, dell'ing. Luigi Franceschini. — Bologna, 1880 — 1 vol. in 8° di pag. 154.

Fig. 1 e 2
Gasogeno Siemens

Fig. 1. Sezione longitudinale

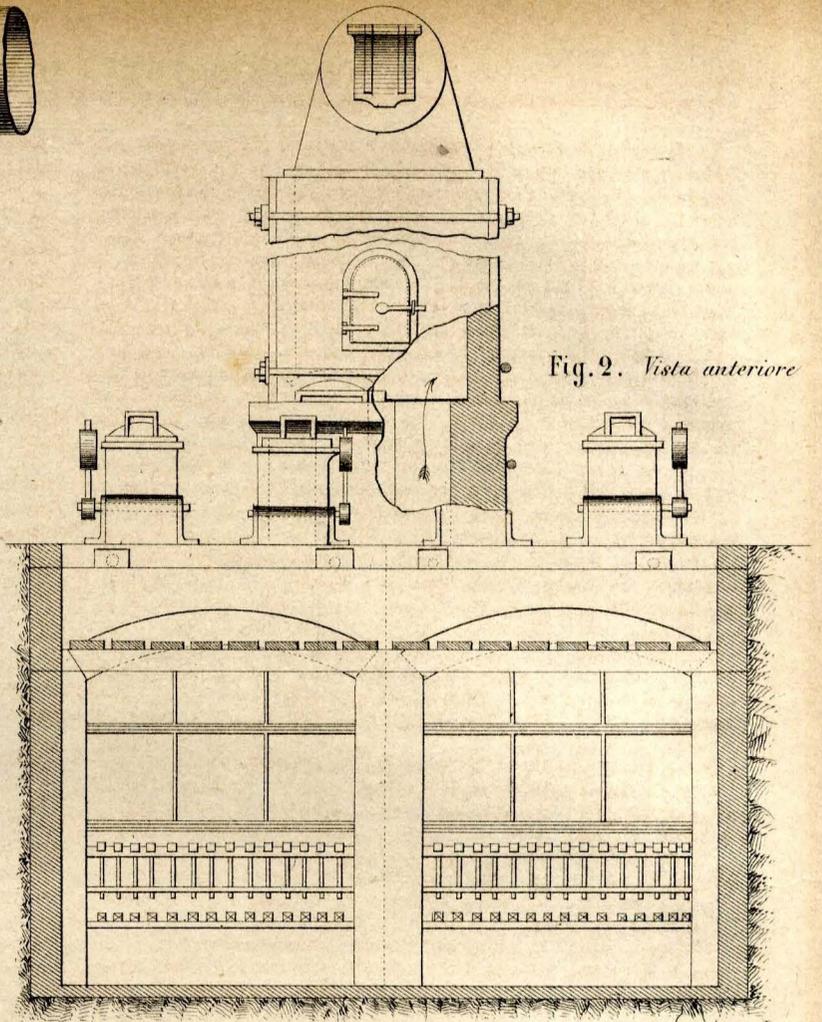
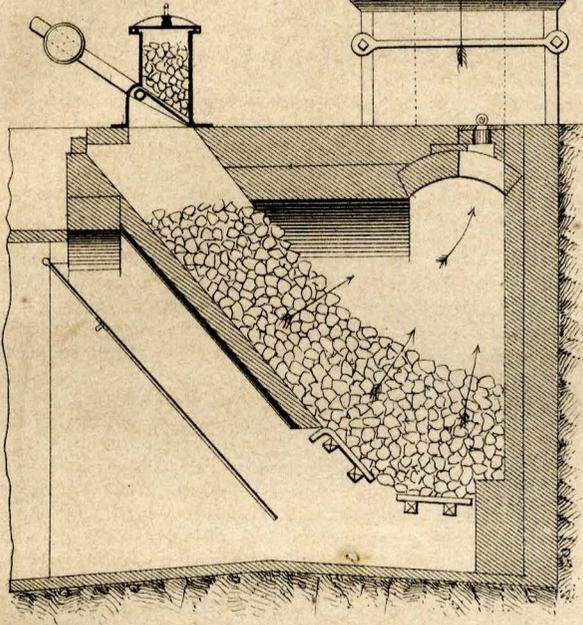


Fig. 2. Vista anteriore

Fig. 3. Sezione secondo EF

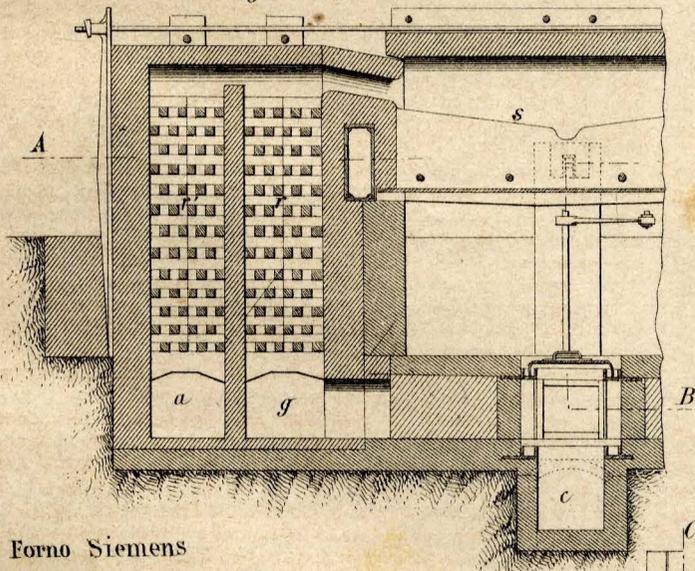
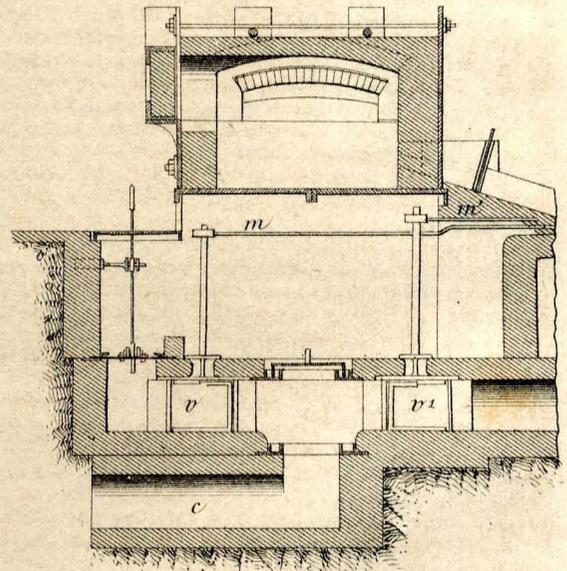
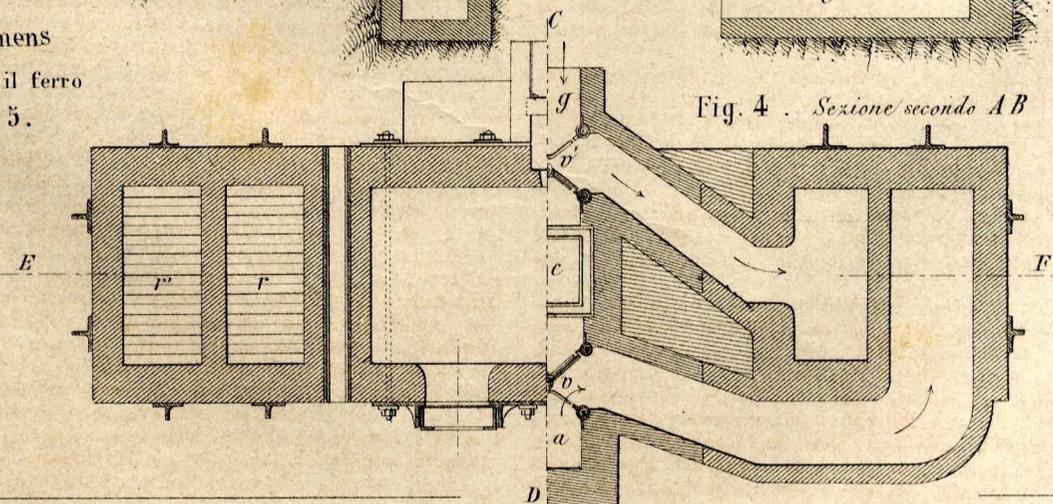


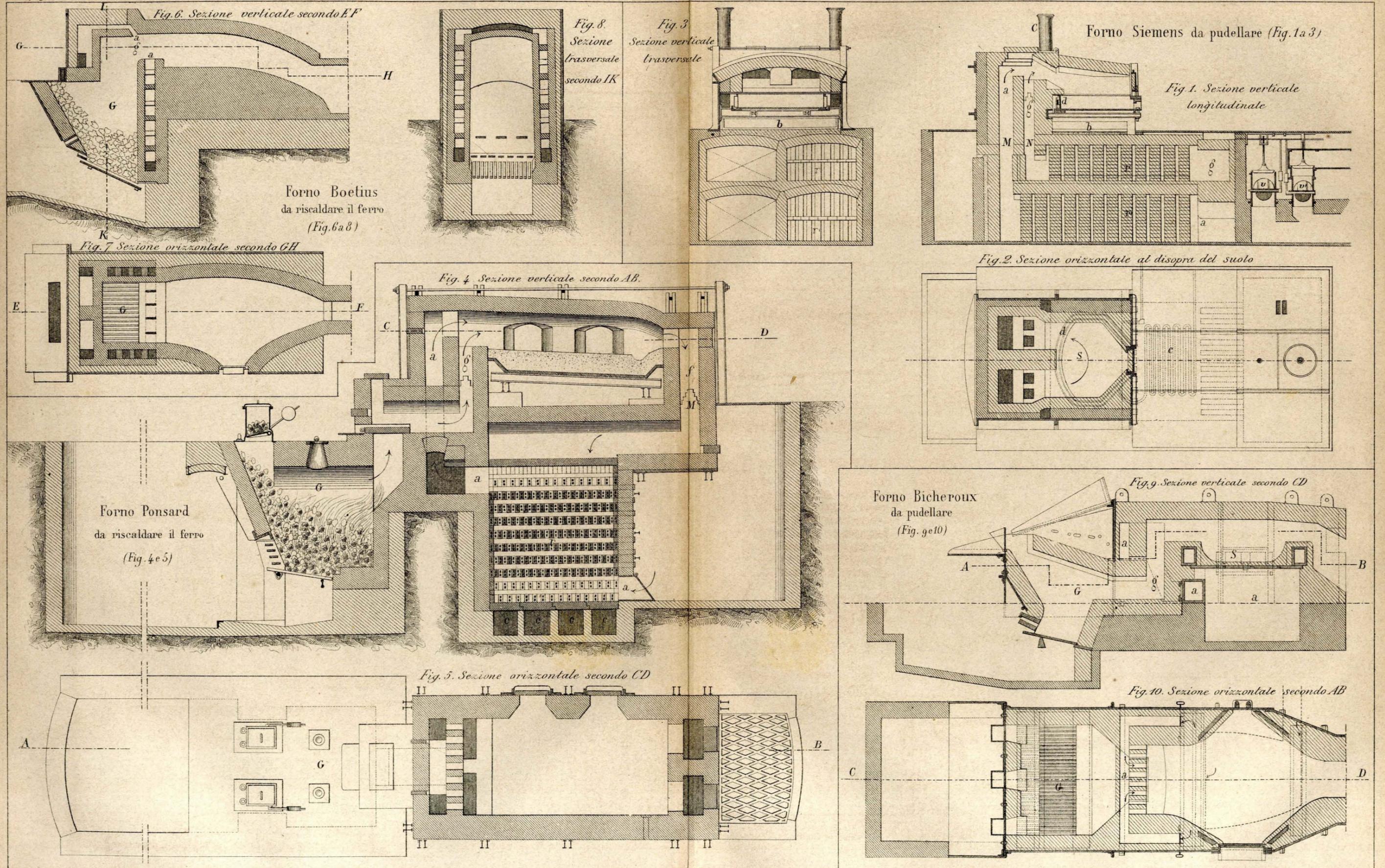
Fig. 5. Sezione secondo CD



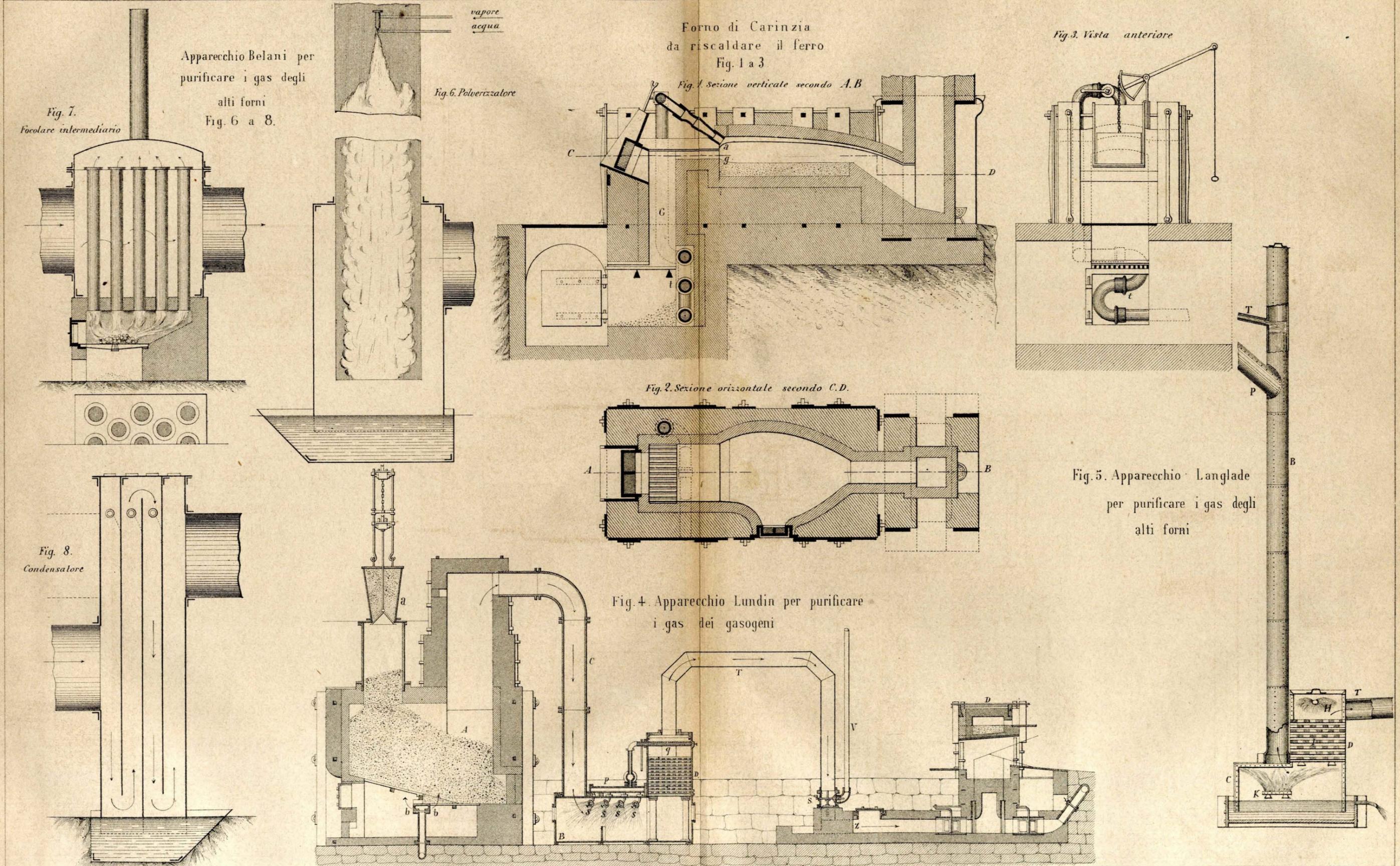
Forno Siemens
da riscaldare il ferro
Fig. 3 a 5.

Fig. 4. Sezione secondo AB





Tip. e Lit. Ornella e Bertolero, Torino



Tip. e Lit. Camilla e Bertolero, Torino