

L'INGEGNERIA CIVILE

R

LE ARTI INDUSTRIALI

PERIODICO TECNICO MENSILE



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

IDRAULICA MARITTIMA

MOTO ONDOSO E TRASPORTO DI ALLUVIONI

SUL LITORALE DI CHIAIA (NAPOLI)

per l'Ing. Prof. GAETANO BRUNO.

Seguito alle

CONSIDERAZIONI E NOTE RIGUARDANTI GLI EFFETTI
DOVUTI ALL'AZIONE DEL MARE SUL LITORALE DI CHIAIA
pubblicate nel Volume XI, Anno 1885 di questo Periodico.

(Veggasi la Tavola VII)

I. — Narrazione di un fatto notevole.

1. — Un fatto impreveduto, e per ciò notevole, verificatosi sulla rada di Chiaia, ci fa tornare su di un argomento trattato nella succitata scritta: *la prevalenza del moto ondoso nel trasporto delle alluvioni marittime.*

A ridosso del moletto frangionde che difende il porticello marinaresco e la spiaggia artificiale nell'ansa di Mergellina (estremità occidentale della plaga di Chiaia), si formò, nell'invernata fra gli anni 1884-85, un accumulamento di terre e detriti, emergente dalle acque, che diminuì alquanto lo specchio e la profondità del porticello. Il cumulo si fermò in B, ma poi s'è successivamente spostato fino in C, con la forma di piccola spiaggia. V. planimetrie, tav. VII (fig. 1 e 2).

Nella stessa tav. VII, fig. 2, sono tracciate le curve isometriche del fondo antico, come era prima della costruzione delle opere che costituirono il porticello, e quelle di color rosso, quali furono rilevate nell'anno 1888, allorchè il cumulo fuori acqua si appalesava in B, sicchè queste configurano il deposito medesimo.

Deve sorprendere a prima vista il luogo ed il modo dello interrimento, così in dentro dalla punta del frangionde e ridossante questo; mentre il lembo della spiaggia artificiale nell'interno del porticello è rimasto invariato da come si stabilì poco tempo dopo che quella fu costruita (1880), mantenendosi quale è tracciata nella tav. VII.

La spiaggia stessa, originariamente eseguita di eguale larghezza, fu erosa in poco tempo presso il pennello sottovento, perchè colpita dal mare da levante a scirocco, ed andò allargandosi alquanto fino allo sbarcatoio in asse dello specchio d'acqua; e similmente avvenne, ma con leggerissima impronta, nell'altra parte fra lo sbarcatoio e il moletto che forma primo tratto del frangionde esterno.

Il fondo del porticello si è di poco elevato nel mezzo dello specchio e nella zona verso N., come risulta da scandagli comparativi, che per non creare confusione non sono rappresentati nel disegno, essendo parso più utile tracciarvi quelli dello stato naturale prima dell'impianto delle opere delle quali parlasi.

2. — Potrebbe crederci che l'ammasso formatosi prima in B e poi in C, si sia prodotto per trasporto di alluvioni dovuto a moto di corrente litoranea o di moto ondoso radente da N. E. a S. O., cioè da sinistra a destra, maneg-

giandosi per la distesa del lido di Chiaia verso quell'estremo insenato. Ma in tale ipotesi il deposito avrebbe dovuto addossarsi alla spiaggia, e piuttosto in fondo al seno presso lo sbarcatoio, terminando al molo di difesa; ed avrebbe anche dovuto formarsi a N. del pennello sottovento, che termina la spiaggia da questo lato e di quello che lo precede, anch'esso intestato al muro della riviera Caracciolo. Questo effetto credevasi che potesse avvenire, tanto che ad ottenerlo furono costruiti quei due pennelli: invece i fondali sono rimasti inalterati, ed i pennelli han servito piuttosto da frangionde, utili, fra certi limiti, alla difesa del porticello e della via Caracciolo, che quivi è alta appena m. 2,25 sul mare medio.

Queste riflessioni dimostrano due cose, che il lido è battuto da marosi violenti che zappano, anzichè apportino; e che non esiste appulso permanente di materie che il mare possa rimuovere altrove o ricevere in alcuna guisa, ed in tale abbondanza da rigettarle fino al lido.

Infatti questo, a partire dalla Vittoria, seguendo il muro di sponda della via Caracciolo, non presenta alterazioni, e non ha spiaggia attaccabile; d'altra parte gli afflussi torbidi pluviali non hanno potuto apportare al mare tanti materiali quanti se ne sono in poco più di un anno accumulati nel porticello marinaresco, nella suddescritta guisa: non meno di 50000 m. c.

Sullo stato del lido dalla Vittoria a Mergellina e sull'azione del mare lungo la stessa è precisamente detto nel n. 5 della nota I della Memoria succitata; e nella nota II si dichiara che non vi è appulso permanente, dovuto a rivolgimento di fondo lungo il lido di Chiaia; che nel seno di Mergellina la profondità si mantiene da tempo di oltre 3 metri, più che non è verso levante (alla Vittoria); che le foci cloacali apportano nelle grandi piogge un tributo di materie, ma queste si disperdono in maggior parte; che verso l'Aquario si era formato nel 1877 una radunata di arene, accennante a formazione di spiaggia, ma dovuta a circostanze speciali (v. nota II, n. 2 della precitata Memoria), tanto che si disperse nell'anno appresso; che non mai azione di corrente, ma si bene di moto ondoso, quando riflesso e quando radente, può trasportare le arene; che solo per l'insistenza dei venti di S. O. è rimarcato un moto di corrente accidentale, che maneggiandosi per la costa di Posillipo penetra nel golfo.

3. — Ricordate e riassunte tali circostanze, ed assodato quanto mai il fatto che esaminiamo sia lontano dall'azione di qualsiasi corrente generale o accidentale, esponiamone l'origine ed il modo come si è andato producendo.

Il materiale accumulatosi in B, poi spostato in C, proviene da S. O., cioè da sopravvento all'opera che è destinata a difendere il porticello, e propriamente dalla costa più prossima di Posillipo, e trae la prima origine da uno scarico artificiale abundantissimo A di materia terrosa, che fu eseguito in quel tratto *a b c* del lido di Posillipo.

Quello scarico fu autorizzato nel 1883; e già alla fine del 1884 erasi formata una terrazza alta circa 2 metri sul mare, tanto ampia ed apparentemente solida che il

proprietario della casa sulla via (il famoso cantore Stagno) sollecito domandò al Municipio l'uso di quell'aia: ma dovette rimanere ben sorpreso vedendo che, pei marosi delle invernate 1885-86, tutto fu sbaragliato, e già si notavano le conseguenze dannose al porticello; sicchè ai primi avvisi fu revocato il permesso di scaricare le terre su quel lido, ora ritornato quasi affatto nello stato anteriore.

Senza quell'abbondante dotazione in A non poteva una gran parte di materie andare a pregiudizio del porticello marinaresco; se d'altra parte i venti di S. O. non avessero prevalenza di forza e di durata; se il moto ondoso del mare non avesse potenza ad escavare ed a trasportare; e se circostanze di luogo non favorissero il libero trasformarsi del moto ondoso in moto di traslazione, l'appulso di materiale nel porto non avrebbe potuto avvenire, e l'accumulamento non avrebbe potuto formarsi in quel sito B, a ridosso del frangionde.

4. — Riguardo al processo svoltosi potrebbe semplicemente dirsi, che i venti da S. O., abbiano zappato sulla costa esterna di Posillipo ed abbiano trasportato sul lido di Chiaia; e che i venti da S. E. ed anche da E. N. abbiano avuto la cura di spingere dentro al porto le alluvioni: ma queste, in tal caso, avrebbero dovuto piuttosto distendersi ed addossarsi al lido, e non mai cumularsi dove la profondità delle acque era maggiore (dai 4 ai 5 metri), e dove non era facile l'addentellato per la loro deposizione. Dippiù, l'interrimento interno non avrebbe potuto formarsi che successivamente e molto lentamente: invece si è determinato rapido, quasi in una sola invernata, e nel luogo men che additabile.

Potrebbe d'altra parte opinarsi che l'effetto non abbia avuto luogo per via diretta, ossia che le alluvioni portate in sospensione non abbiano corso direttamente da A in B, ma sieno state addossate prima all'esterno del frangionde e poi rimosse e spinte all'interno; infatti, dopo la prima invernata e per qualche tempo dopo, fu osservata una larga spiaggia che copriva la scarpata esterna della scogliera. Le terre avrebbero fatto uno e più *ricambi* prima di giungere in B, ovvero una parte vi sarebbe giunta direttamente e l'altra successivamente, pur ammettendo che una certa quantità se ne sia dispersa.

Allo stato attuale, la scarpata della scogliera è affatto libera, come si può anche giudicare dal paragone fra le curve isometriche.

A parte il magistero nella formazione del deposito, può in sostanza affermarsi, che il fenomeno è assolutamente causato dal moto ondoso, il quale ha zappato con facilità il lido tenero e prominente: che per la orientazione del lido stesso e per la profondità del mare sopravvento ed innanzi al promontorio artificiale, come in tutta la distesa del cammino fatto dalle torbide, l'agitazione ha potuto mantenersi viva fino alla punta del frangionde, trasformandosi in flutticorrenti, con forza a trascinare le materie in sospensione fino a quell'estremo ed oltre lo stesso: quivi poi, il richiamo per espansione nello specchio d'acqua meno agitato ha prodotto moto retrogrado, quasi di giro, ancora abbastanza forte; finchè i flutti, frangendosi sugli scogli e perdendo ogni forza, hanno abbandonate le torbide.

Più brevemente può dichiararsi: — che la massa fluttuante, eccitata da forte vento in direzione S. O., acquistando moto di traslazione o moto corrente, abbia raggiunto e girato la punta del pennello, per comunicazione laterale, fino all'interno, e quivi al primo addentellato abbia deposte le materie portate per tutto il cammino in sospensione.

Il fenomeno è paragonabile a quello che gli scrittori francesi denominano *poulier*.

A proposito della locomozione dei corpi immersi, detriti staccati, alluvioni, ecc., nel trattato dello Sganzin (1), alla 32^a lezione, leggesi:

« Quando in vece di una baia le alluvioni incontrano » un risalto (*saillie*) sulla costa, l'esperienza d'accordo col » ragionamento prova, che dal lato d'onde vengono le alluvioni si formerà un deposito che riempirà l'angolo » rientrante dello sporgente con la costa, ad arco concavo. » Se l'azione che spinge le alluvioni è permanente (2), finirà per far loro oltrepassare la punta dello sporgente, e » quando le alluvioni lo avranno girato, si troveranno al » coperto dal vento e si depositeranno, formando quello » che appellasi un *poulier* ».

« Il deposito si aumenterà per causa delle controcorrenti » nell'angolo dello sporgente con la costa (3) ».

5. — Non ostante questa citazione, essendochè la postura del frangionde rispetto al lido, è ben diversa da quella di un promontorio, o di uno sporgente qualunque come un pennello, che interrompa il moto inclinato o parallelo alla costa: ed esclusa la credenza comune che un moto da sinistra a destra avesse potuto produrre l'interrimento, non cessa l'anormalità, che l'opera di difesa al porticello abbia invece costituito un danno, offrendo appoggio alle alluvioni.

Considerando d'altra parte la grande massa di materie in poco tempo trascinata, più di 50000 m. c., ed il cammino di circa 600 m. fatto fino al luogo del deposito, è evidente che l'azione e il lavoro del mare non è stato semplice quanto può sembrare a prima vista, sicchè il fatto avvenuto ci pare che meriti di essere analizzato meglio nelle cagioni che lo hanno reso possibile ed agevolato.

Faremo quindi un esame analitico e comparativo di quelle cagioni, ammettendo per fondamento della genesi delle ondulazioni il *moto orbitario molecolare*, e traendo da questa teoria la misura dell'energia dinamica che attacca il fondo e trasporta le materie. Avremo perciò a guida le dimostrazioni dei più chiari scrittori d'idraulica marittima e le osservazioni più accreditate nella pratica.

Ma prima di passare oltre è bene precisare due circostanze importanti: la prima è che, cessato lo scarico delle materie sopravvento al porto, il banco a ridosso del frangionde e l'interrimento parziale del porto non si è accresciuto; la seconda è che il banco stesso si è spostato, nella parte visibile, da B in C, nel quale movimento la forma si è modificata, dilatandosi con una scarpa molto protratta, a guisa di una terrazza subacquea. Anche la primitiva altezza del deposito, di circa m. 1,50 sulle acque medie, si è diminuita, e quello presenta proprio l'aspetto di una spiaggia

(1) SGANZIN-REIBELL, 4^a edizione riveduta ed ampliata, editori Gœury e Dalmont, Parigi, 1840.

(2) Può aggiungersi: *ed è molto energica*.

(3) L'effetto ben noto dei pennelli sui lidi può essere precisamente quello di procurare la fermata dei materiali da un lato o dall'altro, secondo la direzione del vento che eccita i marosi; il Cornaglia, ispettore al riposo del R. Corpo del Genio Civile (nell'opuscolo *Delle spiagge*, Roma, Accademia dei Lincei, 1888) conferma che è il moto ondoso, il quale accumula e sistema quei materiali, e propriamente i movimenti che le onde determinano sul fondo... e ciò avviene dalla parte di dove arrivano le agitazioni più forti, specialmente se sono di *traversia*. Notiamo a proposito che quel dotto autore definisce per traversia il maroso proveniente dal largo, che a motivo della sua violenza mette in pericolo i bastimenti di andare a traverso al litorale. Ciò si accorda con la definizione che la traversia è dovuta ai venti normali alla costa; ma se questi sono al tempo stesso regnanti e dominanti (più forti) e che un molo o pennello fosse orientato nella loro direzione, non si avrebbe interrimento nè da un lato, nè dall'altro, si bene escavazione; e se i marosi son deboli, si avrebbe pari interrimento nei due lati. Data adunque quella definizione della traversia non sembra esatta l'aggiunzione fatta al caso delle *agitazioni più forti* di direzione obliqua al lido.

sottile di sabbia, la cui forma è in successiva, ma lenta mutazione.

Si noti pure, che per poco vi sia agitazione esterna al porto, anche se quella abbia direzione di traversia al frangionde, cioè fra il secondo ed il terzo quadrante, alcuni gruppi di flutti entrano nel porticello in direzione da N. E., primo quadrante, quasi normalmente all'attuale banco C. Questi debbono derivare da moto che penetra nel porto per riflessione, o per resacca, prodotta dalla parte subacquea del muro di sponda della riviera Caracciolo, che è esposto all'azione diretta del mare esterno.

II. — Considerazioni generali sull'azione dei flutti.

1. — Premettiamo nel più semplice e sintetico ordine le diverse azioni derivanti dal moto ondoso, che interessano il nostro tema.

a) L'agitazione del mare si propaga a notevole profondità in rapporto con l'altezza dei flutti, tanto nel senso verticale che in quello orizzontale.

Nel Mediterraneo, a 100 m. di profondità, il moto può indicare 9 m. di velocità, e la corrispondente energia, comparata ad una pressione permanente, si valuta di ben 6000 chg. per mq.

b) Il moto del mare cresce d'intensità, nello avvicinarsi ai lidi ed alle coste, per causa dell'elevarsi del fondo. Contro di questo si generano flutti, denominati di fondo, animati da grande velocità, la quale in talune condizioni si comunica alla massa superiore delle acque, ed il moto di traslazione apparente si trasforma in moto reale più rapido.

Ad esempio: se la velocità di traslazione delle onde è di 4 a 5 m., i flutti alla riva possono superare la velocità di 20 metri; e l'energia contro gli ostacoli, ovvero la resistenza al movimento del liquido per mq. di superficie, è superiore a 20000 chg. Nel Mediterraneo spesso raggiunge tal valore (1).

c) Le materie disgregate possono essere sollevate da grande profondità e trasportate; ma su di alcune spiagge aperte anche le più grandi burrasche non fanno camminare a distanza le materie del fondo, allorchè la profondità supera certi limiti. — Sulle spiagge del Mediterraneo tal limite di profondità può ritenersi di 10 m.

Ciò è spiegato dal fatto che i flutti hanno azione alternata, *diretta ed inversa*; ed allorchè concorre la componente del peso dei materiali parallela alla inclinazione del fondo, le due azioni perdono la preponderanza dell'una sull'altra. La profondità di 10 m. suindicata corrisponde alla linea *neutra* del movimento dei materiali; lung'hessa non vi è nè escavazione nè riporto.

d) Il flutto di fondo è favorevole tanto all'attacco quanto al trasporto, nelle citate condizioni; la sua intensità è tanto maggiore per quanto l'agitazione proviene da più lontano e da dove la profondità è più grande.

Evidentemente se il fondo è attaccabile, e che abbia luogo il trasporto verso la riva, quell'energia va diminuendo: se invece il fondo è tenace e resistente l'energia si accresce.

Il concorso di tale circostanza rende ragione di alcuni effetti veramente formidabili sui lidi e sulle coste.

e) Il moto del mare investendo obliquamente il fondo inclinato si decompone in due direzioni: una secondo la linea di livello parallela al lido, l'altra normale. La prima componente fa camminare i materiali lungo il litorale; la

seconda si combina col peso dei materiali parallelamente al fondo e costituisce la forza che spinge alla riva o tira verso il largo.

Influiscono alla gradazione dell'effetto, con la energia propria del moto, non solo la pendenza del fondo, ma anche la grandezza e la pesantezza dei materiali che lo compongono. Da ciò consegue, che la spiaggia si accresce per appulso di materie sottili quando la sua pendenza è mite; e se per la direzione del moto rispetto al lido, la componente parallela a questo è piccola o nulla, l'appulso è massimo (sicchè nei seni poco profondi e contornati da spiaggia il mare insacca); crescendo invece la componente parallela al lido il trasporto si fa prevalente; e qualora il fondo è discendente nella direzione stessa, l'allontanamento del materiale in quel senso è più rapido ed abbondante.

f) Contribuisce al trasporto l'insistenza del vento se è inclinato alla riva, e l'azione diventa massima quando vi è parallelismo. Se per l'opposto il vento nella stessa direzione dei marosi è normale al lido, salvo le influenze della forma di questo, facilita piuttosto l'escavazione.

2. — Esaminiamo ora quali sono le condizioni locali e se e come hanno potuto favorire le precitate azioni.

Guardiamo in ambedue le figure della tav. VII, riferendoci anche alla planimetria del golfo di Napoli pubblicata dall'Ufficio idrografico italiano alla scala 1 : 2000, l'orientazione e l'estensione del lido, le curve isometriche del fondo ed il profilo mediano di questo nella zona ove si è sviluppato il movimento; e ricordiamo che i venti del 3° quadrante sono per il nostro golfo *dominanti e regnanti*, massime in inverno, e che il libeccio propriamente ha cotali prevalenze.

Nelle invernate 1883-84-85, sono stati registrati dall'Osservatorio di Capodimonte venti da S. O. molto forti, che hanno superata la velocità di 40 chilom. all'ora fino a circa 50 chilometri, ed hanno avuta molta frequenza.

Tutta la zona ove il movimento è avvenuto, ha profondità quasi costante di 5 metri nella larghezza di 100 a 150 m. dal lido, e scende a 10 m. nella distanza media di altri 100 m.; sono prossime le profondità maggiori: infatti a 300 m. dal muro della strada quella è già di 30 m.; bisogna poi allontanarsi 600 m. per trovare il fondo di 50 m.

Nella zona, ove fu eseguito il deposito A, il fondo si mantiene fra 4 m. e 5 m. formando spalto subacqueo di dolce pendio ed abbastanza ampio.

Il mare proveniente dal largo (ossia dal quadrante che il golfo offre al mare libero) trova adunque fondali che favoriscono lo sviluppo dei flutti di fondo contro la rampa, ripida fra il 5 e il 15 %. Il moto di corrente si genera senza impedimento sul terrazzo; sicchè in complesso si produce grande energia all'attacco.

I venti dominanti e regnanti sono paralleli quasi alla costa e spirano in direzione dello avvenuto spostamento dei materiali.

Nella stessa direzione i fondali si accrescono, infatti le curve isometriche di 5 e 10 m. sono più ravvicinate fra di loro presso il frangionde, che non lo sieno per lungo tratto precedente.

Queste circostanze hanno dunque agevolata l'azione dei marosi da A verso l'estremo del molo, con accrescimento di moto, e con facile ed abbondante appulso di materie tolte continuamente da A.

Dall'osservazione risulta, che all'esterno del frangionde e nella larghezza di ben 100 metri, si produce coi grossi marosi un intorbidamento molto spiccato, il che vuol dire che nel fondo di 5 m. il mare zappa permanentemente.

La forma del fondo dinota anche che nella profondità di 5 m., o poco più, si svolge la massima energia dei marosi, e

(1) Si ricordi quanto è modesta al paragone l'azione delle correnti, sieno generali che accidentali o locali, le quali al massimo raggiungono alla superficie 2 m. di velocità; e solo l'insistenza del vento nella stessa direzione può aumentarla. La corrente litoranea del Mediterraneo resta molto inferiore a quel limite.

che la linea neutrale deve scendere almeno fin dove il pendio è più ripido, cioè intorno a 10 m.

Una gran parte dei materiali, giunta al di là della linea neutrale, ha dovuto essere dispersa nelle grandi profondità del mare, portata in sospensione dalle acque ben lungi dal lido.

Infine, l'insistenza del vento nella nota direzione (3° quadrante) ha presieduto a tutte le azioni del mare, sebbene alternatamente.

3. — Dalle circostanze descritte risulta evidente come il loro concorso abbia favorito il movimento e l'appulso abbondante di materie da occidente, ossia da A, verso oriente; ma appena nuove condizioni di luoghi sonosi presentate, quei fenomeni hanno variato. Infatti il moto di traslazione è rimasto indebolito appena superata la punta del frangionde, incontrando una massa d'acqua meno agitata e forse di moto contrario.

Il bacino del rifugio è abbastanza profondo e protetto, ed essendo contornato da spiaggia, il moto ondoso diretto che vi penetra va a morire su quella con sfaldamento dei flutti, quindi una relativa quiete vi regna: nondimeno è maggiore il moto per riflessione prodotta dal muro di sponda della via Caracciolo (di cui è detto sopra) in conseguenza di qualsiasi moto esterno, e tale azione molto frequente ha concorso a spingere i materiali in B, impedendone lo spandimento in tutto il bacino del porto.

Non ostante la poca energia dei flutti nel porto, la spiaggia fuori acqua si è formata per la sottigliezza dei detriti, già logorati dal mare, e per il loro poco peso assoluto; sicchè la componente parallela al fondo avendo un valore debole, i flutti diretti, che acquistano sempre prevalenza sulla riva, hanno avuto forza per addurre le materie fuori acqua. Sono quei flutti che si sprigionano in forma di lingue o falde o getti d'acqua.

La forma subacquea del cumolo, con una piccola terrazza, ha anche facilitato lo sprigionarsi dei flutti di fondo che si sono sfaldati sulla spiaggetta.

L'azione replicata di parecchi inverni, operando sempre nella stessa guisa, ha prodotto successivamente l'espansione di quella terrazza e lo spostamento della spiaggetta, non impedita nello indietreggiare da alcun ostacolo alle spalle. La sua forma somiglia a quella di tutte le spiagge sottili, nelle quali al dolce declivio succede maggiore acclività.

Simile fenomeno avviene anche a distanza dai lidi, conformandosi il fondo a risalti, che diconsi cordoni littorali o scanni, *corde di bassi* o dune sottomarine, ai quali succedono poi le spianate o terrazze (1).

III. — Ricerca della misura nella energia dei flutti.

1. — Torna certamente di qualche utilità il cercare quale sia l'energia sviluppatasi per produrre lo spostamento della massa di materiali da A in B.

Bisognerebbe distinguere le due azioni, quella che ha avuto per effetto la rimozione delle materie e che certamente ha avuto luogo per istantanei ma replicati investimenti dei flutti contro l'ostacolo, e poi quella, continua o alternata che sia, che ha avuto per effetto il trasporto. Ma sono troppe le ignote, per procedere ad una tale analisi, e principalmente è ignoto il tempo in cui le due azioni sonosi compiute.

Per cercare il lavoro totale avvenuto, se supponiamo per un momento un flutto di peso P, pregno di detriti, che con la

(1) La concavità del profilo nel senso verticale d'ogni lido, che il Reibell dice si avvicina alla forma di una epicloide, concorda con la genesi del moto molecolare orbitario, e con lo svolgimento dei flutti di fondo.

massa delle acque si trasporti parallelamente a sè stesso per lo spazio s, esso farebbe un lavoro Psf , contenendo il coefficiente f la resistenza d'attrito, che nel caso è assai prossimo all'unità.

Se quel flutto avesse il volume ridotto presso la riva a soli 5 m. c., e lo spostamento parziale fosse di 10 m., dando ad f il valore 0.90, ed al peso unitario $chg.$ 1150, risulterebbe:

$$Psf = chg.m. 517500.$$

Ma in quanto tempo questo lavoro è avvenuto? Ciò essendo ignoto, come gli altri elementi suindicati, non possiamo da quel valore ricavare alcuna utile cognizione.

Non possiamo ottenere altro che un certo criterio della energia del mare, complessivamente sviluppatasi, deducendola dalla resistenza che la massa dei detriti investita ha opposta alle acque in moto. Essa resistenza rappresenterà la risultante delle azioni che han prodotto i determinati effetti; e si suole valutarla in chilogrammi per 1 m. q. di superficie investita (1).

Chiamando R quella resistenza, si ha per un solido immerso in una corrente:

$$R = K \Omega p \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots (I)$$

nella qual formola, come è noto, sono trascurate parecchie resistenze secondarie, tra cui le reazioni del liquido, che non sono di facile determinazione e che del resto si compendiano nel valore di K.

v è la velocità del liquido supponendo l'ostacolo fermo (se in moto, la velocità relativa);

p la densità del liquido;

Ω la proiezione della superficie urtata in un piano normale alla direzione di v ;

K il coefficiente dipendente dalla forma del corpo e dal rapporto fra le due dimensioni, tenuto anche conto della *non pressione* dal lato opposto all'investimento.

Considerando tale coefficiente $K = 1$, il che giustifichiamo in seguito, e ponendo anche per l'unità di massa, $\Omega = 1$, come quando l'ostacolo di forma cubica è investito in tutto il suo fronte, e $p = 1000$, torna l'espressione della forza viva:

$$R = \frac{p v^2}{2g} = \frac{1}{2} m v^2 = 51 v^2 \dots \dots (II)$$

Ma, dopo il primo impulso che produce l'effetto di mettere in moto una certa quantità di terra, la densità del liquido deve assegnarsi maggiore di 1000; e se i detriti, la cui densità assoluta sia 1300, sono in sospensione nel rapporto di 1:1, come si è supposto innanzi, risulta $p = 1150$, ed in cifra rotonda si ottiene:

$$R = 60 v^2 \dots \dots \dots (III)$$

La velocità v , con la quale è investita la costa ed il fondo prossimo, non è certamente la velocità di propagazione del moto ondoso, nè quella corrispondente al moto di traslazione di tutta la massa fluttuante presso la riva, ma sibbene, come dianzi è stato pur considerato, è quella dei flutti isolati, correnti alla riva, sebbene alternati, che si sviluppano progressivamente al rialzarsi del fondo, che hanno la maggior energia, per cui possono produrre effetti formidabili di rovina.

2. — Ritenendo ormai per assodata la teoria del flutto di fondo, con l'autorità dell'Emy che deduce la loro esistenza

(1) Così han sempre valutato la forza dell'urto del mare illustri scienziati ed ingegneri, quali: Le Ferme, T. Stevenson, Minard, Regy, Voisin, Bonin, Cialdi, Milesi, Cornaglia, ed altri.

dalla genesi orbitaria molecolare, e del Cialdi che per via di osservazioni e di esperienze conferma tali moti presso il fondo e ne dimostra la potenzialità, ci fermeremo soltanto per ora a richiamare, pel nostro obbiettivo, i risultamenti delle ricerche analitiche del chiarissimo ing. P. Cornaglia sulla energia di tali flutti di fondo (1).

Il dotto autore, pur ammettendo la propagazione del moto dalla superficie verso il basso fino a grande profondità, considera che diminuendo questa per l'elevarsi del fondo, le oscillazioni lo investono e producono fasce o zone di liquido radenti il fondo stesso, animate da grande velocità, che alla riva formano le lingue d'acqua o pennacchi o getti più o meno alti. Dopo molti ragionamenti per fissare le leggi del moto e delle sue derivazioni, mediante lunghe trasformazioni analitiche ricava il valore della velocità del flutto di fondo in funzione delle dimensioni delle onde inalterate, della velocità loro di propagazione e del profilo del fondo dal largo verso il lido.

Intanto per applicare le formole bisognerebbe conoscere la lunghezza, l'altezza e la velocità di propagazione delle onde, inalterate da qualsiasi circostanza, e l'inclinazione del fondo del largo fino alla riva.

Troppo incerti sono questi elementi, alla determinazione dei quali occorrerebbero lunghi e speciali rilievi, ad eccezione del profilo del fondo che è ben noto; solo giovandoci di paragoni, possiamo giungere ad ottenere la desiderata velocità pel caso nostro.

Il prelodato Autore applica le sue formole alla determinazione dei flutti e della loro energia davanti al porto di Oneglia, durante la straordinaria burrasca del 23 febbraio 1879.

Per altezza, lunghezza e velocità di propagazione delle onde al largo, i rilievi dettero i seguenti valori:

$$A = m. 4.20; 2L = m. 60; w = m. 5.$$

Il mare è libero e profondo su grande lunghezza nella direzione S. O.; ma le onde nell'avvicinarsi a terra subiscono una deviazione fra S.-S. O. e S.-1/4 S. E.

Intermediamente a queste direzioni le profondità sono le seguenti:

a circa m.	8 dal lido m.	8.50 di profondità
» 2500	» 43.20	»
» 4800	» 103.00	»
» 6600	» 250.00	»

ecc., ecc.

3. — Possiamo ammettere non solo simiglianza di condizioni, ma quasi conformità per il nostro lido. Infatti, dalle carte dell'Istituto idrografico si ha:

a poca distanza dal lido m.	10 di profondità
a m. 1500	» 50
a » 4500	» 100
a » 7000	» 200

Al tempo stesso nella direzione tra S. e S. O. il mare è libero fino alla costa dell'Africa, a ponente cioè della Sicilia; come per Oneglia a ponente della Corsica e della Sardegna.

Sono i venti di S. O. i più forti per noi e penetrando nel golfo girano verso S., ossia deviano quasi normalmente alla costa; e similmente fa avvertire il Cornaglia per il seno ove sono i porti di Oneglia e S. Maurizio.

Infine una certa diversità nella forma delle coste in precedenza dei due lidi, non può arrecare grande variazione di effetti stante la grande ampiezza del mare; nè può obbiettarsi che l'altezza di m. 4.20 dell'onda al largo sia esagerata, imperocchè le osservazioni fatte nel Mediterraneo registrano frequenti le onde fra m. 3.50 e 4.50 di altezza, ed in alcuni casi da m. 5 fino a 9. Si noti pure che nelle invernate 1884-85 furono dai nostri Osservatori registrati venti di velocità superiore a 40 chilom. all'ora.

Ammissa dunque la conformità di dati, possiamo ritenere la stessa velocità del flutto di fondo presso la riva, calcolata dal Cornaglia che è di m. 17.50 (1).

Ritornando ora alla formola (I), adottando come fa il Cornaglia $K = 1.46$, $\Omega = 1$, $p = 1000$, si avrebbe la resistenza al movimento del liquido per m. q. di superficie, ossia lo sforzo che il flutto produce contro l'ostacolo, di 23400 chilogr.

Questo sarebbe lo sforzo massimo, perchè dovuto al flutto di fondo ed in condizioni di temporale eccezionale.

Ma a noi sembra che il valore di K debba essere eguale ad uno se non minore; imperocchè o si consideri l'investimento contro la superficie unita del fondo, o contro una massa di detriti minuti (come sabbia e terra) senza coerenza, senza forma determinata, immediatamente sconvolti, messi in moto e trascinati con velocità, l'effetto della non pressione è nullo (2). Ciò ammesso, la formola (II) dà per $w = 17.50$:

$$R = 15618.75.$$

E volendo considerare la resistenza nel periodo del moto si deve usare la formola (III), e quindi:

$$R = 18375.00.$$

(1) Questa velocità equivale al getto verticale di circa m. 9 di altezza, non impossibile, anzi riscontrabile nel litorale di Napoli a Posillipo ed a Chiaia, quando fasci d'acqua scavalcano le scogliere ed i muri giungono sulla strada. Contro il fianco ovest del Castello dell'Ovo tale altezza è frequentemente riprodotta come fu registrato nelle succitate note; ed il fatto notevole, discusso nella nota 4^a, fornisce la velocità di circa m. 17.00, del getto a 45° che portò all'altezza di m. 7.50 un masso di pietra pesante 500 chilogr.

(2) Per giustificare il valore del coefficiente K è mestieri ricordare come deriva la formola (I). A proposito sono notevoli le analisi del Bresse per determinare la pressione totale del liquido in moto permanente contro diversi ostacoli e le dissertazioni del Dubuat.

Il Bresse comincia dal supporre che la corrente cammini in una condotta tubolare e fa diversi casi relativi alla forma dell'ostacolo.

Chiamando:
 p la pressione idrostatica del liquido nella sezione ristretta dell'ostacolo,
 u la velocità media nella stessa sezione,
 π il peso del metro cubo di liquido,
 S l'area dell'ostacolo nella sezione massima normale al movimento.
 R la risultante delle pressioni esercitate dal liquido sulle due facce estreme dell'ostacolo,
 R' la pressione totale sulla faccia a monte,
 R'' la pressione totale sulla faccia a valle, che nel senso del movimento ha valore negativo.

$R' = pS + K' \pi S \frac{u^2}{2g}$, è chiamata pressione morta
 $R'' = pS + K'' \pi S \frac{u^2}{2g}$, » » viva
 $R = R' - R'' = (K' + K'') \pi S \frac{u^2}{2g} = K \pi S \frac{u^2}{2g}$, » non-pressione

Se l'ostacolo è formato da una piastra o lamina, introducendo nelle formole i corrispondenti coefficienti della fononomia, risultano i seguenti valori, $K' = 1.14$, $K'' = 0.16$, e quindi $K = 1.30$
 Se l'ostacolo è arrotondato da una mezza sfera a monte ed è piano a valle, risulta $K = 0.65$
 per un cilindro circa 3 volte il diametro $K = 0.67$
 per un cilindro con prua $K = 0.46$

(1) P. A. CORNAGLIA, *Du flot de fond dans les liquides en état d'ondulation.* — Dunod, éditeur, Paris, 1881.

È qui utile ricordare che i diversi valori di R si confrontano abbastanza con quelli che per altre circostanze, e rimontando dagli effetti alla causa, abbiamo ottenuti e registrati nello scritto citato in capo della presente Memoria: allora infatti, nelle diverse ipotesi di rottura del muro di sponda della riviera Caracciolo investito dai marosi, trovammo la violenza di questi per sette diversi casi, ed il valore più attendibile come massimo fu ritenuto di 28000 chgr., come medio e certamente verificatosi di 14 a 15000 chgr.

Ivi sono anche riportati altri valori di autorevoli sperimentatori, ripetendo, che spesso nel Mediterraneo si riscontra l'energia dei flutti corrispondente agli sforzi di 15 a 20000 chgr. per m.q. e che non debbesi escludere la possibilità di colpi di mare più forti, come quello calcolato dal Cornaglia di 23400 chgr. (1).

Napoli, gennaio 1890.

GAETANO BRUNO.

Conclude in tesi generale:

che la pressione totale sopportata dall'ostacolo nel senso della velocità del liquido è proporzionale

1° al quadrato della velocità,

2° all'area che l'ostacolo intercetta nella corrente,

3° ad un coefficiente che sembra dipendere solamente dal rapporto dell'area stessa a quella di tutta corrente; ma i risultamenti poco differiscono dal caso di un ostacolo in moto in una corrente determinata, come un tubo, da quello simile di un ostacolo in una corrente indefinita,

4° la pressione sulla faccia a monte è superiore alla pressione idrostatica; il contrario per quella a valle. L'azione complessa diminuisce con l'aggiunzione di una prua.

Le esperienze del Dubuat, sebbene incomplete e poco numerose, sono non pertanto attendibili, sicchè possono ritenersi i seguenti coefficienti:

Per un ostacolo fermo nel liquido in moto:

$$K' = 1.19; K'' = \begin{cases} \text{piastra } 0.67 \\ \text{cubo } 0.27 \\ \text{cilindro } 0.15 \end{cases} \text{ quindi } K = \begin{cases} 1.86 \\ 1.46 \\ 1.34 \end{cases}$$

Per un ostacolo in moto in acqua stagnante:

$$K' = 1.00; K'' = \begin{cases} \text{piastra } 0.43 \\ \text{cubo } 0.17 \\ \text{cilindro } 0.10 \end{cases} \text{ quindi } K = \begin{cases} 1.43 \\ 1.17 \\ 1.10 \end{cases}$$

Se un prisma è guarnito di poppa abbastanza acuta, la non pressione diminuisce tanto da ridursi a zero, quindi

$$K' = 1.00$$

se è munito anche di prua

$$K = 0.50$$

se è sfettato di sotto con inclinazione all'orizzonte di 30°

$$K = 0.33$$

se munito di poppa e prua, come una nave,

$$K = 0.16.$$

Il Cornaglia, sebbene si riferisca alle esperienze di Dubuat, adotta $K = 1.46$, come per ostacoli fermi in liquido in moto di forma determinata (cubica); mentre, nel caso di sabbia o frammenti trasportati dal mare, parrebbe che dovessero considerarsi materiali in moto, quindi il coefficiente scema, e diminuisce anche per la loro forma arrotondata: d'altra parte essendo i frammenti piccolissimi ed ammassati, la non pressione è nulla o piccolissima. È dunque sotto ogni aspetto giustificata la nostra opinione adottando $K = 1$.

Ci conforta l'aver riscontrato che il prof. Nazzani nel suo trattato (*Idraulica matematica e pratica*, vol. I), a proposito del movimento delle sabbie e ciottoli di forma rotonda, ammette precisamente $K = 1$ nella simile formola (I) dedotta da una eccellente analisi dei vari fenomeni sulla resistenza dell'acqua al moto dei corpi immersi; ivi raccoglie anche i valori di K per numerose circostanze di forma e di movimento.

(1) A questa Memoria farà seguito un articolo contenente, oltre ad un cenno sulle diverse teorie del moto ondoso, un riassunto dei lavori del CORNAGLIA, dei quali abbiamo tratto profitto, con alcune annotazioni sugli stessi. Vedasi inoltre il cenno bibliografico del volume ultimamente pubblicato dal dotto Autore (pei tipi Paravia e C., Torino, 1891) in questo stesso fascicolo, a pag. 126.

IDRAULICA PRATICA

SULLE VELOCITÀ DI MASSIMO RENDIMENTO ED A VUOTO DELLE TURBINE (4).

Nota dell'Ingegnere ANGELO BOTTIGLIA

Prof. al R. Museo Industriale Italiano di Torino.

1. — Lavoro raccolto sulle palette di una turbina.

Qualunque sia il tipo di una turbina e qualunque sia il modo di agire dell'acqua sulle sue palette, il lavoro raccolto su queste si può sempre intendere espresso dal prodotto della pressione esercitata dal liquido sulle palette stesse per la velocità dei punti a cui questa pressione è applicata.

Egli è appunto esprimendo in questo modo il lavoro raccolto sulle palette di una turbina che si può dedurre un'espressione generale, applicabile a qualunque turbina, della velocità di massimo rendimento e stabilire relazioni, utili nella pratica, fra questa velocità e quella a vuoto.

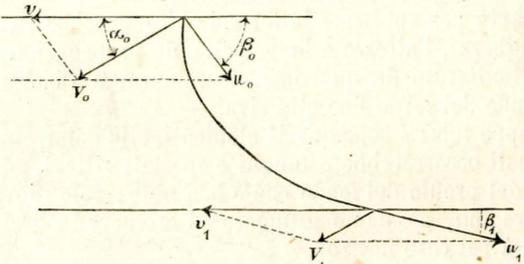


Fig. 105.

Siano:

V_0 la velocità effettiva colla quale l'acqua effluendo dal distributore viene ad incontrare le palette della motrice,
 V_1 la velocità assoluta colla quale l'acqua abbandona le dette palette,

R ed R_1 le distanze dall'asse di rotazione dei centri delle luci d'introduzione e di uscita dell'acqua dalla ruota mobile,

v e v_1 le velocità di rotazione dei punti della turbina situati rispettivamente alle distanze R ed R_1 dall'asse,

u_0 ed u_1 le velocità relative dell'acqua all'ingresso ed all'uscita dai condotti rispetto alle velocità di rotazione v e v_1 ,

u_p la velocità perduta dall'acqua nell'entrare nei condotti mobili,

p e p_1 le pressioni, misurate in altezza di colonna d'acqua, dell'acqua nelle sezioni d'ingresso e d'uscita dai condotti motori,

h l'altezza delle luci di introduzione sulle luci d'efflusso della ruota girante,

$180^\circ - \beta_0$, $180^\circ - \beta_1$ ed α_0 gli angoli di v con u_0 , di v_1 con u_1 , e di V_0 con v ,

Q i litri d'acqua che per ogni secondo, attraversano la turbina,

H la caduta, in metri, dell'acqua,

g l'accelerazione dovuta alla gravità,

L il lavoro in chilogrammetri raccolto per ogni secondo sulle palette della turbina,

avremo, trascurando gli attriti, manifestamente:

$$L = Q \left\{ \frac{V_0^2 - V_1^2 - u_p^2}{2g} + p - p_1 + h \right\},$$

ma

$$V_0^2 = u_0^2 + v^2 - 2u_0v \cos \beta_0, \quad V_1^2 = u_1^2 + v_1^2 - 2u_1v_1 \cos \beta_1,$$

$$p + h + \frac{v_1^2 - v^2}{2g} = p_1 + \frac{1}{2g} (u_1^2 - u_0^2 + u_p^2),$$

quindi sostituendo e riducendo

$$L = \frac{Q}{g} \left\{ v^2 - v_1^2 + u_1v_1 \cos \beta_1 - u_0v \cos \beta_0 \right\}$$

(1) Dagli *Atti della R. Accademia delle Scienze di Torino*, vol. xxvi, adunanza 8 marzo 1891.

e per essere

$$u_0 \cos \beta_0 = v - V_0 \cos \alpha_0 \quad \text{e} \quad v_1 = v \frac{R_1}{R}$$

avremo ancora

$$L = \frac{Q}{g} \left\{ \frac{R_1}{R} u_1 \cos \beta_1 + V_0 \cos \alpha_0 - v_1 \frac{R_1}{R} \right\} v \quad (1)$$

nella quale relazione il fattore di v rappresenta appunto la pressione totale esercitata dall'acqua sulle palette, riferita ai punti posti alla distanza R dall'asse di rotazione.

Rappresentando con P questa pressione potremo scrivere, in generale per qualunque turbina

$$P = \frac{Q}{g} \left\{ \frac{R_1}{R} u_1 \cos \beta_1 + V_0 \cos \alpha_0 - v_1 \frac{R_1}{R} \right\} \quad (2)$$

$$L = P v.$$

II. — Velocità di massimo rendimento.

Dall'equazione (1), la quale dà il lavoro L corrispondente ad una velocità qualunque di rotazione v , si ricava la velocità corrispondente al massimo rendimento, che chiameremo v_m , quando in essa facciamo $L = QH$ ed esprimiamo le condizioni che la velocità perduta u_p e la velocità V_1 siano zero.

Alla condizione $u_p = 0$ si soddisfa facendo il primo elemento della paletta tangente alla direzione di u_0 , il che equivale a far dipendere v_m anche da α_0 .

Per soddisfare alla condizione $V_1 = 0$ dovrebbero fare u_1 eguale e direttamente opposta a v_1 e per conseguenza $\beta_1 = 0$. Siccome però β_1 non può mai essere zero quantunque si possa e si debba fare piccolo assai, così alla condizione di $u_1 = v_1$ dovremo sostituire quella di

$$u_1 \cos \beta_1 = v_1.$$

Con queste condizioni la (1) diventa

$$QH = \frac{Q}{g} v_m V_0 \cos \alpha_0,$$

donde

$$v_m = \frac{gH}{V_0 \cos \alpha_0} \dots \dots \dots (3)$$

che è la relazione fra la velocità del massimo rendimento, la caduta, la velocità e la direzione d'efflusso dell'acqua dal distributore, applicabile a qualsivoglia turbina, sia essa assiale o radiale, a libero efflusso oppure a reazione.

III. — Velocità a vuoto.

Facendo camminare una turbina a vuoto, cioè senza che essa vinca alcuna resistenza utile, il lavoro raccolto sulle palette deve essere zero; ora non essendo zero la velocità di rotazione, dovrà necessariamente essere nulla la pressione P .

Quindi per questo caso, dicendo v_1 e v'_1 i valori che assumono le velocità v e v_1 , in virtù della (2) si avrà

$$\frac{R_1}{R} u_1 \cos \beta_1 + V_0 \cos \alpha_0 - v'_1 \frac{R_1}{R} = 0,$$

ma facendo alla turbina smaltire a vuoto sempre la portata Q , deve aversi la relazione $u_1 \cos \beta_1 = v_{1m}$ essendo v_{1m} la velocità corrispondente al massimo rendimento dei punti situati alla distanza R_1 dall'asse di rotazione; quindi la relazione precedente diventa

$$\frac{R_1}{R} v_{1m} + V_0 \cos \alpha_0 - v'_1 \frac{R_1}{R} = 0,$$

donde

$$v_1 = v_{1m} + \frac{R}{R_1} V_0 \cos \alpha_0 \dots \dots \dots (4)$$

che per le turbine assiali nelle quali $R = R_1$, $v_{1m} = v_m$ e $v' = v'_1$ si riduce a

$$v' = v_m + V_0 \cos \alpha_0 \dots \dots \dots (4')$$

La relazione (4) e la sua conseguente (4'), che ci dà la velocità a vuoto in funzione della velocità di massimo rendimento, è generale e vale per qualunque turbina e qualsi-

voglia valore di α_0 , mentre la relazione $v'_1 = 2 v_{1m}$ dedotta da molti autori e seguita fin qui dai pratici, è solo vera nel caso particolare in cui la turbina fosse costrutta per modo

che $\frac{R}{R_1} V_0 \cos \alpha_0 = v_{1m}$.

Infatti all'eguaglianza $v'_1 = 2 v_{1m}$ si arriva col differenziare la (1) rispetto a v e supponendo $V_0 \cos \alpha_0$ costante. Questa ipotesi di $V_0 \cos \alpha_0$ costante, unita alla condizione di non avere perdita di forza viva all'ingresso dell'acqua nei condotti, trae appunto con sé la conseguenza che sia

$V_0 \cos \alpha_0 = v_m$ per le turbine assiali e $\frac{R}{R_1} V_0 \cos \alpha_0 = v_{1m}$

per le turbine cilindriche nelle quali havvi a tener calcolo della forza centrifuga.

IV. — Relazioni fra la velocità di massimo rendimento e la velocità a vuoto.

Per le turbine assiali, cioè elicoidali, dalla (4') si ricava che sempre quando:

$$\left. \begin{aligned} V_0 \cos \alpha_0 > v_m \text{ ossia } 180^\circ - \beta_0 < 90^\circ \text{ sarà } v_m < \frac{v'}{2} \\ V_0 \cos \alpha_0 = v_m \text{ » } 180^\circ - \beta_0 = 90^\circ \text{ » } v_m = \frac{v'}{2} \\ V_0 \cos \alpha_0 < v_m \text{ » } 180^\circ - \beta_0 > 90^\circ \text{ » } v_m > \frac{v'}{2} \end{aligned} \right\} (5)$$

dunque:

Nelle turbine elicoidali la velocità del massimo rendimento teorico: — è inferiore alla metà della velocità a vuoto quando le palette si distaccano dal piano delle luci di introduzione, facendo, colla velocità di rotazione, un angolo inferiore a 90°, — è uguale alla metà della velocità a vuoto quando le palette si distaccano in direzione normale al piano delle luci di introduzione, — è superiore alla metà della velocità a vuoto quando l'indicato angolo è superiore a 90°.

Per le turbine cilindriche dalla (4) si ritrae che se:

$$\left. \begin{aligned} V_0 \cos \alpha_0 > \frac{R_1}{R} v_{1m} \text{ ossia } V_0 \cos \alpha_0 > v_m \left(\frac{R_1}{R} \right)^2 \text{ sarà } v_{1m} < \frac{v'_1}{2} \\ V_0 \cos \alpha_0 = \frac{R_1}{R} v_{1m} \text{ » } V_0 \cos \alpha_0 = v_m \left(\frac{R_1}{R} \right)^2 \text{ » } v_{1m} = \frac{v'_1}{2} \\ V_0 \cos \alpha_0 < \frac{R_1}{R} v_{1m} \text{ » } V_0 \cos \alpha_0 < v_m \left(\frac{R_1}{R} \right)^2 \text{ » } v_{1m} > \frac{v'_1}{2} \end{aligned} \right\} (5')$$

ossia osservando che sempre $\frac{R_1}{R}$ è maggiore di 1 e minore di 1,20, diremo che:

quando $V_0 \cos \alpha_0 < v_m$ ossia $180^\circ - \beta_0 > 90^\circ$ sarà $v_{1m} > \frac{v'_1}{2}$,

quando $180^\circ - \beta_0$ è $<$ ma di poco a 90° sarà $v_{1m} = \frac{v'_1}{2}$,

quando $180^\circ - \beta_0$ è molto al disotto di 90° sarà $v_{1m} < \frac{v'_1}{2}$.

Dunque:

Nelle turbine cilindriche la velocità del massimo rendimento teorico: — è superiore alla metà della velocità a vuoto quando le palette si distaccano dalla superficie cilindrica, sulla quale si trovano le luci d'introduzione, facendo colla velocità di rotazione un angolo uguale o superiore a 90°, — è uguale alla metà della velocità a vuoto quando quest'angolo è poco inferiore a 90°, — è inferiore alla metà della velocità a vuoto quando il detto angolo è molto inferiore a 90°.

Ma oltre alle precedenti relazioni, altre si possono ricavare tenendo conto del sistema della turbina, della caduta e della portata.

Cominciamo a considerare le turbine elicoidali.

Essendo in generale $V_0 = \delta \sqrt{2gH}$ in cui $\delta < 1$, e ricordando la (3), le (5) si possono porre sotto la forma

$$\left. \begin{aligned} v_m &< \frac{v'}{2} && \text{quando} && 2 \delta^2 \cos^2 \alpha_0 > 1 \\ v_m &= \frac{v'}{2} && \text{»} && 2 \delta^2 \cos^2 \alpha_0 = 1 \\ v_m &> \frac{v'}{2} && \text{»} && 2 \delta^2 \cos^2 \alpha_0 < 1 \end{aligned} \right\} \dots (6).$$

Ora per le turbine a libero efflusso $\delta \geq 0,81$ perciò la relazione $2 \delta^2 \cos^2 \alpha_0 = 1$ per $\delta = 0,81$ ci darà $\alpha_0 = 29^\circ 30'$, e per conseguenza qualsiasi valore di $\alpha_0 < 29^\circ 30'$ renderà $2 \delta^2 \cos^2 \alpha_0 > 1$ mentre i valori di $\alpha_0 > 30^\circ$ renderanno $2 \delta^2 \cos^2 \alpha_0 < 1$.

Ma $\alpha_0 = 30^\circ$ corrisponde alle portate e cadute medie (cioè ad $H > 3^m$ e $< 5^m$, ed a $Q > 600$ e < 3000), $\alpha_0 < 30^\circ$ alle piccole portate con grandi e medie cadute, $\alpha_0 > 30^\circ$ alle grandi portate con piccole cadute, perciò si deduce:

Nelle turbine elicoidali ad azione la velocità di massimo rendimento: — è inferiore alla metà della velocità a vuoto per le grandi e medie cadute con piccole portate, — è uguale alla metà della velocità a vuoto per le medie portate e medie cadute, — è superiore alla metà della velocità a vuoto per le grandi portate e piccole cadute.

Per le turbine a reazione, δ può assumere a seconda del grado di reazione valori diversi ma sempre inferiori a 0,81.

Supponendo la turbina costruita colle regole di Jonval, cioè: $V_0 = \sqrt{gH}$ e quindi $\delta^2 = \frac{1}{2}$, le (6) diventano:

$$\left. \begin{aligned} v_m &< \frac{v'}{2} && \text{quando} && \cos \alpha_0 > 1 \\ v_m &= \frac{v'}{2} && \text{»} && \cos \alpha_0 = 1 \\ v_m &> \frac{v'}{2} && \text{»} && \cos \alpha_0 < 1 \end{aligned} \right\}$$

e siccome $\cos \alpha_0$ non può mai essere superiore ad 1 e per altra parte le scritte disuguaglianze si verificherebbero a fortiori per $\delta^2 < \frac{1}{2}$, così stabiliremo che:

Nelle turbine elicoidali a reazione costruite con un grado di reazione eguale o superiore a quello suggerito da Jonval, cioè facendo $V_0 \leq 0,71 \sqrt{2gH}$, la velocità di massimo rendimento è sempre superiore alla metà della velocità a vuoto.

Per le turbine aventi un grado di reazione minore di quelle Jonval, cioè per δ compreso fra 0,71 e 0,81, si deduce dall'eguaglianza $2 \delta^2 \cos^2 \alpha_0 = 1$ che sempre quando $\alpha_0 \geq 30^\circ$ deve essere $\delta \geq 0,81$. Ma volendo la turbina a reazione occorre che sia $\delta < 0,81$, quindi diremo che per queste turbine e per $\alpha_0 \geq 30^\circ$ sarà necessariamente $2 \delta^2 \cos^2 \alpha_0 < 1$ e quindi $v_m > \frac{v'}{2}$, dunque:

Nelle turbine elicoidali a reazione costruite con un grado di reazione minore di quello proposto da Jonval, la velocità di massimo rendimento è sempre superiore alla metà della velocità a vuoto per le piccole cadute con medie e grandi portate.

Veniamo alle turbine cilindriche.

Anche qui, per essere $V_0 = \delta \sqrt{2gH}$ e $v_m = \frac{gH}{V_0 \cos \alpha_0}$,

le (5') si trasformano nelle seguenti:

$$\left. \begin{aligned} v_{1m} &< \frac{v'_1}{2} && \text{ossia } v_m < \frac{v'}{2} && \text{quando } 2\delta^2 \cos^2 \alpha_0 > \left(\frac{R_1}{R}\right)^2 \\ v_{1m} &= \frac{v'_1}{2} && \text{»} && v_m = \frac{v'}{2} && \text{»} && 2\delta^2 \cos^2 \alpha_0 = \left(\frac{R_1}{R}\right)^2 \\ v_{1m} &> \frac{v'_1}{2} && \text{»} && v_m > \frac{v'}{2} && \text{»} && 2\delta^2 \cos^2 \alpha_0 < \left(\frac{R_1}{R}\right)^2 \end{aligned} \right\} (6')$$

Se la turbina cilindrica è a libero efflusso, $\delta \geq 0,81$, $\frac{R_1}{R} \geq 1,40$, quindi la relazione $2 \delta^2 \cos^2 \alpha_0 = \left(\frac{R_1}{R}\right)^2$ per $\delta = 0,81$ ed $\frac{R_1}{R} = 1,40$ ci somministra $\alpha_0 = 15^\circ$. Ma in queste turbine α_0 è sempre maggiore di 15° , $\frac{R_1}{R}$ è sempre maggiore di 1,40, quindi si avrà sempre:

$$2 \delta^2 \cos^2 \alpha_0 < \left(\frac{R_1}{R}\right)^2 \text{ ossia } v_m > \frac{v'}{2};$$

in conseguenza:

Nelle turbine cilindriche ad azione la velocità di massimo rendimento è sempre superiore alla metà della velocità a vuoto, qualunque siano la portata e la caduta.

Se la turbina è a reazione e se $V = \sqrt{gH}$ cioè $\delta^2 = \frac{1}{2}$, le (6') danno

$$\left. \begin{aligned} v_m &< \frac{v'}{2} && \text{quando} && \cos \alpha_0 > \frac{R_1}{R} \\ v_m &= \frac{v'}{2} && \text{»} && \cos \alpha_0 = \frac{R_1}{R} \\ v_m &> \frac{v'}{2} && \text{»} && \cos \alpha_0 < \frac{R_1}{R} \end{aligned} \right\}$$

dalle quali, per essere $\frac{R_1}{R} > 1$ si deduce che sempre $v_m > \frac{v'}{2}$ quando $\delta^2 \leq \frac{1}{2}$; dunque:

Nelle turbine cilindriche costruite con un grado di reazione eguale o superiore a quello suggerito da Jonval, la velocità di massimo rendimento è sempre superiore alla metà della velocità a vuoto.

Se pur conservando la turbina a reazione si fa δ compreso fra 0,71 e 0,81, allora siccome la relazione

$$2 \delta^2 \cos^2 \alpha_0 = \left(\frac{R_1}{R}\right)^2 \text{ per } \delta = 0,81 \text{ ed } \frac{R_1}{R} = 1,40 \text{ ci dà } \alpha_0 = 15^\circ,$$

così diremo che a $\delta < 0,81$ deve corrispondere $\alpha_0 < 15^\circ$: ma α_0 non scende mai al disotto di 15° , quindi ne risulta che in generale si avrà sempre

$$2 \delta^2 \cos^2 \alpha_0 < \left(\frac{R_1}{R}\right)^2 \text{ ossia } v_m > \frac{v'}{2}, \text{ cioè:}$$

Nelle turbine cilindriche a reazione la velocità di massimo rendimento è sempre superiore alla metà della velocità a vuoto, qualunque sia il loro grado di reazione.

Stabilite le precedenti relazioni, occorre provvederci una espressione la quale somministri la velocità del massimo rendimento in funzione della velocità a vuoto e della caduta.

Perciò ricorriamo alla (4) e sostituiamo in essa a $V_0 \cos \alpha_0$ il valore $\frac{gH}{v_m}$ che si ricava dalla (3), avremo:

$$v'_1 = v_{1m} + \frac{R}{R_1} \frac{gH}{v_m}$$

ossia

$$v'_1 = v_{1m} + \frac{gH}{v_{1m}}$$

donde

$$v_{1m} = \frac{v'_1}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{v'_1}{2}\right)^2 - gH} \dots (7)$$

che è la relazione cercata. — Si assumerà in essa il radicale col segno + oppure col segno — secondochè dall'applicazione delle regole sovra stabilite risulta $v_{1m} > \frac{v'_1}{2}$ oppure

$$v_{1m} < \frac{v'_1}{2}.$$

La (7) fa anche vedere che il minimo valore della velocità a vuoto di una turbina è quello corrispondente alla velocità dovuta al doppio della caduta ($v_1^2 = 4gH$) a cui la turbina è applicata, ed è solo quando la velocità a vuoto raggiunge questo minimo che essa è doppia della velocità di massimo rendimento.

Le regole precedenti e la (7) sono particolarmente utili quando nelle operazioni di collaudo devesi determinare il rendimento massimo di una turbina. — Invero esaminata la struttura delle palette, misurati i raggi della turbina e la caduta, determinati i giri a vuoto, si ricava colla (7) la velocità di massimo rendimento ed allora l'operatore conosce tosto a quale velocità deve frenare la turbina per ottenere dalla medesima il massimo effetto utile.

Anzi, occorrendo, si può mercè la conoscenza delle velocità a vuoto e di massimo rendimento, dei raggi e della portata, determinare il lavoro massimo della turbina senza ricorrere alle prove col freno. — Diffatti chiamando L_m questo lavoro massimo e conservando le notazioni precedenti, la (4) ci dà

$$L_m = \frac{Q}{g} \left\{ \frac{R_1}{R} u_1 \cos \beta_1 + V_0 \cos \alpha_0 - \frac{R_1}{R} v_m \right\} v_m$$

ossia per essere $u_1 \cos \beta_1 = v_m$

$$L_m = \frac{Q}{g} V_0 \cos \alpha_0 v_m$$

ed in forza della (4)

$$L_m = \frac{Q}{g} \frac{R_1}{R} (v_1' - v_m) v_m \quad . \quad . \quad . \quad (8)$$

Misurando adunque Q , R , R_1 , v_1' e calcolando colla (7) v_m e poscia deducendo v_m si ricava facilmente dalla (8) il lavoro L_m . — Naturalmente nell'eseguire la prova a vuoto della turbina bisogna disporre le cose in modo che la portata Q si mantenga costante ed eguale a quella per la quale la turbina venne installata.

Tutto quanto venne sovra dedotto è vero quando si trascurino le resistenze passive degli attriti.

Inoltre per poter applicare le suesposte conclusioni si debbono condurre le esperienze in modo da mantenere costante non solo la portata ma eziandio la caduta.

Torino, marzo 1891.

MECCANICA APPLICATA

IL REGOLATORE-FRENO DEL MECCANICO G. BERTINO.

Studio dell'ingegnere FRANCESCO MAZZOLA.

1. *Introduzione all'argomento.* — Il problema di regolare la velocità delle macchine lavoratrici va acquistando ogni giorno un'importanza maggiore col perfezionarsi dei meccanismi e della produzione e col crescere, per ciò stesso, delle esigenze del mercato. L'uniformità della velocità nelle macchine operatrici ha infatti quasi sempre un'influenza notevole sulla bontà del prodotto; la questione poi assume un'importanza capitale in alcuni impianti, come quelli di illuminazione elettrica e quelli per la fabbricazione degli esplosivi, nella quale un accrescimento, anche piccolo, della velocità delle macchine può esser causa di accidenti gravissimi. Scienziati e tecnici si preoccuparono di questo problema; ma, se abbondano le Memorie dei primi (1) su tale argomento, si può affermare che fra gli apparecchi regolatori immaginati e costrutti dai secondi ben pochi, e soltanto in alcune applicazioni speciali, raggiungono perfettamente il loro scopo pratico.

Dietro queste considerazioni la Società Promotrice dell'industria nazionale in Torino bandì, or non è molto, un concorso a premio per « un regolatore (applicabile ai motori

idraulici) che funzionando come un freno, potesse ad ogni istante assorbire l'eccesso del lavoro motore sul lavoro resistente ».

La Commissione, composta degli ingegneri Berruti, Bottiglia, Ferraris Galileo, Penati, Sacheri e dell'industriale cav. Piana, assegnò il premio (medaglia d'oro del valore di L. 300, del Municipio di Torino) al signor Bertino Giuseppe, meccanico nella manifattura Richiardi in Torino (via Cottolengo, isolato n. 53), il quale ideò e costruì un regolatore che funziona egregiamente in detta manifattura, e del quale mi propongo di dare una breve descrizione, facendola seguire da alcune considerazioni teoriche.

2. *Descrizione dell'apparechio.* — Il regolatore Bertino è rappresentato, nelle figure 106 e 107 delle pagine seguenti, nella disposizione stessa in cui trovasi applicato presso la manifattura sopra citata. Esso consta essenzialmente di un albero verticale a girevole attorno al proprio asse e munito, nella sua parte centrale, di una vite a più pani (5 in quello da me visitato), conastica coll'albero a , la quale viene abbracciata da un manicotto Q , lavorato internamente a chiocciola e portante, esternamente, per mezzo di due braccia orizzontali, solidali al manicotto stesso, due ventole o palette piane verticali P , P . Sono precisamente queste palette che, in virtù della resistenza incontrata al loro muoversi nell'aria, funzionano da vero e proprio organo regolatore del movimento, nel modo che sto per esporre.

L'albero verticale a riceve il suo movimento di rotazione dall'albero della turbina, di cui si vuole regolare la velocità per mezzo delle ruote d'angolo b e di una cinghia c , avvolgentesi sulla puleggia d , calettata sull'albero orizzontale e e sopra una seconda puleggia f , solidale ad un altro albero orizzontale G . Questo riceve a sua volta il moto da una cinghia H , la quale collega la puleggia I su di esso calettata con un'altra puleggia K , calettata sull'albero L , che è quello che, per mezzo dell'ingranaggio conico M , riceve direttamente dalla turbina il moto e lo comunica all'albero di trasmissione principale dell'officina mercè la puleggia N .

Quando la turbina cammina colla velocità di regime, l'albero a del regolatore gira attorno al proprio asse con una determinata velocità, ed in virtù dell'attrito fra la vite di cui è munito e la chiocciola del manicotto Q , trasporta pure in giro il manicotto stesso e quindi le ventole P . Queste risentono bensì, per parte dell'aria nella quale si muovono, una certa resistenza, la quale tende ad imprimere alle ventole un movimento relativo di rotazione attorno all'albero a e quindi a far salire lungo la vite (la quale gira nel senso dell'avvitamento) il manicotto e con esso le ventole stesse; ma, come già dicemmo, l'attrito della vite nella chiocciola ed il peso stesso del manicotto e delle ventole si oppongono a questa salita; dimodochè, quando la motrice è a regime, le ventole P rotano colla stessa velocità angolare dell'albero a , cioè nè si innalzano nè si abbassano, ma mantengono il manicotto Q in una posizione determinata, che si trova sulla vite alla distanza di $1\frac{1}{3}$ circa della sua lunghezza totale dall'estremità inferiore della medesima.

Ma supponiamo ora, anzitutto, che per essere, ad esempio, diminuito il lavoro resistente, la motrice acceleri il proprio movimento. Allora crescerà pure, proporzionalmente, la velocità di rotazione dell'albero a e quindi delle ventole P . In questo caso la resistenza opposta dall'aria al movimento delle ventole aumenta, e vincendo l'attrito fra la chiocciola e la vite ed il peso del manicotto colle ventole, imprime a queste un moto relativo di ritardamento, in virtù del quale il manicotto tende a svitarsi, e quindi prende a salire colle ventole lungo l'albero a , e, per mezzo di una opportuna trasmissione che descriveremo fra poco, mette in azione il meccanismo, il quale comanda le paratoie che danno l'acqua alla turbina; queste allora si abbassano. Non appena la velocità è ritornata ad essere quella di regime, il manicotto ridiscende esso pure colle ventole alla sua posizione di regime e riporta nello stato di riposo il meccanismo di comando delle paratoie; queste quindi si fermano d'un tratto ed il lavoro motore si conserva costante ed uguale al lavoro resistente.

(1) Fra le altre citerò quelle, presentate all'Accademia francese di Scienze, dei signori A. BÉRARD ed H. LÉAUTÉ. V. *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences*, tomo CII, pag. 497, tomo CIII, pag. 1167, e tomo CIV, pag. 657.

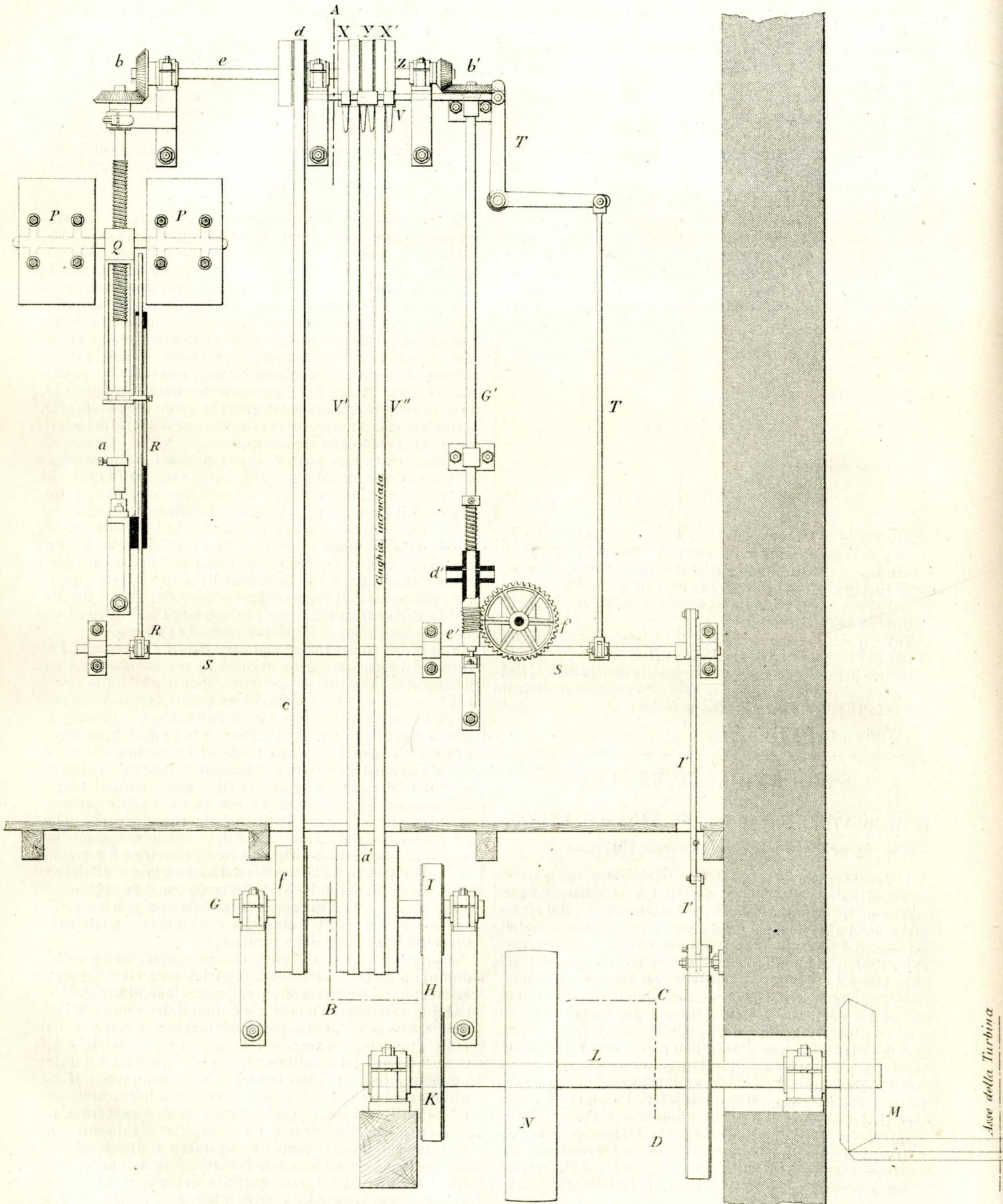


Fig. 106.

Asse della Turbina

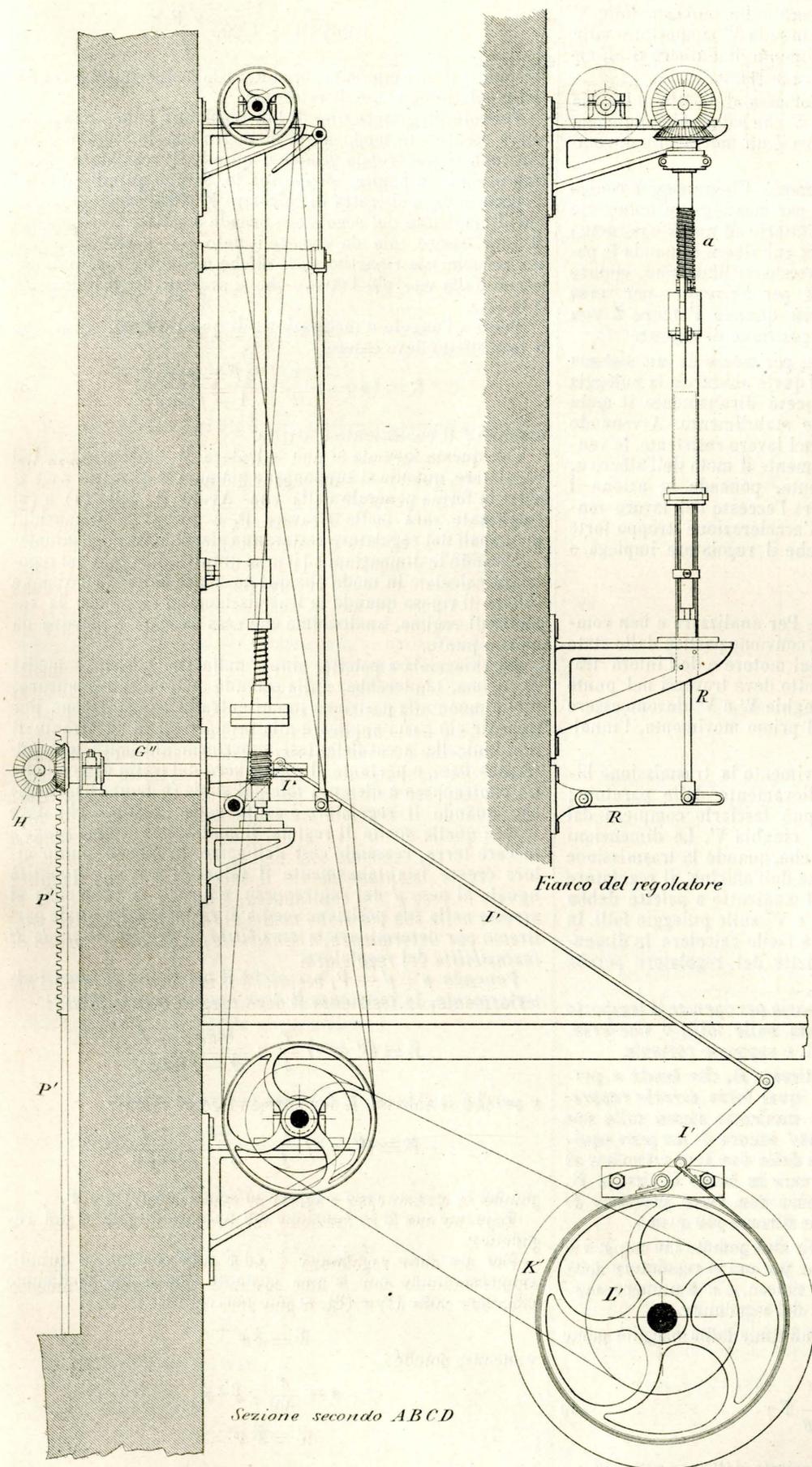


Fig. 107.

Se invece il lavoro resistente viene a crescere, la turbina rallenta il suo movimento, e quindi diminuisce pure la velocità di rotazione delle ventole P. Diminuendo, per conseguenza, anche la resistenza incontrata dalle palette nell'aria che le circonda, il manicotto discende lungo l'albero *a* pel proprio peso (vincendo anche l'attrito), e, per mezzo della trasmissione già nominata, mette in azione il meccanismo che comanda le paratoie, le quali si innalzano fino a tanto che il canale abbia fornito il voluto eccesso di forza motrice. Quando si avrà nuovamente l'eguaglianza fra il lavoro motore ed il resistente, la velocità sarà ritornata quella di regime, e quindi il manicotto Q sarà pure risalito alla sua posizione media di regime, essendo nuovamente aumentata col crescere della velocità la resistenza che le ventole risentono per parte dell'aria.

Descriverò ora brevemente la trasmissione, in virtù della quale il movimento di salita o di discesa delle ventole produce rispettivamente l'abbassamento od il sollevamento delle paratoie.

Il manicotto Q, alzandosi od abbassandosi, fa, coll'intermezzo di un sistema di leve R, girare attorno al proprio asse, in un senso od in senso opposto, un alberetto orizzontale S, il quale, mercè un secondo sistema di leve T, fa scorrere orizzontalmente, in un senso od in senso opposto (cioè verso sinistra quando s'innalzano le ventole, e verso destra quando esse si abbassano), un braccio a forchette V, che trasporta una cinghia V' da una puleggia X ad una puleggia Y, o viceversa, oppure un'altra cinghia V'' da una puleggia X' alla stessa puleggia Y, o viceversa.

Le puleggie XX' ed Y stanno sopra un albero orizzontale Z; le X ed X' sono *folli*, mentre la Y è *calettata* su detto albero. Le cinghie V' e V'' vanno ad accavalciarsi sopra un tamburo unico *a'* calettato sull'albero G; la V' è *aperta*, la V'' è *incrociata*.

Nella posizione media di regime delle ventole, i sistemi di leve R e T devono avere una posizione tale che il braccio a forchette V tenga le due cinghie V' e V'' rispettivamente sulle due puleggie folli X ed X'. L'albero Z allora starà fermo.

Innalzandosi il manicotto colle ventole, vedemmo che il braccio a forchette viene trasportato orizzontalmente verso sinistra; allora la cinghia V'' passerà dalla puleggia folle X' alla puleggia fissa centrale Y (mentre la V' si sposterà sulla X), e quindi comunicherà il movimento dell'albero G all'albero Z, facendolo rotare per un certo verso.

Quando invece il manicotto si abbassa al disotto della sua posizione di regime, è la cinghia V' che salta sulla puleggia centrale Y, comunicando all'albero Z un movimento di rotazione inverso al precedente.

L'albero Z pone in rotazione, mercè l'ingranaggio conico b', un alberetto verticale G', che per mezzo di un manicotto a frizione d' imprime un moto rotatorio ad una vite perpetua e' imboccante con una ruota f', il cui albero comanda le paratoie. Si capisce quindi come queste si innalzino, oppure si abbassino, rotando l'albero Z per un verso o per verso contrario, e stiano invece immobili quando l'albero Z non gira, essendo il regolatore nella posizione di regime.

L'albero S comanda poi inoltre, per mezzo di un sistema di leve I', un freno a nastro K', il quale abbraccia la puleggia L' calettata sull'albero L, che riceve direttamente il moto dalla turbina e lo trasmette allo stabilimento. Avvenendo una forte e brusca diminuzione nel lavoro resistente, le ventole, essendosi accelerato grandemente il moto dell'albero a, prenderanno a salire rapidamente, ponendo in azione il freno a nastro, il quale consumerà l'eccesso del lavoro motore sul resistente, impedendo l'accelerazione troppo forte che si verificherebbe nel tempo che il regolatore impiega a chiudere le paratoie.

3. *Considerazioni teoriche.* — Per analizzare e ben comprendere l'azione del regolatore, conviene partire dallo stato di riposo del regolatore stesso, del motore e dell'intera trasmissione. In tale stato il manicotto deve trovarsi nel punto più basso della sua corsa, e le cinghie V' e V'' devono essere collocate in modo da produrre, al primo movimento, l'innalzamento delle paratoie.

Quando si vuol mettere in movimento la trasmissione bisogna fare, a mano, il primo sollevamento delle paratoie; ma una volta questo iniziato, si può lasciarlo compiere dal motore stesso, per mezzo della cinghia V'. Le dimensioni del regolatore devono essere tali che, quando la trasmissione ha raggiunto la velocità di regime dell'officina, il regolatore debba entrare in azione, cioè il manicotto a palette debba sollevarsi portando le cinghie V' e V'' sulle puleggie folli. In base a questa considerazione sarà facile calcolare le dimensioni che bisogna dare alle palette del regolatore perchè questo abbia la forza richiesta.

Sia π lo sforzo (in Chg.) necessario per operare il trasporto delle cinghie dalla puleggia fissa sulle folli, o viceversa, computato sull'asse del tirante R, e supposto costante.

Sia p la forza agente lungo il tirante R, che tende a portare in basso il manicotto Q, la qual forza sarebbe rappresentata dal peso complessivo del manicotto stesso colle sue ventole e del tirante R, aumentato ancora di un peso equivalente all'azione del tirante T e delle due leve articolate ai tiranti R e T, che tendono a portare in basso il tirante R, supponendo cioè che tutto il sistema non fosse provvisto di opportuno contrappeso, del quale diremo più avanti.

Sia: F l'area complessiva delle due palette (in mq.); ν il numero di giri della trasmissione per cui il regolatore deve innalzarsi dalla sua posizione di riposo, e n il numero corrispondente di giri dell'albero a del regolatore.

Ritengo come vera la formola adottata dalla maggior parte dei meccanici:

$$R = \zeta \frac{v^2}{2g} F \gamma \quad (1)$$

nella quale R è la pressione esercitata dall'aria sulle palette di area F, in Chg.; v la velocità (in metri al 1'') del centro delle palette stesse; γ il peso specifico dell'aria (peso di 1 mc.

in Chg.), e ζ un coefficiente che, secondo il Weisbach (1), è dato dalla formola:

$$\zeta = 1,254 \left(1 + 1,295 \frac{\sqrt{F}}{l} \right) \quad (2)$$

essendo l il braccio della forza R, ossia la distanza del centro delle palette dall'asse di rotazione.

Volendo progettare uno di tali regolatori, in generale converrà fissare l in modo che il diametro massimo del regolatore non riesca troppo grande e quindi il regolatore stesso non occupi, in pianta, troppo spazio. Si può quindi ritenere l come noto, e si tratta di calcolare F. Ora, nell'istante in cui il manicotto del regolatore prende a salire, la resistenza R deve essere tale da vincere il peso $p + \pi$, che suppongo uniformemente ripartito sulle eliche medie, di raggio r , dei vermi della vite, più l'attrito che si sviluppa fra la chiocciola e la vite.

Detto α l'angolo d'inclinazione di quest'ultima, si sa che a tale effetto deve essere:

$$R = (p + \pi) \frac{r}{l} \cdot \frac{f + \tan \alpha}{1 - f \tan \alpha} \quad (3)$$

essendo f il coefficiente d'attrito.

Con questa formola si può calcolare R, cioè la forza del regolatore, quando si suppongano già note le quantità r ed α , ossia la forma generale della vite. Avuto R, dalle (1) e (2) combinate sarà facile ricavare F, e quindi le dimensioni principali del regolatore resteranno pienamente determinate.

Essendo le dimensioni ed il peso di tutti gli organi del regolatore calcolate in modo che questo si alza dalla sua posizione infima di riposo quando la trasmissione ha raggiunto la velocità di regime, analizziamo che cosa avviene a partire da questo punto.

La chiocciola a palette, giunta nella sua posizione media di regime, tenderebbe, nulla ostando a ciò, a salire ancora, fino almeno alla posizione in cui entra in azione il freno. Per impedir ciò basta applicare alla leva articolata al tirante R una funicella accavalciantesi superiormente sopra una puleggia fissa, e portante al capo libero del tratto discendente un contrappeso a distanza tale dal suolo (o da una base fissa) che quando il regolatore è salito nella posizione che deve essere quella media di regime, il contrappeso stesso venga a toccare terra, cessando così dall'agire. In questo punto allora cresce istantaneamente il valore di p di una quantità uguale al peso p' del contrappeso, e quindi la chiocciola si arresta nella sua posizione media di regime, dalla quale partiremo per determinare la sensibilità, o meglio, il grado di insensibilità del regolatore.

Ponendo $p + p' = P$, acciocchè il manicotto si innalzi ulteriormente, la resistenza R deve raggiungere il valore:

$$R = (P + \pi) \frac{r}{l} \cdot \frac{\tan \alpha + f}{1 - f \tan \alpha}$$

e perchè si abbassi, R deve discendere al valore:

$$R = (P - \pi) \frac{r}{l} \cdot \frac{\tan \alpha - f}{1 + f \tan \alpha}$$

poichè in questo caso π agisce in senso contrario a P.

Esprimo ora R in funzione del numero di giri n del regolatore.

Per un dato regolatore ζ ed F sono costanti, e quindi, rappresentando con k una costante che si può facilmente calcolare colle (2) e (3), si può porre:

$$R = k v^2$$

o ancora, poichè:

$$v = \frac{n}{60} \cdot 2\pi l$$

$$R = K n^2$$

(1) *Lehrbuch der Ingenieur und Maschinen Mechanik*, parte III, pag. 942.

essendo K una nuova costante:

$$\left(K = k \cdot \frac{4 \pi^2 l^2}{3600} \right).$$

Il regolatore dunque non si muoverà dalla sua posizione di regime finchè si ha:

$$(P + \pi) \frac{r}{l} \cdot \frac{\tan \alpha + f}{1 - f \tan \alpha} > \\ > K n^2 > (P - \pi) \frac{r}{l} \cdot \frac{\tan \alpha - f}{1 + f \tan \alpha}$$

ossia finchè:

$$\sqrt{\frac{r}{K l}} \cdot \sqrt{(P + \pi) \cdot \frac{\tan \alpha + f}{1 - f \tan \alpha}} > \\ > n > \sqrt{\frac{r}{K l}} \cdot \sqrt{(P - \pi) \cdot \frac{\tan \alpha - f}{1 + f \tan \alpha}}$$

Il grado di insensibilità del regolatore sarà dunque espresso dalla formola:

$$S = 2 \frac{\sqrt{(P + \pi) \frac{\tan \alpha + f}{1 - f \tan \alpha}} - \sqrt{(P - \pi) \frac{\tan \alpha - f}{1 + f \tan \alpha}}}{\sqrt{(P + \pi) \frac{\tan \alpha + f}{1 - f \tan \alpha}} + \sqrt{(P - \pi) \frac{\tan \alpha - f}{1 + f \tan \alpha}}}$$

Esaminando questa formola si deducono facilmente le leggi secondo cui si devono far variare $\tan \alpha$, ossia l'inclinazione della vite, ed il rapporto fra P e π , per modificare a volontà, entro certi limiti, la sensibilità del regolatore.

È importante intanto determinare quale sia il valore di α che rende, a parità di altre circostanze, la sensibilità del regolatore massima, ossia il valore frazionario di S minimo.

Nel fare questa ricerca trascuriamo π , che si può sempre fare assai piccolo a fronte di P, e poniamo $\tan \alpha = x$: allora la sensibilità del regolatore è espressa più semplicemente da:

$$S = 2 \frac{\sqrt{\frac{x+f}{1-fx}} - \sqrt{\frac{x-f}{1+fx}}}{\sqrt{\frac{x+f}{1-fx}} + \sqrt{\frac{x-f}{1+fx}}}$$

Quest'espressione si può facilmente trasformare coi metodi dell'algebra in quest'altra più semplice:

$$S = 2 \frac{\sqrt{(x+f)(1+fx)} - \sqrt{(x-f)(1-fx)}}{\sqrt{(x+f)(1+fx)} + \sqrt{(x-f)(1-fx)}}$$

Differenzio quest'espressione. Per semplicità pongo:

$$\sqrt{(f+x)(1+fx)} = \sqrt{A} = C$$

e

$$\sqrt{(x-f)(1-fx)} = \sqrt{B} = D.$$

Sarà allora:

$$S = 2 \frac{C - D}{C + D}.$$

Faccio la prima derivata:

$$s' = 2 \frac{(C+D)(C'-D') - (C-D)(C'+D')}{(C+D)^2} = 4 \frac{C'D - CD'}{(C+D)^2}$$

Ora:

$$C' = \frac{A'}{2\sqrt{A}}, \quad D' = \frac{B'}{2\sqrt{B}}$$

quindi:

$$C'D - CD' = \frac{A'}{2\sqrt{A}} \sqrt{B} - \frac{B'}{2\sqrt{B}} \sqrt{A} = \frac{A'B - AB'}{2\sqrt{AB}}.$$

Eseguisco A', e sviluppo B:

$$A' = 1 + fx + (f+x)f = 1 + 2fx + f^2 \\ B = x - fx^2 - f + f^2x = x(1+f^2) - fx^2 - f.$$

Calcolando A'B si trova:

$$A'B = -f(1+f^2) + x(1+f^2) + fx^2(1+f) - 2f^2x^2.$$

Ora, evidentemente, AB' si ottiene cambiando in A'B f in -f.

Quindi sarà:

$$AB' = f(1+f^2) + x(1+f^2) - fx^2(1+f^2) - 2f^2x^2.$$

E perciò:

$$A'B - AB' = -2f(1+f^2) + 2fx^2(1+f) = \\ = 2f(1+f^2)(x^2 - 1)$$

quindi:

$$C'D - CD' = \frac{f(1+f^2)(x^2 - 1)}{\sqrt{AB}}$$

ed

$$s' = 4 \frac{f(1+f^2)(x^2 - 1)}{(C+D)^2 \sqrt{AB}}$$

Eguagliando il numeratore di s' a zero si ricava:

$$x = 1.$$

Dunque « la sensibilità del regolatore è massima per $x = \tan \alpha = 1$, ossia per $\alpha = 45^\circ$ ».

Ora per $\tan \alpha = 1$ si ha:

$$s = 2 \frac{\sqrt{(1+f)(1+f)} - \sqrt{(1-f)(1-f)}}{\sqrt{(1+f)(1+f)} + \sqrt{(1-f)(1-f)}} = 2f.$$

Dunque ancora:

« La sensibilità massima del regolatore, quando si trascuri lo sforzo necessario per trasportare le cinghie, si ha facendo l'inclinazione del passo della vite = 45° , ed è uguale al doppio del coefficiente d'attrito ».

4. Risultati sperimentali. — Il regolatore da me visitato alla manifattura Richiardi si dimostrò, in una serie di esperienze istituite, sensibilissimo ed anche assai pronto. Non starò a riferire i risultati di tutte queste esperienze, limitandomi alla più semplice fra di esse, la quale consisteva nel porre d'un tratto, mentre le macchine della manifattura erano in lavoro regolare, in azione una piccola sega a nastro, a vuoto, la quale non consumava certamente che una frazione minima della forza totale (30 cavalli-vapore) assorbita dall'officina; orbene, immediatamente il regolatore entrava in azione, alzando le paratoie e somministrando quindi il piccolo aumento di lavoro necessario a mantenere la velocità di regime; il numero di giri della trasmissione si manteneva, nello stesso tempo, sensibilmente costante.

Torino, luglio 1891.

BIBLIOGRAFIA

I.

Sul regime delle spiagge e sulla regolazione dei porti. — Studi di Paolo Cornaglia, Ispettore nel Corpo R. del Genio Civile a riposo. — Un volume in-8°, di pag. 569, con 9 tavole intercalate nel testo. — Torino, G. B. Paravia, 1891. — Prezzo Lire 20.

Il dotto Autore ha riunito in un solo volume tre sue monografie delle quali io avevo fatto tesoro fin dalla prima loro comparsa, non che nella mia Memoria pubblicata in questo stesso fascicolo (pag. 113). Esse sono ordinate così:

- 1° *Della propagazione verticale dei liquidi* ;
- 2° *Del flutto di fondo nei liquidi in istato di ondulazione* ;
- 3° *Delle spiagge*.

Spiega tale ordine la prefazione al n° 3, che non sappiamo far di meglio che trascrivere:

« Nell'indagare le leggi della natura si segue per regola il metodo sperimentale, che è il più giusto. Si osservano cioè attentamente prima i fatti, e poscia col ragionamento se ne desumono le cause.

« Nell'idraulica marittima però tale metodo non ha finora condotto a risultati ben positivi; perchè, tra i fatti d'osservazione, alcuni a prima giunta paiono in contraddizione tra loro, non essendo stati giustamente interpretati.

« Perciò nei due studi che precedono, il primo sulla propagazione verticale delle onde nei liquidi, ed il secondo sul flutto di fondo nei liquidi in istato di ondulazione, si è tentato il metodo dell'analisi.

« L'esperienza ha però dimostrato pur troppo quanto si debba diffidare delle conseguenze ottenute con siffatto metodo. Si è che a base dei calcoli si assume generalmente un'ipotesi; ed allora essi non possono rendere altro che i risultati contenuti in tale ipotesi; ma non già rappresentare ciò che realmente succede in natura.

« Questo non è il caso dei due precedenti studi, imperocchè col metodo speciale ivi tenuto non si adottarono ipotesi di massima di sorta, ma soltanto in qualche particolare di minore importanza, affine di semplificare i calcoli. E difatti, i risultati a cui si pervenne, non solo si accordano perfettamente coi numerosi fatti d'osservazione che si conoscono, ma pongono anche fra loro completamente d'accordo quelli che prima parevano in contraddizione, come si disse.

« Dopo i risultati così ottenuti, si può ora tentare di nuovo la via sperimentale; con che i calcoli istituiti servirebbero allora di dimostrazione algebrica di quanto si può dedurre col semplice ragionamento, partendo dai dati d'osservazione.

« E questo lo scopo della seguente Memoria sulle spiagge, nella quale, indagando il modo con cui esse si formano, si cercò di dedurre le cause, ossia i principii generali che ne reggono la formazione ».

In armonia coi predetti studi il Cornaglia tratta della *Regolazione dei porti*, specialmente su spiagge sottili, fornendo così quello che noi crediamo fosse un vero *desideratum* per la maggiore diffusione degli studi medesimi, col pregio di essere compendiatissimi dall'Autore in forma di dettami generali che egli intitola *Massime*.

Tratta, infatti, estesamente dei moti del mare con riflesso alle opere marittime, dimostrando sempre più la prevalente azione dei flutti sulle correnti di qualsiasi origine; del movimento delle alluvioni e delle conseguenti forme del fondo del mare e delle spiagge. Ragiona delle opere a difesa dei porti e dei moli alle foci dei fiumi e canali, e finalmente compendia in forma di regole le conclusioni dei suoi ragionamenti.

Ivi sono autorevolmente precisate alcune definizioni e vocaboli che nella pratica non sono sempre bene intesi, producendo confusioni ed erronei apprezzamenti. E questo è anche altro utile servizio che risponde ad un bisogno da noi accennato.

La seconda parte del volume riguarda l'applicazione delle *Massime* anzi espresse al porto di Carlovassi (nell'isola di Samos), a quello di Bari ed al porto di Genova, specialmente per quanto riflette talune idee sulla espansione delle onde e sulla efficacia delle opere di protezione ai porti commerciali. La breve prefazione dice così:

« Nelle due relazioni sul porto di Carlovassi, mentre si espongono fatti che raramente s'incontrano altrove, s'indica meglio in concreto la massima fondamentale, secondo la quale parrebbe doversi regolare i porti su spiagge sottili.

« In quella sul porto di Genova si è avuto principalmente agio di esporre certe idee specialmente sulla espansione delle onde e sulla conseguente efficacia delle opere di protezione; e di sviluppare tali idee più di quanto si possa farlo, trattando la questione in astratto.

« L'altra, sul nuovo porto di Bari, serve a far vedere da quali grandi distanze ed anche da qual parte si possano temere insabbiamenti in un porto; e quali aiuti possa la Geologia prestare in siffatti studi.

« In tutte poi si ha avuto campo di fare qualche utile considerazione, la quale non trova posto nel trattare il problema in generale ».

Altro capitolo distinto riguarda « i bisogni dei porti in generale » e di quello di Genova in particolare ». Importante è dotta relazione del 1872 (atti della celebrata Commissione Parodi-Serra-Mati-

Pazzi e Cornaglia), la quale contiene i concetti fondamentali per la costruzione dei porti di commercio, e dalle comparazioni sono dedotte le formole utili alla determinazione dello specchio d'acqua delle varie zone di un porto; allo sviluppo e larghezza delle calate, ecc., ecc. E una relazione che afferma ancora più la dottrina e larghezza degli idraulici italiani in materia di porti, come in quella dei fiumi. Quelle formole furono già riportate dal Cialdi nelle sue *Nozioni preliminari sulla costruzione dei Porti nel Mediterraneo*, e non mancammo farne note alle nostre lezioni dettate nella Scuola degl'Ingegneri in Napoli.

Tutto ciò che si è studiato, indagato e scritto a proposito del porto di Genova, e l'esame degli effetti ottenuti in rapporto ai lavori eseguiti, è certamente uno dei magistrali esempi da darsi.

Fu il disegno di colmare talune lacune nelle dottrine d'ingegneria marittima, riconosciutesi al tempo delle originarie divergenti opinioni sulla costituzione del porto di Genova, che dette al Cornaglia lo scopo di pubblicare un volume nuovo, come egli stesso dichiara nella lettera di dedica all'illustre Silvio Spaventa, allora Ministro dei Lavori Pubblici.

G. B.

II.

Sui progressi di alcune industrie chimiche alla Esposizione Universale di Parigi nel 1889. — Note del prof. E. Rotondi. — Appendice all'*Annuario* per il 1890-91 del *R. Museo Industriale Italiano*: 1 vol. in 8° di pag. 63. — Torino, 1891.

Piccolo era il numero di espositori francesi nel ramo delle industrie chimiche e più che modesta la partecipazione degli stranieri, riducendosi a qualche vetrina sparsa nelle sezioni inglese, belga e svizzera.

E quasi tutti si limitarono a presentare campioni disposti con buon gusto in vetrine eleganti. Ben pochi presentarono modelli, disegni di apparecchi nuovi, o memorie stampate, come nel ramo delle industrie chimiche si era praticato nelle precedenti esposizioni.

Industria della soda. — I perfezionamenti nell'industria della soda e la sua produzione a basso prezzo, sono di un'importanza grandissima per lo sviluppo delle numerose industrie nelle quali è adoperata. Ma ad onta dei diversi brevetti per nuovi metodi di preparazione della soda domandati in questi ultimi anni, i soli metodi rappresentati alla mostra di Parigi erano il processo Leblanc, che data dal 1791, ed il processo Solvay, attuato industrialmente per la prima volta nel 1863. Quest'ultimo processo Solvay, nel quale il cloruro di sodio è trattato mediante l'ammoniaca, anziché coll'acido solforico, fece abbassare il prezzo della soda ed aumentarne di assai la consumazione. Il prezzo di vendita della soda che era di lire 1250 la tonnellata al principio di questo secolo, e che 50 anni dopo l'introduzione del processo Leblanc era ancora di 700 lire, si trovò ridotto nei primi cinque anni in cui funzionò il processo Solvay a lire 300 la tonnellata, e nel 1888 non era più che di 120 lire.

Il processo Solvay, fabbricando direttamente la soda, è il più economico; e se il processo Leblanc può ancora con esso lottare, ciò è in forza del valore dei prodotti secondari, acido cloridrico e cloruro decolorante, cotanto impiegati nell'industria, e che i fabbricanti vendono tanto più cari, quanto più il prezzo della soda è ridotto.

Ma l'importanza di arrivare alla utilizzazione del cloro contenuto nel cloruro di sodio non poteva sfuggire anche all'intraprendente Solvay, ed è probabile che fra non molto i fabbricanti di soda Leblanc non saranno più i soli a produrre i cloruri decoloranti.

D'altra parte i fabbricanti di soda col metodo Leblanc si studiano di arrivare utilmente alla rigenerazione del solfo che si trova nei residui della lisciviazione della soda greggia, e dopo il metodo di Schaffner ed Helbig col quale il solfo rigenerato viene a costare 3 lire al quintale, è venuto quello di Chance e Clans col quale si ricupera l'80 % del solfo delle piriti impiegate, ossia il 90 % del solfo contenuto nei residui della soda, ottenendosi solfo molto puro e colla spesa di una lira circa al quintale. Questo processo ha la sua importanza sull'avvenire della soda Leblanc, e solo il tempo deciderà se esso potrà far sostenere la concorrenza della soda prodotta col metodo Solvay.

L'Italia ad ogni modo non può che restare spettatrice di questa lotta industriale, poichè la produzione della soda per l'alto prezzo del combustibile sarebbe da noi di costo più elevato che altrove.

Industria dell'acido solforico. — La quasi totalità dell'acido solforico è ottenuta dalle piriti e la sua fabbricazione non ha fatto in questi ultimi tempi un gran progresso in ciò che concerne la disposizione degli apparecchi di cui si fa uso. Ma rilevanti progressi scientifici e tecnici si sono ottenuti i quali permettono di condurre, di regolare la qualità e la velocità della miscela gassosa che deve attraversare le camere di piombo, e di seguire l'andamento di quest'ultime in modo da raggiungere in modo costante il massimo rendimento. Inoltre le ceneri di piriti che per il passato ingombravano le fabbriche, sono ora utilizzate non solo per la depurazione del gas illuminante, ma costituiscono eziando un minerale ricercato nella metallurgia.

La *Société des manufactures des glaces et produits chimiques de Saint-Gobain* espone grandi lastre di selenio come esempio di utilizzazione delle polveri delle camere di deposito.

La *Société Générale pour la fabrication de la dynamite et de produits chimiques* presentò delle lastre di rame ottenute dalle ceneri delle piriti col metodo dell'ing. Ravello di Torino.

La speranza degli industriali è di arrivare a diminuire la capacità degli apparecchi richiesti per le reazioni fra acido solforoso, prodotti nitrosi ed acqua. Si tentò di dividere in più parti le grandi camere di piombo per avere una più facile miscela dei gas ed una più rapida condensazione dell'acido solforico; si propose di dirigere i gas in una serie di tubi refrigeranti e di piccole torri su cui cada acido solforico; e si propose pure di applicarvi le torri di condensazione a piatti recentemente brevettate da Lunge e da Rohrmann per la condensazione dell'acido cloridrico, nitrico, ed in generale per tutte quelle operazioni in cui occorre determinare un intimo contatto tra un gas e un liquido. Epperò tutto induce a credere che gli apparecchi di fabbricazione dell'acido solforico, rimasti finora in sostanza quali erano all'origine di quell'industria, subiranno presto qualche sostanziale modificazione.

In Italia l'industria dell'acido solforico, per il grande consumo che se ne fa nella preparazione dei concimi e nella fabbricazione delle candele, è, fra le industrie chimiche, una delle più importanti; la produzione basta al consumo, e non teme la concorrenza dall'estero.

Industria del cloro. — La preparazione del cloro e dei cloruri decoloranti è come si disse più sopra uno dei rami principali dell'industria della soda preparata col metodo Leblanc, il quale, com'è noto, ci dà acido cloridrico. Ma gli sforzi degli industriali mirano oggidì ad ottenere il cloro con reazioni diverse da quelle inerenti al metodo di Leblanc allo scopo di rendere indipendente l'industria del cloro da quella della fabbricazione della soda.

Numerosi i metodi proposti. Due di essi erano esposti a Parigi, e sembrano risolvere in modo industriale il problema.

Uno di questi è il metodo ideato e brevettato da Weldon nel giugno 1884, fondato sulla scomposizione dell'ossicloruro di magnesio (in ossido di magnesio e cloro) allorché si assoggetta ad alta temperatura. Le difficoltà incontrate nei tentativi fatti da Weldon per la rigenerazione del cloro erano d'ordine quasi esclusivamente fisico-meccanico. Spetta agli ingegneri Pechiney e Boulvard il merito di avere risolto in modo assai ingegnoso i principali problemi tecnici nell'applicazione industriale del metodo del sig. Weldon.

Il processo di Weldon Pechiney è attualmente in azione nell'officina di Pechiney e C. a Salindres (Gard) diretta dall'abile ingegnere Boulvard. Nel primo impianto fatto si producevano da 720 a 760 chg. di cloro libero in 24 ore. I risultati conseguiti durante l'esercizio di prova furono tali da decidere Pechiney a cominciare nel 1888 un grande impianto capace di produrre 6000 chg. di cloro al giorno.

Nel processo Pechiney si impiega come materia prima il cloruro di magnesio; ma è nella preparazione dell'ossicloruro quasi anidro e nella sua sostituzione al cloruro di magnesio che risiede la vera novità del procedimento, il quale merita la più grande attenzione degli industriali tedeschi, i cui straordinari giacimenti di Stassfurt sono una miniera quasi inesauribile di cloruro di magnesio.

L'avvenire del processo Weldon-Pechiney è intimamente legato con quello della rigenerazione del solfo dai residui della preparazione della soda col metodo Leblanc. Se la rigenerazione del solfo col metodo Chance permetterà ai fabbricanti di soda col metodo antico di abbassare il prezzo dell'acido cloridrico, il metodo Pechiney dovrà sostenere un'aspra lotta. Ma quand'anche divenisse possibile codesta trasformazione nell'industria del cloro, non per questo l'Italia potrà approfittarne, poichè nella produzione di un quintale di cloro col metodo Pechiney il costo del combustibile in base ai dati dell'impianto di Salindres vi rappresenta colà una parte assai importante, circa il 50 0/0.

Altro processo per la produzione diretta del cloro, pure rappresentato industrialmente alla Esposizione di Parigi, è il processo Hermite che ottiene il cloro mediante la decomposizione elettrolitica del cloruro di magnesio; esso riguarda particolarmente i progressi nell'industria dell'imbiancamento dei tessuti.

Industria dell'imbiancamento delle fibre tessili. — Il processo di imbiancamento alla soda, conosciuto ordinariamente col nome di processo di Mather e Thompson, od anche di processo Koehlin — ed il processo di Hermite di decolorazione col cloro ottenuto per via elettrolitica, sono i due perfezionamenti più notevoli di quest'industria.

Il primo soddisfa perfettamente allo scopo e realizza sul metodo antico l'economia del 25 per cento sui prodotti chimici, e del 50 per cento sulla quantità di vapore, nonchè sulla mano d'opera e sul tempo.

L'imbiancamento elettrolitico dei tessuti, suggerito fin dal 1882, non ebbe risultati pratici degni di attenzione da parte degli industriali, se non per opera di Hermite, il cui processo si basa sulla produzione del cloro mediante la decomposizione elettrolitica del cloruro di magnesio. Questo metodo venne applicato dapprima a Lilla or son 4 anni, e vuolsi siasi constatata una economia del 55 al 65 per cento sul prezzo d'imbiancamento col metodo ordinario.

Il sig. Hermite ha ora impiantata una fabbrica in America per l'imbiancamento di 4 tonnellate e mezza di pasta di carta al giorno.

Risultava dall'Esposizione di Parigi come il metodo di Hermite fosse applicato negli importanti stabilimenti di pasta tratta da legno, paglia e stracci, di Darblay père et fils in Essonne ed a Wörgl nel Tirolo.

Questo processo, qualora raggiunga effettivamente lo scopo industriale, tornerà di molto vantaggio al nostro paese, che oggidì è tributario all'estero del cloruro di calce, per l'industria dell'imbiancamento.

Infine, i tentativi per sostituire l'acqua ossigenata al cloro nell'imbiancamento delle fibre tessili d'origine vegetale, non risultarono finora possibili per l'elevato prezzo del nuovo decolorante, il quale sarebbe senza dubbio da preferirsi per la migliore conservazione del tessuto. L'uso dell'acqua ossigenata va nondimeno estendendosi sempre più per l'imbiancamento della lana, dell'avorio, delle piume, ed anche della seta, e sarebbe desiderabile si riuscisse ad ottenerla a più basso prezzo.

Industria dei corpi grassi. — Le innovazioni più importanti che in questo ramo d'industria si potevano osservare all'Esposizione di Parigi erano essenzialmente tre:

1° L'apparecchio a vapore di Hugues, funzionante egregiamente nella stearineria d'Etoile, e che pare risolve nel modo più soddisfacente le difficoltà che si incontrano nella saponificazione con sola acqua, riuscendosi con esso ad utilizzare completamente tutta la glicerina che forniscono i corpi grassi destinati non solo alla preparazione degli acidi grassi, ma eziandio dei saponi;

2° L'apparecchio di raffreddamento dell'acido oleico, sistema Petit, nel quale l'acido oleico è mantenuto in strati sottili sopra superficie costantemente fredda, essendo così la cristallizzazione quasi istantanea, con che è facilitata la separazione degli acidi grassi solidi trattenuti in soluzione dall'acido oleico, al sortire dai torchi idraulici a freddo;

3° Il processo di saponificazione vescicolare a mezzo dell'integratore Rivière, processo molto razionale, che permetterebbe di preparare collo stesso apparecchio oltre i saponi a base alcalina anche quelli a base di calce.

L'industria del sapone ha molta importanza per il nostro paese, che lavora pure per l'esportazione. Ma perchè gli industriali possano sostenere la concorrenza estera, devono seguire i nuovi perfezionamenti altrove introdotti, ricorrendo alla degliceratura delle sostanze grasse, sia colla parziale saponificazione sotto pressione, sia a vapore, sia colla sola acqua in pressione, il quale metodo, colle modificazioni introdotte da Hugues, sembra potersi industrialmente compiere senza difficoltà.

Industria dei colori e loro applicazione. — L'interesse che presentano, dal doppio punto di vista della scienza e dell'industria, i prodotti secondari della fabbricazione del gas illuminante vanno senza tregua crescendo, ed oggidì si può ritenere che il valore della produzione delle materie coloranti artificiali è di circa 125 milioni all'anno. La sola Germania esportò nel 1886 chilogr. 5,900,000 di materie coloranti, e la Svizzera per un valore di circa 7 milioni. Gli splendidi risultati ottenuti in quest'industria son dovuti unicamente all'influenza feconda delle ricerche scientifiche accoppiate ad una pratica razionale. La ipotesi sulla costituzione dei carburi d'idrogeno della serie della benzina è stata il punto di partenza delle più salienti scoperte relative all'industria dei colori artificiali. Di questa industria il prof. Rotondi riassume brevemente la storia, dalla quale prendono rilievo i progressi che si verificano in questi ultimi tempi.

Lo studio della costituzione chimica dei colori artificiali non solo è stata, ed è, guida sicura per giungere alla scoperta di nuovi colori, ma insegna eziandio al tintore la via da seguire nell'impiego dei mordenti e nella scelta di altri mezzi per la migliore fissazione sui tessuti. È principalmente O. Witt che si occupò di avere una classificazione scientifica delle materie coloranti, dividendole in famiglie e fondandosi, indipendentemente dalle differenze o somiglianze di colorazione, sulle principali proprietà chimiche e tintoriali.

Fra le novità dell'Esposizione sono annoverate: il tino misto (ad indaco naturale e indofenolo), che risolverebbe finalmente il difficile problema di sostituire all'indaco sostanze coloranti artificiali, se risulterà industrialmente confermato il suo minor costo in confronto dell'ordinario tino d'indaco; la produzione di colori azoici, ottenuta direttamente sopra i tessuti, di cui offrivano belli esempi la Ditta Koehlin-Baugartner e C. di Luxeuil, mentre la Ditta F. Bayer e C. prese una privativa per ottenere tessuti stampati in base al medesimo principio; e l'apparecchio di Preibisch per la produzione del nero d'anilina sui tessuti, col quale si evitano gli inconvenienti di incompleta fissazione della tinta e di alterazione della fibra del tessuto.

Non è possibile trascurare l'argomento delle materie coloranti artificiali, senza accennare all'importanza che potrebbe avere nel nostro paese la loro fabbricazione. Le materie prime, cioè l'acido solforico e l'acido nitrico si hanno a minor costo da noi che non in Francia ed in Germania; e la benzina cogli altri prodotti del catrame si possono avere facilmente dalle fabbriche del gas; ma non essendo sufficiente la produzione nazionale, e dovendosi ricorrere, come si usa in Francia ed in Germania, alla produzione inglese, bisognerebbe che fossero dichiarati esenti da dazio d'entrata la benzina e prodotti analoghi (oggidì assimilati al petrolio), mentre il dazio attuale sulla benzina è proibitivo in Italia per un fabbricante di materie coloranti artificiali.

Industria della carta. — La cellulosa ottenuta dal legno per mezzo di bisolfiti di magnesio e di calcio, era quanto di più interessante si poteva osservare all'Esposizione di Parigi nelle applicazioni della chi-

mica all'industria della carta. La cellulosa al bisolfito può ritenersi il vero surrogato della cellulosa di lino, per bianchezza, purezza, e resistenza; e l'estendersi del processo sarà certamente causa di ulteriori ribassi nel prezzo della carta. In Svezia e Norvegia, dove il processo ha preso notevole sviluppo, i fabbricanti hanno sentito il bisogno di costituirsi in sindacato per tener alti i prezzi del mercato.

La Ditta Wertheimer a Okrifelt, in Germania, è pure una fra le principali fabbriche di pasta di legno al bisolfito. La praticità del metodo è dovuta soprattutto ad Ekmann, il quale fondò a Dieppe (Francia) una importante fabbrica di cellulosa di legno d'abete, e si occupa dell'impianto di uno stabilimento anche in Italia. Nel nostro paese, ove in alcune località la legna, lo zolfo e la calce (materie prime per tale industria) non fanno difetto, la fabbricazione della cellulosa al bisolfito non può che avere un bell'avvenire, e lo sviluppo di quest'industria tra noi ci emanciperebbe dalla importazione dall'estero, a cui siamo oggidi in parte tributari.

Seta artificiale. — Una delle più attraenti novità dell'Esposizione di Parigi era la seta artificiale prodotta dal signor Chardonnet, il quale fu onorato dal Giurì colla più alta ricompensa. La seta artificiale non è che cellulosa nitrata convenientemente disciolta e filata. Anche la Ditta Duvivier e C. espose una magnifica collezione di tessuti in seta artificiale unitamente agli apparecchi per la produzione della medesima. I saggi presentati sono assai seducenti, ma il processo è tuttora nello stadio di esperimento industriale. Nè può dirsi ancora quale possa essere il suo avvenire nell'industria tessile.

Ossigeno e acqua ossigenata. — La produzione dell'ossigeno a buon mercato è argomento di molte ricerche per parte dei chimici e degli industriali. La soluzione di questo problema tornerebbe di grande vantaggio in molte industrie chimiche e metallurgiche. All'Esposizione di Parigi fu premiata con medaglia d'argento la Continental Oxygene Comp., la quale adottò il processo Brin, e mette oggidi in commercio l'ossigeno compresso in soluzione nell'acqua sotto il nome di acqua di ossigeno. Il processo Brin, quantunque non raggiunga lo scopo di produrre industrialmente l'ossigeno a buon mercato, pur tuttavia ha segnato un progresso. L'officina Brin, presso Parigi, può produrre 100 m. c. d'ossigeno al giorno, e per ogni chg. di barite si ottengono in ogni singola operazione da 50 a 60 litri d'ossigeno.

L'uso dell'acqua ossigenata va crescendo di anno in anno, ed a misura che il suo prezzo diminuisce, l'industria l'applica a nuovi usi. Non fu che verso il 1870 che gli industriali rivolsero l'attenzione sul gran potere decolorante dell'acqua ossigenata, messa in commercio dalla Casa Hopkin e Williams di Londra al prezzo di L. 12,50 il chilogr. Nel 1880 l'acqua ossigenata compariva sul mercato francese al prezzo ridotto di L. 3 il chilogr. e ciò in conseguenza della preparazione industriale a modico prezzo del biossido di bario anidro messo in commercio dalla Casa Haën di Hannover, e che, come è noto, è la materia prima per la produzione dell'acqua ossigenata. Nel 1887 Siegfried-Lustig propose un nuovo metodo per la preparazione dell'acqua ossigenata, e che consiste nel far agire l'amalgama di zinco sopra di una soluzione alcoolica d'acido solforico agitata in presenza d'aria.

Oggidi l'acqua ossigenata è adoperata come mezzo d'imbiancamento delle sete selvatiche, della lana (la quale così imbiancata più non ingiallisce), delle penne, dell'avorio, ecc. Diversi espositori presentarono sostanze imbiancate con tale reagente, il quale incomincia ad acquistare un'importanza industriale. Può impiegarsi in soluzione alcoolica per togliere le macchie di vino, di frutta, d'inchiostro, sulle stoffe bianche. Si raccomanda in tintoria come corrodente di alcuni colori.

Anidride carbonica. — L'anidride carbonica liquida, che or son pochi anni era una curiosità di laboratorio, oggidi si produce a basso prezzo in grande quantità ed è utilizzata in molte industrie.

In Francia presso Hermes, a Louvain nel Belgio ed a Berlino l'anidride carbonica liquida è messa in commercio al prezzo di circa 3 lire il chg. in bottiglie di ferro resistenti a 250 atmosfere.

È noto che l'anidride carbonica liquida quando perde lo stato gassoso trasformasi parzialmente in solida e che un pezzo di anidride carbonica solida convenientemente compressa non manifesta perdite sensibili dopo nove ore di esposizione all'aria.

L'anidride carbonica liquida serve alla produzione artificiale del ghiaccio; venne utilizzata fin dal 1881 nell'officina Krupp la pressione che essa esercita nel passare dallo stato liquido al gassoso per comprimere l'acciaio mentre si raffredda. Anche M. Arthur a Beradorff presso Vienna adoperava tale mezzo per la produzione delle ghise compatte. La forte tensione dell'anidride carbonica liquida, che a 50 gradi è di circa 100 atmosfere, permette di poterla utilizzare come forza motrice. La città di Berlino si serve di pompe per l'estinzione degli incendi che sono mosse dall'anidride carbonica durante il tempo necessario alla messa in pressione della caldaia a vapore.

Anidride solforosa liquida. — L'officina di Anthy della Compagnie industrielle des produits Raoul Pictet, produce annualmente 50 tonnellate di anidride solforosa liquida e la esporta in tutti i paesi, anche i più caldi (la tensione del vapore di anidride solforosa non essendo che di 5 atmosfere a 35 gradi sopra zero).

È adoperata come mezzo di disinfezione dei locali, nell'imbiancamento delle fibre di lana e seta, per la estinzione degli incendi nelle canne dei camini. Se ne fa grande uso nella fabbricazione del ghiaccio e per la produzione del freddo in molte e svariatissime industrie.

Poetsch utilizzò la produzione industriale del freddo a facilitare la costruzione di pozzi in terreni acquitrinosi, congelando il terreno, e Lindmark applicò lo stesso principio nel 1885 per costruire una galleria che riunisce due quartieri di Stoccolma; il che prova l'importanza che può anche acquistare la produzione artificiale del freddo (con anidride solforosa o con altri metodi) nell'arte dell'Ingegneria.

Utilizzazione dei ritagli di latta. — Numerosi i metodi proposti per ottenere separati lo stagno e il ferro dai ritagli di latta. Il solo metodo di Higgin di Manchester, proposto fin dal 1854, e che consiste nel disciogliere lo stagno coll'acido cloridrico e nitrico, precipitandolo allo stato di ossido colla calce od allo stato di polvere metallica trattando la soluzione stessa con zinco metallico, ebbe successo industriale, introdotto in molte officine in Inghilterra, in Austria ed in America.

Il sig. Alfredo Lambotte mise in pratica un nuovo processo ed espose a Parigi una serie di prodotti, specialmente per uso di tintoria, ottenuti col suo processo, il quale sarebbe basato sull'impiego del cloro e dell'acido cloridrico gassoso mescolati con aria od altro gas inerte, e col quale si riuscirebbe a rimediare all'inconveniente di non poter arrestare l'operazione a tempo, limitando l'azione al solo stagno, ed impedendo la formazione del cloruro di ferro.

Industrie di chimica agraria. — L'industria dei fosfati impiegati nell'agricoltura ebbe grande sviluppo per la constatata loro utilità e la crescente ricerca. All'Esposizione di Parigi non si rilevarono progressi relativi ai processi di fabbricazione dei perfosfati e fosfati precipitati, bensì risultarono utilizzati nuovi materiali, e materiali poveri, dapprima non utilizzati. Si ricorse perciò alla polverizzazione delle scorie fosfate e scorie di defosforazione; ed all'arricchimento di fosfati poveri trattandoli con bisolfito di calcio secondo un brevetto recentemente preso dalla Ditta Solvay che ha stabilimento nel Belgio ed in Francia.

Anche l'industria del bitartrato di potassio ed acido tartarico ha molta importanza per l'agricoltura, e potrebbe svilupparsi considerevolmente in Italia con una migliore utilizzazione dei residui della fabbricazione e conservazione del vino, e se i prodotti greggi fossero lavorati anziché esportati.

Nell'industria del bitartrato di potassio si introdusse in questi ultimi tempi la preliminare arrostitura a 170° circa della materia prima, alla quale temperatura molte impurità si trasformano e diventano insolubili nell'acqua, e per tal modo riesce più facile la raffinazione del bitartrato greggio e la preparazione dell'acido tartarico.

L'acido tartarico si fabbricò fino a questi ultimi tempi mediante la decomposizione con acido solforico del tartrato di calcio, preparato coi noti metodi di Scheele modificati da Lowitz o di Kestner.

La Ditta Mante Legré e C. di Marsiglia presentò all'Esposizione di Parigi dell'acido tartarico preparato col metodo di Gladysz, la cui importanza risiede non solo nella preparazione del tartrato di calce e del bitartrato di potassio contenuto nelle diverse materie greggie, mediante l'uso dell'acido solforoso applicato in modo da ricuperarne l'85 per cento, ma eziandio nel poter avere allo stato di idrato il 90 per cento della potassa che si trova sotto forma di bitartrato, quando il medesimo si trasforma in tartrato di calce. I risultati di questo processo sembrano assai soddisfacenti, e se la pratica li confermerà, il processo di Gladysz avrà certamente molta importanza per il nostro paese.

Abbiamo creduto di estenderci alquanto sui progressi di alcune industrie chimiche, perchè ai lettori sia manifesta l'importanza per gli ingegneri di seguire lo sviluppo e la storia della chimica industriale. « La riuscita dei metodi della preparazione del cloro col metodo Pechiney (dice in vero il prof. Rotondi) e della soda col processo Solvay, confermano ciò che il Muspratt ebbe a dire in una conferenza tenuta or sono alcuni anni alla Società d'industrie chimiche di Londra, e che cioè i progressi della chimica industriale hanno preso la forma di progressi nell'arte dell'ingegneria. Il processo dell'ammoniaca ideato da Dyar e Hemming nel 1837, chimicamente perfetto, non si potè utilmente impiegare per l'imperfezione degli apparecchi, e il merito di Solvay consiste nell'aver sormontate difficoltà nell'ordine dell'arte dell'ingegnere. Il processo di Pechiney per la preparazione del cloro ed acido cloridrico deve la sua quasi certa riuscita industriale alla perfezione degli apparecchi adoperati. A tale riguardo recentemente (1888) il Presidente della Società chimica industriale di Londra ebbe a confermare nel seguente modo quanto il Muspratt ebbe a dire anni sono: *Nell'industria chimica bisogna aggiungere ad una grande abilità nella chimica pura la conoscenza della fisica e possedere una capacità di ingegneria del più alto ordine, se si vuol far camminare la chimica industriale nella via del progresso.* Di queste verità dovrebbero convincersi gli industriali italiani, molti fra i quali, anziché fornirsi di personale capace ed intelligente, preferiscono abbandonare la propria industria a pratici empirici, i quali, oltre non farla progredire, applicano in modo imperfetto ed empirico anche i metodi già noti ».

G. SACHERI.

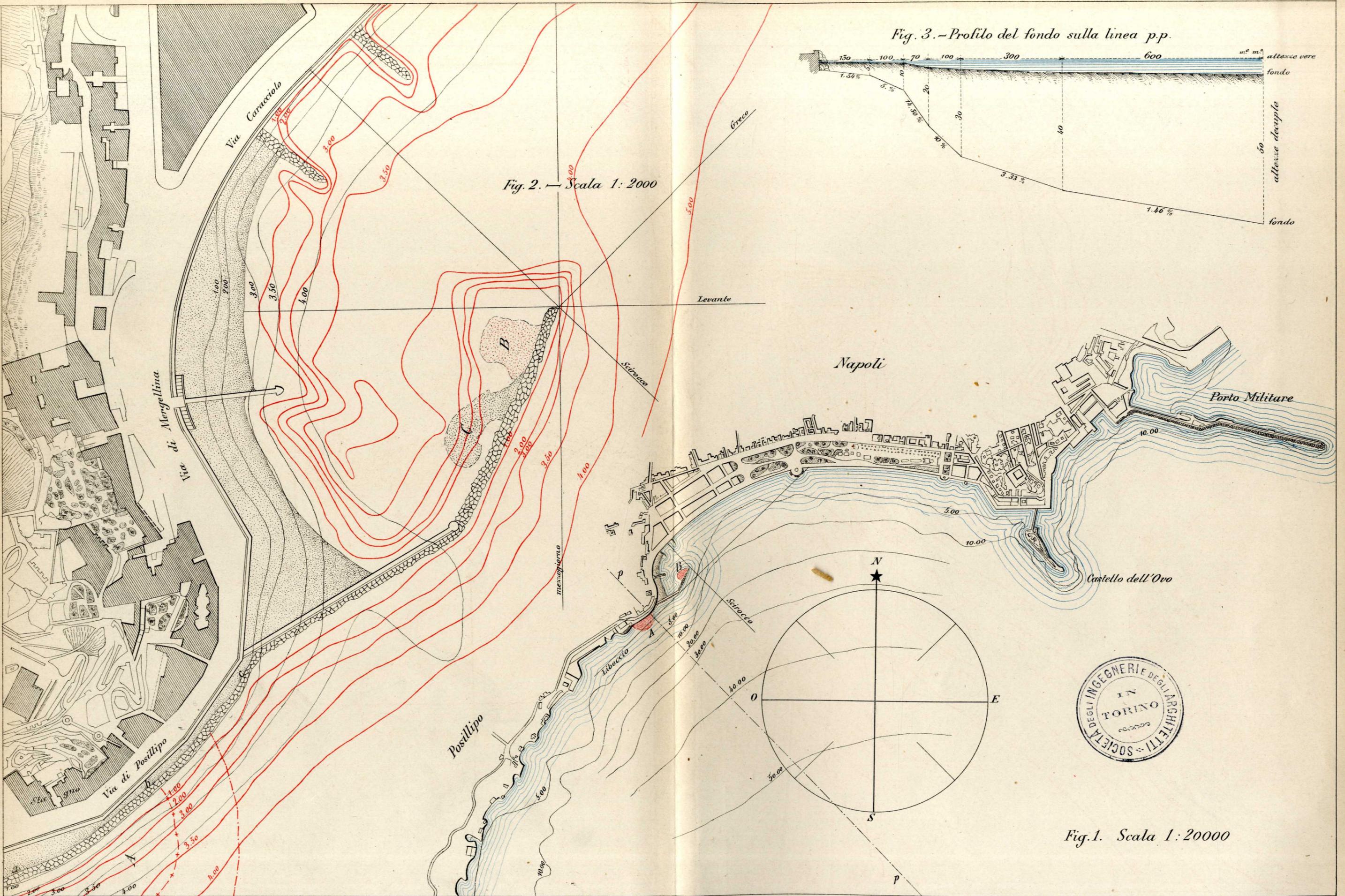


Fig. 2. — Scala 1:2000

Fig. 3. — Profilo del fondo sulla linea p.p.

Fig. 1. Scala 1:20000

