

E S P E R I E N Z E

SUL DISPENDIO D'ACQUA DE' TUBI E DE' CANALI
RETTILINEI E TORTUOSI

DEL SIG. PAOLO DELANGES

Ricevute il dì 6 Giugno 1806.

Nel tomo XVII parte II dell' opera intitolata *Biblioteca Fisica dell' Europa*, che si compilava in Pavia, in una mia lettera diretta al Chiarissimo nostro Socio il Signor Brugnatelli, avvisai aver io intrapresi parecchi sperimenti idraulici l' anno 1790 in Padova, riservandomene la pubblicazione a tempo opportuno. L' anno 1791 pubblicai nel tomo XV degli *Opuscoli scelti* in Milano quelle sperienze, ch' io feci per conoscere la legge della pressione dell' acqua in movimento, in una mia Memoria che denominai *Sperienze Idraulico-Statiche*, dalle quali dedussi singolarmente i seguenti canoni, cioè 1^o: che la pressione idrostatica sulle pareti de' tubi rettilinei e d' uniforme sezione, a' quali somministrata venga l' acqua da inalterabile Conserva, si diminuisce, sieno orizzontali o inclinati, quanto più libero è lo scarico all' estrema bocca loro, fenomeno che comincia a comparire soltanto dall' essere il foro la quinta parte dell' area della stessa bocca, dimostrando che se non è sostenibile a tutto rigore la teoria Bernoulliana sul soggetto, gli sperimenti però fatti dal Bernoulli e dal Signor Abbate Bossut su soli tubi orizzontali, eccettuando quelli ne' quali per la picciolezza de' diametri de' fori rispettivamente a quelli de' tubi, avea influenza il fenomeno pneumatico de' tubi capillari, portano alla stessa conclusione. 11^o: che ne' canali rettilinei artefatti alimentati da costante Conserva, come s' è detto de' tubi, non s' altera la pressione idrostatica se sono orizzontali, e sia parallela al fondo la superficie dell' acqua, che per essi trascorre con qualsivoglia grado di velo-

ci-

cità, e se sono inclinati, si diminuisce, quanto più è libera, mercè l'inclinazione del loro fondo, la naturale sua gravità. III°: e che per ultimo la pressione idrostatica contro le parti d'un vase, mantenuta l'acqua in esso a costante altezza, principia a diminuirsi, avendo l'area dell'orifizio fatto in centro del fondo allo stesso fondo la ragione di 1 a 14, e sulle particelle che si presentano al foro avendo esso al fondo la ragione di 1 a 72. La seconda e la terza massima da' miei sperimenti raccolte, concorrono a confermare la teoria può dirsi immaginata dal Signor Bernard (*Nouveaux principes d'Hyd. &c. pag. 62*), che il valore cioè della pressione idrostatica esercitata però, a differenza de' solidi, per ogni senso dall'acqua in movimento, nell'enunciate circostanze dipender debba dallo stato più o meno impedito della sua gravità. Imprendo ora pertanto l'esposizione di quelle esperienze, che hanno bensì relazione alle suddette, ma che ho eseguite col fine di scoprire la maggior' o minore facilità che incontra l'acqua nello scaricarsi per tubi e canali rettilinei, in paragone de' tortuosi e curvilinei, alimentati sì gli uni che gli altri da costante Conserva; nè mi rimarrà in adempimento del dovere impostomi fino dall'anno 1790, che di estendere quelle, dalle quali possono determinarsi de' canoni e delle massime utili nelle pratiche per correggere il viziato e disordinato sistema d'un fiume.

S P E R I E N Z E

Sul dispendio d'acqua per tubi rettilinei e tortuosi.

La Conserva sodamente sostenuta a convenevole altezza dal piano soggetto era un cilindro di stagno alto poll. 14., e del diametro di pollici 8. In centro del suo fondo, e lateralmente ad esso erano saldate due piastrette di rame perforate a chiocciola; onde poter innestare ad esse de' tubi di latta se diritti, e di stagno se tortuosi, forniti all'estremità con cui si congiungevano ne' detti fori alla Conserva, di pezzi cilindrici pure di rame, col corrispondente verme che sorgeva intorno alla loro superficie
ester-

esterna, in guisa, che dalla superficie interna della Conserva effluiva l'acqua per detti tubi uniformemente per la luce circolare di linee 4 di diametro, ch'era pure il diametro loro. Mantenuta l'acqua nella Conserva all'altezza di poll. 11. equivalenti prossimamente a poll. 12, o all'antico piede di Parigi, dal centro dell'orifizio nel fondo, al qual fine non solo cadeva l'acqua superflua per aperture fatte sulla sua sponda al detto livello, ma poteva aumentarsi o diminuirsi il getto che placidamente ve la versava, ho raccolte le quantità d'acqua sgorgate nel tempo costante di 72" dai qui descritti tubi annessati al detto orifizio in direzione verticale.

1.° Da un tubo rettilineo lungo poll. 24 sgorgarono poll. cub. d'acqua	„ 790
2.° Da un tubo rettilineo lungo poll. 5	„ 756
3.° Da un tubo tortuoso, che essendo rettilineo per due pollici alle due estremità, comprendeva quattro svolte curvilinee e dolci, sicchè lungesse riuscì lungo poll. 32 nella lunghezza per linea retta di poll. 24	„ 720
4.° Da un tubo rettilineo alle estremità come sopra, ma composto di cinque tronchi rettilinei, e perpendicolari l'uno all'altro, lungo, seguendo i tronchi medesimi, poll. 30 $\frac{1}{2}$ e per linea retta poll. 24	„ 504

Chiusa la luce del fondo ho eseguiti i successivi sperimenti colla laterale, mantenendo sempre sopra il suo centro l'acqua alta poll. 11, e non cambiando il tempo di 72", e collocando i tubi o rettilinei o tortuosi in un piano inclinato $\frac{3}{4}$ poll. nella lunghezza di poll. 24

5.° Tubo retto lungo poll. 24	„ 468
6.° Tubo retto lungo poll. 5	„ 576
7.° Tubo retto lungo poll. 1	„ 720
8.° Tubo tortuoso n.° 3	„ 360
9.° Tubo tortuoso n.° 4	„ 252

Ripetendo le seconde sperienze coll'inserire le estremità de' tubi in una vaschetta circolare di piedi 2 $\frac{1}{4}$ di diametro, onde lo scarico non fosse così libero come prima, sonosi nullame-

no raccolte le stesse quantità d' acqua . La vasca avea tre aperture a livello delle bocche de' tubi per iscaricare l' acqua sopravveniente .

Considerazioni .

Avendo nell' usata Conserva l' area dell' orifizio a quella del fondo la ragione di 1 a 576 di gran lunga minore di 1 a 72, la pressione idrostatica esercitavasi non solo sulle sponde e sul fondo , ma eziandio sulla stessa colonna fluida soprastante il foro , come se l' acqua in essa fosse rattenuta in quiete . Il Signor Abate Bossut determinò sulla base di replicati sperimenti , che in un vase, mantenuto costantemente pieno , ed in cui l' orifizio sia piccolissimo relativamente all' area del fondo , il dispendio per un tubo addizionale , ed il dispendio per l' orifizio scolpito in sottilissima lamina sono tra se presso a poco come i numeri 13 , 10 . Benchè questo pratico canone , dopo gli esposti sperimenti non possa riguardarsi generale , dipendendo la quantità dell' efflusso in un tubo addizionale dalla sua lunghezza e dalla sua posizione , con tutto ciò prendendo per modulo la quantità d' acqua sgorgata dal massimo sperimentato tra i tubi addizionali verticali (Sp. 1), ne verrebbe che le quantità d' acqua ne' due anzidetti casi somministrate dalla stessa Conserva , sarebbero 790, e 603 nel tempo costante di 72" . L' illustre March. Poleni fu il primo ad osservare che l' efflusso de' vasi cambia di sistema dall' essere al non esser armati i lumi di tubi cilindrici o conici (*Tract. de Castellis*). In seguito Mariotte confermò lo stesso , accuratamente sperimentando , e trovò che i tubi addizionali al fondo de' vasi aumentano lo scolo dell' acqua , ed il Sig. Ab. Bossut sperimentò pure , colla nota sua sagacità , che il tubo addizionale conico dà più acqua del cilindrico . Ma rivolgendo ora l' attenzione sopra i risultati de' quattro primi sperimenti , che mirano appunto a conoscere l' effetto de' tubi addizionali all' orifizio nel fondo d' una Conserva , si deduce 1^o: dall' essere 603 la quantità dello scolo dell' orifizio in lamina , come s' è poco fa calcolato ,

to, 756 quella del tubo addizionale cilindrico lungo poll. 5, e 790 quella del tubo lungo poll. 24, che crescendo in lunghezza il tubo cilindrico addizionale, cresce eziandio il dispendio della Conserva; I^o: e che essendo le quantità 720, 504 sgorgate da' tubi tortuosi, quantunque di maggior lunghezza del tubo cilindrico di poll. 24, minori della quantità 790 dallo stesso scaricata; risulta che i tubi addizionali tortuosi ritardano lo scolo della Conserva, e molto più lo ritardano, quanto più le tortuosità sono acute, giacchè ne' tubi posti al cimento non poteva altra condizione influire, essendo presso a poco di lunghezza eguale. Quanto poi a' tubi addizionali alla luce laterale della Conserva, si osserva; I^o: che ne' tubi rettilinei cilindrici si diminuisce il dispendio crescendo in lunghezza, come dimostrano gli sperimenti 5.° 6.° 7.°, all' opposto di ciò che accade quando sono congiunti al fondo della Conserva; II^o: e che ne' tortuosi si diminuisce bensì rispetto a' tubi rettilinei, ma scaricano assai minor quantità d'acqua, che nel caso predetto, come si conosce confrontando gli sperimenti 8.° 9.° con i 4.° e 5.°. Io convengo col Signor Bernard che ne' fenomeni de' tubi addizionali debba influire l'aderenza dell'acqua lungo le superficie lisce che le si presentano alla sua uscita da' fori della Conserva, mercè cui dee diminuirsi il ritardo causato dalla cognita restrizione della vena, ma non mi sembra generalmente sostenibile che debbano i tubi essere sempre corti per dare un maggior dispendio, per la ragione, che come egli dice „ sans cette attention le frottement de l'eau „ contre les parois diminuerait sa vitesse et par conséquent la „ dépense du réservoir „ (*Op. cit. pag. 24*). Se le riferite esperienze comprovano tale asserzione per i tubi addizionali alla luce laterale della Conserva, non la confermano per gli addizionali a quella del suo fondo; risultando da esse che minor quantità d'acqua somministrano i più corti tubi in direzione verticale, e quantità maggiore nell'orizzontale, come dedusse pure il Signor Ab. Bossut da' suoi sperimenti sul soggetto, onde definire le massime intorno alla pratica de' tubi di condotta, argomento su cui già erano state fatte primieramente delle sperien-

ze in grande dal Signor Couplet (*Mem. de l' Acad. des Scien. ann. 1732*).

S P E R I E N Z E

Sul dispendio d' acqua per canali rettilinei e tortuosi.

Mantenendo l' acqua alta nella Conserva alla solita altezza di poll. 11. sopra il centro della luce laterale e ad essa annessando come nelle antecedenti sperienze i seguenti canali costruiti di latta i rettilinei , e di stagno i tortuosi , e de' quali il fondo era inclinato $\frac{1}{4}$ poll. in 24 di lunghezza , ho misurate le quantità d' acqua da essi sgorgate nel tempo di 72" , ed ho osservati i qui sotto descritti fenomeni .

10.^o Canaletto lungo poll. 24 , largo lin. 3 , diritto e con sponde perpendicolari al fondo alte linee 8
Poll. cub. d' acqua „ 648

L' altezza dell' acqua in esso corrente si compose alta lin. 5 alla distanza d' un poll. circa dall' orifizio , e verso lo sbocco lin. 9 nel mezzo , restando ivi appena racchiusa lungo le sponde .

11.^o Lo stesso canale, riducendo nella Conserva alta l' acqua poll. 3, e col lasciar scolare l' acqua superflua per un' apertura laterale a detta altezza „ 360

Crebbe d' altezza l' acqua corrente in esso , e verso lo sbocco si espandeva dalle sponde .

12.^o Canale largo ed alto come l' antecedente , e lungo la terza parte di esso cioè poll. 8 ; rimettendo l' acqua all' altezza prima nella Conserva „ 648

Si mantenne l' acqua più depressa , che nell' esperimento 10.^o rialzandosi però procedendo verso lo sbocco .

13.^o Canale lungo la sesta parte, cioè poll. 4 . . „ 648
L' acqua si è elevata meno che nell' antecedente , ma si rialzò nullaostante gradatamente fino allo sbocco .

14.^o Canale rettilineo lungo poll. 24 con sponde alte linee 8 perpendicolari al fondo , e largo lin. 6 vicino all' orifizio , e

lin. 10 all' altra sua estremità ,, 648
 Correva l'acqua per esso più bassa che nell' esperimento 10.^o
 e senza rigonfiarsi nemmeno verso lo sbocco .

15.^o Canale lungo e con sponde alte come sopra , ma largo
 uniformemente poll. $2\frac{1}{2}$,, 756

Dall' entrata in esso del getto vicina alla superficie esterna
 della Conserva fino alla metà circa della lunghezza del Canale ,
 l'acqua vi correva sempre , bensì in grado minore , con movi-
 mento tumultuoso , ed in seguito regolarmente , componendosi ,
 per quanto apparve al senso , colla superficie parallela al fondo ,
 all' altezza di lin. $2\frac{1}{2}$.

16.^o Canale tortuoso e lungo come il descritto (sp.^o 3.^o) ,
 largo nel fondo lin. 3 e con sponde ad esso perpendicolari alte
 poll. $2\frac{1}{2}$,, 720

Correva l'acqua in esso con la superficie divergente ed a
 vicenda convergente al fondo da un vertice all' altro delle due
 svolte vicine all' uscita del getto , e ciò più sensibilmente nella
 prima che nella seconda , ed in seguito si compose convergente
 al fondo all' altezza di poll. uno allo sbocco ; riuscendo però con-
 vergente al fondo anche la totale pendenza superficiale .

17.^o Eseguito lo stesso sperimento tenendo l'acqua alta nel-
 la Conserva poll. 3 ,, 414
 Nacquero fenomeni consimili .

18.^o Canale a tronchi rettilinei perpendicolari l' uno all' al-
 tro come l' accennato (sp.^o 4.^o) .

Quantunque avesse le sponde alte come l' antecedente , e si
 mantenesse nella Conserva alta l'acqua poll. 3 , la espandeva
 per ogni dove pel forte rigurgito a cui soggiaceva nel passare
 da un tronco all' altro , in paragone di quello che sofferiva nel
 canale tortuoso a svolte o flessioni curvilinee .

Considerazioni .

Variando soltanto l' altezza dell' acqua nella Conserva , li
 due sperimenti 10.^o ed 11.^o conducono a conchiudere , che nello
 stes-

stesso Canale s' aumenti la resistenza che incontra l'acqua lunghesso entrandovi con minore velocità, non potendo contenere il getto spinto dall' altezza di poll. 3; mentre conteneva quello spinto dall' altezza di poll. 11. Le quantità però d' acqua scaricate nello stesso tempo dallo stesso Canale sono prossimamente proporzionali alle radici delle sue altezze nella Conserva, come lo sono pure riguardo a' canali tortuosi (sp. 16.^o e 17.^o). Li tre sperimenti 10.^o 11.^o e 13.^o ne' quali non varia che la lunghezza de' canali congiunti alla luce laterale della Conserva, dimostrano che viene compensata la resistenza che incontra in essi l'acqua corrente col gradatamente inalzarsi e comporre la sua superficie divergente dal fondo, nè si diminuisce in tal guisa di quantità l' efflusso loro, mentre aumentasi in pari circostanze ne' tubi addizionali più corti (sp. 5.^o 6.^o 7.^o). A confermare ciò che s' è detto, concorre l' esperimento 14.^o in cui per la maggior larghezza del canale scomparve il rigonfiamento verso lo sbocco, osservato specialmente nell' esperimento 10.^o, sgorgando nullameno la stessa quantità d' acqua. L' esperimento poi 15.^o, in cui il canale era lungo come ne' 14.^o e 10.^o, ma molto più largo, dimostra che per la maggior larghezza si diminuisce la resistenza, che incontra l'acqua in essi, sì per comporre la sua superficie presso che parallela al fondo, che per aver somministrata maggior quantità d' acqua nello stesso tempo. Può ancora dallo stesso sperimento conghietturarsi, che in tali canali consista la resistenza che incontra l' acqua corrente per essi, nell' aderenza de' filamenti acquei contigui alle sponde, cui col crescere di larghezza il canale, diventa meno comunicabile a' filamenti intermedj. In fine dall' esperimento 16.^o si raccoglie che il canale tortuoso annesso alla luce laterale della Conserva in rispetto del canale dritto della stessa lunghezza rettilinea usato nell' esperimento 10.^o, è vantaggioso piuttosto che nocivo all' efflusso; all' opposto di ciò che accade annessando alla detta luce de' tubi tortuosi e dritti (sp. 5.^o e 8.^o): fenomeno sorprendente, ma che a mio parere può chiaramente spiegarsi. Correndo l' acqua ne' canali non rinchiusa da ogni lato, come ne' tubi, le resistenze che incontra ne' primi

vengono appunto compensate e vinte, per così dire, dallo stesso effetto di esse, ch'è quello di costringerla a rigonfiarsi ed acquistare colla maggiore altezza la velocità che necessariamente dee perdere ne' secondi, cioè ne' tubi, ne' quali portandosi il rigurgito causato dalle resistenze fino alla superficie dell'acqua nella Conserva, viene da essa perciò espanto il di più che non può per essi effluire. Essendo poi maggiori le resistenze che soffre l'acqua nel Canale tortuoso, di quelle che soffre nel rettilineo, ed in conseguenza maggiore il rigonfiamento di essa nel primo, a segno tale che le stesse svolte la costringono a comporsi colla superficie convergente al fondo e non divergente come nel secondo, ne avviene che maggior sia il dispendio del canale tortuoso, di quello del canale rettilineo, e che inversamente accada riguardo a' tubi. Dalle fatte considerazioni, senza badare alle altre che potrebbero farsi sulle riferite sperienze, risulta pertanto, ch'è, come dissi da principio lo scopo principale di questa mia Memoria, essere ben differente il sistema dello scolo de' tubi addizionali da quello de' canali, pure adattati alla stessa luce laterale d'una Conserva, e che s'incorrerebbe in gravissimi errori, confondendosi o volendosi applicare i canoni, o le teorie che convenissero all'efflusso de' primi, a quello de' secondi egualmente. Mi lusingo inoltre che i fenomeni presentati dalle stesse sperienze sull'efflusso de' canali debbano eccitare, chi fosse provveduto de' mezzi, ad eseguirne in maggior numero e con maggiori dimensioni, coll'importante vista di confermare le leggi del sistema dell'acqua corrente ne' canali d'erogazione, somministrata ad essi da' recipienti, come da perenne Conserva, e pervenire anzi coll'introdurre, mediante conveniente apparecchio in canali rettilinei e tortuosi, una costante quantità d'acqua, ad iscoprire e decidere i fondamentali principj dell'Idraulica, da' quali dipende l'utile regolamento de' canali e fiumi naturali, sostenuti da Galileo nella celebre sua lettera sul fiume Bisenzio.

CON-