

superficie del Mare a qualche segnale immobile vi hanno ritrovata una successiva diminuzione di altezza: come, che molte punte, donde una volta pescavano i cani marini, siano presentemente per la maggiore altezza fuori della portata della pesca: che molti scogli, dove una volta si rompevano le navi, si possano ora distinguere facilmente: e soprattutto che i segnali altre volte fissati per notare il livello medio delle acque, vi restino adesso più alti notabilmente.

La successiva diminuzione del volume, e le altre ipotesi addotte da alcuni per spiegare il successivo abbassamento del Baltico, non si accordano coll'alzamento di tutto il Mediterraneo, come le ipotesi addotte in Italia per questo fenomeno sono smentite interamente dall'altro. Siccome adunque i Mari, che comunicano insieme liberamente, devono insieme ridursi all'equilibrio, e i due stretti di Gibilterra, e del Sund sono tanto ampi da non poter dubitare della libera comunicazione del Mediterraneo, e del Baltico coll'Oceano; restava ancora da ricercarsi la ragion fisica, per cui la superficie media dell'equilibrio si vada continuamente abbassando verso la Svezia, non abbia variazione alcuna intorno all'Olanda, e per lo contrario si rialzi nei luoghi più vicini all'Equatore. Nel Cap. I. del Lib. IV. della Par. II. della Cosmografia ho prodotto una nuova ipotesi, che potrebbe soddisfare unitamente a tutti questi fenomeni: cioè che tra tutte le variazioni del nostro globo non ve n'è alcuna, che porti qualche ritardo, e ve ne sono molte, che porterebbero qualche accelerazione del moto diurno, come la caduta, e l'abbassamento di molti corpi al centro della terra: che l'accrescimento della forza centrifuga porterebbe una maggiore elevazione dei Mari più vicini all'Equatore, ed uno schiacciamento maggiore di tutti gli altri in maggiore vicinanza dei poli: e che l'abbassamento da una parte, e l'alzamento dei Mari dall'altra può essere sensibile, senza che sia però sensibile la variazione, che dal moto diurno risulterebbe nella durata dell'anno tropico.

DELL'

DELL' ARCHITETTURA DE' FIUMI, E DE' TORRENTI LIBRO SETTIMO.

CAPO PRIMO.

Delle nuove inalveazioni dei Fiumi.



Acito nel primo libro de' suoi Annali riferisce, che essendosi proposta nel Senato Romano la diversione degl' influenti principali dal Tevere, benchè l'urgenza di rimediare alle troppo frequenti inondazioni della Città capitale del Mondo potesse rendere più plausibile quel progetto; ciò non ostante, sentiti i ricorsi delle Provincie interessate, prevalse a tutti il parere di Pisone, che disapprovò qualunque innovazione, con dire che la natura assai meglio dell' arte avea saputo assegnare ai Fiumi, come l'origine, e il corso, così ancora i confini, e i termini più convenienti. Il Guglielmini, ed il Grandi citarono questo passo di Tacito: il primo progettando di regolare il corso del Reno, e delle altre acque del Bolognese nella parte inferiore della campagna, più tosto che di deviarle per altre linee superiori, e farne una nuova inalveazione al piede delle montagne: il secondo disapprovando una nuova terminazione proposta nell' Era, e preferendo il progetto di rassettare, e fortificare l'alveo vecchio di quel torrente al progetto di un alveo nuovo. Anche il Viviani nella terminazione, che fece della Sieve, seguì quanto potè, i confini del letto antico delle acque: e così pure nella terminazione del Bisenzio non giudicò di portarvi alcun altro cambiamento di letto, che d'una semplice rettificazione in un luogo, dove prima formavasi un seno lungo, e tortuoso.

Potrei

Potrei addurre molti altri esempj di celebri Matematici, che risguardarono come una massima fondamentale quella di rassettare gli alvei vecchj dei Fiumi, raddrizzarli, rinfiancarli, e regolarli, prima d'immaginarne dei nuovi, e riferbarono le nuove inalveazioni folamente per qualche caso straordinario, ed estremo. Ma qui non fa bisogno di alcuna autorità. Le nuove inalveazioni dei Fiumi, oltre alle più gravi spese, portano ancora delle variazioni sostanziali in tutto il sistema delle campagne. Il trasferire gl' inconvenienti ordinarij delle acque da un luogo, che prima ne aveva la servitù, ad un altro, che n'era immune, porta seco come una specie di poca equità, che non può essere giustificata se non nel caso che il pubblico interesse assolutamente lo esiga. E poi dappertutto, dove vi sono Fiumi, vi sono sempre danti, e disordini. Negli alvei vecchj dei Fiumi una lunga esperienza dà luogo di prevedere gl' inconvenienti, che ordinariamente possono occorrere, ci accostuma molte volte a soffrirli, e suggerisce sempre qualche maniera di ripararli. Negli alvei nuovi non si prevedono mai bastantemente gli accidenti di più grande importanza: anche le minori disgrazie danno adito ai maggiori clamori: e non conviene mai di mutare il sistema dei pubblici regolamenti se non vi è qualche sicurezza di migliorarlo notabilmente. Adunque ogni prudenza vuole che prima di accingersi ad una nuova inalveazione di qualche Fiume si tentino tutt' i ripieghi di regolare, e accomodar l'alveo vecchio, e che l'impresa di un alveo nuovo si riservi per qualche caso straordinario, ed estremo.

Quando si creda arrivato appunto un tal caso bisogna incominciare da una generale livellazione di tutta la campagna, dal luogo dove ha da farsi la deviazione delle acque fino al luogo dove devono esse condursi: bisogna esaminare la diversa qualità dei terreni, per cui hanno a passare: bisogna avere sott'occhio, e la pianta, e il profilo di tutt' i piani. E nel progresso della livellazione non basta già di rilevare le differenze delle altezze de' punti estremi. Bisogna
in

in oltre osservare con quale proporzione, e di quanto si diminuisca il declive della campagna in tutto il tratto intermedio. E in ciò possono occorrere due differenti, e opposti casi: che i terreni inferiori abbiano una declività o minore, o maggiore di quella che converrebbe al corpo delle acque unite. Nel primo caso converrebbe portare il nuovo alveo sotto il piano della campagna con una proporzionata escavazione: la campagna istessa vi potrebbe mandare più facilmente, e più copiosamente i suoi scoli: ma se vi fossero degl' influenti più elevati di fondo bisognerebbe assicurarne lo sbocco con una chiusa. Nel secondo caso bisognerebbe sostenere il nuovo Fiume cogli argini al disopra del piano della campagna: converrebbe farvi passare al disotto con una botte sotterranea gli scoli, che non vi avessero caduta bastante: e gl' influenti torbidi, che vi restassero inferiori di piano, porterebbero un impegno maggiore per avere uno scarico libero, e continuato. E in un caso, e nell'altro il profilo dei piani della campagna, e la delineazione delle cadenti, e di tutte le gradazioni, che potrebbero convenire al nuovo alveo indicherebbero bastantemente, e la profondità dell'escavazione da farsi, e l'altezza delle chiuse, e degli argini, e le provvidenze da prendersi per tutti gl' influenti piccoli, e grossi.

Ma intorno alla delineazione precisa delle cadenti bisognerebbe nuovamente distinguere due altri casi: o che si trattasse di deviare di corso un solo Fiume: o che convenisse di rivolgervi dentro dei nuovi influenti. Nel primo caso la considerazione dell'alveo vecchio suggerirebbe tutte le dimensioni del nuovo: e quando se ne venisse ad abbreviare la linea, e ad accrescerne la caduta, indipendentemente dalle difficoltà dell'esecuzione, se ne potrebbe pronosticare con maggiore sicurezza un buon esito. Nel secondo caso se gl' influenti non avessero da portare delle materie più grosse, nè in una copia maggiore di quelle del recipiente, la semplice delineazione delle cadenti di tutto il fondo del nuovo alveo non farebbe la parte più incerta, e più difficile di tutta l'opera. Mentre secondo ciò
che

che si è detto nel Cap. VI. del libro antecedente basterebbe calcolare i corpi d'acqua da unirsi insieme, osservare quale pendenza potesse convenire a quel corpo, che si avrebbe da riguardare come il primo recipiente, e diminuire i seni delle pendenze successive del fondo in ragione delle quantità d'acqua accresciute. Il Guglielmini nel Cap. XIV. trattando appunto delle nuove inalveazioni dei Fiumi disse, che ancora mancava il metodo di delineare le cadenti del fondo dei Fiumi in ogni possibile circostanza, e che nessuno non aveva neppure tentato questo difficile problema. Ed io pure sono ben lontano dal riguardare come generalmente sciolto il problema per ogni circostanza possibile. Ciò non ostante nella circostanza particolare, che gl' influenti non portino delle materie più grosse di quelle del recipiente, e che colla forza accresciuta del corpo d'acqua si debba in qualche maniera diminuire gradatamente la pendenza del fondo; credo che gli esempj pratici del Reno, e della Samoggia, della Samoggia, e del Lavino somministrino un fondamento bastante per regolare tutta la diminuzione prossimamente nella ragione indicata.

Il Guglielmini nel capo sopraccitato incominciando dal caso che i Fiumi da unirsi insieme in un solo letto vi doveessero tutti portare delle materie omogenee, come per esempio le arene, riguardò come sicuro l'esito della nuova inalveazione, quando potesse averfi nel recipiente caduta, e forza bastante per non lasciarvi delle deposizioni, e quando la situazione della campagna fosse concorsa a mantenerlo incassato. Riguardò ancora come più semplice, e più facile il caso che i Fiumi superiori portassero materie più pesanti degl' inferiori, come per esempio se il Fiume principale portasse ghiaja grossa, il primo influente più piccola, e più piccola ancora il secondo, e così successivamente fino agli ultimi influenti, che portassero arena, o terra. E finalmente considerò come ardua, e dubbiosa per ogni parte l'impresa d'inalveare degl' influenti, che doveessero portare materie più pesanti di quelle del Fiume principale al luogo dell'interse-

ca-

cazione. Disse che ciò non potrebbe praticare accertatamente se non nel caso, che vi fosse stata caduta esorbitante, e considerabile altezza del piano della campagna. Aggiunse ancora che manca una regola certa per fare delle operazioni di questo genere, e che il solo metodo, che potrebbe dar qualche lume in un'impresa così ardua, sarebbe quello di considerare l'inalveazione come se si avesse da incominciare dall'ultimo influente venendo all'insù, e vedere cosa dovrebbe riuscire, e poi passare alla considerazione del secondo, del terzo, e di tutti gli altri successivamente, e quando vi sia speranza di buona riuscita, eseguire effettivamente l'inalveazione dell'ultimo, e quando poi il successo corrisponda a ciò, ch'erasi figurato, passare all'inalveazione del secondo.

Ma ancora nel caso, che gl' influenti inferiori portassero nel recipiente delle materie più sottili, il progetto di un nuovo alveo presenterebbe un'altra difficoltà di esecuzione. Mentre se si volesse preparare il nuovo alveo scavandolo, o arginandolo per tanti tronchi differenti, interrotti da un influente all'altro, non vedo in che maniera si potessero scolare le acque, e sorgenti, e piovane, o come si potessero estrarre con qualche macchina nel caso di un lungo tratto, e di una profonda escavazione. E poi quando fosse preparato il nuovo alveo, e si trattasse di rivolgervi dentro tutte le acque, tagliando tutte le intestature degl' influenti, non saprei prevedere bastantemente tutti gl' inconvenienti, che potessero nascere in una volta. Ed ogni errore, che si fosse commesso nelle dimensioni del nuovo alveo, sarebbe senza rimedio per non poterli deviare di nuovo gl' influenti, e divertire negli alvei vecchj, per meglio sistemare i lavori. Che se poi si volesse incominciare l'inalveazione dagli ultimi influenti procedendo gradatamente all'insù; egli è certo che disponendo il nuovo fondo colla cadente, che potrebbe convenire al corpo delle acque unite, e dovendovi scorrere gl' influenti medesimi infino a tanto, che si arrivasse ad unirvi insieme tutti gli altri, vi si farebbero delle continue deposizioni: e quando tutt' i lavori della nuova

R r

inal-

inalveazione ricercassero un tempo più lungo, potrebbe anche darli il caso che si trovasse interrato l'alveo prima di arrivare a rivolgervi il Fiume principale. In somma per qualunque parte io riguardi l'esecuzione di un' opera di questo genere, non so trovarvi che delle gravi, e moltiplicate difficoltà.

Le difficoltà riuscirebbero sempre maggiori nel caso, che gli influenti portassero materie grosse, e tanto più se le portassero ancora più grosse di quelle del recipiente: e credo che in questo caso l'abbondanza della caduta non gioverebbe per diminuirne gl'inconvenienti. Per meglio intenderne la ragione bisogna qui incominciare da alcune considerazioni più generali, e dalle diverse conseguenze, che nascono dalla diversa maniera, con cui nel Cap. IV. del libro antecedente abbiamo rappresentato la continua degradazione dei sassi, e delle ghiaie, e delle altre materie dei Fiumi. Se i sassi urtandosi, e soffregandosi dentro l'alveo dei Fiumi si andassero logorando continuamente, se le ghiaie si sritolassero, e si risolvessero in semplice arena, se questo fosse lavoro da potersi compire dentro lo spazio, che vien compreso tra il principio del Fiume, e tra l'ultimo limite della ghiaja, come supponeva il Guglielmini, accrescendo in qualunque modo la velocità, e la forza delle acque, o con riunirle insieme, ed accrescerne l'altezza, o con abbreviarvi la strada, ed accrescerne la caduta, si potrebbe almeno sperare, che una maggiore quantità di ghiaie si disciogliesse, e venisse poi trasportata colle altre arene infino al Mare. Per lo contrario se collo sfregamento, e coll'urto non può ottenersi una diminuzione sensibile di mole, se non possono sritolarsi le ghiaie, e disfarli in arene, se i sassi restano sempre sassi, come si è già provato ampiamente nel Cap. IV. del Lib. VI.; accrescendo la caduta, il corpo, e l'impeto delle acque, non si otterrà altro effetto, che di spingere più lontano le ghiaie. Ma resteranno sempre sul fondo le stesse ghiaie, e lo rialzeranno subito nelle parti inferiori, e col progresso del tempo lo dovranno pure rialzare superiormente, come si è di già

detto

detto nel Cap. V. del Lib. VI. Mentre continuando a discendere le acque cariche di nuova materia, sopra il piano inferiore già rialzato colle deposizioni delle ghiaie, faranno ivi obbligate di raffrenare l'impeto già concepito per la caduta antecedente, e non potendo spingere più lontano il peso, che seco portano, lo lasceranno cadere a fondo: con che attaccandosi la nuova arena, e la nuova ghiaja all'altra già condotta, e spianata in detto sito, viepiù lo rialzerà, e le nuove deposizioni, accumulate inferiormente, serviranno di appoggio alle susseguenti, che resteranno nel tronco superiore.

Mi sono appoggiato su questi dati nel rilevare, e sostenere una difficoltà decisiva contro un progetto, immaginato già verso il fine del secolo passato, e riproposto con alcune modificazioni nel 1760, di rivolgere il Reno, e tutti gli altri torrenti del Bolognese in un nuovo alveo, che incominciassero sopra la confluenza del Lavino, e della Samoggia, e passando poco sotto a Bologna andasse direttamente ad unirsi coll'ultimo tronco del Primaro, e di là a sboccare nell'Adriatico. Ho detto che il nuovo alveo taglierebbe tutt'i torrenti dove ancora corrono in ghiaja piccola, e grossa: che, supponendo la pendenza necessaria, le ghiaie del Lavino arriverebbero fino alla Samoggia, e quelle della Samoggia entrerebbero in Reno, e le altre dei torrenti inferiori, ajutate dall'impeto di tutte le acque, verrebbero spinte più avanti: che dalla maggiore caduta del nuovo alveo non si potrebbe giammai sperare una diminuzione sensibile della grossezza, e quantità delle ghiaie medesime: e che però si farebbe così avuto un continuato rialzamento di fondo, un maggiore pericolo di rotte, ed una maggiore difficoltà degli scoli della campagna. A ciò ho aggiunto il sentimento del Guglielmini, e del Manfredi, che trattandosi d'una nuova inalveazione per circa quaranta miglia, quantunque vi fossero concorse tutte le circostanze più favorevoli dei piani della campagna, ciò non ostante l'accingersi a tale impresa farebbe stato un operare alla cieca per più capi, e

R 1 2

prin-

principalmente perchè tutta la Storia Idraulica non ci somministra un esempio, da cui si possa cavar qualche lume. E in fatti la diversione fatta da Quinto Curio Ostiglio del Mincio dalla Fossa Filistina in Pò, e le diversioni del Ronco, del Montone, del Sile, e degli altri influenti della Laguna di Venezia; ed altre opere simili, quantunque grandi, e dispendiose, non farebbero da paragonarsi colla progettata diversione di tutt' i Fiumi, e torrenti del Bolognese.

Queste generali ragioni, e le altre difficoltà particolari, che adesso sarebbe inutile di ripetere, e che allora aveva ricavato dalla situazione degli sbocchi di ciascun influente, dall' altezza delle chiuse, e degli argini, dal numero, e dalla profondità delle botte sotterranee, dall' escavazione, e dalle altre circostanze del nuovo alveo, ne hanno fatto abbandonare l' idea, ed hanno dato luogo a sostituirvi un altro progetto d' incominciare la diversione della Samoggia sotto alla confluenza del Lavino, e quella del Reno più di sette miglia sotto a Bologna, e di portare proporzionatamente più basso la diversione delle altre acque. Ma ancora quest' altra linea di deviazione non restava al di sotto dell' ultimo limite delle ghiaie. L' Idice, la Centonara, e la Quaderna avrebbero portato nel nuovo alveo e ghiaie, e arene più grosse di quelle, che vi potessero arrivare superiormente dal Reno. Le difficoltà di esecuzione erano poco differenti in questa seconda linea, che nella prima. Il Sig. Giacomo Mariscotti Soprintendente delle acque di Bologna in varie sue dottissime scritture ha fatto ottimamente sentire questi, ed altri consimili inconvenienti: e finalmente s' è abbandonato il progetto di qualunque linea superiore. Ma giacchè s' è incominciato a discorrere delle controversie di Bologna, la celebrità, e l' importanza del caso, che ha tanto occupato i Matematici Italiani, ed in cui pure ho avuto io qualche parte, esige che a tutte le altre precedenti teorie si aggiunga ancora una succinta esposizione di tutto il resto, che merita maggiormente di essere tramandato alla notizia degli esteri.

CAPO

CAPO SECONDO.

Della storia, e delle controversie del Reno, e degli altri Fiumi, e Torrenti del Bolognese.

IL Pò anticamente correva unito in un ramo solo a Ferrara. Prima di arrivarvi riceveva tutte le acque del Panaro, e del Reno: e poche miglia più in là si divideva in due rami, chiamati il destro di Primaro, e il sinistro di Volana, che con poca differenza corrispondono ai due rami chiamati da Polibio, e da Plinio col nome di Padusa, e di Olana. Il poco declive del piano della campagna, la mancanza degli argini, dei quali non si ha memoria nei tempi antichi, i bassi fondi, dei quali si vede ancora un resto nelle valli di Comacchio, lasciavano che il Pò inondasse vastamente la spiaggia dell' Adriatico, dal porto di Ravenna, che allora trovavasi sul Mare istesso, fino allo sbocco del Fiume Tartaro. I luoghi delle maggiori profondità formavano le sette bocche, e i sette rami, dei quali hanno parlato Plinio, e Strabone. Sulle testimonianze degli antichi Storici, e Geografi si è delineata la carta del corso antico del Pò, che può vedersi nel secondo tomo degli Atti dell' Accademia di Torino.

Una particolare rivalità, verso l' anno 1150, indusse gli abitanti delle campagne situate sulla destra del Pò, a tagliare l' argine sinistro, poche miglia sopra la confluenza del Panaro, nel luogo di Ficheruolo. Le acque sboccando allora copiosamente dalla rotta in un piano affai più declive, si formarono un nuovo ramo, che chiamossi il Pò di Venezia, o di Lombardia. Il ramo antico di Ferrara continuò a ricevere il Panaro, ed il Reno, e si mantenne profondo quanto bastava per la comodità della navigazione fino alla metà del secolo decimosesto. Dopo quel tempo il Pò di Venezia rivolse a se il corpo principale delle acque, e il ramo di Ferrara restò altamente interrato in diversi
luo-

luoghi, e incapace di sostenere dei legni maggior carico. Gl' interramenti crebbero a segno, che nella piena del 1577 il Panaro, dopo di essere sboccato al Buondeno, in vece di continuare come prima il suo corso verso Ferrara, incominciò a rivolgersi con un corso contrario, e retrogrado al luogo della Stellata, ed ivi si aggiunse anch' esso a ingrossare il Pò di Venezia.

Furono inutili tutt' i tentativi impiegati dai Duchi di Ferrara, prima per chiudere la rotta di Ficheruolo, e poi per mantenere un maggior corpo d' acqua nel letto vecchio. Gl' interramenti furono principalmente attribuiti alle torbide del Reno: ed essendosi impadronito di Ferrara Clemente Ottavo, sui replicati ricorsi de' Ferraresi, per consiglio di un certo Spornazzati, Gesuita Milanese, ordinò nel 1604 che il Reno fosse deviato nelle valli della Sanmartina per modo di provvisione, e infino a tanto che nel Pò di Ferrara fossero levati tutt' i ridossi, e restituito, come speravasi, il comodo della navigazione. Ma il Pò di Ferrara mancando anche del corpo d' acqua di Reno appunto allora finì d' interrarsi, e l' escavazione di tutto il letto di Ferrara fu riconosciuta tanto operosa, che in poco tempo se ne dovette abbandonare l' impresa. Il Panaro si stabilì la pendenza al contrario dal Buondeno alla Stellata, e nel 1622 fu fatta al Buondeno un' intestatura dell' argine già sinistro del Pò, ed ora destro del Panaro, per impedire alle acque del Panaro, e del Pò di volgersi verso Ferrara. Questa intestatura tagliavasi poi nel tempo delle maggiori piene del Pò, sulla lusinga che il taglio, e il diversivo potesse servire per diminuirne sensibilmente l' altezza. L' inutilità sperimentata del taglio lo fece poi tralasciare fino dal 1638, e somministrò una delle prime prove dell' inutilità dei diversivi delle piene, come replicheremo a suo luogo. Così restarono deviate per sempre le acque del Panaro, e del Pò dagli alvei vecchj di Volana, e di Primaro, e si prese il partito di accomodare il ramo di Volana ai bisogni di una piccola navigazione colle acque del piccolo canale di Cento.

In-

Intanto le valli della Sanmartina furono prestamente bonificate dalle molte deposizioni del Reno; e rialzate ad un segno tale, che il Reno non potendo scorrervi più sopra colle sue acque, sboccò superiormente degli argini, e si rivolse prima nelle valli di Marara, e poi in quelle del Poggio Lambertini, inondando così le più belle campagne del Bolognese, dal cui recinto non potevano uscire le acque che in parte, lentamente rivolgendosi al Mare per l' antico, e tortuoso letto del Primaro. Le ultime tre rotte seguite nel Reno, dove correva ancora inalveato, e arginato, sono quelle del 1731, 1738, 1751, e con esse si sono sempre più estese le acque nelle parti superiori della campagna verso Bologna. E così andando il Fiume a sboccare in luoghi successivamente più rilevati, vi si è rialzato ancora tutto il fondo sopra le rotte, fino a restare nell' ultimo tronco ancor più alto del piano della campagna, e ad avere perciò bisogno di argini altissimi. L' interramento degli altri fondi inferiori ha portato in conseguenza la perdita degli scoli di moltissime campagne, che sono però restate incolte, e impaludate. Si sono a ciò aggiunte le inondazioni degli altri cinque torrenti inferiori, la Savena, l' Idice, la Centonara, la Quaderna, ed il Sillaro, lasciati ampiamente vagare senz' alveo, e senza sponde. Uno spettacolo così grande, e compassionevole interessò vivamente i più illustri Matematici dell' Italia, e nel cercarne il rimedio diede occasione ai principali progressi, che ha fatto l' Architettura Idraulica.

Castelli, Cassini, Viviani, Guglielmini, Grandi, Manfredi, e molti altri proposero, che si togliesse la causa principale di questi danni, con restituire il Reno in Pò grande, e seppero soddisfare superiormente a tutte le difficoltà fisiche, ed idrometriche, che si opponevano ad un tale progetto. Le difficoltà politiche obbligarono finalmente a deporre il pensiero. Escluso il partito di continuare l' alveo del Reno fino a raggiugnere il Pò, tutti gli altri progetti sostanzialmente si riducevano a due: o d' inalveare le acque tra le proprie alluvioni nella parte inferiore della campagna, dove segui-

ta-

tavano a spandersi, e di adattarne allo scarico il tronco inferiore del Primaro: o di deviare il Reno superiormente alle valli, e alle rotte, come si è indicato nel fine del capitolo precedente. Il Guglielmini accreditò il primo progetto, e cominciò a combattere il secondo. Eustachio Manfredi seguì le medesime idee. Monsignor Galiani, e Gabriello Manfredi proposero un cavo di otto miglia, che alle valli di Reno desse un esito più felice in Primaro, e colle acque di Reno raccogliesse anche quelle della Savena, e dell' Idice. Il Cavo fu incominciato al principio del Pontificato di Benedetto XIV., e non era ancora finito quando vi fu introdotto l' Idice nell' anno 1749. Nel Cap. VII. del Lib. VI. abbiamo di già indicata la principale disgrazia, che vi è seguita. Ma ve ne fu anche un' altra, che il Cavo Benedettino erasi condotto attraverso alla valle di Gandazolo, il cui fondo fradicio, e vacillante non reggendo al peso degli argini cagionò le vastissime rotte, che finirono di sconcertare tutta l' opera. La prima disgrazia influì moltissimo sulla seconda: mentre le deposizioni dell' Idice, altamente ammassate intorno allo sbocco, tagliando alle acque del Reno lo scarico libero nel Primaro, e facendole ringorgare fino alla valle di Gandazolo vi refero i danni più grandi, e più difficile il rimedio.

Le controversie insorte tra i Matematici di Bologna, e di Ferrara intorno alle generali providenze da darli divennero ancora più fervide in Roma, dove io mi ritrovava nell' Estate del 1760. Insistevano i primi perchè si accomodasse il Cavo Benedettino cingendo all' intorno la valle con nuovi argini, scavando gl' interramenti dell' Idice, e rivolgendo tutte le acque in Primaro, continuando anche ivi gli argini dov' erano interrotti sulla destra, e rialzandoli, e rinfiancandoli sulla sinistra. I secondi riproponevano con alcune modificazioni il progetto di una nuova inalveazione del Reno, e degli altri torrenti inferiori: e contro il primo progetto opponevano che il Primaro, nel tratto di dieci miglia, dallo sbocco del Cavo Benedettino alla Bastia, è molto irregolare, e tortuoso,

e ha

è ha poca pendenza di fondo, e che però raccogliendovi tutte le acque del Bolognese sarebbe stato sempre in pericolo il vicino, e più basso Polesine di S. Giorgio. Allora essendo io entrato per un comando supremo nelle controversie medesime, ed avendo sempre trovato delle difficoltà insuperabili in qualunque progetto di una nuova inalveazione, credetti che si potesse provvedere abbastanza agl' interessi del Ferrarese continuando il Cavo Benedettino direttamente alla Bastia, nel tratto di sette miglia, attraverso alla minore fezione della valle di Marmorta, dove il terreno si trovasse più stabile, e consistente. E così pensando di declinare la principale difficoltà, che opponevasi al progetto del Primaro aggiunsi gli altri provvedimenti, che mi parevano i più opportuni per regolare il corso delle acque, e ch' erano principalmente: d' inalveare il Reno tra le proprie alluvioni nelle valli superiori fino a tanto che a poco a poco riuscisse di condurlo regolarmente a sboccare nel Cavo Benedettino: di rassettare il Cavo, levando le deposizioni dell' Idice, e chiudendo le rotte nella maniera che si riconoscesse più stabile: di rimettervi dentro la Savena, e di assicurare lo sbocco dell' Idice per modo che non si potesse maggiormente abbassare: di far passare con una botte sotto il letto dell' Idice gli scoli delle campagne situate tra la Savena, e l' Idice: di unire la Centonara colla Quaderna, e di portare la Quaderna col Sillaro inalveata, e arginata fino alla Bastia.

Con tutte queste particolarità fu accettato allora il progetto, e sottoscritto concordemente dai due Matematici di Bologna, e di Ferrara. Ma così non era il progetto che semplicemente abbozzato, ed io mi era poi riserbato espressamente a determinare sulla faccia dei luoghi tutta la serie, e le altre particolarità dei lavori. Fu ordinata adunque una visita generale, a cui io pure dovei intervenire. Ho giudicato meglio di andare da me solo a riconoscere tutt' i luoghi in questione, e tutta la bassa pianura del Bolognese dal Mare insino al Reno: e in seguito avendo esaminato le altre

S s

offer-

osservazioni, e le livellazioni fatte dai Periti delle parti interessate, ho detto più precisamente il mio sentimento nel libro stampato in Lucca l'anno 1762. Allora le valli superiori di Galliera, e del Poggio erano in gran parte bonificate, e, quando si fosse ivi protratta l'arginatura, potevasi portare tutto il Reno colle sue torbide nelle valli inferiori di Malalbergo, che si farebbero similmente colmate, e bonificate in pochi anni, ed avrebbero resa più facile la continuata inalveazione del Fiume infino al Cavo Benedettino. La valle di Gandazolo era pure bastantemente affodata colla deposizione dell'Idice, che vi aveva già da molti anni un corso retrogrado, nè si trovava difficoltà alcuna di chiudere le rotte, e di contenervi tutto il corpo delle acque unite. Poi dal suddetto Cavo andando alla Bastia, e piegando un poco due linee rette, dove la valle di Marmorta resta molte volte affatto asciutta, e carreggiabile, s'è riconosciuto il terreno abbastanza sicuro, e stabile, e tant'alto da tenervi incassato per alcuni piedi il nuovo alveo. L'angolo delle due rette sarebbe riuscito assai ottuso, l'abbreviazione del corso dal Cavo Benedettino alla Bastia di miglia tre, e il guadagno della caduta di circa tre piedi: e ciò farebbe bastato per lo scolo più libero delle valli fraposte tra la Savena, e l'Idice, anche senza impegnarsi a farle passare sotto all'Idice con una botte. E finalmente nel labbro inferiore della stessa valle non vi era difficoltà alcuna d'inalveare la Centonara, la Quaderna, ed il Sillaro fino al Primaro.

Ma perciò che appartiene all'intera distribuzione delle cadenti, riunendo tutte le osservazioni, e le teorie del Cap. VII. del Lib. V., e de' Cap. VI., e VII. del Lib. VI. ho fatto vedere, che le cadenti di più di 13, o 14 once per miglio dalle rotte del Reno fino alla Savena, di 12 dalla Savena all'Idice, di 11 dall'Idice al Sillaro, di 9, o 10 dal Sillaro fino a incontrare il livello del Mare a Longastrino, di 7 da Longastrino al Santerno, e di 4 dal Santerno al Senio, e fino al livello della foce del Primaro, come risultavano dalla posizione dei piani, e da tutte le livellazioni dell'accennata visita, erano sufficienti

per

per il corso felice di tutto il recipiente, per l'ingresso più libero degli influenti, per lo scolo delle campagne, e superiori, e inferiori, per la sicurezza della navigazione di Bologna. Non occorre qui di ripetere tutte le minutezze del profilo, come neppure di ritornare all'esame delle varie difficoltà, che si sono mosse contro questo progetto, e che il tempo, e la riflessione ha già dissipato abbastanza. Mi è parsa questa la maniera più semplice di riparare ai disordini delle acque del Bolognese, e di ridurli dentro i limiti delle cautele, e degl'inconvenienti ordinarij degli altri Fiumi. Per la maggiore sicurezza della Romagna, e delle valli di Comacchio non vi è da far altro che ridurre ad una larghezza uniforme tutto il Primaro, di rinfiancarvi gli argini a dritta, ed a sinistra, di ridurli a tutta l'altezza delle massime piene, e di raddolcirvi qualche tortuosità, che faceva avanzare le corrosioni verso le valli di Comacchio: e per assicurare di più che il corpo delle acque unite dovesse mantenersi sempre escavato l'ultimo tronco, e libera la foce, non vi era che da rivolgerli dentro il Lamone.

Dopo la pubblicazione di quel primo mio libro la controversia divenne più clamorosa, e nel fervore degli obbietti, e delle risposte, si perdettero come di vista il progetto del Primaro, e la continuazione del Cavo Benedettino alla Bastia. In vece si proposero in Roma quattro linee differenti: due di una nuova inalveazione del Reno, l'una superiormente a tutte le valli Bolognesi, l'altra dentro il recinto di alcune di esse, fino a raggiugnere l'ultimo tronco del Primaro a S. Alberto: e due altre di continuare il Cavo Benedettino, o nella parte superiore della valle di Marmorta fino allo stesso luogo di S. Alberto, o nella parte inferiore della valle fino allo sbocco del Santerno. Tutte le quattro suddette linee furono escluse, e fu ordinata una nuova visita di tre Periti, che proponessero qualche temperamento. Essi credettero, che il territorio Ferrarese non avesse nulla a temere, rivolgendosi immediatamente nel Primaro rinfiancato, e arginato tutte le acque del Cavo Benedettino: e nel

resto convennero nelle altre idee di riadattare lo stesso Cavo, di rimettervi dentro la Savena, di far la botte sotto il letto dell' Idice, d'inalveare successivamente il Reno dalle rotte superiori fino allo sbocco nel Cavo, e la Centonara, la Quaderna, ed il Sillaro fino al Primaro: anzi nel loro voto, che leggesi nel Tom. VI. della Raccolta pubblicata in Firenze, adottarono molte delle precedenti teorie intorno alle difficoltà delle linee superiori, intorno al riparto delle cadute, e intorno allo sbocco dei Fiumi in Mare.

Dopo quel tempo s'è messo mano ai lavori per ogni parte, e con tutto il maggior fervore. Si sono chiuse le rotte, levati gli interrimenti, e rimesso tutto il Cavo Benedettino. Per evitare il risvolto, con cui prima andava esso a finire in Primaro, se n'è portato lo sbocco circa un miglio più sopra: e per facilitare l'escavazione si è giudicato opportuno di gettar l'Idice nelle valli situate sulla sinistra, e poi, restituito l'Idice nel proprio alveo, gli scoli delle stesse valli vi si sono fatti passare al disotto con una botte. S'è arginato tutto il Primaro sulla diritta fino all'altezza di 5, e di 6 piedi sopra le piene ordinarie: si è lasciata tra gli argini, e il cavo una golena fino di 30, e di 35 pertiche: e si sono rinfiancati gli argini a diritta, e a sinistra con una scarpa fino di due, e di tre piedi per ogni piede di altezza. E comunque potesse riuscire poco più operosa, ed affai più vantaggiosa la semplice continuazione del Cavo Benedettino alla Bastia, così però si è ottenuto il vantaggio principale di avere un Fiume arginato, e regolato, ed esposto ai soli ordinarij inconvenienti degli altri Fiumi. L'inalvezione del Sillaro, la protrazione degli argini degli altri torrenti inferiori, lo scolo aperto in molti luoghi alle valli, e alle campagne ha già portato degli altri vantaggi considerabili. La bonificazione continuata in tutte le valli superiori ha avvicinato il tempo d'inalveare tutto il Reno al disopra del Cavo Benedettino, e di avere un solo Fiume continuato regolarmente dalla prima sorgente infino al Mare.

CAPO

CAPO TERZO.

Delle rettificazioni dei Fiumi ghiarosi, e torbidi, e particolarmente dell' Arno.

V Incenzio Viviani nel suo discorso sul Fiume Arno, dopo di avere fatto vedere con tutte le osservazioni, che abbiamo ricapitolato nel Cap. V. del Lib. VI., il rialzamento continuato, e sensibile di tutto il fondo, suggerì ancora i provvedimenti, che credeva più opportuni da prendersi. Propose primieramente di moderare la soverchia pendenza delle valli più prossime, attraversando il letto dei principali influenti con varie chiuse stabilmente fondate su larga pianta, con grandissima scarpa all' infuori, con a piedi le loro banchine, e con più gradi, o riseghe, affine di poterle ridurre in progresso di tempo a maggiore altezza, dopo che per di dietro si fossero rincalzate colle deposizioni delle materie portate insieme dalle acque. In secondo luogo superiormente alle chiuse, e dentro alle valli medesime suggerì di fare diverse, e folte piantate di bosaglia, la più appropriata alla qualità del terreno: e dove non si potesse fare piantata di forte alcuna, per impedire il trabocco delle materie già smosse, suggerì di eleggere giù nel basso un competente spazio piano della peggiore qualità, che vi fosse, per tenerlo arginato all' intorno, acciò servisse di scaricatojo, dentro il quale esse materie si potessero deporre comodamente. In terzo luogo propose di torre all' Arno sotto all' Incisa gran parte della sua eccedente caduta con rimettere in piedi alcune chiuse, che già vi erano, e col fabbricarne delle nuove, e istessamente di fare dei simili ripari attraverso al letto della Sieve per qualche distanza dal suo sbocco in Arno, e negl' ingressi degli altri torrentelli, che vi si scaricano. Credette in somma il Viviani, che si dovesse attraversare, e impedire in qualunque maniera il corso d'Arno, e obbligare quanto fosse possibile le materie più grosse di ghiaie, e sassi a restare nelle parti superiori.

Di-

Diverse ragioni di rendere comodamente navigabile il Fiume, e di acquistare i terreni occupati colle maggiori tortuosità, hanno fatto abbracciare un partito interamente contrario. Si sono levati certi gran massi, che attraversavano il corso d'Arno, e ch'erano come tante chiuse naturali. Si è raddrizzato, e ristretto il corso del Fiume sopra Firenze, e si è messo in canale da Firenze a Signa. L'abbreviazione del corso è stata di circa tre miglia sopra, e di un miglio sotto a Firenze. Senza parlare della spesa, che ha portato tutto questo lavoro, vediamo cos'è seguito. Superiormente a Firenze in alcuni luoghi ha deviato l'Arno dal nuovo alveo rettilineo, e non vi si mantiene negli altri luoghi, che a forza di grandissime, e dispendiose pietraje. Nel tratto, che passa per Firenze, quantunque compreso tra i termini stabili delle due chiuse, o pescaje, che servono per la derivazione dei Mulini, all'entrata, e all'uscita dalla Città, si è rialzato il fondo notabilmente dai tempi del Viviani, si sono riempiti i seni, e le concavità più profonde, e vi si è perduto interamente l'uso della pesca, come mi hanno concordemente attestato i pescatori. Da quanto poi si dirà nel Cap. IV. intorno allo stabilimento del fondo dei Fiumi al disopra delle pescaje, s'intenderà come sia possibile il caso d'un rialzamento continuato, e sensibile del fondo. Mentre dovendosi regolare le cadenti da quel punto all'insù, dove finisce di stendersi l'accelerazione delle acque originata per la caduta da tutta l'altezza della pescaja, quando il fondo si rialzi al disotto, e si diminuisca l'altezza della caduta, verrà ancora a restringersi il tratto delle acque accelerate, e ancora il fondo superiore si dovrà per conseguenza rialzare.

Il Viviani al principio del suo discorso avea notato espressamente, che al suo tempo i sassi sotto a Firenze si andavano diminuendo sempre di mole, e terminavano tutti alla Badia a Settimo, per modo che ne' piaggioni da essa Badia in giù non se ne ritrovava più uno. Presentemente da Firenze fino al Ponte a Signa, tre miglia più sotto della Badia a Settimo, l'Arno continua a

cor-

correre in ghiaja, e sassi. Oltre lo sbocco di Bisenzio si vede un piaggione di circa novecento piedi, in cui si trovano pietre grosse come pine: e se ne vedono pure degli altri di ghiaja grossa sotto al Ponte a Signa andando verso bocca d'Ombrone, e fino alla Goffolina. Poichè adunque nè Bisenzio, nè Ombrone non portano ghiaje in Arno, la sola abbreviazione di quattro miglia nel corso d'Arno ha portato una continuazione di sassi e ghiaje, almeno per tre altre miglia di più di prima, e per conseguenza ha portato ancora un maggiore rialzamento di fondo, ed ha deteriorato il sistema di tutto il Fiume. E per conferma di quanto si è detto nel Cap. I. che l'abbondanza della caduta nei Fiumi, che corrono in ghiaja, non può diminuirne gl'inconvenienti, come pensava il Guglielmini, conviene in oltre avvertire, che la caduta d'Arno da Firenze al Ponte a Signa era certamente abbondante, e che il Viviani l'avea riputata, com'era allora, soverchia, e sovrabbondante al bisogno. Dopo d'allora, coll'abbreviazione di circa un miglio vi si è reso anche più rapido il corso di tutto il Fiume. Eppure con ciò non si è già ottenuta una qualche diminuzione delle ghiaje, ma se n'è anzi protratto l'ultimo limite di alcune miglia.

Il Guglielmini, quantunque si fosse formato delle idee poco esatte intorno alla successiva degradazione, e all'intero discioglimento delle materie ghiaiose, ciò non ostante nel Cap. XIV. disse di riguardare le rettificazioni, e l'unione dei Fiumi, che corrono in ghiaja, come imprese d'esito incerto, e di grandissime difficoltà. Eustachio Manfredi adottò più generalmente le idee, ed i principj del Viviani intorno alle conseguenze pericolose delle rettificazioni fatte nei tronchi, dove ancora continuano i sassi, e le ghiaje grosse. Mentre nell'anno 1718 essendo consultato il Manfredi intorno a un taglio, che volea farsi nel Reno sopra l'ultimo limite delle ghiaje, produsse due differenti ragioni per disapprovarlo. La prima si è, che i Fiumi ghiaiosi non s'accomodano per lo più a quelle strade, per le quali si procura condurli, oppure accomodandovisi,

le

le abbandonano di nuovo, e si aprono un altro cammino, rendendo molte volte vani tutti gli sforzi dell'arte, e tutte le spese impiegate per frenarli. La seconda si è, che rettificandosi un Fiume, ed abbreviandosi considerabilmente di corso, quantunque si debba avere un proporzionato abbassamento del fondo superiore, questo buon effetto però resta distrutto dallo spignerli più avanti la ghiaja, e dall'elevazione del fondo inferiore al taglio. Però il giudizio uniforme dei più esperti Osservatori dei Fiumi, il Guglielmini, il Manfredi, il Viviani, e l'esempio di quanto è seguito, concorrono insieme a fare, che si riguardino come sommamente pericolose, e difficili le rettificazioni dei Fiumi dove seguitano ancora a portare delle materie grosse.

Da quanto si è detto nel Cap. IV. del Lib. VI. intorno alla natura dei sassi, e delle ghiaje, si può ricavare un pronostico più preciso dell'esito di simili operazioni. Mentre generalmente accrescendo in un Fiume ghiaroso la caduta, e la forza, non si farà altro che spingere più lontano le ghiaje; come ancora si è detto nel Cap. I.: le ghiaje spinte, ed abbandonate sul fondo a distanze maggiori, lo rialzeranno gradatamente, prima nelle parti inferiori, e poi col progresso di tempo anche superiormente: il maggiore rialzamento del fondo porterà subito in conseguenza, e la maggiore altezza delle piene, e la difficoltà degli scoli della campagna, e la necessità di alzare, e fortificare sempre più gli argini: e così con raddrizzare il Fiume generalmente non si farà che deteriorarne tutto il sistema. Però le regole ordinarie di mantenere diritti, e maggiormente inclinati gli alvei dei Fiumi non si potranno estendere ai tronchi superiori, e fin dove arrivano i sassi, e le ghiaje, se non in qualche circostanza particolare: o che il fondo resti incassato tanto profondamente fra terra, che non vi siano più da temere i sinistri effetti del successivo rialzamento: o che il principale riguardo debba portarsi su i piani superiori, e che per tenerli più libero il corso delle acque convenga anzi dividerne per un tratto

più

più lungo le deposizioni: o che il Fiume riunito, raddrizzato, e ristretto arrivi a scaricare i sassi, e le ghiaje in qualche ampio recipiente, dove non possano esse riuscire di alcuna conseguenza pericolosa. Ma generalmente dovrà tenersi per massima fondamentale, che i Fiumi, e i torrenti, infino a tanto che portano materie grosse, si lascino come sono, e che conviene tenerli, divisi, e tortuosi, e impedirne il libero corso più tosto che riunirli insieme, raddrizzarli, restringerli di letto, abbreviarvi il cammino, e accrescerli la caduta, il corpo, e l'impeto delle acque.

Nei Fiumi, che portano materie più sottili di arena, e terra, avranno generalmente luogo le regole di mantenerli diritti, liberi, e uniti. Mentre queste materie si possono più facilmente dividere, affortigliare, staccarsi dal fondo, incorporarsi insieme coll'acqua, e spignerli sino agli ultimi tronchi, ed alle foci dei Fiumi, come pure si è detto nel Cap. IV. del Lib. VI. Però i tagli, e i raddrizzamenti dei Fiumi in luoghi di tal natura non potranno riuscire che vantaggiosi. Le principali avvertenze da averli in tutta l'operazione sono: I. che il filone superiore del Fiume sia ricevuto a dirittura nella bocca del taglio: II. che il taglio si conduca quant'è possibile per un terreno più facile ad essere corrosivo. Quando queste due condizioni abbiano luogo, e venga col nuovo taglio ad abbreviarsi sensibilmente la linea, e ad accrescersi la caduta, non potrà abbisognare lavoro alcuno per la deviazione del Fiume dall'alveo vecchio. Anzi neppure farà bisogno di portare lo scavo a tutta la profondità, e alla larghezza, che può convenire al corpo d'acqua. Basterà scavare in parte il terreno, ed aprirvi dei fossi paralleli, tanto che le acque incomincino a scorrervi: mentre trovandovi un declive maggiore, e maggiormente accelerandosi, non mancheranno esse di allargare, e sprofondare gradatamente il nuovo alveo, deviando più copiosamente dal vecchio, e gettandovi sempre maggiori deposizioni. Se l'imboccatura non fosse molto a seconda del filone superiore del Fiume, bisognerebbe moltiplicarvi

T t

le

le bocche, perchè le acque vi avessero sempre un richiamo libero, e facile quando sono o più alte, o più basse: o converrebbe ancora con qualche lavoro obbligare il filone a rivolgersi da quella parte. Nel caso che per allontanare un Fiume da qualche luogo importante si venisse con qualche taglio ad allungare la linea, farebbe tanto più necessario di protrarre i lavori dall' una all' altra sponda dell' alveo vecchio. E quando se ne ottenesse l' intento, bisognerebbe poi prevedere, secondo tutto ciò che si è detto, un proporzionato alzamento di tutto il fondo: come nel caso di abbreviare la linea col nuovo taglio, e di ripartire la caduta totale in un tratto più corto di prima, dovrebbe restare il Fiume più profondo, e incassato.

Nel nostro paese non mancano degli esempj di alcune rettificazioni, che hanno avuto un buon esito. Così è riuscito benissimo il taglio, che si è fatto nell' Adda, incanalandola in linea retta, sotto alla fortezza di Pizzighettone, nel governo del Cardinale Trivulzio, e colla direzione del Barattieri. Quest' Autore, nel Lib. V. della sua architettura delle acque, ci ha ancora parlato di un altro taglio fatto a' suoi tempi nell' Adda alquanto sopra Pizzighettone. Si trovano degli esempj consimili in molti altri luoghi consimili. Nel taglio fatto in questi ultimi anni nell' ultimo tronco d' Arno, tra Pisa, e il Mare, si è incontrata la difficoltà di un fondo più stabile, e consistente, nel qual caso non potendosi aspettare una maggiore escavazione dall' impeto delle piene, per ovviare agl' inconvenienti di lasciarle divise in due alvei, bisognava preparare il nuovo su tutte le dimensioni del vecchio. Ma io credo ancora, che vi sia stato un altro errore di massima, di contare sull' accrescimento della forza del Fiume, che potesse ottenersi coll' abbreviazione del corso. Negli ultimi tronchi dei Fiumi essendo piccolissima la pendenza del fondo, come si è notato a suo luogo, con raccorciare sensibilmente la linea non può ottenersi nell' istessa pendenza un accrescimento, che sia sensibile. Vi si verrebbe bensì ad

accre-

accrefcere sensibilmente la declività della superficie, come nell' esempio già addotto dei due rami del Tevere, d' Ostia, e di Fiumicino. Ma nell' ultimo tronco d' Arno concorrono delle particolari circostanze ad impedire una parte dei buoni effetti, che si potrebbero da ciò aspettare, i scanni d' arena, e gli altri impedimenti, che vi si trovano innanzi alla foce.

Dopo l' inondazione seguita nell' anno 1680 in Pisa, dove l' acqua in alcuni luoghi arrivò fino all' altezza di tre braccia sul piano della Città, il Gran Duca Cosimo III. con un suo Editto invitò tutti ad esporre quanto credevano più opportuno, perchè la Città in avvenire restasse meglio difesa dai trabocchi delle piene. Furono allora proposti sette progetti differenti, e l' Ingegnere Mejer nella relazione che ne fece al Gran Duca, dopo di averli esaminati, e dopo di avere riconosciuti da se medesimo tutt' i fatti, sostenne che il primo, e più sostanziale provvedimento da prendersi era quello di rendere più libera, e più stabile la foce del Fiume in Mare. Propose adunque di escavare un nuovo alveo rettilineo della lunghezza di pertiche 370, che incominciasse alla distanza di 100 pertiche dalla torre di bocca d' Arno, e che accorciasse il cammino al Mare di poco meno di tre quarti di miglio. E perchè le acque fossero spinte con maggior forza fin dentro il Mare, e si potessero più facilmente tener aperta la foce, propose di piegarla a tramontana, e di fiancheggiarla, e munirla con una doppia palificata di 30 pertiche sulla dritta, e di 40 sulla sinistra. E finalmente dopo di avere così preparato l' ultimo scarico delle piene, propose il Mejer di metter mano all' altro raddrizzamento d' Arno, nel luogo di Barbaregina, e disse che venendosi con ciò a guadagnare tre altri quarti di miglio, ed essendo levati gli altri impedimenti inferiori, si sarebbe più contribuito a togliere le cagioni delle inondazioni di Pisa di quello, che la difesa delle sponde d' Arno, e l' alzamento continuo dei muricciuoli ne potesse impedire gli effetti.

I progetti anticamente proposti, e dibattuti con più fervore a giorni

giorni nostri per liberare la Città di Firenze dai trabocchi, e dai ringorghi delle piene, si trovano esposti dal Lupicini, Architetto, e Geometra ne' suoi tempi di qualche stima, in un libro stampato nel 1591. Il primo progetto era di aprire nell' Arno un diversivo al di sopra della Città, che ne deviasse una porzione delle piene, e tornasse al di sotto a restituirla nel Fiume. Ma oltre a tutte le particolari difficoltà, che la situazione dei piani, e delle fabbriche, e da una parte, e dall'altra della Città, presenterebbe per l'esecuzione di questo progetto, le ragioni generali già addotte nel Cap. VIII. del Lib. V., e le altre osservazioni, che aggiungeremo susseguentemente, non lascerebbero sperare da un diversivo una diminuzione sensibile dell'altezza delle piene, se non nel caso, che si volesse deviare da Firenze una gran parte di tutto il Fiume, e allora gl' interramenti, che seguirebbero nei due alvei, non potrebbero che peggiorarne la condizione. L'altro progetto era di rialzare i muricciuoli d' Arno fino al colmo maggiore delle piene, di chiudere tutte le aperture, a cui potevano ringorgare le acque dentro il recinto della Città, e di portare con due fogne al di sotto di essa tutte le immondezze, e le piogge, che vi cadevano. Ma la fabbrica delle nuove fogne porterebbe uno sconcerto maggiore alle fabbriche della Città, e chiudendo le fogne presenti, e tutte le altre aperture d' Arno non si provederebbe che ai soli incomodi originati dal ringorgo delle piene, e non vi si provederebbe ancora che in parte. Mentre essendo fondata la Città sulle antiche deposizioni del Fiume, quand' anche fossero assicurate le sponde, attraverso agli strati inferiori di arena, e ghiaja trapellerebbero sempre le acque, sgorgando nei luoghi sotterranei in proporzione che si alzassero le piene. Poi rinfermando le stesse piene tra i muricciuoli tanto al di sopra del piano della Città non vi si levarebbe il pericolo, e dipenderebbe sempre da qualche casuale inavvertenza, che rompendosi un muricciuolo restasse vastamente inondata una Città così bella, e magnifica come Firenze.

Per

Per togliere tutto il male dalla radice bisognerebbe tener le piene incassate sempre fra terra, e non sostenute in aria cogli argini. A questo fine indicò il Lupicini confusamente diversi altri provvedimenti, di abbassare il letto d' Arno, o coll' escavazione manufatta, o con abbattere totalmente, o ancora in parte le due pescaje di S. Niccolò, e dell' Uccello. L'escavazione tra due termini stabili non si potrebbe mantenere per molto tempo, e non servirebbe punto a diminuire l'altezza delle piene sopra il ciglio delle istesse pescaje. La pescaja superiore di S. Niccolò serve più tosto a trattenere il trabocco dei sassi, e delle ghiaie, e a questo fine sarebbe più espediente di alzarla, che di abbassarla. Il progetto di demolire la pescaja inferiore dell' Uccello è stato troppo leggermente rigettato per le ragioni, che la Città verrebbe così a privarsi del comodo dei mulini, e che i ponti, e gli altri edifizj situati sulla sponda del Fiume resterebbero esposti al pericolo di rovinare. Al comodo dei mulini si potrebbe provvedere in molte altre maniere, o tirando miglior partito dal ramo d'acqua che si deriva colla pescaja superiore, o trasportando i mulini, e la chiusa inferiore più lontano dalla Città, o sostituendovi una pescaja amovibile in tempo delle piene. E intorno al fatto, che adducesi, della rovina dei due ponti della Carraja, e di S. Trinità, caduti nella gran piena del 1333, dopo di essere rovinata in parte la pescaja dell' Uccello, bisogna primieramente avvertire, che i due vecchj ponti caddero ancora nella piena del 1557 senza che rovinasse la pescaja. Bisogna in oltre riflettere che il ponte di S. Trinità dopo quel tempo fu rifabbricato dall' Ammanati d'una consistenza assai maggiore, e che non dovrebbe abbassarsi la pescaja se non a poco a poco, e infino a tanto che il fondo del Fiume si fosse congruagliato colla platea inferiore dei ponti. E finalmente bisogna considerare che questa farebbe la sola maniera di serrar le piene fra terra, e di togliere e gli effetti, e le cause di tutte le inondazioni.

CAPO

CAPO QUARTO.

*Degli sbocchi degl' influenti,
e della diversione del Tidone, di Fiume morto,
e degl' influenti della Laguna di Venezia.*

L Pò raccogliendo insieme nel fondo della gran valle di Lombardia le acque, e le materie, che scendono dagli Apennini, e dalle Alpi, e cambiando spesso volte di letto nei tronchi superiori, come già s'è accennato nel Cap. V. del Lib. VI., negli altri tronchi inferiori presenta agli occhj del Filosofo un altro fenomeno importante, che dopo di avere finito di continuamente correre in ghiaja nel proprio alveo, non riceve più ghiaja di sorte alcuna dai Fiumi tributarij, come ha già notato il Guglielmini nella Proposiz. V. del Cap. IX. Ed è assai verisimile quanto ivi aggiunse lo stesso Autore, che avendo anticamente vagato il Pò vicino agli Apennini, e agli Euganei (come anche portano le antiche storie) dopo di essere stato qua e là respinto dalle deposizioni ghiarose degl' influenti, si sia poi stabilito di letto dove, avendo finito di correre sopra un fondo ghiaroso, non poteva ricevere da alcuno degl' influenti altre materie che arenose. Nè ci mancano esempj di Fiumi stabiliti di letto alla stessa maniera anche in una vicinanza maggiore delle montagne. Il Reno tra gli Apennini riceve dei grossi sassi dalla Limentora, dall' Orsigna, e da altri influenti. Ma dopo di essersi steso nella pianura, e di avere lasciato le ghiaje, riceve la Samoggia, e così pure la Samoggia riceve il Lavino, dove non ritrovasi altro che arena, e terra. Così ancora l' Arno sotto Empoli, e il Tevere sotto al luogo detto della Capannaaccia, nè portano nel proprio letto, nè ricevono più ghiaje dai letti degl' influenti.

E certamente se qualche Fiume, dopo di avere lasciate tutte le ghiaje, ne ricevesse di nuovo da qualche influente, non si potrebbe credere stabilito nel fondo, e nella forma di tutto l' alveo.

Men-

Mentre in primo luogo se non vi fosse molto divario nella portata, e nel corpo d'acqua dell' influente, e del recipiente, le ghiaje del primo, stendendosi per tutto l' alveo del secondo, incomincierebbero ad alzarlo di fondo sotto alla confluenza, e poi produrrebbero un simile, e proporzionato alzamento in tutto il tronco superiore: onde in progresso di tempo tenderebbe il Fiume a rivolgersi nei piani opposti allo sbocco, dove non arrivando le ghiaje, formato che fosse l' alveo, si manterrebbe sempre più libero, e più profondo. Che se poi l' influente avesse una proporzione più piccola a tutto il recipiente, e le ghiaje si tenevano tutte nell' angolo, e sotto al lato della confluenza, vi formerebbero un respingente, che, aumentandosi sempre più, ne farebbe allungare la linea, e quando il lato opposto allo sbocco non resistesse insuperabilmente alla corrosione, obbligherebbe tutto il Fiume a deviare verso quei luoghi, dove non giugneste più ghiaja di sorte alcuna.

Però se si trattasse di sistemare il tronco superiore di qualche Fiume, di portarvi qualche nuovo influente, o di mutarne semplicemente la foce, bisognerebbe osservare prima di tutto, che la stessa foce restasse in luoghi, dove non arrivassero dall' influente materie più grosse di quelle del recipiente. Il Guglielmini quantunque si fosse formato delle altre idee intorno alla natura delle materie dei Fiumi, ciò non ostante nel Cap. IX. convenne generalmente in questa regola, e disse nella Propos. V., che se un Fiume maggiore correrà con poca caduta, e dopo di aver lasciato le ghiaje se gli unirà un Fiume, che ve ne porti dentro delle altre; farà il Fiume maggiore obbligato, o a mutar corso, o ad elevare il proprio fondo nelle parti superiori. E da questa proposizione ne cavò poi quattro regole generali: I. di non introdurre mai alcun Fiume, che corra in ghiaja, dentro l' alveo di un Fiume reale, che abbia il fondo arenoso, o limoso: II. di non abbreviare mai la linea a quei Fiumi influenti, che portano il sasso assai vicino alla propria foce: III. che le corrosioni delle ripe dei Fiumi reali, prodotte

dotte dai sassi degl' influenti, sono irrimediabili, ed è opera, e spesa egualmente inutile, che dannosa al corso del Fiume reale, l'ostarvi: IV. che quando sia cosa possibile, torna più a conto, o portare più basso la foce del Fiume influente, o allungargli la strada colle tortuosità, per fargli deporre i sassi prima dell' introduzione. Anzi nel Cap. XIV. raccomandò di badar bene, che quantunque gl' influenti non portino al luogo dell' intersecazione ghiaje, e materie più grosse di quelle del recipiente, può però darli il caso, che ve le portino quando sia abbreviata la linea, ed accresciuta la declività dello sbocco: e in questo caso bisognerebbe sostenere il letto di ciascun influente, e moderare la pendenza, e la forza con una, o con più chiuse, come dirassi nel capo seguente.

Le circostanze particolari dei luoghi potrebbero portare delle eccezioni a queste regole, egualmente che alle altre già stabilite nel capo antecedente: come se non vi fosse da temer nulla nel recipiente, e se convenisse di provvedere principalmente al libero corso dell' influente, ed allo scarico delle materie piccole, e grosse. In questo caso si potrebbero regolare gl' influenti, che portano materie grosse, come gli altri, che le portano più sottili, e resterebbe da fissarsi la regola fondamentale della mutazione degli sbocchi. Il Guglielmini, e gli altri Autori antichi non hanno scritto nulla di ben preciso intorno a quest' altra parte dell' Architettura Idraulica. Le controversie ultimamente insorte intorno al taglio del Tidone hanno dato occasione di pensarvi, e di disputarne. Il Tidone, che prima scorreva per lungo tratto sulla riva istessa del Pò, si è portato in questi ultimi anni a sboccare tre miglia sopra lo sbocco vecchio. L' abbreviazione di tre miglia di strada è bastata per farne pronosticare un buon esito da tutti quelli, che l' avevano progettata a Piacenza. Per lo contrario quegli altri, che l' hanno contraddetta in Milano, sostennero che non già la brevità della linea, ma la maggiore bastezza dello sbocco conferisca principalmente all' abbassamento del fondo, ed allo scarico delle piene di un Fiume: onde essen-

essendosi portato il Tidone a sboccare in un punto più alto dell' intera caduta, che ha il fondo del Pò in tre miglia, condannarono essi la nuova operazione, e credettero che anzi se ne dovesse aspettare un maggiore alzamento delle piene, ed una maggiore corrosione delle sponde. Io credo che s' ingannassero e gli uni, e gli altri, e che nè la maggiore brevità della linea, nè la maggiore bastezza dello sbocco, ma la sola maggiore pendenza del fondo influisca principalmente nel più felice corso di un Fiume. Poichè accresciuta la pendenza assoluta, e libera del fondo, secondo tutto ciò che si è detto, devono le acque tenerlo maggiormente escavato, e farvi abbassare il pelo delle piene: onde, quando non vi fosse da tener altro per un più copioso trabocco delle materie nell' alveo del recipiente, il corso dell' influente verrebbe certamente a migliorarsi.

Per fare adunque un sicuro pronostico dell' esito felice di qualche taglio bisogna misurare la caduta totale dell' influente dal luogo, dove incomincia la diversione infino al luogo del nuovo sbocco, ripartirla per tutta la lunghezza del corso, e vedere se l' inclinazione del fondo riesca o maggiore, o minore, o pur anche la medesima di prima. E così nelle operazioni di questo genere possono occorrere tre casi differenti. Se la pendenza, e l' inclinazione del fondo fosse la stessa nell' influente, e nel recipiente, non si farebbe alcun' altra variazione portando l' influente a sboccare o più sopra, o più sotto, se non di trasferire da un luogo all' altro i danni, e i pericoli delle piene. Ma se l' influente avesse una caduta minore di quella del recipiente, allora sarebbe meglio di portare più lontano lo sbocco, e in luogo sempre più basso. Questo è il caso degli scoli delle campagne, che vanno a finire nell' alveo di qualche Fiume. Mentre per le acque chiarificate, come sono ordinariamente gli scoli delle campagne, non abbisognando alcuna pendenza di fondo, in qualunque caso che il fondo del recipiente venga ad alzarsi colle successive deposizioni, e che gli scoli non vi abbiano più un rigapito libero, e facile come prima, protraendosi

con tanti fossi paralleli fino a trovare un luogo tanto più basso, si potrà andare al riparo di tutt' i ringorghi delle campagne. Il metodo dei fossi paralleli è riuscito benissimo in diversi luoghi della Toscana, e massime nel Valdarno inferiore. Ed io non avrei dubitato di proporre lo stesso metodo in altri luoghi, e massime nel tronco superiore dell' Adige, dove non potendo scolare direttamente le acque dei bassi fondi situati di fianco al Fiume, si guadagnerebbe moltissimo riparando il trabocco delle piene cogli argini, e protraendo gli scoli fin dove il fondo dell' Adige fosse bastantemente basso per riceverli.

Questo appunto è il celebre caso di Fiume morto, prodotto per un esempio, e dibattuto principalmente nelle scritture, che si sono pubblicate intorno al taglio del Tidone. Chiamasi Fiume morto quel fosso, in cui si uniscono gli scoli di tutte le campagne, comprese tra l'argine destro d'Arno, l'argine sinistro del Serchio, e i monti, che si estendono da un Fiume all' altro. Anticamente il fosso andava a sboccare in Serchio, che alzandosi di alcune braccia, e ringorgando in tempo delle piene, teneva indietro gli scoli, e cagionava l'allagamento delle campagne. Sul principio del secolo passato il celebre Castelli propose di deviare il Fiume morto dal Serchio, e di portarlo a sboccare in Mare, allungando bensì la linea, ma guadagnando tutta la caduta del pelo basso, e del pelo alto del Serchio sopra il pelo basso del Mare. Non essendo che collatice le acque di Fiume morto, e non avendo bisogno di alcuna pendenza di fondo, come le acque torbide, e i Fiumi ghiarosi, ed arenosi; l'allungamento della linea non diminuiva punto il vantaggio, che si poteva ricavare dalla bassezza, e dalla libertà dello sbocco. L'obbiezione promossa dai volgari Ingegneri di quel tempo, era che atteso l'impeto dei venti, e dei forrenamenti, sarebbe stato difficile di tenere aperta nel Mare la nuova foce. Il Castelli rispose, che l'impeto dei venti faceva la stessa resistenza, e lo stesso contrasto alla foce del Serchio, e che rispetto ai forrenamenti il

corpo

corpo d'acqua di Fiume morto bastava per riaprirsi da se la strada, cessati che fossero i venti contrarij, massime se tra le arene in caso di bisogno si fosse scavato qualche fossetto, che richiamando le acque ringorgate, e mettendole in moto, le facesse servire a sgombrare tutta la foce, ed a rimetterla nello stato medesimo di prima. L'esperimento fu fatto solennemente in presenza del Gran Duca, e un fossetto non più largo di due palmi bastò perchè in poche ore tutta la foce restasse libera: ed è questo uno degli esempi più illustri, che abbia l'Idraulica, della superiorità delle profonde speculazioni dei Matematici sopra tutte le pratiche volgari.

Ma se poi l'influente abbisognasse di una pendenza di fondo maggiore di quella del recipiente, allora abbreviando la linea, e portando più vicino lo sbocco, si verrebbe ad accrescere la caduta, e il corso si farebbe più libero. Questo è il caso preciso del Tidone. Poichè quantunque a tutte le controversie non sia preceduta una livellazione, che servisse di regola, e di base; è però certo, che portando il Tidone materie grosse, e avendo un corpo d'acqua tanto minore, non si poteva stabilire l'antico letto, che sopra una pendenza di fondo assai maggiore di quella del Pò. Supponiamo che avesse il Tidone tre piedi di caduta per miglio, e il Pò solamente uno: e supponiamo che le ultime sei miglia sopra lo sbocco essendosi ridotte a tre, la caduta totale di piedi 18 si sia ridotta 15. Così sarebbe adesso la caduta del Tidone non più di 3, ma di 5 piedi per miglio: il fondo vi si dovrebbe maggiormente escavare, e incassarsi a poco a poco le piene: e l'altezza delle piene del Pò essendo eguale nei luoghi dello sbocco vecchio, e del nuovo, anche il ringorgo nel letto presente del Tidone dovrebbe estendersi meno di quello che faceva nell'alveo vecchio. Non avendo da me medesimo riconosciuto tutti quei luoghi, tralascio le altre conseguenze, e le considerazioni, che potrebbero farsi, o sulla qualità dei terreni, per cui s'è condotto il nuovo taglio, o sulla direzione del filone del Pò innanzi allo sbocco. Dico generalmente, che

U u 2

per

per migliorare il corso degl' influenti di maggiore pendenza conviene di abbreviare la linea, quantunque vengano così a rivolgersi all' insù nell' alveo del recipiente, e si portino a sboccare in luoghi di livello superiori, e più alti di quei di prima.

Nella diversione della Brenta, del Bacchiglione, della Livenza, della Piave, del Sile, e degli altri minori influenti della Laguna di Venezia vi erano delle ragioni particolari di rinunziare a tutti i vantaggi della linea più breve, e della più grande caduta. L' interramento della Laguna, e l' insalubrità dell' aria di Venezia fecero prendere il partito di deviare tutti gl' influenti, e di portarli a sboccare fin dentro il Mare. Sopra questi due articoli differì di opinione il Castelli dal Montanari, e dal Guglielmini, che attribuivano l' interramento della Laguna alle deposizioni degl' influenti, e l' insalubrità dell' aria alle cattive esalazioni originate dal miscuglio delle acque dolci colle acque salse. Il Castelli sostenne che la Laguna s' interrava principalmente per le materie, che vi erano gettate dal Mare, ed attribuì l' insalubrità dell' aria, e le infezioni epidemiche alle esalazioni putride del terreno, che si andava successivamente scoprendo. Pensò ancora, che mantenendo nella Laguna un maggior corpo d' acqua si farebbe accresciuta la forza di respingere le deposizioni del Mare, e di portare più lontano quelle dei Fiumi, ed aggiunse l' esempio del Rodano, che non ha mai interrato il lago di Geneva, e gli altri esempj dei Fiumi, e dei laghi di Lombardia. Borelli fu del medesimo sentimento, e propose certi rastrelli per folcare, e sconvolgere il fondo della Laguna, e per fare che le acque più facilmente ne trasportassero altrove una parte delle deposizioni. Ma prevalse il sentimento contrario, e la Brenta fu deviata al porto di Brondolo, il Sile a quello di Jesolo, la Piave, e la Livenza a quello di S. Margherita.

L' allontanamento della foce, la protrazione della linea, e la diminuzione della pendenza doveva necessariamente portare una maggiore elevazione dei fondi superiori, una maggiore altezza delle

piene,

piene, ed un maggiore pericolo delle rotte. Ma la salubrità dell' aria, che si è ottenuta dopo la diversione dei cinque Fiumi dalle acque salse della Laguna, è un compenso bastante per tutti questi inconvenienti. Ci attesta ancora il Zendrini, che tutti gl' interramenti sono divenuti minori dopo la diversione. Colla pubblica commissione, che ho ricevuto per il regolamento della Brenta, avrò tra poco occasione di riconoscere da me medesimo lo stato di quei Fiumi. Aggiungo intanto il pronostico che se ne farebbe potuto fare a principio. La Laguna è di circa 10 miglia di lunghezza, e due di larghezza, e dando al miglio 500 pertiche, ossia once 60000 del piede di Bologna, potrebbe valutarli di un' area di circa 7200000000 once quadre. Supponendo che un Fiume vi portasse dentro 100000000 once cube d' acqua per ogni minuto secondo, ch' è in circa la portata del Reno: e supponendo in oltre, che in un anno si avessero dieci interi giorni di piena, e che le parti terree mescolate insieme coll' acqua non fossero che $\frac{1}{200}$ del volume, e del peso di essa; farebbe

la quantità della materia portata da quel Fiume in ciascun anno di 43200000000 once cube. Onde se in fine si supponesse, che tutti gl' influenti della Laguna arrivassero a portarvi cinque volte tanto in ciascun anno, dividendo la quantità della materia per tutta l' area; risulterebbe il rialzamento annuo, e ragguagliato di tutto il fondo di circa tre once, ossia d' un quarto del piede di Bologna. La maggiore profondità dei nostri laghi, e la minore quantità d' acqua, e di torbida, che vi portano i nostri Fiumi, relativamente a tutta l' area, suggeriscono la ragione, per cui finora non vi si offervi, che un semplice prolungamento delle spiagge intorno al luogo degli sbocchi.

CAPO QUINTO.

*Delle chiuse, che sostengono il letto dei Fiumi,
e delle controversie della Fersina.*

Chiuse, traverse, o pescaje si chiamano tutti gli ostacoli, o naturali, o artificiali, che attraversano il letto di un Fiume da una riva all'altra, e che, non potendo aprirsi, e divellersi dal fondo, obbligano le acque ad una caduta precipitosa. Le variazioni cagionate in un Fiume colla nuova erezione di qualche chiufa possono considerarsi per tutto il tronco, o superiore, o inferiore. Inferiormente precipitando le acque con grandissima forza, vi formeranno al piede dei vortici, e se il fondo non sarà ben tenace, e consistente, vi scaveranno ancora dei gorgi, che potranno mettere in pericolo prima il piede, e poi tutto il corpo della chiufa. E in questi casi bisogna che l'abilità dell'artefice prenda tutte le precauzioni, o con dare alla chiufa una scarpa affai larga al disuori, per modo che la caduta non abbiassi tutta a piombo, o con disporla a gradini per modo che resti come divisa in altre più piccole cadute. Ma quando siasi bastantemente provveduto al piede, e ai lati inferiori della chiufa, per tutto il tronco susseguente non vi è più altra considerazione da fare. Mentre nelle cadute ancora maggiori, e verticali si osserva generalmente, che la velocità acquistata, per la contrarietà istessa dei moti vorticosi, e per le ripercosse del fondo, e delle ripe, arriva prestamente al suo termine, e in poche centinaia di braccia s'accomoda a quel solo grado, che corrisponde all'altezza del corpo d'acqua, e all'inclinazione successiva del fondo. Io ho verificata questa osservazione anche sotto alla bella cascata di Chambery.

Superiormente il corso dell'acqua dev'essere ringorgato, e impedito in tutto il tratto, che resta sotto alla linea orizzontale tirata per la sommità, o ciglio della chiufa. Sopra di questa oriz-

zon-

zontale avrà l'acqua un libero corso, ma non avendo tutta l'inclinazione, e la declività di prima, farà meno veloce, sino che arrivi in vicinanza alla chiufa, dove anzi deve incominciare a maggiormente accelerarsi. E quest'effetto dipende in parte dalla maggiore pendenza, e declività della superficie dell'acqua, che vi supplisce alla minor pendenza del fondo, come si è spiegato a suo luogo: e parte ancora dalla naturale tenacità dell'acqua, per cui le particelle più veloci, discese sino al piede della chiufa, agiscono, e influiscono su quelle altre, che non vi sono ancora arrivate, traendole seco, e spingendole più di quello che porti la pendenza superiore, o della superficie, o del fondo. Osserva però il Manfredi, nelle note al Cap. VII. del Guglielmini, che, se la caduta è libera, per l'ordinario l'altezza del corpo d'acqua non incomincia a diminuirsi sensibilmente, e i galleggianti non incominciano ad accelerarsi che in poca distanza dalla chiufa: segno evidente che non si stende molto all'insù quell'aumento di velocità, che dipende, o dalla maggiore declività della superficie, o dall'azione dell'acqua, che liberamente precipita sotto alla chiufa.

Il rallentamento dell'acqua, in tutto l'angolo compreso tra la chiufa medesima, e il fondo primitivo del Fiume, vi deve facilitare la deposizione delle ghiaie, e delle altre materie piccole, e grosse: e riempito che sia tutto l'angolo, e continuando a discendere insieme alle acque delle altre materie simili, e queste, non ritrovando più innanzi alla chiufa la primiera, e necessaria pendenza, vi si devono ammassar sopra: e così pure quest'altre deposizioni devono servire di appoggio a quelle, che continueranno successivamente a discendere. Il riempimento dell'angolo, e il successivo rialzamento di tutto il fondo è una conseguenza necessaria, e immediata di quanto si è detto sopra dell'indole, e della natura dei Fiumi torbidi. Il Guglielmini nel Cap. XII. pensò di assegnarne i limiti dicendo, che alzandosi il letto del Fiume sino all'altezza della chiufa, darà altresì occasione ad un simile, e proporzionato alza-

alzamento nelle parti superiori dell' alveo : e fogggiugnendo poco dopo, che tutto il fondo superiormente alla chiufa ritornerà col tempo alla primiera declività. Il che, se si dovesse intendere a rigore, porterebbe che la linea del nuovo fondo dovesse tirarsi dalla sommità della chiufa all'insù parallelamente al fondo vecchio, e chealzata, per esempio, una chiufa di dieci piedi, tutto il fondo superiore del Fiume, e per conseguenza anche il fondo degli influenti, fino all'origine, o vera, o equivalente, si dovesse pure rialzare di dieci piedi: effetto che certamente non si è avuto in nessuna delle chiufe, che ancora a' giorni nostri si sono fabbricate in diversi luoghi d'Italia.

Questo delicato argomento s'incominciò a dibattere tra il Grandi, ed Eustachio Manfredi, coll'occasione delle controversie insorte per una chiufa proposta da farsi sul Fiume Era. Credette il Grandi che opposta in un Fiume qualunque chiufa vi si dovesse alzare il fondo con una continuata degradazione dalla chiufa medesima fino alla prima origine. Ma se ciò fosse vero, cioè se il nuovo fondo si dovesse disporre in una sola linea tirata dall'origine, o vera, o equivalente del Fiume fino alla sommità della chiufa, il nuovo fondo riuscirebbe più rilevato inferiormente, e però meno inclinato, e pendente del fondo vecchio: il che è contrario a tutte le premesse teorie. Mentre la pendenza del fondo è sempre data, e determinata in qualunque Fiume quando sia dato il corpo d'acqua, e data la quantità, e qualità delle materie che porta: e non mutandosi nè le materie, nè il corpo d'acqua in un Fiume per la fabbrica d'una chiufa, non è possibile che si muti neppure la pendenza del fondo, divenendo minore, come porterebbe l'ipotesi del Grandi.

Seguitando il filo delle teorie antecedenti, considerando il rallentamento del corso, che deve averfi per l'opposizione della chiufa, e supponendo che la velocità innanzi alla chiufa dipenda interamente dalla caduta superiore; egli è certo che il nuovo fondo si

dovreb-

dovrebbe stabilire a poco a poco in una linea parallela al fondo vecchio, e tirata per la sommità della chiufa, e che però il rialzamento del fondo dovrebb' essere dappertutto eguale all' altezza della chiufa medesima. Ma vi è ancora un altro elemento, che necessariamente influisce nella velocità delle acque superiori: cioè l'accelerazione di quelle, che attualmente precipitano dalla chiufa, e che per la naturale adesione, e tenacità delle parti si stende, e si comunica alle altre, che non vi sono ancora arrivate. Sulla considerazione di quest' altro elemento è fondato il parere prodotto già dal Manfredi in occasione delle controversie accennate, e poi spiegato più diffusamente dai Signori Zanotti, e Bacialli nel secondo tomo degli Atti dell' Accademia di Bologna. E esso porta in sostanza, che, alzata una chiufa, la cadente del nuovo fondo con tutte le sue variazioni dev' essere eguale, simile, e parallela al fondo vecchio: e che questa nuova cadente deve incominciare a tirarsi all' insù parallelamente alla cadente primitiva, non dalla sommità della chiufa, ma da quell' altro punto superiore, dove incominciano le acque ad essere spinte più avanti, e maggiormente accelerate per l'azione di quelle, che già precipitano liberamente da tutta l'altezza della chiufa.

Questa teoria, quantunque già esposta da molto tempo in diversi libri abbastanza conosciuti in Italia, non pare che fosse punto conosciuta dall' Autore della seconda Memoria sulle controversie della chiufa da alzarfi sopra il torrente Fersina vicino a Trento, ch' è inserita nel tomo secondo delle Memorie Idrostatico-Storiche, stampate in Modena nell' anno 1773. Eppure questa è una conseguenza immediata di tutt' i principj antecedenti. Però il problema della cadente, a cui si dovrà conformare il fondo di qualche Fiume per la fabbrica di una chiufa, si ridurrà a trovare il termine dell' accelerazione cagionata dalla discesa libera, e poi a tirare da quel punto all' insù una linea parallela, e simile alla cadente del fondo vecchio fino all' origine vera del Fiume, o fino a quell' al-

X x

tra

tra chiufa, o sostegno, che interrompa superiormente la continuazione del corfo, e che si abbia però a confiderare come l'origine equivalente del Fiume. Sia la linea del fondo FM , *fig. 93.*, e l'altezza della chiufa MN . La linea del nuovo fondo non potrà essere FN , perchè farebbe meno inclinata della prima: e neppure potrà essere fN , perchè sopra il punto N la velocità dev' essere maggiore di quella, con cui le acque prima correvano sopra il punto M . Ma supposto che in p incomincino le acque ad accelerarsi per cadere da tutta l'altezza MN , la linea del nuovo fondo farà Pp parallela ad FM . E la nuova cadente dovrà intendersi continuata fino alla prima chiufa, o naturale, o artificiale, che interrompa superiormente il corfo del Fiume, perchè quando si trovi il fondo diviso con qualche chiufa come in due tronchi differenti, la velocità in ciascuno di essi non può dipendere dalle variazioni, che succedano nell' altro.

L'elevazione del fondo, che in conseguenza si dovrà fare superiormente alla nuova chiufa, ricercherà una parte delle materie, che altrimenti dovrebbero ricadere nel tronco inferiore del Fiume. Così è verissimo, che fabbricata una chiufa si deve diminuire il trabocco delle materie più pesanti. Ma riempito, che sia tutto lo spazio $PpNMF$, deve continuare il Fiume a spingere sul fondo Pp , oltre alla chiufa NM , le materie medesime di prima. Però è un inganno di lusingarsi, che, interrompendo il letto di qualche Fiume con varie chiuse, si possano trattenere tra i seni delle montagne i sassi, e le ghiaie, e così impedire gl' interramenti del letto inferiore, e prevenire i pericoli degli argini delle pianure. Tutto il vantaggio per questa parte non può essere che temporario. Il Guglielmini lo ha espressamente insegnato nel Cap. XII. Il Manfredi nelle sue annotazioni vi ha eccettuato il solo caso, che l'alzamento della chiufa, e del fondo superiore sia tanto grande, che basti ad assicurare le falde delle montagne perchè non dirupino in tempo di pioggia, e non facciano ricadere nel Fiume tante materie come prima.

prima. Il Viviani con suggerire che le chiuse già progettate per trattenere superiormente le ghiaie d'Arno si dovevano di tempo in tempo portare a maggiore altezza, ha fatto sentire di non sperarne appunto che un utile temporario. Ho seguitato tutti questi principj nelle consulte, che ho fatto intorno al rialzamento della Serraglia già eretta sopra il torrente Ferfina nel luogo di Pontalto vicino a Trento.

La Ferfina sorge tra le Alpi del Tirolo dal piccolo lago di Nardemol, e dopo di essere corsa per alcune miglia tra i seni delle montagne, e di essersi ingrossata coll' unione di varj influenti, nel luogo chiamato il Chius, sbocca nel piano di Pergine, e vi corre arginata alla distanza di circa un miglio dalle paludi, che comunicano col lago di Caldonazo, onde ha origine la Brenta. Passato il piano di Pergine s'interna nuovamente la Ferfina tra le montagne: poi sotto il luogo di Pontalto si restringe di letto alla larghezza di pochi piedi, e precipita da una chiufa di 82 piedi di altezza: e finalmente dalle angustie delle montagne passa nel piano di Trento, e con un letto assai spazioso va a sboccare nell' Adige in poca distanza dalla Città. Vi è una popolare tradizione, che anticamente la Ferfina abbia avuto il suo corfo nel piano di Pontalto, 200, e più piedi sopra il ciglio della presente caduta: che lo stesso monte servisse di sostegno naturale a tutto il letto superiore di quel torrente: e che in progresso di tempo coll' impeto continuato delle acque in un precipizio così grande si sia corroso il monte, dove trovavasi composto di strati meno tenaci, e consistenti. Abbiamo molti altri esempj di nuove strade, che i Fiumi si sono aperte naturalmente tra i seni delle montagne. Ma per verificarne qualcuno di essi io non ho mai consultato le tradizioni popolari, ed ho cercato in vece di osservare, e di studiare la natura in se medesima. Ora intorno a Pontalto la tradizione resta esclusa dal fatto: mentre al lungo dei monti, tra' quali corre incassata la Ferfina, anche dove la coltivazione non ha portato variazione alcuna

al terreno, anche dove le valli si allargano, e in tutto il piano di Pergine, non si ritrova vestigio alcuno di un letto abbandonato, e tant'alto, che abbia servito anticamente a portare il torrente delle centinaia di piedi sopra il presente suo letto.

Io penso adunque che la Fersina non sia mai corsa in un letto molto più alto del letto presente: che anticamente precipitasse tra i dirupi medesimi del monte nel sottoposto piano di Trento: e che in progresso di tempo, nell'impeto maggiore delle piene, si siano tagliati, e sciolti gli altri strati inferiori, si sia abbassato il torrente anche sotto all'odierno livello, e sia con ciò dirupata una parte delle falde vicine, e del vecchio Palazzo Madruzzi, che vi si era voluto fabbricar sopra. Nel 1537 s'incominciò a provvedere al successivo dirupamento del monte con una chiusa nelle fauci più strette di Pontalto. Ma quella prima chiusa, come costrutta di soli legnami, e di una forma poco solida e robusta, fu cinque anni dopo portata via dall'impeto d'una piena. Ve ne fu sostituita un'altra di pietre tutte murate, che resse per 42 anni, e poi in tempo d'una piena ebbe la stessa sorte della prima. Dopo di ciò dal 1589 fino al 1600 il torrente si lasciò correre senz'altro freno, e in seguito si prese il partito di fabbricarvi due differenti chiusure: la più grande nel luogo istesso di Pontalto, e un'altra di altezza minore, alla distanza di circa un miglio superiormente, dove i fianchi opposti del monte sono più consistenti, e si stringono più da vicino tra loro. Si credette che in questo modo si potessero arrestare le materie più grosse in tutto il tronco superiore. Ma in pochi anni la seconda chiusa si trovò affatto sepolta sotto alle deposizioni del torrente, e la prima non arrivò ad impedire che non trabocassero inferiormente le materie istesse di prima.

La chiusa di Pontalto fu rifabbricata di nuovo nel 1612, e dopo varie mutazioni, e restaurazioni fu quasi interamente distrutta da una piena straordinaria nel 1747. Sugli avanzi di essa s'incominciò a fabbricar quella, che sussiste ancora presentemente. Il

la-

lavoro fu diretto dal celebre Ferracina, e fu fatto di pietre grandi, quadrate, e incastrate solidamente nei due opposti fianchi del monte. La nuova chiusa si trovò portata nel 1752 fino all'altezza di piedi 82 di Trento, che sono poco meno di 90 di Parigi. Ma in pochi anni si vide riempito l'angolo della Serraglia, il nuovo fondo arrivò a spianarsi sul ciglio istesso della caduta, e continuò il torrente a portare più oltre e ghiaie, e sassi, ed altre materie grosse. Io visitando tutti quei luoghi, nel mese di Maggio del 1773, ho osservato, che per circa un quarto di miglio non arrivava più a congruarsi col ciglio della Serraglia che il fondo di un canale non molto largo, per cui le acque basse avevano il loro corso sulla sinistra. Ma sulla dritta tutto il resto del letto, ch'ivi è assai largo, si trovava coperto di ghiaie, e di grossi sassi fino all'altezza di 10, 15, e in qualche luogo anche di 20 piedi sopra il suddetto ciglio, e sopra il fondo del canale contiguo. Il letto inferiore, in vicinanza della Città di Trento s'era rialzato di alcuni piedi sopra il piano della campagna, e il torrente in tempo di piene non vi si poteva più contenere, che assai difficilmente tra gli argini.

Non si potrebbe addurre un esempio più grandioso, e più autentico del piccolo, e breve vantaggio, che può sperarsi dalle chiusure per liberare i fondi inferiori dal precipizio delle ghiaie: e l'esempio medesimo doveva far deporre l'idea di portare a maggiore altezza la chiusa di Pontalto. Ciò non ostante essendo questo il progetto, che ad alcuni pareva più salutare per il piano inferiore di Trento, si è pure da alcuni altri promosso il dubbio, che rialzando maggiormente la chiusa non si dovesse anche rialzare il fondo superiore del torrente fino al piano di Pergine. E siccome in tempo d'una piena è già succeduto il caso che rotti gli argini s'è deviato il torrente verso il borgo di Pergine, e vi ha lasciato degli ampi vestigi d'un letto continuamente sparso di ghiaie, e sassi; così a quel primo dubbio se n'è aggiunto anche un altro, che col progresso del tempo si potesse rivolgere il torrente, o tutto, o in parte verso

le

le paludi, e verso il lago, onde principia a scorrere la Brenta. Questo secondo dubbio appoggiavasi in oltre a due fatti: che in qualche luogo il fondo del torrente è fino 8, o 10 piedi più alto del piano della campagna di Pergine: e che dal luogo chiamato il Chius seguitando il corso del torrente la pendenza è minore, che andando direttamente verso il suddetto Borgo.

La caduta del fondo, che dalle livellazioni fatte risultava di piedi 461 in tre miglia sopra la chiusa, e l'elevazione del piano di Pergine poteva bensì assicurare che alzando ancora la chiusa di 69, o 80 altri piedi il rinforgo delle acque non si avesse da stendere tanto lontano, nè vi si avesse a temere una maggiore altezza delle piene; ma non bastava però per rendere meno grave il dubbio d'un successivo, e continuato rialzamento di tutto il fondo. Mentre supposto che il fondo si venisse una volta a colmare fino all'orizzontale tirata per la sommità della chiusa rialzata, le acque scorrendovi sopra, e non trovandovi la pendenza istessa di prima, vi deporrebbero delle altre materie grosse, che servirebbero poi di appoggio a quelle, che vi potevano successivamente arrivare. E questa istessa ragione vale anche contro l'opinione di quelli, che si aspettavano un interrimento gradatamente minore andando all'insù, per modo che alla distanza di 3, o 4 miglia dalla chiusa non vi restasse da temer altro. Generalmente il declive d'un Fiume, o d'un torrente non può variarsi quando sia dato il corpo d'acqua, e data in oltre la quantità, e qualità delle materie che porta: e non variandosi queste circostanze per l'alzamento d'una chiusa, neppure si può sperare che il fondo alzandosi meno sopra che sotto, si accomodi ad una linea meno inclinata della prima.

Essendo io incaricato di esaminare tutta la controversia ho incominciato a riflettere che il problema della nuova cadente, a cui si avrebbe a conformare il fondo della Fersina dopo il rialzamento della Serraglia di Pontalto, si riduce a trovare il termine, a cui verisimilmente si stenderebbe l'accelerazione originata dalla caduta

li-

libera, e verticale. E avendo passeggiato tutti quei luoghi in tempo di acque basse, mi è parso ch'esse non cominciassero ad accelerarsi sensibilmente se non qualche centinaio di passi sopra la chiusa. Vi ho riscontrato in oltre un indizio sicuro, per cui non avrebbe a sperarsi che in tempo di piena l'accelerazione dovesse stendersi ad una distanza molto maggiore: cioè l'allargamento del letto, che si ha immediatamente sopra la chiusa, e per cui la velocità totale, e assoluta deve riuscire molto minore di quella, che si avrebbe in un alveo d'una larghezza continuamente uniforme. Ho creduto adunque che si dovesse concedere per cosa certa, e sicura che, rialzata in qualunque modo la chiusa, le acque inferiori, e più celeri per la piccola loro adesione, e tenacità non potevano agire sensibilmente sulle altre, per esempio un mezzo miglio più sopra, accelerandole più di quello che porterebbe la loro quantità, e la pendenza del fondo superiore. E ciò posto ho asserito che se rialzando la chiusa per altri 50, o 60 piedi dovesse averfi nel fondo superiore alla distanza di un mezzo miglio qualche piede di rialzamento (senza di che sarebbe inutile ogni progetto di questo genere) si avrebbe pure un rialzamento eguale di qualche piede continuamente al di sopra fino al piano di Pergine. Poichè alla distanza di un mezzo miglio, non influendo punto nel corso della Fersina l'accelerazione delle acque inferiori a Pontalto, dovrebbe mantenersi la pendenza medesima di adesso, e per qualunque punto avesse a passare la linea del nuovo fondo si continuerebbe sempre per una linea parallela al fondo presente.

Se si potesse riguardare la Fersina come interrotta, e divisa in tanti tronchi differenti, tutto il rialzamento del fondo dovrebbe terminarsi, come si è detto, a quel sostegno, o naturale, o artificiale, che ne formasse la divisione. Ma da Pontalto andando all'insù verso Pergine tutta la Fersina non ci presenta che un tronco unico, e solo. La chiusa fabbricata anticamente un mezzo miglio sopra Pontalto, resta affatto sepolta tra le deposizioni delle ghiaie,

ghiaje, e la sezione del torrente, quantunque sia molto ristretta in qualch'altro luogo, si spiana però dappertutto sopra di un fondo unito, e continuato. L'altra chiufa, che serve per un mulino al luogo di Civezzano, non è stabilmente legata alle due sponde opposte, e consiste in alcuni mucchi di ghiaje, e sassi, che possono in una piena spianarsi, e conguagliarsi con tutto il resto del fondo: e di più, sopra di detta chiufa, il Rio di Civezzano, e il torrentello Silla portano una gran copia di sassi, e di grosse ghiaje, che quando non trovassero inferiormente la pendenza istessa di prima incomincierebbero ad ammucchiarsi, e farebbero una nuova causa d'un rialzamento continuato, e seguente. Finalmente il profilo della livellazione fatta, e concordata d'ambe le parti non ci rappresenta nel fondo, e nella cadente di tutta la Fersina divisione alcuna di tronchi, nè alcun altro interrompimento fuor che quello di Pontalto.

Su tutte queste osservazioni, e riflessioni ho creduto, che se si fosse trattato di rialzare la chiufa di Pontalto solamente di 15, o 20 piedi non si sarebbe fatt'altro, che assicurare le materie di già ammucchiate largamente al disopra, come si è detto, e impedirne il trabocco nel piano inferiore di Trento, senza portare variazione alcuna in tutto il fondo superiore. Ma se la chiufa si fosse portata ad un'altezza maggiore, per esempio di 30, o 40 piedi, come parlavasi, o ancora di 50, e di 60, mi è parso che certamente ne sarebbe seguito un rialzamento sensibile del fondo presente per circa mezzo miglio più sopra, dove non potendosi più contare sull'accelerazione, e sulla caduta libera della chiufa, il rialzamento si sarebbe continuato egualmente, e successivamente per tutto il tronco superiore, e attraverso al piano di Pergine. Finalmente considerando l'elevazione del fondo presente sopra il suddetto piano, riflettendo al maggior declive della campagna verso il Borgo di Pergine, e sopra tutto avendo sott'occhio gli ampi vestigi del letto, per cui altre volte la Fersina erasi incominciata a rivolgere da quella parte; non ho

neppure

neppure creduto irragionevole il timore, che tra le remote conseguenze d'un maggiore rialzamento della presente chiufa di Pontalto non vi potess'essere anche quella di deviare le acque della Fersina verso il lago di Caldonazzo, e verso le gole della Valsugana.

Ho ancora suggerito il provvedimento, che mi pareva il più opportuno per la campagna inferiore, e per la stessa Città di Trento: cioè di deviare il torrente Fersina dal presente suo letto sotto al ponte Cornicchio, dov'è già uscito dai seni delle montagne, d'inalvearlo al piede delle colline, che restano situate sulla sinistra, e di portarlo direttamente a sboccare nell'angolo della svolta più vicina dell'Adige. Con questa diversione si arriverebbe a guadagnare 16 piedi sulla caduta totale di $133\frac{1}{2}$, restando il nuovo

sbocco più basso appunto di piedi 16: e nella lunghezza dell'alveo si guadagnerebbero 1200 piedi sopra 7992. Il nuovo sbocco riuscirebbe a seconda del filone inferiore del Fiume, e per qualunque accidente di una piena straordinaria il letto presente della Fersina servirebbe di contrargine, e di difesa per tutto il piano superiore della Città, e vi toglierebbe affatto il pericolo di qualsivoglia inondazione. Il rialzamento della Serraglia di Pontalto è poi stato permesso dentro i precisi limiti, che io aveva indicato: ed essendosi voluto preferire in Trento quest'opera al progetto di una nuova inalveazione della Fersina, la piena ultimamente sopravvenuta ha rovinato i nuovi lavori, e danneggiato in parte anche i vecchi: il torrente sotto al ponte Cornicchio ha deviato dal letto vecchio verso il piede delle colline: e le difficoltà incontrate per restituirlo nel letto istesso di prima potevano servire d'istruzione, e di guida per seguirne le tracce della natura, e secondarla opportunamente con l'arte.

CAPO SESTO.

*Dello scolo, e della bonificazione delle Campagne;
e particolarmente delle Paludi Pontine.*

L'Elevazione, e l'inclinazione dei piani delle campagne qual-
che volta può esser tale, che basti levarvi tutti gl' impedi-
menti perchè le acque, o sorgenti, o piovan scolino naturalmente
dentro gli alvei inferiori dei Fiumi: qualche volta può far bisogno
di tutta l'arte, perchè dopo una pioggia dirotta non restino tanto
lenti gli scoli, che le campagne troppo lungamente inondate delu-
dano le speranze della coltivazione: qualche volta s'incontrano dei
terreni così bassi, e vallivi, che non possono rendersi coltivabili,
se non alzandoli di livello, e colmandoli. Al piede delle mon-
tagne, e delle colline, non mancandosi di caduta, per l'intera
libertà degli scoli ordinariamente non fa bisogno che di levare le
chiuse, e gli altri ostacoli, che spesso volte una mal intesa eco-
nomia frappone al corso delle acque. Dovrebbero riguardarsi come
massime generali, e fondamentali del sistema di qualunque paese:
che le inondazioni vanno sempre ristrette dentro lo spazio minore
che sia possibile: che la coltivazione va preferita sempre alla pesca:
che i soli limiti, dentro i quali conviene qualche volta, che si
trattengano le acque, e che si facciano ringorgare, sono quelli
della navigazione.

Nell' Insubria superiore si potrebbero proporre diverse opera-
zioni di questo genere. Per esempio la chiusa, che attraversa
il lago di Brivio, vi sostiene le acque all' altezza qualche vol-
ta d'un braccio, qualche volta anche di più sopra il pelo dell'
Adda, che resta incanalata al disotto. La lunghezza del lago è di
circa tre miglia, e la larghezza arriva in alcuni luoghi ad un mi-
glio. I fondi sono assai bassi intorno alle sponde, e la navigazione
non è in ogni tempo libera, e continuata se non nel mezzo. Non
vi è

vi è dunque alcun dubbio, che si guadagnerebbe moltissimo, levan-
do interamente la chiusa: massime se dopo di ciò si pensasse a re-
stringere le piene dell' Adda con qualche argine, e s'incominciasse
a metterla anche superiormente in canale. Nei laghetti di Civate,
e di Oggiono essendo così grande la caduta sopra il lago di Lecco,
come diremo a suo luogo, allargandone semplicemente l'emissario,
raddrizzandolo, sprofondandolo, vi farebbe pure da guadagnare non
poco, e per la coltivazione, e per l'escavazione della torba, e per
la salubrità dell' aria tutt' all' intorno. Lo stesso dovrebbe dirsi del
lago di Varese: ed ivi ancora si potrebbe regolare l'emissario in
maniera, che la navigazione restasse aperta dal lago suddetto al
lago Maggiore, e di là si venisse a continuare fino al Tesino, e al
naviglio di Milano.

Nelle pianure la maggiore facilità degli scoli molte volte ri-
cerca le più mature osservazioni, e le livellazioni più esatte: non
solamente per riconoscere se vi siano dei terreni più alti, separarne
gli scoli, e incominciare a restringere le inondazioni; ma per ve-
dere ancora se vi sia qualche punto più basso, a cui si possano più
facilmente rivolgere gli altri scoli dei terreni inferiori. Mentre
quantunque le acque, che ricadono dalle campagne, e si raccolgo-
no nei condotti artefatti, ne stacchino, e portino avanti delle ma-
terie terree, e non siano affatto chiare; ciò non ostante non abbi-
sognano esse per correre di una pendenza sensibile di fondo, e
quand' anco il fondo si tenga affatto orizzontale, tutto l'inconve-
niente si può al più ridurre al bisogno di doverlo escavare di tanto
in tanto. Così adunque qualche piede di più di caduta, che si ve-
nisse a guadagnare trasportando lo sbocco da un luogo all' altro,
potrebbe decidere dello scarico più facile, e più pronto delle acque.
Una livellazione può abbisognare ancora per conoscere se si debba
arginare il condotto, ed a quale altezza, e fin dove, e se si debba
lasciare aperto, o se convenga munire la foce con una chiavica da
chiudersi nel tempo delle piene. Tutte queste precauzioni sono ne-

cessarie nel caso che il condotto possa essere ringorgato: non solamente perchè alle acque dello scolo impedito non si aggiungano anche quelle del Fiume; ma ancora perchè le acque torbide del Fiume non contribuiscano ad interrare maggiormente il condotto.

Quando non vi sia caduta bastante per portare gli scoli delle campagne dentro l'alveo di un Fiume, o in qualch' altro condotto più vicino, bisogna farvele passare al disotto, e vedere se vi sia al di là qualche punto più basso per un esito libero, e facile. Per ciò si ricerca la fabbrica di un acquedotto. Le fabbriche di questa sorte, che da noi si chiamano tombe, e botti sotterranee; ricercano sempre molta attenzione per essere conservate: e se non sono ben proporzionate allo scarico delle acque più abbondanti, portano l'inconveniente di farle ringorgare nel tempo delle maggiori piogge, e di liberarle più lentamente le campagne superiori. Nel caso poi, che il fondo dell' acquedotto non possa tenersi in un piano solo, e che per farlo passare sotto di un Fiume, o di un altro canale, convenga incurvarlo a sifone, o, come dicesi volgarmente, a salto di gatto, oltre al rischio di sprofondarne il ventre in un terreno più sciolto, e sortuoso, può aggiugnervi anche il bisogno di proporzionare le pareti interne dell' acquedotto alla maggiore pressione delle acque, che scendendovi da una parte, dovrebbero risalire dall' altra. In oltre nelle botti più concave sono sempre più facili gl' interramenti: e però ancora per questo capo è necessario di tenerle incurvate meno che sia possibile. Tra i lavori già preparati per continuare il Naviglio di Milano fino a Pavia, vi sono due botti, che si conservano ancora benissimo, che sono incurvate per più di 7 braccia sotto il piano della campagna.

Ma quando poi in nessuna delle maniere indicate si potessero aprire gli scoli in qualcuno dei Fiumi vicini, bisognerebbe vedere se si potesse cavare qualche partito dalle acque dei Fiumi stessi, diramandole mentre sono più torbide, e facendo servire le deposizioni al graduato rialzamento dei bassi fondi. Questa specie di bonifi-

nificazione si è quella, che propriamente chiamasi colmata. I Toscani ne sono stati i maestri, e con quest' arte hanno acquistato dei bellissimi poderi in Valdichiana, nei contorni del lago di Fucecchio, e in altri luoghi. Nei Polesini di Ferrara, e di Rovigo, nel Modenese, e in altri luoghi d'Italia si sono pure così cambiati in belle campagne molti poderi, che prima erano incolti, e paludosi. Nella parte inferiore dell' Insubria, e massime nei contorni del Pò, si conosce benissimo il metodo di far servire le acque delle inondazioni, e delle rotte ad alzare il livello dei terreni, ed a poterli coltivare, e scolare più facilmente. Ma nella parte superiore non pare che si sia ancora cavato tutto il profitto, che si potrebbe sperare dal Greghentino, dal Lambro, e da alcuni altri torrenti, che qualche volta corrono torbidi. Il Guglielmini nel Cap. XIII. sulla natura dei Fiumi ha spiegato le principali regole delle bonificazioni, e tutte in sostanza si riducono a quanto segue.

Le colmate si fanno in due maniere: o a terreno serrato, e regolato: o a foce libera, e aperta. La prima è quando si cinge di arginelli tutto il terreno da colmarsi, e vi si derivano sopra le acque torbide, lasciandole poi uscire chiarificate dall' altra parte. La seconda è quando vi si rivolge sopra tutto un Fiume, o un torrente, o una parte di esso, che vi si spanda liberamente da qualche rotta, o naturale, o artificiale. E in un caso, e nell' altro bisogna che vi sia caduta bastante dal Fiume al luogo della colmata, e dalla colmata al luogo, dove si hanno poi da scolare le acque chiarificate. Ma nel primo caso vi vogliono in oltre due, o più chiaviche da regularsi all' ingresso, ed all' uscita, con due condotti arginati, l' uno dal Fiume al luogo della colmata, e l' altro dalla colmata al luogo dello scolo: e poichè le deposizioni devono sempre essere più copiose nelle maggiori vicinanze del Fiume; così nel progresso della colmata bisogna allungare gradatamente i condotti, trasportare più lontano le chiaviche, e restringere il circondario degli argini. Gl' interramenti saranno ancora maggiori a principio della

della colmata, quando le acque sopra un piano più basso si potranno derivare verso il fondo del Fiume, e saranno per conseguenza più torbide. A proporzione che il terreno continuerassi ad alzare, e che l'acqua sarà diramata alla superficie del Fiume, riuscirà essa meno torbida, e la colmata procederà più lentamente. Ma per lo contrario farà allora più facile lo scolo, e si potrà in un dato tempo rinnovar l'acqua un maggior numero di volte. Se non potesse averli altrimenti lo scolo, che coll' assorbimento, che si fa sempre dell'acqua tra i pori della terra, o colla semplice evaporazione, la colmata procederà ancora più lentamente, ma molte volte potrà benissimo darsi il caso che non convenga di abbandonarne il pensiero.

L'operazione si potrà fare molto più presto deviando sopra il terreno da colmarli tutto un Fiume, e tutte le materie portate insieme coll'acqua: ma allora vi faranno da prevenire diversi inconvenienti, e bisognerà prendere tutte le precauzioni, perchè a fine di bonificare i terreni cattivi, non vengano a inondarsi anche i buoni, e perchè il Fiume non si allunghi la linea, non prenda un altro corso, e non venga a peggiorare di condizione. Bisognerà ancora in questo caso regolare lo sbocco del Fiume, ripartire le acque in più rami, tenere il ramo principale nel mezzo della palude, facilitare ordinatamente sul labbro di essa gl' interramenti. Abbiamo detto nel Cap. II. come in questa maniera si siano colmate naturalmente in pochi anni le valli della Sanmartina, dopo che vi si sono portate sopra le acque di tutto il Reno. Le altre valli del Bolognese, dove il Reno, e gli altri torrenti hanno continuato a scorrere più lungamente senz'alveo, e senza sponde, si sono pure rialzate notabilmente di fondo, ed hanno così resa più facile l'impresa d'inalvearli tra le proprie alluvioni. Nelle Paludi Pontine la lunga costiera delle colline, che le divide dal Mare verso Ponente, la poca declività, che ha tutto il piano da Tramontana a Mezzogiorno, il lungo corso che devono fare gl' influenti superiori per arrivare agli ultimi sbocchi nel Mare in vicinanza di Terracina, non hanno

hanno dato luogo finora che a delle bonificazioni parziali, e temporarie, e senza aprirvi dei nuovi scoli, e rivolgere gl' influenti per altre linee non sarebbe possibile di portarvi una mutazione più sostanziale nelle acque, nei terreni, e nell'aria.

Paludi Pontine si chiamano i terreni inondati nella Campagna di Roma, tra Sermoneta, Sezze, Terracina, e la spiaggia del Mare Mediterraneo. La lunghezza è di più di 18 miglia, e la larghezza in alcuni luoghi arriva fino a 7, ed 8. Non essendosi ritrovate delle sorgenti nel circondario delle paludi, tutte le inondazioni non possono derivare che dalle espansioni dei Fiumi Cavata, e Ninfa, dal torrente Teppia, e dall'acqua Puzza, che vi entrano dalla parte superiore di Sermoneta. Il Fiume Ufente, che sorge più basso, e l'Amaseno, che imbocca nell'Ufente, non sono di danno alcuno all'campagne, anzi ricevono diversi scoli, e corrono tra le proprie ripe fino a sboccare in Mare in vicinanza di Terracina.

Monsignore Bolognini nelle sue Memorie sullo stato antico, e presente delle Paludi Pontine, che si trovano inserite nella Raccolta di Firenze, ne ha illustrato eruditamente la storia, e ne ha promosso maturamente, e fervidamente il progetto del totale asciugamento. E in primo luogo ha creduto, che da alcuni passi di Dionigi d'Alicarnasso, di Tito Livio, di Acrone, di Dione, e da un'antica iscrizione che si conserva nella Cattedrale di Terracina, si potesse raccogliere che tutto il circondario delle Paludi sia stato asciugato, abitato, e coltivato nei tempi di Appio Claudio, di Cornelio Cetego, di Augusto, di Trajano, e di Teodorico. Io onoro particolarmente il nome, e la memoria di quell'illustre Prelato, quantunque non creda che dai medesimi dati si possa poi ricavar la medesima conseguenza.

Dionigi d'Alicarnasso non parla che della grandiosa strada tirata da Appio Claudio da Roma a Capua attraverso alle stesse Paludi, *loca depressa, cavaque magnis aggeribus complanando*. Ma siccome le Paludi si stendono al lungo della via Appia nella larghezza

ghezza di più di tre miglia per parte, l'asciugamento di esse avrebbe portato delle altre opere assai più grandiose, e la semplice costruzione degli argini per tenere in un piano solo la strada, non è una prova che le Paludi, e da una parte, e dall'altra siano state, o totalmente, o nella massima parte asciugate.

Tito Livio nel Lib. XLVI. scrive unicamente: *Pontinae Paludes a Cornelio Cethego Consule, cui ea Provincia obvenerat, exsiccate, agerque ex iis factus*. Ma siccome la parola *Ager* non può qui significare un' estensione di terreno da paragonarsi con tutto il circondario delle Paludi, così il passo di Livio non può indicarne che l'asciugamento, e la bonificazione di qualche parte.

Acrone scrive: *Divus Augustus duas divinas fecit: nam Pontinam Paludem sicavit, ut ad Mare meatum haberet, ut post & arari posset, & portum Lucrinum munivit*. Ora lo sbocco in Mare non è mai stato aperto attraverso alle colline: e nella parte inferiore di Terracina non vi sarebbe mai da sperare che si potesse dar esito se non alle acque dei torrenti inferiori, come vedremo: e così non è mai da crederfi che ai tempi di Augusto si sia coltivata più che una parte delle Paludi.

Dione nel Lib. LXVIII. dice di Trajano: *Per Pontinas Paludes viam saxo stravit, extruxitque juxta vias ædificia, pontesque magnificentissimos fecit*: espressione, da cui non può ricavarfi che nell' Impero di Trajano siano state asciugate, e bonificate le Paludi Pontine fino alla distanza di due, e più miglia dalla strada.

E così pure nell' iscrizione di Terracina non è indicato che il semplice risarcimento della via Appia, fatto da Cornelio Decio, nel regno di Teodorico: *Via Appia iter, & loca quæ confluentibus ab utraque parte Paludum inundaverant usui publico, & securitati viantium restituit, per plurimos qui ante non erant alveos deducta in Mare aqua*.

Le difficoltà fittiche, che si oppongono adesso al totale asciugamento delle Paludi, possono servire di norma per l'interpretazione dei

dei testi, e delle autorità, che si volessero addurre. Due differenti progetti sono stati più particolarmente agitati sotto i Pontificati di Martino V., e di Sisto V. Nel primo trattossi di volgere al Mare direttamente gl' influenti superiori per la linea più breve, aprendo un taglio nelle colline, tra i due laghetti di Caprolaccio, e dei Monaci. S' incominciò allora il gran Cavo, che ancora ritiene il nome di Rio Martino, largo in più luoghi quasi 300 palmi Romani, e in alcuni profondo più di 50, e continuo per la lunghezza di circa sei miglia, e fin fuori della collina, per modo che per portarlo fino al Mare non vi mancavano che tre soli quarti di miglio. Si abbandonò tutta l'opera nei tempi di Sisto V., e in vece si vollero allora seguitare delle linee molto più lunghe con un altro grandioso Cavo, che ritiene il nome di Fiume Sisto, e che termina in Mare alle radici di monte Circello dalla parte di Terracina. Ma appunto la lunghezza del cammino per giungere al Mare non lasciava alle acque unite una caduta bastante per potersi abbassare di pelo: con ciò seguirono varie rotte negli argini, e le acque divise, e disperse dai lati non ebbero più forza bastante per tenersi espurgata, e libera la foce: e così gl' inconvenienti influendo gli uni su gli altri gradatamente crebbero a segno da non lasciar cavare vantaggio alcuno da quest' impresa.

Il progetto di Martino V. fu riassunto a' tempi nostri, per opera principalmente di Monsignore Bolognini, e coi suffragj uniformi di tutt' i Matematici, che ne vennero consultati. Dalle livellazioni, che si sono fatte, il pelo delle acque al Ponte di Santa Sala, dove restano uniti i due Fiumi Teppia, e Ninfa, risultò di circa 60 palmi più alto del pelo basso del Mare. Le acque dal luogo suddetto presentemente non giungono al Mare, che per una strada di 30 miglia, e non ayrebbero che miglia 13 per la parte del Rio Martino. Volgendole adunque da questa parte, e riducendosi tutta la strada a meno della metà, si guadagnerebbe più di altrettanto di caduta: e la caduta residua, e ragguagliata di circa cinque palmi

Romani per miglio, basterebbe per il sicuro corso di un Fiume che fosse anche più torbido. Non so se le livellazioni si siano poi portate fino alle parti inferiori delle Paludi. Ma so che in tutto il circondario di esse non si è riconosciuto alcuno specchio, o lama d'acqua, che non venisse sopravvanzata al di fuori da cannuce, e virgulti di poca altezza: e ciò basta per accertarsi che non vi siano dei fondi così bassi da non poterli assolutamente scolare. Non vi è dunque alcun dubbio che non si possano asciugare le Paludi, e che, asciugate che siano una volta, non se ne possano interamente, e stabilmente deviare gl' influenti superiori, rivolgendoli al Mare inalveati, e arginati per la strada più breve, attraverso delle colline. Ma per arrivare una volta ad asciugarle non basta di sprofondare, raddrizzare, e ridurre a compimento il Cavo di Martino V. Bisogna tirarvi dal centro delle Paludi uno, due, o più altri canali, che portino al Rio Martino le acque sparse, e stagnanti da tanto tempo: e siccome riuscirebbe sempre più difficile di richiamarvele dalle distanze più grandi di otto, dieci, e più miglia; così io credo, che nella parte inferiore delle Paludi dopo di avere portato nel Fiume Uffente tutte le acque, che vi si potessero ricevere, bisognerebbe ancora tirar partito dal Fiume Sisto, aprendone la foce in Mare, e regolandola nella maniera, con cui nella pianura di Pisa è regolata la foce di Fiume morto, e che si è già bastantemente indicata nel Cap. IV.

La molteplicità dei canali, e delle bocche renderebbe più spedita, e più pronta l'operazione, per modo che quando tutt'i lavori fossero preparati in Autunno, ed al sopravvenire dei primi freddi si potesse dar mano all' asciugamento delle Paludi, vi restasse più tempo per lasciare affodare il terreno, e nei primi caldi di Estate vi fosse da temer meno dalle cattive esalazioni. Lo scolo delle acque piovine in un terreno di tanta estensione richiederebbe molti altri canali secondari, chiaviche, argini, passionate, che porterebbero la spesa di tutta l'opera molto al di là dei cento mila
scudi

scudi Romani, che si sono calcolati per la semplice inalveazione degl' influenti superiori nel Rio Martino. L'estensione istessa delle Paludi, la distanza di circa otto miglia del centro di esse da ambedue le foci del Rio Martino, e del Fiume Sisto, il dubbio che vi resti assai poca caduta sopra il pelo basso del Mare, darebbe luogo ad un altro dubbio, se ancora colla combinazione dei due progetti, e con qualunque altra precauzione, e lavoro si potessero le paludi asciugare, scolare, e coltivare stabilmente per ogni parte. Ma non potendo la coltivazione mancare nella parte principale, l'utile che può cavarli dalla naturale fertilità del terreno, e tutte le altre ragioni della salubrità dell' aria, e della popolazione accresciuta, richiederebbero che un' impresa così grande, e importante fosse promossa con tutto il vigore, e con tutta la diligenza possibile.

CAPO SETTIMO.

*Dell' urto delle acque correnti,
e della migliore disposizione dei pennelli,
e degli altri ripari delle ripe.*

SE l'acqua, o qualunque altro fluido si potesse concepire come composto di corpicelli sciolti, e isolati, che non agissero gli uni su gli altri, la forza dell' urto impresso agli ostacoli simili farebbe generalmente in ragione semplice della superficie degli ostacoli, in ragione duplicata del seno dell' angolo, sotto cui si fa l'urto, e insieme in ragione duplicata della velocità. Sia AE la ripa di un Fiume, *fig. 94*, e sia BI l'ostacolo opposto alla corrente, che muovasi da L in O parallelamente ad AE . La quantità dell' acqua spinta contro l'ostacolo farà come la perpendicolare IC tirata dall' estremità I sulla ripa: e però variandosi l'angolo IBE si varierà essa in ragione del seno $\frac{IC}{BI}$. Ma se la velocità assoluta dell' acqua si esprimerà colla retta LO , e tirata la LM perpendicolare
Z z z

colare a BI si compirà il rettangolo $LMON$; la velocità perpendicolare all'ostacolo in qualsivoglia punto O si dovrà esprimere per $\frac{NO}{LO} = \frac{IC}{BI}$. Poichè adunque l'impressione fatta contro l'ostacolo nella premessa supposizione sarebbe manifestamente come il numero, e la velocità delle particelle, che vi vanno ad urtare direttamente in un dato tempo, si dovrebbe essa esprimere per $\frac{IC^2}{BI^2}$, e così le impressioni fatte dalla stessa corrente contro lo stesso ostacolo nelle situazioni BI, Bi farebbero come $IC^2 : i^2 c^2$. Variandosi la superficie dell'ostacolo, e restando ancora la somiglianza, si varierebbe l'urto in ragione della semplice superficie: e variandosi poi la velocità sarebbe la forza totale come la velocità istessa, e come il numero delle particelle, che arrivassero in un tempo dato ad urtare contro l'ostacolo; il qual numero essendo proporzionale alla velocità assoluta, riuscirebbe la forza proporzionale al quadrato della velocità.

L'anno 1775 sarà memorabile nella storia dell'Idraulica, perchè il Sig. d'Alembert, il Sig. Marchese di Condorcet, ed il Sig. Abate Bossut incaricati di esaminare i mezzi di perfezionare la navigazione interiore della Francia, pensarono d'incominciare le commissioni dalle più sottili ricerche delle leggi dell'urto, e della resistenza dei fluidi. La scelta dell'esperienze, la precisione nell'eseguirle, e la finezza nel calcolarle, e paragonarle insieme tra loro, corrisposero alla penetrazione, ed al sapere dei celebri sperimentatori. I principali risultati sono: I. che l'urto perpendicolare, e diretto di una superficie piana si eguaglia al peso di una colonna del fluido, che vi urta, e che abbia per base la superficie urtata, e per altezza quella, da cui cadendo un corpo liberamente acquisterebbe la velocità istessa dell'urto, appunto come abbiamo supposto nel capo secondo del libro quinto: II. che, essendo data la velocità, l'urto, e la resistenza delle superficie egualmente sommerse in un fluido, e

dis-

differenti soltanto nella larghezza, è sensibilmente proporzionale all'estensione della superficie sommersa, ma rigorosamente cresce in una ragione un poco maggiore di quella della superficie: III. che essendo data la direzione dell'urto diretto, o obliquo, e variandosi le velocità, la quantità della resistenza, e dell'urto cresce assai prossimamente in ragione duplicata delle velocità istesse, e rigorosamente parlando cresce in una ragione un poco maggiore: IV. che essendo data la velocità, e la superficie, e variandosi la direzione dell'urto, infino a tanto che gli angoli d'incidenza erano un poco grandi, come per esempio di gradi $63\frac{1}{2}$, o ancora di 45 , la proporzione delle forze non differiva molto da quella dei quadrati dei seni; ma

negli angoli minori, come di gradi $33\frac{2}{5}$, $26\frac{1}{2}$ ec. la forza risultava proporzionale ad una potenza dei seni corrispondenti di un esponente minore sensibilmente del binario: V. che nei canali più stretti, e poco profondi la resistenza è molto maggiore di quella dei canali liberi per ogni parte, che le differenze possono essere ancora grandissime, e che dipendono dalle dimensioni trasversali dei canali, e dalla forma dei battelli di comparazione. Le sperienze furono fatte appunto con dei battelli di forme differenti, sommersi nell'acqua a differenti profondità, ed attaccati all'estremità di una corda orizzontale, che accalcava sopra due taglie, ed era tirata verticalmente da differenti pesi attaccati dall'altra estremità.

Tutto il divario delle prime ragioni dell'urto deve nascere dalla maniera differente, con cui le particelle contigue dell'acqua si dividono tra loro nell'urto, e ricorrendo dai lati agiscono differentemente le une sulle altre. La difficoltà di cedere subito dopo l'urto, senza che le particelle di prima accrescano l'azione delle altre, che sopravvengono, dev'essere manifestamente maggiore nelle superficie di maggiore estensione, e nei recipienti meno liberi, e dai lati, e nel fondo: quantunque per tutte le altre ragioni, già

ad-

addotte sopra, non sia possibile di sottomettere al calcolo tutte queste differenze di azioni. Dalle sperienze qui riferite risulta ancora, che l'azione totale, e continuata dell'acqua negli angoli più piccoli è relativamente maggiore di quella, che corrisponderebbe alla proporzione dei quadrati dei seni. Con ciò si possono paragonare insieme tra loro le impressioni sofferte dai prismi, e dai piloni dei ponti, secondo la varietà degli angoli, con cui si oppongono alla corrente. Il paragone può averfi assai prossimamente negli angoli d'incidenza maggiori del semiretto: e negli angoli minori si può almeno trovare un limite del paragone. Per esempio se l'angolo EBI fosse di gradi 45, la quantità dell'urto sarebbe prossimamente la metà di quella, che potrebbe soffrire l'ostacolo opposto direttamente al corso delle acque nella situazione BH . Ma se l'angolo EBI fosse di gradi 30, e IC fosse la metà del raggio, la forza dell'urto sarebbe più che la quarta parte di quella che si potrebbe avere in BH .

Come la velocità perpendicolare all'ostacolo nel punto O si esprime per $\frac{NO}{LO}$; così la velocità parallela alla direzione dell'ostacolo istesso si esprimerà per $\frac{MO}{LO}$, ossia per $\frac{BC}{BI}$. e però moltiplicandola per la quantità d'acqua $\frac{IC}{BC}$, farà $\frac{BC \cdot IC}{BI^2}$ la forza assoluta, con cui, posto l'ostacolo BI , verrà l'acqua a scostarsi dalla ripa AB , deviando da B in I . Le conseguenze di questo principio semplicissimo sono molto importanti. Primieramente la forza di deviazione farà la stessa nei due differenti casi, che l'ostacolo BI faccia lo stesso angolo, o colla ripa inferiore BE , o colla perpendicolare BH , e che, alternandosi i valori del seno, e del coseno, si abbia lo stesso prodotto $BC \cdot IC$. In secondo luogo, poichè l'ostacolo sostiene un urto maggiore quanto più si accosta alla perpendicolare BH , e si oppone direttamente alla corrente; tra le due

due differenti direzioni, che servono egualmente alla deviazione delle acque dalla ripa superiore, converrà scegliere quella che più declina verso la ripa inferiore BE . In terzo luogo la forza di deviazione farà la massima quando il rettangolo di BC in CI farà il maggiore di tutt'i rettangoli, che possono similmente formarfi in tutto il quadrante HE , cioè quando si eguaglieranno insieme BC , e CI , e la BI farà egualmente inclinata a BE , e BH . Se adunque tra tutte le situazioni da darfi ad un ostacolo si ricercherà quella, in cui l'acqua resti deviata verso la parte opposta colla maggior forza possibile, si potrà soddisfare al problema dando all'ostacolo l'inclinazione di gradi 45 colla ripa inferiore. In questo caso ancora, essendo il quadrato del seno eguale al rettangolo del seno, e del coseno, anche la forza dell'urto perpendicolare si eguaglierà alla forza parallela di deviazione.

Trattandosi di cavare da ciò qualche norma per riparare a qualche corrosione di un Fiume, prima di tutto bisogna vedere se più tosto convenga di ritirarsi indietro cogli argini, e di aspettare che la corrosione da se arrivi naturalmente al suo termine, come nel Cap. III. del Lib. VI. si è già spiegato che deve finalmente arrivare. Poi bisogna vedere se in vece convenga di tagliar l'angolo della piarda perpendicolare, e corrosa, e così di presentare al Fiume un piano inclinato, e disposto a scarpa. Quando non vi sia terreno da perdere, e bisogni assolutamente dar mano a qualche riparo, per potervi ben applicare i principj antecedenti è necessario di ben conoscere la direzione, le circostanze particolari, e lo stato d'acqua, da cui procede la corrosione. Molte volte la direzione del filone di un Fiume è diversa in acqua alta, mezzana, e bassa. Perchè il filone non essendo determinato unicamente dalla concavità naturale del fondo, ma ancora dalle ripercosse laterali delle sponde, come si è detto nel Cap. III. del Lib. VI., e dovendosi queste variare in differenti stati del Fiume, bisogna che similmente venga a variare il filone. Di più in tempo di acque alte succede che gonfiandosi

dosì qualche ramo, asciutto in avanti, o arrivando le piene ad urtare contro di qualche ostacolo superiore al pelo basso, o mezzano, venga pure a cambiarsi notabilmente la direzione composta di tutto il Fiume. Ciò posto bisogna esaminare se le corrosioni si formino in acqua alta, bassa, o mezzana, potendo benissimo succedere ch'esse si avanzino, per esempio in acqua mezzana, e non soffrano più nulla in tempo di qualche piena. Fissata la direzione, e lo stato d'acqua, a cui bisogna proporzionare i ripari, si devono essi incominciare al principio della corrosione, e non dove la corrosione è di già notabilmente avanzata. Bisogna scegliere un luogo opportuno per fortemente intestare il primo riparo nella spiaggia, ed opporlo ad angolo femiretto, o ancora ad angolo più acuto a quello stato d'acqua, che più importa di deviare. E finalmente bisogna distribuirvi al di sotto, colle stesse avvertenze, degli altri ripari in tal numero, ed in tale distanza, che dove finisce l'azione dell'uno incominci l'altro ad agire, e così si sostengano, e reggano tutt'insieme, e rendano sicura, e stabile la deviazione di tutto il Fiume.

Molte volte non è necessario di continuare per ciò i ripari al lungo di tutta la corrosione: mentre quando si arrivi una volta a deviare gagliardamente il filone, si devono mutare tutte le ripercosse inferiori, e portarsi in luoghi differenti da quei di prima. Neppure è necessario d'impegnarsi a fare dei ripari molto alti, e per conseguenza più esposti alla furia delle piene, e meno consistenti, e sicuri, come avvertì benissimo il Guglielmini nel Coroll. XII. della Prop. VII. del Cap. VI. Mentre desumendosi la direzione generale del Fiume da quella del filone, e la direzione del filone accomodandosi ordinariamente alla maggiore profondità, che qualche volta si può ridurre al livello di tutto il resto del letto con ripari anche bassi, perciò a poco, o a nulla serve il fabbricarli molto alti. Quello che importa moltissimo si è di dare una forma tale ai ripari, che nè alla testa, nè al piede non vi si lasci alcun

luogo

luogo ai vortici, e ai gorghi d'acqua, e che anzi vi si rallenti il moto, e si facilitino le deposizioni delle materie terree, che meglio possono contribuire ad affodare tutto il lavoro. Perciò è necessario che non solamente colla ripa superiore, ma ancora col fondo del Fiume venga il riparo a formare un angolo molto ottuso, e che tutto il riparo discenda a scarpa coll'obblività dei due lati. Ma anche in questa maniera, assicurandosi maggiormente la ripa, non si può impedire che l'acqua trattenuta al lungo di un pennello, non prenda poi un corso più violento alla punta, e ripiegandosi dietro di esso non formi dei vortici, che arrivano qualche volta fino alla testa del pennello medesimo, lo staccano a poco a poco dalla ripa, e lo lasciano isolato, ed esposto a tutta la forza della corrente.

Questa è la ragione principale, per cui molte volte non riescono di lunga durata anche i pennelli fabbricati con maggior arte. Io ho avuto occasione di visitarne moltissimi in varj Fiumi. I cinque pennelli, che hanno fermato la corrosione di Parpanese sul Pò in una piarda molto alta, formavano un angolo ottuso colla ripa superiore: vi avevano un'intestatura assai forte: e incominciavano da una base di dodici gabbioni di vimini, riempiti di terra, che tra gli angoli superiori sostenevano altri undici gabbioni, e poi sopra altri dieci, e così gradatamente fino al piano più alto, ch'era solamente di quattro, o cinque. Furono essi diretti dal P. Rampinelli celebre Professore di Matematica in Pavia. I quattro pennelli progettati dal Sig. Abate Lecchi per fermare le corrosioni del Pò a Cremona, furono istessamente formati di grossi gabbioni di vimini, opposti con un angolo ottuso alla corrente, e il Pò gli ha interrati nelle prime piene, deviando più lontano dalla Città. I grandiosi pennelli di Piacenza, fabbricati coll'opera del Guglielmini, sono tutti di cotto, e fortono ad angolo retto dalla spiaggia, e poi verso la punta si piegano con un angolo ottuso. Nel Pò ordinariamente si formano i pennelli di semplici gabbioni, tessuti

A a a

di

di lunghi rami d'albero, uniti insieme, e ripieni di mattoni, di sassi, e di terra. Il Zendrini nel Cap. XI. ha indicato le regole pratiche, che non occorre qui di trascrivere, intorno alla maniera di farli, empirli, gettarli nell'acqua, affodarli, e ripararli. Nel Tesino si costruiscono i pennelli di grossi massi di pietre, e di macigni pesanti, collegati insieme, e prolungati molto nel Fiume. Le sponde vi abbondano di materie più idonee per simili lavori. Ma le acque del Tesino, e dell'Adda, ancora in tempo di piena, non sono così torbide come quelle del Pò, e rendono più raro il caso di vedere i ripari delle ripe interrati, e affodati dalle deposizioni istesse del Fiume.

L'inconveniente più ordinario dei pennelli proviene dai gorghi, e dai vortici, che facilmente vi si formano al piede, alla punta, e intorno all'intestatura non solamente per l'acqua, che vi urta direttamente, quanto per quella che vi ricorre dalla parte inferiore, e che, variamente ribattuta dai lati, rivolge la direzione rettilinea in circolare. I vortici si formano anche più facilmente, e sono di una forza maggiore intorno a tutti gli ostacoli, che sono posti o a piombo, o poco fuori del perpendicolo, come le palificate, che si costuma di fabbricare in diversi luoghi del Pò, e di altri Fiumi. Un riparo di fascine, e di sassi, che per tutta la sua lunghezza scendesse con pendenza uniforme a fare un angolo molto ottuso col fondo anteriore di un Fiume, sarebbe esente da tutti questi inconvenienti: e sempre sarebbe meglio di distribuire uniformemente per tutta l'estensione delle ripe corrose la resistenza, invece di riunirla tutta interrottamente in alcuni luoghi, come suol farsi nei pennelli. La più grand'opera, che in questo genere mi è accaduto di vedere, si è tutta la fascinata, che a' giorni nostri ha raffrenato l'impeto della Mosa sotto alle mura di Rotterdam.

CAPO

CAPO OTTAVO.

*Delle rotte, degli argini dei Fiumi,
e dei diversivi delle piene.*

LE rotte dei Fiumi possono succedere in quattro maniere differenti: o perchè il filone battendo direttamente nell'argine arrivi a scomporlo, e ad aprirlo: o perchè avanzandosi a poco a poco la corrosione, e intaccandosi l'argine interiormente non possa esso più reggere al proprio peso: o perchè ricadendo l'acqua esteriormente dal ciglio dell'argine, e, formandovi un gorgo al piede, lo faccia ricadere all'infuori: o finalmente perchè imbevendosi d'acqua tutto il terreno, di cui è formato l'argine, e scomponendosi interiormente, perda la consistenza necessaria per reggere all'impeto, ed alla pressione del Fiume. Quest'ultima cagione delle rotte si può prevenire colla scelta del terreno, e con alcune generali avvertenze. Le arene essendo tanti corpicelli ramosi, e acuminati, per la stessa loro conformazione non si possono ferrare insieme talmente, che non lascino all'acqua degl'interstizj assai liberi per penetrarvi. La terra comune è ordinariamente assai sciolta, ed ha meati abbastanza grandi per imbeverfi d'acqua, ammolirsi, e disciogliersi: e oltre di ciò la terra nodrisce molte volte, e forci, e talpe, e degli insetti, che negli obliqui loro sentieri rendono le corrosioni più facili. Però non sono molto sicuri gli argini formati di terra comune, se non sono sopravvestiti di argilla, come si pratica in molti luoghi, massimamente di Olanda, dove la terra bituminosa è assai più porosa della nostra. L'argilla è una terra più consistente, che ha insieme il vantaggio di non lasciare nell'angustia dei propri meati un adito libero alle acque, e di asciugarsi col tempo, e d'indurirsi. La creta è composta di parti ancor più compatte, e che asciugandosi acquistano una maggiore consistenza, ma che però si possono sciogliere nell'acqua.

Il trabocco delle acque dal ciglio superiore degli argini è un caso più raro, e che più facilmente può rimediarsi. Mentre quando l'altezza degli argini sia ben fissata, deve sorpassare l'altezza delle piene: e così non può essere se non rarissimo il caso di qualche straordinaria escrescenza, che non resti contenuta tra gli argini. In questo caso ancora, essendo più piccola la velocità superficiale dei Fiumi, basterà un soprassuolo, o un piccolo arginello per impedire qualsivoglia espansione. Ma nella costruzione degli argini bisogna in oltre avere la precauzione di fiancheggiarli, e di farli terminare con un piano inclinato al di fuori, che da noi chiamasi scarpa: non solamente perchè riescano più consistenti, e sicuri, ma ancora perchè in un caso straordinario non possa l'acqua traboccarvi a piombo, e formarvi al piede esteriore dei vortici, e dei gorghi. Intorno a ciò non può darsi alcuna regola generale. Tra di noi per ogni piede di altezza si suol dare qualche volta un piede, e qualche volta due piedi, e anche più di scarpa. Generalmente è da avvertirsi che la pendenza della scarpa bastante per un argine di poca altezza, per esempio di quattro, o cinque piedi, non può più bastare quand'anco restando pari tutte le altre circostanze debba l'argine salire all'altezza di otto, dieci, o più piedi. La ragione è la stessa, con cui ha spiegato il Galileo come le macchine, che qualche volta si reggono in piccolo, cedono poi, e si sfasciano quando siano trasportate più in grande fuori di certi limiti: cioè che le spinte crescono in una ragione assai maggiore di quella delle semplici resistenze.

La declività degli argini è tanto più necessaria dalla parte inferiore quando si tratta di proporzarvi la consistenza all'urto diretto della corrente. In questo genere non può vedersi niente di più grandioso di quelle dighe, con cui gli Olandesi si sono difesi dalla furia del Mare Settentrionale. Hanno esse sopra terra un grosso strato di mattoni, e di calcestruzzo: sono superiormente coperte di grosse pietre, i vuoti delle quali si trovano riempiti di calce,

calce, e di altre pietre minori: e sono tanto lentamente declivi, che in qualche luogo l'altezza è alla base incirca come uno a tredici. Altre grandiose dighe si sono pure costrutte in questo secolo nella Zelanda sulle spiagge dell'Oceano, dove restano interrotti quei grossi ammassi di sabbia, che costeggiano tutto il lido occidentale, e che volgarmente si chiamano Dunne. Hanno queste dighe circa tre pertiche Olandesi di altezza sopra trentacinque di base. Dalla parte di Delft nell'Olanda vi è pure un argine tutto di argilla, di piedi dieci, e un quarto di altezza, che supera di quattro piedi il livello delle massime escrescenze delle acque. La larghezza del piano superiore dell'argine è di piedi dieci, e cinque pollici, e la base è di piedi sessanta. Intorno a ciò merita di esser letta la Dissertazione del Sig. Van Bleiswyk su gli argini.

Il rovesciamento degli argini per l'urto di tutto il filone del Fiume è sempre più da temersi nella maggiore veemenza della piena. Ma il caso più ordinario, e frequente si è, che la corrosione si avanzi a poco a poco al piede interiore dell'argine, e che scalzandolo ne cagioni la rovina. Queste sono le rotte, di cui trattò più diffusamente il Guglielmini nel Cap. X., e che sogliono succedere nel calare della piena: perchè nel colmo di essa la pressione delle acque serve a sostenere in qualche modo il terreno, e per lo contrario sul fine, mancando l'argine d'ogni contrasto al fianco, e d'ogni sostegno al piede, bisogna necessariamente che rovini. E così ancora Zandrini nel Cap. IX. riferì, che viaggiando da Pavia al Mare, nel cedere della piena del 1719, vedevansi cadere gli argini in molti luoghi per la lunghezza di molte pertiche. Queste, e le altre rotte originate dall'urto diretto delle acque, sono quelle, che più importa di prevenire deviando il filone del Fiume, o procurando che arrivi a percuotere più obliquamente la ripa corrosa nelle maniere, che si sono indicate nel capo antecedente.

L'effetto immediato di una rotta qualunque si è una repentina diminuzione della piena in tutto il tronco superiore del Fiume, per
la

la subitanea sottrazione di tutta l'acqua deviata per le aperture degli argini verso gli altri cavi inferiori. Quest' effetto ha imposto ad alcuni facendo credere, che possano essere di qualche sicuro vantaggio le rotte, e per conseguenza ancora i diversivi, che in sostanza si devono riguardare come tante rotte artificiali. Ma secondo tutto ciò che si è detto sul fine del libro antecedente, è facile da comprenderfi, che, indipendentemente ancora dal danno, e dal pericolo dei terreni inferiori, tutto il vantaggio degli altri, che restano superiori alla rotta, non può essere che temporario, e assai breve. Mentre riempite che siano le diramazioni inferiori, si avrà il caso di un Fiume, che corra diviso in più rami, e in cui per conseguenza, diminuendosi la velocità, deve crescere proporzionalmente l'altezza. La diminuzione della velocità deve anche portare degl' interrimenti prima nel tronco del Fiume principale inferiormente alla rotta, e poi anche nel tronco superiore: e così deve deteriorare il sistema di tutto il Fiume, e ripigliate ancora che siano le rotte, le altre piene susseguenti devono sempre riuscire più perniciose.

Il Castelli nel Coroll. XIII. del suo libro sopra le acque correnti incominciò a far osservare che il sollievo portato dai tagli, e dalle rotte si riduce a poche ore, e che ciò non è punto da valutarsi nelle piene del Pò, che durano fino a 30, e 40 giorni. L'osservazione principale del Castelli è assai precisa, ed autentica. In quei tempi credevasi di ritrovare qualche sollievo nelle maggiori piene del Pò, tagliando l'argine d'estro poco lontano da Ferrara, nel luogo detto il Bondeno, e lasciando traboccare le acque negli alvei vecchj del Primaro, e di Volano. Le acque vi sgorgavano veramente a principio con grandissima furia, e in poche ore si vedeva scemare il Pò grande di circa un piede di altezza. Ma appena riempito l'alveo di Ferrara, non ritrovandosi le acque la necessaria pendenza, si rallentavano a poco a poco di corso, e in poche ore tutto il Pò ripigliava l'altezza medesima di prima. In tanto

i ter-

i terreni vicini ai due rami di Primaro, e Volano si mettevano in un rischio grandissimo, andavano sempre più interrandosi le valli inferiori, e le campagne restavano senza scoli. La continuazione dei danni, e la brevità dei primi vantaggi ha poi fatto tralasciare quel taglio fino dell'anno 1638.

Il Guglielmini nel Cap. XII. confermò l'opinione del Castelli intorno al poco utile, che portano i diversivi, per la poca acqua, che levano, in proporzione di tutta quella del Fiume. Eustachio Manfredi consultato sopra alcuni diversivi, che volevansi aprire sulla diritta del Fiume Serchio, li disapprovò tutti come inutili, e pericolosi. Così pure il celebre Sig. Perelli disapprovò i diversivi progettati nel torrente Maroggia, e produsse l'esempio dei due diversivi fatti aprire dal Viviani nel Fiume Celone, influente della Chiana, i quali cagionarono in poco tempo l'interramento, e la perdita del tronco principale del Fiume. Il Sig. d'Alembert nel Dizionario Enciclopedico all'articolo Fiume si esprime più precisamente dicendo, che può impedirsi l'inondazione di un Fiume più tosto con farvene entrare un altro, che con aprirvi un diversivo. Questo paradosso Idrostatico è una conseguenza di tutto ciò che si è detto nell'ultimo capitolo del libro antecedente. Gli esempi delle diramazioni del Pò, e del Tevere non possono avere eccezione alcuna. Il celebre Sig. Lorgna nel suo discorso sopra la maniera di riparare dalle inondazioni dell'Adige la Città di Verona, dopo di averne disapprovati tutt' i diversivi, aggiunse l'esempio, che essendosi fatto chiudere uno dei tre rami, nei quali il Mincio sbocca fuori dal lago di Garda, non s'ebbero negli altri due che due sole once di accrescimento di altezza.

Io adunque riguardo come puramente arbitrarie le ipotesi, dalle quali il Zendrini nel Cap. VI. credette di potersi dedurre, che i cinque diversivi dell'Adige sotto a Verona diminuiscano tutti insieme di circa due piedi l'altezza delle piene. Per finire questo capitolo con qualche osservazione mia propria, riferirò quanto mi è occorso di

di vedere in Pisa nella gran piena, che s'ebbe in Arno nel mese di Novembre del 1761. La piena sopravvenne in poche ore la notte del giorno 14, e continuò con piccole mutazioni fino alla sera del giorno 15. Anticamente nelle maggiori piene si costumava di tagliare l'argine sinistro d'Arno sette miglia al disopra di Pisa nel luogo delle Fornacette, e con ciò si credeva di sollevare la Città dal pericolo d'una inondazione. L'esperienza aveva già tolto molti da quest'inganno. E così nella piena del 1740 essendosi fatto il solito taglio, s'ebbero nel tronco superiore d'Arno diverse rotte, e intanto non si accorsero a Pisa di alcuna diminuzione della piena. Ciò non ostante la sera del giorno sopradetto si fece tagliare l'argine delle Fornacette nella larghezza di circa otto braccia, e il taglio fu subito allargato dalle acque infino alla larghezza di trenta. Non ostante l'ampiezza della fezione, e la quantità d'acqua, che usciva, seguì in Pisa a crescere la piena, e verso la mezza notte susseguente arrivò alla massima altezza, che si sia avuta a memoria d'uomini. Io la mattina del giorno 16 ho trovate coperte d'acqua tutte le luci del ponte superiore della Città, e nel ponte di mezzo ne ho veduta una sola, e due nel ponte inferiore, che non fossero affatto coperte. Anzi dopo il mezzo giorno crebbe di nuovo la piena, e solamente verso sera incominciò a cedere, ed ebbe in poco tempo il suo termine.



DELL'

DELL' ARCHITETTURA

DE' CANALI NAVIGABILI.

LIBRO OTTAVO.

CAPO PRIMO.

*De' Canali derivati dal Tefino, e dall' Alda;
e della comunicazione dei laghi superiori
colle Città di Milano, e di Pavia.*



Canali navigabili sono alle nazioni mediterranee ciò ch'è alle nazioni marittime la scienza della Marina. L'arte con essi è giunta a superare tutte le maggiori difficoltà, che la natura dei terreni, e dei Fiumi opponeva agli ajuti reciprochi della società, e del commercio. Le grandi navigazioni abbracciando tutto il globo si stendono agli oggetti maggiori dell'opulenza, e del lusso. Le navigazioni dei piccoli canali servono a tutt'i minori comodi, in tutt'i tempi, e per qualunque ordine di persone. Le prime nell'ardua loro esecuzione ci presentano agli occhi uno degli sforzi più arditi dello spirito umano, ed hanno avuto bisogno di tutti gli ajuti delle scienze Matematiche, che per essere portate a quel grado di perfezione, in cui sono presentemente. Le seconde, non potendo essere molto difficili ad eseguirsi, hanno però ricercato anch'esse per essere ben preparate i lumi, e lo studio degli uomini più scienziati, e insieme tutta l'industria dei più abili artefici. Nei secoli più rozzi non si sono avanzate le opere di questo genere che molto irregolarmente, e per una serie di lunghi, e moltiplicati tentativi. Le opere più difficili, e meglio intese sono state il frutto della penetrazione, e del sapere di Leonardo da Vinci, di Lorenzo

B b b

degli

degli Albizzi, dei Marefcialli di Vauban, e di Munich, di Belidor, Brindley, Smeaton, Ulloa, ec.

Gli antichi Egizj, che avevano fatto servire con tanto successo le acque del Nilo alla fertilità delle loro campagne, ed alla comunicazione delle Città, incominciarono anche un canale, che doveva continuare la navigazione del Golfo Arabico fino alla Città di Menfi, e nel Nilo, e fino al Mare Mediterraneo. Ma le testimonianze di Strabone, di Diodoro, e di Erodoto, e le vestigia riconosciute da molti Viaggiatori, non bastano che per la semplice erudizione d'esserfi veramente incominciato a metter mano a quell'opera. Il genio guerriero, e conquistatore degli antichi Romani non lasciò che si occupassero della navigazione, e del commercio in proporzione delle loro cognizioni, e della loro grandezza. I progetti di Giulio Cesare di tirare una fossa da Roma a Terracina, e di tagliare l'Istmo di Corinto, la comunicazione di varj Fiumi proposta nei tempi di Nerone, le altre idee di Trajano di aprire un canale navigabile dal lago di Nicomedia fino al Mare non ebbero esecuzione. Non era opera di grande impegno la fossa, con cui Cajo Mario provvedeva dal Rodano il suo campo vicino ad Arles. Gli antichi Romani ci lasciarono dei monumenti assai più gloriosi negli acquedotti di Roma, di Lione, e di altre Città delle Gallie, nello sbocco aperto da Quinto Curio Ostilio al Fiume Mincio nel Pò, nell'unione fatta da Emilio Scavro dei varj rami del Pò, e nell'asciugamento che se ne ottenné delle antiche Paludi di Parma, e di Piacenza.

Nel secolo terzo, e nell'Impero di Chi-t-fu incominciossi alla Cina il grandioso canale, che congiugne i due Fiumi Hoang, e Kiang, e con cui si continua la navigazione per più di 300 leghe da Canton fino a Pekino. I Viaggiatori hanno profuso in quest'opera tutt'i maggiori encomj. Ciò non ostante la mancanza dei sostegni a porte raddoppiate, e la complicazione del meccanismo, con cui le barche vi si fanno passare a livelli differenti, devono lasciar-

lasciarvi la navigazione difficile, e laboriosa. I monumenti dei secoli più oscuri in Europa sono principalmente la fossa, che fece tirare Odoacre dal Fiume Montone al Mare sopra Ravenna: e il canale, che i Mori condussero da Granata fino al Fiume Guadiana. Ancora Carlo Magno nella vastità delle sue spedizioni diede luogo al progetto di unire il Meno, e il Reno col Danubio, e in conseguenza ancora l'Oceano col Mar Nero. Fece anzi incominciare il canale, che doveva congiugnere l'Almuts, uno degl'influenti del Danubio, col Redits, uno degl'influenti del Meno. Ma tutta l'opera non fu poi portata più avanti. Il canale derivato dal Tefino a Milano è l'opera più compita, che in questo genere si sia fatta innanzi all'epoca del generale risorgimento delle Arti, e delle Scienze in Europa. Ma tra varj difetti di esecuzione tutto il canale non si ridusse ad essere navigabile, se non un secolo dopo ch'erasi incominciato, e ricercò poi i lavori interrotti, e i varj tentativi di due altri secoli, perchè l'imboccatura, e la prima diramazione del Tefino fosse ridotta alla forma, che ha poi conservata fino al presente.

Per quanto dice il Sigonio nel Lib. XIV. del Regno d'Italia all'anno 1179, pare che più anticamente i Pavesi avessero già derivato dal tronco superiore del Tefino fino al luogo di Abbiate un gran cavo, che col nome di Tefinello andava poi a dividersi, e ad irrigare le loro campagne. I più antichi Scrittori delle cose di Milano non si accordano insieme sulle differenti epoche, in cui fu fatto quel primo cavo, e fu poi continuato fino a Milano, e successivamente adattato ai bisogni d'una continua navigazione. Ma secondo tutte le memorie prodotte dal Chiariss. Sig. Conte Giulini nel Tom. VI., e VIII. delle sue Storie sembra più verisimile, che appunto nello stesso anno 1179 i Milanesi avessero tirato un canale dal Tefino al suddetto luogo di Abbiate col fine di farlo servire all'irrigazione delle campagne: che poi nell'anno 1257 avessero continuato il canale da Abbiate fino a Milano: e che finalmente

nell'anno 1269 lo avessero adattato per gli usi della navigazione.

Questo Naviglio, non avendo bisogno di alcun sostegno, nè essendosi dovuto condurre per luoghi molto difficili, era più difficile da imboccarli a principio, che da condursi, e da continuarsi, come ancora ha notato il Settala: massime, che nella rozzezza di quei tempi non si è pensato a ripartire regolarmente la pendenza del fondo, come vedremo nel Cap. V. La prima derivazione dal Tefino non fu stabilita, e sistemata se non dopo il 1585 nella maniera, che sarà esposta nel Cap. III. E sopra, e sotto il luogo della presente imboccatura si trovano le vestigia di altri lavori fatti altre volte per diramare variamente il Naviglio dal Tefino: e particolarmente quel cavo che si vede alquanto al disopra, e che chiamasi del pan perduto, non sembra altro che un tentativo di prolungare il Naviglio, e di portare l'imboccatura fin dove si arrivasse ad evitare uno dei passi più difficili, e rapidi del Tefino. Il primo tronco del Naviglio è tirato al piede della costa, che resta sulla sinistra, e sulla dritta è fiancheggiato per circa due miglia con un argine di pietra. In seguito s'è dovuto scavare dentro una costa arenosa fino alla profondità di 40, e 50 braccia: e dopo quel passo il Naviglio è continuato nel piano della campagna. La lunghezza è di miglia 32: la larghezza all'imboccatura è di braccia 70, che si va poi restringendo gradatamente fino alle 20 braccia in vicinanza della Città, dove si unisce questo Naviglio coll' altro, ch'è derivato dall'Adda, e col piccolo Fiume Olona.

Anticamente l'Olona, non divertita in altri usi, e ingrossata a Milano colle acque dei due torrentelli Seveso, e Nerone, rendeva navigabile il canale detto della Vecchiabbia, per cui il residuo dei presenti Navigli si scarica adesso nel Lambro in vicinanza di Marignano. La navigazione era poi continuata nel Fiume Lambro da Marignano fino al Pò. Landolfo seniore ci conservò la memoria di quest'antica comunicazione col Mare, e ci descrisse la Vecchiabbia come un Fiume, *quod quondam omnes ultramarinas divi-*

divitias cum flumine Lambro ab Urbe usque ad Padum sociatas representabat. Nel secolo decimoterzo rimanevano ancora le vestigia della navigazione della Vecchiabbia, nè si era perduta affatto la speranza di restituirla. Ma in seguito essendosi divertite le acque in altri usi, ed essendosi interrotto il letto del canale, si dovette pensare ad altre maniere di riaprire la comunicazione perduta col Pò, e col Mare.

Galeazzo Visconti, secondo di questo nome, dopo di essersi impadronito di Pavia, e di avervi fabbricato il ponte, ed il Castello, pensò ancora di continuarvi il Naviglio, ch'era stato poco prima ingrossato colle acque dell'Olona a Milano. Ne abbiamo una sicura memoria non solamente nel Corio, ma ancora presso l'Autore Anonimo degli Annali di Milano, che leggonfi nel Tom. XVI. della Raccolta del Muratori: Autore certamente contemporaneo, che sotto l'anno 1365 parla due volte del Naviglio, che Galeazzo avea fatto *decorrere* da Milano fino a Pavia, e in oltre specifica il riparto della spesa, e la somma, che importava per una certa tratta il Naviglio. In una visita fatta nel 1597 si riscontrarono ancora alcune vestigia di quel cavo, e parve che vi fosse restata aperta per qualche tempo la navigazione. Dopo Galeazzo II. il sistema della campagna fu variamente cambiato, come portavano i particolari interessi de' proprietarj, ed i progetti delle navigazioni pubbliche non si riaffunsero, che circa un secolo dopo, sotto Francesco Sforza.

Quel valoroso, e magnanimo Principe facilitò in un'altra maniera alla Città di Milano la comunicazione col Tefino, col Pò, e col Mare, diramando dal Naviglio grande nell'accennato luogo di Abbiate un altro canale, che si trova ora continuato per più di 10 miglia fino a Bereguardo. Ivi non restavano più che circa tre miglia per discendere dal piano della costa superiore fino al Tefino. Il canale in progresso di tempo fu regolato con undici piccoli fogni, e nel 1555 fu ancora prolungato nello stesso piano per circa

un altro miglio. L'altezza, e la qualità della costa di Bereguardo, il numero dei sostegni, che abbisognerebbero per congiungere il canale col Fiume, la dispersione dell'acqua, che farebbe da prevedersi in una continuazione di strati di arena grossa, e i varj, e irregolari serpeggiamenti del Fiume sottoposto, che continuando ancora a correre in ghiaia cambia spesso volte di filone, e di letto; sono le principali difficoltà, che finora hanno impedito di evitare il traghetto di terra, e di portare il Naviglio a sboccare direttamente in Tefino.

Sotto Francesco Sforza si mise mano ad un'opera ancor più grande di derivare un ramo dell'Adda da Trezzo a Milano. Già fino dal 1220 erasi aperto il canale della Muzza, che a Cassano riceve dall'Adda un corpo d'acqua considerabile, e lo porta nel tratto di più di 40 miglia a ripartirsi sulle campagne del territorio Milanese, del Lodigiano, e in parte ancora del Piacentino. La diramazione superiore di Trezzo fu progettata nel 1457 dall'Architetto Bertola da Novate, e fu eseguita nel 1460, come racconta Pietro Candido Decembrio Autore contemporaneo. Ambedue queste diramazioni sono fatte con una chiusa tirata obbliquamente dalla sponda del canale fino in vicinanza alla sponda opposta del Fiume. Il canale di Trezzo, chiamato ancora della Martesana, per circa cinque miglia sotto alla chiusa, s'è dovuto condurre sopra una costa in molti luoghi sassosa, e s'è dovuto sostenere sulla sinistra con un argine di pietra fino all'altezza di 40, e più braccia sopra il fondo dell'Adda vicina. E' convenuto ancora farlo passare sopra il torrente Molgora con un ponte di tre volte di pietra, e di lasciarlo attraversare dal Fiume Lambro, ch'entra, e sorte dal Naviglio con tutte le sue piene. La lunghezza del cavo è di 24 miglia, e la larghezza ragguagliata di circa braccia 18. Era esso nella prima sua costruzione più scarso d'acqua, e non serviva alla navigazione, che per due soli giorni la settimana, quando si tenevano chiuse le bocche d'irrigazione. Nell'anno 1573,

sotto

sotto il governo del Duca d'Albuquerque vi fu accresciuto il corpo d'acqua, e congiuntamente proporzionato al comodo delle barche, ed al bisogno delle campagne: e così ancora quest'altro Naviglio fu il lavoro interrotto di circa un secolo.

Nella prima costruzione il residuo del Naviglio in vicinanza di Milano erasi portato a sfogare per l'alveo del torrente Seveso nel Lambro. Leonardo da Vinci, chiamato da Lodovico il Moro con un grosso stipendio a Milano, portò quest'altro Naviglio a comunicare con quello ch'è derivato dal Tefino, e così rese libera, e continuata la navigazione dal Fiume Tefino, e dal Lago Maggiore infino all'Adda. La comunicazione fu terminata nel 1497, con sei sostegni, di altezza di circa 17 braccia tra tutti, opportunamente disposti a diverse distanze, il primo fuori, e gli altri nel circondario della Città. I sostegni del canale di Padova, e di Bologna vi avevano servito di norma, come diremo a suo luogo. Nei tempi di Lodovico il Moro, e di Leonardo da Vinci si trattò ancora di derivare un altro canale dal tronco superiore dell'Adda da Brivio fino a Milano, e ne fu fatta una livellazione. Ma di tutte le misure di allora non è più rimasta memoria, nè certamente in quei tempi s'è intrapreso lavoro alcuno per continuare la navigazione dell'Adda dal Naviglio di Trezzo fino al lago di Como.

Nell'anno 1517 s'ebbe un'altra epoca assai gloriosa per gli studj Idrometrici dell'Insubria con una pubblica commissione, che potrebbe servire di modello, e di regola per gli altri paesi. Essendo stata assegnata dal Re Francesco primo alla Città di Milano la somma di cinque mila ducati d'oro da impiegarsi nella costruzione di qualche Naviglio, fu ordinata una visita di tutto l'alto Milanese, una livellazione generale, ed un maturo esame di tutto ciò, che poteva proporsi a fine di continuare la navigazione dai laghi superiori fino alla Città. Il Pagnani ce ne ha conservata la memoria in un libretto stampato pochi anni dopo. Il livello del lago di

Como

Como si ritrovò allora 48 braccia più basso di quello del lago di Civate: 62 di quello del lago di Pusiano: e 100 braccia più basso del lago di Lugano. In oltre i due laghi di Como, e di Lugano, dove si accostano più da vicino per la valle di Porlezza, si riconobbero divisi da una costa molto alta, e irregolare, che renderebbe molto ardua l'impresa di aprirvi un canale di comunicazione, ancora indipendentemente dalla diversità grande dei livelli. La carta generale della Lombardia darà subito da riscontrare a un di presso i luoghi già nominati, senza che vi sia bisogno di aggiugnere delle mappe particolari.

Dall'altra parte si osservò allora il Fiume Tresa, ch'è l'emisfario del lago di Lugano nel lago Maggiore, e vi si rilevarono le difficoltà dell'acqua troppo scarfa, e della caduta troppo rapida per la navigazione. Io ho avuto occasione di riconoscere per molti giorni attentamente tutt'i luoghi di quel contorno. La lunghezza della Tresa è di circa 6 miglia: la larghezza è tra 50, e 60 braccia: il corpo d'acqua nei tempi di piogge, e di nevi sciolte arriva all'altezza di due braccia e mezzo, e anche tre, e nei mesi di Gennaio, e di Agosto non è mai minore di un braccio. La caduta non è molto grande se non nel tratto di circa un mezzo miglio, che chiamasi il Pozzo nero. Ivi tutto il letto del Fiume resta tortuosamente, e profondamente scavato nel seno istesso del monte. La larghezza non è maggiore di 15, o 20 braccia, e la caduta vi è distribuita irregolarmente, e come in varj gradini, due dei quali compariscono all'occhio di un'altezza considerabile. Non pare assolutamente possibile di continuarvi la navigazione nel letto istesso del Fiume. Nel caso che si volesse la comunicazione libera, e continuata da un lago all'altro, bisognerebbe evitare tutto quel passo, con derivare dalla Tresa un ramo perenne d'acqua, e con regolarvi, e ripartirvi in varj sostegni tutta la caduta che risultasse da un'esatta livellazione: e sull'esempio di alcuni canali oltremontani converrebbe forse forare il monte più tosto che aprirlo, scavarlo

varlo per tutta l'altezza, e con quella declività di falda, che in tempo delle maggiori piogge non desse luogo alle materie cadenti d'interrare tutto il canale.

Nella visita del 1517 si ricercarono particolarmente i mezzi più facili di continuare la navigazione nel tronco superiore dell'Adda. L'Adda uscendo dal lago di Lecco, ch'è una diramazione di quello di Como, forma colle suffeguenti espansioni i tre piccoli laghi di Garlate, di Olginate, e di Brivio. Questi ultimi tre laghetti, essendo di un livello differente, lasciano nel discendere dall'uno all'altro due correnti d'acqua assai rapide, che rendono alquanto difficile la navigazione. Nel laghetto di Brivio si sostengono le acque con una chiusa, sotto di cui l'Adda resta divisa in due, e tre rami per circa un miglio, e poi corre incanalata, ed unita per altre 12 miglia fino a Trezzo. L'Adda in tutto quel tratto porta continuamente e sassi, e ghiaie, piccole, e grosse, che riceve da varj influenti, e dalle coste sassose, e ripide, tra le quali corre incassata profondamente. La caduta del pelo basso dell'Adda disotto a Brivio fino al piede del monte Robbio è ragguagliatamente in ragione di 7 braccia per miglio, ma resta disugualmente ripartita in alcuni passi più rapidi. Dal piede del monte Robbio andando in giù per altre due miglia, di fianco alla piccola valle della Rocchetta, fino sotto alla chiesa, che porta lo stesso nome, fu ritrovata allora la caduta di braccia 46, e qualch'oncia: ed io nella livellazione, che ho fatto col livello Ugeniano, tra i medesimi termini, l'ho ritrovata precisamente di braccia 46, e once 3. In tutto un miglio sopra la chiesa della Rocchetta l'alveo del Fiume è talmente irregolare, rapido, e sparso di grossi scogli, che non si arriverebbe cogli ajuti ordinarij dell'arte a renderlo navigabile. Nel tronco inferiore il corso dell'Adda è assai placido, fino al Castello di Trezzo, intorno a cui si rivolge con una caduta considerabile. Il passaggio dall'Adda nel Naviglio di Trezzo non ha alcuna difficoltà in tempo che le acque sono basse: ma in tempo di acque alte il

C c c

pelo

pelo del Fiume resta superiore di un braccio, e anche più al pelo d'acqua del canale, e vi forma all'imboccatura una cascata, che non è superabile dalle barche.

Gl'Ingegneri Massaglia, e della Valle incaricati della livellazione, e di tutte le altre perizie del 1517, credettero che si potessero togliere le difficoltà della navigazione intorno a Trezzo, senza però specificarne la maniera, e che vi si potesse continuare la strada dell'alzaja: la mancanza della quale strada fino a' giorni nostri in quel luogo è un indizio sicuro, che non vi è mai stata per lo passato una navigazione libera, e aperta. Proposero in oltre quegli Ingegneri di evitare il passo più precipitoso dell'Adda con un canale di braccia 4280 di lunghezza, che incominciassero dal sasso detto di Michele, si scostasse dal Fiume attraversando la valle della Rocchetta, e vi rientrasse sotto alla detta chiesa. E finalmente proposero di alzare la chiufa di derivazione sette braccia, e due once sopra il pelo basso del Fiume, perchè il ringorgo venisse a stendersi fino al piede del monte Robbio, e di ripartire la caduta totale

di braccia 46 in dieci sostegni, d'altezza di circa braccia $4\frac{1}{2}$ ciascuno: i primi quattro alla distanza di braccia 3220 sotto all'imboccatura, e gli altri sei dopo altre braccia 1060 nel luogo della discesa, e del ritorno del canale nel Fiume. Ma concertato tutto il progetto, e calcolata la quantità dell'escavazione, e la spesa, non si fece altro allora che incominciare una specie di molo, o chiufa, tirata obliquamente nell'Adda, sotto al sasso indicato di S. Michele, per la lunghezza di circa 200 braccia, e all'altezza di braccia 4 sopra il pelo basso. E non deve qui ommetterfi che quantunque fabbricata la chiufa restasse libera la sezione del Fiume per più di 100 altre braccia di larghezza, ciò non ostante tutto il seno compreso tra la chiufa, e la ripa vicina restò interrato dalle deposizioni di ghiaie, e sassi fino all'altezza di più di due braccia sopra il medesimo pelo basso.

Nell'

Nell'anno 1591, volendosi metter mano a tutta l'opera, l'Ingegnere Meda ne variò sostanzialmente il progetto, portando il principio del canale un terzo di miglio sotto al sasso di S. Michele, e restringendo tutt'i lavori al solo tratto di poco più d'un miglio, che poteva bastare per continuare la navigazione dal tronco superiore dell'Adda all'inferiore. La chiufa di derivazione fu fabbricata un poco sotto all'imboccatura del canale, e continuata da una sponda all'altra del Fiume, in una delle sezioni più anguste, di circa 80 braccia di larghezza, e di più di 10 braccia di altezza sopra il fondo del Fiume, e 2 sopra il fondo del canale. L'imboccatura fu scavata nel monte, e il canale fu tirato per lungo tratto in vicinanza del Fiume. La caduta totale di braccia 40 dalla foglia dell'incile fino allo sbocco del canale nell'Adda fu ripartita in due soli sostegni, l'uno di circa 10 braccia di altezza, e l'altro di circa 29. Nel Cap. VI. esporremo più minutamente l'idea di quest'ultimo sostegno. Ma nè i sostegni, nè il cavo non furono terminati in maniera che potessero servire per la navigazione. Anzi al disopra dei sostegni per lungo tratto il cavo non fu neppure incominciato. La chiufa fu bensì fatta in gran parte, e nel 1599 fu fatta anche la prova di rivolgere l'acqua nel primo tronco del Naviglio, ch'era finito. Poco sotto all'imboccatura cedettero gli argini, e il fondo si scompose, e rovinò, dove più, dove meno, nella lunghezza di circa 500 braccia, e in alcuni luoghi fino alla profondità di 8 braccia.

Si credette allora che la rovina fosse proceduta principalmente dall'impeto, con cui l'acqua veniva a rivolgersi dalla chiufa nel cavo: e se ciò fosse vero, sarebbe convenuto di abbandonare e l'imboccatura, e la chiufa, incominciando la diramazione del Naviglio da un altro luogo, dove l'Adda fosse più placida. Ma l'acqua non arrivò allora in quel cavo che all'altezza di cinque braccia, come molte volte suol essere nel Naviglio della Martesana: onde quando vi si fossero proporzionati meglio i soliti scaricatori, non

C c c 2

vi

vi era per questo capo da temer altro. Io poi fino dalla prima volta, che ho passeggiato in quei contorni, considerando la qualità delle rovine, che si stendevano in alcuni luoghi assai lontano dagli argini, e fino alla profondità di 8 braccia, ho creduto che il male sia proceduto principalmente dalla poca consistenza del terreno cavernoso, e disuguale. Il terreno di quei contorni è composto di ghiaja, di arena, e terra, che formano insieme una specie di tufo irregolare, che in alcuni luoghi si fende, e cede al suo proprio peso. Secondo quest' idea non sarebbe stato poi necessario di portare la chiusa più insù, e prima di ogni altra cosa si farebbero dovuti studiare tutt' i metodi pratici per meglio assicurare la consistenza di tutto il fondo. E in oltre coi lumi di questo secolo, e cogli esempj di tant' altri canali si sarebbe dovuto proporre di ridurre quei due vecchj sostegni all' altezza di otto braccia, e di collocarvene di mezzo tre altri, tutti contigui, ed accollati, nella maniera, che sarà spiegata a suo luogo.

Il cattivo successo dei lavori intrapresi per la navigazione dell' Adla fecero rivolgere altrove il pensiero, riassumendo l' antico progetto di continuare il Naviglio di Milano direttamente fino a Pavia. Il progetto dopo varie contestazioni fatte per parte delle due Città era già stato riconosciuto, ed esaminato nel 1597. Gl' Ingegneri Meda, e Remuffo, dopo le livellazioni opportune, proposero allora per il nuovo Naviglio cinque linee, che tutte convenivano insieme nella direzione da seguirarsi, di fianco alla strada, da Milano a Pavia, e che portavano lo stesso numero di sostegni, quattro per arrivare fino a Pavia, e quattro altri per discendere nel Tesino. Differivano le cinque linee nella direzione da darli all' ultimo tronco, e nel luogo dello sbocco. La prima entrava nella fossa della Città di Pavia, e finiva in Tesino nell' angolo del bastione inferiore: la seconda linea usciva fuori della spianata: la terza andava due miglia, e mezzo, e la quarta circa tre miglia più lontano: e finalmente la quinta finiva in Pò sotto la confluenza del Tesino, e por-

e portava un sostegno di più, onde in tutto ve n'erano nove.

Fu scelta la prima linea, e gl' Ingegneri Bisnati, e Remuffo vi ridussero il numero dei sostegni a soli cinque: uno di 15 braccia di caduta in vicinanza del piccolo Lambro, che forge in vicinanza di Milano: il secondo tra la Certosa, e Pavia: e gli altri tre sotto alle mura della Città. Nel Governo del Conte di Fuentes, sul principio del secolo passato se ne intraprese l' esecuzione. Il cavo continuato regolarmente per più di un miglio, e mezzo, dalle mura di Milano fino al piccolo Lambro, vi si fece passar sopra con un ponte canale in due grand' archi di pietra: ed oltre il ponte canale si fabbricò il grandioso sostegno di 15 braccia di caduta, e poco lontano si fecero le due botti sotterranee, di cui s' è parlato nel Cap. VI. del libro antecedente. Ma appunto la fabbrica del sostegno, e delle botti in luoghi così profondi, ed abbondanti d'acque sorgenti, esaurì le somme destinate per tutta l' opera, e le contestazioni insorte dopo impedirono che se ne correggesse il progetto, tenendo il cavo più rilevato, e quanto fosse possibile a fior di terra, moltiplicando i sostegni, in vece di tenerli tanto profondi, e così facilitando la costruzione delle botti sotterranee per la necessaria irrigazione delle campagne. Il risultato della livellazione è già stato indicato sul fine del libro terzo, e nei capitoli susseguenti saranno indicati i principj, che devono servire di norma per il riparto della caduta, per la forma dei sostegni, e per la situazione dello sbocco.

CAPO SECONDO.

De' Canali di Francia, de' Paesi-bassi, di Spagna, d'Inghilterra, di Prussia, di Russia, e Svezia.

IN questi ultimi due secoli per ogni parte dell' Europa si sono veduti sorgere dei monumenti illustri, ed eterni della beneficenza di varj Principi, che con nuovi canali navigabili hanno saputo

puto moltiplicare i comodi della Società, e del Commercio. Il canale di Briara in Francia fu incominciato nei tempi di Enrico IV., e del Duca di Sully, e fu finito nei tempi di Lodovico XIII., e del Cardinale di Richelieu. La lunghezza del canale era allora di undici leghe di Francia, e portava dalla Loire nella Loing, uno degl' influenti della Senna. Nel Regno di Lodovico XIV. fu tirato un altro canale dalla Loire vicino ad Orleans, fino ad incontrare il primo canale di Briara vicino a Montargis. E perchè la Loing in tempo di Estate è troppo scarfa di acque per una comoda navigazione, nella minorità di Lodovico XV. fu preso il partito di costringerla con un altro canale, ch'è propriamente una continuazione di quello di Briara fino in vicinanza alla Senna. Nel vecchio canale di Briara si contano 42 sostegni, e 20 nell' altro di Orleans.

L'opera più grandiosa di questo genere è il canale, che in Linguadocca forma la comunicazione del Mare Mediterraneo colla Garonna, e coll' Oceano. Le barche in undici giorni vi possono passare da un Mare all' altro, attraversando valli, e montagne, e salendo fino all' altezza di 600 piedi sopra il livello dei due Mari. I porti di Bourdeaux, e di Marfiglia declinano così il giro di più di 800 leghe di Mare per comunicare insieme tra loro. Il canale già progettato sotto tre altri Re, fu poi condotto a termine nel Regno di Lodovico XIV. col lavoro di anni quattordici, e colla spesa di undici milioni di franchi, oltre la spesa di altri due milioni, che importò il risarcimento del porto di Certe. Andreosi fu quello, che ne suggerì il progetto, e il Riquet ne diresse quasi tutta l'esecuzione. Ma il Riquet, quantunque uomo di singolare talento, non aveva però lumi, e studj bastanti per conoscere diversi errori di costruzione, e prevederne le conseguenze. La correzione di essi, e il compimento di tutto il canale si deve alla superiorità degli studj del Marefciallo di Vauban.

Il canale principia da un lago di circa quattro miglia di giro, e di circa 800 piedi di profondità, che, raccogliendo le acque del
Monte

Monte Nero, le fa passare a Naurosa in una gran vasca lunga 200 tese, e larga 150. Di là si distribuiscono le acque alla dritta fino a sboccare nella Garonna presso Tolosa, e sulla sinistra fino al lago di Thau, che si stende, ed arriva fino in vicinanza del porto di Certe. La larghezza del canale è di piedi 30, e tutta la lunghezza è di tese 125680, che fanno leghe $50\frac{1}{2}$ di Francia. Per quasi

la sesta parte il canale è tirato sulle montagne scavate profondamente: e al luogo detto il Malpasso ne viene attraversata la roccia, scavata a forma di volta, per la lunghezza di 80 tese, con 4 tese di larghezza, e $4\frac{1}{2}$ di altezza. Vi sono in tutto 100 so-

sostegni, e moltissimi ponti, e acquedotti. Vi sono anche intrecciati lateralmente alcuni altri canali secondarj, che rendono più esteso, e più facile il commercio interno delle provincie meridionali della Francia. Tutta l'opera incominciò nel 1666.

Ma nella prima costruzione di quel canale avea mancato essenzialmente il Riquet, facendovi entrare varj torrenti, e non prendendo alcuna precauzione per le materie, che i torrenti, e le acque piovane dovevano successivamente staccare dal dorso delle montagne. Nel termine di vent'anni si trovò già interrata in gran parte, e la vasca di Naurosa, e il canale. Il Marefciallo di Vauban primieramente fece aprire un nuovo canale, che evitava il passaggio delle barche dentro la stessa vasca. Poi con sei ponti-canali, e con trentanove botte sotterranee deviò dal canale tutti gl' influenti, che vi potevano portar dentro delle materie grosse. E finalmente vi fece aprire dappertutto le chiaviche opportune per asciugare il canale tutte le volte, che fosse occorso il bisogno di ripararlo. La navigazione in questi ultimi anni vi si è resa più incomoda, perchè appunto si era trascurata per molto tempo la continuazione delle riparazioni, e delle altre diligenze ordinarie. L'utile, e il comodo, che si avrebbe aprendo la comunicazione dei due Mari
nel

nel centro istesso di tutto il regno, ha fatto pensare al progetto di unire la Sonna, ch'è un influente del Rodano, con un nuovo canale navigabile all' Armançon, influente del Fiume Yonne, ch'è uno degl' influenti della Senna.

Nella minorità, e poi nel regno di Lodovico XV. furono fatti i due canali di Picardia, che si distinguono coi nomi di vecchio, e nuovo, e per cui si uniscono insieme i due Fiumi la Somme, e l'Oise. Il primo termina in Mare poco lontano d' Abbeville: e il secondo si getta nella Senna cinque miglia lontano da Parigi. La navigazione è così continuata da Parigi, e dal Mare fino a S. Quintino. Il Belidor, ch'ebbe molta parte nella costruzione del nuovo canale di Picardia, ci lasciò una minuta descrizione, e del nuovo, e del vecchio, nel Cap. V. del Lib. IV. dell' Architettura Idraulica. La costiera dei monti, che arriva fino a S. Quintino, impediva che i due canali comunicassero colla Schelda, che sorge tra San Quintino, e Cambrai. L'importanza di aprire la comunicazione della Senna colla Schelda, e di là con tutt' i canali dei Paesi-bassi, ha fatto abbracciare in questi ultimi anni il partito di attraversare tutta la costa con un canale sotterraneo della lunghezza di 7020 tese di Francia, che farebbero circa dieci miglia Italiane, dal luogo di Tronquoy presso a S. Quintino fino a Vandhuille poco lontano da Cambrai. Lo scavo fu tutto disteso in linea retta, e regolato su 20 piedi di altezza, e di larghezza: e per il comodo di tirare le barche non vi si sono lasciate che due panchine di due piedi di larghezza per parte, e così la larghezza del canale non è che di 16 piedi. La qualità del terreno, composto in molti luoghi di creta mescolata insieme coi sassi, ha portato la necessità di coprire lo scavo con una volta di pietra: e per avervi la luce, e la libera ventilazione dell' aria, di 50 in 50 tese si sono aperti 141 pozzi, di circa 10 piedi di diametro, sino al piano superiore del monte. Secondo il profilo, e la mappa, che ho ricevuto di tutto il cavo, l' altezza dei pozzi arriva in un luogo fino a 252 piedi, in molti

molti luoghi non è che di 200, e di 150, e in alcuni altri solamente di 80, e di 60. Quest' opera singolare, ed unica nel suo genere fu progettata sino dal 1727 dal Sig. de Vicy Ingegnere Militare, e fu diretta nell' esecuzione dal Sig. Laurent. I Matematici, che sono stati incaricati di esaminarla, oltre il dubbio che il canale non potesse essere provveduto d'acque abbastanza, ed oltre alla ristrettezza delle panchine, ed alla difficoltà di tirarvi continuamente le barche, hanno rilevato che facendo le barche assai lunghe colla larghezza di 14 piedi, com'era progettato, e prescindendo ancora dagli urti laterali, la resistenza sarebbe stata il doppio maggiore, che in un canale più libero, e più largo.

Indipendentemente da queste difficoltà, la molteplicità dei canali de' Paesi-bassi, e le diramazioni continuate coi Fiumi, e col Mare renderebbero più vantaggiosa, e importante la comunicazione colla Senna, e colle parti interne della Francia. Non si potrebbe dare così facilmente il dettaglio delle diramazioni dei canali, che si ritrovano ne' Paesi-bassi, massimamente Olandesi. Per l'altra parte il Filosofo, che ammira ne' canali di Francia la grandiosità, e la finezza del lavoro, ne' Paesi-bassi resta sorpreso principalmente dalla molteplicità, e dall' intreccio delle opere di questo genere. I Fiumi di quei Paesi non portando materie grosse, non avendo molta pendenza, e non correndo in piani di livello assai differente, si possono più facilmente, e navigare, e unire insieme, e diramare con molti altri canali navigabili. Le sorgive istesse del terreno somministrano in alcuni luoghi di Olanda la quantità d'acqua, ch'è necessaria per la navigazione. Il più antico canale delle Fianche è quello, che da Bruxelles porta alla Schelda, ed è del principio del secolo passato. Il canale di Gand, e di Ostenda è un lavoro del secolo presente. Il canale, per cui la Mosa comunica col Reno, fu incominciato nel 1626, nel regno di Filippo IV., ed ha otto leghe di lunghezza, e di larghezza piedi 81. Il Marchese Spinola, di cui era il progetto, ne rese memorabile l' esecuzione, difendendo

dola vigorosamente contro tutti gli sforzi del Principe Maurizio di Orange, con 24 fortini ben prefidiati, e disposti a distanze proporzionate l'uno dall' altro.

Nel regno di Ferdinando VI., e nell' anno 1753 fu incominciato il canale di Castiglia, e di Leone, che deve aprire la comunicazione delle parti interne della Spagna dalle coste dell' Oceano fino al Mediterraneo. Il Sig. Don Antonio de Ulloa celebre per le sue opere, e per la spedizione letteraria del Perù, fu incaricato dell' esame di tutto il progetto, e il Sig. Don Ferdinando de Ulloa n' ebbe l' esecuzione. Il canale incomincia ad Aguilar, dove non resterebbe che un tratto di poche miglia attraverso alle montagne per arrivare al Fiume Refaya, che si getta nell' Oceano in vicinanza di Santander. Nel primo tronco si uniscono le acque del piccolo Fiume Camefa, ed una parte ancora di quelle del Fiume Pisuerga, che vi si fanno ringorgare con una chiusa di 210 piedi di lunghezza, 34 di base, e 9 di altezza. Il canale continua sempre di fianco allo stesso Fiume Pisuerga: è regolato sulla larghezza di 40, o 44 piedi colla profondità di 7: e passa con un ponte canale sopra i Fiumi Abanades, Zieza, e Carrion. Passato il Carrion si formano del canale due rami, uno dei quali arriva fino a Medina de Rioseco, e il ramo principale rientra a Valladolid nel Fiume Pisuerga, ch' è poi comodamente navigabile fino al Duero. Termina pure nel Duero l' altro canale, ch' è derivato fino dalle vicinanze della Città di Segovia. Il Sig. Don Michele Sanchez Taramas ce ne ha dato la descrizione, e la mappa nelle note aggiunte alla traduzione Spagnuola del trattato di fortificazione del Sig. Muller: ed io suppongo di avere un Lettore Geografo, che seguiti a riscontrare da se tutt' i luoghi sulle migliori mappe senz' averle inserite in questo libro. Il nuovo canale, ch' è incominciato nella Provincia della Mancia deve servire all' irrigazione delle campagne dei regni di Murcia, e di Granata, e continuarvi la navigazione insino al Mare.

Il Sig. Duca di Bridgewater ci ha lasciato in questi ultimi anni un monumento glorioso, che potrebbe illustrare anche i fatti di qualunque Sovrano, nel canale di Warrington, e di Manchester: e il Sig. Brindley, che ne aveva già ideato il progetto, e che ne ha poi diretta l' esecuzione, vi ha fatto brillare per ogni parte i suoi talenti, e le sue cognizioni. Il canale per circa un miglio, e mezzo a Worsley Mill è scavato interiormente nel monte, ed arriva fin dentro alle miniere del carbon fossile. In tutto quel tratto non si può navigare, che a lumi accesi, e l' aria delle miniere vi si rende spirabile coll' aiuto dell' altr' aria, che vi s' introduce con tutta l' acqua raccolta dalle alture vicine. L' acqua si unisce in un gran bacino, fatto a forma d' imbuto, e inferiormente si versa per un tubo cilindrico: e l' aria si distribuisce per dieci altri tubi, dai quali soffia violentemente come da tanti mantici. Il canale nel suddetto tratto ha sei piedi inglesi, e mezzo di larghezza, $7\frac{1}{2}$

di altezza, e $3\frac{1}{2}$ di altezza del corpo d' acqua. I battelli, che

servono al trasporto del carbone, sono lunghi 47 piedi, larghi $4\frac{1}{2}$,

e pescano piedi $2\frac{1}{2}$.

Dove il canale resta tutto scoperto, al piede delle colline, sorprende la curiosità dei Viaggiatori con varie grandiose opere di un altro genere. A Borton Bridge, tre miglia lontano da Worsley Mill, il canale è portato attraverso alla valle per la lunghezza di 200 braccia con un acquedotto di pietra, e passa sopra il Fiume Irwell, all' altezza di piedi 38, con un ponte di tre archi. L' arco di mezzo ha 63 piedi di larghezza. Poco lontano da Borton Bridge il canale si dirama da una parte fino a Manchester, e dall' altra si stende fino a Warrington, dove il Fiume Mersey presenta una navigazione comoda, e continuata fino a Liverpool, ed al Mare occidentale.

tale. In tutto quel tratto il canale s'è dovuto tirare sopra molti altri condotti d'acqua, sopra diverse pubbliche strade, e in qualche luogo ancora attraverso a' terreni paludosi. Vi sono varj mulini, scaricatori, botti sotterranee, e sostegno d'una struttura affatto singolare. La corrente di Cornbroke viene prima raccolta in una gran vasca, da cui cade in un'altra vasca più piccola, e poi passa sotto al canale, e continua nell' antico suo letto. Vi è in vicinanza un sostegno di forma circolare. Il sostegno vicino al Fiume Madlock è formato di sei segmenti di un circolo, che tra tutti hanno un giro di 366 piedi.

L' esempio del Sig. Duca di Bridgewater non poteva essere sterile nella patria di Elisabetta, e del Newton. La nazione, che con una gloriosa guerra si era resa padrona dei Mari più lontani, ha poi pensato nella pace ad aprire tra i Mari vicini, e colle parti interne del regno una comunicazione più facile. Il canale di Manchester si è unito con quelli di Cheshire, e Lancashire, e s'è progettato un altro canale da Liverpool fino a Leeds. S'è incominciato nelle parti di Congleton un canale, che deve unire il Fiume Mersey col Fiume Trent, e coll' Humber. S'è già superata la principale difficoltà del progetto, ch'era quella di aprire a forma di volto uno spazioso foro in una montagna per la lunghezza di circa un miglio, e un terzo. Il Sig. Smeaton; che per altri capi è tanto benemerito della Fisica, ha contribuito in questo canale al buon esito di molti altri lavori. La comunicazione diretta, e libera dei due Mari si avrebbe quando poi riuscisse di unire il Fiume Trent colla Savern, che si getta nel canale di Bristol. Nella Scozia dalla parte di Glasgow s'è fatto altrettanto per evitare il lungo, e pericoloso giro delle coste Settentrionali, e si è aperto un canale navigabile per tutto l'istmo, dove s'internano maggiormente i due Mari di Levante, e di Ponente.

Il canale di Francfort, che forma l'unione dell' Oder, e della Spree, è opera di Federico Guglielmo soprannominato il Grande Elet-

Elettore. Dopo le ultime vicende della Polonia s'è fatta ancora l'unione dell' Oder, e della Vistola con un altro canale, che a Bromberg si dirama dal Fiume Brah, uno degl' influenti della Vistola, e finisce a Nackel nel Fiume Netz, uno degl' influenti della Varta. La lunghezza del canale è di circa 7000 pertiche del Reno. Vi sono distribuiti a diverse distanze nove sostegni, e verso la metà vi è tirato dal tronco superiore del Netz un altro canale sussidiario, che per ogni caso di scarrezza d'acque ve ne assicura la quantità necessaria. Il canale quasi tutto è disteso in due semplici linee rette, che formano insieme un angolo ottuso: e per quanto apparisce dalle mappe, che ho ricevuto, la principale difficoltà dev' essere stata quella di attraversare dei terreni vallivi, e paludosi per una estensione considerabile.

L'unione fatta dal Czar Pietro dei Mari Baltico, e Caspio ha sorpassato tutti gli altri lavori di questo genere per l'estensione della navigazione. Tutta l'opera adesso è finita, e il Maresciallo di Munich v'ebbe la gloria dell' ultimo compimento. Le navi dal Mar Caspio rimontano il Fiume Volga per lunghissimo tratto sopra Casan, e poi passano nel Tuertza, ch'è uno degl' influenti. Di là incomincia il canale, che porta nel Fiume Sna, per cui si discende prima nel Mesta, e poi nel Volkova, e in seguito nel canale, che costeggia il lago Ladoga, e finalmente si passa nel Fiume Neva fino a Pietroburgo, e nel Baltico. Il Fiume Volga si è fatto pure comunicare per un altro canale col Fiume Don, che così compisce l'unione dei Mari Caspio, Baltico, e Nero. Il Mar Nero ha ancora un'altra comunicazione col Baltico per mezzo del canale, che unisce il Boristene colla Vistola.

Un altro grandioso progetto tiene occupata presentemente la nazione più colta del Nord. Lo stretto del Sund diviene sempre più difficile in proporzione che si protraggono le spiagge, e che si alza il fondo del Mar Baltico. Una libera comunicazione del Baltico coll' Oceano per le parti interne della Svezia, farebbe l'epoca del

commercio ingrandito in quel florido regno. Interiormente vi sono due vasti laghi, il Weter, ed il Wener. Dal primo esce il Fiume Morala, ch'è navigabile continuamente infino al Baltico. Dal secondo esce il Fiume Gotha, che a Gothemburgo si getta poi nell'Oceano. I due laghi si possono facilmente unire insieme con un canale navigabile: e si può ancora facilmente tirare un altro canale dal lago Wener nel lago Hielmer: da cui, vicino ad Orebro, nel tempo di Carlo XI. fu aperto il passaggio nel lago Meler, che si estende fino a Stockolm. Nelle carte della Svezia si riscontreranno tutt'i luoghi già nominati senza che vi sia bisogno di aggiugnere delle altre mappe.

Il primo tronco del Fiume Gotha, che riuscirebbe più incomodo per la navigazione, s'è deviato nei tempi di Carlo IX. con un altro canale, che incomincia sotto a Wenersburgo, e che chiamasi Carls-graf. Le maggiori difficoltà per una continuata navigazione si hanno alcune miglia più sotto, nel tronco precipitoso, e irregolare, che chiamasi di Trollhetta. La caduta totale è di $113\frac{1}{3}$ piedi di Svezia nella lunghezza di circa 7000 piedi. Il piede di Svezia contiene 10 pollici, e linee $11\frac{3}{4}$ di Parigi, e assai prossimamente si eguaglia ad un mezzo braccio di Milano. La stessa caduta è poi disugualmente ripartita, e quasi tutta si distribuisce in tre grandi cascate d'acque. Le cascate sono in tre luoghi, dove le acque vengono ribattute, e ferrate tra groffi scogli, e dove tutto il Fiume dalla larghezza ordinaria di piedi 600 si restringe a poco più di 100. Lo spirito umano non s'è lasciato sgomentare dalla furia, e dall'impeto di un tal Fiume. Sono due secoli che si è ricercata la maniera di avere nel passo di Trollhetta una navigazione libera, comoda, e perenne.

Nei tempi di Gustavo Vasa, e di Enrico, e Giovanni suoi figliuoli non si fece altro che studiarvi, e discorrerne variamente.

Il terzo de' suoi figliuoli Carlo IX. incominciò dai lavori del canale di Carls-graf, come già s'è accennato. Gustavo Adolfo, quasi sempre distratto dalle guerre fuori del regno, non ebbe tempo di occuparsi dello stesso progetto. Cristina di lui figlia se ne occupò moltissimo: ma credendo impraticabile in qualunque maniera il passo di Trollhetta, ne fece cercare un altro, che potesse riuscire d'una più facile navigazione. Carlo Gustavo s'impiegò interamente nelle guerre contro la Danimarca, e la Polonia. Carlo XI. disperando di poter navigare il Fiume Gotha, e trovando troppo dispendioso il cammino progettato nei tempi della Regina Cristina, ne fece cercare un terzo, che si trovò egualmente impraticabile. Carlo XII. accostumato a vincere tutt'i maggiori ostacoli, chiamò nel 1716 il celebre Polheim, e poco dopo segnò con lui tutte le condizioni, colle quali nel termine di cinque anni si doveva rendere navigabile il passo di Trollhetta, e aprire un libero passaggio dal Baltico nell'Oceano. L'esecuzione accompagnava sempre gli ordini di quel Principe intraprendente, e risoluto. Si riunirono subito i materiali, e si fabbricò ancora la prima chiusa. La morte del Re fece rivolgere altrove l'attenzione, e tutte le viste del pubblico.

Dopo il 1751 fu ripigliato con differenti misure tutto il progetto. Si pensò allora di distribuire tutta la caduta di piedi $113\frac{1}{3}$ in tre soli sostegni: il primo di 28, il secondo di 52, e il terzo di $33\frac{1}{3}$ piedi di altezza. Si dovevano essi fabbricare di fianco alle tre cascate, colla larghezza di piedi 18, nella lunghezza di 72. Il lavoro si avanzò assai bene infino a tanto che si venne ad attraversare con una chiusa il seno dell'ultima cascata per farvi stagnar l'acqua al disopra. L'impeto, con cui tutto il Fiume vi si precipita, aveva impedito di ben riconoscervi il fondo. Dalla natura delle coste, e delle montagne vicine erasi congetturato che il fondo fosse di roccia: e si era in oltre supposto che tutto al più vi potessero

fero essere dieci piedi d'acqua. Si sbagliò e nell'una, e nell'altra supposizione. La profondità dell'acqua era almeno di 20, o di 25 piedi, e il fondo era composto di pietre grosse, e staccate, che resero inutili tutti gli sforzi dell'arte per assodarle. I cassoni di pietre, quantunque legati insieme con ferri di quattro pollici di grossezza, e attaccati con grossi pali ai due fianchi delle montagne, furono sciolti, e dispersi dalla corrente, e così fu rovesciato tutto il lavoro.

Le grosse somme annualmente assegnate dalla Dieta per questa grande intrapresa l'hanno fatta ripigliare fervidamente. S'è proposto in vece il progetto di declinare tutto il passo pericoloso con un canale della lunghezza di 8290 piedi di lunghezza, che esca, e che rientri nel Fiume Gotha, e in cui tutta la caduta si distribuisca negli ultimi 3000 piedi con sette sostegni di 36 piedi

di larghezza nella lunghezza di piedi 200: il primo di piedi $17\frac{1}{3}$ d'altezza, gli altri di 16: il primo isolato, e i quattro susseguenti tra loro tutti contigui, come pure gli ultimi due. Tra il quinto, e il sesto sostegno s'è proposto di difendere il canale con un grand'argine da tutte le escrescenze del Fiume: di aprire un ampio scaricatore tra il primo sostegno, e l'imboccatura: e nell'imboccatura istessa di lasciare due porte per asciugare il canale quando facesse di bisogno. La chiusa di derivazione non deve estendersi a tutto il letto del Fiume, ma solamente a quel ramo, e fino a quell'isolotto, ch'è più vicino al canale. La difficoltà di attraversare un marazzo per la lunghezza di 800 piedi, e di scavare il canale nella roccia in quattro differenti luoghi, tra tutti della lunghezza di circa 2000 piedi, ha fatto in vece abbracciare il partito di tirare un canale di cotto in vicinanza del Fiume, e di fabbricarvi i sostegni istessamente di cotto. I Matematici, che ne furono consultati avrebbero anzi desiderato che in un clima così freddo il canale, e i sostegni si portassero nella roccia senz'alcun risparmio di spesa. E ciò basti intorno alla storia delle opere principali di questo genere.

CAPO

CAPO TERZO.

*Della derivazione dei Navigli di Milano, e di Bologna,
e delle regole principali delle chiuse,
dei diversi, e dei paraporti.*

I Canali, che si derivano per la navigazione, o ancora per l'irrigazione delle campagne, o per gli usi dei mulini, e di altre fabbriche, incominciano ordinariamente da qualche chiusa, o pe-scaja, che attraversa il letto del Fiume, e che obbliga una porzione delle sue acque ad imboccare costantemente l'incile. Nei Fiumi poi, che o non sono bastantemente abbondanti d'acqua, o sono di letto troppo libero, e largo, e particolarmente in quelli, che seguitando a correre in ghiara hanno una maggiore pendenza di fondo, e restano più soggetti a rivolgere variamente il filone o dall'una, o dall'altra sponda, la fabbrica di una chiusa è il solo mezzo di somministrare costantemente la necessaria quantità d'acqua a tutt' i canali di derivazione. Senza una chiusa, che interrompa, e che moderi la pendenza, si manterrebbe sempre più profondo, e più libero il fondo del Fiume, il corso delle acque vi si continuerebbe con una maggiore rapidità, le deposizioni delle ghiaie, e delle altre materie grosse si accumulerebbero gradatamente all'imboccatura del canale, e nella proporzione medesima vi andrebbe continuamente mancando il corpo d'acqua. L'osservazione già riferita nel Capo primo degl' interramenti seguiti innanzi alla chiusa, anticamente incominciata da una parte sola del tronco superiore dell'Adda, è un indizio bastante, che sarebbe seguito altrettanto per tutta l'imboccatura di un canale, che da quel seno si fosse continuato con una minore inclinazione di fondo senza prolungare la chiusa fin verso la sponda opposta del Fiume. In un Fiume, che portasse, e facesse, e ghiaie in gran copia, e che non correbbe incassato tra ripe così ristrette, come il tronco superiore dell'Adda, vi

E c c

sa-

farebbe tanto più da temere, che deviando il filone da un' altra parte, non continuasse per lungo tempo a versare negli altri cavi di derivazione la necessaria quantità d'acqua.

Nelle memorie di quanto anticamente è seguito all'imboccatura del primo Naviglio di Milano ci ha rapportato il Settala l'osservazione più istruttiva, e più grande, che si possa produrre in questo genere. Anticamente il Naviglio si diramava dal Tefino con una specie di sperone, che dalla sponda sinistra avanzandosi fin dentro il Fiume serviva come di partitore. Lo sperone fu prolungato gradatamente senza che mai si arrivasse con ciò a impedire che nelle maggiori piene non si gettassero dei grossi ammassi di arene, e ghiaie all'imboccatura del cavo, e vi venisse a mancare la navigazione. Qualche volta ancora, per qualche deviazione seguita superiormente, quasi tutto il Fiume è entrato colle sue piene nel cavo, rovinando gli argini, e schiantando gli altri ripari. Finalmente dopo i danni sofferti nella piena del 7 Agosto del 1585, colla direzione degl'Ingegneri Bassi, Pellegrini, e Meda, fu lo sperone rifabbricato con tanta solidità, e consistenza, che ha poi retto alla furia di tutte le altre piene successive. Ma quantunque il nuovo sperone si avanzasse molto nel Fiume, la maggiore pendenza del fondo continuò sempre a tenere la corrente più rapida da quella parte, ed a lasciare esposto il Naviglio ai soliti inconvenienti fino a tanto che fu preso il partito di attraversare con una brida, la sezione residua del Fiume, che chiamasi volgarmente la bocca di Pavia, per così fissarne il fondo al livello medesimo dell'imboccatura del Naviglio. Fu ancora alzato dall'altra parte un grandioso riparo, che chiamasi l'armatura de' Mancini, e furono munite le due sponde del Fiume con altri ripari in maniera che ne resta fissato il filone, e stabilmente rivolto all'imboccatura del Naviglio. Io ho avuto occasione di osservare varie volte con quale impeto, e furia siano quei lavori investiti dalla corrente. E quantunque il timore di qualche nuovo serpeggiamento del Fiume abbia fatto altre volte

pen-

penfare all'ardua impresa di cambiarlo di letto, e raddrizzarlo, ciò non ostante l'esperienza delle cose passate, basta ad assicurare che i lavori presenti possono ancora lungamente servire per l'avvenire.

L'osservazione delle variazioni seguite più anticamente, basta per far vedere la generale necessità di moderare la pendenza dei Fiumi più rapidi con una chiusa, e di assicurarne con altri ripari il filone, e le sponde, quando se ne abbia da derivare un ramo perenne d'acqua. Ma le circostanze particolari della chiusa del Tefino, e di tutti gli altri lavori formano un caso, che non potrà così facilmente servire di regola, e di norma per gli altri Fiumi. Mentre non essendosi voluta interrompere la navigazione continuata, e libera del Tefino, si è tenuta la chiusa a quella semplice altezza, che bastava per congruagliare i due fondi del Naviglio, e del Fiume senza essere di qualche intoppo alle barche, e in vece di fare che l'acqua ringorgasse maggiormente nel cavo da una chiusa più alta, si è cercato di volgerla in maggiore copia, e abbondanza da quella parte per mezzo di tutti gli altri lavori, fatti nella sponda opposta del Fiume. L'armatura de' Mancini è quella che in tempo di acque basse contribuisce principalmente a rivolgere il filone del Fiume verso l'imboccatura del Naviglio, ch'è di circa 70 braccia di larghezza, come si è detto. Con ciò si ha ancora un altro vantaggio, che le maggiori deposizioni di ghiaie, e di altre materie grosse in tempo di acque basse, reitano nelle parti convesse del Fiume, e sopra, e sotto la bocca di Pavia. In tempo poi delle piene la maggiore caduta, e larghezza del canale di Pavia, che arriva quasi alle cento braccia, vi mantiene la parte principale del Fiume, e vi smaltisce le antecedenti deposizioni.

Preciudendo adunque da un caso particolare, che non venga interrompere la navigazione di un Fiume, una chiusa più alta, e proporzionata, che lo sollevi immediatamente sopra il livello di qualche canale, farà sempre il mezzo più semplice, e più sicuro di mantenervi la necessaria quantità d'acqua. Ma nella fab-

E c c 2

brica

brica delle chiuse di questo genere si ricerca tutta la maggiore finezza, e dell'ingegno, e dell'arte. Nella costruzione di quelle chiuse, che servono unicamente per sostenere i letti dei Fiumi, non si ricerca che la fermezza, e la solidità sufficiente perchè esse reggano superiormente a tutto l'urto delle acque correnti, e inferiormente a tutta l'irregolarità dei gorghi, e dei vortici, come si è detto nel Cap. V. del libro antecedente. Nella derivazione dei canali si ricercano delle altre cautele importanti per regolarvi la quantità d'acqua a principio, e perchè il successivo rialzamento di tutto il fondo superiore, che in queste chiuse deve aspettarsi come nelle prime, non arrivi col progresso del tempo a portare detrimento alcuno ai canali. Il Guglielmini nel Cap. XII. non ha detto altro intorno alle chiuse di derivazione, se non di alzarle sopra la foglia dell'incile, quanto richiede il corpo d'acqua che si avrebbe da derivare. Il Sig. Bacialli nel Tom. IV. degli Atti di Bologna, ha aggiunto varie considerazioni sopra di un'altra regola del Guglielmini di dare alla sommità della chiufa una continuata inclinazione verso il canale, ed ha detto di credere più espediente che per circa la quinta parte di tutta la lunghezza, dalla parte del canale, si dia un'eguale altezza alla chiufa, e che poi si tenga gradatamente elevata verso la parte opposta. Per dire qualche cosa di più, e per norma degli altri lavori, che si avessero in seguito da intraprendere, bisogna incominciare dalla considerazione di quelli, che son già fatti.

L'opera più grandiosa di questo genere, che ho veduta, è la chiufa, per cui il Naviglio di Bologna si deriva dal Reno a Casalecchio. La chiufa è continuata dalla sponda del Naviglio fino alla falda opposta del monte, nella lunghezza di piedi 417 di Bologna, che sono circa $266\frac{1}{2}$ braccia di Milano: ed ha l'altezza di piedi 30, ossia di braccia 19 sopra il fondo inferiore del Reno: e così il fondo superiore alla chiufa resta più rilevato sopra il fondo inferiore

riore di circa braccia 14, o 15. Anticamente la chiufa era stata tirata molto al disotto del luogo della chiufa presente: ma essendosi poi dovuta alzar troppo, per fare ringorgar l'acqua insino al piano del Naviglio, e non essendosi fabbricata con una consistenza bastante, fu presto rovesciata dall'impeto delle piene. A Casalecchio il Fiume corre ancora più stretto tra i seni delle montagne: e restando tutto ferrato, e attraversato dalla chiufa, vi si è aperto lo sfogo alle acque sovrabbondanti nella sponda istessa del Naviglio. Poco sotto all'imboccatura vi sono due grandi chiaviche da aprirsi fino al fondo del canale, che propriamente si chiamano paraporti. In mezzo di esse si trovano sette mani di porte di diversi a fior d'acqua: e più sotto a diverse distanze si trovano quattro altri paraporti.

Gli scaricatori così aperti fino al fondo del canale, oltre allo scarico delle piene, servono ancora ad un altro uffizio, che le acque ricadendo nel Fiume principale sotto alla chiufa staccano dal fondo istesso le materie più grosse, e le tirano seco, e a proporzione della maggiore caduta, e dell'accelerazione, che concepiscono, vi fanno estendere l'escavazione per qualche tratto all'insù. Con più fabbriche di tal natura, fatte operare a tempo, e disposte in maniera, che dove finisce l'azione di una, ivi incominci l'azione dell'altra susseguente, si obbliga a rientrare nel Fiume, dentro il minore spazio possibile, la ghiaia entrata nel canale. Con quest'artificio le ghiaie nel Naviglio di Bologna non vanno più lontano di un mezzo miglio, quantunque dentro l'alveo del Reno sino dai tempi del Guglielmini andassero cinque miglia sotto a Casalecchio, e adesso si stendano ad una distanza ancor maggiore. E quantunque il suddetto Naviglio possa proporsi come un modello dell'arte in questo genere, diceva però il Guglielmini nel Cap. XII., che vi si sarebbe potuta restringere la ghiaia ad uno spazio minore, se il luogo dei paraporti fosse stato meglio inteso a principio, e se si facessero essi operare più frequentemente, e in tempi più opportuni.

Le

Le due principali chiuse del Milanese, quelle di Cassano, e di Trezzo sono tirate obliquamente, la prima in un luogo più libero, e più spazioso, e la seconda in una delle sezioni più anguste del Fiume. La chiusa di Cassano ha più di 500 braccia di lunghezza, ed ha dalla sponda opposta al canale della Muzza un'apertura di circa 10 braccia, che serve qualche volta al traghetto dei battelli, e che si può chiudere in tempo delle maggiori scariche d'acque. Il ciglio della chiusa è ripiegato un poco nel mezzo sin sotto il pelo dell'acqua bassa. La chiusa di Trezzo non è più lunga di 150 braccia: è tutta alzata seguentemente allo stesso livello dell'argine del Naviglio, e dalla parte opposta ha un'apertura consimile di braccia 16. Nella fabbrica di essa gli Architetti si sono abilmente approfittati di un grosso ceppo, che attraversa il fondo dell'Adda, e che serve di base alla chiusa. Poco sotto all'imboccatura l'argine stesso del Naviglio serve di regolatore, e di diversivo aperto a fior d'acqua, tenendola all'altezza costante di circa braccia $4\frac{1}{2}$,

e lasciando ricadere il di più nell'alveo contiguo dell'Adda. I paraporti, che arrivano sino al fondo del Naviglio, sono stati situati a Concesa, circa un miglio di sotto a Trezzo, e poi a Vaprio, di sotto due altre miglia. S'è fatto pure a Cassano nell'incile stesso della Muzza uno scaricatore aperto a fior d'acqua, e circa due miglia più sotto si sono fatti due paraporti, ciascuno di dieci porte. Considerando le acque, ch'entrano, e che si derivano dall'Adda tra l'una, e l'altra chiusa, si può supporre che il corpo d'acqua sia poco maggiore a Trezzo, che a Cassano. Le materie portate dall'Adda devono diminuirsi sensibilmente, e di numero, e di mole da un luogo all'altro: ma poi vi si aggiungono a Vaprio le arenne, e le ghiaie grosse, che vi porta il Brembo in gran copia.

Questa è la costituzione fisica del Fiume, e delle due chiuse. I principali effetti sono. Ambedue le chiuse nella parte anteriore sono altamente rincalzate dalle deposizioni delle ghiaie. Il fondo

supe-

superiore alla chiusa, e in un luogo, e in un altro resta di livello sensibilmente più alto, e più rilevato sopra tutto il fondo inferiore. Il fondo dell'Adda a Cassano è spianato con una maggiore regolarità: e a Trezzo è tanto irregolare, che sopra, e sotto alla chiusa si trovano in qualche luogo dei seni di 20, e 25 braccia. L'impeto, con cui le acque discendono dalla volta del Castello di Trezzo verso la chiusa, l'accelerazione, che nasce dalla caduta susseguente, la maggiore ristrettezza del letto, la posizione delle rive, e i grossi scogli, che da esse si avanzano dentro il Fiume, sono le cagioni di non essersi ancora riempiti quei seni, e conguagliati colle deposizioni delle ghiaie. L'impeto stesso delle acque non lascia pure che le ghiaie si ammucchino all'imboccatura del Naviglio, e le spinge sin dove arriva interrottamente l'azione dei paraporti. Finalmente in tempo di piena si rigonfiano le acque sopra la chiusa, e s'alzano di livello sino d'un braccio, e di un braccio e mezzo sopra il piano degli argini, e dei diversivi del Naviglio: e non avendo l'imboccatura più di 20 braccia in larghezza, come tutto il tronco inferiore, nè potendo assorbire una maggiore quantità d'acqua, e conguagliarne prossimamente i livelli, dà luogo a quella cascata, che si è indicata nel capo primo. Ciò non succede nell'imboccatura della Muzza a Cassano. Ma siccome ivi è minore la caduta del fondo, maggiore la distanza dei paraporti, più spazioso, e più libero il letto del Fiume, e il filone deviato in parte, e diviso dalle bocche d'irrigazione, che si ritrovano sulla sinistra; succede poi che le ghiaie, e le altre materie grosse più facilmente si ammucchino sulla dritta, e che faccia qualche volta bisogno della mano e dell'arte, per tenere espurgato il fondo della Muzza, e derivarvi il corpo d'acqua, ch'è necessario per tutte le irrigazioni inferiori.

Senza moltiplicare gli esempj delle altre minori chiuse, che ho visto, le precedenti osservazioni, e gli altri principj esposti nel Cap. VI. del Lib. VII. bastano adesso per ragionare. Due cose prin-

principalmente si devono avere in vista nella derivazione di un canale, che nè in qualche tempo vi manchi la necessaria quantità d'acqua, nè vi abbiano da portare inconveniente alcuno le piene: e l'una, e l'altra di queste cose dev'essere sistemata per la più lunga continuazione del tempo. Perciò non basta il semplice calcolo della quantità d'acqua, che si potrebbe derivare a principio. Bisogna considerare ancora le altre materie, che vengono trasportate insieme coll'acqua: bisogna prevedere le variazioni, che ne possono nascere successivamente nei fondi, e del canale, e del Fiume, la difficoltà di tenere espurgato il primo, e la linea, su cui deve stabilirsi il secondo: e bisogna sopra tutto distinguere gl' interramenti del canale, che si possono prevenire coll'uso opportuno dei paraporti, o toglierli ancora colla manuale escavazione, ed il rialzamento di tutto il fondo del Fiume, che deve farli superiormente alla chiufa sino ad un certo termine, e che non si può altrimenti rimediare coll'arte. La considerazione delle materie mescolate insieme coll'acqua forma sempre l'articolo più delicato, importante, e difficile di tutta l'Architettura Idraulica.

E per incominciare dal luogo della derivazione del canale, non è necessario di dire che la scelta così all'ingrosso dipende dall'altezza dei piani delle campagne, sulle quali hanno le acque a condursi, quando si tratti di un semplice canale d'irrigazione, e che in un canale navigabile bisogna in oltre avere riguardo ai luoghi da evitarli, o da farli comunicare insieme tra loro. Tutto il dubbio può nascere intorno alla precisa sezione del Fiume, dove avrebbe da tirarsi la chiufa, e si può dimandare se si avrebbe da scegliere, o la sezione più larga, o la più ristretta. In diversi tempi, e in diverse provincie s'è visto adottato e l'uno, e l'altro principio. A Casalecchio s'è tirata la chiufa tra le gole delle montagne, come già abbiamo fatto avvertire: ed a Cassano s'è scelta una sezione assai più spaziosa che a Trezzo. E così pure per la derivazione di un Naviglio nel tronco superiore dell'Adda sul principio del secolo

fedi-

sedicesimo fu progettato il luogo più spazioso, e più piano, che corrisponde al sasso detto di S. Michele: e sul fine dello stesso secolo fu anzi incominciata la chiufa un terzo di miglio più sotto, tra le fauci più anguste di quella costa. Generalmente parlando le sezioni più larghe possono dare uno sfogo più facile alle maggiori piene, ma poi ricercano delle cautele, e delle provvidenze maggiori perchè in tempo che il Fiume è più basso non venga a mancare al canale la necessaria quantità d'acqua. Per lo contrario dalle sezioni più anguste può provvedersi più facilmente il canale anche in tempo di acque più basse, ma poi vi vogliono dei paraporti, e dei diverfivi più ampj, perchè non venga soverchiato il canale in tempo delle maggiori piene. Le sezioni più anguste possono ancora offrire dei lati più sicuri per intestarvi le chiufe: e nelle sezioni più larghe sono meno tormentate le chiufe dall'impeto delle correnti. E così l'uno, e l'altro principio secondo la varietà delle circostanze, e dei luoghi può avere i suoi vantaggi particolari.

Per lo scarico semplice delle piene è indifferente che si provveda colle aperture fatte nell'argine del canale come a Casalecchio, o con quelle che sono lasciate nella chiufa, come a Trezzo, ed a Cassano: e così pure è indifferente che le aperture siano lasciate o dall'una, o dall'altra parte della chiufa. Ma quando si lasciasse aperta, e interrotta per qualche spazio la chiufa dalla parte istessa del canale, si avrebbe sempre il vantaggio di mantenervi il corso principale, il maggior fondo, e il filone del Fiume, e con ciò di rivolgere le maggiori deposizioni dall'altra parte, e di provvedere meglio alla derivazione delle acque, anche in tempo che restano più basse. Laddove le bocche d'irrigazione, e tutte le aperture lasciate nella sponda opposta al canale, per lo meno dividono il corso delle acque, e danno luogo alle maggiori deposizioni verso l'imboccatura, che bisognerebbe conservar sempre più libera. Abbiamo accennato sopra come un simile effetto si renda principalmente sensibile nel primo tronco della Muzza a Cassano, ed abbiamo anzi

F f f

detto

detto generalmente come si possano far servire le forze istesse delle acque a tenere il canale espurgato, e ricondurre nel Fiume i sassi, e le altre materie grosse, lasciandole ricadere dalle foglie dei paraporti, e disponendo i paraporti in maniera, che dove finisce l'azione dell' uno, incominci quella dell' altro.

Ma nè i paraporti, nè le aperture lasciate o dall' una, o dall' altra parte della chiufa, possono mai supplire al rallentamento del corso di tutto il Fiume, e prevenire il rialzamento successivo del fondo superiore. Si sono già esposti gli esempi, e le ragioni, e i limiti di tutto il rialzamento, e nel Cap. V. del Lib. VII. s'è dimostrato che fabbricata una chiufa il nuovo fondo superiormente si deve disporre in una linea parallela al fondo vecchio, e tirata insù da quel punto dove finisce di stendersi l'accelerazione, che nasce dalla caduta inferiore. Quest'è l'oggetto, che nei canali navigabili deve aver in vista principalmente per fissare l'altezza della chiufa, e la foglia dell'incile. Per esempio farebbe un errore se tenendo il fondo di un canale sullo stesso fondo, o vero, o ragguagliato di un Fiume ghiaioso, ed arenoso, ed alzandovi una chiufa di due braccia di altezza, si credesse di derivarne costantemente due braccia d'acqua. Ciò potrebbe bensì succedere a principio, e ancora per qualche tempo. Ma dovendosi in seguito rialzare gradatamente tutto il fondo superiore del Fiume, la chiufa non lo formerebbe più di due braccia: andrebbe successivamente mancando nel canale il corpo d'acqua: e se il Fiume portasse materie grosse in gran copia, potrebbe anche la chiufa in progresso di tempo restar sepolta nelle deposizioni. Per lo contrario se la foglia dell'incile si tenesse sei, o sette braccia più rilevata del fondo del Fiume, e se la chiufa fosse portata fino all'altezza di otto, o di nove braccia, avrebbe luogo di rialzarsi notabilmente lo stesso fondo, senza che l'imboccatura del cavo venisse con ciò a restare meno libera. Anzi l'accelerazione delle acque cadenti dall'altezza di nove braccia, stendendosi per qualche tratto all'insù, contribuirebbe a tenere il rialzamento del fondo dentro di certi limiti.

Le

Le aperture lasciate dall' una, o dall' altra parte della chiufa per una piccola parte di tutta la sua lunghezza, possono bensì servire al più libero scarico delle piene, ma non possono già variare sensibilmente le regole dello stabilimento del fondo superiore del Fiume. Cioè non possono eccettuarne che quella sola porzione, che corrisponde alle aperture medesime, e ch'è per conseguenza assai piccola, come negli esempi già addotti. Però raccogliendo tutto si potrebbero quì fissare le regole seguenti.

I. Per derivare un canale navigabile da un Fiume, che porti materie grosse, e che abbia molta caduta, bisogna attraversarne il fondo con una chiufa sicura, e stabile.

II. La maniera più semplice di tenere ad una altezza determinata il corpo d'acqua nel cavo si è, che il ciglio della chiufa, e degli argini si alzi di altrettanto sopra la foglia dell'incile.

III. Ma perchè ciò succeda costantemente per tutto il tempo avvenire, la stessa foglia deve tenersi tanto rilevata sopra il fondo primitivo del Fiume, che non arrivi ad essere conguagliata col fondo successivamente rialzato innanzi alla chiufa.

IV. La chiufa si può tirare nelle sezioni del Fiume o più anguste, o più larghe, quando oltre alle generali avvertenze per la solidità, e consistenza delle due intestature, e di tutto l'impianto, si prendano delle precauzioni particolari, nel primo caso per lo scarico libero delle piene, e nel secondo perchè l'acqua non manchi al canale in tempo che il Fiume è più basso.

V. Perchè la chiufa regga più facilmente a tutto l'urto della corrente, bisognerebbe tirarla più obliquamente dall' una all' altra sponda del Fiume: ma bisognerebbe poi avvertire di non accostarla tanto alla sponda comune del Fiume, e del canale, che le barche passandovi da vicino non possano correre qualche rischio.

VI. Per deviare una maggiore quantità d'acqua, secondo ciò che si è detto nel Cap. VII. del Lib. VII. bisognerebbe tenere la chiufa ad angolo semiretto col filone superiore del Fiume: ma bi-

F f f 2

sogno-

fognerebbe anche avvertire, che la soverchia quantità d'acqua nel tempo delle piene non arrivasse a difficoltare il passaggio dal Fiume nel canale, massimamente nel caso di una troppo ristretta imboccatura.

VII. Il piano superiore dell' argine, che si congiugne collo sperone, e colla chiusa, deve tenersi per lungo tratto allo stesso livello, perchè serva di stabile regolatore alle acque del canale, lasciando ricadere nel Fiume quelle che sopravvanzano nelle piene.

VIII. I paraporti devono ripartirsi nello stesso argine in tali distanze, ed in tal numero, che non servano solamente allo sfogo delle maggiori piene, ma bastino in oltre a tenere il fondo espurgato, riportando insieme colle acque dentro l'alveo del Fiume le ghiaie, e le altre materie successivamente depositate.

IX. Allo scarico delle piene può conferire ancora qualche apertura, che venga lasciata nella chiusa fino al fondo del Fiume, e che si possa chiudere in tempo di acque più basse, ma è sempre meglio di tenerla dalla parte istessa del Naviglio, e di evitare qualunque diversione dall' altra parte.

CAPO QUARTO.

*Della regolata quantità d'acqua,
e della navigazione del piccolo Serio, e della Delmona.*

IL canale, che a Ripafratta si deriva con una robusta chiusa dal Serchio, e che a Pisa finisce in Arno, è provveduto all' imboccatura di fortissime cateratte, che facilmente si possono chiudere in tempo di una piena. Il canale si crede opera di Lorenzo degli Albizzi. Ed era ivi necessario tutto quel meccanismo, perchè le piene del Serchio sopravvengono improvvisamente in poche ore, e perchè il canale per lungo tratto resta incassato, e sepolto fra terra senz' alcun emissario. In un canale, che portasse un maggior corpo d'acqua, e che si dovesse continuare quasi nella direzione mede-

medesima del filone del Fiume, sarebbe tanto più ardua, e pericolosa l'impresa di opporre qualche lavoro a tutto l'impeto delle piene. Abbiamo esposti i ripieghi più ordinarj, e più semplici degli altri Naviglj, che regolandosi sopra una pendenza di fondo sensibilmente minore di quella del Fiume principale, ne vanno divergendo sensibilmente, e vi lasciano una caduta sensibile anche vicino alla prima imboccatura. I paraporti, che in caso di bisogno si lasciano aperti fino al fondo del canale, e i diversivi sempre aperti a fior d'acqua possono disporli a principio, e proporzionarsi in maniera, che bastino per lo scarico di qualsivoglia piena.

Ma quando fosse ben sistemata la prima diramazione; bisognerebbe poi provvedere in tutto il resto del canale allo sfogo delle acque, che vi potessero ricadere dalle coste vicine, o che vi fossero successivamente portate da qualche influente. E' necessario che tutto il canale sia provveduto dagli opportuni scaricatori. I due Naviglj di Milano ne sono provveduti così bene, che tutte le piene del Tesino, e dell' Adda, e tutte le acque aggiunte nella continuazione del corso non vi potrebbero mai cagionare incomodo alcuno, se si facessero sempre ginocare a tempo le cateratte, e si togliessero tutti gl' intoppi delle inferiori diramazioni. E qui meritano di essere particolarmente indicati i diciannove scaricatori, che nel Naviglio della Martesana restano distribuiti, e sopra, e sotto, e dirimpetto allo sbocco del Fiume Lambro, ch'entra con tutte le sue piene, e a foce aperta nel Naviglio. Bastano essi non solamente per dare sfogo ad una piena intera del Lambro, ma di più ancora per deviare la metà incirca del Naviglio: cosicchè entrandovi poco sotto il torrente Seveso, la cui portata può valutarli la metà appunto del Naviglio, non faccia che restituirlo all' altezza ordinaria. Anche in tutto il recinto della Città s'è provveduto con altri scaricatori al caso di qualsivoglia escrescenza d'acqua. Il dettaglio delle inferiori diramazioni non è punto interessante per gli esteri, ed è abbastanza noto in Milano.

In

In tutt' i canali è più facile di ritrovare qualche ripiego , o per escludere , o per deviare successivamente le acque sovrabbondanti : ma può qualche volta superarvi tutte le forze dell' arte la riunione della quantità d'acqua , ch'è necessaria . Ciò dappertutto ricerca le più attente , e mature considerazioni . Nei canali , che si alimentano coll' unione delle acque , o sorgenti , o piovane , come in quello di Linguadocca , l' estensione delle conserve , la natura delle sorgenti , e la quantità delle piogge , e dell' evaporazione , possono far conoscere se vi sia quanto bisogna per la navigazione . Negli altri casi più ordinarij d' Italia , che il canale si derivi da un Fiume , lo stato della maggiore scarsità d'acqua istessamente può far conoscere se col ritegno di qualche chiusa possa l'acqua salire ad un' altezza data sopra di un fondo , che si mantenga costantemente ad una data profondità . In primo luogo adunque è necessario di sistemare talmente la chiusa , che arrivi a rivolgere nel cavo in qualunque tempo la necessaria quantità d'acqua : e poi bisogna avere una continuata avvertenza perchè le materie gettate , e amucchiate nel primo tronco non tengano indietro una porzione della quantità istessa , e ne facciano più scarfeggiare il tronco inferiore .

Per esempio nel Naviglio , che si deriva dal Tesino , le precauzioni prese , e le circostanze indicate nel capo antecedente , non bastano per impedire che s' inoltrino le ghiaie , e le altre materie terree per tre , e più miglia sotto all' imboccatura : e vi s' inoltrano in tanta copia , che dopo quattro , o cinque anni per restituire il fondo nello stato primiero colle ordinarie espurgazioni , conviene in molti luoghi escavarlo di un mezzo braccio , e in qualche luogo ancora di un braccio , o di un braccio e mezzo , per la lunghezza dove di 500 , dove anche di 1000 braccia , com'è accaduto nel 1765 , e nel 1770 . Secondo i principj già esposti nel Cap. IV. del Lib. V. sarebbe facile il calcolo della quantità d'acqua , che può essere trattenuta da tutte queste deposizioni . Supponiamo che

l' al-

l' altezza ordinaria di once 30 in tutto il primo tronco del Naviglio si riduca ad once 28 , e che il rialzamento uniforme , e ragguagliato di tutto il fondo arrivi solamente a due once , prima che dai consueti segnali del luogo di Nofate venga indicato , che l'acqua incominci a mancare per tutti gli usi della navigazione , e dell' irrigazione delle campagne , e però nasca il bisogno dell' ordinaria espurgazione . In quest' ipotesi farebbero le quantità d'acqua in ragione di $30 \vee 30 : 28 \vee 28$, ossia come 11 : 10 prossimamente . Sarebbe adunque di circa $\frac{1}{11}$ la quantità d'acqua , che può aggiugnersi ,

e levarsi al Naviglio senza qualche pregiudizio sensibile : e se tutto il primo tronco si mantenesse annualmente a quella profondità , a cui suole ridursi ordinariamente ogni quattro , o cinque anni , e molto più se ciò si facesse ancora nell' ultimo tronco , e fino in vicinanza di Milano ; vi si guadagnerebbe quella quantità d'acqua , che potrebbe bastare almeno per un altro Naviglio , che non fosse di corso libero , e che a diversi intervalli restasse interrotto dai sostegni .

Generalmente per prevenire il caso d'una soverchia scarsità d'acqua è necessario di preparare il fondo del cavo con una minore pendenza , per compensare colla minore velocità ciò che appunto può mancare in altezza : e se ciò ancora non basta , conviene interromperne il corso con diversi sostegni , distribuiti a distanze proporzionate , che lasciando il passaggio libero alle barche da un tronco all' altro , mantengano in tutti l'acqua all' altezza , ch'è necessaria . In questa maniera disse il Guglielmini nel Cap. XII. , che con debolissimi corpi d'acqua si possono fare dei canali comodamente navigabili . Ne abbiamo un esempio nel così detto canalino di Cento , che riunendosi da alcune sorgenti nelle vicinanze di Forte Urbano , e ingrossandosi assai poco nel seguito , ciò non ostante è regolato con tre sostegni in maniera , che la navigazione si continua con esso fino a Ferrara , e in tutto il ramo abbandonato dal Pò ,
che

che chiamasi di Volano. E questo ancora sarebbe il caso della continuazione proposta del suddetto Naviglio di Milano sino a Pavia. In alcuni canali del Bolognese, e di altri luoghi si fanno le navigazioni ad acqua interamente stagnante.

In un canale interrotto dai sostegni, in cui entri una volta la quantità d'acqua, ch'è necessaria per cominciarvi la navigazione, a fine di poterla poi continuare, non si ricerca altro che di supplire al consumo dei sostegni medesimi, e di compensare la perdita che può farsi per l'evaporazione, e per l'assorbimento del terreno. L'evaporazione ne' nostri paesi può valutarli di 36 pollici Parigi per anno, ossia di circa un pollice ogni dieci giorni: e però non si ricerca molto per compensarla anche senza mettere in conto le piogge. Intorno alla dispersione, ed al trapellamento dell'acqua non si può dir nulla di ben preciso, senza prima conoscere la speciale qualità del terreno. Si possono dare dei casi, in cui l'assorbimento sia molto grande, come nei terreni ghiaiosi, ed arenosi. In altri casi non può esservi dispersione nessuna come nei terreni cretosi. Qualche volta il corpo d'acqua può ancora più guadagnare, che perdere, come quando passa un canale per terreni più bassi, fortunosi, e abbondanti di piccole sorgive.

Nei terreni arenosi la dispersione dell'acqua dovrà riuscire sempre minore col progresso del tempo. Poichè deponendosi a poco a poco le materie più sottili, che sono incorporate insieme coll'acqua, si devono restringere gl'interstizj liberi delle arene, e formarli come una specie d'intonacatura a tutto il canale. In oltre è da notarsi che nei canali più grandi, restando pari tutte le altre circostanze, la dispersione dell'acqua deve riuscire proporzionatamente minore che nei più piccoli. Mentre in ciascuna sezione di un canale la dispersione dell'acqua dev'essere come il perimetro, e nelle sezioni simili dev'essere in ragione semplice, o dell'altezza, o di qualunque altro lato omologo. Laddove la quantità d'acqua corrente dev'essere come la larghezza, e insieme come la radice quadra del cubo dell'

altez-

altezza: e la quantità dell'acqua stagnante dev'essere come l'area della sezione, ossia come il quadrato dei lati omologhi. Però nei cavi maggiori la quantità dell'acqua deve crescere in una ragione maggior di quella del semplice assorbimento.

Nel dubbio d'una maggiore scarsezza d'acque potrebbe farsi minore il consumo dei sostegni con limitarlo al solo tempo di farvi salire, e scendere le barche. Il Dubié ha provveduto in un'altra maniera all'economia dell'acqua nel doppio sostegno, che in Fiandra congiugne i canali di Furne, e d'Ypres. Vi ha collocato di fianco due riseratoi con tant'arte, che nel discendere la terza parte dell'acqua, di già raccolta nel circondario delle porte, passa nel primo riseratoio, ed altrettanto ne passa nel secondo, restando solamente una terza parte da scaricarsi nel canale inferiore: e poi nell'ascendere si richiamano da' due riseratoi i due terzi d'acqua, e il canale superiore non ne deve somministrare che un solo terzo. L'esempio potrebb'essere imitato in altri luoghi. Ma la principale economia sarebbe quella di non lasciare decorrer l'acqua continuamente dalla sommità delle porte superiori nel canale inferiore: il che si otterrebbe tenendo le stesse porte più alte, e rilevate del pelo d'acqua del canale superiore. Mi è sovvenuta quest'idea coll'occasione di pensare in qual maniera si potesse continuare più facilmente la navigazione dall'Adda sino al Fiume Ollo per il canale della Delmona, evitando il giro ordinario, che si fa dall'Adda nel Pò sino a bocca d'Olio. La singolarità del caso merita che ci fermiamo un poco di più ad esaminarlo.

La nostra Lombardia, riferita al piano del Pò, forma come un'alta, e spaziosa terrazza, variamente continuata dalla foce del Tesino sino a quella dell'Olio. In qualche luogo il Pò arriva sino al piede della terrazza, e poi se ne allontana più o meno, lasciando in mezzo de' bassi fondi, e soggetti alle inondazioni, che volgarmente si chiamano Regone. L'Adda corre profondamente incassata sotto il piano superiore della costa, in qualche luogo di

G g g

dieci,

dieci, o dodici braccia, come a Pizzighettone, e, dove sbocca nel piano delle Regone, fino di venticinque. Il piano superiore del Cremonese è variamente intrecciato a Ponente dalle diramazioni dei due Navigli derivati dall' Ollio: il Naviglio Pallavicini, che torna coll' ultimo residuo d'acque nell' Ollio, e il Naviglio di Cremona, che va a finire nel Pò sotto la Città stessa. A Levante scorre lungamente il canale, detto della Delmona. La larghezza del cavo è di 15, o di 16 braccia, e la direzione è quasi rettilinea per più di 14 miglia dal luogo di Gazzo fino al luogo di Tezolo, dov' esso sbocca nell' Ollio. Il cavo fu principiato verso il 1300, e serve principalmente allo scolo delle campagne, e allo scarico delle piogge, che per la natura del terreno cretoso possono meno che altrove restare afforbite, e disperse tra i pori del terreno medesimo.

Io ho avuto occasione di riconoscere tutti quei luoghi, e in Estate, e in Autunno, ed ho avuto sott'occhio in Autunno una delle piene maggiori della Delmona, che arrivava in qualche luogo a tenere le campagne inondate fino per la larghezza di un mezzo miglio. L'inondazione mi ha fatto sentire una delle maggiori difficoltà del progetto proposto in un foglio stampato molti anni fa, di rendere navigabile la Delmona con rivolgervi dentro un ramo dell' Adda, deviata con qualche chiusa a Pizzighettone, e di formare così un canale continuato direttamente dall' Adda all' Ollio per la lunghezza di circa 32 miglia. Mentre dovendo restare il cavo profondamente incassato, siccome è l' Adda, sotto il piano della campagna, non sarebbe possibile di aprirvi i necessari scaricatori: ed ogni maggiore quantità d'acqua, che si aggiugneste alla Delmona, nel tempo di qualche piena, accrescerebbe moltissimo i pericoli, e i danni di tutto il Cremonese inferiore. La mancanza dei necessari scaricatori, e paraporti lascierebbe ancora lungamente ammassare nel cavo le arene, e le ghiaie, che adesso continua l' Adda a portare fin dentro il Pò, e però non lascierebbe per molto tempo libera, e comoda la nuova navigazione. Ma in oltre tutta l'im-

l'impresa sarebbe per ogni parte troppo ardua, e per la profondità dell' escavazione, e per la molteplicità dei condotti d'acqua da farsi passare al disotto per i bisogni delle campagne, e per la difficoltà di deviare una parte dell' Adda, dove corre incassata fra terra, e dove essendo accresciuta colle acque del Fiume Serio, che vi discende dal lago d' Iseo, s'alza moltissimo nelle piene: massime che converrebbe farne la deviazione in maniera, che non venisse a interrompersi la navigazione presente dell' Adda da Lodi al Pò.

Erano queste le principali difficoltà da me rilevate in quell' antico progetto. Per l'altra parte osservando il piccolo Serio, chiamato morto, che scorre nel piano superiore della campagna, e che appunto a Pizzighettone cade nell' Adda da tutta l'altezza della costa, senza servire ad altr'uso, che dei mulini della Città, mi è parso che se ne potesse tirare un partito assai migliore. Quell' altro Serio ha la sua origine da alcune sorgenti perenni, ed abbondanti poco sopra Castelleone, e nel corso di nove miglia s'ingrossa da alcuni fossi, e da alcune altre sorgenti, che vi decorrono. La larghezza del Serio innanzi a Pizzighettone è maggiore di braccia 20, e l'altezza del corpo d'acqua è maggiore di braccia 6 nell' Autunno, e non minore di braccia 4 in Estate. Ciò basterebbe per la navigazione di un cavo, che da Pizzighettone fino al principio della Delmona, nel tratto di miglia $17\frac{1}{2}$, dovrebbe restare interrotto da varj sostegni, e che ne dovrebbe avere alcuni altri in altre miglia $14\frac{1}{2}$ del corso della Delmona fino a bocca d' Ollio. Il corpo d'acqua del Serio, come l' ho riscontrato anche in tempi più asciutti, è certamente superiore a quello del nominato canalino di Cento, che interrotto, come si è detto, e ringorgato opportunamente da varj sostegni fa continuare la navigazione fino a Ferrara, e per tutto il Pò di Volano.

Ma quantunque io creda che il Serio possa bastare per un canale

navigabile, che si tirasse da Pizzighettone fino al principio del cavo della Delmona, e che nello stesso cavo allargato si continuasse fino a sboccare in Ollio, non credo poi, che vi sia un corpo d'acqua bastante per farne un'altra diramazione, e per discendere alla maniera ordinaria, con due, o tre sostegni dal piano superiore di Pizzighettone nell'Adda. Ho pensato adunque che alzando le prime porte sopra il pelo ordinario delle acque da volgersi nella Delmona, e non lasciandole deviare inopportunamente nell'Adda, se ne potesse limitare il consumo al solo tempo del passaggio di qualche barca. Le stesse porte, che tenendosi chiuse servirebbero all'economia del corpo d'acqua, aprendosi poi nel tempo di qualche piena farebbero deviare tutto il Serio dalla Delmona, scaricandolo nell'Adda come al presente, senza mettere in un rischio maggiore i terreni inferiori del Cremonese. Ed è questa la prima avvertenza da averfi in vista in un progetto di questo genere. Facendo così servire alla diretta navigazione dall'Adda all'Ollio le acque del piccolo Serio più tosto che quelle dell'Adda stessa, si avrebbe anche un altro vantaggio, che scorrendo il Serio sul piano superiore di Pizzighettone, sotto di cui resta incassato, e scavato profondamente il letto dell'Adda, come si è detto, si avrebbe un Naviglio a fior di terra: e ciò posto riuscirebbero di molto minore impegno l'escavazione, i ponti, e le botte sotterranee da farsi per continuare da una parte all'altra del cavo tutti gli altri canali d'irrigazione.

CAPO QUINTO.

*Della pendenza, e dello sbocco
dei canali Navigabili.*

TRattando della maniera di rendere navigabile il Tevere da Ponte Nuovo sotto a Perugia fino allo sbocco della Nera, dove la navigazione incomincia ad essere libera, e continuata infino al Mare, fissò Estachio Manfredi come un principio d'esperienza, che

che per navigare comodamente qualunque Fiume, massimamente contr'acqua, non vi volesse una caduta maggiore di tre palmi romani, che fanno poco più di un braccio di Milano, per miglio. E però essendo in quei luoghi la caduta del Tevere di otto, o nove palmi per miglio, disse nella sua relazione il Manfredi, che malamente vi reggerrebbero le navi andando all'ingiù, e peggio ancora rimontando all'insù contro un corso sì rapido, massimamente in alcuni siti di maggiore pendenza. E ciò non è da mettersi in dubbio relativamente ad alcuni tratti precipitosi del tronco superiore del Tevere, dove la caduta totale è più irregolarmente distribuita. E' vero ancora che la caduta di circa un braccio per miglio basta per la più comoda, e libera navigazione. Ciò non ostante però si ha una navigazione libera, e frequentata anche in molti altri siti d'una pendenza molto maggiore. Per esempio la caduta dell'Adda, e del Tesino nei tronchi superiori è di circa sette braccia per miglio: e la caduta del Mincio a Goito, dove ciò non ostante si naviga, è maggiore di otto braccia.

Il Guglielmini nel Cap. XII. sopra la natura dei Fiumi ha avuto riguardo alla sola facilità di tenere espurgato il fondo di qualche canale, e non già alla comodità della navigazione, quando ha detto che un canale di derivazione portando un corpo d'acqua molto minore del Fiume, da cui è derivato, in parità di circostanze abbisogna di una caduta molto maggiore di quella del Fiume medesimo. Abbiamo bastantemente parlato di quei ripieghi, che possono servire a tenere ben espurgata, e libera l'imboccatura, e parleremo poi di quegli altri, con cui si può rendere o meno necessaria, o più facile l'espurgazione di tutto il fondo di un canale. La comodità della navigazione richiede molte altre particolari considerazioni. Lo stesso Autore sul fine dello stesso capitolo, trattando espressamente dei canali navigabili, fece avvertire che l'arte di navigare i Fiumi, anche più rapidi, e impetuosi all'ingiù è giunta a un segno, che si può dire che abbia toccati i limiti della temerità: ma che poi

poi l'arte di rimontarli non può passare le forze degli animali, e degli uomini, che s'impiegano per tirare le barche all'insù: e che però vi è un limite, oltre il quale un Fiume non può più essere navigabile. Accennò ancora il suddetto Autore le particolari avvertenze da averfi, perchè la comodità della strada serva all'azione più facile, o degli uomini, o dei cavalli: e queste sono in sostanza che la strada sia tanto bassa, che la tirata delle barche non riesca troppo obliqua, e tanto alta, che non venga impedita in tempo delle piene, e in nessun luogo sia molto lontana dal filone.

Intorno alla caduta precisa, su cui può regularsi il fondo di un canale, acciò riesca comodamente navigabile, non ha prescritto altro il Guglielmini se non di vedere se vi sia un canale affatto simile a quello da farsi, e di prenderlo per norma, e altrimenti di prender norma da altri canali, o maggiori, o minori, sminuendo, oppure accrescendo la caduta colle dovute ponderazioni. Addurremo qui gli esempj delle cadute, che hanno i due Navigli di Milano, e incominciando da quello, che si deriva dal Tefino, ne ragguaglieremo per tratti eguali la caduta come nella tavola, che segue.

Dalla bocca del Naviglio	distanza	caduta totale	caduta ragguagliata
fino al ponte di Castano.	braccia 9195.	once 184 $\frac{1}{2}$.	$\frac{1}{598}$ 7 11 - +
indi al ponte di Turbigo.	3025.	48 $\frac{1}{3}$.	$\frac{1}{751}$ 16 +
indi al ponte di Paragnano.	3225.	45 $\frac{1}{6}$.	$\frac{1}{856}$ 5 -
al guado d'Induno.	4000.	40.	$\frac{1}{1205}$ 1 - -
al ponte di Mazenta.	16580.	64.	$\frac{1}{3109}$ 4 $\frac{1}{2}$ -
al ponte di Robecto.	4215.	63 $\frac{1}{3}$.	$\frac{1}{800}$ 1. 5 -
al ponte della Cassinetta.	4000.	60.	$\frac{1}{800}$ 1. 6 -
al ponte di Castelletto.	6045.	90 $\frac{3}{4}$.	$\frac{1}{888}$ 1. 5 +
al ponte di Gozano.	12840.	74.	$\frac{1}{2081}$ 7 -
al fine del Naviglio.	22830.	23.	$\frac{1}{81911}$ 1. 11 -

Non farebbe mai da proporfi per un altro caso l'esempio dell'irregolare distribuzione della pendenza, che qui va gradatamente scemando nelle prime dodici miglia, poi faffi notabilmente maggiore per poco meno di cinque altre miglia di corso, e poi torna di nuovo a scemare per tutto il tratto susseguente. Ma però qui si ha il caso di una navigazione, che riesce nel primo tronco colla pendenza di circa cinque braccia per miglio. Nel Naviglio, che a Trezzo si deriva, dall'Adda, la pendenza del fondo è distribuita con una maggiore regolarità. In tutto il primo tronco sotto all'imboccatura non ritrovando io come fissare la pendenza tra le disuguaglianze del fondo, ho misurato quella del pelo basso, e l'ho ritrovata di 5 once, e 7 punti in 720 braccia, cioè in ragione di circa 2 braccia per miglio. Andando all'ingiù la caduta è distribuita quasi regolarmente in ragione di un braccio solo per miglio. Dentro il recinto della Città, e tra gl'impedimenti dei sostegni, la caduta totale arriva ancora alle 4 braccia. Per esempio dalla foglia inferiore del sostegno di Porta Orientale, fino alla foglia dell'ultimo scaricatore, detto della Vecchiabbia, nella distanza di braccia 3790, la caduta

è di braccia 4, e once 4 $\frac{1}{2}$. Ma tutto quel tratto è ringorgato dalle porte dell'ultimo sostegno, che forma la comunicazione immediata dei due Navigli.

Per valutare la pendenza libera del fondo, e il vero corso dell'acqua in un canale interrotto da varj sostegni, bisogna ben avvertire che dall'intera caduta si sottragga non solamente la caduta di tutt' i sostegni, ma ancora l'altezza, e l'impedimento delle porte. Poichè nel tempo di far passare le barche per un sostegno, restando alternativamente chiuse le porte o superiori o inferiori, e sollevandosi le une, e le altre sopra il fondo superiore del canale quanto abbisogna per la navigazione, vi devono o le une, o le altre ringorgare, e trattener l'acqua fino all'orizzontale tirata per la sommità di esse. A ciò aggiugnendo la resistenza del fondo, e delle

delle ripe, e l'impedimento del moto, che si cagiona dai sostegni ed osservando che negli ultimi tronchi dei due Navigli di Milano il corso dell'acqua è lentissimo, risulterebbe un altro principio generale: che sarà sempre lentissimo il corso dell'acqua in un canale, interrotto successivamente dai sostegni, quando detratta la caduta di tutt'insieme, e detratta ancora la somma delle altezze delle porte, la caduta residua del fondo sia continuamente in ragione di circa un braccio per miglio. Per esempio se le porte e superiori, e inferiori di un sostegno si alzassero per due braccia sopra il fondo superiore del canale, si provvederebbe bastantemente all'economia del corpo d'acqua, lasciando nell'ultimo miglio allo stesso fondo la caduta di braccia 3.

Su questi principj si potrà regolare il riparto dell'intera caduta di un canale navigabile tra la foglia dell'incile, e la profondità dello sbocco. Cioè nel caso di dover provvedere all'economia del corpo d'acqua, si potrà regolare la caduta libera, e non ringorgata del fondo in ragione di un braccio per miglio, e distribuire il restante tra le cadute dei sostegni, e il di più delle altezze delle porte. Nel caso di un corso d'acqua più abbondante si potrà accrescere la caduta libera sino alle quattro, ed alle cinque braccia per miglio, istessamente non computata l'altezza delle porte, e la caduta dei sostegni. Per ripartire i sostegni a suo luogo, e per segnare più precisamente tutto il profilo di un nuovo cavo, bisognerà in oltre avere in vista due altri principj: che il canale resti, quanto è possibile, tutto incassato fra terra, e non si abbia in qualche luogo da sostenerlo cogli argini: e che poi il canale non si profondi troppo fra terra, e che si risparmi quant'è possibile l'escavazione. E questi non sono già due principj di semplice economia. Il primo riguarda ancora la maggiore sicurezza, e il secondo la maggiore facilità della navigazione.

Nel caso che vi siano dei condotti d'acque da farsi passare dall'una all'altra parte del canale, è tanto più necessario di tenerlo più
rile-

rilevato, e a fior di terra, perchè le botti sotterranee, secondo ciò che si è detto nel Cap. VI. del Lib. VII., riescano meno incurvate, e meno profonde che sia possibile. Ma è sempre opera di molto maggiore impegno quella di tirare un canale sopra di un Fiume, o di un torrente, che s'alzi notabilmente nelle piene, che porti materie grosse, e che debba continuare il suo corso sopra di un piano solo. Mentre oltre l'impegno di una fabbrica, che serva insieme e di canale, e di ponte, bisogna ancora in questo caso regolare le cadenti del fondo in maniera tale, che il fondo del canale resti bastantemente rilevato sopra il fondo del Fiume, perchè le piene non possano mai incontrarvi intoppo alcuno. Nel canale di Linguadocca si contano trentasei acquedotti a sifone, e sei acquedotti ponti. Il principale è quello, che passa con tre archi sopra del Fiume Orbeil in vicinanza di Trebes, e si trova descritto dal Belidor nel Cap. IX. del Lib. IV. Anche il nuovo canale del Duca di Bridgewater passa sopra il Fiume Irwell, come si è detto, con un ponte canale in tre archi. L'opera principale di questo genere, che abbiamo in Lombardia, è il ponte canale in due archi, sotto cui passa il piccolo Lambro, e sopra cui erasi incominciato a condurre il nuovo Naviglio di Pavia. Quest'altro Naviglio richiederebbe trenta, e più botti sotterranee, e alcune di esse dovendo incurvarsi notabilmente in terreni più sciolti formerebbero la principale difficoltà del progetto.

Anche nel caso che un canale di navigazione debba condursi a sboccare nell'alveo di qualche Fiume rapido, e grande, che porti materie grosse, e che s'alzi qualche volta moltissimo nelle piene, lo sbocco stesso può ricercare delle opere di molto impegno perchè riesca abbastanza sicuro, e stabile, e può ricercare molte altre avvertenze perchè riesca a seconda della corrente, e lasci un passaggio più facile dal canale nel Fiume. Quando il letto del Fiume non fosse assicurato abbastanza tra le due rive opposte, bisognerebbe provvedere con altri lavori, perchè deviando altrove il filone non

H h h

si

si venisse a perdere la comunicazione del canale, e del Fiume. Questo, come si è detto, sarebbe il caso di continuare il Naviglio di Bereguardo sino a sboccare sotto alla costa in Tefino. Ma in un Fiume che corresse più placido, che portasse materie più sottili, e che fosse stabilito di letto, com'è il Tefino sotto al ponte di Pavia, tra le mura della Città, e il sobborgo situato dall'altra parte, non avrebbe difficoltà alcuna lo sbocco di un canale, che si spianasse ad una data profondità sotto il pelo bassissimo del Fiume, e che si dirigesse anche ad angolo retto verso il filone. Io non so come il celebre Sig. Abate Lecchi nella Propos. III. del Cap. VII. del suo trattato sopra i canali navigabili stampato l'anno scorso in Milano abbia asserito, che ancora per questo capo potesse riuscire molto arduo il progetto indicato di continuare il Naviglio di Milano sino a Pavia, come non vedo quali esser possano le altre quasi informontabili difficoltà, ch'esso ha detto di ritrovare in quel progetto, ma che però non ha saputo indicare. Mentre egli è certo che nello stato presente delle cose non vi è alcuna neppur lontana apparenza, che il Tefino debba deviare dall'alveo, in cui corre direttamente incassato disotto al ponte: e che, quando ciò succedesse, converrebbe in qualunque modo di rimetterlo dov'è, per tutt'altre ragioni, e indipendentemente ancora dal caso del suddetto Naviglio.

CAPO SESTO.

*Della prima invenzione,
e dei limiti dell'altezza dei sostegni.*

Conca, o sostegno è un tronco di canale, in cui l'acqua può alzarfi a due livelli differenti, l'uno che eguagli il livello del tronco superiore del canale, l'altro che eguagli quello del tronco inferiore: onde, avendosi alternativamente o l'uno, o l'altro, si abbia ancora dall'uno all'altro un passaggio libero, e facile. L'acqua

qua nel circondario del sostegno s'alza, com'è ben noto, al livello superiore, lasciandola entrare liberamente o per di sopra, o di fianco, e chiudendo le porte inferiori: e si riduce per lo contrario al livello del tronco inferiore, riaprendo le stesse porte: e coll'acqua si fanno salire, o discendere le barche dal canale superiore nell'inferiore. Gli Antichi avevano la maniera di moderare la pendenza soverchia dei Fiumi, di mantenervi la necessaria quantità d'acqua, e di farla ringorgare, e servire ancora, o alla difesa delle piazze, o all'irrigazione delle campagne per mezzo di certe chiuse, che si potevano poi levare nel caso di farvi passar le barche. Il Belidor ne ha dato la descrizione nel §. 1053. del Lib. IV. dell'Architettura Idraulica. Non portavano quelle chiuse divisione alcuna nel fondo, ed erano di quel genere che noi chiamiamo conche piane. Tali appunto erano i due sostegni incominciati nel 1188, e terminati 10 anni dopo colla direzione di Alberto Pitentino Architetto, l'uno innanzi alla porta di Mantova detta di Cepeto, e l'altro, dodici miglia più lontano, a Governolo: il primo per formare il lago superiore di Mantova, e l'altro per formare il lago detto di sotto, e continuare la navigazione del Pò.

Quei due sostegni hanno dato luogo all'errore che fosse molto antica l'invenzione dei sostegni: e da alcuni si è anche aggiunto ciò che scrive il Decembrio nella vita di Filippo Maria Visconti, che verso l'anno 1420 pensò quel Principe di tirare un canale da Abbiate fino a Vigevano *aquis altiora scandentibus machinarum arte, quas conchas appellant*. L'espressione è affatto impropria, mentre le conche servono unicamente per regolare la discesa delle acque superiori, e non già per la salita delle inferiori. Così per quel canale non avrebbero potuto servire tutte le acque del Tefino, e si sarebbero dovute ricercare quella della Sesia, o degli altri condotti, che restano sul piano superiore di Vigevano. Ma in fine tutto il progetto di quel canale non ha avuto neppure un principio di esecuzione, ed il trovare nominate le conche fino dal 1420

non è una prova che prima d'allora si fossero fabbricate delle conche a gradino. Le due di Mantova, e di Governolo non erano che conche piane. L'invenzione dei sostegni a gradino; che i Francesi chiamano *Sas*, o ancora *ecluses à porte busquée*, cioè il meccanismo di unire colle porte raddoppiate due fondi di livello differente, e di pareggiare o all' uno, o all' altro di essi il livello dell' acqua, è stato l'epoca della più comoda navigazione. Il primo sostegno di questo genere, di cui finora si sia trovata memoria, fu fabbricato nel 1481 da due Ingegneri di Viterbo, nel luogo di Strà, dove il canale di Padova, volgarmente chiamato il Piovego, ritorna nella Brenta, come può vedersi nel Cap. XII. del Zendrini. I Bolognesi, per quanto pure si sappia, furono i primi ad approfittare dell' invenzione per rendere navigabile tutto il canale anticamente derivato dal Reno. Mentre narra il Masini alla pag. 197. della sua *Bologna perlustrata*, che nel 1494, per via di sostegni, le navi incominciarono a venire fino a Bologna, mentre prima non arrivavano che solamente alla distanza di tre miglia. Leonardo da Vinci nel 1497 ci lasciò la terz' opera di questo genere nell' unione dei due Navigli di Milano.

Nella fabbrica dei sostegni si sono molte volte adottati dei principj differenti, e anche opposti: qualche volta moltiplicandone il numero s'è lasciata una caduta assai piccola per ciascuno: qualche volta s'è voluto supplire con un piccolo numero di sostegni di caduta assai grande. Il sostegno, da cui comincia l'unione dei due Navigli un miglio prima di arrivare a Milano, dal fondo superiore all' inferiore ha una caduta minore di 4 braccia: e gli altri cinque sostegni, entro il recinto della Città, hanno successivamente l'altezza di braccia $2\frac{1}{3}$, 3, $1\frac{1}{2}$, 2 e 4. Anche nella diramazione di Bergamo vi sono dei sostegni d'una caduta assai piccola. E così pure sul principio del secolo XVI. trattandosi di derivare un canale navigabile dal tronco superiore dell' Adda si sono proposti dieci sostegni

sostegni consecutivi di braccia $4\frac{1}{2}$ di caduta: ma poi sul fine dello stesso secolo, essendosi incominciato il lavoro, vi si vollero sostituire due soli sostegni, come si è detto, l'uno di circa 30 braccia d'altezza, e l'altro di circa 10. Iteffamente nel più antico progetto di continuare i Navigli di Milano fino a Pavia si sono proposti otto sostegni: e posteriormente se ne sono proposti soltanto cinque: e poi se n'è incominciato uno di 15 braccia d'altezza. Coi lumi del nostro secolo l'unione dei due Navigli di Milano non si farebbe con più di tre soli sostegni, ma nessuno poi proporrebbe adesso dei sostegni di 30 braccia, o di 15.

Gli otto sostegni del Naviglio di Bologna hanno tra tutti 59 piedi Bolognesi di caduta. Nel canale di Linguadocca i sostegni non passano in nessun luogo l'altezza di 9 piedi di Parigi. Quelli del canale della Lys non passano neppure gli otto. Nel vecchio canale di Picardia i sostegni sono tra i 6, e i 13 piedi di caduta: e nel nuovo tra 5, e 12. I più alti sostegni di Olanda sono quelli di Naerden, e di Muyden, che però non hanno più di 14, o 15 piedi d'acqua. Nei canali, che portano in Mare, e in quelle spiagge, dove il flusso, e riflusso del Mare è molto grande, si sono dovuti fabbricare dei sostegni maggiori, con raddoppiarvi ogni mano di porte, per poter passare dal canale nel Mare in tempo di Marea bassa, e all' opposto per discendere in tempo d'alta Marea dal Mare nel canale. Ma la particolare struttura, gli usi, e le circostanze di simili sostegni non hanno nulla che si possa applicare ai canali di navigazione, che si ritrovano tutti fra terra.

I sostegni più alti, dei quali io abbia notizia, sono: quello del Dolo sulla Brenta: quello del piccolo Villebrouck allo sbocco del canale di Bruxelles nella Ruppel: e quelli del canale di Trollhetta in Svezia. Il primo deve avere circa otto braccia Milanese di caduta libera: il secondo ne ha circa nove: ed ambidue sono assai larghi, e spaziosi. In Svezia dopo i tentativi infelici di fare
fin

sul Fiume Gotha dei sostegni di 14, 17, e sino 26 braccia di caduta, s'è dovuto abbracciare il partito di accrescerne il numero, e di non passare in ciascuno di essi l'altezza di braccia $8\frac{1}{2}$, nella larghezza uniforme del canale, ch'è di braccia 18. Il sostegno che in Fiandra congiugne i canali di Furne, e Ypres nel luogo di Bouzigue ha venti piedi di caduta: ma i primi sei restano distribuiti nella semplice inclinazione del fondo superiore verso le prime porte: e gli altri 14 piedi sono propriamente distribuiti in due sostegni, l'uno di 10, e l'altro di 4 piedi di caduta. Di più il Dubis nella costruzione di quel sostegno, volendo provvedere al consumo d'acqua, vi collocò di fianco due riservatoj nella maniera, che si è indicata nel Cap. IV.

Il Belidor nel Cap. III. del Lib. IV. dell' Architettura Idraulica fissò come un principio d'esperienza, che, quando la caduta è maggiore di 12, o 13 piedi di Francia, è meglio di ripartirla in due sostegni o isolati, o accollati insieme, che di darla tutta in un semplice sostegno. Ne addusse per ragione che la pressione delle porte inferiori cresce come l'altezza del corpo d'acqua, che devono sostenere: e nel principio del Cap. VIII. aggiunse, che il dispendio dell'acqua è proporzionatamente più grande nei sostegni maggiori che nei minori. Io in ciò valuto moltissimo il sentimento di Belidor, come di un uomo assai pratico in queste materie, e ch'ebbe molta parte nella costruzione del canale di Picardia: tanto più che il di lui sentimento è stato praticamente adottato dagl' Ingegneri, ch'ebbero da regolare gli altri canali, dei quali abbiamo di già parlato. Tredici piedi di Francia fanno poco più di sette braccia di Milano. E così fu tutt' i migliori esempj, che abbiamo; non si avrebbero mai a passare nell' altezza dei sostegni le 7, o al più le 8 braccia di Milano.

Le ragioni di non darvi un' altezza maggiore sono: I. di lasciare più facile, e più spedito il maneggio dei portoni: II. di assicura-

cura-

curare meglio la fabbrica dai vortici, che sono di maggiore veemenza quando l'acqua viene a cadere da un' altezza maggiore: III. di preservare le barche dallo scuotimento, e dall'urto, che vi cagionerebbero i vortici contro i muri laterali. Questi inconvenienti non si potrebbero diminuire se non di poco, facendo entrar l'acqua di fianco nel circondario di un sostegno, in vece di lasciarla cadere dall'alto dei portelli, e delle porte superiori. Mentre data l'altezza, qualunque sia la linea della caduta, è sempre data la velocità, e la forza dell'urto. Però facendo entrar l'acqua di fianco si muterebbe bensì la direzione, ma rimarrebbe sempre la stessa quantità dell'impeto esercitato contro un lato o l'altro della barca, e contro l'acqua di già stagnante nel fondo del sostegno. Così le barche verrebbero sempre scosse violentemente: se il sostegno si tenesse poco più largo, come si pratica quasi dappertutto, riuscirebbero più incomodi gli urti contro i muri laterali: e nel caso di una maggiore larghezza crescerebbe col consumo dell'acqua anche l'impeto, e per quest' altro capo si metterebbe in un rischio maggiore tutta la fabbrica.

Per esempio nel sostegno del Dolo non occorre di pensare all'economia del corpo d'acqua, ch'è largamente somministrata dalla Brenta. Però si è pensato di provvedere alla forza dei vortici, ed allo scuotimento soverchio delle barche, dando un' ampiezza maggiore al circondario del sostegno, e facendovi entrar l'acqua in cinque rami differenti, che vanno a sboccare su cinque differenti luoghi del fondo. Ciò non ostante il sostegno ha molte volte sofferto notabilmente, sino a trovarsi sconvolto per più della metà il felciato della platea. La riparazione vi è sempre molto operosa per la difficoltà di mettere il sostegno in asciutto: e intorno a ciò può vederfi Zendrini nel Cap. XII. Ma poi finalmente la caduta totale nel sostegno del Dolo non è maggiore di 15 piedi Veneti, che fanno poco più di 16 piedi di Parigi, cioè circa 3 piedi di più dei limiti fissati dal Belidor. Però in quel sostegno ciò ch' esce un

poco

poco dall'ordinario non è veramente l'altezza della caduta, ma bensì l'ampiezza del vaso, e l'altezza delle prime porte: le quali due cose erano particolarmente necessarie in quel luogo per sostenere tutta la Brenta ancora nelle maggiori sue piene. I sostegni inferiori di quel canale, detti della Mira, e di Moranzano, anzi tutti gli altri sostegni dello Stato Veneto non passano le misure ordinarie.

Il grandioso sostegno, già preparato sul fine del secolo sedicesimo per il Naviglio superiore dell'Adda, merita qui di essere più particolarmente descritto, ed esaminato. La larghezza del vaso interno era di braccia 12, e la lunghezza di 70. L'altezza del ciglio del sostegno sopra il pelo basso del Fiume era prossimamente di braccia 27, e però la caduta intera del sostegno sopra il fondo vicino del Fiume dovea essere di circa braccia 29 di Milano, cioè di circa 59 piedi di Parigi. Il vaso interno era ferrato all'uscita con un gran muraglione sino in distanza di 8 braccia dal fondo, dove restava un grand'arco da aprirsi, e chiudersi per il passaggio delle barche. Alla sinistra del sostegno eravi un ampio scaricatore di circa 8 braccia di larghezza, della lunghezza istessa del sostegno, e condotto con una gradinata di pietra sino all'istessa profondità. Lo scaricatore comunicava coll'Adda per un'altra porta da aprirsi, e chiudersi similmente in caso di bisogno. Nel muraglione, che divideva lo scaricatore, e il sostegno, s'erano lasciate cinque grandi aperture, a modo di finestre, tutte più alte l'una dell'altra. Disposte così le cose, per far passare una barca dal fondo del sostegno nel tronco superiore del Naviglio, doveansi chiudere le porte superiori, e inferiori, e chiudere istessamente la comunicazione dello scaricatore coll'Adda: onde volgendosi tutte le acque del Naviglio nello scaricatore, e di là ricadendo dentro il sostegno, prima per la finestra inferiore, e poi per le altre successivamente superiori, dovevano presto ridursi, e nel sostegno, e nello scaricatore al livello medesimo del Naviglio. Per fare che la barca tornasse al livello di prima, doveasi aprire la comunicazione dello scaricatore coll'Adda,

Adda, onde le acque cadessero dalle cinque finestre del sostegno nello scaricatore, e dallo scaricatore nell'Adda, e le porte inferiori del sostegno si potessero alzare coi soliti ordigni, lasciando libero il passaggio della barca. Il luogo del sostegno nella fig. 95. corrisponde al punto *G*: *H* è il luogo del sostegno superiore: *E* il luogo della rottura del 1597: *C* l'imboccatura del canale, e *D* il luogo della chiusa d'allora: *A* il sasso detto di S. Michele, e *B* la chiusa, e l'imboccatura del Naviglio proposto nel 1517. La chiusa è stata ridotta ultimamente ai limiti dell'altezza indicata nel Cap. III., e di là si è tirato un nuovo canale sino ad unirsi col vecchio *C E*.

L'Autore del Trattato stampato l'anno scorso in Milano sopra i canali navigabili nella Prop. VI. del Cap. VI. ha opinato, che in quel sostegno non vi fosse da temer nulla dalle scosse, e dall'impeto dei vortici, e che tutto il meccanismo di vuotarlo, di empirlo, e di farvi salire, e scendere le barche potesse essere più sicuro, più spedito, e più semplice che nelle altre combinazioni ordinarie di conche semplici, o accollate. Noi lasceremo che ritornando da questo libro alla lettura di quel trattato rilevi da se ciascuno parecchie inesattezze intorno allo stabilimento del fondo dei Fiumi, intorno al luogo, ed all'altezza precisa delle chiuse, intorno alla storia dei sostegni, alla forma più comoda, che devono avere, ed alla pressione, che vi soffrono dalle acque ristagnate i cardini delle porte, e sopra tutto intorno al Naviglio di Pavia. Qui non possiamo a meno di rilevare, che tutta l'apologia di quel sostegno è fondata sopra un errore elementare, che l'acqua non cadendovi dentro liberamente dalla platea superiore, ma dalle finestre dello scaricatore, non dovesse arrivarvi con tutta la velocità corrispondente all'altezza verticale della caduta, come se incominciasse a sorgere dalle finestre medesime, e non fosse prima discesa da tutta la gradinata, nè risentisse la pressione dell'altra acqua, che continuasse similmente a discendere.

In un sostegno, in cui le barche non avrebbero avuto di li-

bero più di un braccio e mezzo, o di due braccia per parte, è facile da immaginarsi com'esse sarebbero state scoffe, e aggirate venendovi l'acqua ad urtare colla velocità corrispondente alla caduta di 27 braccia, e poi di 26, 25, ec. E quantunque il sostegno non sia stato mai messo in opera, è facile ancora da immaginarsi, che sconvolgimento vi sarebbe seguito nel vuotarlo, quando si fosse aperta la comunicazione libera dello scaricatore coll'Adda, e nello stesso tempo vi fosse sboccata l'acqua da cinque finestre, che dovevano sempre restare aperte, e ch'erano situate ad altezze differenti. Ciò che si è detto del sostegno del Dolo, è un indizio bastante di quanto avrebbe in breve sofferto tutta la fabbrica d'un sostegno tanto più alto, e singolare. Ma di più, siccome il Naviglio era regolato sulla larghezza di braccia 18, e sull'altezza d'un braccio, e mezzo di corpo d'acqua, per empire tutto il sostegno, e lo scaricatore vi sarebbe abbisognata l'acqua, che nel Naviglio avrebbe occupata la lunghezza di più di mille braccia, ch'è circa tre volte più della distanza del descritto sostegno dall'altro, che si era fabbricato superiormente: laddove nei sostegni accollati è la stessa quantità d'acqua, che passa successivamente dall'uno all'altro senza imbarazzo alcuno della navigazione superiore.

Per queste ragioni ho creduto che quel sostegno si dovesse ridarre all'altezza di non più di otto braccia, come poi è stato eseguito. Ma vi era ancora da correggere un altro errore. Le ragioni e le osservazioni addotte finora portavano di limitare le altezze dei sostegni dentro le otto braccia. Quelle che addurremo in appresso porterebbero ancora, che dove si ha molta caduta da ripartire in un corto spazio, tutt'i sostegni si tenessero contigui, ed accollati. La comodità della navigazione ricerca poi generalmente che lo sbocco di un canale in un Fiume si apra con un sostegno, che eguagli in altezza la semplice differenza del pelo basso, e del pelo alto delle piene. Per esempio nel Tesino, e nell'Adda lo sbocco di un canale dovrebbe aprirsi con un sostegno di circa due braccia e mezzo

e mezzo di altezza, ch'è prossimamente l'altezza delle piene mezzane, e più ordinarie. Mentre così il sostegno servirebbe solamente in tempo di acque basse, e in tempo delle piene resterebbe ringorgato, e inofficioso, e così la navigazione si farebbe con un sostegno di meno. Laddove nell'altezza di 7, o di 8 braccia dovrebbe farsi egualmente servire il sostegno per il passaggio delle barche in tempo di acque alte, e basse.

CAPO SETTIMO.

*Del luogo, e della forma dei sostegni,
semplici, ed accollati.*

IL luogo dei sostegni è prossimamente determinato dal passaggio, che debba aprirsi in un altro canale di livello differente, o dal livello differente dei terreni, tra' quali continuato che fosse un canale, con una data inclinazione di fondo, dovrebbe sostenersi con argini troppo alti. La costituzione fisica dei fondi può suggerire le altre avvertenze particolari intorno alla scelta più precisa del luogo. La qualità istessa delle materie portate insieme colle acque può ricercare delle maggiori precauzioni. Il Guglielmini, e il Zentrini nel Cap. XII. dei loro trattati hanno avvertito, che nei canali di acque torbide tutt'i sostegni hanno bisogno di stare aperti di tanto in tanto, perchè le acque scorrendo liberamente ne tengano spurgato il fondo dalle ordinarie deposizioni, e lascino libero e facile il maneggio delle porte. Gl'imbarazzi crescerebbero sempre in proporzione della grossezza delle materie: e però in un canale, in cui dovessero entrare, e scorrere lungamente le ghiaie, la prima avvertenza da avervi sarebbe quella di tenere i sostegni, quando fosse possibile, al disotto dell'ultimo limite di esse. Ma non è stato ancora considerato da' nostri Idrometri il caso di dover collocare un sostegno sopra lo stesso limite: e forse non è stata ancora sentita la singolarità del caso, e l'importanza delle conseguenze, che vi si

dovrebbero prevedere. Ho incominciato a parlarne nel mio primo trattato sopra i canali navigabili, ed ho sentito adesso con molto piacere che la Reale Accademia di Lione abbia proposto per soggetto del premio di quest'anno la costruzione più semplice, e più sicura di un sostegno in un luogo dove potessero arrivare le ghiaie.

Tutt' i sostegni della Lombardia, dello Stato Veneto, e della Toscana sono stati fabbricati in luoghi, dove arrivano solamente delle materie più sottili. Ho inutilmente cercato per molto tempo qualche esempio, che in ciò potesse dar lume. Il Sig. Boucher Inspettore generale dei ponti, e delle strade di Francia, uomo abilissimo, e informatissimo di queste cose, mi ha dato notizia di un sostegno fabbricato sul Fiume Indre, nella Provincia del Berry, dove ancora seguita il Fiume a correre in ghiaia: e mi ha ancora spiegato come vi si mantenga spurgato, e libero il fondo, lasciando di fianco, quando bisogna un ramo d'acqua, derivato da un torrente vicino, e spingendo con esso dall'altra parte le materie deposte del Fiume. L'esempio non può essere così facilmente imitato negli altri luoghi. Non si può dappertutto trovare un ramo d'acqua, che crosseggi il canale principale, e che ajuti a trasportarne altrove le deposizioni. In qualunque caso di dover fabbricare un sostegno, dove insieme colle acque potessero arrivare le ghiaie, farà sempre un espediente opportuno d'incominciare a diminuirne la copia, moltiplicando superiormente i paraporti nella maniera, che si è già esposta nel Cap. II., e tenendo il canale più escavato, e profondo, e la platea superiore del sostegno più rilevata che sia possibile. Ma secondo ciò che si è detto nel Cap. IV. del Lib. VI. non basteranno queste avvertenze per impedire, che non s'ammucchino delle ghiaie dentro gli angoli della platea medesima, e di là non trascorran dentro il sostegno. Per ovviarne gl'inconvenienti qualche volta potrebbe bastare di aprire tutte le porte di tanto in tanto, e di lasciare un corso libero alle acque, e rivolgerle a qualche paraporto inferiore. L'espediente più sicuro da prenderfi general-

ralmente sarebbe quello di collocare lo scaricatore del sostegno nell'angolo della platea superiore, di aprire un altro paraporto nell'angolo della platea inferiore, e di tenere l'una, e l'altra inclinata verso le bocche, per renderne così più facile lo spurgo. Questo è quanto io crederei che bastasse per soddisfare alla questione proposta dall'Accademia di Lione.

Il sostegno di Battiferro presso Bologna, quelli di Linguadoca, e di Svezia, quelli del canale di Picardia, già disegnati minutamente dal Belidor nel Cap. VIII. del Libro sopraccitato, i migliori sostegni, che si conoscono in ciascun paese, possono suggerire diverse idee intorno a tutte le dimensioni, dar luogo ad esaminarle, e sceglierne la più adattata alle particolari circostanze della navigazione, e dei luoghi. I sostegni di Svezia hanno 200 piedi Suezefi di lunghezza sulla stessa uniforme larghezza del canale, ch'è di piedi 36. I sostegni d'Italia, e di Francia hanno la metà in circa della larghezza del canale, ed hanno il vaso interno un poco più largo delle porte. In Francia sulla caduta di piedi 7 l'allargamento del vaso interno è di circa un mezzo piede per parte. Le grossezze, e le distanze dei contraforti possono variarsi, rinforzando più o meno il sostegno, secondo che si ritrova o meno, o più incassato, e in un terreno o di minore, o di maggiore consistenza. Nei canali d'una maggiore quantità d'acqua, per non lasciarne soverchiare il sostegno, è necessario di aprirvi di fianco uno scaricatore, che ne faccia passare il di più dal tronco superiore nell'inferiore. La maggiore facilità di aprire le due porte, e la maggiore fermezza di esse esige poi che si fissino al piede nei risalti della platea, e che si facciano cadere ad angolo l'una sull'altra coi spigoli nel mezzo. E se continuasse l'acqua a decorrere liberamente contro le porte, secondo ciò che si è detto nel Cap. VII. del Lib. VII., l'angolo della maggiore consistenza di una porta coll'altra farebbe il retto. Ma per evitare ogni equivoco bisogna avvertire, che ristagnando l'acqua superiormente, chiuse che siano le

le porte, non vi ha più luogo se non la semplice pressione: che la pressione cresce nella sola ragione della base premuta, quando sia data l'altezza: e che per questo capo non conviene allungare le porte se non quanto basta, perchè unendosi ad angolo nel mezzo si sostentino meglio, e si formino reciprocamente un appoggio.

Nei sostegni di Francia si lascia tutta la caduta libera, e a piombo: in quelli di Olanda il muro, che chiamasi di caduta, non è altrimenti a piombo, ma a scarpa: e in quelli di Lombardia la caduta è molte volte divisa in più gradini. Il Belidor nel Cap. VIII. sopraccitato nel caso di tenere inclinato il piano della caduta non rilevò altro inconveniente che quello di allungare un poco il sostegno. Ma poichè le acque cadendo dal ciglio del sostegno, o a piombo, o per qualunque piano inclinato, arrivano al fondo della platea colla medesima velocità, la principale differenza dev'essere che nel piano inclinato l'urto dell'acqua, e i vortici, e le correnti retrograde, formate colla caduta si porteranno più addentro nel sostegno, e sotto al corpo maggiore delle barche. Laddove nella caduta libera i vortici devono formarsi più sopra, e nell'angolo, che corrisponde alla punta delle barche. Poi si è già precedentemente avvertito, che nelle cadute ancor maggiori si perde facilmente la velocità concepita, quando l'urto si faccia direttamente contro il piano inferiore. E questa famigliare osservazione ha suggerito forse il ripiego di diminuire la forza della percossa, e di eludere il pericolo dei vortici con dividere tutta la caduta in più gradini.

Il Belidor ci ha più minutamente descritto tutto ciò che appartiene al meccanismo della fabbrica dei sostegni, e dovrebb'essere consultato dagli artefici in occasione di fabbricarne dei nuovi. Molti ancora di quelli, che già si vedono di là dai monti, potrebbero in tale occasione servire di modello. Mentre quantunque l'invenzione dei sostegni a porte raddoppiate sia interamente Italiana, ciò non ostante gli Oltremontani ne hanno portato il meccanismo a quella
per-

perfezione, e direi quasi eleganza, che non è ancora conosciuta in Italia. Soprattutto merita di essere conosciuta l'invenzione di riunire insieme, o, come dicono, accollare varj sostegni, per modo che vi si passi immediatamente dall'uno all'altro. Tra di noi i sostegni sono tutti isolati, e divisi tra loro con qualche tronco di canale. In Francia, in Svezia, nelle Fiandre, e in altri luoghi, dove si aveva molta caduta da ripartire in un tratto non molto lungo, si sono fatti i sostegni a gradino in maniera tale che nell'uscire dal primo si venisse subito a scendere nel secondo. Nelle fig. 99., e 100. ho qui aggiunto il profilo, e la pianta del sostegno accollato, che il Sig. Don Michele Sanchez Taramas ci ha descritto più in grande, e che deve servire per il nuovo canale di Castiglia: dove *A, A, A* sono le tre porte consecutive, *B* il ponte di comunicazione, e *C* un acquedotto, che passa dall'una all'altra parte del canale.

I sostegni accollati portano un risparmio di spesa nel fabbricarli, e un risparmio di tempo nel doverli passare. Mentre in primo luogo in due sostegni isolati vi vogliono quattro mani di porte, e quattro lastricati diversi, l'uno all'ingresso, e l'altro all'egresso di ciascuno. Riunendo insieme i sostegni bastano tre sole mani di porte, e due lastricati consimili all'ingresso, ed egresso, come se si trattasse d'un sostegno solo, ed isolato. I due vasi interni, e le platee sono le stesse in due sostegni, o staccati, o accollati, colla sola differenza che le porte intermedie nei sostegni accollati servono insieme ad uscire dal vaso superiore, ed entrare nell'inferiore. Nei sostegni medesimi la maggiore vicinanza, e il minor numero delle porte dà subito un risparmio di fatica, e di tempo nel discenderli, e rimontarli. Scendendo si risparmia anche più tempo, perchè mentre si vuota il vaso superiore, colla stessa quantità d'acqua immediatamente se ne riempie l'inferiore.

La più grand'opera, che abbiamo in questo genere, si è l'unione di otto sostegni fatta in vicinanza di Beziers nel canale di
Lin-

Linguadocca. Hanno essi tra tutti insieme nove sole mani di porte colla caduta totale di 66 piedi di Francia nella lunghezza di piedi 936. Il Riquet lasciò innanzi alla sua patria un singolare monumento della sua intelligenza, ed abilità. Mentre per provvedere al cambio delle barche nel circondario dei sostegni, vi diede la forma ellittica, lasciandoli nel mezzo il doppio larghi dell'apertura delle porte. Ed era ivi necessaria una tale precauzione, perchè trattandosi di otto sostegni si sarebbe perso troppo tempo nel caso che le barche arrivate al primo, e all'ultimo avessero una direzione contraria. Nel canale di Trollhetta, fig. 96., allo sbocco si sono accollati insieme due sostegni *M*, e quattro altri *K* un poco più sopra colla caduta di piedi 17 di Svezia, che sono circa braccia $8\frac{1}{2}$ di Milano: e vi si è provveduto alla maggiore speditezza del cambio tenendo, come si è detto, i vasi interni, e le porte alla stessa larghezza di tutto il resto del canale. *I* è il luogo del sostegno, che vi resta isolato: *G, H* i luoghi dove il canale doveva scavarfi nella roccia: *C, D, E, F* i luoghi da lasciarvi spandere le acque: *B* l'imboccatura del canale, ed *A* la chiusa sul Fiume Gotha.

In due, o tre sostegni accollati la perdita del tempo non è tanto considerabile, ed è compensata abbastanza dagli altri vantaggi indicati, nella combinazione ancora di due barche, che nello stesso tempo si presentassero con direzione contraria alle prime, ed alle ultime porte. Poi è un caso assai raro che la navigazione sia tanto viva da non potersi distribuire le ore in maniera, che le barche scendendo i sostegni, e rimontandoli non vi arrivino contemporaneamente. Nel nuovo canale di Picardia, in cui ebbe gran parte il Belidor, non si è pensato al cambio delle barche nei due sostegni accollati di Vaugaux, e nei tre altri più grandiosi, e magnifici di Fargnier. Il primo di essi ha 6 piedi di caduta: il secondo 10: e gli altri tre ne hanno 8 per ciascuno. Nel canale
di

di Bromberg, ch'è rappresentato nella fig. 97., i nove sostegni *H* si sono tenuti isolati. *ADE* è il canale principale: *CD* il canale sussidiario indicato nel Cap. II.: *FE* il corso del Fiume Brah, ed *A, B, C* quello del Fiume Netz.

CAPO OTTAVO.

*Dell' uso delle macchine per lo spurgo dei fondi,
e per la comodità della navigazione.*

LA scienza dei Fiumi, e dei canali navigabili sarebbe molto più semplice se le acque fossero sempre limpide, e chiare. Le materie, che vi sono mescolate, formano le principali difficoltà, come nel regolare, riparare, e difendere i Fiumi liberi, così pure nel conservare i canali d'irrigazione, e navigazione. Mentre quand'anco vi sia introdotto a principio il necessario corpo d'acqua, le deposizioni, e gl'interramenti successivi del fondo ne possono tenere indietro una parte. La prima, e più importante provvidenza sarebbe di deviare quand'è possibile dal canale tutti gl'influenti, che vi possono portar dentro delle materie grosse: e con questa cautela il Marefciallo di Vauban ha riparato una parte del canale di Linguadocca. Il Belidor nel Cap. VII. dell'Architettura Idraulica ha suggerito di ricevere le acque in qualche gran vasca, in cui si possano depositare tutte le torbide: come appunto s'è regolata la prima, e superiore diramazione del canale già nominato. Ma questo ripiego non è altrimenti applicabile al caso di derivare un ramo perenne d'acqua da un grosso Fiume, che scorra tra le montagne, o che abbia delle ripe molto alte. E anche quando si possono deviare gl'influenti, il che non può ottenersi dappertutto, le ghiaie spinte dal Fiume principale, e le torbide trasportate dalle ripe nel cavo in tempo delle maggiori piogge, bastano per produrvi degl'interramenti considerabili.

Si sono esposte nel Cap. III. le avvertenze più importanti, che
K k k con-

conviene generalmentè di avere nella costruzione delle chiuse, e nella derivazione dei canali per non lasciarli esposti ad un maggiore trabocco delle ghiaie dei Fiumi, da cui si derivano. Si è ancora indicato il caso particolare della diramazione del Naviglio dal Tefino, dove quantunque i due fondi si spianino prossimamente sullo stesso ciglio della chiufa, la maggior parte delle ghiaie è tenuta dalla parte del Fiume. Ne daremo qui agli esteri un' idea più precisa nella fig. 98., dove *A, A, A* sono i primi ripari del Fiume: *B* un grosso pennello fabbricato nell' altra ripa: *CC* l'armatura detta dei Mancini: *DD* la chiufa: *E* lo sperone, che serve di partitore: *F* la bocca detta di Pavia: *EF* il corso del Tefino, e *G* il Naviglio. Abbiamo ancora spiegato nel Cap. III. l'uso, che si può fare dei paraporti per tenere espurgato, e libero il fondo del canale fin dove resta assai rilevato sopra il Fiume vicino: e finalmente si è detto, che tutti questi ripieghi non bastano ancora, perchè i primi tronchi dei canali non abbiano qualche volta bisogno della manuale escavazione. Negli altri tronchi, che s'intermano nelle pianure, e nei recinti delle Città, non è neppure praticabile il ripiego dei paraporti. Il ripiego volgare di mettere il canale in asciutto, e di scavarlo, e sprofondarlo, e di trasportare altrove le materie, è un imbarazzo pubblico, che riesce sempre di grave spesa, e che può essere molte volte di un grave pericolo per tutt' i luoghi circonvicini. Poichè le materie putride, e fradice successivamente ammucchiate sul fondo, quando restino scoperte dall' acqua, smosse colle vanghe, e trasportate altrove, mandano delle cattive esalazioni, e rendono tutta l'aria infalubre. Nelle Città floride, e colte, dovunque si abbiano dei buoni regolamenti di civile polizia, non devono più lasciarsi di questi avanzi dell' antica rozzezza, e inattitudine.

L'imbarazzo dell' attuale escavazione potrebbe trasportare nei luoghi lontani dall' abitato, se in tutto il recinto di esso avesse il canale una caduta sovrabbondante, e fosse anche ripartitamente in-

ter-

terrotto da varj sostegni. Mentre tenendone aperte tutte le porte, ingrossandovi quanto fosse possibile il corpo d'acqua, e lasciandola correre liberamente, si potrebbero staccare dal fondo le materie almeno più sottili, e spingere sin dentro le altre inferiori diramazioni. Il trasporto delle stesse materie si potrebbe rendere ancora più spedito, e più facile se il fondo si sconvolgesse cogli erpici, o con altre macchine simili continuamente tirate insù, e ingiù, cominciando sempre l'operazione dal tronco più basso, e continuandola di mano in mano nei tronchi più alti quanto facesse di bisogno. Con questo genere d'esperimenti si arriverebbe a radunare, o a ripartire le materie in quei luoghi, dove il levarle dal fondo portasse minore spesa, ed incomodo, e non fosse di alcuna conseguenza pericolosa. In mezzo a tali vantaggi bisognerebbe però avvertire, che così non verrebbe in sostanza a risparmiarsi l'escavazione, ma solamente a trasportarsi da un luogo all' altro. In oltre è da riflettere che lo stesso ripiego non può aver luogo nei tronchi di minore pendenza, in un minor corpo d'acqua, negli angoli, nelle svolte, dovunque venisse a mancare la forza o della pressione, o della caduta. E deve anche riflettere che questo genere d' esperimento stendendosi di sua natura a tutto il canale, non si può mai praticare senza sospendere nello stesso tempo la navigazione, l'irrigazione, e gli usi delle altre fabbriche.

Per me adunque preferirei sempre un ripiego, che si potesse stendere facilmente a qualsivoglia parte d'un canale, senza portare imbarazzo alcuno nelle altre: cioè l'uso regolato, e continuo di qualche macchina. E siccome con varie macchine si mantengono profonde, e libere le darsene, e i porti di Mare, così non è nemmeno da mettersi in dubbio se in questa maniera si possano mantener liberi anche i canali di navigazione. Solamente resterà da vedersi qual sia la macchina più adattata alle circostanze particolari di un canale proposto. Le macchine, che sono in uso nei porti di Mare, si riducono principalmente a due specie: la tenaglia, e la

K k k 2

cuc-

cucchiaja. La tenaglia, com'è in uso a Livorno, a Marfiglia, a Tolone e in altri luoghi, non può aprirsi oltre una larghezza data, nè può occupare un tratto così grande di fondo, nè abbassarsi ad una grande profondità: quando almeno non si voglia fabbricare di tanta mole, e di tanto peso, che riesca troppo difficile da maneggiarsi. Di più la tenaglia non si può chiudere comodamente che sopra un fondo più molle. Il Belidor dopo di avere descritta la cucchiaja, che serve per tenere escavate le due darse di Tolone, e il canale, che ne forma la comunicazione, suggerì che una macchina dello stesso genere poteva servire utilissimamente, e con moltissima economia in molte altre occasioni, e massime nei canali navigabili.

La macchina di Tolone è tanto minutamente descritta in tutte le sue parti nel Cap. IX. del Lib. III. dell' Architettura Idraulica, l'opera del Belidor è tanto sparsa, e conosciuta, la pianta, ed il profilo vi sono disegnati così bene, che non occorre qui di ripeterne la descrizione. L'effetto è tanto grande che coll'ajuto di soli sei uomini, alla profondità di 12, o 15 piedi d'acqua, si possono cavare in un giorno d'Inverno 972 piedi cubici di materia, e 1458 in un giorno d'Estate: e così l'azione giornaliera di un uomo si valuta di 162 piedi cubici d'Inverno, e 293 d'Estate. Ma l'imbarazzo si è, che per adattare le due cucchiaje, che sono a dritta, e sinistra, ad escavare il fondo, bisogna che tutta la macchina si fissi ogni volta con quattro ancore disposte contrariamente. Di più vi vuole molto tempo perchè scavato che sia un luogo, si possa trasferire altrove la macchina, e continuare l'escavazione per tante linee parallele. Nè deve ommettersi che per l'obliquità delle tirate si deve sempre disperdere in questa sorte di macchine una gran parte della forza.

A Savona alcuni anni fa è stata proposta una nuova macchina, che pare come una specie d'una tenaglia, e insieme d'una cucchiaja. Due aste di ferro della lunghezza di circa 10 piedi di Parigi, mobili a forma di compasso dove si uniscono insieme superiormente, sosten-

sostengono dalla parte inferiore due mezze barchette, pure di ferro, della larghezza di circa piedi $3\frac{1}{2}$, della lunghezza di circa 10 piedi ciascuna, che si possono abbassare sott'acqua, allargare sino alla larghezza di piedi 15, indi ferrarsi, e alzarli fin fuori d'acqua, e poi riaprirsi, lasciandone cadere in una barca le materie scavate dal fondo. Il vantaggio della macchina si è, che non ha bisogno nè di ancore, nè di alcun punto fisso al di fuori, nè di alcuna forza, o pressione esteriore, ma basta da se medesima per entrare nel fondo, e scavarlo. L'effetto poi in alcuni esperimenti era così grande, che arrivava al triplo di quello, che alla stessa profondità, ed in parità di tutte le altre circostanze potrebbe ottenersi colla cucchiaja.

Non occorre qui dare una minuta descrizione di questa macchina. Dirò solamente che quando mi è pervenuto il disegno, mi è parso un poco complicato il meccanismo di tirare le corde, che dalla mezza barchetta sinistra vanno alla dritta della nave dallo stesso lato, e dalla dritta alla sinistra, a fine di ferrare insieme le due mezze barchette, alzarle come una barchetta sola, e riaprirle. Mi è parso ancora che se si trattasse di un fondo più molle, e meno consistente, si potrebbe proporre qualche cosa di più semplice del compasso, e di maggior forza della cucchiaja. Io dunque proporrei di staccare le due mezze barchette, di adattarne una per parte dai due lati della nave verso la poppa, in maniera tale che calandole a fondo verticalmente con una catena attaccata alla parte superiore vi avessero da penetrare per la parte più larga, e inferiore, che perciò dovrebb'essere tagliente, e acuta nel lembo, o come distribuita in varj denti. Alle due estremità del suddetto lembo si dovrebbero poi attaccare due altre piccole catene, che in qualche distanza si unissero in una sola da tirarsi dalla prua, a fine di strascinare un poco la mezza barchetta sul fondo, e successivamente rivolgerla dalla situazione verticale nell'orizzontale. Così la mate-

materia scavata verrebbe tutta a radunarsi nel mezzo, dove potrebbesi perciò lasciare una maggiore profondità a forma delle cucchiaje. Ciò posto non resterebbe altro che da tirare egualmente ambedue le catene a prua, e a poppa, fino a sollevare la mezza barchetta sopr'acqua, e rivolgere le materie levate in un'altra barca. Questa è l'idea che proporrei all'industria di un abile artefice: e ne spererei buon successo, dove il fondo non fosse assai consistente. Mentre quand'anco per empire la mezza barchetta non bastasse la semplice elevazione del lembo inferiore, ma facesse anche bisogno di tirarlo orizzontalmente per qualche tratto, vi si potrebbe facilmente provvedere, o spingendo un poco innanzi la nave, o fissando le catene, o le corde a due taglie più lontane tra loro, cosicchè dopo la scesa verticale fatta per una di esse, la tirata dell'altra riuscisse più obliqua.

Ma per proporre delle idee anche più semplici, bisognerebbe riassumere i principj più generali dell'intima costruzione, e dell'economia delle macchine. Bisognerebbe richiamare alla mente il principio fondamentale, che nelle macchine non si accresce già la forza, ma si applica solamente ad agire per un tempo tanto maggiore, quant'essa si è presa più piccola, e così si consuma in tempo ciò che non si può prendere in forza. Ed essendo in molti casi indifferente o d'impiegare un dato numero d'uomini in un doppio tempo, o d'impiegare in un dato tempo un doppio numero d'uomini, come quando si tratta di semplici mercenarij; bisognerebbe allora badare che per la complicazione delle macchine, in cui s'impiega più tempo, non vengano soverchiamente ad accrescerli le resistenze, e non vi si abbia però a ricercare una maggior forza assoluta. Le macchine hanno un altro vantaggio, ch'è quello della più facile applicazione di una forza data, e proposta. Così sarebbe necessaria una qualche macchina per agire nelle maggiori profondità. Per quei fondi, a cui si può stendere più facilmente la forza di un uomo, ecco cosa vi è di più semplice.

Si

Si prepari un secchio di ferro, terminato inferiormente da un solo lato a forma di cuneo, e superiormente con quattro lati, e con quattro angoli, da ciascuno dei quali spuntino quattro piccole verghe pure di ferro, che si uniscano insieme nel mezzo con un piccolo anello. Si applichi all'anello un'altra verga più lunga, con cui si possa abbassare il secchio sott'acqua, e tirarsi sul fondo, o per gli angoli, o per i lati, riempirsi delle materie depositate, ed estrarli. Essendo il peso di un piede cubico di terra di 83 libbre di Francia, quand'anco la capacità del secchio fosse di più d'un piede, potrebbesi maneggiare comodamente da un uomo solo, e dal fianco, o di una zattera, o di una nave. Questa come la macchina meno composta, deve riuscire ancora la meno dispendiosa, e più facile per espurgare i laghi, e gli altri canali di altezza non molto grande dalla fanghiglia, e dalle altre deposizioni del fondo.

Il fondo dei canali ordinariamente non si suole escavare che quanto basta, perchè vi passino sopra le barche, come la larghezza vi si suole porzionare puramente al bisogno del cambio di due di esse. La comodità della navigazione ricercerebbe di più che si desse ai canali la maggiore larghezza, e la maggiore profondità, che la natura dei luoghi potesse permettere. Ma sin'ora si è più trascurato ciò che riguarda la semplice comodità, fino a dare alle barche una figura quasi rettangolare, come si pratica in qualcuno dei nostri laghi. Il Sig. Franklin è stato il primo a verificare colle sperienze una volgare asserzione dei barcaruoli, che durino più fatica ad avanzarsi quando le acque sono più basse. La ragione è molto semplice, che nei canali meno larghi, e profondi l'acqua sospinta da una barca, non potendo così facilmente ripiegarsi all'intorno di essa, vi ringorga d'avanti, e forma come un'altra corrente, che ne impedisce l'avanzamento. Il risultato delle sperienze fatte a Parigi su questa parte dell'Idraulica è già stato indicato nel Cap. VII. del Lib. VII.

F I N E .

		ERRORI.	CORREZIONI.
p. 3.	10. lin. 7.	doppio	quadduplo
	24.	OM	OP
14.	8.	minore	maggiore
23.	18.	400	$404 \frac{1}{2}$
31.	4.	punto C	punto A
41.	28.	$\frac{1}{81}$	$\frac{1}{18}$
44.	26.	e della colonna	e del capitello della colonna
45.	29.	delle membra	delle membra col tutto
52.	19.	nel punto E	nel punto F
	30.	$EG^3 : FG^3$	$EA^3 : FC^3$
64.	2.	lunghezza	larghezza
73.	29.	della tangente	del seno
86.	20.	$\frac{p q}{r}$	$\frac{p q}{r^2}$
92.	27.	fig. 52.	fig. 54.
104.	10.	di vitriolo, o fal marino	di nitro
112.	31.	di tese	di piedi
153.	2.	$u dy dx$	$u dy dx$
		y	y^2
	6.	$\frac{dy}{y^2}$	$\frac{dy}{y^3}$
163.	8.	minuto secondo	minuto
167.	25.	di pollici	di piedi
220.	27.	o. 28413	o. 258
226.	17.	al battente	il battente
234.	7.	5. 15 a 6	6 a 5. 15
239.	26.	$\frac{2}{3} . 118$	$\frac{2}{3} . 360$
257.	6.	si spiegheranno	si sono spiegate
271.	10.	al passaggio	il passaggio
303.	9.	del Reno	del Reno dalla Rotta
304.	6.	24, cc.	24.
310.	32.	di punti	dei punti
318.	1.	maggior	di maggior
321.	24.	particolarità	particolarità
324.	16.	fatte	fatti
330.	16.	di Trivulzio	Trivulzio

LIBRARY OF THE
 UNIVERSITY OF CHICAGO

98215













