

Stefano Giovanni Loffi

Piccola
Storia dell'Idraulica

libera traduzione, ridotta ma integrata, di

"History of Hydraulics" di Hunter Rose e Simon Ince
dell'Istituto di Ricerca Idraulica dell'Università Statale dell' IOWA – U.S.A.,
édita, nel 1954, come supplemento, su *"LA HOUILLE BLANCHE"* .

Cap. 14 – Intermezzo

Cremona 23 gennaio 2007

Capitolo 14 – Intermezzo

Gli ultimi tre Capitoli hanno raccontato degli altrettanti fondamentali passi della scienza dei fluidi verso un àmbito ormai ‘moderno’, se, con tale termine, si voglia intendere la conoscenza consolidata dei principi che stanno alla base di ogni fenomeno osservato.

Le scoperte:

- degli effetti della pressione, della gravità e dell'energia (Capitolo 11);
- del calcolo infinitesimale (Capitolo 12);
- dell'interpretazione fisico/matematica dell'equilibrio dei fluidi in movimento (Capitolo 13), . . .

. . . consegnarono infatti alla Comunità Scientifica la capacità di indagine di tutto ciò che dei fluidi potesse essere oggetto di studio e di analisi, salvo, ovviamente, la costruzione del crescente ma illimitato bagaglio di esperienze ad òpera di tutti coloro che seppero trarre le opportunità di queste nuove conquiste.

L'Idraulica, così, si trovò ormai in una sede propria ed adeguatamente definita; in essa la ricerca si orientò in molteplici direzioni, ma tutte riconducibili alla medesima scienza, anche se, in alcuni casi, possa sembrare di distinguervi differenze sostanziali.

D'ora innanzi, quindi, ci troveremo a raccontare di uomini ed organizzazioni che si rivolsero a questioni d'Idraulica che possono essere così sintetizzate:

1. resistenza al movimento dei liquidi: la viscosità dei liquidi gioca il ruolo di protagonista: l'analisi e l'interpretazione di questa caratteristica trova ancor oggi ‘territori inesplorati’;
2. resistenza al movimento dei gas: argomento dominato anch'esso dalla viscosità, secondo il newtoniano *Principio di reciprocità*, questo filone portò ben presto alla nascita della Aerodinamica, che affronta il problema degli oggetti che si muovono nei fluidi gassosi, ed in particolare nell'atmosfera, ad alte se non altissime velocità;
3. lo studio delle singolarità nel moto dei fluidi, dove si concentra una perdita o un accumulo di energia;
4. la cessione o la produzione di energia;
5. il trasporto, nei liquidi, di energia senza spostamento della massa: si manifesta attraverso la propagazione delle onde: nelle correnti in pressione sotto forma di onde di pressione; nel caso di superfici *a pelo libero*, nella più comune natura di oscillazioni del livello, che non portano allo spostamento di massa “ . . . *proprio come il grano in un campo, che resta fissato al terreno ed assume, sotto l'impulso del vento, la forma di onde che corrono attraverso la campagna. . . .* “ . . . per usare un'immagine di Leonardo da Vinci;
6. differenti tipologie del moto nei fluidi: laminare, turbolento, uniforme, vario, . . . ;
7. moti di filtrazione: il movimento dei liquidi attraverso materiali porosi e, in particolare, dell'acqua nel sottosuolo;
8. il movimento dell'acqua nel territorio: comprende lo studio del comportamento idrologico dei bacini idrografici e dei fiumi correlato, in particolare alle precipitazioni; in questo campo, una parte sempre più importante rivestirà, gradualmente, lo studio del *Trasporto Sólido*.

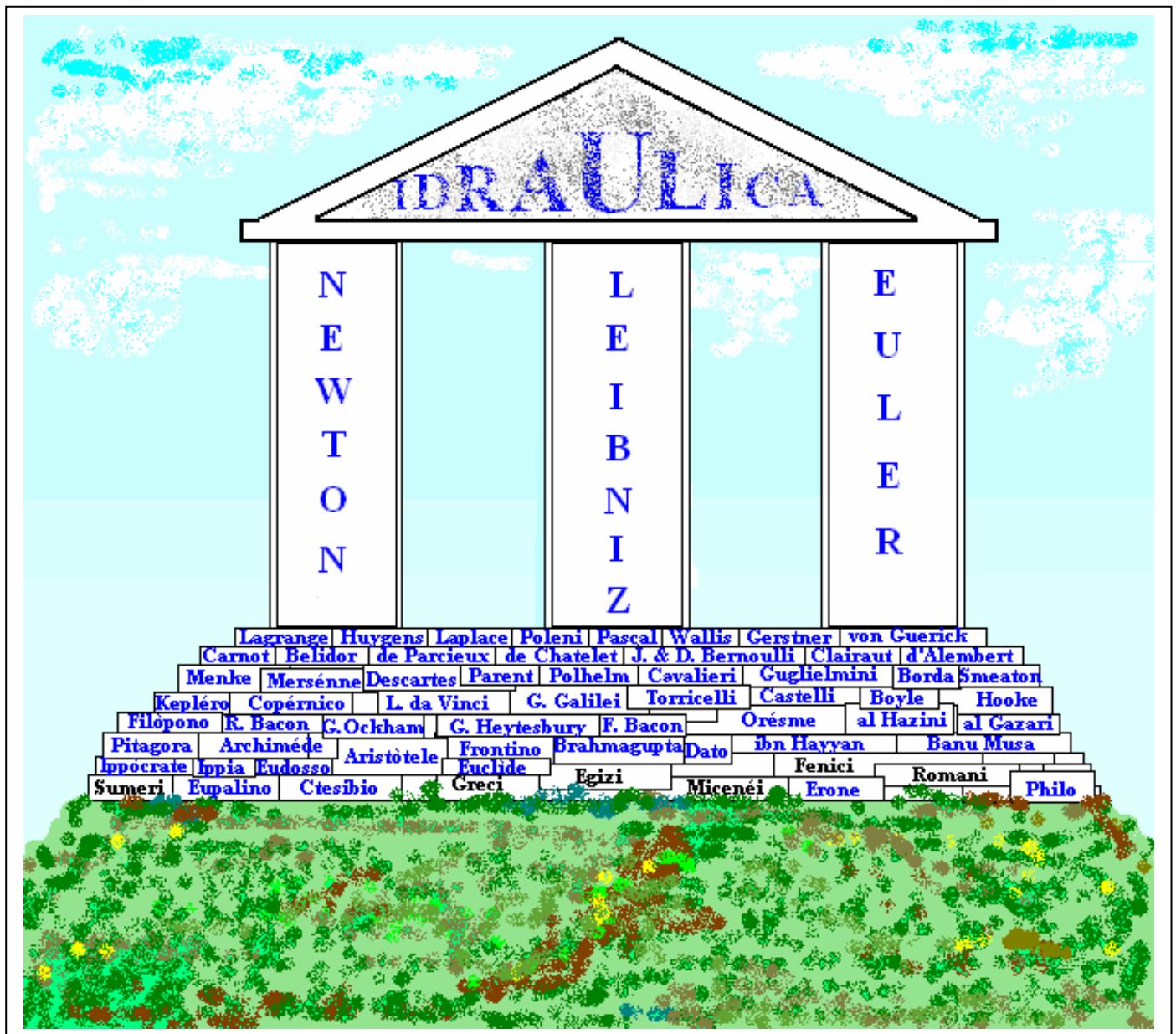
A partire dalla seconda metà del XVIII século, accanto a questa molteplicità di argomenti, spesso vere e proprie discipline idrauliche, troviamo un altrettanto crescente numero di

studiosi che ad essi si applicarono con una produzione documentale che inevitabilmente iniziò ad assumere dimensioni colossali.

L'Idraulica, come le altre scienze, diventò uno dei tanti campi nei quali i sempre più numerosi ricercatori impegnarono la propria mente, la propria vita. Raccontare di costoro senza produrre qualche torto è impossibile.

Prima di riprendere il cammino del nostro racconto, vogliamo proporre al lettore un breve intermezzo; una pausa per alcune considerazioni nella speranza che possano essere fonte di una personale riflessione.

Il disegno che segue sintetizza il filo logico delle considerazioni esposte in questo Capitolo.



In un tempo che abbraccia non meno di quaranta sécoli, abbiamo sin qui raccontato di **popoli** e di **individui** che hanno dato, ciascuno, un contributo allo sviluppo dell'Idraulica.

Ognuno, in diversi modo e misura, ha posto una pietra nella costruzione di una immaginaria *Casa della conoscenza*, nella quale, con altrettanta gradualità, prende forma l'obiettivo comune, unico.

Nessuno di questi protagonisti poteva però sapere se e quando questo obiettivo si sarebbe potuto considerare raggiunto, né se e quanto il proprio apporto avrebbe contribuito alla costruzione dell'edificio.

Nella consapevolezza d'espone un pensiero che potrebbe non essere condiviso, anche in misura non limitata, qui vogliamo affermare che quei mattoni, posti con fatica e in così tanto tempo, raggiunsero un piano dal quale si innalzarono tre colonne, a rappresentare i contributi di altrettanti scienziati che, distinguendosi da tutti coloro che li precedettero ma partiti e sostenuti dagli sforzi di questi, raggiunsero, in un sol balzo, il livello ultimo dell'Idraulica che oggi noi conosciamo: Newton, Leibniz ed Euler.

Anche la mancanza di un solo mattone non avrebbe consentito di porre una o più di queste colonne, . . . senza una sola di queste colonne, l'Idraulica moderna non avrebbe avuto una base sulla quale sostenersi: non vogliamo certo affermare la maggior importanza di 'un mattone' o di 'una colonna'; i contributi di ciascuno furono sicuramente di differente rilievo ma tutti necessari.

Con Leibniz, Newton ed Euler, la scienza dei fluidi giunse a ciò che abbiamo poc'anzi chiamata *sede propria ed adeguatamente definita*. Il disegno, proposto nella pagina precedente, rappresenta questa *sede* come fosse il timpano, sorretto dalle tre colonne, nel quale più non è scritto il nome di alcuno, neppure dei principali protagonisti che, come tali, incontreremo nel prosieguo di questo racconto.

Compare la sola parola **Idraulica**, dai contorni sfumati, quasi fosse avvolta da una tenue nebbia, a significare una o, più verosimilmente, la combinazione delle seguenti situazioni:

- il numero, ormai grandioso, di coloro che interverranno 'sulla scena', ma non certo in questa Storia (!), sino al giorno d'oggi;
- il destino di ogni scienza, destinata a non vedere mai colmo il vaso della conoscenza, nella consapevolezza dell'irraggiungibile Sapere Assoluto;
- l'eccessiva produzione di studi e di ricerche, che hanno portato, soprattutto in quella parte che riguarda il fluido più importante, l'acqua, un tale volume di documentazione da far dubitare, spesso ed a volte sino alla certezza, di un insufficiente rigore scientifico.

La terza si farà spazio sempre più, rispetto alle prime due, nello scorrere del tempo che, in questa Storia e da questo punto, ancora ci separa dai giorni nostri.

L'ultimo Capitolo affronterà, in modo diretto, questo problema che, forse ed almeno per l'acqua, è il guaio maggiore!

Dal prossimo Capitolo, che ultimo non è, racconteremo dello sviluppo dell'Idraulica moderna, cioè la parte che abbiamo simbolicamente immaginato sorretta dalle tre colonne; si svolgerà il racconto di quei progressi che, d'ora innanzi, saranno sempre più frequentemente passi definitivi, senza più arretramenti o errori di direzione: le menti più eccelse, ormai 'armate' di strumenti adeguati, non 'daranno scampo' alle leggi della Natura!

Ecco allora che, proseguendo da questo punto del racconto, si noterà un più frequente alternarsi di argomenti, a volte tra loro assai differenti, ed un maggiore 'disordine temporale', con un minore rigore, cioè, nel rispettare la cronologia degli eventi e dei personaggi.

Ovviamente sarà privilegiata la parte che riguarda i liquidi, restando ad un livello di maggior superficialità il racconto delle scoperte relative allo studio dei gas, soprattutto in quella parte dell'Idraulica ormai considerata, da molti ma a torto, una scienza a sé stante: l'Aerodinamica.

Dedicando maggior attenzione, in modo pertanto più esposto alle critiche, all'ambito dei liquidi, si noterà senz'altro la prevalenza degli sviluppi nella conoscenza della regina di tutti i liquidi: l'acqua.

Se, giocoforza, si deve contenere il racconto nelle sue linee essenziali, ad evitare che diventi di dimensioni ciclopiche, quindi non più coerente con i nostri fini, ci è sembrata una scelta quasi obbligata il dedicarci in particolare allo studio di quella sostanza che, sin 'dal principio', l'umanità ha sempre 'inseguito', per governarla e per domarla alle proprie necessità, purtroppo non sempre, oggi quasi mai!, nel migliore dei modi.

L'acqua, inoltre, presenta in natura tali e tante manifestazioni da essere una fonte inesauribile di informazioni, di problemi, di ricerche, . . . : è la regina dei liquidi ma anche un universo infinito da esplorare continuamente, senza mai giungere alla sua completa e perfetta conoscenza.

Nei limiti e con le considerazioni sin qui esposti, possiamo affermare che nel secolo XVIII, grazie agli strumenti ed alle conoscenze ormai disponibili, la ricerca in Idraulica si diffuse rapidamente ed in ogni parte del mondo, seguendo, però, tematiche che possono ricondursi, in estrema sintesi, a due questioni principali, riferite all'acqua:

- tutto ciò che in qualche modo dipende dalla viscosità del liquido;
- il comportamento dell'acqua nel territorio; 'in Natura' si diceva un tempo; oggi si può ancora usare, e si usa, questa espressione, ma sembra risuonare quale nota stonata almeno in quella parte del mondo tanto 'civilizzata' d'aver reso ormai equivocabile la stessa idea di Natura!

Cos'è la *viscosità* in un fluido?

Con nostre parole possiamo dire che essa rappresenti l'effetto del continuo reciproco cozzare delle particelle, le molecole, che compongono il fluido stesso in movimento; continui urti, strisciamenti, rimbalzi, tra un elevatissimo numero di molecole, che provocano la dissipazione di una parte dell'energia posseduta dalla corrente.

In ogni evento, la parte di energia dissipata da un sistema migra verso un altro: l'energia cioè, come la materia (perché è materia!), si scambia, si sposta, mai si distrugge. Nel caso dei fluidi in movimento, la perdita di carico del flusso può produrre: minor velocità media (quindi minore portata), riduzione di pressione, turbolenze, . . . tutti interessanti problemi per l'Idraulica, poiché consentono di giungere alla pratica applicazione dei generali principi sin qui incontrati.

Gli effetti della viscosità furono indagati con un processo lentissimo; molti che ne intuirono l'esistenza si limitarono a constatare l'estrema difficoltà dell'indagine, senza in questa procedere.

Come già detto, negli ultimi tre Capitoli abbiamo visto che l'Idraulica, nel XVIII secolo, giunse ormai "*in una sede propria ed adeguatamente definita*"; ma le espressioni matematiche, che avevano raggiunto lo scopo di ben individuare le grandezze fisiche in gioco e come ed in che misura le stesse partecipavano a ciascun fenomeno, alla luce dei fatti non poterono superare la necessità di utilizzare spesso fattori correttivi (*coefficienti*), per raggiungere una buona corrispondenza con i risultati reali.

Newton, lo abbiamo visto nel Capitolo 9, aveva scoperto che il flusso che esce da un foro in un serbatoio pieno di liquido, subiva un restringimento che si formava nel getto stesso

addirittura al di fuori dello spessore della parete, se questo era abbastanza sottile: l'area di passaggio del getto d'acqua, nel punto in cui la velocità era pari al valore determinato dalla *Formula dell'efflusso*, era inferiore all'area del foro, per una quantità che l'inglese determinò nel valore di 0,707. Vedremo che il Poleni e poi Kirchoff diedero a questo coefficiente una miglior approssimazione, riducendolo all'incirca di un altro decimo di punto. Così è che per conoscere la quantità d'acqua fluente attraverso quel foro, alla precisione della teoria Fisico/sperimentale, che ci consegna una formula rigorosa, bisogna aggiungere un coefficiente numerico senza il quale si compierebbe un errore di circa il 40%!

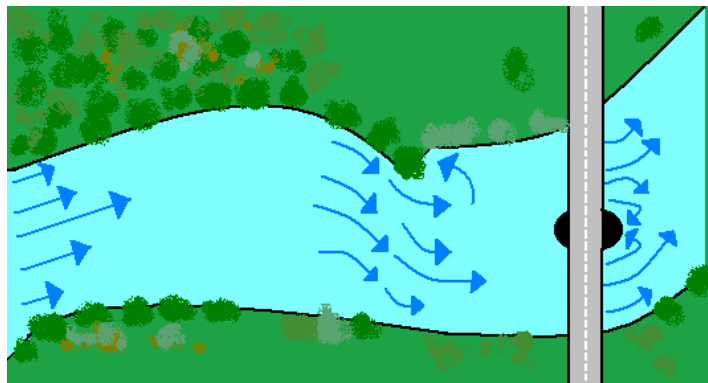
Così avviene per molte altre situazioni come, ad esempio, ovunque una corrente subisca repentine e drastiche variazioni di velocità e pressione. Molti coefficienti, nelle formule indispensabili, conserveranno, ad imperitura memoria, il nome di coloro che li definirono, addirittura verificandosi spesso casi nei quali si elaborarono coefficienti diversi per fenomeni . . . simili se non uguali!

La necessità e la natura di questi coefficienti sono, per maggior parte, il prodotto della *viscosità*, che sarà, nei suoi effetti, come già detto, il tema dominante di uno dei due filoni principali dell'Idraulica degli ultimi tre secoli, prima di questo.

Vediamo come nacque la consapevolezza di questa così importante caratteristica fisica dei fluidi, ricordando coloro che già sono apparsi in questo racconto.

Già Leonardo da Vinci e poi Edme Mariotte avevano condotto le prime osservazioni su un macroscopico effetto della viscosità: la differente distribuzione della velocità nelle correnti di fiumi e canali.

Il Guglielmini ebbe modo di osservare come, nei fiumi, la corrente assumeva moti vorticosi fin'anche, in alcuni punti, a risalire la pendenza dell'alveo, soprattutto in corrispondenza di ostacoli, quali le pile di un ponte.



Isaac Newton, nella ricerca dei segreti della Gravità, identificò quattro grandezze che, a suo giudizio, erano causa del graduale smorzamento del moto del pendolo, così come della resistenza al moto relativo tra solido e fluido; le chiamò: *coesione*, *elasticità*, *capacità di lubrificazione* ed *inerzia*.

Della *capacità di lubrificazione*, forse il concetto che più si avvicina a quello attuale di *viscosità*, l'inglese scrisse: “. . . è proporzionale alla velocità con la quale le parti del fluido sono tra loro separate [dall'oggetto che scorre nel fluido, o viceversa] . . . “

Un primo punto fisso: ogni fluido tende ad opporsi al moto (disperdendo parte della propria energia) con un'intensità che dipende anche dalla sua velocità.

Daniel I Bernoulli si rese conto dell'importanza che la dissipazione dell'energia, oggi attribuita alla viscosità, poteva rivestire nel moto dei fluidi: “. . . da quando è chiaro che, attraverso la natura delle cose, l'intero potenziale ascendente non è conservato, sino a quando alcuno potrà definire quanta parte di esso sarà dissipata, non si potrà determinare il movimento dei fluidi con sufficiente precisione . . .”: una pesante presa di coscienza, frutto della percezione del grandissimo orizzonte della ricerca in Idraulica che appariva ancora tutto da esplorare.

Anche Jean-Baptiste Le Rond d'Alembert ebbe una medesima intuizione: “. . . io non vedo, lo ammetto, come si possa soddisfacentemente spiegare, attraverso la teoria, la resistenza dei fluidi; . . .”, lasciando la risoluzione del problema ai “. . . futuri geometri.”.

Leonard Euler addirittura si limitò a riconoscere ai fluidi una *particolare interna natura*, celata alla possibilità d'indagine, tanto da giustificarsi nel non ammetterla all'interno delle proprie, peraltro straordinarie, schematizzazioni matematiche.

Questi ultimi tre scienziati, che seppero risolvere problemi di difficoltà assoluta, sembrano quasi 'cedere le armi' di fronte al problema della resistenza al moto dei fluidi; di fronte alla viscosità!

La ricerca in Idraulica-, d'ora innanzi, si concentrerà su questo problema, la cui risoluzione non poteva più essere rimandata se si volevano conseguire nuovi progressi.

La natura interna dei fluidi era l'ultima sfida, la più difficile.

Dal XVIII secolo, ogni moderna scienza, in ciascuno dei propri filoni di ricerca, sempre più frequentemente esige di non più ignorare ogni questione, anche la più complessa: i *futuri geometri* fanno già parte di questa Storia!

D'ora in poi, l'argomento costantemente sullo sfondo di questo racconto, per quanto riguarda la *particolare interna natura dei fluidi*, sarà quindi lo studio del manifestarsi della viscosità; sebbene essa produca effetti sotto molteplici forme, il suo studio renderà il racconto più monotono, spesso tendente all'elencazione della sequenza di fatti e di persone che si impegnarono con massimo impegno a volte 'soltanto' per definire la miglior formulazione di . . . un coefficiente.

Un esempio per tutti: poiché la resistenza al moto, quindi la riduzione di velocità, è una parte significativa dovuta a ciò che possiamo definire 'attrito contro le pareti lungo le quali l'acqua scorre', detto *Scabrezza*, sarà lunga la serie degli studiosi che ad essa dedicheranno attenzione ed attribuiranno valutazioni differenti, elaborando formule e coefficienti che avranno poi un successo anche caratterizzato da una particolare e parziale distribuzione geografica; potremo cioè incontrare frasi come: “. . . nei paesi anglosassoni, questa formula ebbe maggior diffusione . . .”.

Non per questo può essere giustificato un eccesso di stupore: molte sono le variabili che dominano il mondo dei fluidi ed i geni che abbiamo appena citato, probabilmente, già intuivano che la conoscenza non avrebbe mai potuto raggiungere la perfezione: il principio di indeterminazione (con Heidelberg) o di incompletezza (con Gödel) regna anche . . . 'sulle acque'!

Un esempio: ecco cosa possiamo trovare nel Manuale di Idraulica, curato dall'ing. Edgardo Zeni, edito da Hoepli-Milano nel 1911, in tema di formule allora conosciute, e chiamate 'formole', per definire la velocità dell'acqua che scorre in un canale, nel caso più semplice (!) in cui si possa supporre il moto *uniforme* (termine che incontreremo più avanti):

indicando, per tutte, con:

- U = la velocità media della corrente che si vuole ottenere, quindi la portata, moltiplicando la stessa velocità per la sezione del flusso;
- i = la pendenza del fondo;
- R_m = Raggio Idraulico della sezione, dato dal rapporto tra l'area, della sezione del flusso, ω ed il contorno bagnato c . . .

... abbiamo una prima *formola*, oggi chiamata 'di Chézy' e tra le più frequentemente utilizzate, che ha una generale espressione: $U = \chi \sqrt{R_m i}$, ma il coefficiente χ , che dipende dalle caratteristiche fisico-geométriche dell'alveo, può assumere valori differenti, ai quali corrispondono altrettante *formole*:

1. $\chi = 50$, secondo Tadini;
2. $\chi = 50,93$, secondo Etelwein;
3. χ , secondo Stevenson, è compreso tra 100 e 94, a seconda dei valori della velocità media (quindi da definire per tentativi) e della natura del corso d'acqua (*grande fiume, fiume ordinario, fiume piccolo, fiume stabile, canale in muratura, canale in terra, ecc.*)...

... ecco altre *formole* che, partendo dalla precedente, a causa dell'espressione del coefficiente raggiungeranno aspetti a volte assai differenti:

4. $U = \sqrt{0,005161 + 3228R_m i}$, definita da Prony;
5. $U = \sqrt{0,00110158 + 2735R_m i} - 0,07184$; ancora di Etelwein;
6. $U = \sqrt[n]{\frac{R_m i}{m}}$ di De Saint Venant, con $m = 0,00040120$ e $n = \frac{21}{11}$;
7. $U = \frac{iR_m l}{0,024h} - 0,025 + \sqrt{2780R_m i + 0,00062}$, di Dupuit;
8. $U = 4,90R_m \sqrt[3]{i}$, per i canali e $U = 3,34\sqrt{R_m} \sqrt[5]{i}$, secondo Hagen;
9. $U = (\sqrt{(0,0025m + \sqrt{68,72r\sqrt{i}}) - 0,05\sqrt{m}})^2$, di Humphreys ed Abbot, dove: $m = \frac{0,933}{\sqrt{R_m + 0,475}}$; $r = \frac{\omega}{c}$; $r = \frac{\omega}{c + l}$ (Raggio Principale);
 $l =$ larghezza in superficie;
10. $U = \psi \sqrt{R_m} \sqrt[4]{i}$, ancora attribuita a Humphreys ed Abbot detta 'abbreviata', con il coefficiente ψ che varia da 0,40 a 8,00 a seconda della profondità;
11. $U = \alpha^2 \sqrt[3]{R_m^2 \sqrt{i}}$, di Gauchler;
12. $U = \sqrt{0,25 + 8047R_m i} - 0,50$, di Girard;

13. $U = (y^3 \sqrt[3]{R_m} \sqrt[5]{i})^4$, definita da Bornemann, nella quale il coefficiente y può assumere valori compresi tra 0,000090 (canali rivestiti) a 0,0030 (fiumi naturali);

$$14. U = \frac{1}{\omega} \frac{\alpha i^{\frac{1}{2}} \alpha^{\frac{3}{2}}}{c^{\frac{1}{2}}}, \text{ dal Tadini, con } \alpha \text{ compreso } 51,01, \text{ come definito dal Turazza,}$$

nel campo di velocità compreso tra 1,50 e 2,00 m/s;

$$15. U = \frac{1}{\omega \sqrt{b}} \sqrt{\frac{i \omega^3}{c}}, \text{ del Turazza, con } b = 0,000382, \text{ per velocità superiori a } 2,00 \text{ m/s;}$$

$$16. U = \frac{1}{\omega} 100 \sqrt{h^3} - 3,2 \sqrt{h^5}, \text{ di Lombardini, elaborata specificatamente per il fiume Adda, con } h \text{ pari alla profondità media;}$$

$$17. U = \frac{1}{\omega} 223 (y_0 + 0,52)^{\frac{3}{2}}, \text{ che Elia Lombardini elaborò per il fiume Ticino, dove } y_0 \text{ era il livello dell'acqua all'idrometro di Sesto Calende;}$$

$$18. U = \frac{1}{\omega} \alpha H^{\frac{3}{2}} \sqrt{\beta + \gamma^2}, \text{ è una terza } \textit{formola} \text{ attribuita allo stesso scienziato cremonese Lombardini, elaborata per il fiume Po, nella quale: } H \text{ rappresenta la profondità media del fiume, } \alpha = 765; \beta = 0,115; \gamma = 0,00069;$$

$$19. U = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \frac{\beta}{R_m}}} \sqrt{R_m i}, \text{ di Darcy e Bazin, con } \alpha \text{ e } \beta \text{ che variano,}$$

rispettivamente, da 0,00015 - 0,0000045 e 0,00046-0,00086, a seconda delle asperità delle pareti, da minime a massime;

$$20. U = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0,00155}{i}}{1 + \left(23 + \frac{0,00155}{i}\right) \frac{n}{\sqrt{R_m}}} \sqrt{R_m i}, \text{ di Ganguillet e Kutter, con } n$$

coefficiente di scabrezza delle pareti, distinto in dodici classi, dalla più levigata ($n = 0,12$) alla più 'tormentata' ($n = 2,44$);

$$21. U = \frac{100\sqrt{R_m}}{m + \sqrt{R_m}} \sqrt{R_m i}, \text{ di Ganguillet e Kutter, detta 'abbreviata', con } m$$

sempre variabile in 12 categorie, da 0,12 a 2,50;

$$22. U = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R_m}}} \sqrt{R_m i}, \text{ detta 'nuova di Bazin', con } \gamma \text{ coefficiente che va da } 0,06$$

a 1,75;

$$23. U = c\sqrt[6]{R_m} \sqrt{R_m i}, \text{ di Manning, derivata da quella di Gauchler.}$$

. . . se si volessero consultare altri manuali, l'elenco si allungherebbe! Forse nessuno ha mai calcolato il numero delle *formole* elaborate, su tale unico problema di Idraulica, da quando essa ormai giunse nella *sede propria ed adeguatamente definita*; qui possiamo soltanto dare certezza . . . all'imbarazzo della scelta!

Certamente si tratta di una impressionante proliferazione di espressioni matematiche, ad interpretazione di uno stesso fenomeno fisico, che trova pochi altri esempi fuori dall'Idraulica, ma molti altri in altrettanti problemi dell'Idraulica stessa, che si dimostra così essere una scienza che unisce semplicità ad assoluta complicazione.

Questo elenco di formule possono essere, per il lettore, il segnale che, d'ora in poi, il racconto si avvolga di una pesante noja, diventi più monotono (ovvero, a nostro giudizio: meno divertente, meno interessante, meno stimolante!); ci prendiamo però la non leggera responsabilità di garantire che questo non avverrà (resterà, cioè, il medesimo 'livello di gradimento!'), confidando in un alleato d'eccezione: l'acqua! . . . non solo regina dei fluidi ma anche sede delle più belle avventure della mente.

Resta, comunque, un fatto: a questo punto, nasce per noi una nuova sfida, *in itinere!*

Se i fenomeni legati alla natura interna dei fluidi pone alcune difficoltà in più nell'impegno di mantenere la medesima 'tensione' che il racconto ha avuto sino ad ora, non altrettanto si può prevedere (così la nuova sfida subito diventa meno impegnativa!), per la seconda delle due strade principali lungo le quali, dal XVIII secolo e tuttora, continua e progredisce la ricerca in Idraulica: il comportamento dell'acqua nel territorio.

E' certamente il tema che più di tutti gli altri ha contribuito a formare quella nebbia nella quale, oggi, vediamo un' **Idraulica** dai contorni fin troppo sfumati.

Il problema è indubbiamente complesso e, quel che è peggio, coinvolge e spesso travolge (!) la pubblica opinione. E' un fatto: 'acqua e territorio' è un binomio sempre più associato al disastro, al dramma; situazioni nelle quali anche la scienza più pura si concede a sconti . . . in molti sensi!

Il problema è complesso, esageratamente complesso! Ad esso inferiscono innumerevoli discipline, riconducibili a molte Scienze; ecco un elenco, non certo esaustivo:

- l' Idraulica: qui, ora, non ha certo bisogno di presentazione!;
- la Meteorologia: lo studio dei fenomeni che portano l'acqua sul territorio: la pioggia, la neve e la grandine;

- l'Idrologia: figlia delle prime due ma anche della Statistica (tre madri = nessuna offesa!);
- la Geologia: lo studio della crosta terrestre, della sua formazione e del suo comportamento. L'interazione tra l'acqua ed il territorio è, in particolare, sviluppata dall'Idrogeologia, che non consideriamo una disciplina a sé stante, non foss'altro per non moltiplicare a dismisura questo elenco, attraverso la semplice combinazione di ogni coppia di termini che sono, tra loro, tutti 'accoppiabili'!;
- la Biologia: in questa vogliamo includere quella congerie di termini, oggi assai di moda, che si richiamano, spesso in forme assai generiche, agli obiettivi piuttosto che alla scienza di riferimento: protezione dell'ambiente, tutela della fauna, conservazione della 'naturalità', . . . ;
- la Botanica: idem, come sopra;
- l'Urbanistica: la scienza che trasforma il territorio per le necessità della comunità umana: l'errore, dove errore c'è (quasi ovunque), è nella definizione di queste necessità; la trasformazione, di fatto, ne è l'inevitabile conseguenza;
- l'Idraulica Fluviale: disciplina nata in Italia ma non per questo qui indicata distinta dall'Idraulica. Lo studio del comportamento delle acque quando, nel territorio, già giungono a formare un fiume non attiene soltanto alle leggi dei fluidi, ma è *summa* di molti aspetti e settori di tutte le precedenti discipline. È l'Idraulica Fluviale che meglio rappresenta l'essenza del problema principale, diventando per questo disciplina distinta dall'Idraulica: il dominio delle acque territoriali.

Forse qualcuno potrebbe obiettare che siffatta materia non sia più neppure parte dell'Idraulica; ma in essa, a volte anche soltanto 'sullo sfondo', domina sempre la presenza dell'acqua, che incombe e provoca tutti i fenomeni studiati in questo campo; li lega indissolubilmente.

L'acqua si muove secondo le leggi dell'Idraulica ma, nel territorio, produce effetti e situazioni nelle quali le componenti 'non idrauliche' assumono una posizione prevalente.

Nel prosieguo del racconto vedremo pertanto il susseguirsi di esperienze e di fatti legati a questo aspetto che ancora riveste importanti conseguenze nella nostra vita di tutti i giorni, a volte all'improvviso, senza preavviso.

Pur sapendo di compiere una notevole forzatura, nell'Idraulica Fluviale comprendiamo, come disciplina appartenente a questo secondo filone principale, anche lo studio del movimento delle acque nel sottosuolo, con un ragionamento che non è privo di logica: l'acqua tutta, mossa dalla gravità, tende a raggiungere, per la più breve via, il punto più basso, solitamente il mare. Il cammino non avviene soltanto nell'alveo del fiume ma anche attraverso i moti sotterranei, di filtrazione o di scorrimento, nascosti alla vista ma altrettanto importanti ed intimamente collegati ed a volte conseguenti allo scorrere delle acque di superficie. Moti sotterranei che altro non sono, quindi, che una frazione del più generale movimento delle acque, identificabili non tanto secondo i corsi d'acqua bensì per limite di bacino idrografico: porzione di territorio nel quale le acque tutte, superficiali e sotterranee, scorrono verso il medesimo finale recapito.

Sia che l'acqua scorra sul territorio od in profondità, l'osservazione diretta e sistematica del suo comportamento costituisce l'elemento prevalente in questo ambito della ricerca, ma il concorso di tante altre discipline, così reciprocamente differenti, spesso ne fa dimenticare le origini idrauliche, inducendo ad un errore esiziale che la stessa acqua provvederà a 'segnalare' con i modi che le sono propri e, per l'umanità, troppo spesso dolorosissimi!

Proprio a quest'ultimo aspetto dobbiamo imputare la sempre maggiore pasticciata configurazione di questa parte dell'Idraulica, perché è e dovrebbe restare parte innanzitutto dell'Idraulica mentre rimane sempre più invischiata e contagiata da altre discipline, che tendono alla sopraffazione piuttosto che alla convivenza.

‘Acqua e Territorio’, in questo mondo moderno, è un binomio che assume, purtroppo, un connotato politico prima che tecnico/scientifico.

Scelte errate possono essere pesanti da sopportare, prima in ambito politico e poi, con estrema prontezza, in quello tecnico/scientifico; tant'è che oggi, in molte parti del mondo e senz'altro in Italia, pare preferirsi la soluzione meno rischiosa: la ‘non scelta’!

Sì, oggi è assai più frequente assistere all'interessamento scientifico della ricerca nel ‘dopo disastro’, piuttosto che nell'ostinata insistenza del ‘necessario oggi’.

È raro imbattersi in coraggiose analisi delle criticità, che evidenzino difetti e rimédi.

Dopo una grande attività intellettuale, che ha portato ad altrettante significative realizzazioni sino agli anni Settanta del sécolo scorso, lo studio del comportamento dell'acqua nel territorio sembra essersi ritirato in disparte, non più reclamando la priorità del proprio pensiero di fronte ad altri approcci, tra l'altro non tutti corroborati da rigore scientifico, ma sostenuti da una male interpretata esigenza di sostenibilità.

Risuonerà di un sapore ben più antico di quanto non sia in realtà il racconto di uomini che seppero domare i grandi fiumi, rendere sicuri vasti territorî, dominare le acque del mare. Ricordarli è, per questo, anche un dovere nei confronti della collettività.

Viscosità e territorio: troppa sintesi nel definire gli universi della ricerca in Idraulica degli ultimi tre sécoli?

* * *