

25 – Storia di un fiume – raccontata da un geologo

Prof. Antonio Dal Prà – geologo – dicembre 2021 – in tempo di pandemia



Il nostro fiume non ha un nome. E' uno dei tanti che scendono dalle Prealpi e sboccano in pianura. Ne conosco molti. La loro storia è simile. E' una storia molto lunga, segnata da numerose avventure talora disastrose, iniziata almeno 10.000 anni fa, alla fine del periodo geologico del Pleistocene, al termine dell'ultima glaciazione. Purtroppo, per necessità, noi dobbiamo raccontarla molto in breve, stringendo, comprimendo e sorvolando. Portate pazienza. Alcuni loro nomi mi tornano spesso alla memoria: li ho incontrati tante volte durante la mia storia di ricercatore e di geologo professionista. In Veneto, in Trentino, in Friuli. Per problemi di erosioni, di frane, di cave, di sorgenti, di discariche, di gallerie, di inquinamenti delle acque-.

Mi ricordo i torrenti dell'Illasi, del Chiampo, dell'Agno e le loro vallate: decine e decine di cave di marmo, decine e decine di concherie e decine e decine di frane provocate dall'attività estrattiva. E le puzze terribili della lavorazione delle pelli e il colore verde delle acque del torrente Chiampo pesantemente inquinate dal cromo usato per la concia. Quella la chiamavamo "la valle delle puzze", naturalmente in pesante dialetto veneto. Ora la situazione è molto cambiata in meglio, per fortuna. Il Posina, affluente dell'Astico, con la grande frana del Brustolè (ben 20 milioni di m³) che nel novembre del 1966 ha fatto disastri ; e i suoi alvei sepolti e le strette gole rocciose e lo sbarramento morenico di Arsiero con la gola degli Stancari e quella della Strenta. E poi l'Astico, con la gola di Meda che molti anni fa ho studiato per l'imposta di una diga di laminazione di piena; e con le variazioni di alveo di qualche migliaio di anni fa, un tempo aperto alla pianura tra il Summano e le Bragonze, verso Thiene, e ora cacciato entro la stretta valle ai piedi dell'Altopiano verso Breganze. E le colline moreniche frontali del vecchio ghiacciaio a Cogollo e Piovene. E il Brenta, con le sue piene disastrose chiamate "brentane" che terrorizzano da sempre gli abitanti

della pianura; con le sue famose sorgenti carsiche, che a lungo ho studiato, dell'Oliero in destra (sgorganti dal massiccio dell'Altopiano di Asiago), e dei Fontanazzi di S. Nazario in sinistra (che drenano il massiccio del Grappa). E il grande fiume Piave, temuto per le sue terribili piene che periodicamente arrivano in pianura, uscendo dalla stretta di Nervesa, tra il Montello e le colline di Colfosco. Lo conosco soprattutto per i miei studi nella progettazione della diga di Falzè e della cassa di espansione delle Grave di Ciano, per la laminazione delle piene. Ma anche per problemi di frane e di cave. Anche il Livenza è entrato spesso nei miei interessi professionali e di studio, particolarmente per le ricerche svolte per la progettazione delle dighe di Ravedis sul Cellina, e di Colle, sul Meduna, affluenti del Livenza, con vastissimi magredi ghiaiosi all'uscita dalle valli. Il Livenza ha fatto disastri nel novembre del '66. Famose le sorgenti carsiche del Gorgazzo, alle fonti del Livenza. Il Cellina mi suscita anche ricordi particolari: nei suoi ghiaioni dell'alta pianura, i magredi pieni di lepri, andavo da sottotenente a fare manovre belliche e a sparare con i lunghi cannoni dei carri armati (erano dei 90/50, per chi è del mestiere...) durante il servizio militare. La mia compagnia era degli Azzurri, che vincevano sempre sui Rossi, i comunisti dell'est.

Insomma questi fiumi li ho un po' frequentati.



Il Piave a Vidor

Ma ora partiamo...

Vi chiederete subito cosa c'entri la geologia con un fiume. La geologia c'entra e come! Nella storia del nostro corso d'acqua la geologia viene spesso tirata per i capelli. Lo vedremo più avanti...

State bene attenti però. Occorre subito una precisazione. La disciplina che studia i fiumi è l'idrologia, che fa parte delle scienze idrauliche. Conviene quindi chiedere permesso agli idraulici perché stiamo entrando nel loro cortile, immergendoci in una serie di discorsi molto umidi.

Ma chi dà vita al fiume, chi decide la sua portata, chi comanda al suo regime? Vediamo tutto con calma, con idee chiare e con parole semplici. Iniziamo subito nel definire la casa del fiume. Abbiamo imparato a scuola che ogni corso d'acqua ha il suo bravo bacino idrografico che contiene

il fiume e i suoi affluenti. Racchiuso da una linea spartiacque che lo separa dai bacini vicini. Questo perimetro si può facilmente individuare su una carta topografica. E' sufficiente congiungere i punti di culminazione delle curve di livello, le famose isoipse, per disegnarne il contorno. **Gli afflussi meteo, piogge e nevi, che cadono entro il bacino danno vita e alimentano il deflusso del nostro fiume verso valle.**

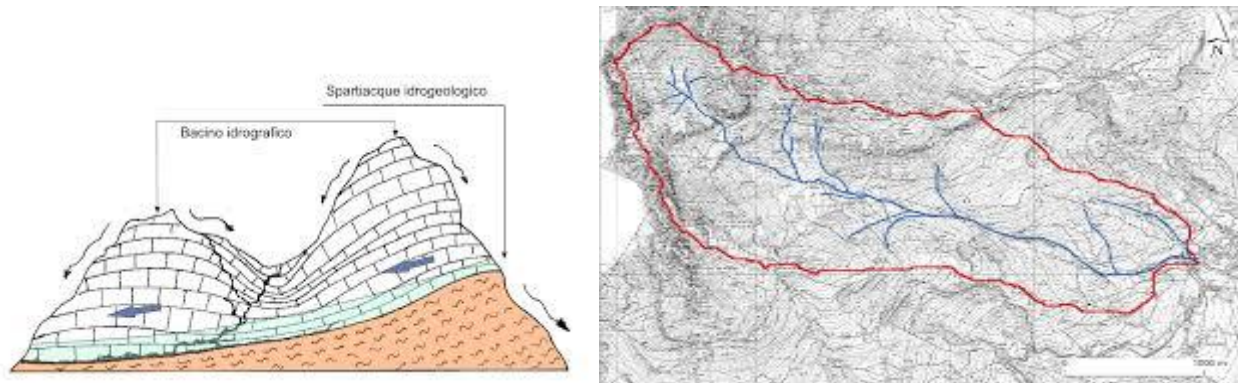


E' ben noto che gli afflussi meteo non sono uniformemente distribuiti nel tempo. Ci sono infatti stagioni secche e stagioni piovose. Di conseguenza anche la portata del nostro fiume, che viene mantenuta dalle precipitazioni meteo, non sarà costante, ma varierà nel tempo, secondo un suo regime, caratterizzato dall'alternarsi di fasi di piena, di morbida e di magra.

Vi ricordo che il contributo delle nevi non avviene quando la neve cade, ma quando si scioglie, nella stagione del disgelo, di solito da noi nella tarda primavera.

Volete sapere come si misura la portata di un fiume o di un torrente? Vi accontento subito. Non è difficile. Per misurare la portata (m^3/s) del nostro fiume in uscita dalla valle montana, quando entra nelle pianure, gli idraulici si avvalgono di una sezione tarata. Su questa sezione è possibile definire la portata del corso d'acqua misurando solo l'altezza idrometrica, ossia l'altezza del livello dell'acqua su un idrometrografo. Questo misuratore è una specie di tubo verticale con un galleggiante, immerso nel fiume, che segna la posizione dell'acqua. La sezione in oggetto è stata

precedentemente tarata misurando sperimentalmente la portata con differenti altezze idrometriche.



Bacino idrografico

Per saperne un po' di più, i sacri testi di idraulica riportano la formuletta da usarsi per determinare la portata in caso di assenza di sezione tarata, come spesso succede nei corsi d'acqua minori, o per tarare le sezioni di misura, $Q = V \times S$, dove V è la velocità dell'acqua (m/s) ed S la sezione attraverso la quale il fiume defluisce (m^2). La velocità si determina con il **mulinello**, strumento idraulico ad elica, o con galleggianti immessi nella corrente. La S , sezione di deflusso del fiume, si può misurare con la normale strumentazione del vostro amico geometra, da un ponte o da una barca. Ma direi che qui ci dobbiamo fermare, per non esagerare nel fare invasione di campo in altre discipline.



Pluviometro

Ed ora vediamo gli afflussi (pioggia e neve) nel bacino idrografico. La misura è molto semplice. Gli afflussi meteo si determinano con i **pluviometri**, grossi tubi verticali che raccolgono le acque di pioggia e che ci indicano l'altezza raggiunta, in mm. Di solito vengono misurati e svuotati ogni giorno. La neve eventualmente caduta viene sciolta. Poiché nel bacino idrografico del nostro fiume la piovosità può essere non uniforme, diversa da zona a zona, ci si avvale di una rete di più pluviometri, posizionati in luoghi diversi. E poi si fa la media ponderale.

Vi ricordo che tutte le misure idrauliche possono essere automatizzate e teletrasmesse.

Dunque ora siamo in grado di sapere quanta acqua giunge entro il bacino idrografico sotto forma di pioggia e neve, **gli afflussi A**, e quanta di questa acqua esce portata a valle dal nostro fiume, **i deflussi D**.

Per confrontare quanto entra e quanto esce dal bacino idrografico, gli idraulici determinano il famoso **bilancio idrologico** sulla base delle misure dei due parametri **A** e **D**.

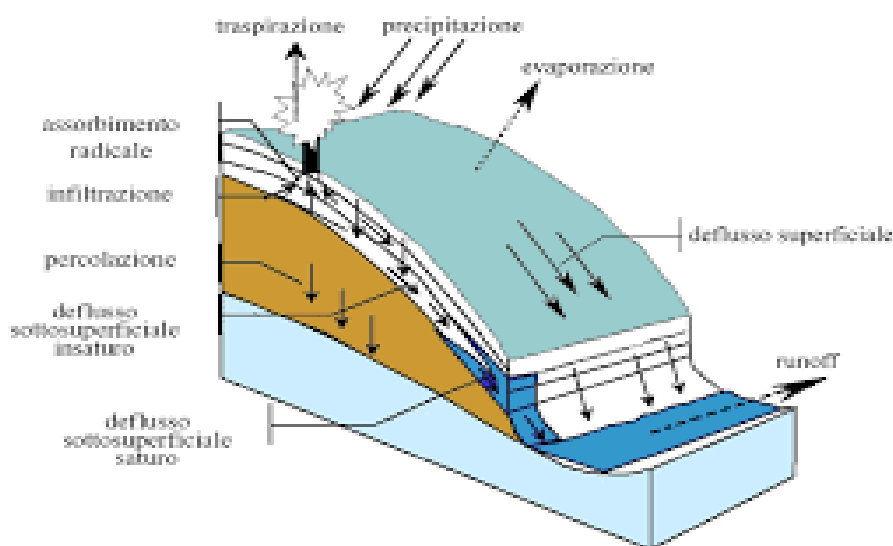
E' chiaro che per poter effettuare il confronto dei due parametri si deve usare la stessa unità di misura, per esempio il volume d'acqua (m^3) o la portata (m^3/s).

Volete che facciamo quattro conti insieme? Se non ve la sentite, potete saltare un po' di righe e passare rapidamente oltre, ricominciando da dove finiscono i numeri....

Cominciamo dagli afflussi nel bacino e decidiamo di valutarli in volume (m^3). E anche decidiamo di esaminare un lasso di tempo di un anno.

Sommiamo l'altezza delle piogge misurata ogni giorno nell'arco dell'anno ai vari pluviometri, facciamo la media ponderale e avremo l'altezza media di pioggia caduta in quell'anno nel bacino (per es. 1.350 mm = 1,350 m). Moltiplichiamo questo valore, espresso in m (metri), per i m^2 della superficie del bacino (per es. 150.530.000 m^2) e avremo il volume di pioggia in m^3 caduta nel bacino idrografico nell'anno considerato ($1,350 \times 150.530.000 = 203.215.500 \text{ m}^3$). Ossia la quantità di pioggia e neve caduta nell'anno, gli afflussi A.

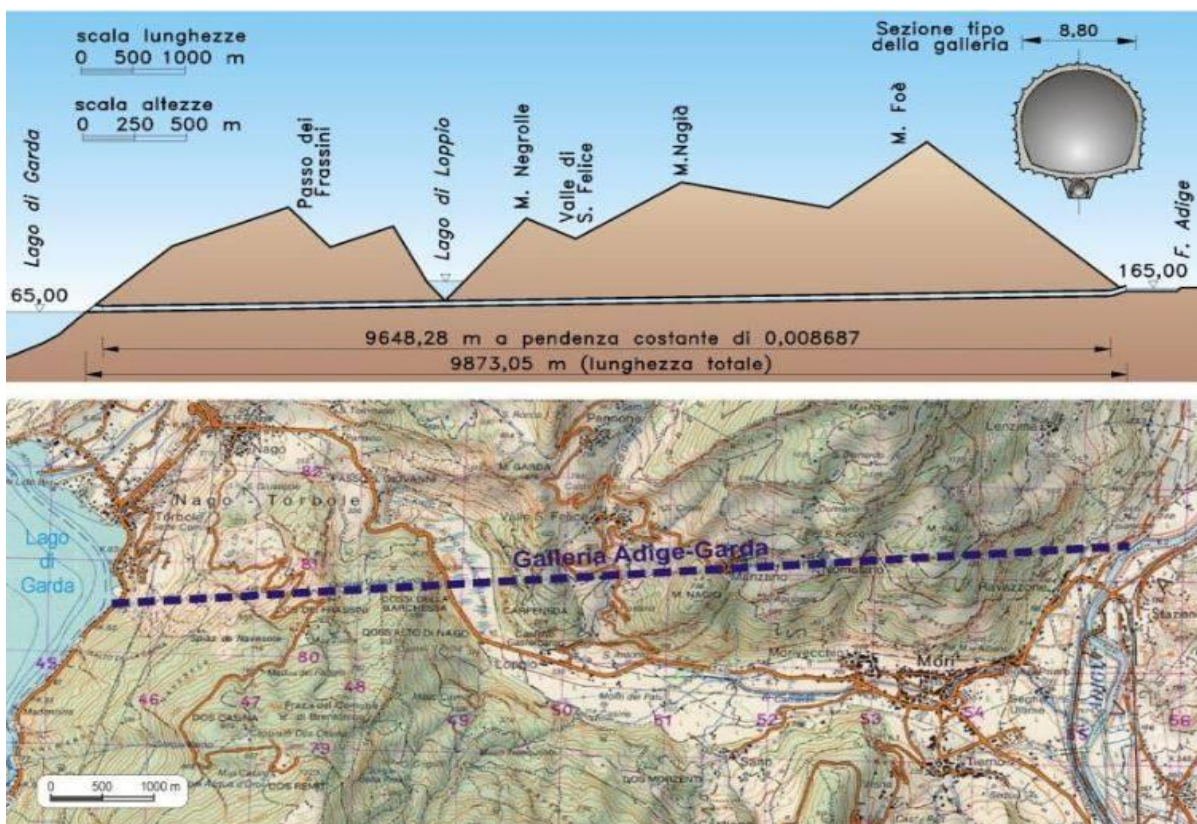
Ora scendiamo a valle. Nello stesso anno considerato, sono state nel frattempo misurate una volta al giorno le portate del fiume, in m^3/s . Si fa la media di tutte le portate giornaliere dell'anno (per es. 2,5 m^3/s) e la si moltiplica per il numero di secondi di un anno (31.536.000). Si ottiene così quanti m^3 d'acqua sono usciti dalla sezione di misura durante l'anno considerato. Ossia i deflussi D ($2,5 \times 31.536.000 = 78.840.000 \text{ m}^3$).



Il rapporto tra i due valori **D/A** ($78.840.000 / 203.215.500 = 0.39$) è il famoso **coefficiente di deflusso**, usatissimo dagli idraulici per i calcoli nei loro progetti, per dimensionare canali, ponti, gallerie. Il coefficiente di deflusso viene usato per esempio per calcolare il culmine di piena di un fiume con tempi di ritorno di 50 -100 anni. In altre parole gli idraulici fanno la previsione della portata massima del corso d'acqua che potrà capitare una volta nell'arco di 50 – 100 anni.

Stiamo però attenti: abbiamo visto dall'esempio che il nostro fiume porta a valle, in pianura, solo una parte degli afflussi meteo caduti sul suo bacino imbrifero. Generalmente meno della metà. Infatti il rapporto D/A è quasi sempre inferiore a 0.5. Nell'esempio numerico riportato in precedenza, per l'anno considerato è uscito dal bacino idrografico del nostro fiume solo il 39 % della quantità di pioggia e neve caduta.

Ma dove vanno a finire le acque di pioggia e di neve che vengono sottratte al deflusso del fiume e non escono dal bacino. Innanzitutto entra in gioco **l'evaporazione E**. Giunta al suolo, l'acqua meteo subisce l'effetto dell'evaporazione operato dal calore dell'atmosfera. L'acqua evaporata ritorna in ciclo come vapore. La quantità di E dipende evidentemente dalla temperatura dell'aria. Gli idraulici riescono a stimarla con formule empiriche conoscendo la temperatura media dell'aria e l'altezza pluviometrica.



Il canale scolmatore Adige - Garda

E poi rubacchia anche la traspirazione delle piante. È questa una importantissima funzione della vegetazione, che con le radici assorbe acqua di pioggia dal suolo e la fa evaporare attraverso le foglie, i rami, il fusto, i fiori.

Ecco, ora, entrare in gioco la geologia. E' possibile che una parte, talora abbondante, delle piogge e dell'acqua di fusione delle nevi si infilti nel sottosuolo attraverso terreni permeabili ed esca a valle sottopassando la sezione di misura della portata fluviale, sottraendosi al calcolo dei deflussi superficiali, come succede per esempio con le falde di subalveo. E' anche possibile che in certe situazioni geologiche, abbastanza comuni, entrino nel bacino idrografico, per via sotterranea, importanti portate d'acqua provenienti da bacini contigui, per esempio nei territori carsici. Questo

fenomeno produce un aumento anomalo dei deflussi del fiume, maggiori di quelli giustificabili dagli afflussi meteo locali. Ci si accorge, oltre che dagli studi geologici, anche dalla valutazione del bilancio idrologico. Un esempio chiaro di questi arrivi di portate estranee è ben noto nella valle del Brenta: all'altezza di Valstagna presso Bassano del Grappa, il fiume riceve le acque del torrente Oliero, che in piena scarica decine di m^3/s , provenienti per via sotterranea dal vicino bacino del torrente Astico attraverso il massiccio carsico dell'Altopiano di Asiago. Ricordo un bilancio idrologico che ho eseguito per una tesi di laurea di un mio studente misurando per 2 anni gli afflussi meteo sull'intero altopiano di Asiago (circa 500 km^2), afferente ai bacini idrografici dell'Astico e del Brenta, e le portate delle sorgenti carsiche della zona di Oliero – Valstagna, che sgorgano ai piedi del massiccio. Confrontando i due dati, tolta l'evapotraspirazione (circa il 50%) e in assenza completa di scorrimenti superficiali a causa dell'accentuato carsismo, si è constatato che tutte le infiltrazioni nell'altopiano, pur entrate in parte nel bacino afferente all'Astico, escono alle sorgenti sul Brenta. Madre natura rubacchia dove vuole e dove decide.

Lo insegna la geologia.

State attenti che può anche avvenire, in certi casi, che una parte degli afflussi di un bacino idrografico se ne vada per via sotterranea a contribuire ai deflussi di un altro bacino confinante. Lo

Anche l'uomo, al solito, ci può mettere il naso modificando sensibilmente i parametri del bilancio idrologico. Può per esempio derivare dal fiume, a monte della nostra sezione di misura, una certa parte di portata, per irrigare terreni su un altro bacino, o per riversare acqua entro dighe o condutture esterne attraverso gallerie. Insomma, può metterci mano in modo anche determinante. Vi ricordo la galleria Adige-Garda, lunga circa 10 km in roccia, che collega il fiume al lago: si tratta di un canale scolmatore artificiale, che in caso di piene pericolose dell'Adige riesce a laminare la portata del fiume di anche $500 \text{ m}^3/\text{s}$. Insomma l'uomo, con il suo ingegno talora malefico e talora talentuoso, è riuscito a modificare anche radicalmente i regimi fluviali: ricordo che una buona parte dell'energia elettrica del nostro paese viene prodotta lodevolmente da importanti opere idrauliche, con dighe di accumulo e centrali idroelettriche.

Dunque il nostro fiume può avere una vita agitata, tutt'altro che tranquilla.

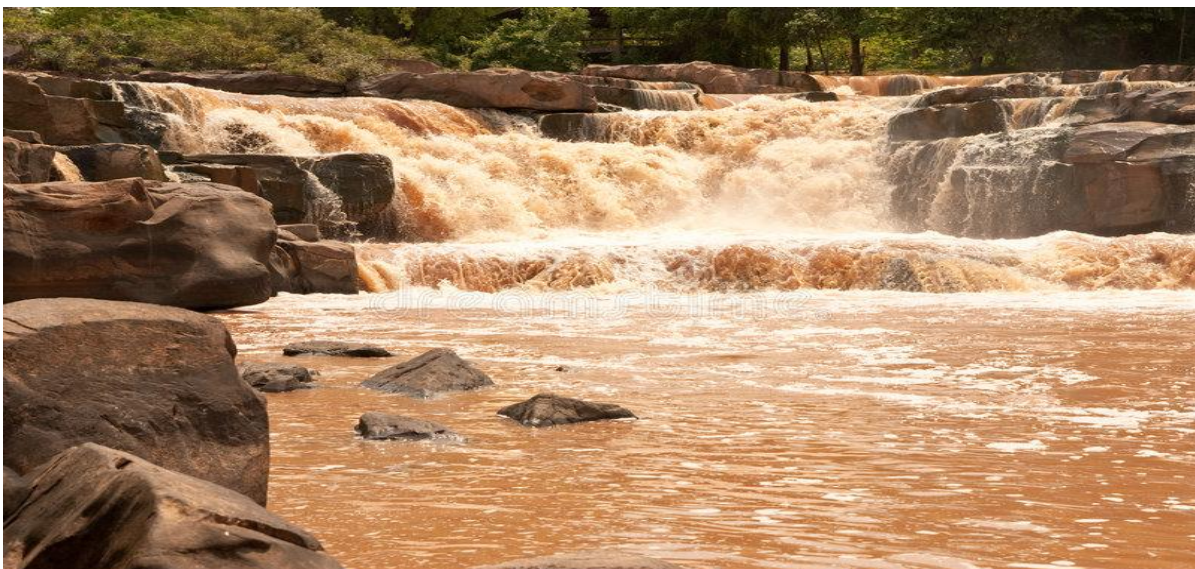
Ma la storia del fiume non è finita Considerate ora che il nostro fiume non trasporta a valle solo acqua, ma anche una certa quantità di materiali solidi, in sospensione nelle acque e per trascinamento sul fondo dell'alveo. Lo potete benissimo osservare dalla torbidità che caratterizza le sue acque soprattutto in fase di piena. La torbidità è determinata da granuli in sospensione, argille, limi, sabbie fini. Materiali che il fiume porta a mare, dove le correnti lo distribuiscono per ripascere le spiagge. **La torbidità** è un parametro variabile nel fiume, dipendendo da vari fattori. Si può facilmente misurare facendo evaporare un litro d'acqua e pesando il residuo solido. Si otterrà il valore della torbidità espresso in gr/l . Gli idraulici la misurano con strumenti chiamati torbidimetri, basati sull'assorbimento della luce attraverso l'acqua.

Il nostro bravo fiume può anche essere caratterizzato da un importante trasporto solido sul fondo del suo letto per trascinamento. In fase di piena il corso d'acqua, grazie all'energia delle sue acque, mobilita e porta a spasso sabbie, ghiaie e ciottoli, depositandoli a valle, dove la velocità dell'acqua rallenta, per la diminuita pendenza o per l'allargamento della sezione di deflusso.



Trasporto solido per trascinamento

Il materiale del trasporto solido, sia in sospensione che per trascinamento, proviene in prima analisi dall'attività di erosione operata dal fiume e dai suoi affluenti sulle sponde. Gli studi geologici, con la stesura di carte dell'erodibilità, evidenziano la posizione delle formazioni facilmente disaggregabili, franose, dove il corso d'acqua può scalzare e caricarsi. Sono facile preda dell'erosione i materiali sciolti, come i detriti di falda che ammantano i piedi dei versanti rocciosi, le morene degli antichi apparati glaciali, le coperture argillose e limose di substrati degradabili.



Trasporto solido in sospensione. Torbidità

La valutazione del trasporto solido, soprattutto grossolano, riveste particolare importanza nella progettazione di opere idrauliche che determinano lo sbarramento del fiume e quindi l'accumulo del materiale solido a monte. Per esempio nella progettazione di dighe. Se gli studi geologici evidenziano la possibilità di rilevanti erosioni e quindi di importante trasporto solido, si può provvedere a contrastare l'attività erosiva del fiume, con protezioni di sponda o deviatori di

corrente. Queste ultime sono operazioni molto delicate perchè la trattenuta del materiale può a lungo andare provocare l'erosione delle spiagge a mare.



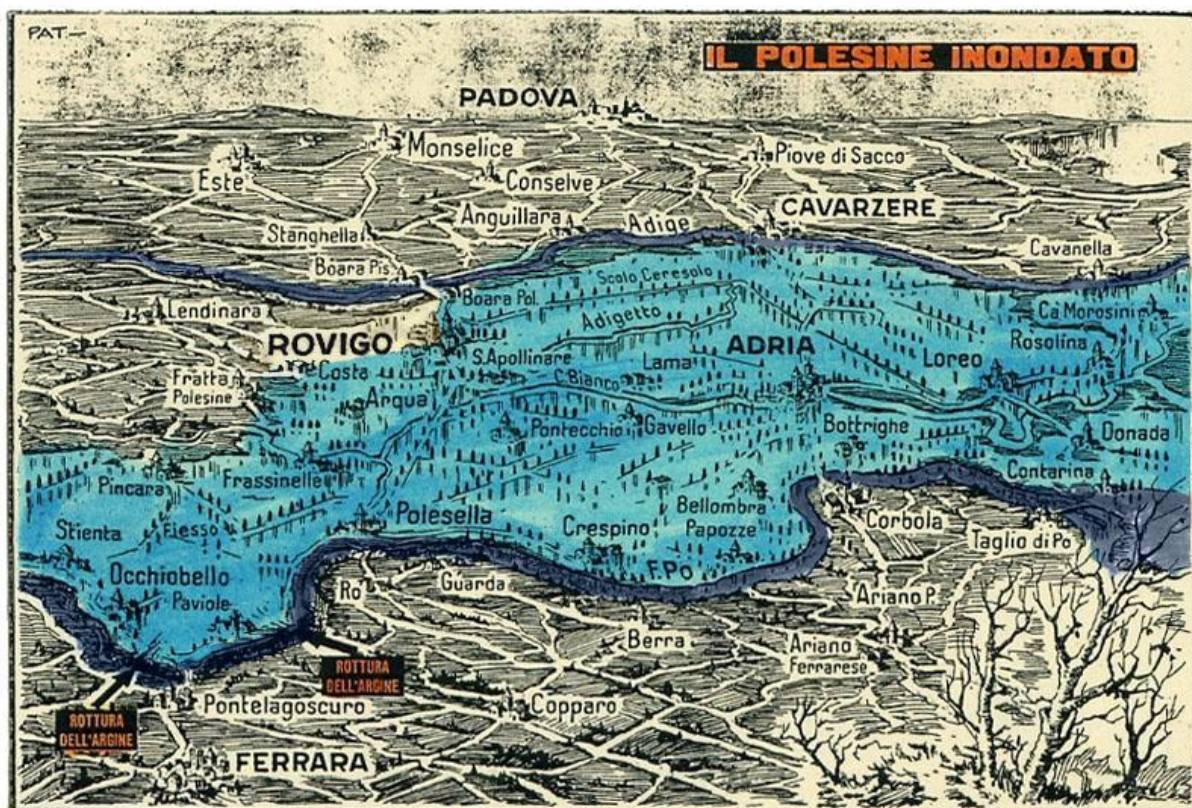
Sono noti casi di interrimento rapido di bacini sottesi da dighe per errato calcolo del trasporto solido, che ha compromesso il loro uso. Anche perché gli scarichi di fondo delle dighe raramente vengono aperti, per evitare danni a valle.

Occorre ricordare anche un altro importante problema legato al trasporto solido e allo sbarramento con dighe del corso d'acqua. Se da una parte la costruzione di impianti idroelettrici ha dato la possibilità di produrre energia elettrica pulita, rinnovabile, preziosa, dall'altro ha contribuito pesantemente all'erosione delle spiagge. Infatti gli sbarramenti del fiume bloccano il trasporto a mare dei materiali sabbiosi che servono a mantenere l'equilibrio nel regime delle correnti marine. Le spiagge, private dell'arrivo di nuova sabbia, entrano in erosione arretrando verso l'entroterra.

Se ben osserviamo, quasi tutti i litorali del nostro Adriatico sono in erosione e hanno dovuto essere protetti da scogliere, moli di massi rocciosi, repellenti e altro per impedire l'azione del mare sulle spiagge e sulle strutture litoranee, costruite stoltamente, ahimè, troppo a ridosso della linea di costa.

Le acque del nostro fiume mostrano, con analisi chimiche, di trasportare anche sostanze in soluzione. Sono generalmente cloruri, solfati, bicarbonati di Ca, Mg, Na e K, sali che le acque di pioggia hanno sciolto dalle rocce dei versanti durante la loro discesa a valle verso il letto del fiume e che lo stesso fiume raccoglie dai materiali d'alveo. Le concentrazioni sono di solito molto basse, poiché il contatto acqua /roccia è limitato nel tempo. Fanno eccezione casi particolari, come per esempio, la presenza nel bacino di estese formazioni di gessi o salgemma, che possono facilmente caricare di sali le acque per la loro elevata solubilità.

Ma la storia non è ancora finita. Da tempo il nostro fiume ha una vita piuttosto agitata. Si sente oppresso, costretto, spintonato, offeso, ferito. Non si sente più a casa sua, si sente estraneo nel suo cortile. Ma cosa è successo? Cerchiamo di capirci qualcosa.



Alluvione del Polesine 1951

La storia del nostro fiume inizia, come vi ho detto, circa 10.000 anni fa, poco più poco meno, alla fine del periodo glaciale. Un mutamento climatico, già avvenuto con le precedenti glaciazioni, determinò allora un rapido aumento della temperatura dell'atmosfera e lo scioglimento degli **immensi ghiacciai che colmavano le valli e coprivano gli altipiani. Sulla valle che via via si liberava**, il nostro fiume si costruì il suo letto, lasciando transitare le enormi portate di piena che seguirono la fusione del ghiaccio e rimuovendo e scaricando a valle le ingentissime quantità di materiali morenici che ingombravano il suo percorso. Poi si impostò un clima non esasperato, conferendo al nostro corso d'acqua il suo regime, con fasi di piena e fasi di magra. Fu un lungo periodo tranquillo per il fiume: durante le magre se ne stava quieto sul fondo valle, durante le piene aveva a disposizione un ampio territorio esteso fino ai piedi dei versanti montuosi, dove poteva espandersi, gonfiarsi e scorrere liberamente.

Poi accadde qualcosa, in tempi recenti: l'uomo scese dalle foreste dei versanti e cominciò ad occupare il fondovalle. Senza chiedere permesso entrò arrogantemente nella casa del fiume, spingendolo qua e là senza rispetto. Col tempo costruì case, fabbriche, e molti altri manufatti. Edificò ponti con luci ristrette, dove i tronchi degli alberi rischiavano di incastrarsi, costruì argini e muraglioni sulle sponde per difendere le costruzioni stringendo le sezioni di deflusso, innalzò dighe



Brenta Valstagna Alluvione 1966

e traverse modificando il regime idraulico e ostacolando il trasporto solido. Insomma ne ha fatto di tutti i colori. Il nostro fiume dapprima ha portato pazienza, ma poi non ha più sopportato queste invasioni esagerate e inopportune. Ha cominciato allora a spingere, a farsi largo, nei momenti di necessità, quando si è trovato a dover smaltire a valle portate rilevanti. E nei momenti più critici, per lasciar passare le acque provenienti da monte, è stato costretto a rioccupare la vecchia abitazione e il suo antico cortile. E necessariamente ha dovuto farlo abbattendo gli ostacoli,



Brenta Valstagna Alluvione 1966

Fortunatamente questi gravi avvenimenti non sono frequenti, ma tutti si rendono conto che oggi, ogni volta che piove un po' più del normale, qualcuno va sott'acqua per esondazione di qualche

fiume o torrente, talora con vittime e distruzioni. E allora noi gridiamo all'evento imprevedibile, alla calamità naturale. In realtà quasi sempre **c'è lo zampino dell'uomo**.

L'uomo ha escogitato vari accorgimenti per ripararsi dalle ire del fiume in piena e cercare di regimare e imbrigliare le sue acque. Ha progettato e qualche volta realizzato **dighe di laminazione delle piene** fluviali, con la funzione di immagazzinare e trattenere temporaneamente in luogo sicuro una parte della portata del fiume. Ha anche escogitato le famose **casse di espansione**, ampie zone di fondo valle dove deviare e trattenere una parte delle portate del fiume negli eventi di piena pericolosa.

E' una lotta continua.... E indovinate qual è l'ostacolo maggiore per poter saggiamente intervenire per regimare i nostri corsi d'acqua? Proprio lui, il famoso **NIMBY: not in my back yard, non nel mio cortile, mai in casa mia**. Insomma gli abitanti dei luoghi dove si dovrebbero impostare le opere di difesa si oppongono creando i comitati del NO! Il comitato dei sindaci, il comitato dei verdi, il comitato degli ambientalisti, il comitato dei pescatori, il comitato dei cacciatori, il comitato degli amanti del fiume, il comitato dei Non è più finita. Baruffe a non finire, che assai spesso trovano colorazione politica.

Speriamo che Madre Natura ci perdoni e ci risparmi...e tenga tranquilli i suoi corsi d'acqua. E speriamo anche che l'uomo rinsavisca e cominci a rispettare la casa del fiume.