

# **ALLUVIONI A SENIGALLIA**

CONSIDERAZIONI E PROPOSTE

## **IL “NODO” DEI PONTI**

DOPO IL RIFACIMENTO DI “PONTE II GIUGNO”,  
RIMANGONO PERO’ ANCORA ALTRI PONTI  
CON LE PILE CENTRALI IN ALVEO  
E/O CON L’IMPALCATO “A VIA SUPERIORE”

Ing. Arch. Arnaldo Giuseppe Fornaroli  
Via Dogana Vecchia 14 – Senigallia  
studiofornaroli@tin.it

Senigallia, 11 agosto 2023

Settima edizione *(il primo studio è stato curato fra il 1971 e il 1976)*

Ultimo aggiornamento: 11 agosto 2023

Questa relazione (un aggiornamento di quella iniziale iniziata nel 1971 e resa pubblica dopo l'alluvione del 1976) si pone lo scopo di chiarire alcuni concetti su un argomento che, purtroppo, è tornato di grande attualità dopo l'ultima, disastrosa alluvione di Senigallia del 3 maggio 2014, dopo le successive piene che hanno destato allarmi e preoccupazioni fra i cittadini, soprattutto fra quelli che abitano nelle zone più a rischio, e con il lungo "dibattito" sul rifacimento del Ponte Il Giugno, i cui lavori sono oggi finalmente conclusi.

L'obbiettivo più importante di questa relazione è dunque quello di dare un contributo per far sì che in futuro (dato che fatti del genere, in assenza di adeguate misure di prevenzione, necessariamente si riproporranno e, con ogni probabilità, sempre più frequentemente) si possa guardare al fiume senza patemi d'animo a ogni annuncio di pioggia abbondante.

L'argomento è molto complesso e richiede la convergenza di intenti da parte di molteplici competenze; in queste pagine, alcuni aspetti saranno esaminati in maniera più approfondita rispetto ad altri, per evitare sovrapposizioni ed errori di interpretazione che possono creare confusione; questo non vuol dire, però, che siano considerati secondari altri aspetti altrettanto importanti, come l'insabbiamento della foce, il deflusso verso la darsena, il problema delle vasche d'espansione ecc.

Dei vari nodi del problema connessi con il pericolo di ulteriori alluvioni, perciò, si prenderà qui dettagliatamente in esame soprattutto **la questione del "tappo" creato dai ponti nell'ultimo tratto del fiume Misa all'interno del centro abitato di Senigallia**, fornendo al lettore il risultato di valutazioni, calcoli, stime e osservazioni effettuate personalmente in più di cinquantadue anni, con il contributo di diversi colleghi e di altri esperti, ai quali va il mio ringraziamento per il loro importante contributo.



Foto n° 1: il ponte del Corso Il Giugno in occasione di una delle tante piene

# LE ALLUVIONI DI SENIGALLIA

## PREMESSA

Questa relazione (*settima “riedizione” della prima stesura, che risale al periodo 1971-1976*), vuole chiarire, come detto, i concetti principali, o almeno alcuni di essi, su un argomento tornato, purtroppo, di grandissima attualità dopo le alluvioni del 3 maggio 2014 e del 15-16 settembre 2022; questa relazione integra, riprende e sviluppa uno studio da me già eseguito e pubblicato dopo l'alluvione del 18 agosto 1976, che aveva già centrato l'obiettivo primario, e cioè il **confronto fra la portata massima accumulabile nel bacino imbrifero del Misa–Nevola e la portata massima smaltibile dal tratto canalizzato del fiume Misa**, prima del ponte della Strada Statale Adriatica n° 16.



*Foto n° 2: il ponte della S. S. Adriatica n° 16, a Senigallia, durante una piena*

La sezione di riferimento in quella posizione fu allora motivata sia dal fatto che nell'agosto 1976 si era avuto uno straripamento del canale dalla riva destra del corso d'acqua verso il Foro Annonario, a causa anche della curva verso sinistra del fiume, sia dalla quantità di dati a mia disposizione nel tratto di canale fra il Ponte del Corso e il Ponte della Statale.

Inoltre, avendo abitato fin dal 1951, anche se non continuamente, nell'edificio dei miei genitori con sette finestre affacciantesi sopra il tratto del canale che va dal "Ponte Il Giugno" (detto anche "Ponte del Corso") al "Ponte Perilli" (detto anche "Ponte della Nazionale"), mi è sempre stato possibile tenere "comodamente" sotto osservazione il fiume in numerose occasioni (*secche, morbide e piene*), già a partire dall'alluvione del 1955.

Dal 1971 ho avuto, e ho tuttora, a disposizione anche le finestre dell'ufficio e, dal 1977, anche le finestre della mia attuale abitazione; un... "osservatorio diretto", quindi, che mi ha dato la possibilità di avere molti e comodi punti di riferimento per varie misurazioni di velocità dell'acqua in diverse situazioni e con diverse strumentazioni ed acquisire negli anni una capacità di correlare i vari dati raccolti anche in maniera immediata e intuitiva, prima di passare alla fase più scientifica di calcolo e analisi numerico-quantitativa e quindi a una stima attendibile delle portate.

Le osservazioni dirette, le misurazioni e le considerazioni eseguite negli ultimi sessanta anni hanno dimostrato che l'ostacolo del "ponte della Nazionale" è paragonabile a quello degli altri tre ponti cittadini (*Ponte del Corso, Ponte del Duomo e Ponte Portone o Ponte dello Stradone Misa*) che lo precedono, anche se i recenti lavori di scavo hanno migliorato la situazione di quest'ultimo (*Ponte Portone o Ponte dello Stradone Misa*), del resto già a campata unica, ma purtroppo lasciato, con troppa leggerezza, "a via superiore".

Anche il "ponte della Ferrovia", strutturalmente diverso dai precedenti, è un ostacolo al deflusso delle acque paragonabile agli altri ponti suddetti: infatti, sebbene abbia l'intradosso delle travi leggermente più alto, ha però le pile più larghe, per cui la "sezione libera" per il passaggio dell'acqua non cambia di molto; si è dimostrato comunque che, durante le alluvioni, l'acqua che è passata strisciando con difficoltà sotto l'intradosso delle travi del "Ponte Perilli" ("Ponte della Nazionale"), passa poi comodamente sotto quello della ferrovia senza toccare l'intradosso delle sue travi di ferro e senza ormai depositare tronchi, rami e quant'altro contro le pile, come capita invece, soprattutto, in corrispondenza del "Ponte Garibaldi" ("Ponte del Duomo") e del "Ponte Il Giugno" ("Ponte del Corso") e, anche se in misura minore, anche in corrispondenza del "Ponte Perilli" (o "Ponte della Nazionale").

Al restringimento dei ponti, pesantemente aggravato dal deposito di materiali alluvionali a destra e a sinistra delle loro pile e in corrispondenza degli intradossi degli impalcati, tutti costruiti, con un'obsoleta impostazione progettuale, "a via superiore", si aggiunge l'ostacolo creato dal successivo restringimento delle sponde del vecchio porto-canale, che, dopo il "ponte della Ferrovia", passa da una larghezza di più di trenta metri (*fra il "ponte del Duomo" e il "ponte della Nazionale"*) a una larghezza di soli 22 metri, per poi riallargarsi in corrispondenza della foce del vecchio porto-canale.

Sopperiva, almeno in parte, a questo restringimento la provvidenziale apertura verso la darsena che funzionava, in occasione delle piene, da sfogo assimilabile a uno "stramazzo" laterale; tale contributo è però venuto meno, inspiegabilmente, durante gli ultimi lavori del nuovo porto; attualmente tale restringimento è paragonabile a quello creato dalle pile dei ponti oberate da materiale di deposito (*problema evidenziato nella foto n. 3 delle due foto del ponte di Santo Stefano Belbo, in provincia di Cuneo, riportate nella pagina seguente*).

Nella presente relazione, aggiornata al giorno 11 agosto 2023, si è fatto tesoro di tutti i contributi dei dati che ho potuto rilevare in prima persona dal 1971 a oggi e, in precedenza, di quelli rilevati dal geometra Fioravante Fornaroli, mio padre, dal suo collega geometra Renato Bassi, entrambi funzionari dell'Ufficio Idrografico del Genio Civile di Bologna, guidati dall'ingegnere-capo Nisi.

Lo studio originario fu presentato in una pubblica assemblea nella primavera del 1977 nell'Aula Magna dell'Istituto Tecnico Corinaldesi di Senigallia, alla presenza di numerosi studenti e cittadini (*circa 400 persone*); l'evento riscosse fra i presenti moltissimo interesse perché, per la prima volta, si parlava di fatti e di numeri precisi; completamente assente, purtroppo, l'Amministrazione Comunale di allora, nonostante fosse stata invitata a partecipare.

Dal 1971 al 2020 la relazione è stata ampliata e affinata con un paziente lavoro durato 52 anni, durante i quali essa è stata integrata con altri dati e argomentazioni dovuti al contributo di numerosi specialisti che hanno portato la loro competenza ed esperienza in relazione ai singoli aspetti del **problema "alluvione", molto complesso e dalle mille sfaccettature.**

Preziosa, soprattutto all'inizio, la collaborazione con i tecnici dell'Ufficio Idrografico del Genio Civile di Bologna (*dove, come detto, lavorava mio padre*), ma anche quella dei vari "guardiani idraulici" locali, il cui aiuto, di concetto e materiale, è stato fondamentale negli anni Settanta per eseguire frequenti e numerose misurazioni di velocità (*e quindi di portata*

*Foto n° 3: materiale accatastato contro la pila in alveo del vecchio ponte sul torrente Belbo, a Santo Stefano Belbo (CN), durante la piena del 1994*



*Foto n° 4: il nuovo ponte sul torrente Belbo, a Santo Stefano Belbo (CN), ricostruito finalmente a campata unica dopo la disastrosa alluvione del 1994*

di piene, morbide e magre) non solo sui nostri fiumi (*Misa e Nevola*), ma anche sugli altri fiumi marchigiani, dato che all'epoca, prima dell'istituzione delle Regioni, l'ufficio emiliano era competente per un vasto territorio compreso fra il Po e l'Appennino, a partire dal fiume Parma, a nord-ovest, e fino al fiume Tronto, a sud-est.

I fiumi di questo tratto sono innumerevoli, per cui si sono rivelati preziosi gli insegnamenti di altri tecnici dell'Ufficio Idrografico di Bologna, colleghi di mio padre, che mi hanno permesso, riportandomi le considerazioni fatte da loro stessi (*sentito il parere di ingegneri, geologi, geometri e agricoltori locali, per le valutazioni di portate di altri bacini*), di affinare i criteri di scelta dei vari coefficienti poi assunti per la valutazione della portata massima di acqua del "bacino imbrifero" del Misa e del Nevola, di cui si tratterà più avanti nel dettaglio.

In questa relazione si approfondirà soprattutto la complessa questione del "tappo finale" presente nel fiume Misa, cioè dell'ostacolo che la piena trova nel tratto finale del fiume, tratto canalizzato da secoli, ostacolo costituito dai cinque (*da oggi finalmente "soltanto" quattro!*) ponti cittadini ancora con le pile in alveo e/o a via superiore e dal restringimento delle sponde del vecchio porto canale, dopo il ponte della ferrovia.

Gli ultimi eventi di fine 2014, di inizio 2015 e del 15-16 settembre 2022, hanno portato ulteriori dati e arricchimenti molto utili per affrontare il problema in tutte le sue sfaccettature, soprattutto per quanto riguarda l'ostacolo al deflusso delle acque nell'ultimo tratto per effetto anche delle mareggiate.

I dati che arrivano e che arriveranno, sottoposti a un attento approfondimento e vaglio e con le relative considerazioni, saranno riportati in ulteriori aggiornamenti e approfondimenti di questa relazione, in sue future rielaborazioni aggiornate.

Un ringraziamento inoltre a tutte quelle persone che, a vario titolo, hanno contribuito a questo lavoro; fra questi (*in ordine alfabetico*) molti agronomi, diversi architetti, molti contadini, molti geologi, diversi geometri, molti ingegneri e qualche rarissimo amministratore.

Un ringraziamento anche a mio figlio, architetto Roberto Fornaroli, che ha corretto le "bozze", dando un filo logico a tutti i discorsi che io ho affrontato e aggiunto in questi 52 anni, non sempre in maniera organica e a volte in maniera forse poco comprensibile, soprattutto per i non addetti ai lavori.

Un grazie anticipato infine a chi avrà la pazienza di leggere questa relazione fino alla fine.

# ARGOMENTI DI RIFLESSIONE

**Oggi, dopo cinquantadue anni di studi**, di osservazioni, di misurazioni, di stime e di deduzioni, di riletture e di riflessioni su altre alluvioni (*soprattutto di riflessioni sulle cronache della tragica alluvione del Polesine del 1951, di quella di Alessandria del 1994 e sulle vicende dei ponti sul tratto finale dell'Arno, a Pisa*) e sulla scorta delle numerose conferenze e dei moltissimi incontri che si sono succeduti dopo il 3 maggio 2014, grazie anche all'apprezzabile contributo dei vari Comitati Cittadini di Alluvionati, del proficuo scambio di idee con specialisti del settore come il Prof. Renzo Rosso del Politecnico di Milano, il Prof. Ing. Marco Petrangeli, dei numerosi incontri presso la sede di "Confluenze", dove hanno dato il loro contributo diversi ingegneri, geologi, agronomi, architetti, e grazie all'attenta e circostanziata relazione del Prof. Roberto Mancini, Presidente della Commissione Comunale, **è ormai chiarissimo che non** si deve pensare in un'unica direzione né, tanto meno, ritenere che possa **esistere un "rimedio" unico** e, peggio ancora, che questo possa essere **localizzato in un solo punto del corso del fiume**.

Le recenti alluvioni hanno infatti dimostrato che **i punti di criticità sono molteplici**: i terreni in campagna (*per diversi motivi che saranno citati più avanti*) non "trattengono" più l'acqua "come una volta"; i fossi dell'entroterra esondano; gli argini in terra in campagna (2014) si rompono, come si rompono gli argini in muratura in città (1940); i moli non hanno dimensioni adeguate (*sia in lunghezza, sia in larghezza, sia in altezza*); ormai, negli ultimi anni, il livello del fiume alla foce si alza improvvisamente e pericolosamente non solo per piene straordinarie, come quelle del 3 maggio 2014 e del 15-16 settembre 2022, ma anche per piene ordinarie, come quelle, fra le altre, delle notti fra il 12 e il 13 febbraio 2015, che hanno convogliato sotto i ponti cittadini portate limitate (*da me misurate e stimate intorno ai 250 metri cubi d'acqua al secondo*) ma già sufficienti per alzare il livello del fiume sino all'intradosso delle vecchie travi dei ponti, a causa della violenta concomitante mareggiata che rallentava il deflusso del fiume nel suo ultimo tratto.

**È quindi assolutamente necessario intervenire in maniera programmata e coordinata**, articolando la soluzione con diverse metodologie ragionate e progettate con grande competenza e umiltà, da gruppi di esperti dei vari settori, nel pieno rispetto dell'ambiente naturale, dell'ambiente costruito, di tutte le attività sparse sul territorio e, soprattutto, della vita di tutti i cittadini che abitano o che lavorano in zone a rischio alluvione.

Le risoluzioni che si dovranno intraprendere non potranno inoltre essere un rimedio

che metta a repentaglio la sicurezza locale di una zona per salvaguardarne un'altra, perseguendo l'idea del male minore, ma devono far parte di una serie di provvedimenti differenziati su tutto il territorio, rivolti a un unico bene comune, senza chiedere sacrifici a alcuni cittadini a vantaggio di altri, ma anzi è necessario studiare provvedimenti che siano utili in più direzioni, risolvendo sì problemi contingenti a breve termine, ma nell'ottica di una politica sul territorio, condivisibile da tutti, di lungo termine.

**Ogni piccolo intervento di oggi deve essere una tessera di un ragionato mosaico.**

Per chiarire quanto detto cerchiamo di entrare maggiormente nel dettaglio.

In sintesi, iniziando da monte e andando verso il mare (*senza volere dare al seguente elenco un ordine d'importanza*), si tratta di porsi degli obiettivi chiari e diversificati, e cioè

**in campagna** occorre:

❖ **promuovere una saggia politica agraria**, che operi in modo tale da trattenere il più possibile (*sia come durata, sia come quantità*) l'acqua piovana sia nei campi sia, soprattutto, sotto di essi, per ottenere contestualmente il duplice scopo di aumentare i "tempi di corrivazione" e di migliorare, tra l'altro in maniera del tutto naturale, la fertilità dei nostri campi che, non dobbiamo dimenticare, negli anni 2001, 2003, 2007 e anche in anni più recenti, sono stati soggetti a forti siccità; interessarsi e preoccuparsi contemporaneamente di alluvione e siccità è solo apparentemente contraddittorio;

❖ **rendere più sicuri gli argini naturali**: la sicurezza degli argini nel tratto extraurbano è ovviamente argomento importantissimo che merita di essere affrontato in una relazione dedicata esclusivamente a questo problema da esperti del settore; gli interventi sugli argini non devono essere visti come una semplice necessità di convogliare l'acqua più a valle nel tempo più breve possibile, ma anzi, unitamente agli interventi di cui al punto precedente e agli interventi di cui al punto seguente, devono ottenere lo scopo di mitigare a valle i picchi di piena e i periodi di magra in modo da tornare ad avere, in città, un fiume–canale con andamento meno torrentizio possibile, un fiume su cui fare affidamento e non un canale poco funzionale di cui avere paura, per motivi diversi, sia per la troppa che per la troppo poca acqua;

❖ **regolare la vegetazione all'interno e sugli argini** con una oculata rimozione di elementi naturali e artificiali, ove questi si dimostrino dannosi per la formazione di improprie dighe naturali, oppure per la formazione di gorghi che possano erodere gli argini, mantenendo però la vegetazione necessaria per la vita del fiume in modo che in occasione di piene la velocità dell'acqua non acquisti valori eccessivi portando picchi di

piena alla foce nel tratto canalizzato del fiume all'interno del centro urbano di Senigallia; è necessario utilizzare e valorizzare una pulizia che deve essere continua e sapiente (anche con opportune norme di legge che snelliscano le pratiche di pulitura);

❖ **creare**, come “ultima ratio”, **le vasche di espansione** in una zona rurale a monte di Senigallia, può sicuramente dare maggiore sicurezza al centro urbano; la cosa può anche essere presa in considerazione, purché queste vasche d'espansione non creino situazioni di pericolo, né nelle zone in cui vengono realizzate né subito “a monte” e/o “a valle” di queste zone; in alcuni fiumi dell'Emilia Romagna nella provincia di Forlì-Cesena ho avuto modo di visitare alcune realizzazioni sia a fianco del corso del fiume, sia all'interno dello stesso fiume, sfruttando aree all'interno di anse del corso d'acqua; una cosa simile è stata realizzata in Germania lungo il corso del Danubio dove nell'ottobre 2015 ho scattato la foto seguente (in località Kelheim, in Baviera, non lontano da Regensburg, Ratisbona per chi preferisce la versione italiana del nome); qui è stato tolto del tutto l'argine interno in modo che quando il livello dell'acqua sale durante le piene il fiume si può espandere lateralmente scorrendo all'interno di una sezione molto ampia e quindi, a parità di portata con una velocità più bassa di quella che avrebbe se fosse costretto a scorrere in un ambito molto ristretto; abbassare la velocità



*Foto n° 5: un'ansa del Danubio, come tante altre, senza argine interno, in modo tale da potersi espandere lateralmente in caso di piene*

dell'acqua (*ma allargando la sezione, ovviamente*) durante le piene è un obiettivo da perseguire per poter dare più tempo al fiume per smaltire i picchi di portata massima; l'eliminazione dell'argine ovviamente deve avvenire in zone dove si conosce con esattezza la morfologia del terreno circostante e quindi dove arriverà l'acqua in modo del tutto naturale e dove poi, in modo altrettanto naturale, l'acqua si ritirerà automaticamente nell'alveo quando, a monte, il bacino imbrifero non sarà più alimentato dalle piogge eccezionali che hanno creato l'ondata di piena; **in sostanza ogni ansa può diventare una sorta di vasca d'espansione; tante piccole vasche d'espansione lungo il corso del fiume sono sicuramente meno pericolose di un unico intervento artificiale concentrato in un solo punto. L'ultima alluvione ha dimostrato in modo tragico che una vasca di espansione a Bettolle non avrebbe salvato i morti di Pianello.**

**In città** occorre invece:

❖ **tenere assolutamente pulito il letto del corso d'acqua, nel suo tratto già canalizzato, da ogni ostacolo naturale e artificiale che si è formato in maniera impropria sul fondo;** si tratta quindi di rimuovere in maniera drastica, radicale e definitiva tutti i depositi di ghiaie e terra, i canneti che crescono su di essi; un'operazione del genere è stata parzialmente effettuata alla fine del 2015 e all'inizio del 2016; in maniera analoga a quanto effettuato per il tratto fra il ponte Garibaldi e quello dello stradone Misa, occorre sistemare anche il fondo del tratto dopo il ponte Garibaldi con canalette di dimensioni tali da garantire, anche in periodo di magra, lo scorrimento dell'acqua con velocità superiori a quella di sedimentazione, in modo da non fare depositare più di quanto non può essere comodamente e naturalmente rimosso in occasione della prima morbida; l'obiettivo deve essere quello di avere una "sezione di smaltimento" il più grande possibile, con "coefficienti di scabrezza" il più bassi possibile, tali che ogni sezione sia in grado di "auto-mantenersi" idraulicamente efficiente; interessantissimo sarebbe poi dedicare tempo ed energie intellettuali sulle possibili utilizzazioni del letto, così sistemato, durante le varie stagioni dell'anno; ma questo argomento, sebbene molto stimolante, esula dai limiti di questa relazione e l'addentrarsi nelle innumerevoli argomentazioni rischierebbe di far perdere il filo del discorso principale;

❖ **mantenere gli argini in muratura in perfetta efficienza;** è necessaria un'attenta revisione degli attuali argini in muratura, costruiti ormai circa cento anni fa e

che oggi presentano varie e preoccupanti lesioni; all'interno di queste dislocazioni nascono erbacce che disgregano ulteriormente la malta cementizia fra mattone e mattone; particolarmente pericoloso il tratto all'esterno della curva del fiume fra il "ponte del Corso" e il "ponte della Nazionale", in prossimità del Foro Annonario: qui la spinta dell'acqua trova infatti un argine disposto, necessariamente, nel senso contrario a quello che dovrebbe avere una struttura ad arco in muratura con funzione di diga; la conformazione dell'argine porta necessariamente, durante le piene, a un graduale "allentamento" della muratura di cui è costituito, muratura che, per sua natura, non sopporta gli sforzi di trazione in essa indotti dall'acqua in occasione delle piene.

La situazione paventata si è già verificata in passato nel tratto in prossimità di Largo Boito, alla fine di via XX settembre, durante l'alluvione del 1940; in quel tratto, infatti, la curva del fiume è a destra, per cui il lato esterno alla curva è quello a nord-ovest (*verso via Verdi*); vedi foto a piè di pagina;

❖ **eliminare il "tappo" finale**, progettando un canale che sia, allo stesso tempo, idraulicamente efficiente e architettonicamente gradevole, **costruendo ponti "a una sola luce" e "a via inferiore"**, **dragando** sistematicamente l'ultimo tratto della foce, **aumentando in altezza come detto più sopra**, nel tratto più stretto del vecchio porto canale (*dal ponte della ferrovia all'inizio della spiaggia*) **la sezione idraulica** di smaltimento delle piene maggiori e valutando la possibilità di **ripristinare** in qualche modo **gli sfoghi laterali** che sono venuti a mancare a seguito di interventi poco ragionati.



*Foto n° 6: 1940, Senigallia, via XX settembre; argine del fiume Misa che ha ceduto in occasione della piena del 1940, con conseguente alluvione*

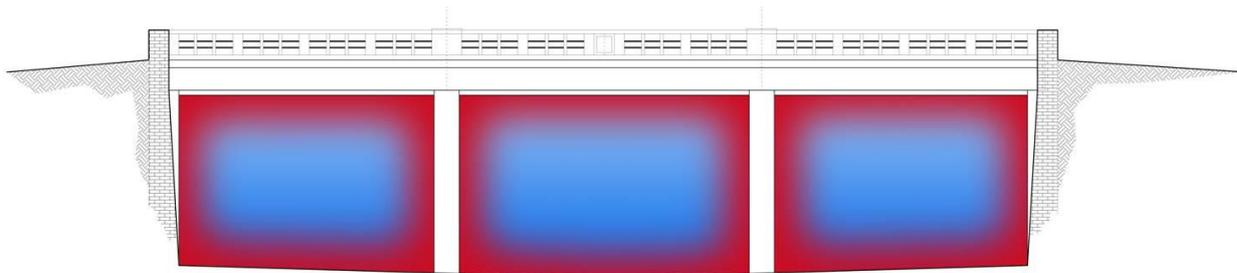


Figure nn° 7 e 8:  
 il “contorno bagnato” (in rosso) e la “sezione libera di passaggio” (in blu)  
 in caso di ponte a tre campate, con le pile in alveo,  
 e nel caso di ponte a campata unica, senza pile in alveo

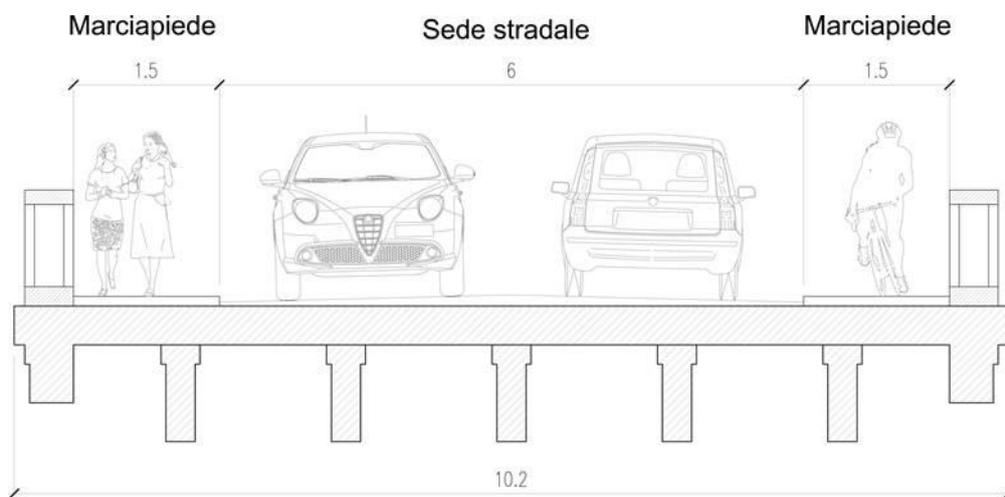
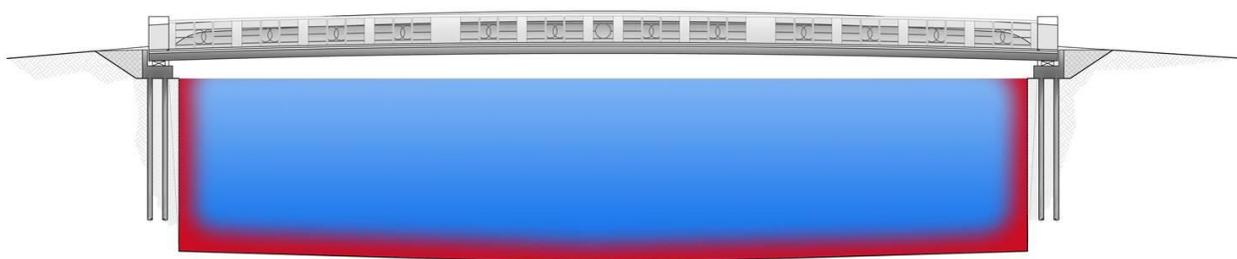
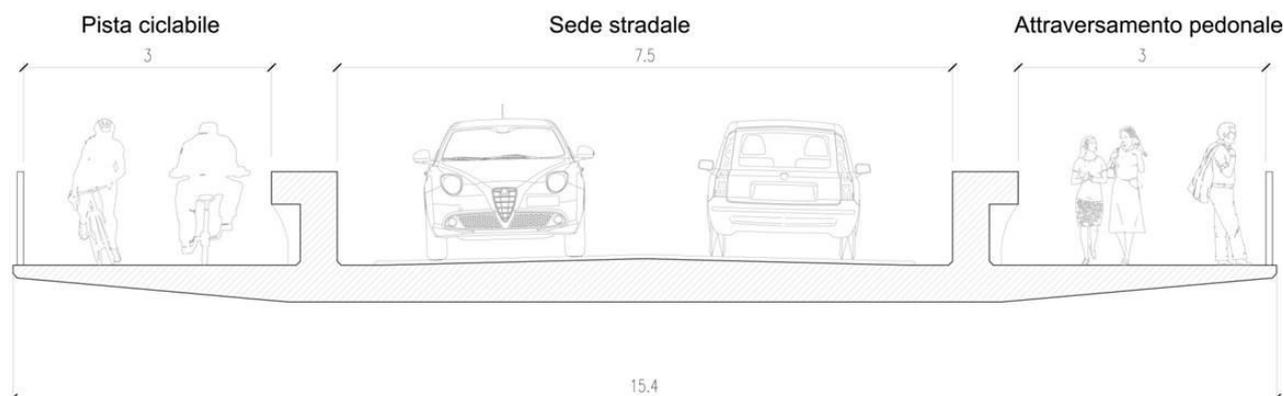


Figure nn° 9 e 10:  
 sezione di ponte “a via superiore” (con le travi sotto al piano viabile), sopra,  
 e sezione di ponte “a via inferiore” (con le travi “estradosate”), sotto



# IL BACINO IMBRIFERO MISA-NEVOLA

L'acqua che abbiamo visto invadere disastrosamente Senigallia **sabato 3 maggio 2014** è quella raccolta dal bacino imbrifero del fiume Misa, del suo affluente principale (*il fiume Nevola*), e anche di tutti i loro fossi affluenti.

In altre occasioni, anche altri fossi minori che sfociano direttamente al mare (*come ad esempio il fosso Morignano e il fosso di Sant'Angelo, a sud del centro di Senigallia, e il fosso Fontenuovo, a nord del centro di Senigallia*), in maniera "autonoma", avevano già procurato danni a parti della città.

Prima di affrontare l'argomento principale, mi piace elencare al lettore i corsi d'acqua che contribuiscono a portare acqua nel centro di Senigallia; i più sono noti a molti, ma sono convinto che la maggior parte delle persone che pure abitano in questo comprensorio si meraviglieranno dell'esistenza di una tale moltitudine e miriade di corsi d'acqua a monte di Senigallia.

Si tratta di un elenco dato solo a titolo informativo che non aggiunge nulla alla parte formativa della relazione, per cui lo stesso può essere omesso dalla lettura.

Fra **i principali fossi** direttamente **affluenti del Misa e del Nevola**, percorrendo il territorio in senso orario, partendo da Sant'Angelo e arrivando, il più ordinatamente possibile, a Scapezzano, ricordiamo:

- il **fosso dell'Inferno**, che scende da dietro Sant'Angelo, affluente del **fosso del Crocifisso**, che sbocca nel Misa subito a monte della frazione Vallone; si tratta di due fossi con bacini non molto ampi, ma caratterizzati da versanti con pendenze elevate e quindi con tempi di corrivazione molto brevi; in passato la zona era nota per la presenza di una pista di motocross che si avvaleva della caratteristica morfologica della zona per ricavare un circuito con forti pendenze;

- il **fosso del Cavallo Montirone** con due rami che scendono rispettivamente da Monte Solazzi, dove c'è il bivio per San Silvestro, e dal Molino del Filetto, in località Grottino, e passa sotto l'Arcevese, subito a valle della frazione Bettollelle;

- altri **fossi minori** fra Bettollelle e Pongelli provenienti dal crinale che va da Filetto a Ostra sino a Villa Mei, sul "curvone" della "lunga" fra Ostra e Belvedere; in questo tratto il crinale dello spartiacque è piuttosto vicino al Misa; al di là di esso, a sud-est, i fossi alimentano il torrente Triponzio, il fosso della Pieve e il fosso del Bastaro, confluenti nel fosso Granita, tutti affluenti dell'Esino;

- il **fosso di Montileo** che nasce dietro Villa Mei per poi confluire nel Misa sotto la frazione Vaccarile;

- i **fossi del Cupo delle Lame** che scende fra Montecarotto e Serra de' Conti per confluire nel più noto **fosso di San Fortunato** che sfocia nel Misa nei pressi della località archeologica "Muracce"; questi due fossi, insieme, hanno un bacino molto esteso dato che lo spartiacque si trova fra Monte Murello e Montecarotto in una zona dove il bacino Misa-Nevola è più largo; da qui al crinale opposto, in prossimità di Castelleone di Suasa, ci sono più di tredici chilometri, mentre per arrivare all'Esino ci sono solo tre chilometri e solo sei chilometri è la larghezza del nostro bacino fra Sant'Angelo e Scapezzano;

- il **fosso di San Martino** con bacino piuttosto piccolo prima di Serra de' Conti;

- il **torrente Caffarelli** (*a monte di Serra de' Conti*) che sfocia nel Misa fra Osteria e Fornace Trevi con il suo complesso reticolo di fossi affluenti che vanno dai fossi del Bucaro, della Sparacchiara e il fosso della Fonte Vecchia, subito a monte di Montecarotto, che nascono in prossimità della Fonte del Coppo, in località Bacucco, non lontano da Poggio San Marcello; i fossi Spolettini e Tagliata che scendono da località Tassanare, Madonna del Bosco e Santa Maria del Monte a metà strada fra Montecarotto e Mergo; i fossi di Fugliano e del Fossato che scendono da Avacelli; il fosso dell'Acquaviva che nasce sotto la frazione Colle di Corte e passa sotto Castiglioni;

- a sud-est di Arcevia il **fosso dell'Acquasanta** che nasce da Fonte Vecchia, in prossimità della frazione di San Donnino dove nel 1911 sono state costruite le opere di captazione per l'acquedotto di Barbara e Ostra Vetere; con il fosso dell'Acquasanta i suoi principali affluenti: il **fosso del Granaro** che a sua volta raccoglie l'acqua dei versanti di Colle Ameno (*793 m slmm*) in località Piano di Rocchetta e Rocchetta Alta;

- il fosso che scende dai versanti dei monti della Croce (665 m slmm) e della Guardia (668 m slmm) e che presso Magnadorsa, dopo avere ricevuto le acque di un altro fosso che scende dalle Conce, inizia a prendere il nome di Fiume Misa;

- il **fosso delle Grazie** che nasce a monte di Santo Stefano e Certopiano, passa sotto Arcevia per scorrere a lungo sotto il crinale delle frazioni di Arcevia, Piticchio e Montale e che, dopo aver ricevuto un affluente proveniente da Montefortino di Arcevia, prende il nome di **Torrente Acquaviva** per poi gettarsi nel Nevola fra Castelleone di Suasa e Barbara;

- il **fosso delle Ripe** che nasce fra Montale e Piticchio e che sbocca nel Nevola subito dopo il torrente Acquaviva, in prossimità del confine fra i comuni di Barbara ed Ostra Vetere.

Prima di spostarci definitivamente sul Nevola, ritorniamo al Misa con i suoi affluenti di

sinistra; dunque, ripartendo da Montale di Arcevia:

- il **fosso delle Mogliette** che nasce da Montale, costeggia l'Arceviense, riceve l'acqua della fonte Verdancia, l'acqua Purgativa in prossimità del bivio dell'arceviense fra Arcevia e Serra de'Conti, l'acqua del fosso Castellaro e si immette nel Misa sotto Barbara;

- il **fosso della Rota** che segna il confine fra i comuni di Barbara e Ostra Vetere;

- il **fosso del Pezzolo** che scende da Ostra Vetere con due diramazioni: una da sotto il vecchio campo sportivo e una sotto il vecchio lavatoio, per poi sfociare nel Misa insieme al Fosso della Rota;

- il **fosso** detto il **Vallone** che scende sempre da Ostra Vetere dalle Fonti d'Amico in prossimità della "Croce dei Frati" del convento di San Pasquale, scorrendo fra le frazioni Montale di Ostra Vetere, Monteduccio, Pellingara, Castagna e Selve, per poi entrare nel Misa a valle della frazione Pongelli, in località Cona, sotto la frazione Vaccarile;

- altri **fossi minori** che scendono al Misa in prossimità del Pianello di Ostra dal crinale che da Ostra Vetere, attraverso San Vito, degrada verso la confluenza Misa-Nevola nei pressi di Brugnetto, Casine e Passo Ripe; questi fossi, seppure minori, non vanno però trascurati perché hanno un dislivello notevole e partono da colline anche piuttosto alte, almeno rispetto al territorio circostante, come San Gregorio (202 mslmm); inoltre alcuni sono stati oggetti di interventi pubblici e privati poco oculati e oggetto di carente manutenzione;

Ritorniamo sull'alto corso del Nevola per poi arrivare al tratto finale del Misa con i suoi ultimi affluenti di sinistra; dunque, ripartendo dal punto più lontano dal mare:

- il **torrente di San Lorenzino** che nasce fra Cabernardi e Santo Stefano di Arcevia, scorre sotto Caudino e Palazzo e, dopo essere passato fra Loretello e Ripalta, prende prima il nome di torrente Fenella e poi il nome di fiume Nevola;

- il **fosso della Volpara** che scende dal crinale dello spartiacque principale Castelleone – Monterado che segna il confine fra il nostro bacino e quello del fiume Cesano, ma a ovest del crinale che scende dalla collina Croce del Termine (271 m slmm), raccogliendo le acque della località Santa Lucia;

- il **fosso della Casalta** che sfocia nel Nevola in località Acqualagna, a monte dei Piani d'Appresso, all'incrocio fra i comuni di Castelleone, Barbara, Ostra Vetere e Corinaldo;

- il **fosso di Boccalupo** che scende fra la Croce del Termine e le località di Santa

Maria, San Vito, San Benedetto, San Bartolo e San Vincenzo che, più a valle, prende il nome di fosso della Selva Grande, tutto in territorio di Corinaldo, che sfocia nel Nevola sotto la località Guinzano di Ostra Vetere;

- il **fosso di Montorio** e il **fosso della Valle** che scendono a sinistra e a destra di Corinaldo per immettersi nel Nevola rispettivamente in località Molino Nevola e San Domenico;

- il **fosso della Tomba**, dotato di un bacino piuttosto ampio, che scende dal crinale fra Santa Apollonia di Corinaldo e Monterado e che, dopo avere ricevuto le acque del Vallisce provenienti dal centro di Ripe, si immette nel Nevola in località Ponte Lucerta;

- il **fosso San Bastiano** che nasce alla Croce di Castel Colonna, passa a est di Castel Colonna e Ripe, riceve le acque del fosso Porcozzone e si immette nel Nevola nei pressi di Passo Ripe;

Siamo ormai arrivati alla confluenza fra Misa e Nevola.

- il piccolo **fosso dei Gamberi**, sopra Brugnetto che si immette nel Misa, subito a valle della confluenza con il Nevola;

- il **fosso delle Balze**, che si unisce con il fosso Rupoli, nasce dal crinale di Scapezzano-Monterado, a ovest della Croce di Castel Colonna e a est di Scapezzano, prende poi il nome di fosso di Sant'Antonio, riceve le acque del fosso di Sambuco e del fosso del Giannino, passa sotto la Corinaldese dopo Villa Marazzana e, dopo un tratto pianeggiante, si immette nel Misa in prossimità del km 6,700 dell'Arcevese;

- il **fosso dei Prati Baviera** nasce dal crinale a est di Roncitelli e a ovest di Scapezzano, riceve le acque del fosso del Soccorso e del fosso Peschiera e poi, insieme, passano sotto la Corinaldese nei pressi della frazione Cannella e si immettono nel Misa nei pressi della bretella stradale, strada della Chiusa, fra Cannella e Vallone;

- a est del Borgo del Galluzzo, da località Montebianco, scende anche il **fosso delle Grazie**, a sud dell'omonimo Cimitero Monumentale di Senigallia, per andare a immettersi nel Misa, non lontano dalla chiesetta di Borgo Bicchia;

- un altro **piccolo fosso** scende a nord di villa Bellegarde, a sud della collina del Rosciolo, per andare nel Misa in corrispondenza della frazione di Borgo Molino.

Alcuni dei fossi citati hanno denominazioni locali che potrebbero anche essere differenti da quelle sopra riportate; in questa relazione si è preferito usare i nomi "ufficiali" presenti nella cartografia dell' "I.G.M." (*Istituto Geografico Militare*) in scala 1:25.000, in quanto questo è il riferimento locale più serio e di uso comune per i professionisti

(architetti, geologi, geometri, ingegneri ecc.), sia privati che delle pubbliche amministrazioni.

Sono stati citati, ovviamente, solo i fossi principali, quelli cioè che hanno un bacino imbrifero relativamente vasto e che quindi, a dispetto di un'apparente modestia per quasi tutto l'anno, sono però in grado, in alcune occasioni, di riversare nel Misa e nel Nevola una portata d'acqua tutt'altro che indifferente; gli stessi sono anche in grado di procurare danni notevoli anche "autonomamente", ma "soltanto" a livello locale.

L'area del bacino imbrifero del Misa e del Nevola è delimitata, a sud-est, dal crinale di: Sant'Angelo – Grottino – Filetto – Ostra – Belvedere Ostrense – Montecarotto – Avacelli – Arcevia e, a nord-ovest, dal crinale di: Scapezzano – Monterado – Sant'Apollonia di Corinaldo – Croce del Termine – Castelleone di Suasa – San Pietro – Palazzo – Caudino – Arcevia.

I fossi più a monte partono dalle frazioni di Santo Stefano e di San Donnino, alle spalle di Arcevia, dove ("a monte") si ricongiungono fra loro i bacini che si trovano immediatamente a nord e a sud di quello del Misa e del Nevola, e cioè il bacino del Cesano e quello dell'Esino, bacini leggermente più estesi (come nel caso di quello del fiume Cesano) o molto più estesi (come nel caso del fiume Esino) ma per questo, paradossalmente (il concetto verrà chiarito in seguito), statisticamente meno pericolosi (sebbene anche essi abbiano dato periodicamente problemi alla zone da loro attraversate) rispetto al bacino del Misa e del Nevola.

Per il **bacino imbrifero del Misa e del Nevola** si parla di una superficie di circa **390 chilometri quadrati** (una superficie pari a circa 60.000 campi da calcio!): si tratta infatti di un grande rettangolo irregolare, di circa 10 km di larghezza media, che si incunea verso l'interno per circa 39 chilometri e che convoglia l'acqua piovana dai primi fossi dell'entroterra fino al tratto urbano del fiume Misa; nei pressi di Senigallia il bacino si stringe dato che, come già detto, alcuni fossi minori sfociano direttamente nel mare (come, ad esempio, il fosso Marignano e il fosso di Sant'Angelo, a sud del centro di Senigallia, e il fosso Fontenuovo, a nord del centro di Senigallia).

**Fra i fiumi marchigiani che arrivano al mare, il Misa è uno dei più corti e con un bacino imbrifero fra i più limitati;** infatti esso, nell'entroterra, non raggiunge i confini regionali, come succede invece ai fiumi più lunghi delle Marche, come il Foglia, il Metauro, il Cesano, l'Esino, il Potenza, il Chienti, il Tenna, l'Aso e il Tronto; **questo non deve però far credere che la sua pericolosità, in relazione alle alluvioni, sia inferiore; anzi, più piccolo è il bacino, più alta è la probabilità che tutto il territorio di quel bacino sia interessata contemporaneamente da una pioggia torrenziale e persistente** e che, quindi, sia messa in crisi la sua capacità di smaltimento; inoltre, in

un bacino “medio-piccolo” e di forma abbastanza regolare ci sono maggiori possibilità che una forte perturbazione si sposti, in cielo, con la stessa direzione, con lo stesso verso e con la stessa velocità di come, a terra, l’acqua dei fossi e dei fiumi si sposta verso il mare; si tratta di un’evenienza molto remota, ma non impossibile.

*Foto n° 11: i primi “rigurgiti” del fiume Misa contro la trave del “ponte del Corso”, durante una delle piene di fine 2014*



*Foto n° 12: sono evidenti i “rigonfiamenti” dell’acqua in corrispondenza delle sottostanti pile e il primo ammassarsi di rami contro la trave del “ponte del Corso”*



*Foto nn° 13 e 14: in queste due foto, il “ponte della Nazionale” durante una piena, con, evidenti, i “rigonfiamenti” dell’acqua in corrispondenza delle sottostanti pile.*



# **“QUANTIFICAZIONE” DEL PROBLEMA:**

## **CONFRONTO FRA LA PORTATA D’ACQUA IN ARRIVO**

### **E LA PORTATA SMALTIBILE IN UNA SEZIONE DEL FIUME**

Per capire non solo qualitativamente, ma anche e soprattutto quantitativamente, quello che va verificato per ogni corso d’acqua che deve essere messo in condizioni di ragionevole sicurezza dal punto di vista del “rischio alluvione” è che il fiume (*grande o piccolo che sia*), il torrente, il fosso ecc. siano in grado (*in ogni loro punto*) di smaltire la quantità d’acqua che si accumula a monte di ogni loro “sezione critica” (*e cioè: in prossimità di una curva, di un’immissione di uno o più fossi affluenti, di un ponte, di un tratto con insufficiente pendenza, di una strettoia naturale o artificiale e/o di una strozzatura occasionale*), o in tratti, per altri motivi, comunque significativi.

Bisogna cioè confrontare la portata massima che il corso d’acqua smaltisce in prossimità di quella sezione o, comunque, nel tratto in esame con la capacità di accumulo d’acqua del bacino imbrifero a monte di quella sezione, in occasione di piogge torrenziali e prolungate nel tempo.

**Ovviamente la capacità di smaltimento di acqua di ogni tratto del corso d’acqua deve essere maggiore della possibilità di accumulo di acqua a monte della sezione o del tratto esaminato.**

Partiamo dunque da quest’ultima valutazione, e cioè dalla possibilità di accumulo di acqua piovana del fiume Misa, subito a monte della città di Senigallia.

# DETERMINAZIONE DELLA PORTATA DEL BACINO IMBRIFERO DEL FIUME MISA E DEI SUOI AFFLUENTI

Per determinare con buona precisione la **quantità d'acqua che un bacino imbrifero può accumulare** si possono seguire due strade: una più teorica, che si basa su secoli di indagini sperimentali su innumerevoli corsi d'acqua di tutto il mondo (*strada che ha permesso di mettere a punto affidabili modelli matematici di valutazione*), e un'altra "più direttamente sperimentale", basata soprattutto sui dati rilevati sul fiume in oggetto, in momenti significativi del suo scorrere dalla sorgente alla foce.

Nel caso del fiume Misa, sono stato in grado di poter eseguire entrambe le valutazioni, avendo a disposizione un'adeguata cartografia, una buona conoscenza diretta di tutto il territorio e avendo eseguito direttamente, per più di venti anni, numerose rilevazioni di velocità in vari tratti del fiume in occasione di "morbide", termine con il quale si indica una "piccola piena", comunque significativa per il rilevamento della velocità dell'acqua (*e, quindi, della portata*), che consente però misurazioni dirette, da rilevare in tutta tranquillità e sicurezza, non cioè in situazioni di emergenza, tali da comportare pericolo per chi effettua i suddetti rilievi; da più dati di velocità e portata di morbida si possono estrapolare attendibili dati di velocità e portata nei momenti di piena.

Nel nostro caso è stato possibile rilevare anche numerosi dati sulla velocità dell'acqua durante le piene nel tratto cittadino, per cui mi sento in grado di affermare che tutto quanto riportato in queste pagine non "soltanto" è attendibile, ma è certo.

Calcoli e verifiche di portate possono riferirsi a qualsiasi punto del fiume e possono essere richieste per diversi motivi; in questo scritto mi limito ad illustrare come si può valutare **uno degli ostacoli peggiori che il fiume Misa incontra nel suo percorso verso il mare: il passaggio sotto i ponti urbani di Senigallia.**

Teoricamente, come detto, anche la strozzatura del vecchio porto-canale, che si trova immediatamente dopo il "ponte della ferrovia", è un ostacolo con la stessa pericolosità di quella dovuta alla presenza dei ponti cittadini con pile in alveo e impalcato "a via superiore", in quanto questa strozzatura consente il passaggio della stessa portata (*al massimo 300 mc/s*) in grado di essere smaltita sotto i ponti cittadini, in caso di fiume con sezioni "pulite".

E' da notare, ancora una volta, che la presenza delle pile in alveo e delle travi dell'impalcato dei vecchi ponti, costruiti "a via superiore" (cioè con le travi sotto il piano viabile), comporta la possibilità di un accumulo di materiale a ridosso dei ponti e, quindi, di un ulteriore restringimento della "sezione utile" durante le piene (con conseguente, ulteriore, drastica riduzione della portata effettivamente smaltibile, molto al di sotto dei suddetti 300 mc/s), come in effetti è sempre capitato non solo qui a Senigallia, ma anche, ad esempio, a Santo Stefano Belbo (problema evidenziato nelle foto del ponte di Santo Stefano Belbo, in provincia di Cuneo, riportate in questa relazione, a pag. 6).

E' da notare inoltre che, essendo la strozzatura del vecchio porto-canale più "a valle" rispetto all'ostacolo costituito dai quattro vecchi ponti cittadini, sono proprio questi vecchi ponti a costituire l'ostacolo peggiore, non solo da un punto di vista puramente quantitativo, ma anche per il fatto che l'ondata di piena "incontra" l'ostacolo costituito dai ponti prima di "trovare" la strozzatura del vecchio porto-canale; non ha molto senso, quindi, risolvere il problema di una strozzatura, come quella del vecchio porto-canale, da 300 mc/s, se prima non si è risolto il problema di una strozzatura, potenzialmente anche da 200 mc/s, che si trova "a monte" di essa.

La pericolosità rappresentata dall'ostacolo costituito dalle strozzature naturali e artificiali non è, ovviamente, un problema che riguarda solo il fiume Misa: ad esempio, nella tragica alluvione del Polesine del 1951, il punto critico si manifestò a monte del ponte della Strada Statale Adriatica n° 16 e a monte del ponte della ferrovia di Occhiobello, dove già esisteva una strettoia naturale che aveva invogliato a costruire i ponti in quella zona, valutando solo il vantaggio economico della costruzione dei ponti, ma senza valutare il rischio idraulico dell'intervento.

Anche a Senigallia, nell'agosto del 1976, il "tappo" più significativo fu rappresentato da un ponte: in particolare, dal ponte della Nazionale Adriatica (S.S. n° 16); subito "a valle" di esso, contribuirono a rallentare la possibilità di deflusso delle acque, oltre alla strozzatura suddetta, anche le presenze nel porto canale di un barcone (usato per escursioni turistiche lungo la costa) e di una draga, che all'epoca ripuliva periodicamente il fondo del porto canale; entrambi i mezzi furono colpevolmente lasciati nel porto-canale anche se la certezza dell'arrivo della piena era stata annunciata già dalla sera prima al comando dei Vigili Urbani con dieci ore di anticipo; i vigili si limitarono ad annunciare il pericolo imminente alla popolazione, ma non si mise in moto alcun provvedimento cautelativo, come sarebbe dovuto essere quello dello sgombero del porto-canale.

Puntare l'indice su vecchie negligenze non vuole alimentare inutili, sterili e vecchie

polemiche, ma vuole cercare di far riflettere per il futuro coloro i quali sono deputati a garantire la nostra sicurezza.

Come sezione da verificare prenderemo quindi, come esempio, quella in corrispondenza del ponte della Nazionale Adriatica, Strada Statale n° 16, ma lo stesso procedimento può essere usato, cambiando ovviamente i dati e con altre semplici considerazioni, per qualsiasi altro punto caratteristico del corso del fiume, sia nel tratto cittadino, sia in quello extra urbano.

Per calcolare la portata in arrivo occorre prima di tutto conoscere l'estensione del bacino imbrifero che sta "a monte" di ogni sezione da verificare; abbiamo già detto in precedenza che la suddetta estensione è pari a circa 390 chilometri quadrati: la misurazione è stata eseguita con molta attenzione sulle carte dell'"I.G.M." in scala 1:25.000, carte dotate di curve di livello, dove l'individuazione dei crinali è quindi certa.

Per chi non riesce a "vedere" e a quantificare mentalmente l'estensione di una tale superficie, ripetiamo che si può dire, con buona approssimazione, che si tratta di un rettangolo largo mediamente circa 10 km *(dal crinale di Ostra a quello di Monterado-Castelleone)* e lungo circa 40 km *(dal mare fino "a monte" di Arcevia)*.

Teoricamente, potrebbe anche succedere che lo "spartiacque topografico" non coincida perfettamente con lo "spartiacque reale", per la presenza di strati di terreno inclinati "a reggipoggio" o "a franapoggio" *(il termine dipende ovviamente dai pendii e dalla valle presi come riferimento)* e con un'alternanza di strati permeabili e impermeabili tali da mandare acqua piovana da un versante all'altro; questo, però, si può verificare soprattutto nelle zone montane; nelle nostre colline si verifica in un numero di casi limitatissimo e per modestissime estensioni *(durante l'esecuzione di uno sbancamento per la costruzione di un interrato di una casa in via Castelli, in Comune di Senigallia, mi è capitato di imbattermi in strati verticali, ma è un'eccezione)*; possiamo pertanto assumere, come in effetti ho fatto, lo spartiacque topografico come coincidente con quello idrografico.

Dato che la portata *(misurata in metri cubi al secondo)*, per bacini imbriferi con piovosità media annua di 1.000 millimetri d'acqua, è pari alla radice quadrata della superficie *(misurata in kmq)* moltiplicata per un coefficiente che è variabile da 20 a 40, si capisce come l'attendibilità della valutazione della portata dipenda in maniera preponderante dall'assunzione più o meno appropriata di tale coefficiente, mentre un'eventuale approssimazione nella valutazione della superficie non incide in maniera significativa nel risultato finale.

I vari studiosi d'idrodinamica che si sono succeduti nello studiare queste problematiche (a partire dal Rinascimento, con Leonardo, passando per l'Illuminismo, con fisici come Pascal, Bernoulli, D'Alembert, Chezy ecc., proseguendo poi per il periodo della rivoluzione industriale del 1700, con gli enciclopedisti e trattatisti francesi come Rondelet e Durand, per arrivare a tutti gli ingegneri idraulici francesi e tedeschi – come ad esempio Darcy, Bazin e Kutter – che hanno operato nell'Ottocento, arrivando a creare una scuola di importanza mondiale che ebbe un vertice con Ferdinand de Lesepes, che riuscì a progettare canali come quello di Suez, con la fattiva collaborazione dell'italiano Negrelli, e quello di Panama e fino ai numerosissimi progettisti contemporanei) hanno stabilito che tale coefficiente vada stimato in base ai seguenti quattro parametri che ovviamente sono stati soggetti a innumerevoli verifiche dovute a esperienze dirette, soprattutto in Francia e in Germania, nell'Ottocento, per la regolamentazione dei corsi dei fiumi e dei canali navigabili, esperienze che, successivamente, sono state “esportate” in tutto il mondo (anche oggi è apprezzabile il sistema di navigazione interna dell'Europa centrale che coinvolge fiumi di grande importanza come il Danubio, il Meno e il Reno, in Germania, e la Mosa, la Mosella, la Senna e la Loira, in Francia).

Ma lasciamo questa divagazione storico-culturale per tornare al tema centrale di questa relazione; per la nostra valutazione serve conoscere:

- 1. ampiezza del bacino;**
- 2. pendenze medie dei versanti che portano acqua ai fossi**  
(N.B.: pendenze dei versanti trasversali ai fossi, non la pendenza dei fossi di cui al punto 3.!);
- 3. pendenze medie dei corsi dei fossi** (questa volta longitudinali),  
**dei torrenti e dei fiumi immissari;**
- 4. permeabilità dei terreni all'intorno dei fossi.**

#### **Punto 1:**

##### **l'ampiezza del bacino.**

Il bacino del Misa può essere ritenuto a rischio medio-alto: la possibilità che piova in maniera torrenziale sull'intero bacino (che, ripetiamo, ha una superficie limitata), per più di 10 ore, su un terreno già impregnato d'acqua, esiste, sia a memoria d'uomo, sia in base a quanto riportato negli annali (dati dell'Ufficio Idrografico del Genio Civile di Bologna, rilevati direttamente da mio padre per più di vent'anni tra la metà degli anni Sessanta e la metà degli anni Ottanta): in pochi decenni, si è infatti più volte verificata una piena che ha portato all'esondazione del fiume Misa all'interno del centro di Senigallia o subito a monte di

esso.

Sarebbe interessante ripercorrere la storia dei diversi interventi che si sono susseguiti nei secoli: deviazioni artificiali dei corsi d'acqua, creazione dello scolmatore Penna, innalzamento degli attuali argini in muratura all'interno del centro cittadino, ma non ci soffermeremo su questo, perché ciò esula dalle finalità della presente relazione, che vuole essere necessariamente breve, rimandando poi ad approfondimenti successivi l'esame dei diversi punti toccati.

E' evidente che "l'evenienza esondazione" si può verificare più spesso per un corso d'acqua con estensione del bacino imbrifero più limitata, quale ad esempio il fosso di Sant' Angelo o altri fossi fra quelli precedentemente citati, ma il loro fuoriuscire dagli argini ha, per fortuna, un impatto devastante molto inferiore; viceversa è altrettanto evidente che tale evenienza è molto più improbabile per un fiume come il Po: infatti l'estensione del bacino rende molto bassa la probabilità che, ad esempio, la piena della Bormida e del Tanaro si sommi alla piena del Mincio; si dovrebbe verificare la possibilità che una pioggia torrenziale nelle valli della Bormida e del Tanaro avvenga lo stesso numero di ore prima di quanto le acque del Po impiegano per arrivare da Bassignana *(alla confluenza del Tanaro con il Po)* a San Benedetto Po *(alla confluenza del Mincio con il Po)*; analoga coincidenza si dovrebbe avere fra lo sfasamento degli acquazzoni ad Aosta e Modena e il tempo necessario all'acqua per arrivare al medesimo punto del Po.

Purtroppo questo fatto straordinario si verificò in maniera del tutto eccezionale nel novembre del 1951 e, unitamente ad altri fattori negativi *(un forte vento da sud che aveva creato un'alta marea straordinaria nel nord Adriatico, una mala informazione generale, le strozzature dei ponti suddetti, la mancata sopraelevazione degli argini in provincia di Rovigo, come avvenne invece in provincia di Mantova, ecc.)*, portò a risultati catastrofici: 84 morti e 180.000 sfollati, molti dei quali emigrarono definitivamente all'estero.

In relazione alla valutazione del coefficiente da assumere, è pertanto evidente che, nel caso di un fosso come quello di Sant'Angelo *(corso d'acqua con bacino imbrifero molto piccolo)*, il coefficiente da assumere sarà più vicino a 40, mentre nel caso di un fiume con, a monte, un bacino imbrifero molto grande il coefficiente da assumere sarà più vicino a 20; nel caso di un bacino di estensione e piovosità come quello del Misa, **si può assumere un coefficiente circa pari a 30** *(non si tratta di un'assunzione puramente teorica, ma di un valore la cui influenza è stata confermata da moltissime misurazioni sperimentali sul territorio effettuate da me in collaborazione con mio padre, geom. Fioravante Fornaroli, e con il suo collega, geom. Renato Bassi, per conto del suddetto Ufficio Idrografico di Bologna)*.

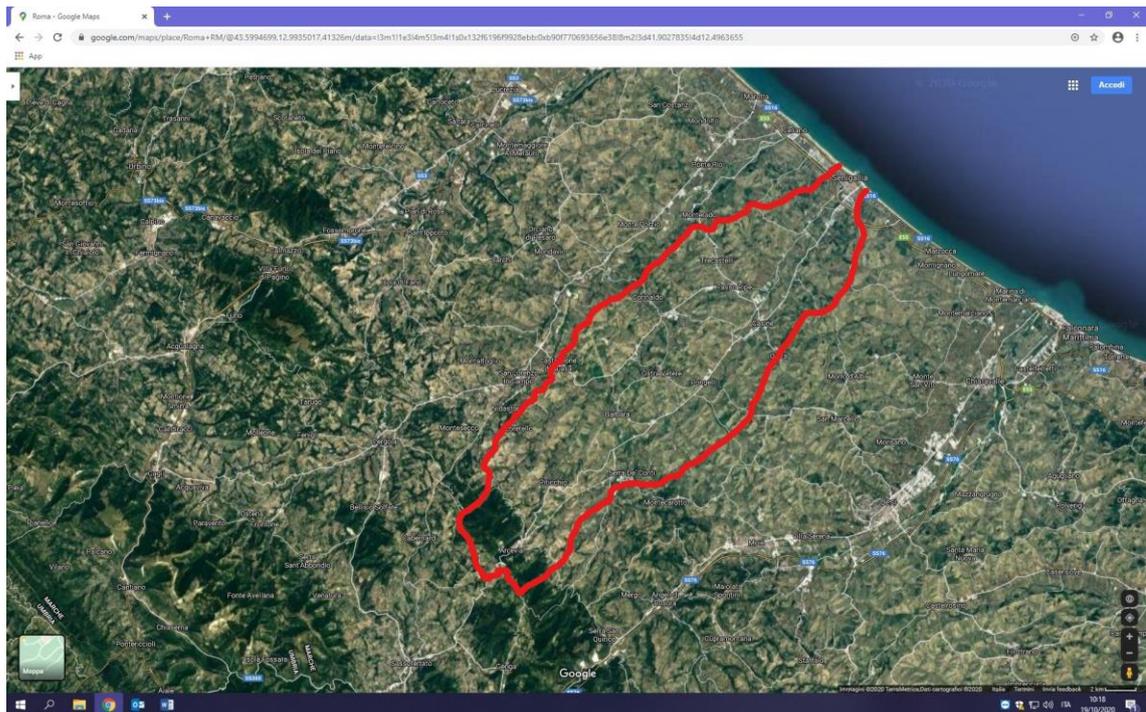


Figura n. 15: pianta del bacino imbrifero dei fiumi Misa e Nevola

## Punto 2:

### le pendenze medie dei versanti che portano acqua ai fossi.

Uno studio accurato delle pendenze dei terreni delle nostre campagne, basato sull'equidistanza delle curve di livello dei versanti del nostro entroterra, porta a concludere che tali pendenze variano molto: si passa da zone con anche il 30% (N.B.: da non confondere con 30° che corrispondono al 57,8%) di inclinazione dei versanti (per esempio in prossimità di Arcevia, ma anche in località molto più vicine alla costa, come ad esempio a monte di Borgo Passera e a monte del Vallone, zona un tempo nota come "la fossa del diavolo", così come in prossimità di Castelcolonna), a zone pressoché pianeggianti, soprattutto in prossimità di Senigallia; le zone a pendenza maggiore sono però molto meno estese, per cui si può considerare, con un buon grado di attendibilità, una pendenza media dei territori del bacino imbrifero dell' 8-10% per i versanti di corrivazione del nostro entroterra; si badi bene: si parla di pendenze di terreni perpendicolarmente ai corsi d'acqua (siano essi fossi privati, vicinali o demaniali), pendenze che non necessariamente e non sempre coincidono con le pendenze delle strade, pendenze (quasi sempre molto inferiori) che ci sono più familiari e che, pertanto, rimangono più impresse nella nostra memoria.

Sempre in relazione al coefficiente da assumere, per quanto riguarda questo punto, siamo in una situazione di tempi di corrivazione nella media, situazione che porta pertanto a un **coefficiente nuovamente vicino a 30**.

### **Punto 3:**

#### **le pendenze medie dei corsi dei fossi, dei torrenti e dei fiumi immissari.**

La pendenza dei vari corsi d'acqua, dal fosso più piccolo ai torrenti Misa e Nevola, si presenta molto variabile, anche perché, per valutare i tempi di corrivazione, vanno abbinate, alla misura della pendenza longitudinale, considerazioni sulla scabrezza delle sponde, soprattutto in riferimento allo stato di manutenzione e di pulizie dei letti dei vari corsi d'acqua; possiamo comunque dire che mancano sia i tratti con pendenze elevatissime (*pericolosi perché portano l'acqua piovana ad accumularsi immediatamente a valle di essi*), sia i tratti con pendenze vicine allo zero, come succede ad esempio nei tratti pianeggianti dei fiumi emiliano-romagnoli (*Reno, Lamone, Ronco, Montone, Fiumi Uniti, Savio ecc.*); in relazione al coefficiente, le pendenze medie longitudinali del corso dei fossi portano ad assumere **un coefficiente compreso fra 25 e 30.**

### **Punto 4:**

#### **la permeabilità dei terreni all'intorno dei fossi.**

La permeabilità dei nostri terreni, per lo più argillosi, è molto variabile a seconda del contenuto igrometrico degli strati superficiali che la pioggia torrenziale trova al momento dei rovesci che causano alluvioni; ma a noi interessa valutare quanto assorbono i terreni dopo un lungo periodo di piogge, come si è verificato nei mesi immediatamente prima della piena del 1976 e di quella, molto più recente, del 2014; la natura prevalentemente argillosa dei terreni fa sì che la loro capacità di assorbimento dopo lunghi periodi piovosi sia scarsa; per questo motivo, potremmo valutare di assumere, all'interno di un range che va da 20 a 40, **un coefficiente vicino a 35.**

Oggi mi sento di dire che, per il nostro bacino, a questi quattro criteri "storici" di valutazione, che sono riportati da tutti i testi di idraulica, bisogna aggiungerne altri due:

- 5. l'accuratezza e la lungimiranza nella lavorazione dei campi, come conseguenza diretta del tipo di proprietà e conduzione;**
- 6. la casualità e gli spostamenti dell'evento meteorologico all'interno del bacino.**

## **Punto 5:**

### **l'accuratezza e la lungimiranza nella lavorazione dei campi.**

La modalità di coltivazione dei terreni è, come detto, andata cambiando in questi ultimi 50-60 anni; fondamentale, a questo proposito, è stato il cambiamento delle abitudini dei nostri agricoltori, passati dall'aratura con piccoli aratri a trazione animale a quella con grandi aratri a trazione motorizzata, capaci di arare sempre più in profondità; questo cambiamento, però, ha portato anche a tralasciare spesso la realizzazione di solchi ortogonali alle linee di massima pendenza (*i fossetti a "ritocchino", come soleva chiamarli il dottore in Agraria, Prof. Carlo Sereni di Pesaro, non più fra noi ma al quale va il mio pensiero riconoscente per le sue appassionante lezioni all'Istituto Corinaldesi di Senigallia*), a togliere molti alberi fra un filare e l'altro e a diminuire quindi la capacità dei terreni di trattenere l'acqua piovana, sia in superficie, sia in profondità, aumentando così, e spesso anche di molto, i tempi di corrivazione.

Arare in maniera sconsiderata senza alcuna affezione con la terra, con grandi trattori e piccoli cervelli, comporta creare il presupposto per avere, durante i nubifragi sempre più frequenti, una maggiore velocità dell'acqua nell'arrivare subito ai fossi e ai fiumi; alcuni criteri del passato per la valutazione delle piene andrebbero pertanto rivisti, essendo notevolmente peggiorato il regime dei nostri corsi d'acqua, i quali tendono ad assumere sempre più il carattere torrentizio delle fiumare della Basilicata, della Calabria e della Sicilia.

In relazione al coefficiente, non è facile tradurre in numeri queste considerazioni, ma è chiaro come una sempre minore capacità da parte dei terreni di trattenere l'acqua contribuisce ad aumentare l'entità e la frequenza delle piene.

Non è infatti pensabile che, nel problema della portata dei fiumi, non abbia influito anche il cambiamento di gestione dei poderi dove, fino a tre generazioni fa, su un podere di dieci ettari, lavoravano tre famiglie di mezzadri (*generalmente una coppia di anziani con due figli, a loro volta con relative mogli e figli, per un totale di almeno dieci persone sempre presenti sul terreno*) che aravano la metà del loro podere con un aratro trainato da due vacche impiegandoci due settimane, mentre ora lo stesso lavoro viene eseguito da un salariato che guida, spesso distrattamente, un trattore capace di fare lo stesso lavoro in mezza giornata.

L'approfondimento dei solchi di aratura, la mancanza, quasi sempre, di una rete di solchi trasversali, l'eliminazione delle viti di filare e degli ulivi e di altre piante in mezzo ai campi delle nostre campagne sono tutti fattori che hanno aumentato la velocità di corrivazione rispetto al passato.

In particolare, i solchi trasversali, in piano, permettevano all'acqua di rallentare il suo deflusso verso i fossi, e quindi di raggiungere i frequenti sottili strati di sabbia che troviamo sovente alternati a quelli argillosi, e, attraverso queste lenti di sabbia, all'acqua era permesso di incunarsi nel sottosuolo, con il doppio beneficio: una riserva idrica naturale per le piante, per le coltivazioni e per le sorgenti e un drastico aumento del periodo di corrivazione verso i fossi e i fiumi.

Solo una piccola parte dell'acqua piovana arrivava direttamente ai fossi e poi, attraverso essi, ai fiumi; parte dell'acqua che penetrava nell'immediato sottosuolo era assorbita direttamente da erba e piante, mentre quella in eccesso era rilasciata gradatamente ai fossi che continuavano a "cantare" anche molti giorni dopo la fine della pioggia.

L'espressione dei fossi che una volta "cantavano" sempre, mentre adesso "stanne zitti" o "sgaggiano", è stata detta amaramente da un vecchio contadino di Corinaldo dopo le rovinose piogge che hanno causato l'alluvione del 3 maggio 2014 e fotografa perfettamente ciò che avviene "a monte", che è la causa dei frequenti innalzamenti e abbassamenti del fiume nel tratto cittadino.

Sono inoltre sparite la maggior parte delle "fratte" che una volta caratterizzavano il volto delle nostre campagne e alcune... "consuetudini di vita" dei nostri nonni; il termine "frattarolo" è infatti ancora usato nei nostri paesi per indicare una persona nata da un "incontro" al riparo di una "fratta".

A parte le divagazioni che mi riportano nostalgicamente alla parte di infanzia passata in quel di Ostra Vetere, le fratte contribuivano a trattenere con il loro groviglio di rami e foglie la corsa dell'acqua piovana non intercettata dai solchi trasversali, verso il basso, nei punti dove questa subiva le maggiori accelerazioni dovute alla pendenza dei terreni, pendenze a volte superiore al 10%.

Oggi, invece, all'aumento del rischio di concentrazioni di precipitazioni, si contrappone un terreno agricolo con una superficie esterna sempre più impermeabile, conseguenza anche del cambiamento del modo di concimare: non più letame animale ma solamente concimi chimici; la corsa dell'acqua piovana verso fossi e fiumi diventa così sempre più frenetica e i tempi di corrivazione si accorciano enormemente e sempre più minacciosamente.

Quindi, nell'assumere il valore del coefficiente di cui sopra, oltre ai suddetti quattro parametri "storici", ritengo pertanto necessario considerare anche il quinto, ulteriore punto, che nei secoli scorsi non esisteva e pertanto non poteva essere presente nei

trattati di idraulica.

Quando le campagne erano curate e d'inverno nevicava sempre, i fossi "cantavano" almeno per otto mesi all'anno e il nostro fiume, all'interno dell'abitato di Senigallia, aveva come conseguenza, in passato, un livello invernale e primaverile costantemente più alto, livello che si abbassava d'estate, per poi rialzarsi in autunno; il tutto con variazioni lente, controllate e controllabili.

Oggi invece il livello può essere molto basso anche in pieno inverno e molto alto in estate (*vedi la piena del 1976, che si verificò subito dopo Ferragosto*).

Penso siano note, a questo proposito, le problematiche connesse con le sistemazioni a terrazzamenti delle colline e delle montagne liguri, che hanno avuto, in passato, un'importanza fondamentale nel prevenire i dissesti idrogeologici della Liguria, e il cui venir meno causa, oggi, tanti disastri a Genova e in tante altre città di quella regione.

In base poi alla tragica esperienza dell'alluvione del Polesine del 1951 si può oggi affermare che, in generale, vada preso in esame anche un ulteriore fattore.

#### **Punto 6:**

##### **la casualità e gli spostamenti dell'evento meteorologico all'interno del bacino.**

Fortemente influente sulla portata del fiume alla foce è poi il modo di muoversi della perturbazione: quando questa si muove in cielo in sincronia con il movimento a terra dell'acqua nei fossi e nei fiumi si raggiunge il massimo della pericolosità della perturbazione stessa; questo è proprio quello che ha reso catastrofica la piena del fiume Po, causando l'alluvione del Polesine nel 1951.

Passiamo ad esaminare l'influenza dei primi cinque punti per il calcolo della portata del bacino imbrifero del fiume Misa; il sesto punto, vista la dimensione del bacino, piuttosto ridotta, è da considerare solo come un fattore peggiorativo delle altre assunzioni.

In base a tutte queste considerazioni, possiamo oggi considerare, a ragion veduta, **un coefficiente medio di corrivazione pari a 34–35**, contro il coefficiente pari a 30, in passato assunto per gli studi effettuati per conto dell'Ufficio Idrografico del Genio Civile di Bologna, che fino agli anni Settanta era competente per i calcoli di portata dei fiumi dal Parma al Tronto.

In sostanza, questo vuol dire che il pericolo delle “piene a rischio di alluvione”, sempre esistito, è aumentato oggi, rispetto a 50 anni fa, almeno del 15%.

Si conclude, quindi, che la portata che il fiume Misa deve smaltire nel centro di Senigallia, nei momenti di massima piena, in assenza di esondazioni precedenti a monte, è valutabile in:

$$Q \text{ massima piena} = 34,2 \times \sqrt{390} = 675 \text{ m}^3/\text{sec}$$

risultato che è perfettamente in linea anche con le misurazioni di portata effettuate per conto del suddetto ufficio con le stazioni una volta operanti sul ponte dello stradone Misa e sul ponte fra le frazioni di Vallone e Cannella; portata perfettamente in linea anche con quanto riportato dalla Protezione Civile, nella persona del Dott. Ferretti, geologo, nel suo “Rapporto preliminare di evento”, presentato la sera del 12 giugno 2014, nella sede di Confluenze, lungo la Provinciale n° 360 “Arceviese”, fra Vallone e Bettollelle di Senigallia.

Il correre verso una frettolosa valutazione delle piene basandosi solo sui dati di pochi pluviometroграфи è un altro errore che bisogna cercare di evitare, prendendo i dati per quello che sono e non avventurandosi in frettolose ed erronee estrapolazioni, con il risultato di sottovalutare o sopravvalutare un evento meteorico di cui si conosce l'entità soltanto in pochi punti isolati.

Un errore del genere fu fatto anche in occasione della già citata alluvione del 1951 nel Polesine, quando l'allarme veniva dato solo in base all'intensità della pioggia che non fu particolarmente intensa dove venne misurata; poi la distribuzione spazio-temporale degli eventi meteorici fece il resto (*vedi punto 6...*).

Assodato che **il bacino imbrifero del fiume Misa può fare arrivare a Senigallia piene che possono raggiungere anche i 675 mc/sec**, bisogna ora valutare la capacità di smaltimento del fiume Misa in corrispondenza delle principali “strozzature”.

**È questo il nodo del problema: esiste una portata in arrivo e una portata, o capacità di smaltimento, che il fiume può garantire; la prima unica, la seconda variabile in ogni punto caratteristico del corso d'acqua; è ovvio che la seconda deve essere maggiore della prima.**

# DETERMINAZIONE DELLA CAPACITA' DI SMALTIMENTO DI PIENA DA PARTE DEL FIUME MISA

La portata smaltibile da un corso d'acqua dipende da molti fattori: le dimensioni della sezione trasversale in condizioni di piena (*la larghezza media del letto moltiplicata per l'altezza media dell'acqua*), la pendenza longitudinale del corso d'acqua, la regolarità del fondo e delle sponde, gli ostacoli che l'acqua incontra nel suo defluire, la direzione e la velocità del vento nel momento della piena, la natura della massa fluida trasportata e tanti altri fattori, anche secondari, ma non per questo trascurabili.

Per determinare pertanto la **quantità d'acqua che il fiume Misa può effettivamente smaltire** si deve necessariamente far riferimento a tratti e/o punti precisi del suo corso dove, in occasione di passate piene, ci sono stati problemi di deflusso, con conseguente straripamento delle acque; il fiume Misa, **lungo il suo corso finale, canalizzato**, è più o meno largo, con sponde più o meno alte, con letto più o meno pulito, con argini naturali e/o artificiali, a volte pieno di vegetazione, a volte con sponde lisce, come dal ponte di via Cavallotti (*il "Ponte del Duomo"*) fino al mare, o con argini naturali e pieni di vegetazione più a monte di Borgo Molino e di Borgo Bicchia ed è intuitivo che a ogni situazione corrisponda una differente capacità di smaltimento, cioè una diversa portata massima effettiva possibile, tipica di quel tratto.

Il punto che prenderò in esame, il "ponte della Nazionale", è uno di quelli che, in passato, ha dato più problemi di tutti gli altri, anche perché la sua criticità coinvolge il centro di Senigallia che si sviluppa per lo più "a monte" di tale infrastruttura; ovviamente si sono valutati anche diversi tratti del fiume lungo il suo corso e diverse sezioni particolari dove la natura tende a rendere il fiume sempre meno "efficiente" e dove l'uomo ha, colpevolmente, contribuito a questa minore efficienza, posizionando ostacoli o comunque non rimuovendo o non facendo rimuovere quelli esistenti: mi riferisco, ad esempio, alle putrescenti isole di ghiaia e canne, alle pile in alveo dei ponti, ai detriti sul fondo che sono stati rimossi, purtroppo solo parzialmente e con esito temporaneo, soltanto fra la fine del 2015 e l'inizio del 2016 ecc.

*"Ora, il fiume si presenta liberato in gran parte di questi ostacoli, anche se gli stessi non sono stati rimossi completamente e radicalmente e pertanto si riformeranno presto, riproponendo l'ostacolo della vegetazione in alveo nel giro di pochissimo tempo."*

Quest'ultima frase, virgolettata, era quanto avevo scritto nella penultima stesura di questa relazione e oggi, a pochissimi anni di distanza da quell'intervento di dragaggio sommario, la situazione è quella annunciata: si sono cioè già da tempo riformate le "isole" di ghiaia, a volte anche con abbondante e deturpante vegetazione.

La vegetazione esistente, infatti, oltre a essere un ostacolo essa stessa, in occasione di piene diventa un ostacolo per gli oggetti (*rami e tronchi in primis*) che vengono trasportati dalle piene e che, ostacolati e fermati, si pongono essi stessi come ulteriori e sempre maggiori ostacoli; la sezione libera diminuisce, la velocità dell'acqua diminuisce, mentre aumenta la capacità di deposito; si innesca quindi un procedimento involutivo che si "auto-alimenta", accrescendo i danni fino al collasso e al disastro dello straripamento in centro, sopra le sponde in muratura (*sempre augurandosi che non siano esse stesse a cedere...!*).

Invece nel tratto a monte, quando un albero situato nella parte interna dell'argine è estirpato dalla forza dell'acqua, insieme con il suo "ceppo" se ne va una zolla di terreno che lascia un buco nell'argine, creando i presupposti del crearsi di un "fontanazzo"; questo può innescare fenomeni di rapida erosione, sino alla rottura naturale dell'argine stesso e alla conseguente esondazione, peggiorando la situazione già critica anche per la presenza di tantissimi "buchi" di origine animale.

L'esperienza di alcune delle precedenti alluvioni, o delle molte "morbide" (*piccole piene*), ci aiuta ad individuare i principali punti di criticità.

Anche escludendo, almeno per il momento, i depositi di ghiaia e i canneti che, come detto, prima o poi si riformeranno, esaminiamo, fra gli innumerevoli punti di criticità, quelli più evidenti nel tratto cittadino, canalizzato, del fiume Misa a Senigallia, senza perdere di vista quello oggetto dell'ultimo disastro che, con una politica accorta di lungo periodo, poteva essere se non del tutto evitato, quantomeno limitato nei danni con semplicissime precauzioni anche dell'ultima ora; una cosa è certa: tutti gli abitanti dell'entroterra, da me contattati già alle sei della mattina di sabato 3 maggio, in base alla quantità di pioggia caduta nella notte tra il 2 e il 3 maggio 2014, erano consapevoli che, nel giro di poche ore, tutti i problemi si sarebbero riversati sulla città di Senigallia; <chi sta notte, pe' l'acqua c' 'a fatto, ns'è dormito pe'ggente>, <se metto 'n piede fori del portò, finiscio a Pongelli dritto come na canna>, <te nì, che stai laggiù (*Senigallia*) sta' 'ttento; quessa (*la pioggia*) è peggio de quella del 76>, <me sa che te raffogamo 'n' antra vorta> sono state le informazioni che arrivarono dall'interno da vari miei concittadini ostraveterani, espresse in maniera chiara come spesso il dialetto permette meglio dei sibillini bollettini dei meteorologi.

Ma torniamo al nostro argomento principale.

Dunque, il fiume, nel suo scorrere cittadino, incontra sette diversi ponti, che sono i due ponti di recente costruzione in uscita dalla città in direzione Arcevia (*il “ponte Zavatti” e il “ponte Portone”*), il ponte fra via Cavallotti e via Rossini (*il “ponte Garibaldi” o “ponte del Duomo”*), il ponte fra il Corso Il Giugno e via Carducci (*il “ponte del Corso”*), il “ponte della Nazionale”, il “ponte della Ferrovia” e la ex passerella pedonale girevole, che ormai è sempre fissa e funzionante per collegare le due sponde del porto ed è quindi assimilabile a un ponte vero e proprio, fra l’altro l’unico dei sette “a via inferiore”, mentre gli altri sei che lo precedono sono tutti “a via superiore”, con compromissione della funzionalità e della capacità di smaltimento delle piene eccezionali; i primi due ponti, così come la passerella finale, sono a campata unica, per cui nessuno dei tre è tale da costituire un ostacolo pericoloso come gli altri quattro; il ponte Zavatti è fin troppo alto; il ponte Portone, se il fiume fosse pulito e mantenuto tale, dà garanzie appena sufficienti: sarebbe infatti stato infinitamente meglio ricostruirlo non solo a campata unica, ma anche “a via inferiore”, visto che i lavori risalgono soltanto al 2007; la passerella finale è in una posizione tale che, in occasione di un’alluvione, il fiume sarebbe arrivato già al mare e in ogni caso si potrebbe pensare di ritirla momentaneamente sul molo.

Consideriamo pertanto i quattro ponti del centro che hanno caratteristiche simili: tutti e quattro sono a tre campate (*quindi con due piloni in alveo intermedi*), con larghezze paragonabili fra loro e con sponde, fondo del letto del fiume e travature simili fra loro.

Le esperienze del 1940, del 1955, del 1976, del 1982, del 2011, del 2014, del 2015 e del 2022 hanno dimostrato che sono già i primi due (*il “ponte del Duomo” e il “ponte del Corso”*) a mandare in crisi il deflusso delle acque, ma i dati in mio possesso sono più numerosi e precisi sul “ponte della Nazionale”, perciò, in seguito, mi occuperò nella presente relazione di questo ponte; è evidente che le stesse considerazioni e gli stessi ragionamenti (*con numeri, ovviamente, leggermente differenti*), possono essere ripetuti in maniera del tutto analoga per gli altri.

I dati in nostro possesso si riferiscono ovviamente ai tempi moderni, cioè da quando il fiume è stato arginato, almeno nel suo tratto cittadino, cosa che avvenne circa un secolo fa; anche avendole, le statistiche precedenti sarebbero del tutto insignificanti, in quanto a mandare in crisi il deflusso delle acque fino al mare non era tanto l’ostacolo costituito dai piloni e dalle travi dei ponti, com’è oggi, quanto piuttosto la mancanza di adeguati argini (*che aveva suggerito, nei secoli scorsi, la realizzazione dello “scolmatore” Rio Penna, dove oggi è situato il viale IV Novembre*); ora abbiamo gli argini sufficientemente alti, ma non

abbiamo più lo scolmatore Penna e permangono altri punti di disastrosa criticità.

E' significativo il fatto che l'ultima ondata di piena, nel suo tratto terminale, abbia ripreso il corso dello scolmatore che non c'è più; purtroppo un numero notevole di senigalliesi se ne è accorto; non è da trascurare poi il fatto che, anche quando il fiume rimane all'interno dei suoi argini artificiali, come in occasione della piena dei primi di marzo del 2011, tuttavia le strade lungo il fiume comincino a essere invase dalle acque del fiume risalenti attraverso le caditoie e attraverso i condotti di fognatura, privi di adeguate ed efficienti valvole di non ritorno.

Dopo l'ultima alluvione, che "miracolosamente" non ha riguardato la parte più bassa del centro storico di Senigallia (*Rione Porto*), è comparso un numero notevole di topi negli scantinati e nei piani terra, a dimostrazione che le fognature del centro sono state invase da una quantità enorme di acqua e fango proveniente dalle fogne, che ha "sfrattato", d'autorità, gli abituali "inquilini" e lasciandovi una notevole quantità di fango.

Ma ritorniamo all'argomento base: la capacità di smaltimento del fiume Misa nel suo tratto terminale; capacità che dovrà essere paragonata alla portata massima del bacino imbrifero, già precedentemente valutata in 675 mc/sec, come portata in arrivo.

Per il tratto di cui ci vogliamo occupare (*quello sotto il "ponte della Nazionale"*), i primi **fattori** principali **che incidono sulla capacità di smaltimento delle acque** fangose in occasione delle piene sono:

1) la **pendenza longitudinale** del corso d'acqua, nel tratto del fiume immediatamente a monte e immediatamente a valle del ponte in questione;

2) la **superficie delle tre sezioni**, determinate dalle due sponde laterali e dai due piloni centrali;

3) il **perimetro delle aree suddette**, o meglio quella parte di perimetro lambito dall'acqua nel suo decorso (*l'acqua del fiume tocca sempre il fondo, poi, mano a mano che il livello sale, tocca a destra e a sinistra una parte di sponde sempre maggiore via via che aumenta la quantità dell'acqua, infine tocca purtroppo, nelle condizioni in cui siamo oggi, anche l'intradosso del ponte, quando l'acqua sale fino a lambire l'impalcato del ponte stesso*); questo perimetro viene definito in idraulica come "**contorno bagnato**"; arrivare fino a toccare l'intradosso dell'impalcato del ponte è assolutamente deleterio per il "rendimento della sezione" così come definito al seguente punto n° 4;

4) il "**rendimento della sezione**" viene definito in idraulica come "**raggio idraulico**", cioè il rapporto fra l'area della superficie (*punto 2*) e il contorno bagnato (*punto 3*); questo raggio, così come definito, viene a essere misurato in metri (*la cosa è*

apparentemente anomala per un rendimento, visto che, di norma, in fisica i rendimenti sono misurati da numeri puri, cioè senza unità di misura, come rapporti di due quantità aventi la stessa unità di misura, ma l'unità di misura è in accordo con la stessa definizione di "raggio").

La letteratura tecnica dell'idraulica, sia quella storica sia quella moderna, fornisce varie modalità per conoscere preventivamente (cioè anche senza basarsi su misurazioni dirette effettuate durante le "morbide") la capacità di portata di una sezione, una volta in possesso dei dati precedentemente elencati.

Fra i vari sistemi che si sono dimostrati storicamente più "affidabili" (Bazin, Darcy, Kutter ecc.; più "affidabili" perché usati e verificati milioni di volte per migliaia di fiumi e canali in tutta Europa...), ho adottato il metodo di calcolo dovuto a Kutter, perché i relativi coefficienti si sono dimostrati, nonostante la loro "età", come i più rispondenti anche oggi alle diverse realtà del nostro fiume, come ho potuto verificare in occasione della più volte citata collaborazione avuta negli anni Settanta con l'Ufficio Idrografico del Genio Civile di Bologna, competente allora, prima dell'avvento delle Regioni, per il controllo dei fiumi fra il Parma ed il Tronto; questo anche e soprattutto in occasione delle piene del Misa del 1976, del 1982, del 2011, del 2014 e del 2015, quando ho potuto constatare che essi meglio degli altri si adattavano ai valori, ricavati sperimentalmente, in mio possesso.

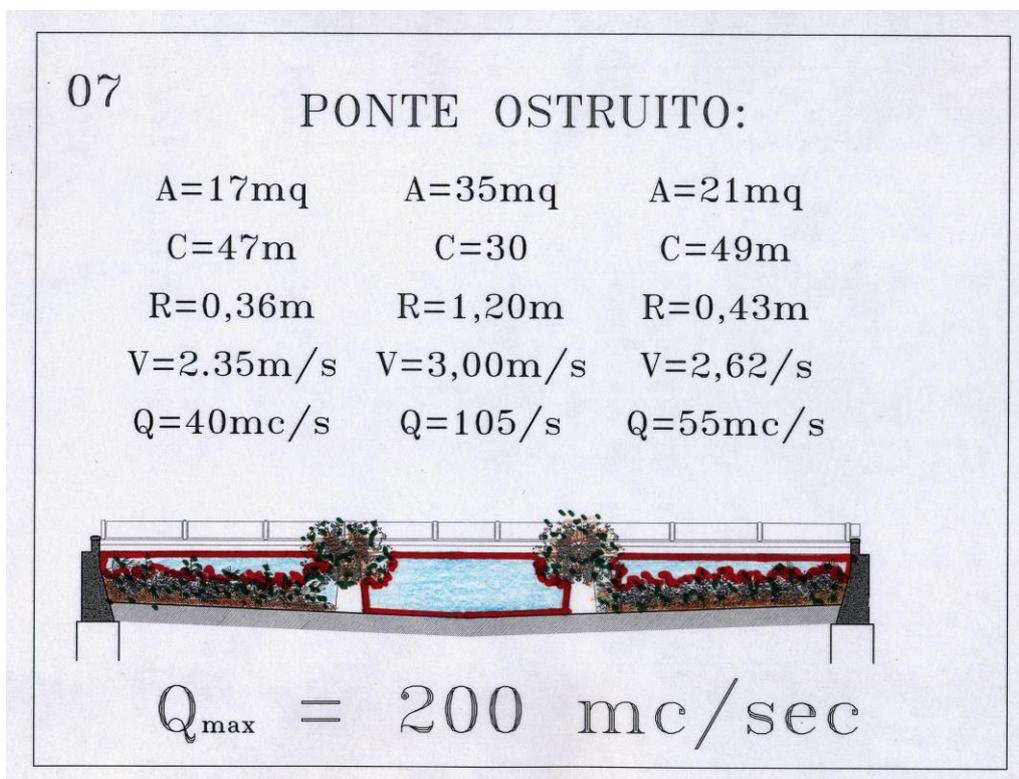


Figura n. 16: riduzione della portata massima smaltibile nelle tre sezioni del "ponte della Statale" per effetto del deposito di detriti e vegetazione

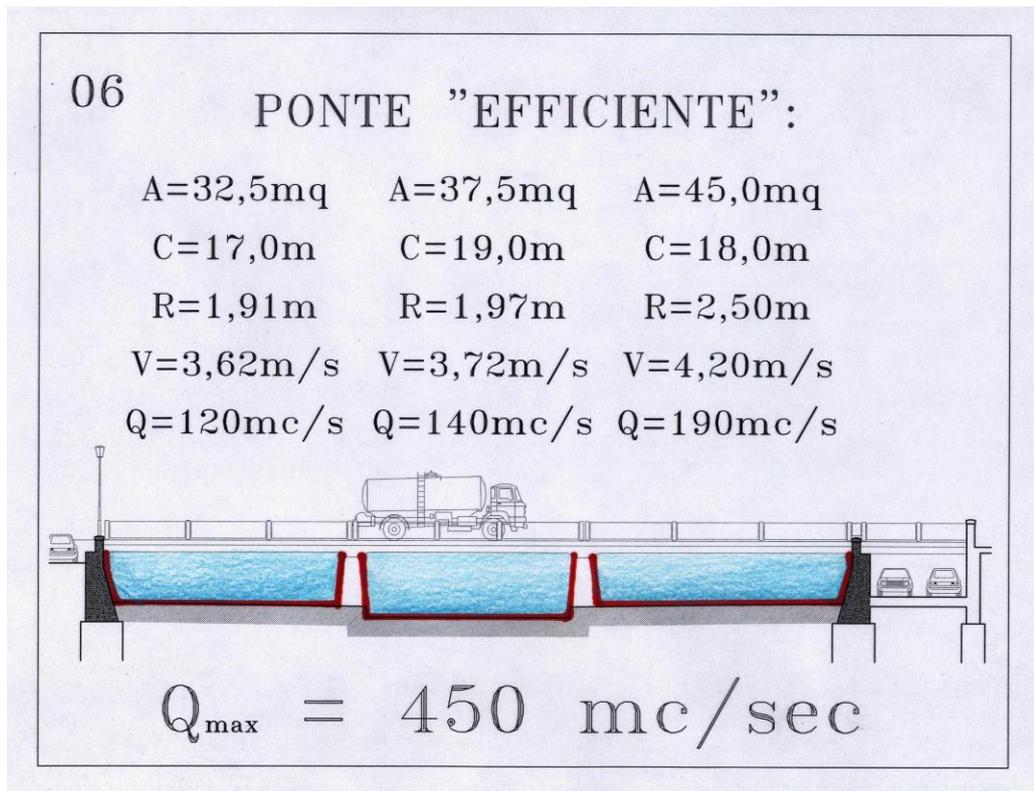
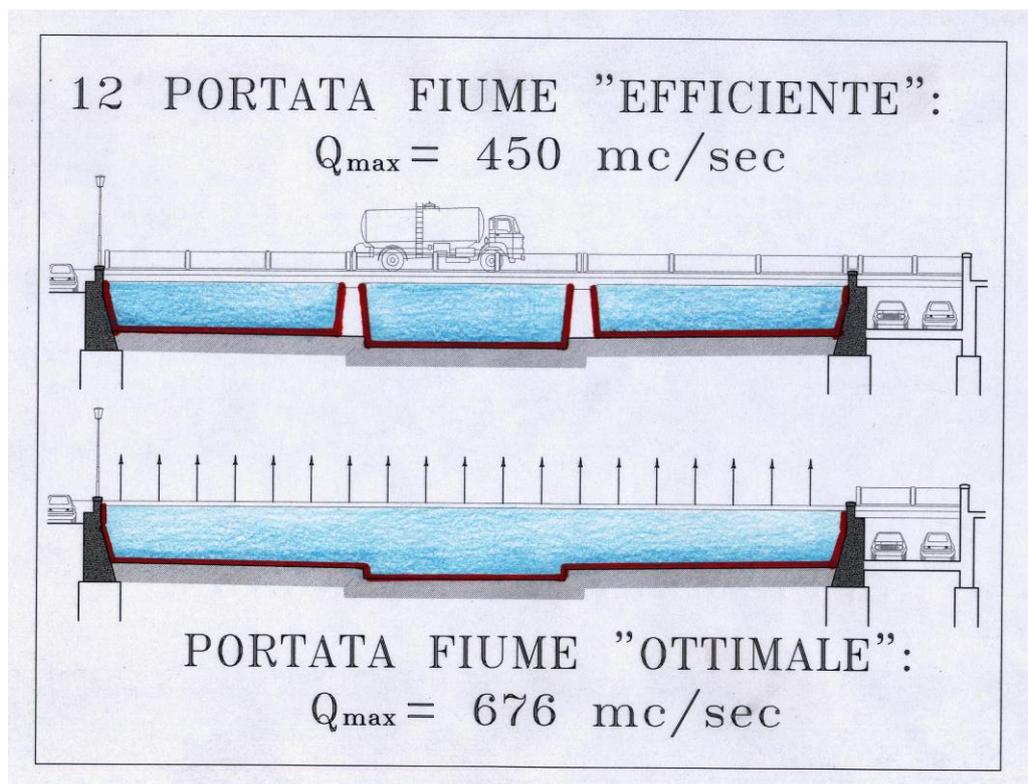


Figura n. 17: portata massima smaltibile nelle tre sezioni del "ponte della Statale" nel caso in cui tutto (alveo, pile e sponde) sia perfettamente libero e pulito;

Figura n. 18: confronto fra le portate massime smaltibili sotto al "ponte della Statale" nel caso di ponte a tre campate, con pile in alveo, e "a via superiore" (sopra) e nel caso di ponte a campata unica, senza pile in alveo, e "a via inferiore" (sotto)



Vediamo, dunque, di calcolare la portata massima che può passare sotto il “ponte della Nazionale”; ci rifacciamo ai quattro punti sopra elencati.

1 – La **pendenza longitudinale** media è ricavabile dalle quote segnate nelle carte cittadine nei vari punti significativi; abbiamo pertanto le quote della superficie stradale sopra i ponti e da questa possiamo facilmente misurare la quota media del fondo e, quindi, la pendenza media nel tratto in questione.

2 – La **superficie della sezione** è in effetti una superficie **divisa in tre aree** dalle due pile del ponte; ognuna di esse è un quadrilatero assimilabile a un trapezio rettangolo ruotato di 90° rispetto a come siamo stati abituati a vederlo già nei problemi di geometria delle scuole elementari e medie inferiori; nel nostro caso, le pareti laterali delle pile costituiscono le basi (*maggiore e minore*), l'intradosso della trave costituisce l'altezza e il fondo del fiume costituisce il lato obliquo; le tre aree suddette misurano:

$$\mathbf{A_1 = 32,50 \text{ mq}, A_2 = 37,50 \text{ mq}, A_3 = 45,00 \text{ mq}}$$

Sul valore delle tre aree è opportuno fare alcune considerazioni: soprattutto durante le piene, l'acqua del fiume, per effetto della forza centrifuga, tende ad allargare in curva; nel caso del Misa, nel tratto in esame, il fiume, appena superato il ponte del Corso, trova una curva verso sinistra; pertanto, appena terminati i portici Ercolani, la massa d'acqua tende a spostarsi verso l'argine di destra, dalla parte del Foro Annonario, premendo così contro l'argine sud, tanto che il livello dell'acqua si alza maggiormente da quel lato; in occasione delle ultime piene, dopo l'esperienza del 1976, ai primi di marzo 2011 è stato infatti necessario cercare di porre rimedio a questo eccesso di pressione dell'acqua in quella zona con il posizionamento di zavorrature esterne e con la chiusura di piccoli fontanazzi.

Una precauzione che allora (2011) ho molto apprezzato ma che non ha portato a una successiva revisione dei tratti lesionati degli argini; la cosa non si è però più ripetuta nel 2014, perché l'informazione e la prevenzione delle ultime ore è stata completamente assente il 3 maggio e non c'è stato quindi il tempo di organizzarsi; ma anche nel novembre 2014 e nel febbraio 2015 di questa precauzione si è persa ogni traccia...

Il muro dell'argine dalla parte del Foro Annonario è un arco in muratura caricato internamente dalla pressione dell'acqua e quindi soggetto ad allungamenti modesti (*pochi*

millimetri), ma, a causa dell'alto modulo elastico del materiale di cui sono costruiti gli argini (circa 150-200.000 Kg/cm<sup>2</sup>), tali allungamenti sono tali da creare apprezzabili sollecitazioni di trazione nelle parti convesse degli argini come ad esempio nel tratto della curva fra il "ponte del Corso" e il "ponte della Nazionale"; per questo motivo, il muro dell'argine dalla parte del Foro Annonario è già da tempo fessurato in più punti e, in quanto tale, è molto preoccupante immaginare quello che potrà succedere quando l'argine non sopporterà più la spinta della massa d'acqua che gli corre radente, lambendolo sì velocemente, ma anche premendo su di esso in maniera considerevole, consistente e minacciosa.

*Completamente opposta la situazione tensionale nella muratura dell'argine lungo via Dogana Vecchia, dove comunque le fessurazioni non mancano, anche se qui le cause delle lesioni andrebbero ricercate non solo nella pressione dell'acqua e nei cedimenti verticali conseguenti alle variazioni di contenuto d'acqua dei terreni sottostanti, ma anche nelle onde di pressione dalla strada verso il fiume (specialmente a fiume in secca, ovviamente) causate dalle onde di pressione generate dalle frenate dei convogli ferroviari più pesanti che arrivano alla stazione di Senigallia da nord; il centro di formazione di queste onde di pressione si trova sulla ferrovia e coincide con buona approssimazione con il centro geometrico dell'arco creato dalla curva del fiume; questo dei fenomeni di risonanza con implemento dei carichi dovuto a sovra-pressioni anomale è un argomento molto sottile e può risultare di difficile comprensione a chi non ha approfondito questi temi nell'ambito dei corsi di Tecnica delle Costruzioni e Complementi di Tecnica delle Costruzioni all'interno delle facoltà di Ingegneria Civile e, soprattutto, esula dal presente ragionamento; per i più curiosi e coraggiosi suggerisco, in mancanza di testi specifici, una ricerca su Google digitando ad esempio "tracollo del ponte di Tacoma Narrows" o altri esempi su dissesti creati dalle onde secondarie del vento e del suono.*

Avere, tra le tre sezioni di cui sopra, quella di area maggiore proprio da quel lato (il lato del Foro Annonario) è sicuramente un vantaggio; che sia casuale o che fosse stato voluto dai progettisti di allora è difficile da dire; a ogni modo, che l'area di A<sub>3</sub> sia maggiore dell'area di A<sub>1</sub> di quasi il 40% è di conforto per un deflusso più equamente ripartito sotto i tre "fornici".

Ciò nonostante, sia durante l'alluvione del 1976, sia durante la piena del 2011, sia durante la disastrosa alluvione del 2014, l'acqua ha cominciato a toccare per primo l'intradosso della trave "3", poi, per motivi diversi nel 2011 e nel 2014, la quota dell'acqua non è più cresciuta: nel primo caso la minore entità della piena e nel secondo caso lo straripamento altrove, "a monte"; nel 1976, invece, tutti e tre i "fornici" sono stati riempiti completamente e l'acqua passava anche sopra il piano viabile; oggi, a distanza di 44 anni, prima della recente demolizione, lo spigolo della trave sopra l'area A<sub>3</sub> manifestava ancora la mancanza del copriferro, causata dagli urti degli oggetti

(soprattutto grossi tronchi d'albero) che, scendendo velocemente verso il mare, urtavano contro la trave stessa limitandone la portata utile e causando vibrazioni tali da consigliarne il rifacimento.

**Un vero peccato di ignoranza non avere provveduto alla costruzione di un ponte a campata unica e “a via inferiore”; un'altra grande occasione persa e soldi pubblici usati molto malamente.**

3 – Il **perimetro delle sezioni** (*contorno bagnato*) va calcolato, per avere la portata massima, “un attimo prima” che il livello dell'acqua, salendo, vada a toccare l'intradosso (il “sotto”) delle travi; nel nostro caso, la misura del contorno bagnato delle tre sezioni è:

$$C_1 = 16,50 \text{ m}, \quad C_2 = 17,50 \text{ m}, \quad C_3 = 19,50 \text{ m}$$

4 – Il rendimento massimo delle sezioni, definito, come abbiamo detto, come **raggio idraulico**, cioè il rapporto fra la misura di ciascuna area e il perimetro del rispettivo contorno bagnato, si avrà nel momento in cui il fiume è alto al massimo, ma ancora non “tocca” l'intradosso delle travi del ponte; in questa situazione i tre raggi idraulici sono rispettivamente:

$$R_1 = A_1/C_1 = 1,97 \text{ m}, \quad R_2 = A_2/C_2 = 2,14 \text{ m}, \quad R_3 = A_3/C_3 = 2,31 \text{ m}$$

mentre, nel momento in cui l'acqua tocca sotto il ponte, tali rendimenti scendono (*in quanto i contorni bagnati si completano del quarto lato, quello degli intradossi delle travi, prima non ancora considerati*), a:

$$R_1 = 1,29 \text{ m}, \quad R_2 = 1,43 \text{ m}, \quad R_3 = 1,51 \text{ m}$$

In effetti poi, in pratica, quando l'acqua comincia a salire sino a sotto le travi, aumentano anche gli effetti negativi sulla portata dovuti ai gorgi e ai mulinelli che necessariamente si vengono a creare (*gorgi e mulinelli che coinvolgono non solo l'acqua ma anche gli oggetti da essa trasportati*); in prossimità del ponte, l'acqua e questi oggetti “rimbalzano” sulle pile e sulle travi, ostacolando l'acqua e gli altri oggetti che, nel frattempo, sopraggiungono; contro il ponte si bloccano così oggetti di vario tipo, anche molto ingombranti (*a volte anche interi alberi, ma spesso rami e tronchi*), che a loro volta

diventano ulteriori ostacoli che frenano la massa d'acqua, sempre crescente, in arrivo.

*Gli effetti di tali urti sono stati (dal 1976 fino alla ricostruzione del 2015) visibilissimi, come detto già sopra, sulla trave della campata sud del ponte sotto la strada Statale adriatica, camminando sul muretto lungo via Dogana Vecchia e fermandosi davanti al civico 18; nel frattempo era aumentato il degrado delle travi in calcestruzzo soggetto a carbonatazione e all'ossidazione dei ferri d'armatura metallica; non esisteva più il copriferro e i ferri si erano ridotti di sezione rapidamente e, altrettanto rapidamente, anche le travi avevano perso di portanza.*

Con questi ulteriori ostacoli, diminuisce la sezione a "disposizione" per il passaggio dell'acqua; quindi, nel momento in cui l'acqua tocca l'intradosso delle travi dei ponti, aumenta di molto il contorno bagnato, non solo per il sommarsi del quarto lato, ma anche e soprattutto per tutte le frizioni e tutti gli attriti creati dal contatto fra i "filetti fluidi" e le superfici degli ostacoli; crollano così i valori dei rendimenti e, con essi, la velocità media dell'acqua nella sezione e aumenta così molto rapidamente il livello dell'acqua, alla quale non bastano più le superfici di passaggio delle tre sezioni e quindi essa "sfiora" al di sopra delle sponde.

Il ragionamento passa poi attraverso il calcolo dei tre coefficienti di Kutter:

$$K_1 = 90,34 \text{ m}, \quad K_2 = 90,70 \text{ m}, \quad K_3 = 91,02 \text{ m}$$

ottenuti da manuale idraulico, da una formula sperimentale, una combinazione di vari fattori, in cui figurano la radice quadrata del raggio idraulico e il coefficiente di scabrezza delle pareti che, nelle attuali condizioni, può essere assunto, per la sezione in oggetto, pari a 0,15.

Siamo quindi in grado di valutare la velocità media dell'acqua nelle tre sezioni, velocità che è pari al coefficiente di Kutter, appena calcolato, moltiplicato per la radice quadrata del prodotto fra raggio idraulico e pendenza; in questo modo si ottengono le tre velocità:

$$V_1 = 3,58 \text{ m/sec}, \quad V_2 = 3,75 \text{ m/sec}, \quad V_3 = 3,91 \text{ m/sec}$$

*È opportuno interrompere un attimo lo svolgimento della relazione di calcolo della portata per approfondire alcuni concetti ed effettuare alcune considerazioni.*

*Ai più, i suddetti valori  $v_1$ ,  $v_2$  e  $v_3$  potrebbero "non dire molto", per cui può essere d'aiuto considerare che le velocità suddette corrispondono alla velocità di una persona adulta, ben allenata, che corre, di*

buona lena, una gara podistica; i “super atleti”, quelli che partecipano alle Olimpiadi, riescono a correre, ma solo per brevi tratti (100, 200, massimo 400 metri), a velocità prossime ai 10 m/sec.

Le velocità suddette così ricavate sono corrette perché, come anticipato in questa relazione, sono state suffragate da misurazioni dirette della velocità superficiale dell'acqua del Misa immediatamente prima dello straripamento del 1976 e in occasione delle alluvioni del 1982, del 2011 e del 2014; in questi anni i fossi e i fiumi a monte trovano lungo gli argini tutta una serie di oggetti che sono stati lasciati all'aperto (palloni da gioco, sedie di legno, taniche semivuote, pneumatici e tanti altri oggetti che poi galleggiano sul fiume trasportati dalla corrente); avendo avuto la possibilità di misurare con esattezza la distanza fra due riferimenti fissi e il tempo che impiegavano gli oggetti di cui sopra a percorrere questa distanza, è stato facile calcolare la “velocità degli oggetti galleggianti”, trasportati verso il mare dalla corrente.

Sono state eseguite numerose misurazioni, sono stati scartati i valori relativi a rilevamenti durante percorsi viziati da irregolarità, e quindi è stata fatta una media aritmetica.

Questo valore è da assumere come pari alla velocità dell'acqua in superficie (visto che il vento e la marea non si potevano considerare come fattori perturbatori della misurazione in atto), che era variabile fra i 4,00 e i 4,50 m/sec, nel 1976, e fra i 3,50 ed i 4,00 m/sec nel 2014.

Considerato che le velocità sul fondo e in prossimità delle pareti sono molto inferiori, tale rilievo delle velocità in superficie conferma senz'altro l'attendibilità del suddetto calcolo teorico.

Valori simili sono stati misurati anche alle sei del mattino di mercoledì 2 marzo 2011, con punte sicuramente anche superiori ai 4 m/sec, ma al massimo pari a 4,20 m/sec.

Nel novembre 1982 un'altra piena notevole aveva fatto registrare velocità massime dei “filetti fluidi” della parte sud del fiume comprese fra i 3,50 ed i 4,00 m/sec.

Il confronto fra tutti questi dati sperimentali rilevati costituisce una riprova della correttezza delle assunzioni teoriche precedentemente riportate.

Le misurazioni eseguite invece in corrispondenza di “morbide” mediante “siluro ad elica” dalle stazioni idro-metro-grafiche collocate sul ponte dello stradone Misa e su quello fra le frazioni di Vallone e Cannella hanno dato misurazioni variabili, a seconda della circostanza, fra 1,00 e 3,00 m/sec, ma con il fiume ancora tranquillamente nel suo alveo, pieno d'acqua, ma senza che destasse allarmi per il suo livello.

Possiamo in conclusione assumere uguale a 3,26 m/sec e 3,04 m/sec le velocità medie della sezione rispettivamente per l'alluvione del 1976 e per quella del 2014; i due valori sono risultanti a loro volta come media aritmetica delle velocità medie delle tre parti della sezione sotto il ponte con le due pile centrali.

Formuliamo quindi alcune osservazioni che possono essere utili, soprattutto ai non addetti ai lavori, per rendersi meglio conto delle implicazioni che può avere il “rendimento”: il rendimento ottimale si ha, per le sezioni rettangolari, quando l'acqua è sufficientemente alta rispetto alla base, circa la metà; le combinazioni sono infinite, però ad esempio per una sezione larga sei metri con tre metri d'acqua, il rendimento è  $A:C = 6 \times 3 : (3+6+3) = 1,5$ , ma se l'acqua è alta solo mezzo metro il rendimento scende a  $A:C = 6 \times 0,5 : 7 = 0,43$ ; un uguale drastico calo del rendimento si ha quando l'acqua tocca l'intradosso delle travi; in tal caso esso diventa  $A:C = 6 \times 3 : (6+3+6+3) = 1$ , ma anche molto di meno appena si ferma qualche ostacolo; conseguentemente il coefficiente di Kutter, da valori prossimi a 90, scende a valori prossimi a 20 e la velocità dell'acqua scende a valori minimi, con conseguente drastica diminuzione della portata e

*inevitabile straripamento.*

*Quando la velocità dell'acqua scende al di sotto del valore minimo corrispondente alla velocità caratteristica di sedimentazione (diversa da materiale a materiale trasportato), aumenta, quindi, e in maniera notevole, la quantità di materiale che sedimenta prima di arrivare in mare; si formano così le "isole" di ghiaia, l'acqua rallenta ulteriormente, i sedimenti aumentano ancora di più e i materiali sedimentati restringono a loro volta la sezione utile di passaggio, aumentando così la pericolosità delle successive piene.*

*Ai senigalliesi questo dovrebbe essere noto se hanno osservato cosa è successo al fosso Sant'Angelo nel suo tratto che va dal Viale dei Pini fino al mare (all'altezza del Ponte Rosso): prima del 1976 il fosso, anche nel tratto cittadino, aveva una sezione minore, trapezoidale, con le sponde erbose e piene di canneti; nell'agosto del 1976, anche per l'ostacolo rappresentato dai vari ponti, soprattutto quello del lungomare, il fosso straripò (anticipando di qualche ora il fiume Misa), provocando ingenti danni.*

*A seguito dei disastri provocati nel 1976, il fosso fu successivamente canalizzato e i ponti furono rifatti, a sezione maggiore, rettangolare, quasi sufficiente per la portata di massima piena che, per il bacino imbrifero del fosso di Sant'Angelo, risulta essere di 80 mc/sec; appena completati i lavori di canalizzazione e di rifacimento dei ponti, emersero però due errori clamorosi: la mancanza di un'adeguata "canaletta" per le portate di magra e la scelta della tipologia del ponte dietro la chiesa del Portone, realizzato con il piano stradale esageratamente alto, in quanto "a via superiore" e non "a via inferiore", come invece sarebbe stato opportuno.*

*Al primo inconveniente si è provveduto poco tempo dopo (con la realizzazione della "canaletta" mancante), avendo però constatato a posteriori ciò che doveva e poteva essere facilmente previsto in fase di progetto: nei periodi di portata medio-bassa, l'acqua si trovava infatti a scorrere su di un letto troppo largo, con un'altezza irrisoria e con una velocità media nettamente inferiore alla velocità limite di sedimentazione dei limi e delle sabbie che si depositavano così in grandi quantità sul fondo; essendo poi questi depositi sempre umidi, favorivano anche la crescita molto abbondante e molto rapida di ogni sorta di vegetazione spontanea, a sua volta ambiente ideale per la proliferazione di zanzare, di insetti di altro genere e di altri animali, dannosi per la salute degli abitanti della zona.*

*Al secondo inconveniente, invece, non è ancora stato posto rimedio: aver realizzato infatti il ponte dietro la chiesa del Portone con travi al di sotto del piano stradale (che a loro volta dovevano avere l'intradosso abbastanza alto per non ostacolare nuovamente future ondate di piena del fosso) ha comportato la realizzazione di un dosso accentuato e alquanto pericoloso, soprattutto verso via Trieste, dove ancora oggi sono frequenti degli incidenti, alcuni dei quali anche gravi; non sarebbe stato difficile, vista anche la luce molto modesta da superare, realizzare in alternativa l'impalcato con una soletta in c.a. ad armatura incrociata, incastrata sui quattro lati (le due sponde del fosso e due travi-parapetto "estradosstate").*

*Tutto questo poteva essere di insegnamento per un'auspicabile sistemazione radicale del letto del fiume Misa e dei suoi ponti cittadini, affidata a professionisti competenti e preparati, invece agli errori precedenti si è aggiunta una saracinesca prima del tratto tombato del fosso di S'Angelo, saracinesca mobile, anche ben fatta, ma che nessuno ha sollevato prima dell'ultima alluvione, con il conseguente tappo e allagamento della nazionale per un lunghissimo tratto, dovuto anche al mancato sfogo in riva al mare dove le portelle erano insabbiate.*

Riprendendo lo svolgimento della relazione di calcolo, possiamo ora moltiplicare le velocità ottenute per le rispettive aree di passaggio, ottenendo così le tre portate parziali delle tre sezioni:

$$Q_1 = A_1 V_1 = 116,350 \text{ m}^3/\text{sec}, \quad Q_2 = A_2 V_2 = 140,625 \text{ m}^3/\text{sec}, \quad Q_3 = A_3 V_3 = 175,950 \text{ m}^3/\text{sec}$$

da cui si evince chiaramente la funzione preponderante della sezione "3".

La somma dei tre valori è:

$$Q_{\text{tot}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 433 \text{ m}^3/\text{sec}$$

che è evidentemente inferiore a quella prevedibile per le piene eccezionali che abbiamo visto essere pari a  $675 \text{ m}^3/\text{sec}$ ; ne consegue che, in occasione di piene che non sfoghino a monte, solo il 64% dell'acqua riesce a passare sotto i ponti.

Attenzione: questo non vuol dire che esca "solo" (...?) il 36% dell'acqua che arriva; nel momento che l'acqua tocca l'intradosso del ponte, come abbiamo visto, il rendimento delle tre sezioni diminuisce scendendo teoricamente il raggio idraulico da:

$$R_1 = A_1/C_1 = 1,97 \text{ m}, \quad R_2 = A_2/C_2 = 2,14 \text{ m}, \quad R_3 = A_3/C_3 = 2,31 \text{ m}$$

a

$$R_1 = 1,29 \text{ m}, \quad R_2 = 1,43 \text{ m}, \quad R_3 = 1,51 \text{ m}$$

In effetti, per le ragioni già esposte, è ragionevole pensare che i suddetti raggi possano ulteriormente scendere a:

$$R_1 = 1,03 \text{ m}, \quad R_2 = 1,14 \text{ m}, \quad R_3 = 1,21 \text{ m};$$

valutando in modo molto ottimistico che i gorgi e gli ostacoli naturali sommatosi a quelli artificiali possano peggiorare la situazione del 20%.

In questa situazione i coefficienti di Kutter passano, per effetto della variazione del rendimento e del coefficiente medio di scabrezza (*variato ottimisticamente da 0,15 a 0,25, per le*

prime due campate e variato obbiettivamente da 0,15 a 0,35 per la terza campata), rispettivamente a:

$$N_1 = 80,00 \text{ m}, \quad N_2 = 81,68 \text{ m}, \quad N_3 = 75,86 \text{ m};$$

portando le velocità medie nelle tre diverse sezioni a:

$$V_1 = 2,30 \text{ da } 3,58 \text{ m/sec}, \quad V_2 = 2,47 \text{ da } 3,75 \text{ m/sec}, \quad V_3 = 2,36 \text{ da } 3,91 \text{ m/sec}$$

Si vede palesemente come a “soffrire” sia la campata che prima stava meglio, a seguito del grande accumulo di oggetti che riducono rendimenti e sezioni.

Queste ultime passano verosimilmente da:

$$A_1 = 32,50 \text{ mq}, \quad A_2 = 37,50 \text{ mq}, \quad A_3 = 45,00 \text{ mq}$$

a:

$$A_1 = 30,00 \text{ mq}, \quad A_2 = 35,50 \text{ mq}, \quad A_3 = 40,00 \text{ mq}$$

In corrispondenza le portate passano improvvisamente da:

$$Q_1 = A_1 V_1 = 116,350 \text{ m}^3/\text{sec}, \quad Q_2 = A_2 V_2 = 140,625 \text{ m}^3/\text{sec}, \quad Q_3 = A_3 V_3 = 175,950 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$Q_1 = A_1 V_1 = 69,000 \text{ m}^3/\text{sec}, \quad Q_2 = A_2 V_2 = 87,685 \text{ m}^3/\text{sec}, \quad Q_3 = A_3 V_3 = 94,400 \text{ m}^3/\text{sec}$$

pari a una diminuzione di portata totale da:

$$Q_{\text{tot}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 433 \text{ m}^3/\text{sec}$$

a

$$Q_{\text{tot}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 251 \text{ m}^3/\text{sec}$$

Per cui, togliendo dai 675 metri cubi al secondo che arrivano i 251 metri cubi al secondo che riescono effettivamente a passare sotto il ponte, si ha la quantità di acqua che esonda: una quantità di acqua enorme, pari a **424 metri cubi al secondo** che **si trovano a prendere strade diverse da quelle del letto del fiume.**

Se l'ondata di piena dura due ore abbiamo quindi 3.052.800 di metri cubi di acqua che esondano e invadono la città; ipotizzando un'altezza media di un metro nelle zone alluvionate sono pertanto 305 ettari di zone sotto l'acqua, corrispondente di fatto a circa 3 kmq di area sommersa, che è, con ottima approssimazione, l'area effettivamente alluvionata il 3 maggio 2014.

# DETERMINAZIONE DELLA CAPACITA' DI SMALTIMENTO DI PIENA DEL TRATTO FINALE FRA I VECCHI MOLI

Dopo i ponti della Statale e della ferrovia il fiume Misa si restringe, passando, gradualmente, dagli oltre 30 metri di larghezza, in corrispondenza degli ultimi ponti nel tratto cittadino, ai 22 metri che il fiume Misa ha nel **tratto che va dalla prima, grossa bitta azzurra, in prossimità del Ristorante "La Pagaia", alla passerella pedonale**, fino a qualche anno fa girevole.

La larghezza in questo tratto è stata misurata in dieci diversi punti, ottenendo valori variabili fra un massimo di metri 22,59 ed un minimo di metri 21,49, per cui la larghezza di metri 22, precedentemente indicata, è da ritenersi pienamente attendibile.

Eseguiamo il calcolo della portata smaltibile dall'**ultimo tratto** in tre casi:

- 1) situazione di dragaggio poco accurato;
- 2) situazione al 21 gennaio 2015;
- 3) situazione di dragaggio perfetto;
- 4) situazione con i muretti supplementari;

al termine, faremo un confronto con le portate sotto i ponti, come precedentemente calcolato.

**1)** L'altezza media della sezione del fiume, in questo tratto, con uno stato di manutenzione standard, cioè con un **dragaggio poco accurato**, può essere assunta pari a metri 3,50, per cui:

l'area A risulta essere:  $A = m \ 22 \times m \ 3,50 = mq \ 77$ ;

il contorno bagnato C risulta essere:  $C = m \ 3,50 + m \ 22 + m \ 3,50 = m \ 29$ ;

il raggio idraulico  $R=A/C$  risulta essere:  $R = mq \ 77 / m \ 29 = m \ 2,66$ ;

il coefficiente di scabrezza m, a fiume pulito, può essere assunto pari a:  $m = 0,12$ ;

il coefficiente di Kutter  $\kappa = ( 100 \sqrt{R} ) / ( \sqrt{R} + m )$  risulta essere:  $\kappa = 93,14$

da cui si ricava che:

la velocità media nella sezione, in occasione della massima piena, può essere valutata in:

$$V_m = \kappa \sqrt{(R \times I)} = 93,14 \times \sqrt{(2,66 \times 0,8 / 1000)} = 4,29 \text{ m/sec,}$$

dove I è la pendenza longitudinale del fiume, valutata, in quel tratto in 0,8/1000 (80 centimetri al chilometro), per cui la portata risulta essere di:

$$Q_1 = A \times V_m = mq \ 77 \times m/sec \ 4,29 = 330 \text{ mc/sec}$$

2) L'altezza media della sezione del fiume, sempre in questo tratto, al 21 gennaio 2015, è

stata misurata in più punti e può essere assunta pari a metri 4,00, per cui:

l'area A risulta essere:  $A = m\ 22 \times m\ 4,00 = m^2\ 88$ ;

il contorno bagnato C risulta essere:  $C = m\ 4,00 + m\ 22 + m\ 4,00 = m\ 30$ ;

il raggio idraulico  $R=A/C$  risulta essere:  $R = m^2\ 88 / m\ 30 = m\ 2,93$ ;

il coefficiente di scabrezza m, a fiume dragato, può essere assunto pari a:  $m = 0,12$ ;

il coefficiente di Kutter  $\kappa = (100 \sqrt{R}) / (\sqrt{R} + m)$  risulta essere:  $\kappa = 93,44$

da cui si ricava che:

la velocità media nella sezione, in occasione della massima piena, può essere valutata in:

$$V_m = \kappa \sqrt{(R \times I)} = 93,44 \times \sqrt{(2,93 \times 0,8 / 1000)} = 4,52 \text{ m/sec,}$$

dove I è la pendenza longitudinale del fiume, valutata, in quel tratto in 0,8/1000 (80 centimetri al chilometro), per cui la portata risulta essere di:

$$Q_2 = A \times V_m = m^2\ 88 \times m/\text{sec}\ 4,52 = 398 \text{ mc/sec}$$

3) L'altezza media della sezione del fiume, in questo tratto, se il fiume fosse

perfettamente dragato può essere assunta pari a metri 4,50, per cui:

l'area A risulta essere:  $A = m\ 22 \times m\ 4,50 = m^2\ 99$ ;

il contorno bagnato C risulta essere:  $C = m\ 4,50 + m\ 22 + m\ 4,50 = m\ 31$ ;

il raggio idraulico  $R=A/C$  risulta essere:  $R = m^2\ 99 / m\ 31 = m\ 3,19$ ;

il coefficiente di scabrezza m, a fiume dragato, può essere assunto pari a:  $m = 0,10$ ;

il coefficiente di Kutter  $\kappa = (100 \sqrt{R}) / (\sqrt{R} + m)$  risulta essere:  $\kappa = 94,70$

da cui si ricava che:

la velocità media nella sezione, in occasione della massima piena, può essere valutata in:

$$V_m = \kappa \sqrt{(R \times I)} = 94,70 \times \sqrt{(3,19 \times 0,8 / 1000)} = 4,77 \text{ m/sec,}$$

dove I è la pendenza longitudinale del fiume, valutata, in quel tratto in 0,8/1000 (80 centimetri al chilometro), per cui la portata risulta essere di:

$$Q_3 = A \times V_m = m^2\ 99 \times m/\text{sec}\ 4,77 = 472 \text{ mc/sec}$$

Questi tre valori delle/a portate/a alla foce, nelle diverse condizioni dello stato di manutenzione dei fondali, pari rispettivamente a: **330, 398 e 472 metri cubi al secondo**, vanno confrontati con quanto può passare sotto i cinque ponti del tratto cittadino del fiume (*compreso il ponte Portone, o ponte dello stradone Misa*), e cioè con **251 e 433 metri cubi al secondo**.

**I cinque valori osservati criticamente e senza pregiudizi dimostrano in maniera molto chiara che la sistemazione dei ponti e il dragaggio della foce sono due aspetti legati a doppio filo fra di loro e, insieme, legati ad altri provvedimenti che devono necessariamente essere presi anche a monte; infatti, sistemando al meglio sia i ponti che la foce, possiamo fare affidamento al massimo su portate utili di 475 metri cubi al secondo, comunque insufficienti in vista di piene che, come abbiamo visto, potranno essere anche di 675 metri cubi al secondo.**

**4)** Il gap fra portata alla foce e sotto i ponti potrebbe essere ulteriormente ridotto se si costruissero dei muretti ai lati dei moli che aumenterebbero ulteriormente la portata del tratto più stretto della foce.

Un muretto è già stato costruito recentemente in occasione del rifacimento della pavimentazione dei moli, ma solo nel tratto corrispondente al Ristorante la Pagaja; si tratterebbe di prolungare gli stessi sino a che i moli non si allargano di nuovo.

L'altezza media della sezione del fiume, in questo tratto, diventerebbe pari a metri 5,50, per cui:

l'area A risulta essere: **A = m 22 x m 5,50 = mq 121;**

il contorno bagnato C risulta essere: **C = m 5,50 + m 22 + m 5,50 = m 33;**

il raggio idraulico  $R=A/C$  risulta essere: **R = mq 121 / m 33 = m 3,67;**

il coefficiente di scabrezza m, a fiume dragato, può essere assunto pari a:  $m = 0,10$ ;

il coefficiente di Kutter  $\kappa = (100 \sqrt{R}) / (\sqrt{R} + m)$  risulta essere:  $\kappa = 95,02$

da cui si ricava che:

la velocità media nella sezione, in occasione della massima piena, può essere valutata in:

**$V_m = \kappa \sqrt{(R \times I)} = 95,02 \times \sqrt{(3,67 \times 0,8 / 1000)} = 5,15 \text{ m/sec}$ ,**

dove I è la pendenza longitudinale del fiume, valutata, in quel tratto in 0,8/1000 (*80 centimetri al chilometro*), per cui la portata risulta essere di:

**$Q_4 = A \times V_m = \text{mq } 121 \times \text{m/sec } 5,15 = 623 \text{ mc/sec}$**

Con una situazione ottimale, avremmo quindi una foce in grado di smaltire tutte le piene che si sono verificate negli ultimi cinquanta anni.

Una volta finito poi il tratto più stretto della foce, la corrente di piena troverebbe nel successivo allargamento e nelle sponde più basse una possibilità di sfogo ulteriore difficile da valutare preventivamente, ma sicuramente vantaggiosa per un rapido “sgonfiarsi” del fiume che ha ormai raggiunto il mare; anche il tratto a monte potrebbe avere da questo “decongestionamento” della corrente un effetto di accelerazione sicuramente benefico per uno smaltimento della piena in mare, come natura vuole.

**5)** La sezione alla foce si riallarga da 22 metri a 29 metri.

I muretti laterali non servono più.

L'altezza media della sezione del fiume, in questo tratto, ritorna a metri 4,50, per cui:

l'area A risulta essere:  $A = m\ 29 \times m\ 4,50 = mq\ 130,5$ ;

il contorno bagnato C risulta essere:  $C = m\ 4,50 + m\ 29 + m\ 4,50 = m\ 38$ ;

il raggio idraulico  $R=A/C$  risulta essere:  $R = mq\ 130,5 / m\ 38 = m\ 3,43$ ;

il coefficiente di scabrezza m, a fiume dragato, può essere assunto pari a:  $m = 0,10$ ;

il coefficiente di Kutter  $\kappa = (100 \sqrt{R}) / (\sqrt{R} + m)$  risulta essere:  $94,87 = \kappa$

da cui si ricava che:

la velocità media nella sezione, in occasione della massima piena, può essere valutata in:

$V_m = \kappa \sqrt{(R \times I)} = 94,87 \times \sqrt{(3,43 \times 0,8 / 1000)} = 4,96\ m/sec$ ,

dove I è la pendenza longitudinale del fiume, valutata, in quel tratto in 0,8/1000 (80 centimetri al chilometro),

per cui la portata risulta essere di:

$Q_5 = A \times V_m = mq\ 130,5 \times m/sec\ 4,96 = 647\ mc/sec$ ,

una portata del tutto simile a quella del tratto fra i muretti e quella sotto i nuovi ponti.

Se si vogliono poi maggiori limiti di sicurezza per garantire la città anche da piene superiori ai 600 metri cubi al secondo, è necessario che, a monte, si agisca anche con provvedimenti diffusi, miranti ad **aumentare considerevolmente i tempi di corrivazione** ed eventualmente, come “ultima ratio”, anche con la creazione di vasche d'espansione, che siano però sicure per gli abitanti, per le case e per le attività presenti nel loro intorno e che nascano con progetti ragionati, soprattutto nella direzione di **corretti piani di manutenzione ragionevolmente attuabili**.

Tutti i provvedimenti auspicati devono assolutamente far parte di un **progetto globale che interessi tutto il nostro territorio**: sarebbe infatti del tutto inutile dragare alla perfezione la foce e alzare le sponde, garantendo localmente portate da 623 mc/sec, se poi i ponti non fanno

passare più di 350 metri cubi d'acqua al secondo, oppure, viceversa, avere ponti in grado di smaltire 675 mc/sec se poi alla foce passano soltanto 330 mc/sec.

Una volta che saranno realizzati tutti i provvedimenti suddetti, avremo anche moli più sicuri per l'incolumità delle persone: ricordo infatti che, oltre ai morti avuti durante le ultime due alluvioni, del 1976 e del 2014, si sono avuti anche molti incidenti di persone cadute con le auto nel porto-canale e annegate (*in un'occasione, circa venticinque anni fa, morirono quattro ragazzi*); rialzare le sponde dei moli permetterebbe non solo di garantirsi maggiormente contro le piene, ma anche di avere maggiore sicurezza tutti i giorni dell'anno, senza nulla togliere alla "panoramicità" della passeggiata al porto, cara a moltissimi cittadini.

# CONCLUSIONI

È assolutamente necessario che la capacità di smaltimento del nostro fiume, negli ultimi chilometri del suo corso, garantisca valori superiori ai 675 mc/sec; **oggi**, stante la tipologia dei nostri ponti, la pessima scorrevolezza del fondo, il restringimento alla foce ecc., **il Misa garantisce al massimo lo smaltimento di meno di una metà della quantità d'acqua che può arrivare in occasione delle piene più consistenti.**

Permanendo le attuali condizioni, c'è da aspettarsi, se non si prenderanno adeguati e tempestivi provvedimenti, che in un molto prossimo futuro la stessa quantità d'acqua che ha invaso il 3 maggio 2014 la parte di Senigallia a sud-est della strada provinciale Arceviense, possa straripare dagli argini cittadini, invadendo buona parte del centro storico a sud-est del fiume Misa e tutto il centro storico a nord-ovest dello stesso fiume.

È ora, pertanto, di prendere in seria considerazione, dopo il rifacimento del cosiddetto "ponte Portone" o "ponte dello stradone Misa" e dopo il rifacimento (*attualmente in corso*) del "ponte del Corso", il rifacimento dell'altro ponte cittadino (*"ponte del "Duomo"*) e degli ultimi due ponti in prossimità del vecchio porto-canale (*"ponte della Nazionale" e "ponte della Ferrovia"*), sostituendo gli attuali vecchi ponti "a via superiore" con altrettanti nuovi ponti "a via inferiore" e senza le pile intermedie.

I lavori effettuati cinque anni fa, per il ponte Perilli, sono un esempio di occasione persa e di soldi pubblici spesi molto malamente, in quanto quel ponte è stato lasciato "a via superiore" e con le pile in alveo, per cui costituisce oggi esattamente lo stesso pericolo, dal punto di vista idraulico, che costituiva prima dei lavori di rifacimento.

Il rifacimento dei ponti deve essere affidato a imprese e a tecnici specialisti del settore e sarebbe auspicabile un bando internazionale per concorso di idee per poter avere contributi qualificati da più professionisti mentre compito dell'Amministrazione Comunale sarebbe solo, in una prima fase, quello di fornire materiale cartografico, fotografico e alcuni indirizzi generali (*qualcosa di simile a ciò che si era avuto, ad esempio, per l'ampliamento del "Cimitero Le Grazie", negli anni Ottanta*).

Il costo del concorso andrebbe deciso in funzione della qualità dei partecipanti che si intende coinvolgere, ma sarebbe comunque molto limitato rispetto ai vantaggi che si otterrebbero.

Per la realizzazione, l'onere di spesa è sicuramente molto impegnativo e dovrà essere subordinato a finanziamenti "ad hoc", trattandosi sì di una cifra molto considerevole, ma comunque molto inferiore a quella dei danni che, in un prossimo

futuro, si verificheranno di nuovo, e più volte, se non si interverrà presto e in via preventiva.

Nel calcolare i danni provocati dall'alluvione ai singoli cittadini, sia alle abitazioni, sia alle sedi di attività produttive, non si è parlato mai del danno dovuto al deprezzamento del "bene alluvionato": se si mette nel conto anche questo importantissimo fattore, la percentuale del costo di un intervento radicale sui ponti si aggira su valori valutabili attorno al 2% dei danni globali che si sono avuti e, probabilmente, anche di meno, se si considerano anche quelli che si potrebbero avere in futuro.

Quello che si intende caldamente suggerire è una programmazione oculata di lavori pubblici che tendano ad avere, in futuro, un tratto finale del fiume privo di ostacoli artificiali, architettonicamente qualificato e qualificante, per quanto possibile utilizzabile anche nelle sue golene (*prendendo spunto da quanto esiste già in grandi città storiche come Roma e Parigi, rispettivamente lungo il Tevere e lungo la Senna*), ma che garantisca anche e soprattutto il massimo di efficienza della foce del fiume.

Inoltre, visto che questi picchi improvvisi di grandi portate tendono nel tempo ad aumentare, sia come quantità sia come frequenza, bisogna perseguire una sicurezza per il futuro, tenendo conto del trend dei dati attuali, che lasciano presagire un peggioramento climatico, con aumento della piovosità improvvisa.

Si rendono pertanto necessari anche altri provvedimenti a monte del territorio di Senigallia: fra questi, è sicuramente fondamentale rivedere l'assetto agricolo delle nostre colline, da Senigallia ad Arcevia, da Ostra a Trecastelli; bisogna cioè cercare di coltivare i campi sì con i mezzi moderni, ma anche con la saggezza antica, e adottando tutta una serie di accorgimenti con l'obiettivo di **aumentare drasticamente i tempi di corrivazione**; infatti, se si persegue l'obiettivo di aumentare il tempo necessario all'acqua piovana per raggiungere i fossi, prima, e i fiumi, poi, si diminuisce a valle il pericolo di alluvioni (*i fiumi hanno più tempo per smaltire le piene più pericolose: se il tempo d'afflusso raddoppia, la portata di piena si dimezza*); nel contempo, a monte si raggiungono anche gli obiettivi di mantenere l'humus superficiale dei terreni sul posto e di avere riserve idriche maggiori nell'immediato sottosuolo.

Iniziative in questa direzione sono già state prese dai Comuni di Ostra Vetere e di Corinaldo: con i Sindaci di questi Comuni ho già avuto modo di parlare dopo l'ultima tragica alluvione per un proficuo scambio di idee.

Appena possibile, conclusi i lavori di rifacimento del "ponte Il Giugno", lavori attualmente in corso, occorrerà dunque **sostituire gli altri vecchi ponti, ancora a tre**

**campate e “a via superiore”, con ponti a unica campata e “a via inferiore”**, utilizzando le possibilità offerte dalle conoscenze tecniche attuali; utilizzando infatti ponti a “via inferiore” (cioè con il piano viabile impostato nella parte inferiore delle travi, riducendo drasticamente lo spessore dell’impalcato e facendo funzionare le travi come parapetto) si riesce ad avere un maggiore spazio libero in altezza per il passaggio dell’acqua di piena; utilizzando ponti a campata unica si aumenta non solo lo spazio in larghezza, ma soprattutto si evitano i rigurgiti dell’acqua e l’accumulo di materiali trasportati dalla piena davanti alle pile stesse.

Dopo 52 anni di studi e di incontri vedo finalmente, e con grande soddisfazione, l’inizio dei lavori per il ponte del Corso, che sarà ricostruito a campata unica e “a via inferiore”; gli ipercritici a tutti i costi avranno poi da storcere il naso per questo o per quel particolare, ma un primo, grande obiettivo è stato raggiunto.

Per brevità non consideriamo gli enormi benefici che si avrebbero nell’eliminazione dell’ostacolo creato ai vari oggetti trasportati dall’acqua durante le piene; consideriamo però che già solo l’area libera totale sotto il ponte della Statale Adriatica (preso a campione) passerebbe da 115 ad almeno 125 metri quadrati per l’eliminazione delle pile e aumenterebbe di altri 10 metri quadrati per l’innalzamento dell’intradosso della struttura che regge il piano stradale; potremmo contare cioè su almeno **130 metri quadrati** di area di passaggio; si passerebbe cioè da 115 a 130 mq, apparentemente poco, forse, ma solo per i non addetti ai lavori, che non riescono a vedere e a valutare tutti gli altri effetti favorevoli indotti.

Bisogna infatti valutare che, con il nuovo assetto, il corrispondente “rendimento”, il cosiddetto “raggio idraulico”, passerebbe da valori intorno a 2 a valori superiori a 2 e il coefficiente di scabrezza potrebbe essere abbassato da 0,20 a 0,10 con una conveniente sistemazione e con una oculata manutenzione del fondo e delle sponde laterali; ne segue che il coefficiente di Kutter da valori prossimi a 90, arriverebbe a superare anche il valore 100.

Conseguentemente (con calcoli analoghi a quelli riportati nelle pagine precedenti) si potrebbero raggiungere, in occasione di future, grosse piene, velocità medie di smaltimento della piena di **5,2 mc/sec** e, quindi, potrebbero arrivare a essere **smaltite anche portate** di:

$$Q_{\max} = A_{\text{tot}} V_{\text{media}} = 130 \text{ mq} \times 5,2 \text{ m/sec} = 676 \text{ mc/sec}$$

come necessario.

Concludendo, in termini non di formule idrauliche ma di parole, maggiormente comprensibili ai più, il fiume, una volta sistemato e con ponti moderni, potrebbe essere

capace di smaltire il 60% in più di acqua rispetto a quella che è capace di smaltire adesso, in condizioni di fiume pulito; il fiume stesso potrebbe essere capace di smaltire fino al 200% in più rispetto alle condizioni attuali di “fiume sporco”.

È **fondamentale**, comunque, abbinare a tutto quanto è e sarà possibile fare in città anche una serie di “accorgimenti” da porre in essere in campagna, riguardanti sia il letto del fiume, sia i relativi fossi e anche i campi dell’entroterra.

Se i campi fossero in grado di trattenere maggiormente l’acqua piovana, si potrebbe quindi tornare ad adottare, nel calcolo della portata di piena, un coefficiente prossimo a 27,5, invece di 33,2, e quindi a poter prevedere massime portate del bacino imbrifero di circa 550 mc/sec al massimo e non più di 650 mc/sec, come al momento è invece paventabile, e avere quindi maggiori margini di sicurezza, sia per la vita in città, sia per la vita nell’immediato hinterland, non più soggetto a inondazioni naturali e/o forzate dall’incuria dell’uomo.

Si passerebbe quindi a vivere non più sotto il costante “incubo di Giove Pluvio”, ma tranquillizzati da un rassicurante coefficiente di sicurezza di 1,25 (>1!) e non con l’attuale 0,37 (<<<1!); si aumenterebbe cioè la sicurezza di 3,38 volte.

**Il tutto con costi paragonabili a pochissimi punti percentuali rispetto ai costi dei danni provocati da ogni singola alluvione, senza contare il pericolo per le vite umane.**

Naturalmente sono necessari provvedimenti diversi per tutti gli altri punti critici del corso del fiume, provvedimenti che si devono basare sullo stesso concetto: **ogni sezione del fiume deve essere in grado di smaltire tutta l’acqua che gli arriva da monte** e portarla al mare in sicurezza per le cose e, soprattutto, per le persone.

Gli eventi della notte fra il 12 e il 13 febbraio 2015 hanno permesso di incamerare altri dati preziosi su cui riflettere.

Da parte di chi deve operare per salvaguardare la vita e i beni dei cittadini si deve meditare molto sul fatto che una portata minima valutabile fra i 250 e i 300 mc/sec abbia fatto di nuovo crescere il livello del fiume fino a sfiorare il livello delle travi dei ponti ed i bordi del vecchio porto-canale; inoltre anche questa volta il fiume, in città, si è alzato da un livello ancora di magra alle 4 della notte a un livello preoccupante già alle 6 della mattina, dopo appena due ore; rimane la grande preoccupazione per la prossima piena da 675 metri cubi al secondo...



Senigallia, 11 agosto 2023

Arnaldo Giuseppe Fornaroli  
ingegnere ed architetto