

L'ALLUVIONE DEL 3-4 NOVEMBRE 1966 NELLE TRE VENEZIE

Considerazioni (malinconiche) dopo 50 anni

Luigi Da Deppo

Professore Emerito - Università di Padova

BOLZA

Sommario

L'evento alluvionale del Novembre 1966, che ha colpito varie parti d'Italia, tra cui Firenze, è stato particolarmente intenso nelle Tre Venezie dove ha interessato torrenti, fiumi ma anche, ed in maniera eccezionale, la Laguna e la città di Venezia.

Nella nota, richiamata la memorabile alluvione dei fiumi Veneti del 1882, e quella, più recente, del 1965, vengono descritti i caratteri climatici e meteorologici che hanno dato luogo all'evento e le conseguenze sui principali corsi d'acqua e sulla laguna.

Sono anche ricordati alcuni interventi realizzati dopo la piena del 1882 che hanno evitato, successivamente, danni alla città di Verona ed ai territori a valle della stessa. Sono richiamati altri interventi, previsti dopo il 1966, ma non realizzati che potrebbero significativamente ridurre i danni nel caso, certamente possibile, del ripetersi di eventi analoghi a quello del 1966.

Alcune considerazioni sono infine svolte su quali sarebbero oggi i danni se si verificasse un evento analogo a quello del 1966.

1. Premesse

L'alluvione del 3 e 4 novembre 1966 è stata per le tre Venezie la peggiore del secolo scorso, ancorché eventi gravi si siano verificati nel 1926, nel 1928 e nel 1965 per citare i più significativi.

Nel secolo precedente, nelle tre Venezie, le provincie di Trento e Bolzano e Gorizia ed alcuni paesi della provincia di Belluno facevano ancora parte dell'Imperial Regio Governo di Vienna, l'evento più disastroso fu quello del settembre 1882, definito da Vollo (1942) *triste caposaldo delle più funeste vicende idrauliche dei fiumi veneti*. Un richiamo a quest'ultimo evento, ed un breve cenno a quello del 1965, con qualche riferimento anche ad altre piene, viene fatto, prima della descrizione di quello del 1966, per un confronto tra i vari casi, ma anche per evidenziare come alcuni interventi, dopo eventi significativi, abbiano messo in sicurezza territori più o meno ampi.

La Fig. 1 mostra i bacini idrografici dei fiumi delle Tre Venezie e la loro sezione di chiusura.



Fig. 1 - Bacini idrografici dei fiumi delle Tre Venezie e loro sezione di chiusura. I confini amministrativi sono quelli attuali.

In particolare si mostrerà come i provvedimenti presi per l'Adige dopo il 1882, sia dal governo Austriaco, che ha dominato i 9/10 del bacino tributario fino al 1918, che, dopo la grande guerra, da quello Italiano, abbiano, per quel fiume, comportato nel 1965 e 1966 significative riduzioni dei danni rispetto al 1882. Per gli altri fiumi, per i quali non erano state nel frattempo eseguite opere significative, durante l'evento del 1966, ma anche quello del 1965, si sono verificati danni

comparabili con quelli del 1882.

E' peraltro da sottolineare come ben pochi provvedimenti siano stati presi negli ultimi 50 anni, mentre sono state utilizzate, per infrastrutture ed insediamenti, vaste aree ad elevata pericolosità, talvolta anche in prossimità degli argini, in spregio alle prescrizioni del T.U. 25 luglio 1904 n° 523, portando i territori delle Tre Venezie in condizioni di maggior rischio idraulico (prodotto della pericolosità per il danno) rispetto al 1966.

2. La piena dei fiumi Veneti del 1882

Nell'anno 1882, caratteristico per la scarsità di precipitazioni invernali e primaverili, le precipitazioni risultarono significativamente abbondanti nei mesi estivi. All'inizio del periodo piovoso (11 settembre), il terreno risultava saturo per le precipitazioni dei mesi precedenti. Alle quote più elevate si ebbero precipitazioni nevose. Le precipitazioni iniziate il giorno 11 settembre continuarono fino al giorno 22. L'intensità massima fu raggiunta tra il 15 ed il 17, successivamente le precipitazioni divennero più scarse, per cessare il giorno 23.

Intorno alla metà di settembre, inoltre, le temperature si alzarono in misura significativa e provocarono scioglimento delle nevi: conseguenza delle forti precipitazioni, accompagnate dallo scioglimento delle nevi in quota, furono piene significative di quasi tutti i fiumi.

Particolarmente grave fu la situazione dell'Adige (superficie del bacino $S= 11.954 \text{ km}^2$), terzo fiume d'Italia per estensione del bacino dopo Po e Tevere. Nella seconda metà di settembre la piena raggiunse, per questo fiume, il suo massimo.

Il 16 settembre la situazione era già gravissima lungo tutta l'asta. A Trento (9.671 km^2) l'Adige raggiunse, il giorno 18 settembre, l'altezza idrometrica di 6,11 m (Fig. 2) e la città fu completamente allagata (Fig. 3).

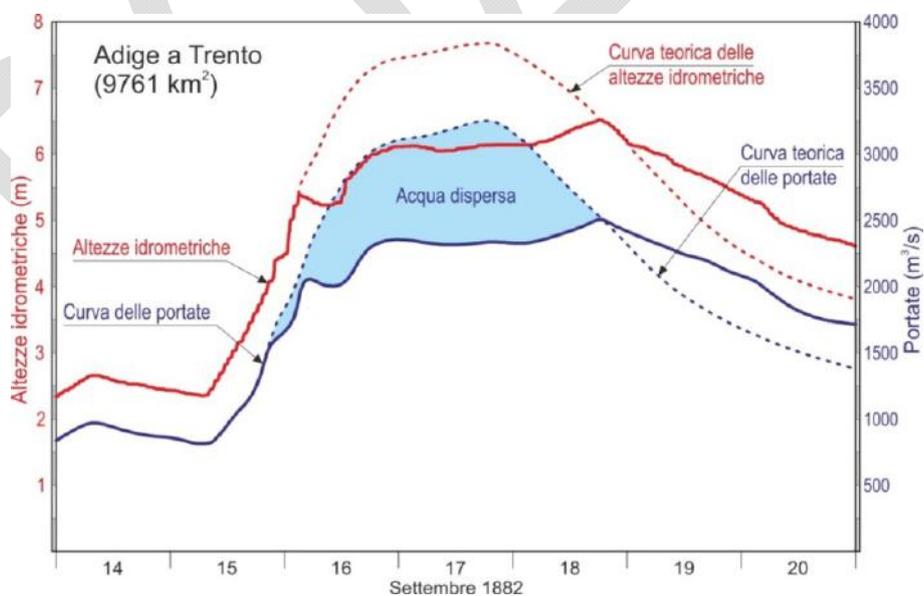


Fig. 2 - Altezze idrometriche¹ e portate a Trento durante la piena del 1882, ridisegnata da Miliani (1937).

¹ L'altezza idrometrica che si evince dalla figura sarebbe di circa 6,50, contro l'altezza massima indicata in tutti i documenti (Miliani compreso), di 6,11 m. Miliani, a questo proposito riporta una nota che recita:

Sull'altezza raggiunta dal colmo della eccezionale piena del settembre 1882 all'idrometro di Ponte S. Lorenzo, vengono riportate, nelle diverse pubblicazioni, dati differenti. L'incertezza dipende dall'eccezionalità delle condizioni in cui vennero eseguite le osservazioni ad idrometro sommerso. L'altezza di m. 6.11 è quella ammessa (v. pubblicazione del Ponti) dall'Ufficio della dirigenza della regolazione dell'Adige e dall'Ufficio tecnico municipale di Trento, che avevano fatto eseguire le osservazioni stesse.

Per Verona (11.099 km²) il giorno peggiore fu il 14 settembre, con la distruzione, tra l'altro, di Ponte Nuovo. Il 17 settembre oltre i due terzi della città erano sommersi dall'acqua (Fig. 4, Fig. 5 e Fig. 6).



Fig. 3 - Piena dell'Adige del 1882: allagamento di Trento.

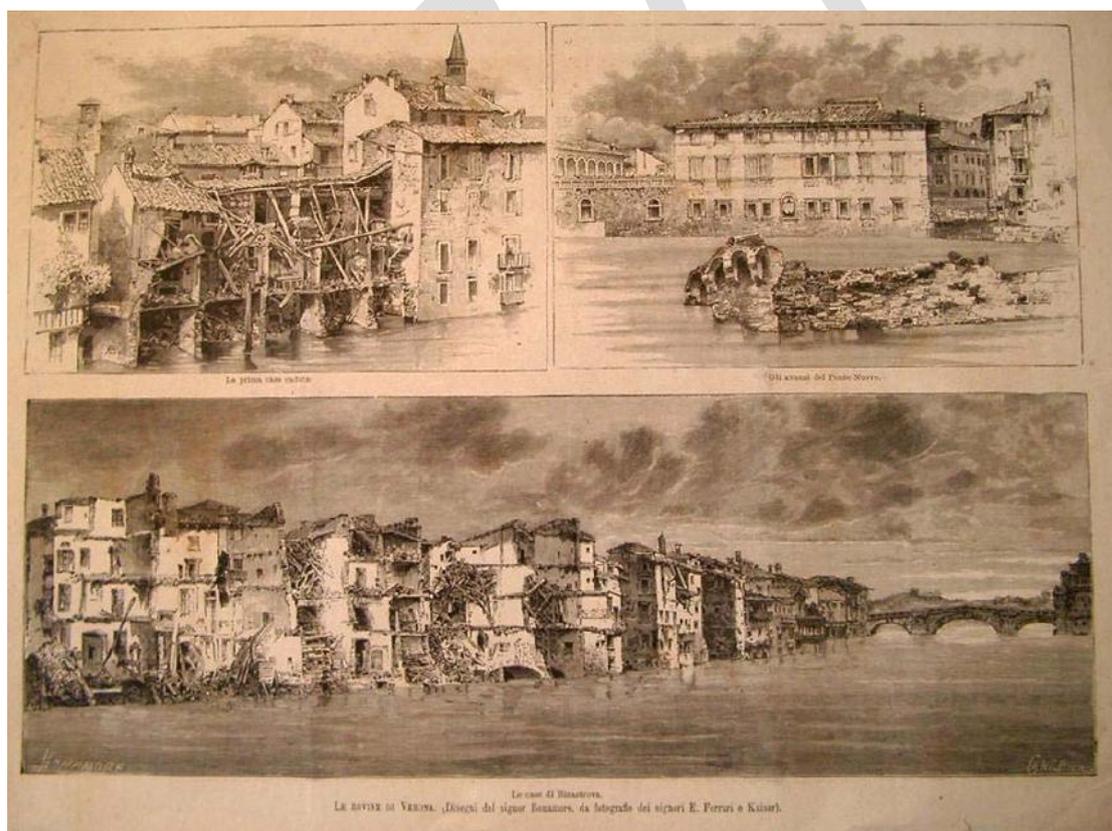


Fig. 4 - Piena dell'Adige del 1882: distruzioni a Verona.

E' da evidenziare che la Fig. 2 ripresa da Miliani [1937], presenta anche altre incongruenze rispetto alla descrizione che fa il Miliani stesso dell'evolversi della piena.

Anche Enel [1968] riporta una figura, senza indicare la fonte, con l'altezza massima di circa 6,50 m, mentre dichiara che il massimo è stato di 6,11 m.



Fig. 5 - Piena dell'Adige del 1882 a Verona: distruzione di Ponte Nuovo.



Fig. 6 - Piena dell'Adige del 1882 a Verona: lapidi che indicano il livello raggiunto in vari punti della città.

La portata dell'Adige è stata stimata, in assenza di rotte, tra i 2.500 ed i 3.500 m³/s, la discordanza tra i valori essendo principalmente da imputarsi alla stima delle acque esondate (Min. LL.PP., 1959).

Il 17 settembre, alle 3,30, l'Adige ruppe gli argini in riva destra a Boschetto di Angiari (Verona), presso la "chiavica del Galletto", a 100 km dal mare. Le acque disalveate devastarono le campagne della bassa veronese e del Polesine fino a riversarsi nel Tartaro-Canalbiano, provocando rotte negli argini di quest'ultimo a Bergantino (Rovigo), Zelo (Rovigo) e Frassinelle Polesine (Rovigo).

Nel bacino furono allagati 126.000 ha, con tiranti che, in alcuni punti, superarono i 6 m; crollarono 40

grandi ponti, 2500 manufatti idraulici e 540 case furono distrutte o gravemente danneggiate [Miliani,1937 ed Enel, 1967]. La Fig. 7 riporta le aree allagate a valle di Verona [Miliani, 1937].

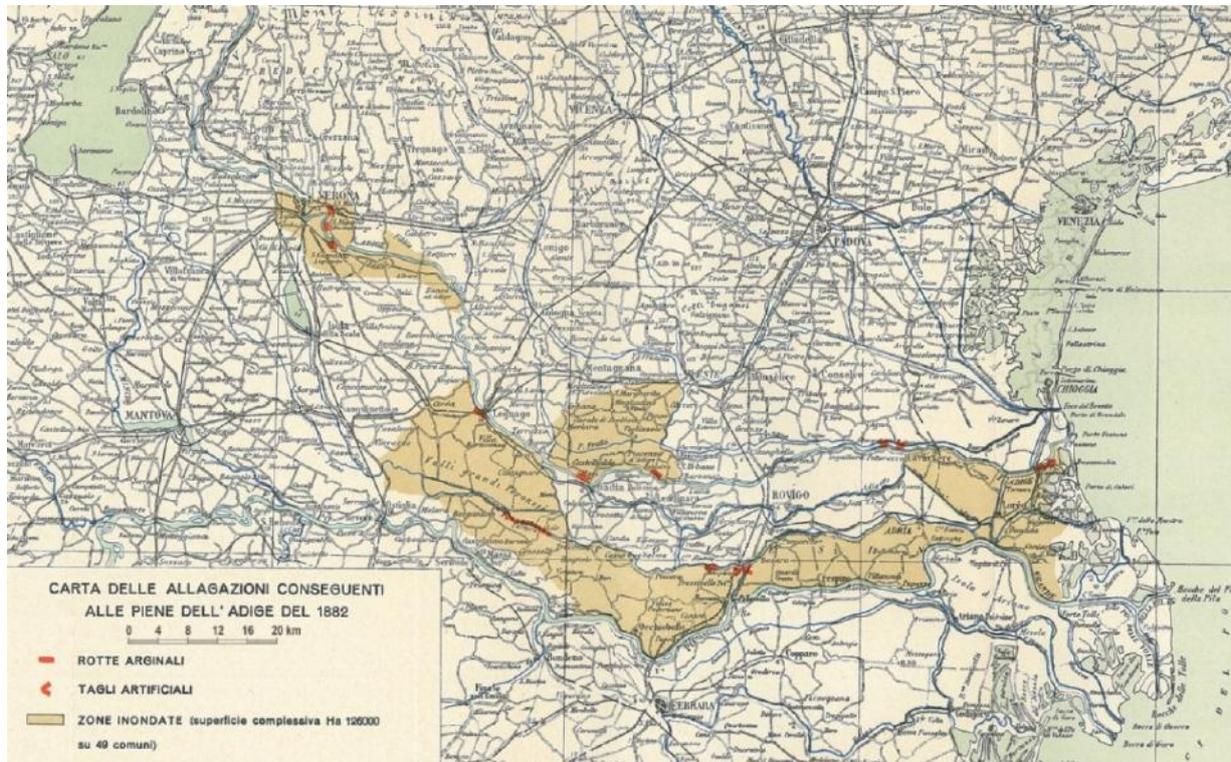


Fig. 7 - Piena dell'Adige del 1882: aree allagate.

Situazioni gravi si verificarono anche nel bacino della Brenta², che raggiuse a Bassano (Vicenza) l'altezza idrometrica di 4,75 m, con una portata di 1800 m³/s. L'abitato di Solagna (Vicenza) fu invaso dalle acque fino circa al primo piano, i ponti nel tratto Valstagna (Vicenza)-Bassano vennero distrutti, così come quelli più a valle di Fontaniva (Padova) e di Curtarolo (Padova); a Limena (Padova) fu distrutto uno *squero*, ossia un cantiere per imbarcazioni (Fig. 8), furono dissestati i due ponti di Ponte di Brenta (Padova) e la Briglia a panconcelli di Strà (Venezia), realizzata nel 1865, per l'attraversamento a raso della Brenta da parte del naviglio di Brenta che collega Padova e Venezia.

Notevoli aree rimasero allagate per alcuni giorni da sud di Bassano fino a Padova, e, più in basso, per molte settimane da Saonara (Padova) fino alla foce. Numerose furono le erosioni di sponda (Fig. 8), i sormonti, gli sfondamenti ed i sifonamenti arginali.

Rotte e straripamenti dell'Astico e del Leogra, interessarono ampi territori del bacino del Bacchiglione in provincia di Vicenza. La piena del Bacchiglione produsse inoltre inondazione dei quartieri più depressi della città di Padova, i cui danni furono limitati da due rotte a valle della città, a S. Nicolò e Pontelongo, che tuttavia allagarono ampie aree abitate e coltivate.

Nel bacino della Piave furono inondati 56.000 ha, con altezza media sul piano di campagna di 3 m. Furono distrutti i ponti di Quero (Belluno), Vidor (Treviso) e San Donà (Venezia); crollarono 130 fabbriche e vennero gravemente lesionate e rese inabitabili 670 case.

Dettagliata cartografia con riportato quanto successo nel 1882, con anche un confronto con quanto avvenuto nel 1966 è stata rappresentata (Fig. 9) da Caleffa et Al. (1992).

² Il fiume Brenta (la Brenta, ricordata da Dante nell'Inferno, Canto XV, della Divina Commedia), come molti altri fiumi delle tre Venezie, sono stati, fino al periodo tra le due guerre, di genere femminile, per divenire poi, via via, sempre più spesso indicati al maschile.



Fig. 8 - Piena del Brenta del 1882: distruzione dello *squero* di Limena (Padova).

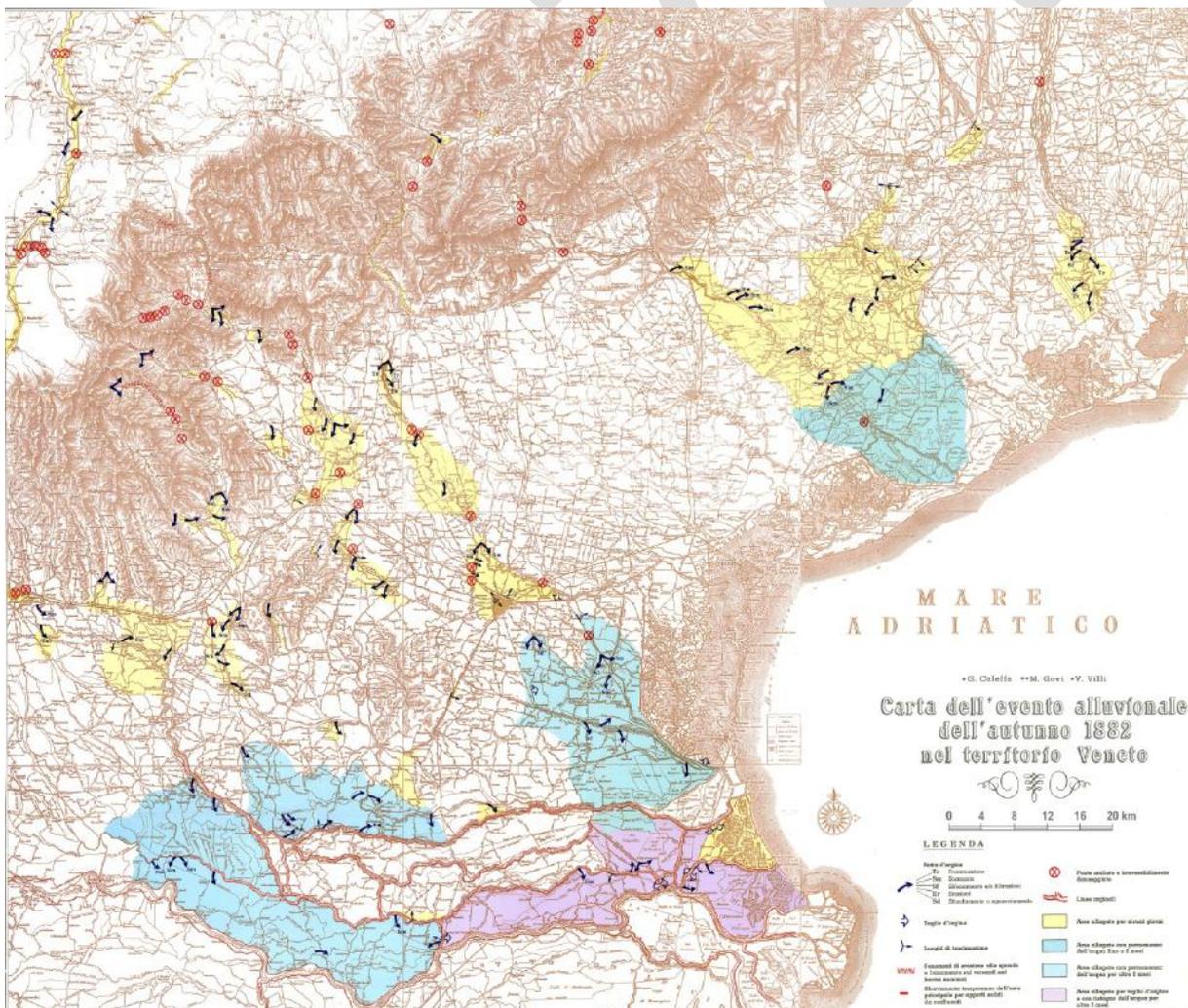


Fig. 9 - Piena del 1882 nelle Tre Venezie: aree allagate (in giallo sono rappresentate le aree allagate per alcuni giorni, in blu scuro le aree allagate fino a 2 mesi, in blu chiaro le aree allagate per oltre 2 mesi, in lilla le aree allagate per taglio d'argine) [Caleffa et al., 1992 – modificato].

3. Alcuni interventi sui fiumi Veneti dopo la piena del 1882 fino al 1965

Dopo l'evento del 1882 il fiume Adige a Verona fu regolarizzato ed allargato in molti punti e difeso, sulle due sponde, con alti muraglioni, analogamente a quanto si andava realizzando, da qualche anno, a Roma dopo la piena del Tevere del 29 e 30 dicembre 1870 [Da Deppo, 2014]. Interventi tuttavia riconosciuti non sufficienti per mettere in sicurezza la città ed il basso corso dell'Adige.

Inoltre, poiché era riconosciuta l'influenza sulle piene dell'Adige del torrente Avisio ($S=937 \text{ km}^2$), affluente di sinistra, poco a monte di Trento, specie per il suo notevole trasporto solido, l'Imperial Regio Governo di Vienna decise l'immediata costruzione, su questo torrente, della *serra*³ di San Giorgio, per la trattenuta del materiale solido (Fig. 10, Fig. 11, Fig. 12 e Fig. 13).



Fig. 10 - Serra di S. Giorgio alla fine della costruzione anno 1883.



Fig. 11 - Serra di S. Giorgio, anni 1884-85.



Fig. 12 - Serra di S. Giorgio durante l'inondazione dell'anno 1888.

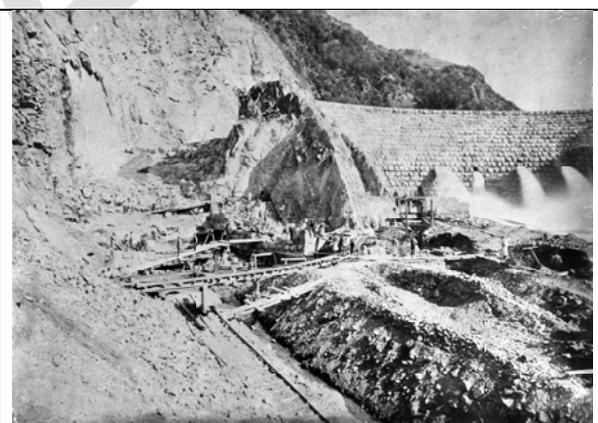


Fig. 13 - Serra di S. Giorgio, costruzione del canale di scarico laterale a seguito dei danni dovuti alla piena del 1888 - anni 1889-90.

³ A partire dal XVI secolo, ma specialmente nell'800, in torrenti molto pendenti, incisi in valli strette e profonde – la parte relativamente alta del bacino – furono realizzate alcune sistemazioni con briglie di muratura di notevole altezza e spesso con pianta arcuata, in luogo di una serie di opere di minore altezza, costruite, come consuetudine al tempo, con legname e pietrame, distribuite lungo il corso. Queste venivano chiamate *serre* o *chiuse*.

Miliani [1937] definisce l'Avisio⁴, *...grande roditore dei porfidi angitici e quarziferi che costituiscono buona parte del suo bacino...., e ..selvaggio figlio delle Alpi"*

Con analogo scopo di trattenuta dei materiali solidi, furono costruite serre su altri affluenti dell'Adige; è da sottolineare come la costruzione delle serre fosse iniziata già a partire dal '500.

La Fig. 14 riporta il progetto di Giacinto Turazza, professore di Costruzioni idrauliche nell'Università di Padova, di una serra sul Leno di Terragnolo (Leno di Vallarsa-Adige-Trento).

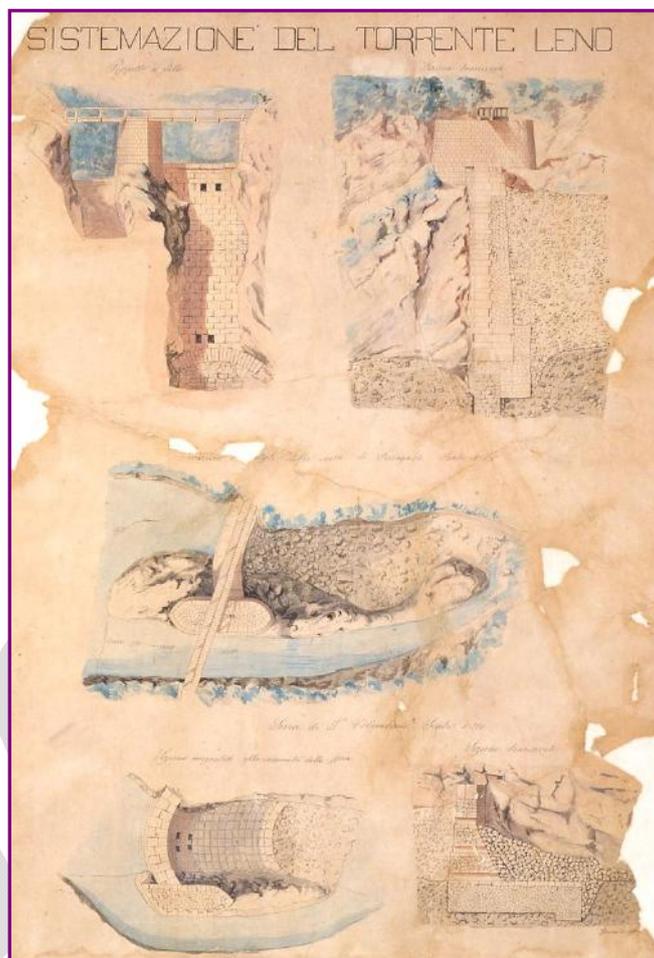


Fig. 14 - Serra sul T. Leno di Terragnolo – disegno autografo di G. Turazza (1896)

Quest'ultima serra è meritevole di particolare menzione per i suoi aspetti progettuali: sia per le fondamenta che per la passerella superiore, ma ancor più per il canale di scarico laterale, forse ispirato da quanto dovuto realizzare per la serra di S. Giorgio dopo la piena del 1888 (Fig. 13).

Opera fondamentale realizzata per la difesa dall'Adige a valle di Trento, in particolare della città di Verona, è la galleria Adige-Garda, proposta da Miliani nel periodo tra le due guerre, nell'ambito di un ampio progetto di sistemazione del sistema Adige- Garda – Mincio – Tartaro - Canal Bianco - Po di Levante; il progetto fu approvato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici il 28 dicembre 1938. I lavori di costruzione della galleria iniziarono nel 1939, ma furono sospesi per gli eventi bellici nel

⁴ L'Avisio, o meglio il suo affluente Rio Stava, è tristemente famoso per il disastro di Stava, piccolo centro sul rio omonimo, affluente di destra, del 19 luglio 1985. Alle ore 12.22 crollarono i bacini di decantazione della miniera di Prestavel scaricando 185.000 m³ di fango sull'abitato di Stava, frazione del comune di Tesero (Trento). La massa fangosa composta da sabbia, limi e acqua scese a valle lungo il rio a una velocità media, nel tratto alto e medio, di 20 m/s, spazzando via persone, alberi, abitazioni e tutto quanto incontrò fino a che non giunse alla confluenza con il torrente Avisio. Le vittime furono 269.

1943. Iniziati nuovamente nel 1954, terminarono il 18 maggio 1959. La galleria (Fig. 15) consente di scaricare in Garda (superficie del lago: 370 km²), fino a 500 m³/s, prelevati dall'Adige⁵.

La galleria, in provincia di Trento, preleva l'acqua dell'Adige a Mori e la scarica nel lago a Torbole; il dislivello è di 100 m, il percorso, rettilineo, ha lunghezza di 9873 m, la sezione è policentrica a ferro di cavallo con D=7,80 m, la pendenza, escluso imbocco e sbocco, è dello 0,0087.

La galleria è, ancor oggi, il più significativo scolmatore realizzato in Italia.

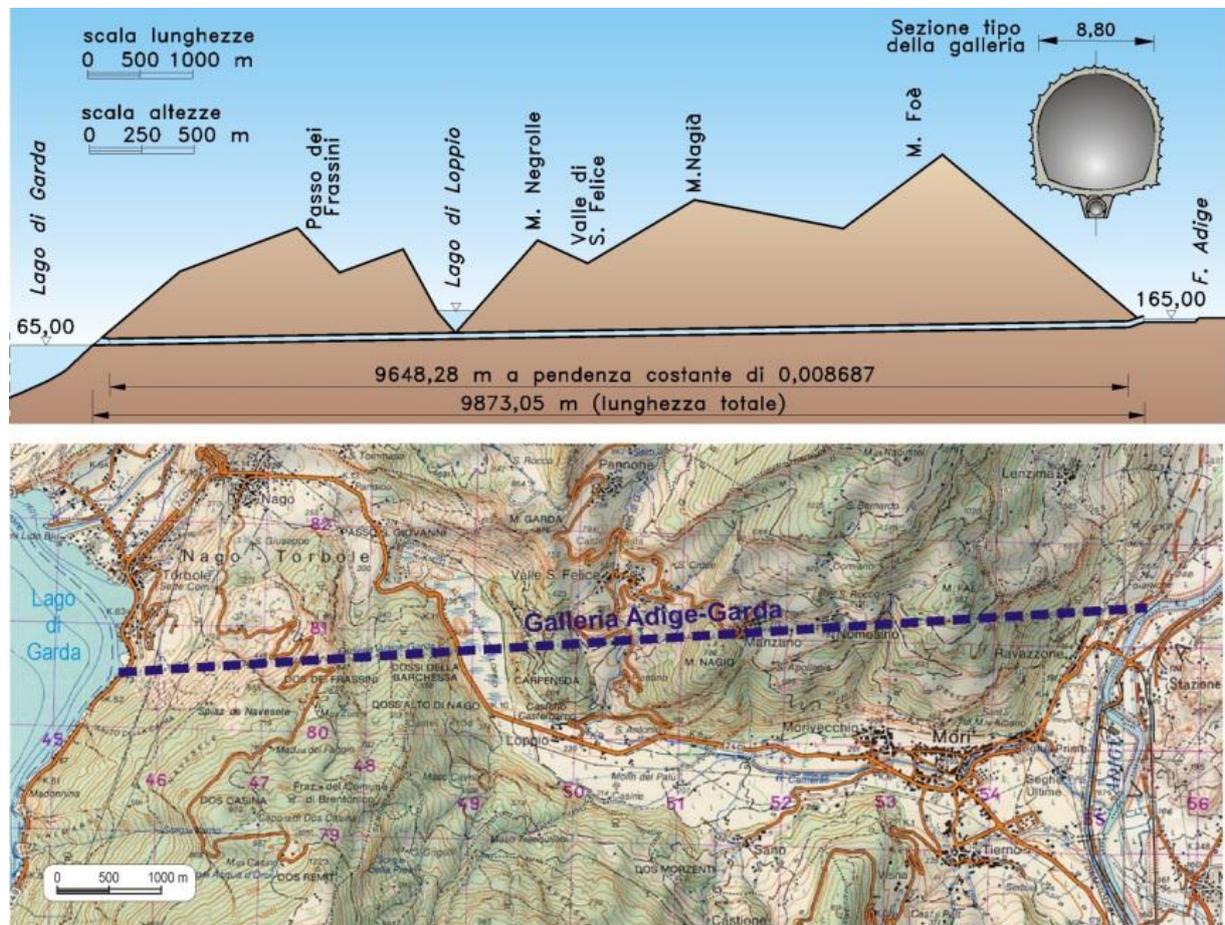


Fig. 15 - Galleria Adige-Garda: profilo longitudinale, sezione trasversale e planimetria.

Con finalità idroelettriche, ma con alcuni vincoli per gli antichi diritti irrigui, a partire dagli anni '20 e fino alla metà degli anni '60, sono stati realizzati nei corsi d'acqua veneti 45 serbatoi⁶ per una capacità complessiva di 1.111,1 milioni di m³. I serbatoi, per la maggior parte realizzati dopo la seconda guerra mondiale, anche se non dispongono di una parte del volume d'invaso

⁵ Le prime proposte per scaricare in Garda una parte delle piene dell'Adige sembrano essere state quelle di Padre Vincenzo Coronelli (Venezia 1650-1718) che propose di scaricare un terzo delle portate dell'Adige da Ceraino (Dolcè-Verona) al Garda con una galleria di 8 km. L'idea fu poi ripresa dal Montanari nel 1902 ed ancora da altri.

Nel 1930 Luigi Miliani, Presidente del Magistrato alle Acque di Venezia, propose la galleria, lunga circa 10 km, con presa dall'Adige a Mori (in territorio Italiano dal 1918) anziché a Ceraino, essendo il dislivello tra Mori e Garda di 100 m, contro i 30 m tra Ceraino e Garda [M.LL.PP.-MAV, 1959].

⁶ Le prime dighe realizzate nelle tre Venezie. Secondo quanto riportato in Le Dighe di Ritenuta in Italia [M.LL.PP., 1926] sono di seguito indicate.

In Friuli lo sbarramento di Crosis sul torrente Torre. La diga, ad arco su tamponi di calcestruzzo, ha altezza di 38,20 m, volume di invaso utile 150.000 m³; ultimata nel 1901.

In Veneto lo sbarramento del Cismon a Ponte della Serra. La diga, ad arco trascinabile, ha altezza di 34,75 m, volume di invaso utile 200.000 m³; ultimata nel 1910.

specificatamente riservato alla laminazione delle piene, svolgono comunque, specie quelli con maggior invaso, per l'elevata superficie di cui dispongono nell'intorno della quota di regolazione, un significativo effetto di laminazione.

4. Cenni sulla piena dei fiumi Veneti del 1926 e 1928

Come s'è detto, dopo il 1882 altre piene significative hanno interessato i corsi d'acqua veneti, in particolare nel 1926 e 1928.

In questa sede la piena del 1926 merita di essere ricordata perché, dopo le piene primaverili del 1926, il Regio Magistrato alle Acque, presieduto da Luigi Miliani propose un nuovo orientamento per la difesa idraulica, consistente nella diversione in bacini di invaso, detti casse d'espansione⁷, di parte dei deflussi di piena nelle fasi critiche per i tronchi a valle.

Il fiume Agno Guà, si prestò alla prima realizzazione, riprendendo un'idea già ventilata dopo le piene del 1905 e 1907.

L'iniziativa fu favorita dall'esistenza a Montebello Vicentino (Vicenza) di una zona delimitata a sud dalla SS.11, a ovest dalle arginature del Chiampo e a est dal t. Guà. Nella zona interclusa le acque di scolo erano raccolte dall'Acquetta che confluiva poi nel Fratta Gorzone.

Le finalità previste dalle opere, iniziate immediatamente e terminate alla fine del 1927 Fig. 16 e Fig. 17 erano:

- 1) Possibilità di attivare, sospendere e riattivare in qualunque momento la diversione delle acque del Guà nel bacino, al disopra di una determinata quota idrometrica del fiume.
- 2) Possibilità di regolare la diversione entro determinati limiti di portata (da un valore minimo ad uno massimo).
- 3) Rapidità e sicurezza di manovra.
- 4) Possibilità di derivare una sufficiente portata, con limitato battente sulla soglia del manufatto di immissione al bacino di invaso.

La cassa, progettata dopo la piena del 1926; era già completata alla fine del 1927.

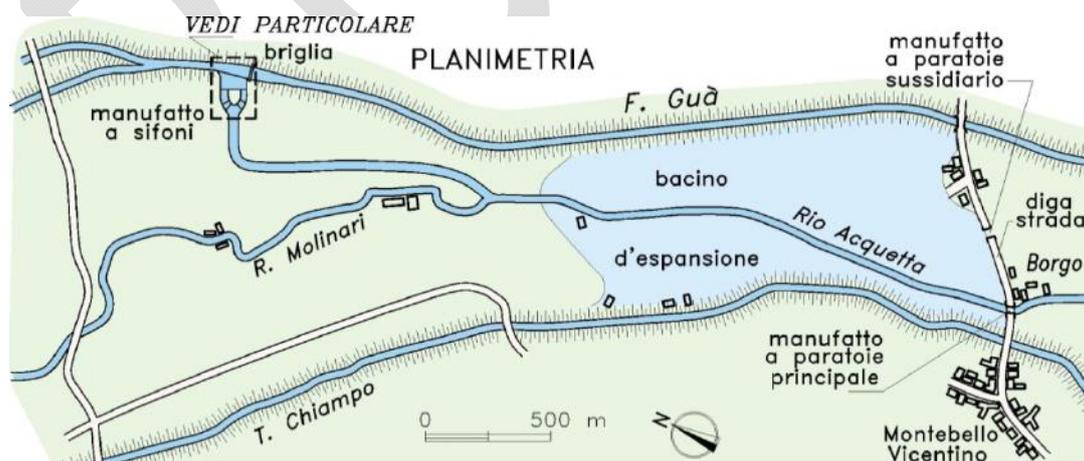


Fig. 16 - Planimetria della cassa d'espansione di Montebello Vicentino (Agno- Guà).

⁷ Le capacità, realizzate sbarrando con una diga un corso d'acqua nella sua medio-alta, in grado di modificare, ritenendo temporaneamente una parte dei deflussi di piena, sono denominate *serbatoi di piena*.

Per la parte media e bassa di un corso d'acqua, sono talvolta disponibili a cavallo o in fregio al corso d'acqua siti che, opportunamente sistemati ed arginati, permettono l'invaso temporaneo di volumi anche rilevanti in rapporto al volume della piena; queste strutture sono chiamate *casse d'espansione*. Le casse possono essere a cavallo del corso d'acqua di cui si vuole laminare la piena (dette *di valle*), o in derivazione dallo stesso (*casse in derivazione*); queste ultime sono escluse dall'applicazione del Regolamento dighe.



Fig. 17 - Opere d'imbocco della cassa d'espansione di Montebello Vicentino (1927).

La capacità d'invaso è, con un'area di 100 ettari, di $5 \times 10^6 \text{ m}^3$, con la possibilità di aumentarli a 9 realizzando due bacini in cascata, ipotesi tuttavia non realizzata. La massima portata di piena a Cologna Veneta (260 km^2), nel 1926, fu stimata di $400 \text{ m}^3/\text{s}$. La portata scaricabile nella cassa era prevista tra $15 \text{ m}^3/\text{s}$ e $200 \text{ m}^3/\text{s}$. Le prove su modello, accertarono una capacità di derivazione di $230 \text{ m}^3/\text{s}$.

Attualmente è in corso la progettazione per il raddoppio del volume d'invaso della vasca.

Per le piene del 1928 ci si limita ad un cenno per quella dell'Adige a Trento (9.763 km^2), per il confronto che può farsi con le altre piene qui ricordate nella stessa località, ma soprattutto per la singolarità di tre colmi significativi verificatisi in 10 giorni, dal 23 ottobre al 1 novembre (Fig. 18).

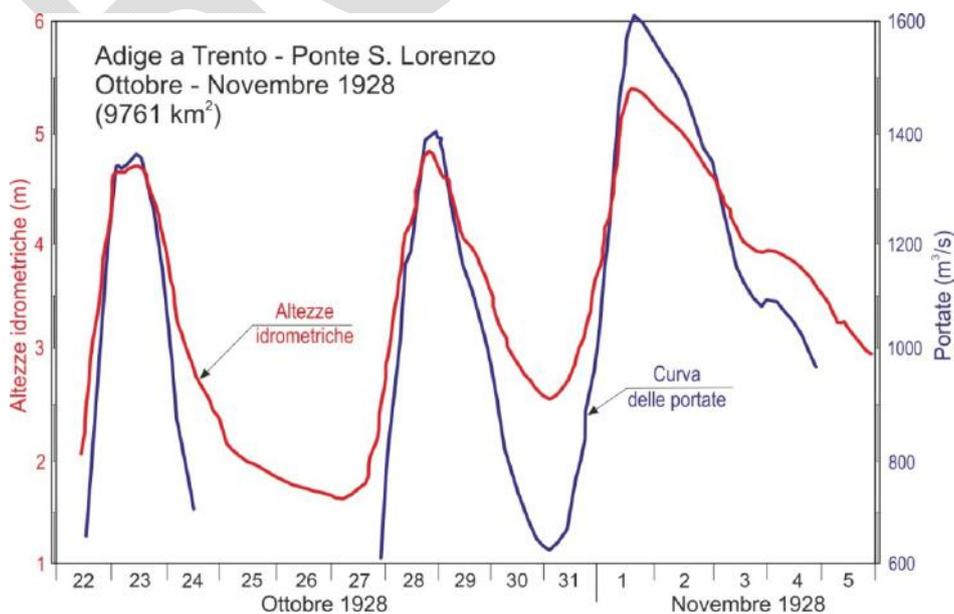


Fig. 18 - Piena dell'Adige del 1928 a ponte S. Lorenzo a Trento.

Per l'Adige la piena del 1928 iniziò il 21 ottobre e si protrasse fino ai primi di dicembre; l'onda di piena, come detto, si presentò con tre picchi. Il 1° novembre a Trento fu raggiunta l'altezza di 5,42, superiore a quella di 5,20 del maggio 1926.

La Fig. 19 mostra la piena dell'Adige del 1928 a ponte S. Lorenzo a Trento e lo stesso scorcio come si presenta oggi.

Della possibilità di piene successive in tempi brevi è da tener conto nello stabilire i volumi da assegnare ad eventuali opere di laminazione per un corso d'acqua, ed in particolare nel dimensionamento degli organi di scarico.



Fig. 19 - Piena dell'Adige del 1928: ponte S. Lorenzo a Trento (9.763 km²) durante la piena e stesso scorcio come si presenta oggi (Foto P. Bertola).

5. La piena dei fiumi Veneti del 1965

Nel settembre 1965 le Tre Venezie sono state interessate da precipitazioni intense che hanno avuto, a partire dal giorno 1, durata superiore alle 50 ore.

La prima parte delle precipitazioni, oltre i 1.200 m s.m.m., è stata sotto forma di neve; successivamente, per un repentino aumento della temperatura, la neve al suolo, fino a circa 2.000 m s.m.m., si è fusa per lo spessore di 10-15 cm, cosicché le acque di fusione si sono sommate alla parte della precipitazione più intensa.

Inoltre, i terreni, saturi per le abbondanti precipitazioni dei mesi precedenti, hanno ritento in minima parte la nuova pioggia, dando luogo ad un elevato coefficiente di deflusso.

Durante la piena le altezze idrometriche e le portate hanno superato, quasi ovunque, i massimi della piena del settembre 1882. Ha fatto eccezione la parte alta del bacino dell'Adige e quella a valle della ricordata galleria Adige-Garda.

A titolo di esempio nella Fig. 20 sono riportati i pluviogrammi dei giorni 1, 2 e 3 settembre 1965 in alcune stazioni delle tre Venezie [Enel, 1967].

Una puntuale descrizione della situazione barica che ha dato luogo all'evento del settembre 1965 è riportata in Enel [1967].

Le piene dei fiumi Veneti del settembre 1965, hanno presentato in numerose stazioni di misura tre picchi di colmo: il massimo, quello centrale, preceduto e seguito da altri due colmi; ogni colmo è risultato intervallato dal successivo di 18-20 ore.

Nelle stazioni sul Boite a Podestagno (Piave-Belluno, S = 82 km²) e sul Piave a Segusino (Treviso, S=3.333 km²) si sono avuti due soli colmi; è tuttavia da osservare che la prima stazione sottende un

modesto bacino di montagna, la seconda è influenzata dalla presenza a monte di 14 serbatoi per uso idroelettrico, con un volume utile di $277,1 \times 10^6 \text{ m}^3$.

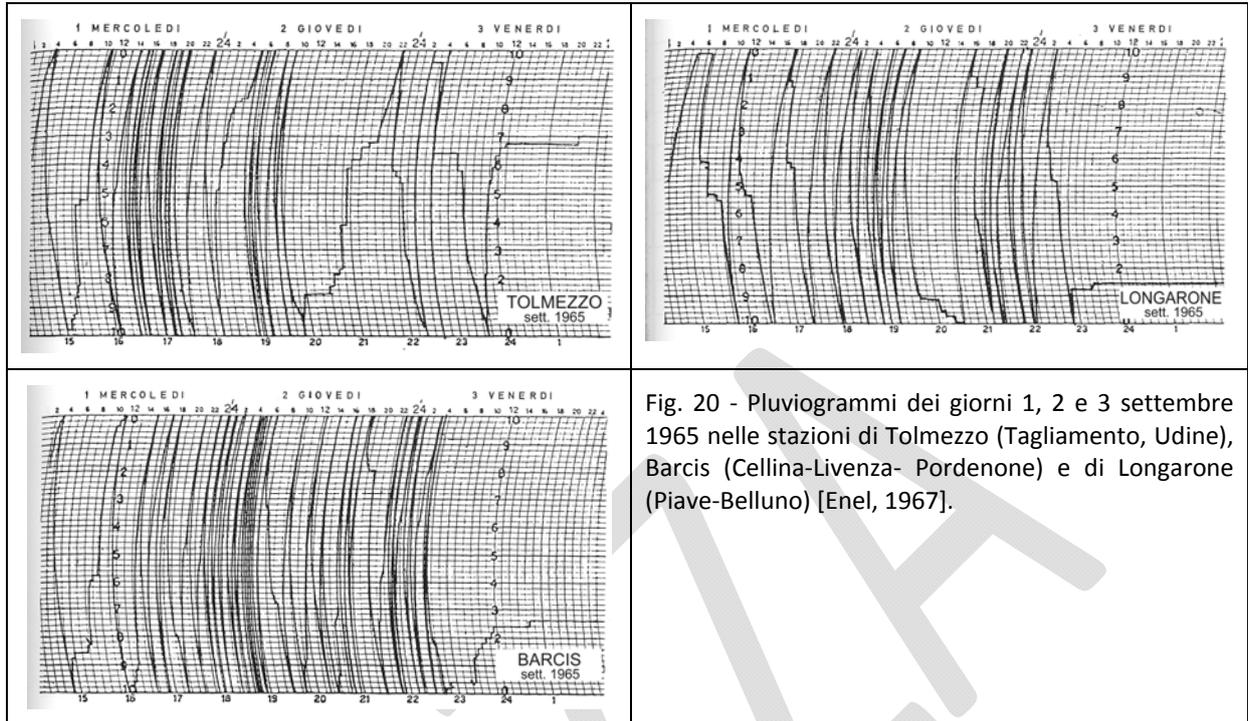


Fig. 20 - Pluviogrammi dei giorni 1, 2 e 3 settembre 1965 nelle stazioni di Tolmezzo (Tagliamento, Udine), Barcis (Cellina-Livenza- Pordenone) e di Longarone (Piave-Belluno) [Enel, 1967].

L'Adige a Trento ha raggiunto, il giorno 3 settembre, la quota idrometrica di 6,05 m, inferiore di soli 6 cm a quella raggiunta nel settembre 1882 (Fig. 2). La Fig. 21 (Enel,1967) riporta l'andamento delle altezze idrometriche a Trento e delle portate scaricate in Garda durante l'evento del 1965. E' da osservare che Enel indica in $64,5 \times 10^6 \text{ m}^3$ il volume scaricato in Garda; Dorigo (1969) indica tale volume in $79,2 \times 10^6 \text{ m}^3$.

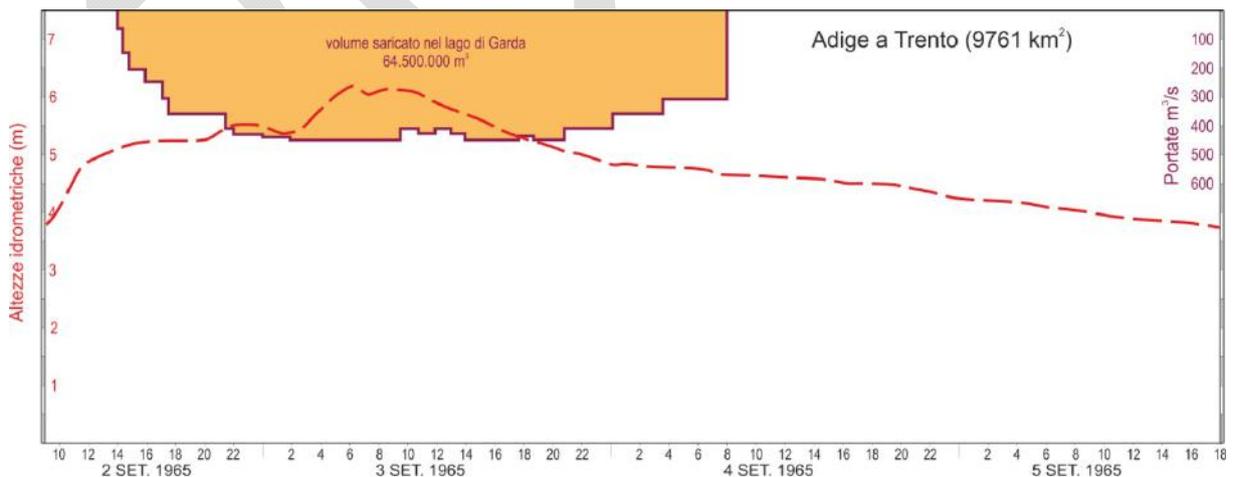


Fig. 21 - Adige a Trento: andamento delle altezze idrometriche e delle portate scaricate in Garda durante l'evento del 1965 [Enel, 1967]; le precipitazioni sono riprese da Dorigo (1969).

Le Fig. 22, Fig. 23, Fig. 24, Fig. 25 e Fig. 26 riportano alcune immagini relative alla piena dell'Adige.

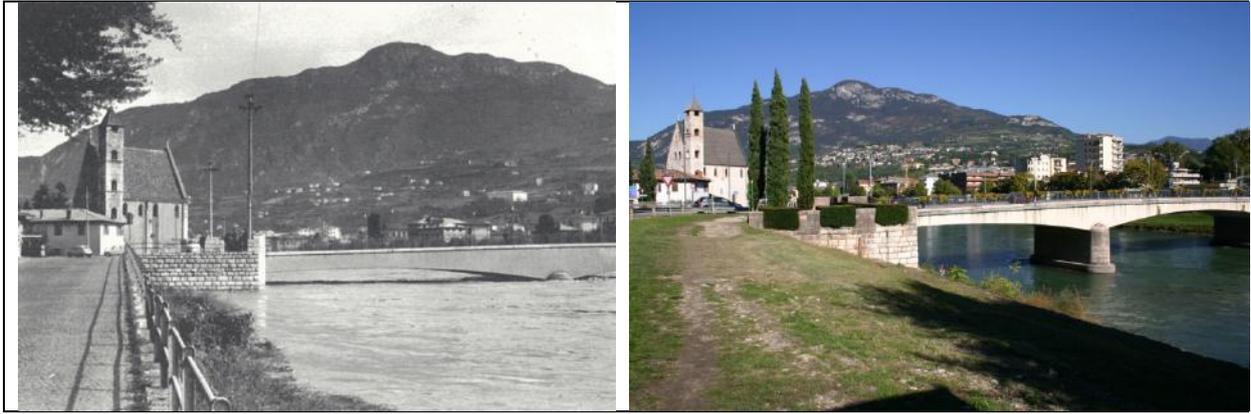


Fig. 22 - Piena dell'Adige del 1965: ponte S. Lorenzo a Trento durante la piena e stesso scorcio come si presenta oggi (Foto P. Bertola).



Fig. 23 - Piena dell'Adige del 1965: ponte S. Lorenzo al colmo della piena.



Fig. 24 - Piena dell'Adige del 1965: rotte in destra Adige in località Nasci, a monte di Mezzocorona (Trento)



Fig. 25 - Piena dell'Adige del 1965: tracimazione dell'Adige in Adigetto all'altezza della passerella per Ravina (Comune di Trento), asportata dalla piena.)



Fig. 26 - Piena dell'Adige del 1965: scarico, a Torbole, della galleria Adige-Garda ($Q=440 \text{ m}^3/\text{s}$).

I danni più ingenti nelle tre Venezie sono stati quelli causati dal Tagliamento con l'allagamento, nel basso corso, di Latisana (Udine) ed aree limitrofe.

6. L'evento del 3 e 4 novembre 1966 nei bacini delle tre Venezie, caratteristiche generali

L'evento del novembre 1966 nei bacini Veneti ha generalmente dato luogo a piene superiori a quelle delle ricordate piene del settembre 1882 e del settembre 1965.

Le precipitazioni di agosto e settembre, ma soprattutto quelle di ottobre, che hanno superato quasi ovunque quelle medie del periodo 1921-1965 e che hanno dato luogo, a quote superiori a 850-1.200 m s.m.m. ad accumulo nevoso, hanno preparato i terreni in condizione di elevata saturazione (Fig. 27). Il manto nevoso, alle ore 9 del 3 novembre, si estendeva, nei bacini di Piave ed Adige, al disopra delle quote comprese tra 850 e 1.200 m s.m.m. su un'area di circa 6.530 km², pari a circa il 30% dei bacini montani della regione [Tonini, 1968]. Il parziale scioglimento del manto nevoso nei giorni 3 e 4, per un repentino incremento della temperatura, che nelle zone di pianura ha raggiunto i 20°C, ha contribuito ad incrementare i deflussi generati dalle precipitazioni, che hanno interessato i bacini, dal Tagliamento all'Adige, ad eccezione dell'Isonzo e alto bacino dell'Adige, con continuità ed intensità crescente, senza alcun periodo di sosta, per circa 36 ore, dalle ore 7 del giorno 3 fino alle 19 del giorno 4 (Fig. 28).



Fig. 27 - Evento del novembre 1966: manto nevoso.

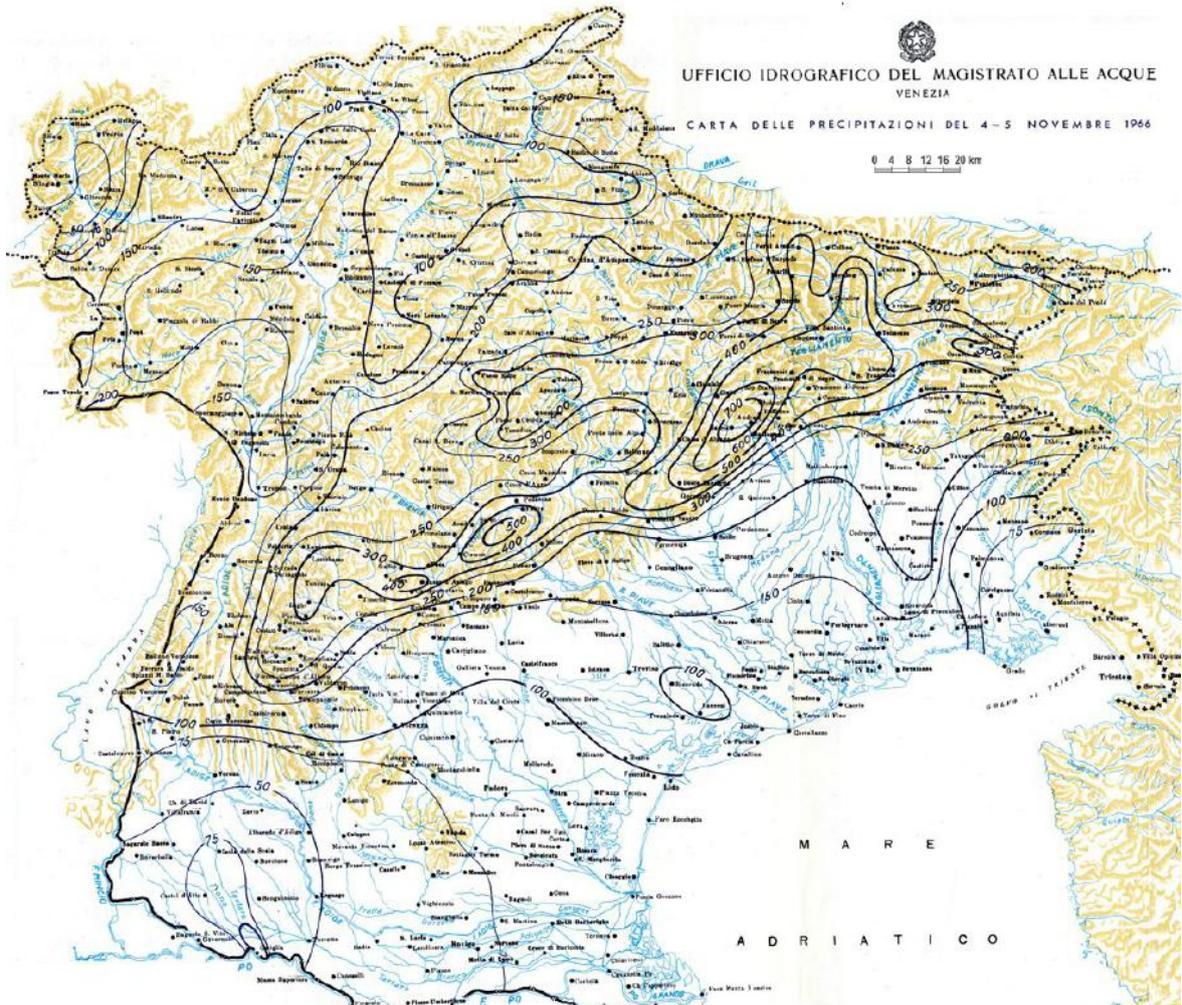


Fig. 28 - Evento del novembre 1966: carta delle precipitazioni del 3-4 novembre.

A titolo di esempio nella Fig. 29 sono riportati i pluviogrammi dei giorni 3, 4 e 5 novembre 1966 in alcune stazioni delle tre Venezie [Enel, 1967].

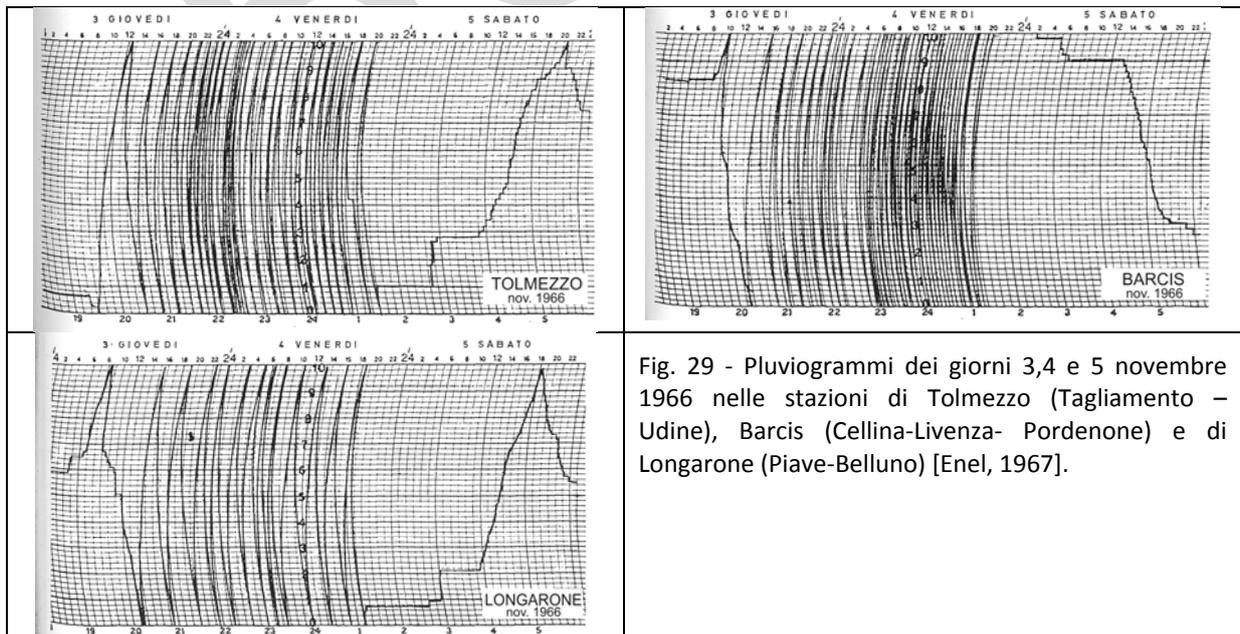


Fig. 29 - Pluviogrammi dei giorni 3,4 e 5 novembre 1966 nelle stazioni di Tolmezzo (Tagliamento – Udine), Barcis (Cellina-Livenza- Pordenone) e di Longarone (Piave-Belluno) [Enel, 1967].

Le stazioni considerate sono le stesse della Fig. 15, relativa alla piena del 1965.

La Fig. 30 riporta gli effetti morfologici e gli allagamenti nel Veneto e Trentino Alto Adige durante la piena del 1966.

Nella Tab. 1 sono riportate le intensità massime medie orarie J, della durata di 24 h, in alcune stazioni dei principali bacini.

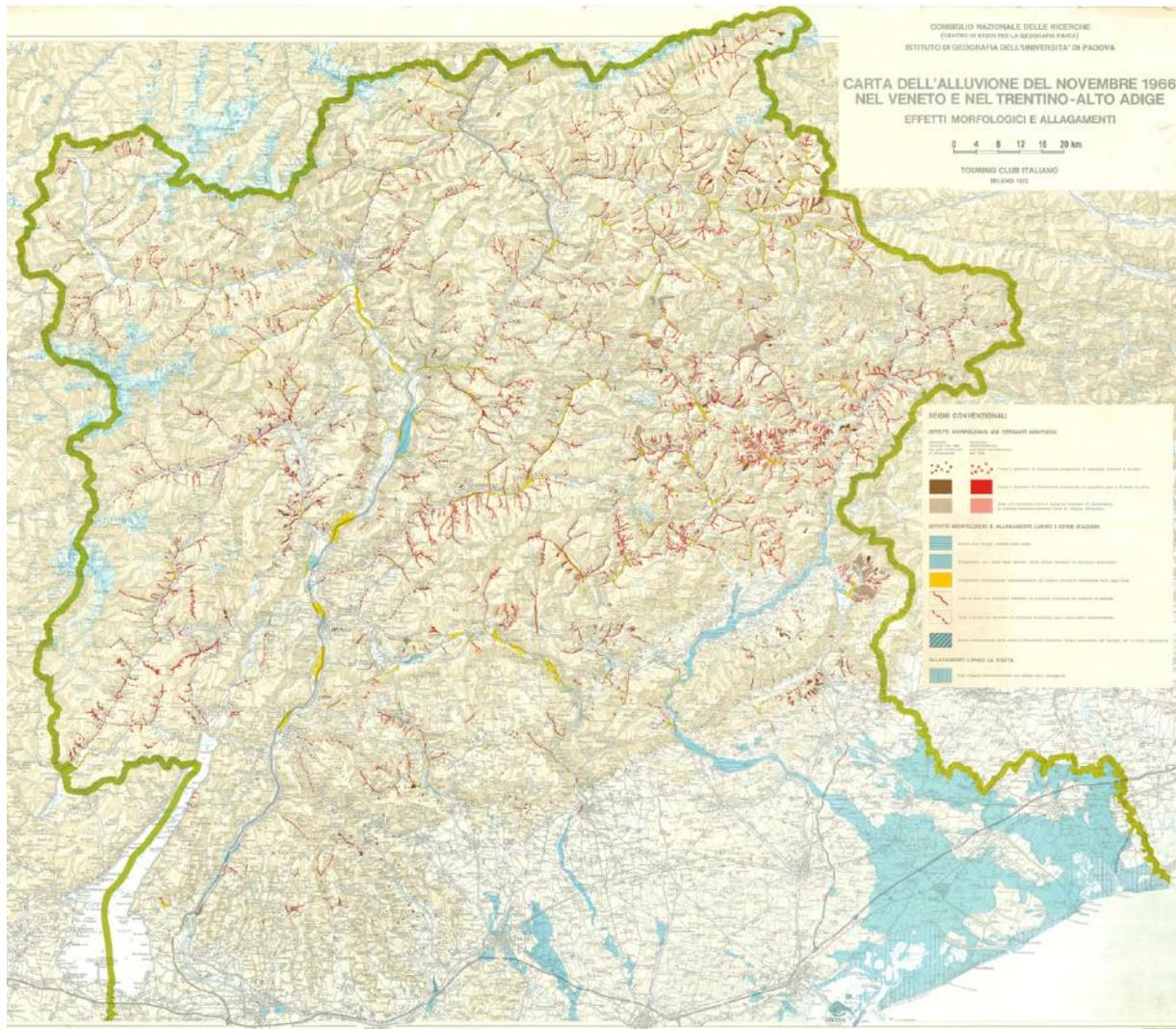


Fig. 30 - Carta dell'alluvione del novembre 1966, effetti morfologici ed allagamenti nel Veneto e Trentino Alto Adige [CNR, 1972 - modificata].

Tab. 1 - Intensità massime medie orarie J, della durata di 24 h, in alcune stazioni dei principali bacini.

Bacino	intensità medie orarie massime J (mm/h) per la durata di 24 ore
Isonzo	13,7 (Uccea)
Tagliamento	17,2 (Oseacco)
Livenza	18,8 (Claut)
Piave	22,9 (Bosco Cansiglio)
Brenta	9,4 (San Martino di Castrozza)
Bacchiglione	12,5 (Posina)
Adige alto	4,7 (Merano)
Adige medio e basso	7,0 (Folgaria)

L'estensione delle precipitazioni è stata, in parte almeno, analoga a quella dell'evento del settembre 1965, durante il quale, in più casi, le precipitazioni erano state superiori a quelle del 1966, tuttavia non precedute da altrettanto eccezionali precipitazioni stagionali. La durata del fenomeno, nel 1966, è stata infatti di circa 36 ore, contro una durata media dell'evento del 1965 di 55-60 ore, ad eccezione della zona dell'alto Adige dove la durata, nel 1965, è stata di circa 70-80 ore.

I massimi valori delle precipitazioni si sono verificati sulle aree poste lungo la linea Tarvisio - Lago di Garda, linea che corrisponde al presentarsi della grande orografia alpina.

Tale distribuzione pluviometrica è classica delle perturbazioni provenienti dal secondo quadrante (o sciroccale), che portano masse d'aria molto umida, di origine mediterranea, ad investire il sistema alpino orientale. In queste condizioni l'effetto dell'orografia (*effetto stau*⁸) è tanto più evidente quanto maggiore è la violenza dei venti da sud-est.

Analogamente si era presentata per l'evento del 1965, tuttavia quello del 1966 è stato accompagnato da più forti venti di scirocco, venti che hanno causato, al presentarsi dei rilievi alpini, un più accentuato gradiente pluviometrico. Le masse nuvolose hanno quindi perso la maggior parte della loro umidità, trasformata in pioggia, sulle prime zone investite (alto udinese ed alto bellunese), giungendo sul Trentino Alto Adige relativamente più esaurite che nel 1965 [Enel, 1967].

Nella durata di 40 ore sono affluiti sulle tre Venezie (39.853 km² di superficie) quasi 4 miliardi di m³ d'acqua, ossia poco meno di 1/10 di quanto affluisce mediamente ogni anno.

Per l'Adige a Verona (11.099 km²) gli apporti meteorici e di scioglimento delle nevi sono stati di 1.422x10⁶ m³, a fronte di 1.156x10⁶ m³ del 1882.

La Fig. 31 riporta le aree allagate delle tre Venezie [Ministero dei Lavori Pubblici-Ufficio idrografico del Magistrato alle acque di Venezia, 1967]. La Fig. 32, dettaglio della Fig. 9, riporta gli effetti della piena del 1966 nelle tre Venezie.

I deflussi conseguiti hanno superato in quasi tutte le stazioni idrometriche, salvo per l'alto Adige, i colmi idrometrici (e delle portate) osservati precedentemente, in particolare quelli già critici del settembre 1965 e, per il Brenta e l'Adige, quelli memorabili del 1882. Le portate hanno presentato un unico colmo molto acuto; in alcune stazioni il massimo è stato preceduto o seguito da altri colmi prossimi al massimo, con una maggior persistenza degli alti livelli. La durata delle piene è risultata generalmente inferiore a quanto osservato nel 1965, per essere stata inferiore la durata delle precipitazioni.

Per le stazioni di misura che sottendono bacini con superficie superiore a 1.000 km², il massimo è stato calcolato per il Tagliamento a Venzone (1.880 km²) con 1.800 l/s,km²; segue il Brenta a Bassano (1.567 km²), con 1.300 l/s,km² ed il Piave a Segusino (3.333 km²) con 1.020 l/s,km².

In corrispondenza ad alcune dighe, Enel [1967] ha ricostruito le portate affluite sulla base dell'andamento del livello del serbatoio e delle portate scaricate, calcolate in base all'apertura degli organi di scarico. Il valore massimo del contributo specifico, 7.749 l/s,km², è stato misurato alla diga di Val Noana (Cismon-Brenta, Trento) che sottende un bacino di 31,1 km²; il secondo valore in ordine decrescente, 6.602 l/s,km², è stato misurato alla diga del Mis (Cordevole-Piave, Belluno) che sottende un bacino di 108 km²; segue il bacino del lago di S. Croce (S=136 km²), con 5.860 l/s,km².

Una più puntuale descrizione degli aspetti meteorologici più determinanti per l'evento del 1966 possono trovarsi nella nota di G. Fea [Ministero dei Lavori Pubblici-Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste, 1969] ed in Enel [1967], in quest'ultima è anche fatto un confronto con gli aspetti del 1965.

⁸ L'effetto stau, parola tedesca che significa "ristagno", è l'effetto che si presenta quando una corrente d'aria umida, nell'incontrare una catena montuosa, costretta a guadagnare quota, si espande e si raffredda, perdendo parte della propria umidità che condensa dando luogo a precipitazioni.



Fig. 31 - Aree allagate nei bacini delle Tre Venezie [M.LL.PP, MAV, 1967].

L'incremento delle altezze idrometriche ha raggiunto 0,58 m/h per il Tagliamento a Latisana (2.480 km²), 0,20 m/h per il Piave a Segusino (3.333 km²), 0,20 m/h per il Bacchiglione a Montebelluna (1.384 km²), 1 m/h per l'Avisio a Lavis (934 km²), 0,66 m/h per il l'Adige a Trento (9.763 km²) [Tonini, 1968].

Un contributo significativo alla riduzione delle portate al colmo è stato dato dalla presenza, nei bacini delle tre Venezie, dei 45 serbatoi per uso idroelettrico, con un volume utile di $1.011,1 \times 10^6 \text{ m}^3$ [Ministero dei Lavori Pubblici - Magistrato alle acque di Venezia, 1966]. Ovviamente il contributo di ogni serbatoio è dipeso dalla quota di invaso, rispetto a quella di regolazione, presente al sopraggiungere della piena; tuttavia, come precedentemente detto, specie per i serbatoi di maggiore capacità, l'effetto di laminazione è stato significativo anche al di sopra della quota di regolazione.

Le esondazioni dei fiumi veneti hanno interessato 170.000 ha (escluse le zone interessate da mareggiata).



Fig. 32 - Carta dell'alluvione del novembre 1966 nelle Tre Venezie [Caleffa et Al., 1992 - modificato].

L'estensione delle superfici allagate per le singole provincie, escludendo le inondazioni dal mare, sono riportate nella Tabella 2, tratta da M.LL.PP.- Dorigo [1969]. E' da notare che la tabella riporta separate le aree allagate per le provincie di Udine e Pordenone, in realtà la provincia di Pordenone è stata istituita, separata da Udine, nel 1968.

La piena dell'Adige è stata, nella parte Veneta, ridotta in maniera significativa, rispetto a quella a Trento, per l'attivazione dello scarico in Garda con la galleria Adige-Garda. La portata scaricata è stata mantenuta, dalle ore 2 alle 12 del 5 novembre, al massimo possibile di $500 \text{ m}^3/\text{s}$, scaricando nel Garda $67 \times 10^6 \text{ m}^3$ (Fig. 51).; avendo il lago superficie di 370 km^2 , ed essendo la portata massima del

suo emissario, il Mincio, regolato dallo sbarramento di Salionze (Valeggio sul Mincio, Verona) di 150 m³/s, il sovrizzo del lago è stato di circa 18 cm.

Tab. 2 - Estensione delle superfici allagate per le 12 provincie delle tre Venezie, escludendo le inondazioni dal mare.

Provincia	Superficie allagata (ha)	Provincia	Superficie allagata (ha)
Gorizia	420	Bolzano	763
Udine	30.500	Trento	6.000
Pordenone	5.600	Verona	600
Belluno	594	Padova	30.000
Treviso	28.500	Venezia	52.000
Vicenza	6.183	Rovigo	11.475
Totale complessivo per le 12 provincie delle tre Venezie: 172.635 ha			

Nei tratti terminali dei corsi d'acqua la situazione è stata aggravata dall'alta marea eccezionale che ha raggiunto nella laguna di Venezia, all'idrometro di Punta della Salute, l'altezza di 1,94 m (1,71 m s.m.m.), superiore di 43 cm a quella verificatasi l'11 novembre 1951⁹, che causò l'alluvione del Polesine, come più in dettaglio sarà esposto al paragrafo 7.1.

6.1. Caratteristiche dell'evento del 1966 nel bacino del Tagliamento

Il Tagliamento (S= 2.480 km²) era già stato colpito, come già visto, nel mese di settembre 1965, da un evento quasi centenario che aveva provocato, tra l'altro, l'allagamento dell'abitato di Latisana (Udine), prossimo alla foce.

Le Fig. 33, Fig. 34, Fig. 35, Fig. 36, Fig. 37, Fig. 38, Fig. 39 e Fig. 40 mostrano alcune immagini della piena del Tagliamento del 1966 e dei suoi effetti.



Fig. 33 - Piena del Tagliamento 1966: frane e distruzioni nell'abitato di Forni di Sopra (Udine).

Fig. 34 - Piena del Tagliamento 1966: centralina idroelettrica distrutta a Forni di Sopra (Udine)

⁹ Il 14 novembre del 1951 si produssero per tracimazione, in sinistra di Po in provincia di Rovigo, una rotta a Paviolo e due, di consenso, a monte, ad Occhiobello. La portata al colmo del Po fu accreditata, senza le catastrofiche rotte, di circa 12.000 m³/s. La portata massima esondata fu di 7.000 m³/s; furono allagati 113.000 ha con un volume di 8 miliardi di m³.



Fig. 35 - Piena del Tagliamento del 1966: allagamento di Venzone (Udine).



Fig. 36 - Piena del Tagliamento del 1966: Tagliamento in piena mentre sta per travolgere il ponte pedonale di Pioverno (Udine)



Fig. 37 - Piena del Tagliamento 1966: tracimazione in sinistra a Latisana, Udine.



Fig. 39 - Piena del Tagliamento 1966: rotta di Latisanotta, Latisana.



Fig. 38 - Piena del Tagliamento 1966: veduta aerea dell'allagamento di Latisana.

Nel 1966 la portata a Venzone (1.920 km²) è stata di 3.700 m³/s (Fig. 41), con un'altezza idrometrica superiore di 0,46 m a quella del 1965¹⁰. Il colmo a Latisana (2.480 km²) è stato di 3.800 m³/s, con un'altezza idrometrica di 6 cm superiore a quella del 1965. Il 4 novembre si sono avute, nei pressi di Latisana, 4 rotte, tre in destra ed una in sinistra; il paese fu completamente allagato con tiranti che superarono i 4 m; nel bacino furono allagati 50.000 ha.

¹⁰ Il valore della portata del Tagliamento alla stretta di Pinzano (2.293 km²), uscita dal serbatoio montano, fu molto discusso; i valori qui riportati sono quelli ufficiali del Servizio Idrografico, che, secondo alcune ricostruzioni, sarebbero sottovalutati.

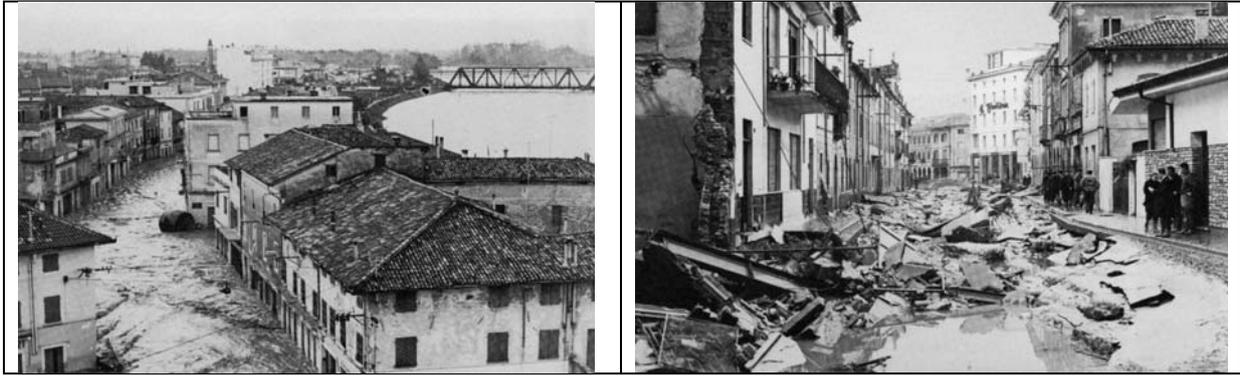


Fig. 40 - Piena del Tagliamento 1966: allagamento dell'abitato di Latisana (Udine) e danni causati.

Nel bacino erano presenti due serbatoi per uso idroelettrico, con un volume utile complessivo di $73,6 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Per due anni consecutivi dunque Latisana fu allagata con due piene con cadenza quasi centenaria.

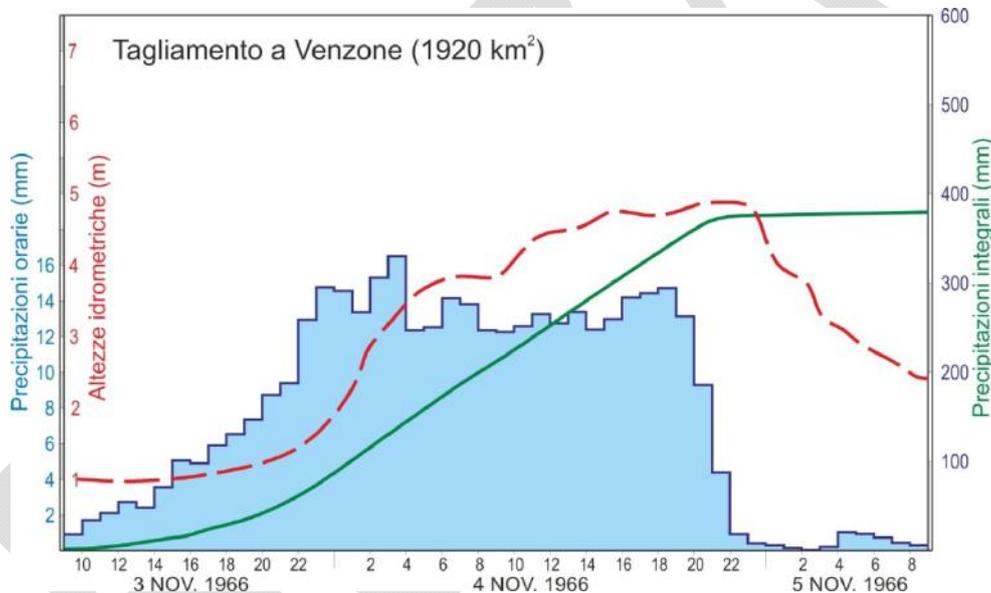


Fig. 41 - Tagliamento a Venzone (Udine, $S=1.920 \text{ km}^2$): andamento delle precipitazioni e delle altezze idrometriche durante l'evento del 1966.

6.2. Caratteristiche dell'evento del 1966 nei bacini Brenta, Bacchiglione, Piave e Livenza

Per il Brenta il colmo a Bassano (Vicenza, $S = 1.567 \text{ km}^2$) superò di 0,85 cm quello del 1882, con un valore della portata di $2.800 \text{ m}^3/\text{s}$ (Fig. 42).

La Fig. 43 mostra il ponte degli Alpini durante l'evento. Il ponte, coperto e costruito interamente in legno, fu progettato da Andrea Palladio nel 1569; fu più volte distrutto e ricostruito secondo il progetto originario. L'ultima ricostruzione è del 1948, dopo la distruzione del 1945, alla fine della seconda guerra mondiale.

Nel bacino erano presenti 5 serbatoi per uso idroelettrico, con un volume utile di $69,5 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Il colmo del Bacchiglione a Montegaldelta (Padova, 1384 km^2) superò di 0,13 m quello del 1951 (Fig. 44); la portata massima di $600 \text{ m}^3/\text{s}$ ridusse drasticamente il franco arginale nei pressi di Padova. Il Bacchiglione era stato, fortunatamente, estromesso dalla città di Padova, per evitarne l'allagamento, nel 1863, con il progetto Fossombroni - Paleocapa del 1835 [Marzolo, 1955], rivisto, nel 1922, da

Gasparini (1922), dopo le piene del 1882 e 1905. Nel bacino non erano presenti serbatoi per uso idroelettrico.

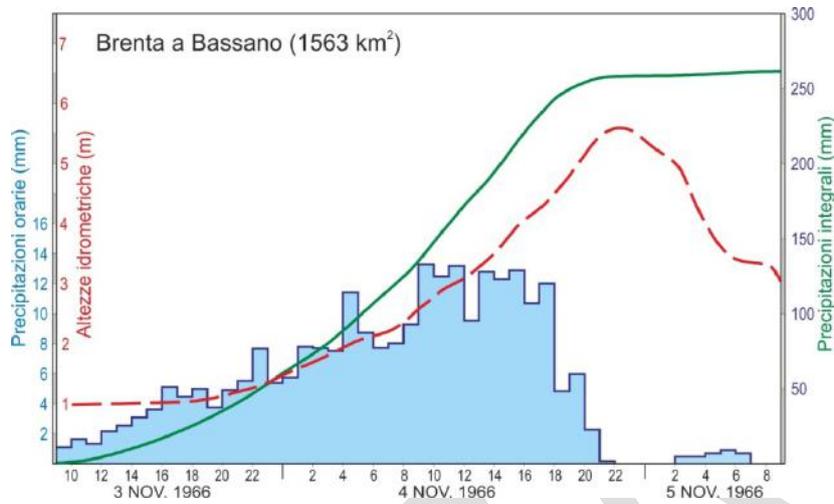


Fig. 42 - Brenta a Bassano ($S=1.563 \text{ km}^2$): andamento delle precipitazioni e delle altezze idrometriche durante l'evento del 1966.

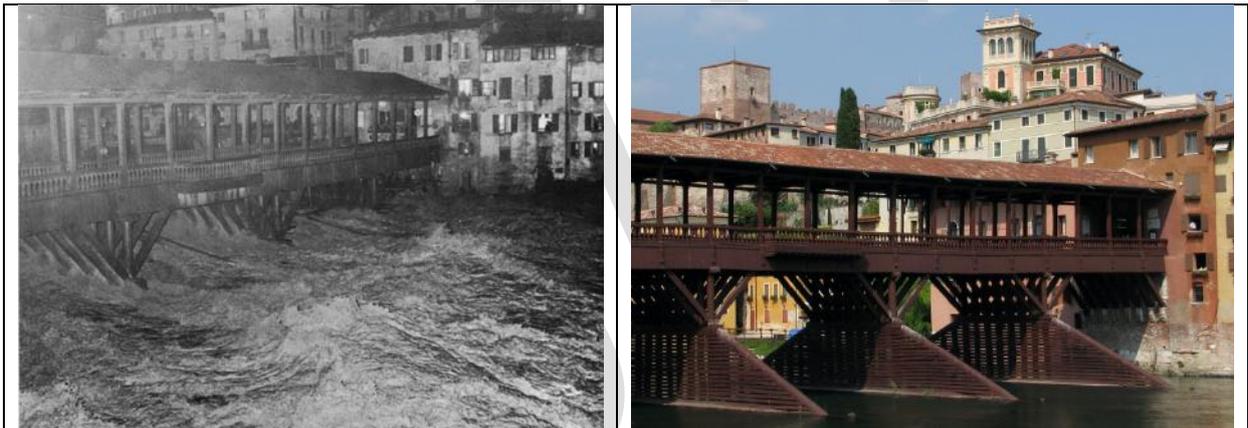


Fig. 43 - Ponte degli alpini, sul Brenta, a Bassano (Vicenza) durante la piena del 1966 e stessa veduta oggi.

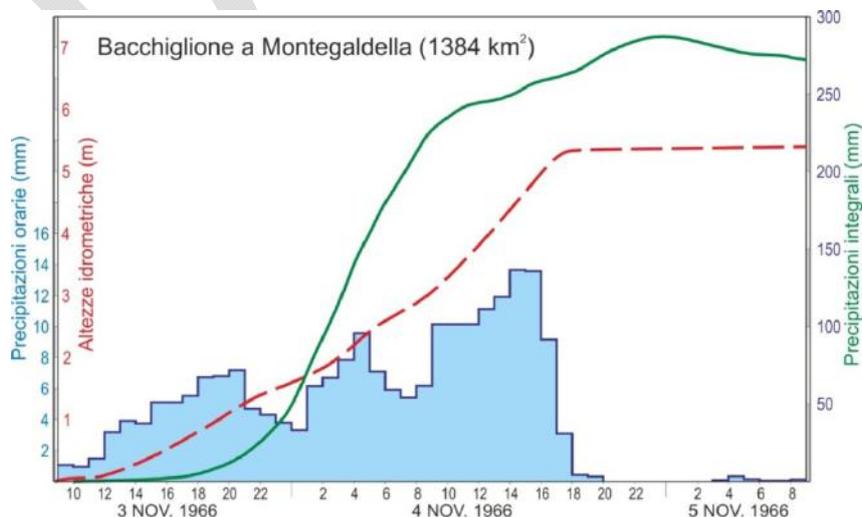


Fig. 44 - Bacchiglione a Montegaldella (Padova - $S=1.384 \text{ km}^2$): andamento delle precipitazioni e delle altezze idrometriche durante l'evento del 1966.

Brenta e Bacchiglione hanno complessivamente provocato l'allagamento di 40.000 ha (Fig. 31).

Per il Piave (bacino a Nervesa, Treviso 3.899 km²) le precipitazioni furono, nel bacino montano, particolarmente intense (Fig. 29), accompagnate dallo scioglimento delle nevi; le elevate portate, conseguenti anche allo scioglimento delle nevi, causarono numerose erosioni di sponda, con asportazione di tratti di strade, ponti ed edifici, ma anche colate di detriti (Fig. 45); numerosi, al solito, sono stati i tratti tombinati di corsi d'acqua che hanno causato esondazioni.

Merita di essere ricordato l'allagamento della zona industriale di Longarone, realizzata dopo il tragico evento del Vajont¹¹ del 1963 nella zona di pertinenza del Piave; durante l'evento si è anche avuto il crollo del ponte sul Maè, costruito dopo il 1963 alla confluenza col Piave, di fronte allo sbocco nel Piave stesso del Vajont.

A questo proposito mi piace ricordare che per alcuni di questi fatti sono stato testimone nella mia prima esperienza di volontario per il contenimento dei danni.

Il colmo a Segusino (Treviso- bacino 3.333 km²) superò di 1,20 m il livello raggiunto nel 1965, con una portata di 3.700 m³/s (Fig. 47).

Lungo il corso principale del fiume la piena del giorno 4 ha provocato 14 rotte arginali, di cui 12 in destra tra Bocca Callalta (San Biagio, Treviso) e Saletto (Breda di Piave, Treviso) e 2 in sinistra a monte di Ponte di Piave, Treviso (Fig. 46).

Nel bacino erano presenti 14 serbatoi per uso idroelettrico, con un volume utile di 277,1x10⁶ m³.



Fig. 45 - Piena del Mis (Cordevole-Piave) del 1966: danni causati all'abitato di California¹² (Gosaldo - Belluno), alla confluenza tra torrente Gosalda e torrente Mis.

¹¹ La sera del 9 ottobre 1963 una gigantesca frana del volume di circa 250 milioni di m³ si staccò dal monte Toc, in sponda sinistra del torrente Vajont, affluente di sinistra del Piave a Longarone (Belluno), sul quale era stata da poco completata la diga ad arco più alta del mondo (altezza 261,60 m, volume di invaso 169·10⁶ m³, coronamento a quota 725,50). Il lago era invasato fino a quota 700,30 m s.m.m.. L'onda provocata dall'ingresso della frana nel lago, stimata di 250 m di altezza e con un volume di circa 50·10⁶ m³, investì, distruggendole, alcune frazioni di Erto e Casso (allora Udine, ora Pordenone), una parte (25·10⁶ m³) sormontò quindi il coronamento della diga ed investì Longarone (Belluno) distruggendolo quasi completamente; la stima più accreditata fissa il numero delle vittime a 1909. I danni materiali furono ingentissimi. Il Maè confluisce, da destra, nel Piave, di fronte allo sbocco del Vajont [Da Deppo, 2014].

¹² La descrizione di quello che rimase dell'abitato di California e del feroce comportamento della popolazione è stata fatta dallo scrittore e giornalista bellunese Dino Buzzati (1906-1972) in un notevole articolo: CALIFORNIA, sul Corriere della sera del 29 dicembre 1966. L'articolo è integralmente riportato in appendice alla nota del 2000 di Da Deppo & Datei In atti del 20° Corso di Aggiornamento in Tecniche per la Difesa dall'Inquinamento, a cura di G. Corrado Frega. L'abitato di California non è più stato ricostruito.



Fig. 46 - Piena del Piave del 1966: rotta in destra a valle di Ponte di Piave (Treviso).

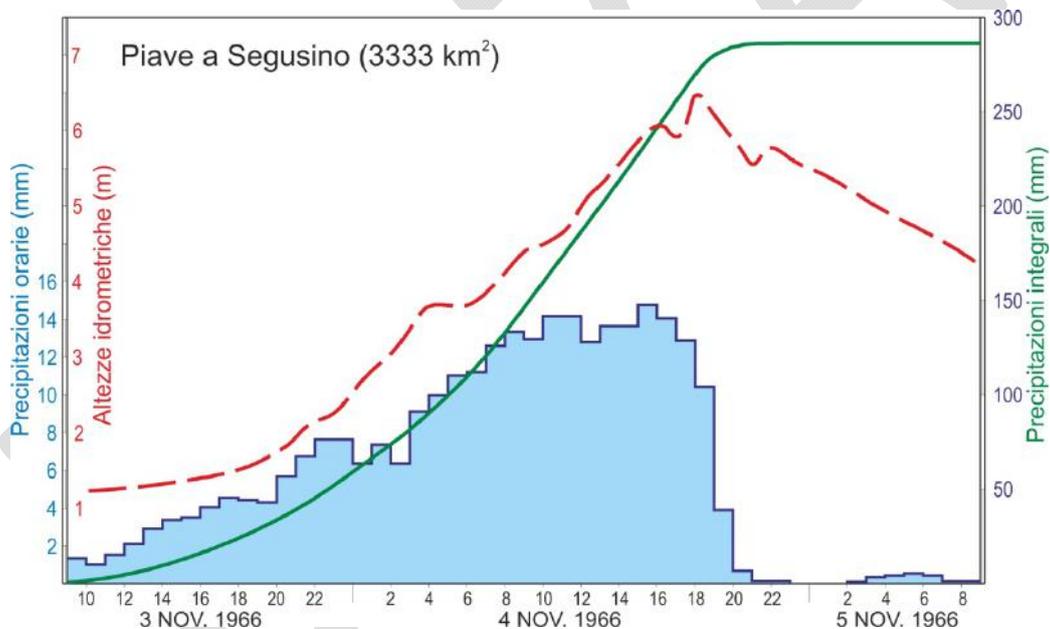


Fig. 47 - Piave a Segusino (Treviso): andamento delle precipitazioni e delle altezze idrometriche durante l'evento del 1966.

Nel Livenza, a Motta (Treviso, $S= 2.088 \text{ km}^2$) il colmo superò di 15 cm quello del 1965, con conseguenti rotte ed allagamenti.

Nel bacino erano presenti quattro serbatoi per uso idroelettrico, con un volume utile di $84,4 \times 10^6 \text{ m}^3$. Nella Fig. 48 è riportato l'andamento delle precipitazioni e delle altezze idrometriche durante l'evento del 1966 per il torrente Cellina (480 km^2) affluente del Meduna (880 km^2) e quindi del Livenza (2.200 km^2).

La Fig. 49 mostra l'allagamento del centro abitato Motta di Livenza. La Fig. 50 mostra un ponte crollato, per cedimento di una spalla, sul Meduna; è appena il caso di osservare che le NTC 2008 vietano di interessare l'alveo con le spalle, inoltre in presenza di pile in alveo, la luce minima non può essere inferiore a 40 m.

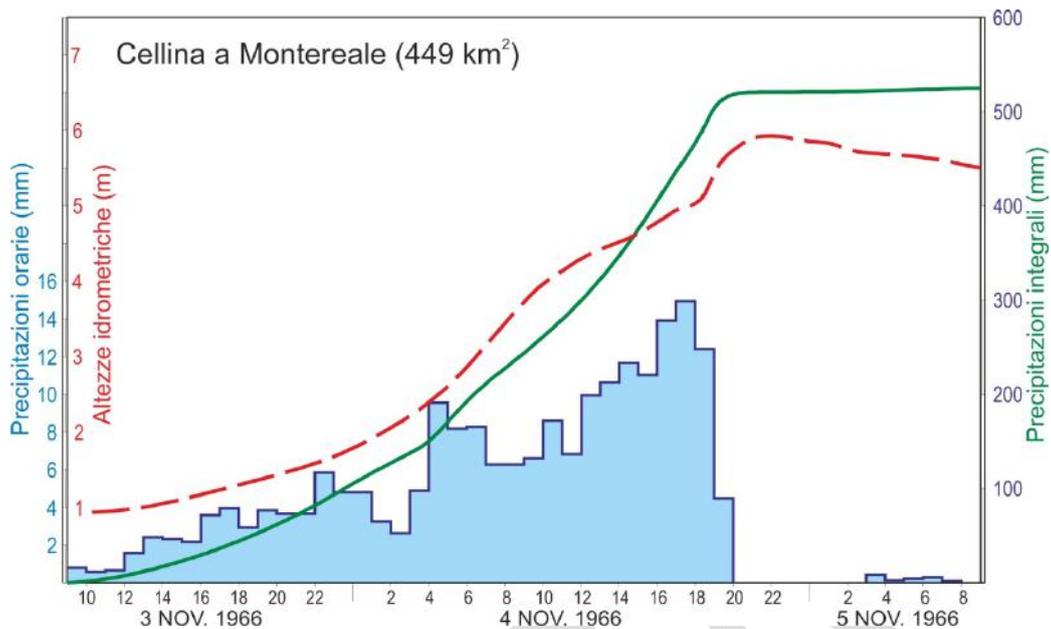


Fig. 48 - Cellina a Montereale (allora Udine, oggi Pordenone): andamento delle precipitazioni e delle altezze idrometriche durante l'evento del 1966.



Fig. 49 - Motta di Livenza : allagamento del centro abitato.

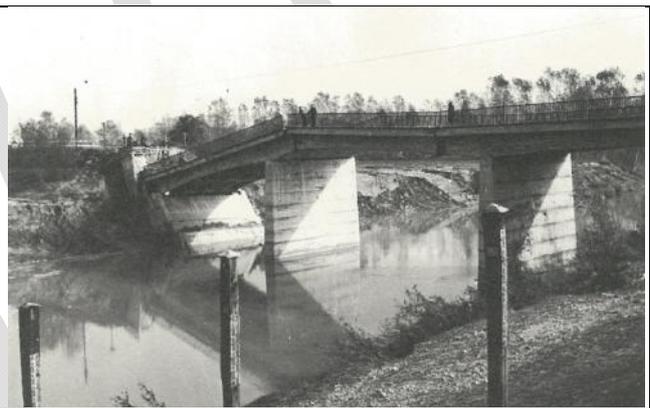


Fig. 50 - Ponte crollato sul Meduna per cedimento di una spalla interessata dalla corrente.

6.3. Caratteristiche dell'evento del 1966 nel bacino dell'Adige

L'Adige ha un bacino di 11.954 km²; il volume invasabile nei serbatoi artificiali, realizzati per uso idroelettrico, era, nel 1966, di $506,5 \times 10^6$ m³.

Il livello idrometrico il 4 novembre 1966 fu a Trento (9.763 km²) di 6,30 m, superiore di 19 cm a quello della piena del 1882, con una portata di 2.320 m³/s. La Fig. 51 (Enel, 1967) riporta l'andamento delle precipitazioni e delle altezze idrometriche a Trento e delle portate scaricate in Garda durante l'evento del 1966. il sovrizzo del lago fu di circa 18 cm. E' da osservare che Enel indica in 64×10^6 m³ il volume scaricato in Garda, Dorigo (1969) indica tale volume in 67×10^6 m³. Trento fu allagata insieme a 6.000 ha circostanti (Fig. 52, Fig. 53, Fig. 54, Fig. 55).

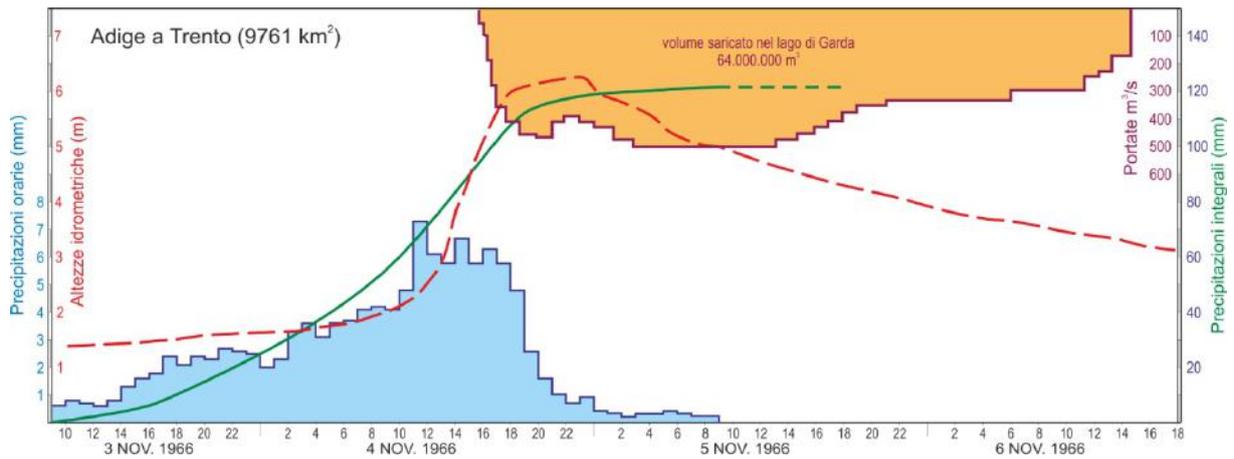


Fig. 51 - Adige a Trento: andamento delle precipitazioni e delle altezze idrometriche e delle portate scaricate in Garda durante l'evento del 1966.

Gli affluenti che hanno maggiormente contribuito alla piena sono stati il Noce (1.375 km²) in destra e l'Avisio (S=937 km²) in sinistra, entrambi poco a monte di Trento.

Durante la piena si sono verificate, nel tratto di circa 30 km, tra Roncafort (Trento) e Mori (Trento), 12 rotte arginali di lunghezza variabile tra 30 e 300 m. All'allagamento di Trento contribuì anche il rigurgito dell'Adigetto.

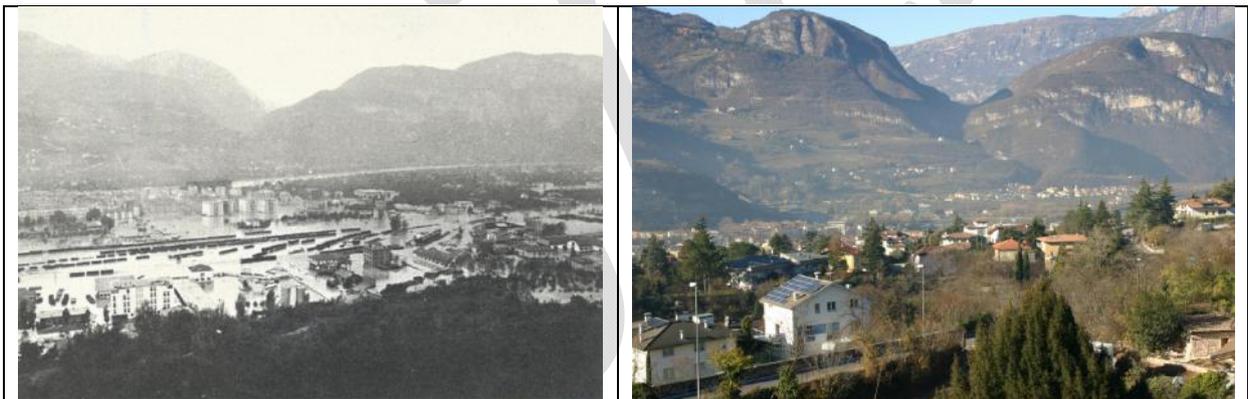


Fig. 52 - Piena dell'Adige del 1966: allagamento di Trento, scalo ferroviario e stesso scorcio come si presenta oggi (Foto P. Bertola).

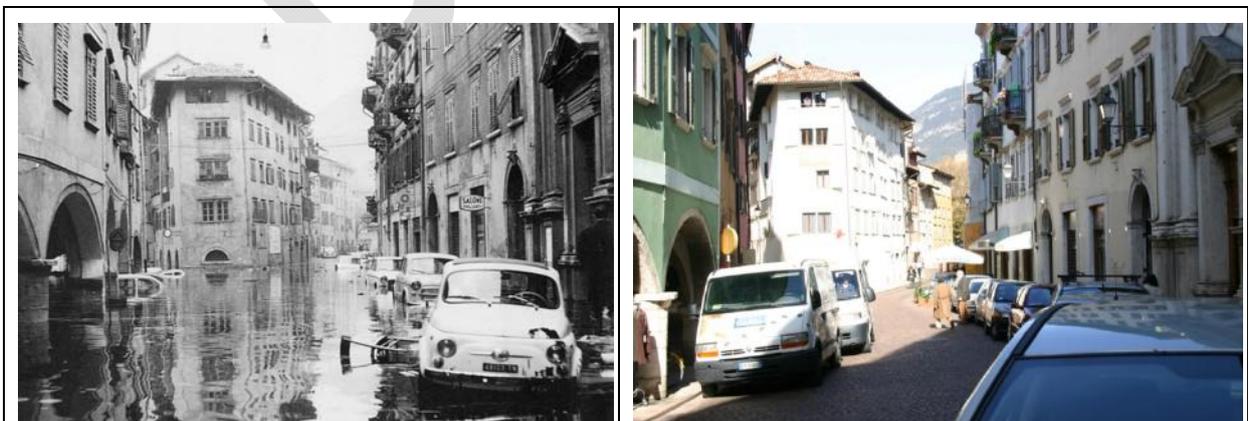


Fig. 53 - Piena dell'Adige del 1966: via Suffragio a Trento e stesso scorcio come si presenta oggi (Foto P. Bertola).

Assai più gravi sarebbero state le conseguenze della piena se non vi fosse stata la presenza delle dighe degli impianti idroelettrici, in particolare quella di Santa Giustina sul Noce, diga che, trattenendo la piena anche oltre il massimo invaso, ridusse la piena del Noce allo sbocco in Adige, da $900 \text{ m}^3/\text{s}$ a $575 \text{ m}^3/\text{s}$. La diga, a volta, costruita nel 1946-1950 sottende un bacino di 1.050 km^2 , l'altezza è di $137,50 \text{ m}$, il volume di invaso di $183 \times 10^6 \text{ m}^3$.

La salvezza di Verona (11.099 km^2) e del basso corso dell'Adige, analogamente a quanto avvenuto nel 1965, fu dovuta alla presenza della ricordata Adige-Garda.



Fig. 54 - Piena dell'Adige del 1966: via Belenzani a Trento e stesso scorcio come si presenta oggi (Foto P. Bertola).



Fig. 55 - Piena dell'Adige del 1966: angolo tra via Roma e via Prepositura a Trento e stesso scorcio come si presenta oggi (Foto P. Bertola).

7. La Laguna di Venezia

La Laguna di Venezia (Fig. 56) ha una superficie di 550 km^2 , di cui 418 aperti alle escursioni di marea. Il bacino scolante ha superficie di 180.000 ha , di cui il 30% sotto il medio mare, quindi con scolo a sollevamento meccanico.

La laguna è separata dal mare Adriatico da un cordone litoraneo, protetto fin dall'antichità da *palade*, palafitte riempite di sassi, che dissipavano parte dell'energia dell'onda ma che dovevano essere soggette a continua manutenzione (Fig. 57).



Fig. 56 - Foto satellitare della laguna di Venezia.

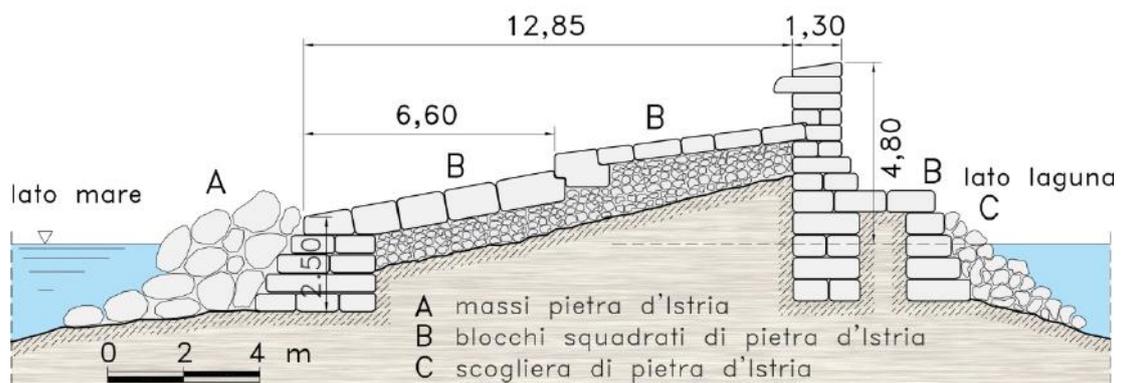
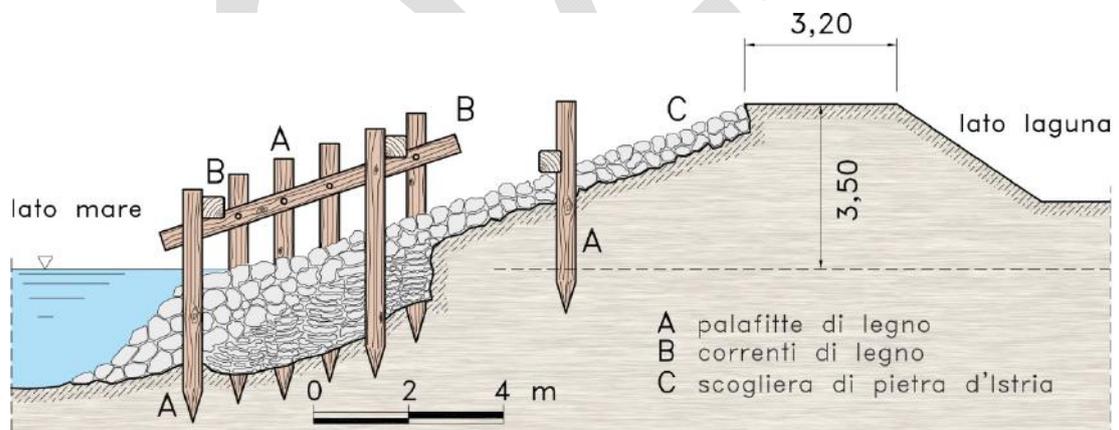


Fig. 57 - Murazzi antichi (Palade) e murazzi della fine del '700 **SEGNARE LATO ADRIATICO.**

Questo tipo di opera fu sostituito da una, affatto diversa, i murazzi o *murassi*, a seguito di un'idea di padre Vincenzo Coronelli, del 1716.

I murazzi sono costituiti da una muraglia continua, alta circa 4,50 m rispetto all'alta marea ordinaria e dello spessore di circa 1,20 m. Sono costruiti con blocchi di pietra d'Istria, lavorati in forma grossolana, cementati con malta di pozzolana e poggianti su strati compatti di ciottoli e palafitte. Sono verticali verso la laguna e degradanti, con pendenza dolce, verso l'Adriatico.

La costruzione iniziò nel 1744, seguita da Bernardino Zandrini, e fu completata nel 1782. Il cedimento dei murazzi fu una delle cause dell'eccezionale acqua alta nella laguna.

Precedentemente al secolo XX, fin dai tempi della Serenissima, il piano altimetrico di riferimento della città di Venezia era individuato dal Comune Marino, che era definito come il livello medio delle alte maree, coincidente con la linea del verde scuro, limite superiore della fascia di alghe presente sui muri prospicienti i canali.

Per evidenziarlo veniva inciso sulla pietra dei muri di molti palazzi un tratto orizzontale sovrastato dalla lettera **C** (Fig. 58). Il primo documento di tale riferimento è del 1440.



Fig. 58 - Comune marino e massime maree registrate a Venezia-Palazzo Farsetti in Calle Loredan riferite al Comune marino.

Esplicativa è la citazione di M. Luigi Cornaro (XVI secolo): *L'acqua ritornando tante volte all'anno nello stesso punto, fa in tale altezza un segno negro sopra le pietre delle fondamenta delle case che sono per gli canali, et tal segno chiamasi della "Comune"*.

Il Comune Marino è ora circa 50 cm sopra lo zero di punta della Salute.

Per consolidata consuetudine le quote topografiche, ma anche mareografiche, della Laguna sono attualmente riferite allo zero idrometrico di Punta della Salute, relativo alla livellazione del 1897. A causa della subsidenza, ossia dello sprofondamento naturale del terreno, accentuato significativamente dall'intenso emungimento delle acque di falda effettuato in passato per alimentare il polo industriale di Porto Marghera, e dell'eustatismo, ossia dell'innalzamento del livello del mare, anch'esso accentuato negli ultimi anni dal riscaldamento globale del pianeta, lo zero di punta della Salute si trova oggi ad una quota inferiore di circa 23 cm al livello medio marino attuale.

Le maree iniziano ad allagare i punti più bassi della città con quote di 0,80 m sullo 0 di Punta della

Salute: la zona di piazza San Marco antistante l'ingresso della basilica ha infatti quota minima di ~0,80; con le stesse quote iniziano le difficoltà di navigazione nei canali cittadini per il ridotto tirante d'aria sotto i ponti.

7.1. Condizioni meteo che hanno dato luogo, il 3 e 4 novembre 1966, all' acqua alta a Venezia

Il giorno 4 novembre 1966 la marea astronomica prevista in laguna era particolarmente bassa per essere la luna all'ultimo quarto¹³.

Tuttavia lo stesso giorno la pressione barometrica a Venezia ha subito un brusco calo con il minimo di 992,1 millibar (744,1 mmHg) alle ore 18; la temperatura si alzava fino a raggiungere il valore di 17°C alle ore 12, valore poi mantenuto fino alle 16. Il vento raggiungeva velocità molto elevate (80 km/h alle ore 15) con raffiche fino a 92 km/h da SE; sotto la spinta del vento, libero di soffiare per tutto il percorso di scirocco lungo l'Adriatico, il mare raggiungeva forza 8 (Fig. 59).

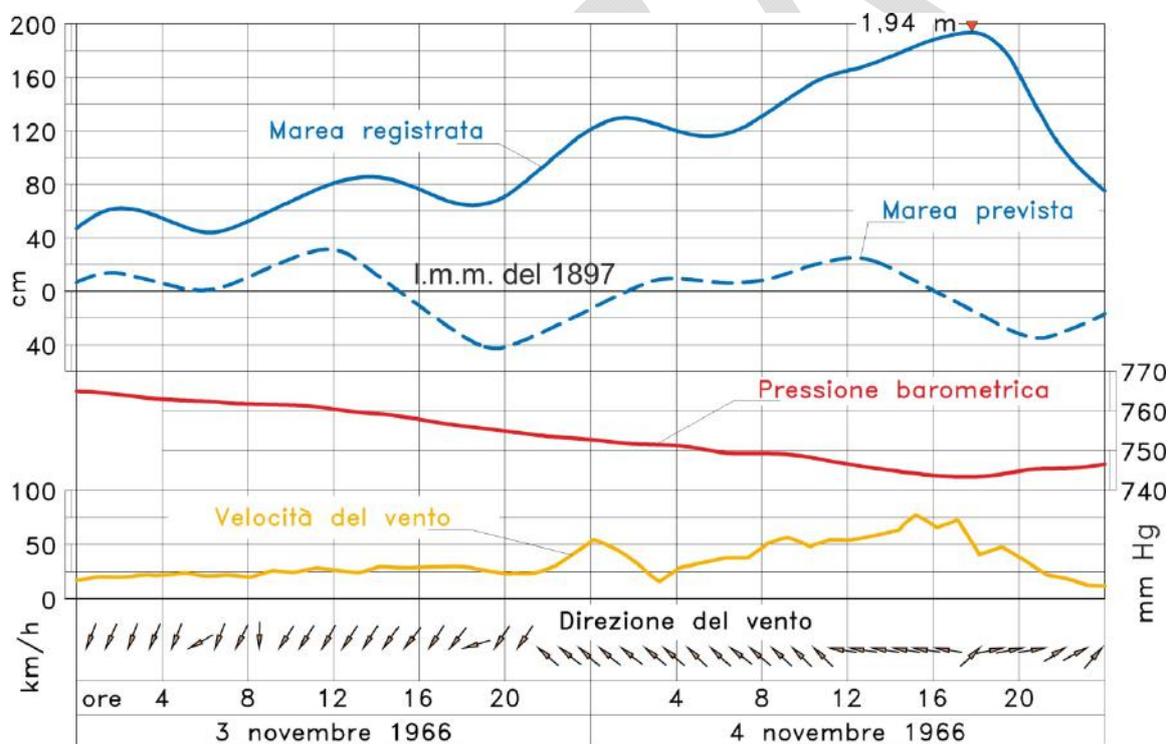


Fig. 59 - Venezia – Bacino di S. Marco, dati meteorologici del 3 e 4 novembre 1966; le altezze mareografiche sono relative allo zero idrometrico di Punta della Salute.

¹³ La marea astronomica è causata dall'azione gravitazionale della Luna e del Sole sulla massa d'acqua, e dipende dalla posizione della Terra rispetto ai due astri. Poiché il moto relativo di questi corpi celesti è conosciuto con precisione, anche l'evoluzione della marea è deterministicamente prevedibile. A Venezia la marea astronomica descrive una curva di tipo prevalentemente semidiurno, con due massimi e due minimi nelle 24 ore. Durante le fasi di luna nuova e di luna piena gli effetti del Sole e della Luna si sommano, determinando le massime oscillazioni di marea (sizigie). Nei periodi di primo e ultimo quarto, invece, la marea è meno ampia e meno regolare (quadratura) e possono esservi giorni con un solo minimo e un solo massimo. L'ampiezza effettiva del livello del mare dipende tuttavia anche da fenomeni meteorologici non legati alle maree, ma che ne esaltano gli effetti. In particolare si tratta degli effetti del vento nonché del differenziale di pressione atmosferica tra il mare aperto e la zona costiera. Il vento soffiando verso la costa innalza il livello del mare sui litorali, soffiando verso il largo abbassa il livello, in particolare è lo Scirocco (proveniente dai settori di SE) il vento che può generare significativi sovralti a Venezia.

La marea, per le condizioni di pressione e vento, ha avuto il massimo di 1,94 m alle ore 18 del 4 novembre. Il massimo storico precedente era stato il 15 gennaio 1867 con 153 cm. Il massimo del secolo scorso, prima del 1966 è stato di 151 cm il 12 novembre 1951, in tale data, si ricorda vi furono le rotte del Po nei pressi di Rovigo, con allagamento di 130.000 ha di Polesine [Da Deppo e Datei, 2014]. La mareggiata in Adriatico ha sormontato e distrutto ampi tratti di murazzi (Fig. 60 e Fig. 61). Il centro storico è stato praticamente tutto allagato (Fig. 62). Si ha infatti, da un rilievo del 1961, che a quota 1,30 m, escludendo la superficie occupata dagli scali ferroviari e marittimo, l'85 % del centro storico risulta allagato con un volume di circa 810.000 m³ [Ministero dei Lavori Pubblici-Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste; Dorigo, 1969].



Fig. 60 - Mareggiata che dall'Adriatico sormonta i murazzi con veduta delle distruzioni degli stessi.

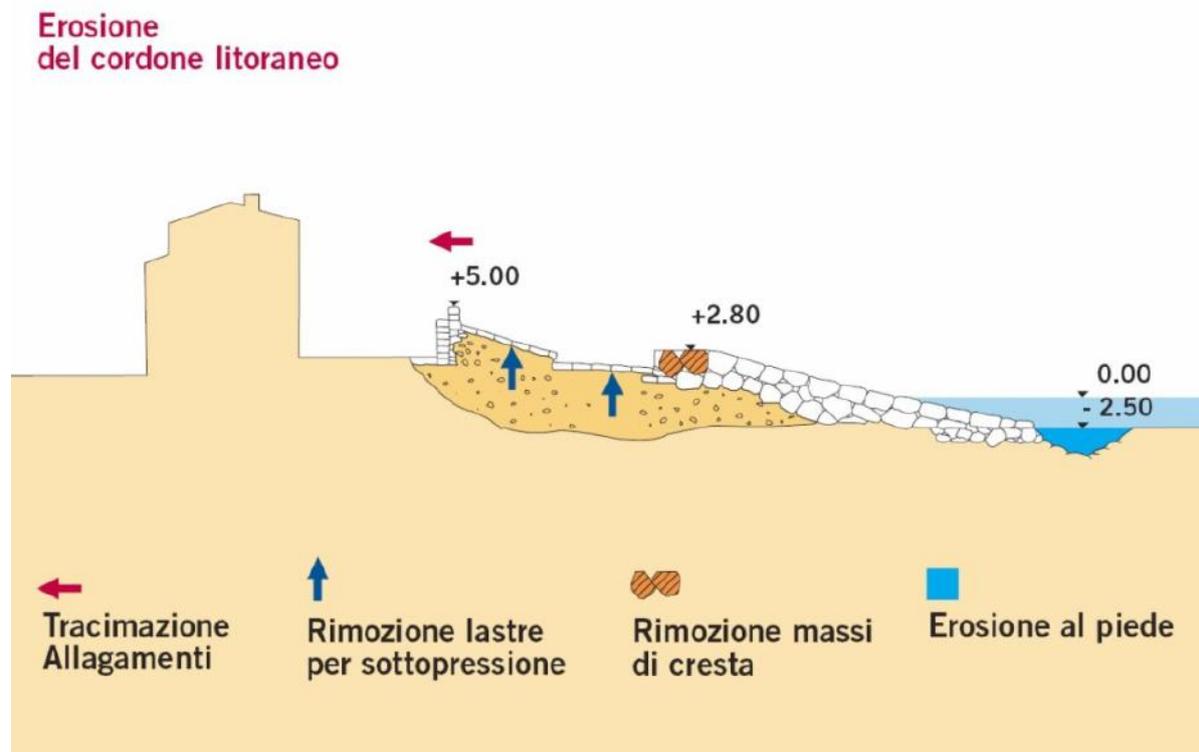


Fig. 61 - Murazzi a Pellestrina, tipologia dei danneggiamenti.



Fig. 62 - Piazza San Marco completamente allagata durante l'evento del novembre 1966; sullo sfondo la Basilica di San Marco ed il Palazzo Ducale.

8. La Commissione De Marchi

Dopo i grandi eventi alluvionali che nel novembre 1966 colpirono principalmente il Veneto e la Toscana, fu istituita, nel luglio 1967, la *Commissione interministeriale per lo studio della sistemazione idraulica e della difesa del suolo*, detta Commissione De Marchi dal nome del suo Presidente, Professore di Idraulica nel Politecnico di Milano. I lavori furono conclusi nel 1970, quando si stava costituendo l'ordinamento regionale [Commissione interministeriale per lo studio della sistemazione idraulica e della difesa del suolo (Commissione De Marchi). Atti della Commissione, 1974].

Nelle premesse alla relazione conclusiva, trattando delle esigenze pregiudiziali, viene affermato: *È d'altronde ben manifesta la necessità che le attività... vengano promosse e condotte con unità di concetti e secondo direttive generali uniformi per l'intero Paese, ... e che i problemi dei singoli bacini e i relativi provvedimenti risolutivi siano inquadrati nella visione unitaria delle esigenze globali dell'intero territorio nazionale.*

Rinunciare alla unità di direttive su base nazionale, e suddividere o, meglio, spezzettare l'opera difensiva fra le varie regioni sarebbe fonte di gravi pericoli e d'inevitabile danno per il Paese.

La Relazione De Marchi proponeva di adeguare alle massime portate di piena gli alvei nei tratti medio-bassi dei fiumi o di laminare i colmi di piena con dighe di laminazione o con invasi esistenti o da realizzare; per ogni bacino erano indicati possibili serbatoi.

9. Le opere realizzate (e non) dopo il 1966 per la difesa dalle piene

Dopo l'evento del 1966 gli uffici del Genio Civile, con il finanziamento dello Stato, avrebbero anzitutto dovuto intervenire con interventi straordinari di sovralzato e ringrosso arginale ed eliminazione di strozzature che creassero rigurgito significativo.

Per i ponti sarebbe stato necessario intervenire, oltre che su quelli che creavano restringimento eccessivo della sezione, anche su quelli con franco insufficiente.

Un esempio di ponte con franco insufficiente è quello ferroviario sul Tagliamento a Latisana, con il piano del ferro alquanto più basso della sommità arginale. Il ponte, anche per l'accumulo contro le travate di materiale galleggiante (Fig. 63) ha creato rigurgito che ha contribuito alla rotta a monte.

Il ponte è stato successivamente sollevato di circa 1 metro ed è ora dotato di martinetti per un ulteriore sollevamento in caso di piena.

Si ricorda che le NTC 2008 vietano di ottenere il franco idraulico durante la piena con il sollevamento del ponte.

La (Fig. 64) mostra il ponte ferroviario a Latisana, visto da valle, durante la piena del Novembre 2000.



Successivamente alle conclusioni della Commissione De Marchi (1974) gli amministratori avrebbero dovuto far predisporre un piano per realizzare, in tempi ragionevoli, gli interventi indicati dalla Commissione stessa, e non solo, seguendo i criteri esposti nella premessa della Relazione e in sintesi soprariportati.

L'istituzione dell'ordinamento Regionale (1970) ed il conseguente graduale passaggio delle competenze di difesa del territorio dallo Stato alle Regioni, ma anche la successiva Legge 18 maggio 1989, n.183 "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo", che ha istituito le Autorità di Bacino, che hanno richiesto tempi non brevi per impostare e completare gli studi e giungere alla fase propositiva, hanno di fatto sospeso per lungo tempo ogni decisione.

Con il passare del tempo molte delle opere, in particolare le dighe, previste dalla Commissione De Marchi sono risultate non più fattibili perché parte delle aree interessate dagli interventi erano state nel frattempo, forse non a caso, urbanizzate o destinate ad altre infrastrutture.

Caso emblematico è la diga di Pinzano sul Tagliamento, in Friuli. Dopo le piene del 1965 e 1966 che provocarono, tra l'altro, l'allagamento di Latisana, fu proposta la costruzione di una diga alla stretta di Pinzano (2.293 km²), ove si chiude il bacino montano, con un volume di invaso utile di 95x10⁶ m³, destinata alla difesa del basso Tagliamento, principalmente di Latisana. Sia Pinzano che Latisana sono in provincia di Udine. Il progetto non fu realizzato per le opposizioni delle popolazioni interessate dall'invaso: nel frattempo le aree di invaso sono state occupate da infrastrutture varie.

Non migliore fortuna ha avuto il progetto di casse, alternative alla diga, previste, in area golenale e demaniale immediatamente a valle della stessa stretta di Pinzano.

Sono stati dimenticati anche i serbatoi montani, previsti nel bacino del Tagliamento, per uso idroelettrico, prima del 1963, ed in parte ripresi dalla commissione De Marchi per la difesa del Tagliamento, il cui utilizzo fu anche riproposto con un piano organico di difesa [Aprilis et Al., 1991].

Risulta in corso uno studio per aumentare la capacità di portata del Tagliamento a valle di Latisana, ma la soluzione non potrà comunque risolvere i problemi di tutto il bacino.

La conclusione è che, se dovessero ripetersi le piene del 1965 o del 1966, Latisana ed aree limitrofe subirebbero danni assai maggiori di quelli delle due passate alluvioni.

Altro caso, in Veneto, è la diga di Meda sull'Astico (Bacchiglione, Vicenza) prevista per la difesa di

Vicenza: tale opera potrebbe essere ora realizzata con un invaso ridotto a circa metà di quello previsto dalla Commissione De Marchi, per essere stata nel frattempo realizzata una zona industriale nella parte alta della prevista area di invaso. Attualmente, per la difesa del territorio vicentino sono previste, oltre a Meda, ben altre cinque casse di espansione, variamente distribuite sul territorio, forse per limitare le opposizioni locali.

E' da rimarcare che la scelta di suddividere in numerosi invasi il volume necessario per la difesa di un territorio, incrementa significativamente i costi rispetto ad un numero più ridotto di opere di capacità equivalente [Tonini, 1968 e Da Deppo & Datei, 2003], e rende alquanto più difficile l'ottimizzazione della gestione del volume, richiedendo, in definitiva, un maggior volume a disposizione, e quindi un investimento alquanto superiore, per garantire lo stesso risultato della difesa.

E' appena il caso di sottolineare che i serbatoi montani interessano superfici generalmente poco produttive (terreni incolti o boschi) mentre le casse interessano generalmente superfici agricole di maggior pregio. Inoltre i serbatoi si prestano spesso, in virtù della quota cui sono collocati, ad un utilizzo per usi multipli (energetico, irriguo, potabile, ambientale, oltre che per la difesa dalle piene), usi generalmente ottenibili solo in minima parte con le casse d'espansione.

Dopo la nascita delle Regioni, a volte gli interventi sono divenuti infattibili per il fatto di essere collocati in una determinata regione, ma tali da determinare benefici prevalenti ai territori di un'altra. Gli interventi di difesa, infatti, una volta ripresi dopo la costituzione delle Regioni, hanno purtroppo assunto come area di interesse non più i bacini idrografici, ma i confini amministrativi regionali, disattendendo clamorosamente le raccomandazioni della Commissione De Marchi.

Ne è esempio la diga del Vanoi (bacino del Brenta-Trento), con un invaso di circa $40 \times 10^6 \text{ m}^3$, da realizzare in provincia di Trento, pochi km a monte del confine con la regione Veneto, ma i cui significativi benefici riguarderebbero tutta l'asta della Brenta, compresa la città di Padova, fino al mare. L'invaso era già stato progettato nel 1959, prima della nazionalizzazione dell'energia elettrica (1963), per uso idroelettrico ed è tra quelli previsti dalla Commissione De Marchi.

Gli interventi di difesa di un'area, anche quando intervento ed area sono collocati nella stessa regione, ma financo provincia, sono risultati via via sempre più difficili per le opposizioni delle popolazioni locali che, prese dalla sindrome di *NIMBY* (*Not In My Back Yard*, non nel mio cortile), badano al loro minuto interesse locale non considerando l'interesse dell'intera collettività. La costituzione di comitati "No Diga", "No Cassa", "No Tutto" spaventa non pochi politici, che si fanno prendere dalla sindrome di *NIMTO* (*Not In My Term of Office*, non nel mio mandato di amministratore). Ovviamente l'aver demandato, con le regioni, alla classe politica locale scelte che in passato erano prese da governo centrale, non ha certo facilitato l'assunzione di taluni tipi di scelta.

A questo proposito si può citare ad esempio la diga di Valda, sul torrente Avisio, per la difesa di Trento.

Infatti per proteggere la città di Trento dalle alluvioni causate dal fiume Adige, il Governo italiano, dopo la Grande Guerra, aveva previsto la costruzione della Diga di Valda sul torrente Avisio affluente di sinistra dell'Adige poco a monte di Trento. La diga avrebbe dovuto contenere circa $25 \times 10^6 \text{ m}^3$ d'acqua, ma non fu realizzata. Dopo l'evento del 1966, il progetto è stato rispolverato secondo le indicazioni della Commissione De Marchi. E' stata progettata una diga alta 132 m, con un volume di invaso di $50 \times 10^6 \text{ m}^3$, per uso multiplo: difesa dalle piene, produzione idroelettrica (1,2 MW installati) e accumulo per l'irrigazione. Ovviamente la sua realizzazione sarebbe fondamentale per la difesa di Trento, essendo questa città ubicata a monte della più volte ricordata galleria Adige-Garda, ma la diga non è stata, almeno finora, realizzata per le opposizioni locali.

E' tuttavia da osservare che il comportamento di certi politici che sono appena stati indicati come affetti dalla sindrome di *NIMTO*, non è un fatto recente, basti ricordare la famosa sentenza di Pisone

qui nil mutandum censuerat, del 15 d.c., a proposito delle proposte per la difesa di Roma dalle piene del Tevere¹⁴.

Ci sono anche casi di opere iniziate e successivamente abbandonate che avrebbero potuto contribuire alla difesa di un territorio. Tra queste merita di essere menzionata la diga ad arco di Digonera, a Caprile (Alleghe, Belluno), sull'alto Cordevole (Piave), iniziata nei primi anni '60. La diga, alta 115 m avrebbe creato un invaso di $25 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Essa, con coronamento previsto a quota 1150 m s.m.m., sottendeva l'alto Cordevole ($S = 97 \text{ km}^2$) e, con un canale di gronda, ampia parte del torrente Fiorentina e del suo affluente Codalunga (bacino allacciato per complessivi 58 km^2): il bacino sotteso sarebbe stato di circa 150 km^2 , a fronte di tutto il bacino del Cordevole che è di 867 km^2 .

La tragedia del Vajont del 9 ottobre 1963¹⁵, portò alla sospensione dei lavori da parte del Genio Civile di Belluno. Al momento della sospensione era stato completato quasi tutto il pulvino perimetrale ed era iniziato il getto della parte bassa dei conci centrali. I lavori non sono più stati ripresi.

La diga, qualora i lavori non fossero stati interrotti, sarebbe stata completata prima del novembre 1966. Poiché il bacino sotteso dalla diga era completamente innevato, la presenza del serbatoio avrebbe significativamente ridotto le portate a valle, quantomeno ridimensionando di molto i danni per l'abitato di Caprile (Fig. 65) e, più a valle, almeno fino al lago di Alleghe¹⁶, (Belluno).



Fig. 65 - Piena del Cordevole (Piave) del 1966: Caprile (Alleghe, Belluno), situato alla confluenza tra i torrenti Fiorentina, Cordevole e Pettorina.

Opere fondamentali come la ricordata Galleria Adige-Garda (§ 3), tutta realizzata in provincia di

¹⁴ Nel 15 d.c., presumibilmente all'inizio dell'anno, vi fu a Roma una importante esondazione del Tevere. Riporta Tacito (Libro 1, Paragrafo 79) che il Senato romano, essendo imperatore Tiberio, succeduto ad Augusto nel 14 d.c., si riunì per discutere, relatori Arrunzio e Ateio, se, per regolare le piene del Tevere, non convenisse deviare i fiumi e le acque dei laghi che lo alimentano; furono ascoltate le delegazioni di municipi e colonie. Dopo lunghe discussioni le insistenze delle colonie o la difficoltà dei lavori oppure lo scrupolo religioso prevalsero: fu accolto il parere di Gneo Pisone, che proponeva di lasciare tutto inalterato.

¹⁵ Vedi la nota (¹¹).

¹⁶ Il lago di Alleghe si è formato per la caduta di una frana dal monte Spitz che ostruì il Cordevole (bacino del Piave) poco a valle di Alleghe (Belluno). La caduta della frana avvenne probabilmente nella notte dell'11 gennaio 1771 e causò il seppellimento dei villaggi di Riete, Marin e Fucine; solo a Riete si calcolarono 48 vittime.

Nelle due settimane che precedettero la caduta vi furono numerosi segni premonitori, quali la formazione di crepacci e la caduta di massi.

La frana occupò per oltre un miglio la valle del Cordevole, con elevazione di circa 100 m dal fondo alveo. L'invaso formatosi a monte nel corso dei successivi sei mesi sommerse altre cinque frazioni.

Un secondo franamento avvenne la mattina del primo maggio successivo: il materiale, cadendo nel lago, sollevò un'onda che provocò altre vittime e danni [Vollo, 1935].

Trento, in prossimità del confine con la provincia di Verona, e i cui benefici sono esclusivamente per i territori della regione Veneto, sarebbero attualmente difficilmente realizzabili per veti delle Amministrazioni locali. Di fatto anche la gestione di questa galleria, è divenuta non facile dopo il passaggio delle competenze sull'Adige, per la Regione Trentino-Alto Adige, alle due provincie autonome (2000). Nel 2002 è stata firmata una convenzione per l'utilizzo della galleria tra la provincia di Trento, la regione Veneto, la regione Lombardia, L'Agenzia Interregionale per il fiume Po, le autorità del bacino del fiume Po e del fiume Adige. La convenzione prevede rigidi criteri per l'apertura, l'utilizzo e la chiusura della galleria in base ai livelli idrometrici del fiume Adige.

Il passaggio alle regioni dei corsi d'acqua ha comportato che alcuni fiumi, o parte di essi, che rappresentano il confine tra due regioni, abbiano le due sponde con competenze di due regioni diverse. In questi casi le due regioni possono intervenire sugli argini senza un accordo, potendosi quindi verificare il caso che, in una sezione, una regione abbia sommità arginali maggiori di quelle dell'altra, con ovvie conseguenze in caso di piene non contenute nella sezione.

Per un corretto uso del territorio di tutto il Paese e per la sua difesa, sarebbe quindi indispensabile che lo Stato tornasse ad assumere, per difesa ed utilizzazione, poteri sovraregionali, non essendo possibile il federalismo, come inteso da molti politici, in materia di acque. Gli interventi, almeno quelli più significativi, dovrebbero quindi essere gestiti dallo Stato, il che consentirebbe forse di superare, più efficacemente di quanto ora accade, le opposizioni locali. Ovviamente è indispensabile stanziare cifre adeguate sia per nuove opere che per la manutenzione di quelle esistenti, ma lo stato giustifica la limitatezza degli stanziamenti per la difesa del territorio con la cronica mancanza di fondi. Si può osservare, a questo proposito, che lo stato italiano sta comprando aerei da guerra del tipo F-35; ognuno di questi super cacciabombardieri costa almeno 130 milioni di € ai contribuenti italiani, cifra che supera i 200 milioni di € conteggiando le parti di ricambio principali e gli equipaggiamenti di supporto: con questa cifra si potrebbero realizzare invasi per oltre $100 \times 10^6 \text{ m}^3$, sufficienti, per un ampio territorio, a vincere la guerra contro alluvioni e siccità. Parte almeno di questo investimento rientrerebbe poi con la produzione idroelettrica, riducendo anche l'inquinamento da idrocarburi e la dipendenza energetica dall'estero, o monetizzando i benefici per l'agricoltura.

Tra le poche opere realizzate dopo il 1966, di interesse anche per la difesa, è da ricordare che nel bacino del Cellina-Meduna-Livenza, negli anni 1982-2014 è stata realizzata la diga a gravità massiccia di Ravedis (Fig. 66). La diga, prevista per uso irriguo ed idroelettrico e per la laminazione delle piene, è alta 70 m, ha un invaso di $23,6 \times 10^6 \text{ m}^3$, sottende un bacino di 446 km^2 . L'opera è tra quelle previste dalla Commissione De Marchi.



Fig. 66 - Diga di Ravedis sul torrente Cellina (Meduna- Livenza, Pordenone) e particolare di uno degli scaricatori di superficie in condizioni di sfioro.

Pur avendo effetto trascurabile per la difesa, si ricorda, per completezza, che nel bacino dell'Adige è

stata realizzata la diga di Quaira della Miniera (rio Pracomune, rio Valsura, Adige-Bolzano). La diga, a gravità massiccia, costruita nel periodo 1962-1970, è alta 72 m, ha un invaso di $12,8 \times 10^6 \text{ m}^3$, sottende un bacino di $3,40 \text{ km}^2$ cui si aggiungono $71,6 \text{ km}^2$ di bacino allacciato con pompaggio.

Oltre che per la difesa dalle alluvioni, in tempo di temute variazioni climatiche, è infatti indispensabile prevedere serbatoi che possano accumulare acqua durante i periodi piovosi, da utilizzare poi nei periodi siccitosi. Il nostro paese ha infatti più acqua di quanto necessiti, ovviamente distribuita temporalmente in modo diverso dalle necessità, per cui sono indispensabili opere di accumulo¹⁷.

L'attenta, ma oggi non difficile, gestione degli invasi, specie quelli da realizzare, permetterebbe di garantire un volume a disposizione delle piene nei periodi in cui queste sono attese, consentendo altresì l'utilizzo per vari usi (irriguo, idroelettrico ecc.), pur con qualche limitazione, per tutto l'arco dell'anno.

E' bene inoltre sottolineare i non trascurabili effetti occupazionali della costruzione di nuove dighe, specie se destinate anche ad uso idroelettrico. Esse comporterebbero infatti la realizzazione di strade ed altre infrastrutture, l'arricchimento tecnico delle imprese di costruzione e degli studi professionali, arricchimenti facilmente esportabili, come accaduto fino alla fine degli anni '60 per molte società

¹⁷ La stima tra la produzione idrica in Italia ed i consumi porta alla seguente valutazione:

Produzione meteorica ($300.000 \text{ km}^2 \cdot 1 \text{ m}$)	$300 \cdot 10^9 \text{ m}^3$
Consumo potabile ($60 \cdot 10^6 \text{ ab} \cdot 400 \text{ l/d-ab}$)	$\sim 9 \cdot 10^9 \text{ m}^3$
Uso irriguo ($4 \cdot 10^6 \text{ ha} \cdot 0,6 \text{ l/s-ha} \cdot 100\text{d}$)	$20 \cdot 10^9 \text{ m}^3$
Consumo industriale (escluso idroelettrico)	$5 \cdot 10^9 \text{ m}^3$
Totale consumi	$35 \cdot 10^9 \text{ m}^3$

I consumi rappresentano il 12% della produzione meteorica ossia il 25% circa del defluito. I volumi utilizzati non sono tutti consumati.

Può, dunque, affermarsi come uno stato di crisi nel sistema idrologico e idraulico italiano non si ponga, fortunatamente, in una prospettiva allarmante. L'affermazione non deve, però, fare immaginare che problemi non esistano o che non si debba porre mano a una revisione del sistema idraulico con l'obiettivo di razionalizzare l'uso dell'acqua e di poter controllare gli eventi di piena.

A fronte d'una risorsa naturale mediamente in grado di corrispondere al fabbisogno, si deve osservare come, la sua distribuzione territoriale sia non uniforme e, come la condizione di disponibilità media debba comportare la necessità di provvedere alla regolazione della risorsa stessa per fronteggiare eventuali stati di crisi nella produzione meteorica, quali le piene e la siccità.

Ma con l'avvertenza di annotare che la prospettiva che la nozione di regolazione introduce debba riguardare cadenze pluriannuali e non limitarsi al periodo annuale, come se la produzione idrologica fosse ogni anno la stessa. Gli stessi serbatoi devono essere progettati e gestiti anche per poter laminare le piene: l'unico modo di battersi contro la temuta siccità e contro le alluvioni.

La conclusione: la costruzione di serbatoi, con dighe di sbarramento, (possibilmente a quota elevata), e i trasferimenti dell'acqua (anche tra Regioni diverse) rappresentano la soluzione, accanto ad alcuni cambiamenti culturali, l'unica, forse ai problemi delle ricorrenti crisi idriche ma anche delle alluvioni.

Le capacità occorrenti per la regolazione annuale completa dei deflussi - espresse come percentuali del *deflusso annuo*, oppure ragguagliate a migliaia di m^3 per km^2 di bacino - possono, secondo indicazioni del Servizio Idrografico a metà del secolo scorso, in prima approssimazione, ritenersi:

Zone	Percentuale del deflusso annuo	Migliaia di m^3 per km^2 di bacino
Italia Settentrionale:		
- Alpi	20÷25 %	100÷130
- Appennino	30÷40 %	150÷300
Italia Centrale	30÷40 %	75÷90
Italia Meridionale	40÷55 %	90÷100
Italia Insulare	55÷80 %	100÷125

Fissando la percentuale al 50% del deflusso annuo, il volume richiesto sarebbe di $75 \times 10^9 \text{ m}^3$, contro i 14 realmente disponibili oggi in Italia (ossia il 20% circa del deflusso annuo).

italiane.

10. Le opere in corso di completamento per la difesa di Venezia e dalla sua Laguna dalle acque alte.

Per quanto riguarda la difesa della città di Venezia dalle *acque alte*, ossia dalle maree che provocano allagamenti in città, è da osservare che da tempo è stata intrapresa la realizzazione di un sistema di opere mobili, detto MOSE, per la chiusura delle tre bocche che mettono in collegamento la laguna con l'alto Adriatico.

Ad ognuna delle tre bocche (Fig. 67) è in corso di montaggio una schiera di paratoie e ventole, di acciaio al carbonio, a spinta di galleggiamento, oscillanti ed a scomparsa.

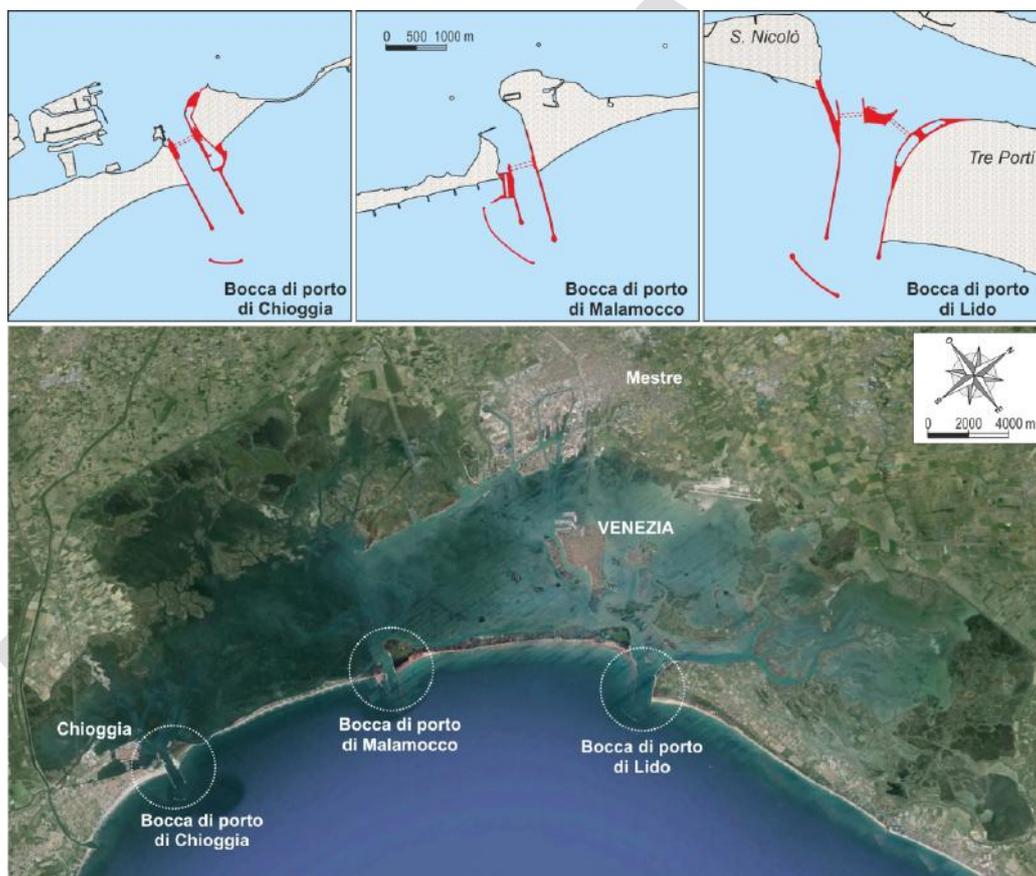


Fig. 67 - Veduta da satellite della laguna di Venezia e particolare della chiusura delle tre bocche.

Normalmente le ventole sono piene d'acqua e rimangono adagiate sul fondo, quando l'acqua viene espulsa e le ventole sono riempite d'aria, si sollevano per la spinta d'Archimede separando la laguna dal mare (Fig. 68 e Fig. 69). Questo tipo di opere è, al mondo, unica nel suo genere.

Le paratoie sono 78 per le quattro schiere (Lido-Treporti: 21; Lido - S. Nicolò: 20; Malamocco: 19; Chioggia: 18).

Lo spessore delle paratoie varia tra 3,6 m (schiera di Lido-Treporti) e 5 m (schiera di Chioggia); la lunghezza (distanza tra cerniere e bordo superiore) varia tra 18,5 m (schiera di Lido-Treporti) e 29,2 m (schiera di Malamocco); la larghezza è di 20 m per tutte le schiere. Le paratoie sono dimensionate per sostenere un dislivello tra mare e laguna di 2 m, ossia una marea di 3 m.

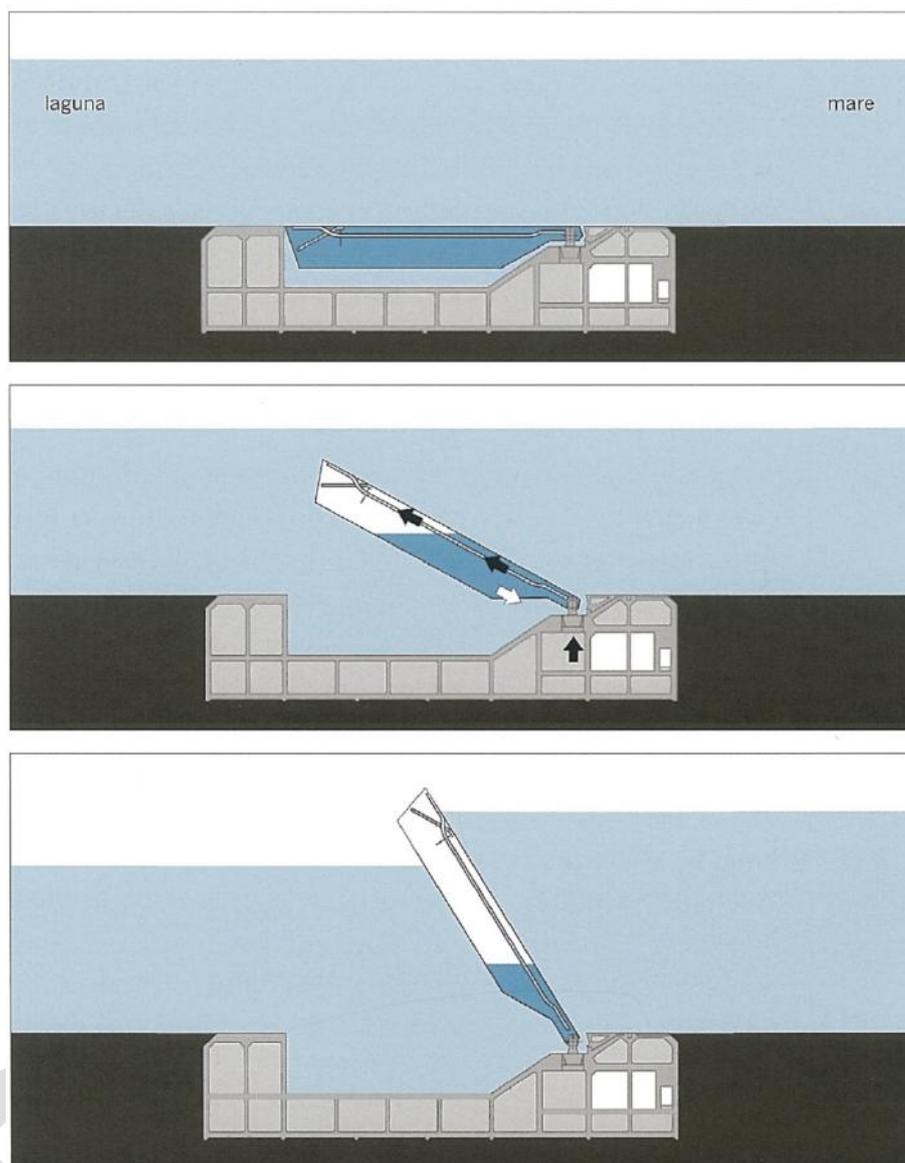


Fig. 68 - Schema di funzionamento delle paratoie del MOSE. Dall'alto in basso: paratoie a riposo, piene d'acqua; paratoie in fase di sollevamento (le frecce nere indicano l'immissione di aria compressa e quella bianca l'espulsione dell'acqua); paratoia in posizione d'esercizio.

L'opera, una volta completata, sarà costata circa 6 miliardi. Non si dispone della valutazione dei costi di manutenzione: certamente saranno assai elevati sia per la soluzione adottata, con paratoie sempre immerse in acqua che devono essere smontate e portate a terra per la manutenzione, che per la durabilità dei materiali scelti.

Interventi minori per la difesa di Venezia hanno riguardato, prima dell'inizio delle opere alle bocche il sollevamento delle pavimentazioni delle Rive nelle zone ove le quote dei piani terra delle abitazioni e, soprattutto, i caratteri architettonici lo hanno consentito, con lo scopo di limitare le chiusure delle bocche quando la marea è prevista superare quota 1 m sullo 0 di Punta della Salute. Altri interventi, tra i principali, hanno riguardato il marginamento di molti canali e la difesa del cordone litoraneo.

La Legge Speciale 798/1984 ha previsto che la progettazione e l'esecuzione delle opere per la difesa dalle maree fossero affidate, con l'istituto della concessione, ad un unico soggetto. A 50 anni dall'alluvione le opere debbono ancora essere concluse: il completamento, più volte rinviato, è ora previsto per il 2018.

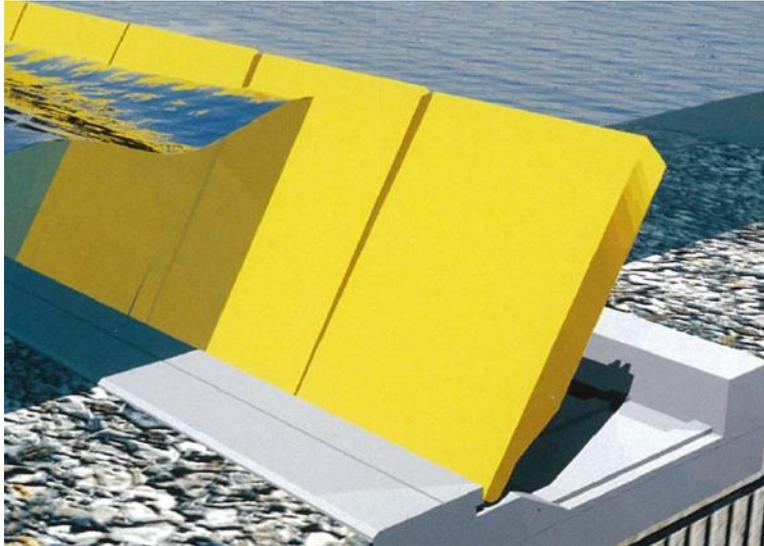


Fig. 69 - Ventole del MOSE per la chiusura delle bocche della laguna di Venezia.

11. Quali sarebbero oggi nelle Tre Venezie le conseguenze di un evento come quello del novembre 1966?

Le pochissime opere di difesa realizzate negli ultimi 50 anni, il blocco di fatto della costruzione di nuove dighe dopo la tragedia del Vajont, la drastica riduzione degli interventi di manutenzione delle opere esistenti e degli alvei dei corsi d'acqua, e l'incremento dei coefficienti di deflusso per gli interventi realizzati sul territorio, hanno lasciato la pericolosità di buona parte dei corsi d'acqua veneti immutata nella migliore delle ipotesi, tuttavia si può purtroppo dire che generalmente essa si è incrementata.

La mancata manutenzione degli alvei, con crescita incontrollata di vegetazione e mancata rimozione delle piante crollate ha comportato un aumento della scabrezza con conseguente riduzione della capacità di portata, nonché la proliferazione di animali che possono danneggiare gli argini, in particolare, in questi ultimi decenni delle nutrie (Fig. 70 e Fig. 71).

E' appena il caso di sottolineare come l'Art. 96 del T.U. 25 luglio 1904 n° 523 (ripreso da una legge del 1865) che impedisce di mantenere vegetazione sugli argini, ed al loro piede, fino alla distanza di almeno 4 m, e dentro gli alvei, sia, e solo per pochi, un ricordo del passato quando al governo dei fiumi provvedevano le istituzioni statali. Spesso dimenticata è la norma dello stesso T.U. per quanto riguarda la costruzione di edifici in prossimità dei corpi arginali, che dovrebbero essere consentiti a distanza non inferiore a 10 m dal piede arginale¹⁸.

In particolare le piante che crescono sui corpi arginali, una volta recise o comunque morte possono dar luogo, con le radici che marciscono, a fenomeni di sifonamento, come avviene per le tane delle nutrie e di altri animali.

I molti edifici spesso presenti a ridosso degli argini impediscono o rendono onerosissimi gli interventi di sovrizzo e ringrosso arginale per ridurre adeguatamente la pericolosità. La presenza di questi edifici diventa tuttavia grave in caso di necessità di interventi per la salvaguardia degli argini in caso di piena, e per la ripresa di rotte.

¹⁸ Anche dopo l'emanazione del T.U. del 1904, è rimasto in vigore, per il fiume Adige, il Regolamento Ansaldo, emanato nel 1819, dall'Imperial Regio governo Austriaco, con prescrizioni più severe di quanto previsto dal T.U.. Le prescrizioni dettate dal Regolamento Ansaldo sono state, purtroppo, modificate in senso meno restrittivo nel 1981 dal Magistrato alle Acque di Venezia, mantenendo solo a valle del confine tra le provincie di Trento e Verona, lato campagna, la distanza di 20 m dall'unghia arginale per scavi ed edifici.



Fig. 70 - Corpo arginale nel bacino del Bacchiglione invaso dalla vegetazione.



Fig. 71 - Corona arginale nel bacino del Bacchiglione ingentilita (!?) con un duplice filare di piante d'alto fusto e siepe.

Dopo l'evento del 1966 numerose sono state le costruzioni in aree che sono state interessate dalla piena, spesso anche da quella del 1882. Il numero delle costruzioni (ed infrastrutture) ed il loro valore, e quindi l'ipotetico danno, ha quindi significativamente aumentato il rischio (prodotto della pericolosità per il danno), la cui riduzione, in prospettiva, e nel caso si verificasse la volontà di effettuarla, avrà costi ingenti per le casse pubbliche.

E' appena il caso di ricordare che la popolazione residente nelle tre Venezie era, al 1° gennaio 1967, di 6.040.446 abitanti (1.215.305 in Friuli Venezia Giulia, 4.005.751 in Veneto e 819.390 in Trentino-Alto Adige); la previsione della popolazione residente al 1° gennaio 2017 è di 7.486.903 abitanti (1.259.287 in Friuli Venezia Giulia, 5.138.688 in Veneto e 1.088.928 in Trentino Alto Adige), ossia il 24% in più rispetto a 50 anni prima. La previsione della popolazione residente nelle tre Venezie al 1° gennaio 2065 è di 8.205.310, ossia il 36% in più rispetto a 98 anni prima.

In un paese attento ai problemi della difesa del territorio le aree già interessate da alluvioni e per le quali non si fosse provveduto a ridurre la pericolosità avrebbero dovuto essere classificate come inedificabili, tuttavia così non è stato per molte aree delle tre Venezie. Pare quindi lecito assumere, prudenzialmente, il danno materiale (non considerando quindi la perdita di vite umane) proporzionale alla popolazione residente; questo aumenterebbe, nel caso del ripetersi ora di un evento come quello del 1966, del 24%. Sarebbe inoltre necessario tener presente l'incremento di valore dei beni interessati dall'evento, per essere migliorata la qualità degli edifici e delle infrastrutture. Ovviamente è da tenere poi in conto la rivalutazione monetaria (circa 18 volte dal 1966 ad oggi).

Ringraziamenti

Ringrazio:

- il Signor Gianluigi Bugno per la consueta cura dedicata alla grafica;
- l'ing. Marco Baldin, l'ing. Francesco Baruffi, il prof. Paolo Bertola, il geologo Eugenio Colleselli, l'ing. Maurizio Ferla, l'ing. Paolo Milan, l'ing. Fabio Riva e il prof. Luigi Ravis per alcune immagini.