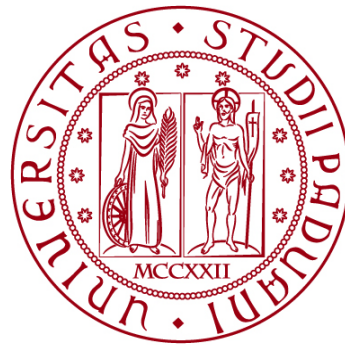


**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA**

**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, EDILE E  
AMBIENTALE**

*Department Of Civil, Environmental and Architectural Engineering*

**Corso di Laurea in Ingegneria Civile**



## **La galleria Mori – Torbole**

*The Mori-Torbole diversion tunnel*

**Relatore: PROF. ANDREA DEFINA**

**Laureanda: GIULIA LAUDANNA**

**N° matricola: 1167507**

Anno Accademico: 2023/2024



*A chi non ha ancora capito cosa fare nella vita,  
a chi invece lo sa da tutta la vita.  
Troverete la vostra strada,  
troverò anche la mia.  
C'è un posto nel mondo per tutti,  
l'importante è non smettere di crederci.*

*Alla forma di amore più pura, quella dei miei nonni  
Filippo, Carlo e Lisa.  
A chi c'è sempre stato.  
A me stessa.*





## Sommario

<b>1. Introduzione</b> .....	<b>7</b>
<b>2. Il fiume Adige</b> .....	<b>9</b>
2.1 Le piena dell'Adige .....	12
<b>3. La Galleria Adige – Garda</b> .....	<b>27</b>
3.1 Storia e primi progetti .....	27
3.2 Progetto e costruzione della Galleria Adige – Garda .....	31
3.3 L'utilizzo della Galleria durante la Seconda Guerra Mondiale .....	33
3.4 Lago di Loppio .....	37
<b>4. Dati Tecnici</b> .....	<b>41</b>
4.1 Caratteristiche dell'opera .....	41
4.2 Opere di arredo della galleria .....	46
4.3 Funzionamento degli scolmatori .....	49
4.4 Progetto completo previsto dal Miliani .....	50
4.5 Interventi di Manutenzione .....	53
4.6 Utilizzo della Galleria .....	54
4.7 Aperture della Galleria nel corso degli anni .....	55
4.8 Problematiche legate all'utilizzo della galleria .....	60
<b>5. Bibliografia e sitografia</b> .....	<b>65</b>



## **1. Introduzione**

Tra le opere idrauliche più importanti e rivoluzionarie nel Nord Italia sicuramente si può annoverare lo scolmatore che collega il fiume Adige con il lago di Garda, realizzato nella prima metà del 1900.

Quest'opera collega il secondo fiume più lungo di Italia, ovvero il fiume Adige, con il lago di Garda.

La galleria Adige – Garda è un'opera di grande importanza per la città di Verona e i territori limitrofi in quanto impedisce che le piene dell'Adige sommergano la città, come avvenuto più volte negli anni, causando innumerevoli danni. La realizzazione di quest'opera è stata più volte riproposta nel corso degli anni come possibile soluzione alle rovinose esondazioni che hanno colpito i territori della provincia di Verona soprattutto nel corso del 1800. La costruzione è cominciata nella primavera del 1939 e terminata nel 1959 subendo diverse interruzioni e variazioni di destinazione d'uso a causa del secondo conflitto mondiale.

Nonostante il grande beneficio per la città di Verona e i suoi cittadini, l'apertura della galleria presenta notevoli problematiche per il lago di Garda; infatti, questo, ogni qual volta si riversino le acque del fiume, subisce notevoli danni in quanto l'acqua del fiume è sensibilmente più fredda e, specialmente allo sbocco della galleria, si verifica uno shock termico che causa un'alterazione della fauna ittica lacustre.

Lo scopo di questo lavoro di Tesi è descrivere il funzionamento dello scolmatore e spiegarne la funzione tenendo in considerazione le innumerevoli problematiche che l'utilizzo di quest'opera comporta.

Prima di fare questo è fondamentale analizzare le piene che si sono susseguite nei secoli e che hanno portato alla costruzione di un'opera idraulica di tale importanza.

In conclusione, è doveroso analizzare i danni che l'apertura di questa galleria provoca al lago di Garda e all'economia dei comuni.

## 2. Il fiume Adige

Di particolare rilevanza nell'idrografia nazionale è il fiume Adige, questo è situato nell'Italia Nord Orientale, più precisamente nei territori del Triveneto (Figura 1).



Figura 1: Bacini idrografici dei fiumi delle Tre Venezie

Con una lunghezza di 410 km, è il secondo fiume italiano più importante dopo il fiume Po; per ampiezza del bacino, invece, si colloca al terzo posto dopo Po e Tevere.

Se analizziamo invece la portata media annua si colloca dopo il fiume Po, Ticino e Tevere con una portata di circa  $235 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Il Fiume Adige nasce nell'alta Val Venosta a 1550 metri di altitudine presso il passo Resia<sup>1</sup> (Figura 2).



*Figura 2: Sorgente del fiume Adige*

La foce del fiume Adige invece è il mar Adriatico, in particolare presso i comuni di Chioggia e Rosolina.

Il bacino del fiume Adige è molto esteso e comprende 369 comuni; durante il suo corso il fiume Adige attraversa le città di Trento, Rovereto, Verona, Legnago, Cavarzere, toccando anche Merano, Bolzano e Rovigo; pertanto, il fiume Adige interessa le regioni di Veneto e Trentino Alto Adige. Le valli attraversate dall'Adige assumono vari nomi: val Venosta tra la sorgente e Merano, valle dell'Adige tra Merano e Trento, Vallagarina<sup>2</sup> tra Trento e Verona

---

<sup>1</sup> Il passo Resia è un valico alpino situato vicino al punto di triplice frontiera con Austria e Svizzera. Questo passo montano divide, dal punto di vista orografico, le Alpi: da una parte abbiamo le Alpi Retiche orientali, dall'altra le Alpi Retiche Occidentali.

<sup>2</sup> La Vallagarina è detta anche Val Lagarina. Si tratta dell'ultimo tratto montano percorso dal fiume Adige, successivamente il fiume sbocca nella Pianura Padana.

e infine val Padana tra Verona e il mar Adriatico. Nel bacino ricadono 185 ghiacciai, dei quali 155 alimentano direttamente il fiume<sup>3</sup>.

Il fiume Adige ha un bacino idrografico di 12000 km<sup>2</sup>. Un terzo del fiume Adige, ovvero 140 km, scorre nel territorio della provincia di Bolzano.

L'Adige ha diversi affluenti, tra cui, il rio Ram, Passirio, Isarco, Noce, Avisio che riveste un ruolo particolare nelle piene dell'Adige e l'Alpone (Figura 3).



Figura 3: Affluenti ed emissari del fiume Adige.

Si può dire dunque che il fiume “ha due volti, quello montano, racchiuso in una profonda valle di origine glaciale, e quello pianeggiante, in cui il fiume scorre pigro e lento nel cuore della campagna padano – veneta”<sup>4</sup>.

---

<sup>3</sup> F. BOCCALETTO, *Storie d'acqua, fiumi del Veneto: l'Adige*, il Bo Live, 9 Marzo 2021

<sup>4</sup> F. BOCCALETTO, *Storie d'acqua, fiumi del Veneto: l'Adige*, il Bo Live, 9 Marzo 2021

Nel corso della storia l'idrografia del fiume Adige subì diverse variazioni, che si possono osservare già a partire dall'epoca romana. Le modifiche apportate a questo fiume derivano dalle alluvioni, ma soprattutto dalle opere di bonifica, dalla regimazione e dalla rettifica dell'alveo che hanno portato ad un importante cambiamento della morfologia del fiume. Ad esempio, nel corso dell'Ottocento, nella parte montana, vennero implementate modifiche finalizzate ad un maggiore sfruttamento idroelettrico del fiume, un ampliamento della superficie coltivabile e anche la costruzione di nuove infrastrutture di trasporto. Tra queste modifiche si ricorda la deviazione del corso del fiume nei pressi della città di Trento, il fiume che precedentemente transitava nel centro della città, venne deviato all'esterno.

Il corso del fiume venne alterato anche dalla costruzione di innumerevoli opere di difesa; inizialmente, infatti, la larghezza del fiume, in alcuni tratti, era circa 4 volte maggiore a quella attuale.

Il fiume Adige ha da sempre ricoperto un ruolo fondamentale per la città di Verona, sia da un punto di vista di sviluppo urbanistico, sia da un punto di vista economico. La città, infatti, inizialmente si è sviluppata all'interno dell'ansa del fiume, posizione scelta dai Romani in quanto strategica per i commerci e la difesa della città. Il fiume era forza motrice di oltre 400 mulini che permettevano la macinazione di colori per le stoffe. Le problematiche riguardanti questo fiume cominciarono a mostrarsi in seguito alle rovinose alluvioni che si susseguirono negli anni, ed in particolare in seguito alla più catastrofica risalente al 1882.

## **2.1 Le piena dell'Adige**

Furono innumerevoli gli eventi alluvionali che interessarono nel corso dei secoli il bacino dell'Adige, alcuni si rivelarono particolarmente distruttivi,



tanto da attirare l'attenzione delle autorità su questo fiume con la finalità di ricercare una possibile soluzione per arginare questa problematica e porre in salvo i territori più colpiti.

Già a partire dall'epoca romana si ha notizia di una catastrofica alluvione risalente al 589 che ha causato numerosi morti e distruzione nei territori di Verona.

*“In quel tempo ci fu un diluvio d'acqua [...] che si ritiene non ci fosse stato dal tempo di Noè. Furono ridotti in rovina campagne e borghi, ci furono grosse perdite di vite umane e animali. Furono spazzati via i sentieri e distrutte le strade; il livello dell'Adige salì fino a raggiungere le finestre superiori della basilica di San Zeno martire, che si trova fuori le mura della città di Verona [...] Anche una parte delle mura della stessa città di Verona fu distrutta dall'inondazione”*

*Historia Longobardorum Liber III<sup>5</sup>*

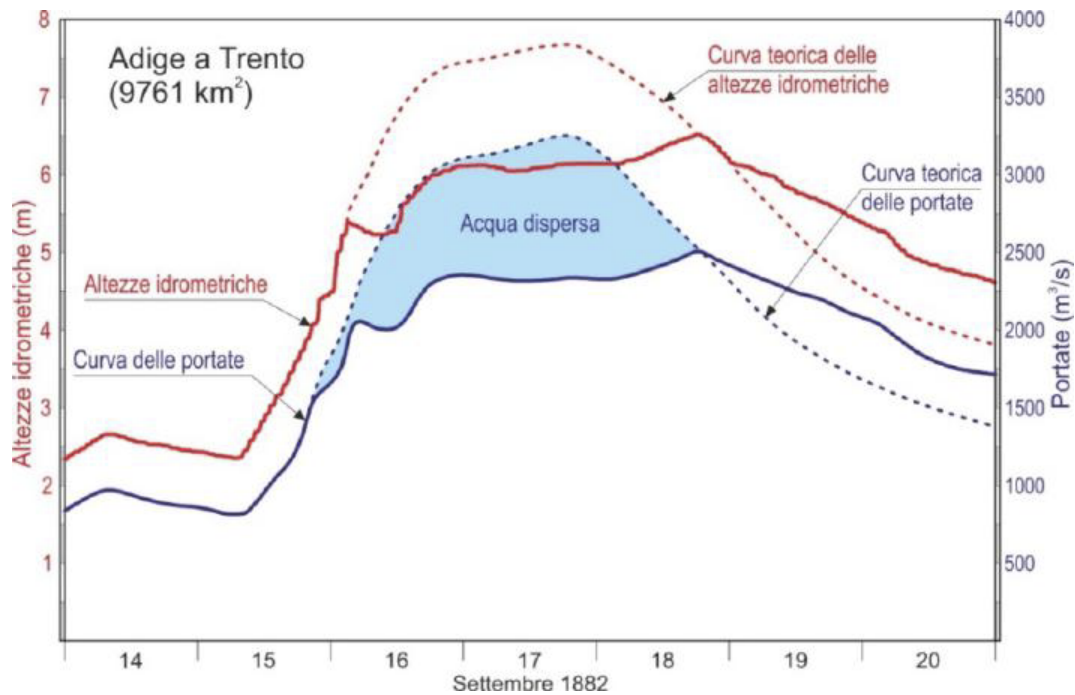
Negli ultimi due secoli sono stati molteplici gli eventi alluvionali che hanno colpito le Tre Venezia. Di particolare rilevanza sono le piene avvenute nel 1882 e nel 1966. Tuttavia, numerosi altri eventi hanno segnato questa zona come, ad esempio, le alluvioni del 1926, del 1928 e del 1965.

L'anno 1882 è stato caratterizzato da scarse precipitazioni sia nella stagione invernale che nella stagione primaverile, furono, invece, abbondanti nei successivi mesi estivi; pertanto, all'inizio del mese di settembre e quindi all'inizio del periodo usuale delle piogge il terreno risultava essere già saturo. Si registrarono abbondanti precipitazioni dal giorno 11 settembre al giorno 22 settembre, accompagnate da un notevole aumento della temperatura che ha causato lo scioglimento delle nevi.

---

<sup>5</sup> Paolo Diacono, *Historia Longobardorum*, libro III, 789,

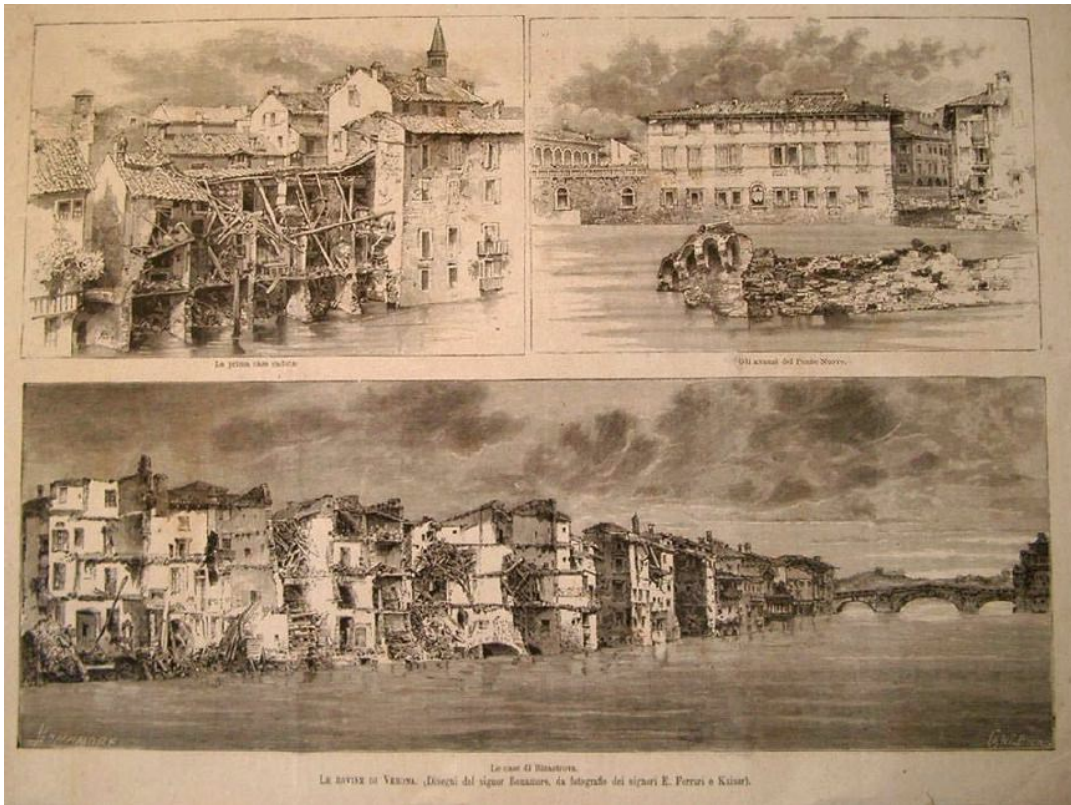
Questa combinazione di eventi ha portato al verificarsi di piene significative che hanno interessato tutti i fiumi. Le criticità maggiori hanno riguardato il fiume Adige, dove nella seconda metà di settembre, la piena raggiunse il suo massimo. In particolare, il 18 settembre, nella città di Trento il fiume Adige raggiunse un'altezza idrometrica e di 6,11 metri (*Figura 4*), causando l'inondazione della città.



*Figura 4: Altezze idrometriche e portate dell'Adige durante la piena del 1882.*

La piena fu talmente importante che anche i dati riguardanti l'altezza idrometrica e le portate raggiunte dal fiume sono incerte in quanto le condizioni di misurazione si rilevarono avverse.

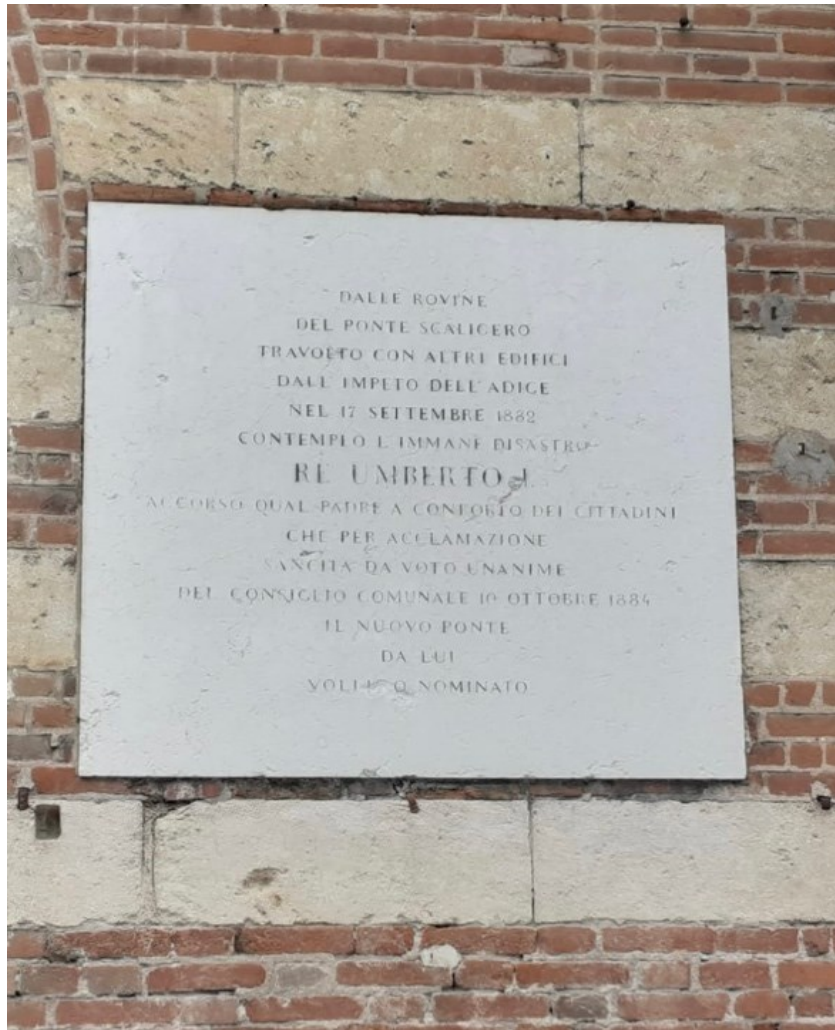
Per quanto riguarda la città di Verona, il giorno 14 settembre la piena causò la distruzione di Ponte Nuovo; invece, il giorno 17 settembre la città risultava sommersa per oltre i due terzi (*Figura 5, Figura 6 e Figura 7*).



*Figura 5: Piena dell'Adige del 1882*



*Figura 6: Distruzione di ponte Nuovo nella piena del 1882*



*Figura 7: targa situata sul Lungadige Bartolomeo Rubele*

Successivamente, il giorno 17 settembre, l'Adige ruppe gli argini a Boschetto di Angiari, a 100 km dal mare, causando la distruzione delle campagne della bassa veronese e del Polesine per un totale di 126000 ettari di terreno allagati con tiranti<sup>6</sup> che superarono i 6 metri causando lo sfacelo di innumerevoli manufatti e abitazioni.

Chiaramente le alluvioni del settembre del 1882 non riguardarono solamente il fiume Adige, ma la maggior parte dei fiumi presenti nel territorio veneto come,

---

<sup>6</sup> Il tirante idraulico è l'altezza raggiunta dall'acqua misurata rispetto al fondo dell'alveo.



ad esempio, il Bacchiglione<sup>7</sup> ed il Brenta<sup>8</sup> che hanno causato, invece, innumerevoli danni alla città di Padova (Figura 8).

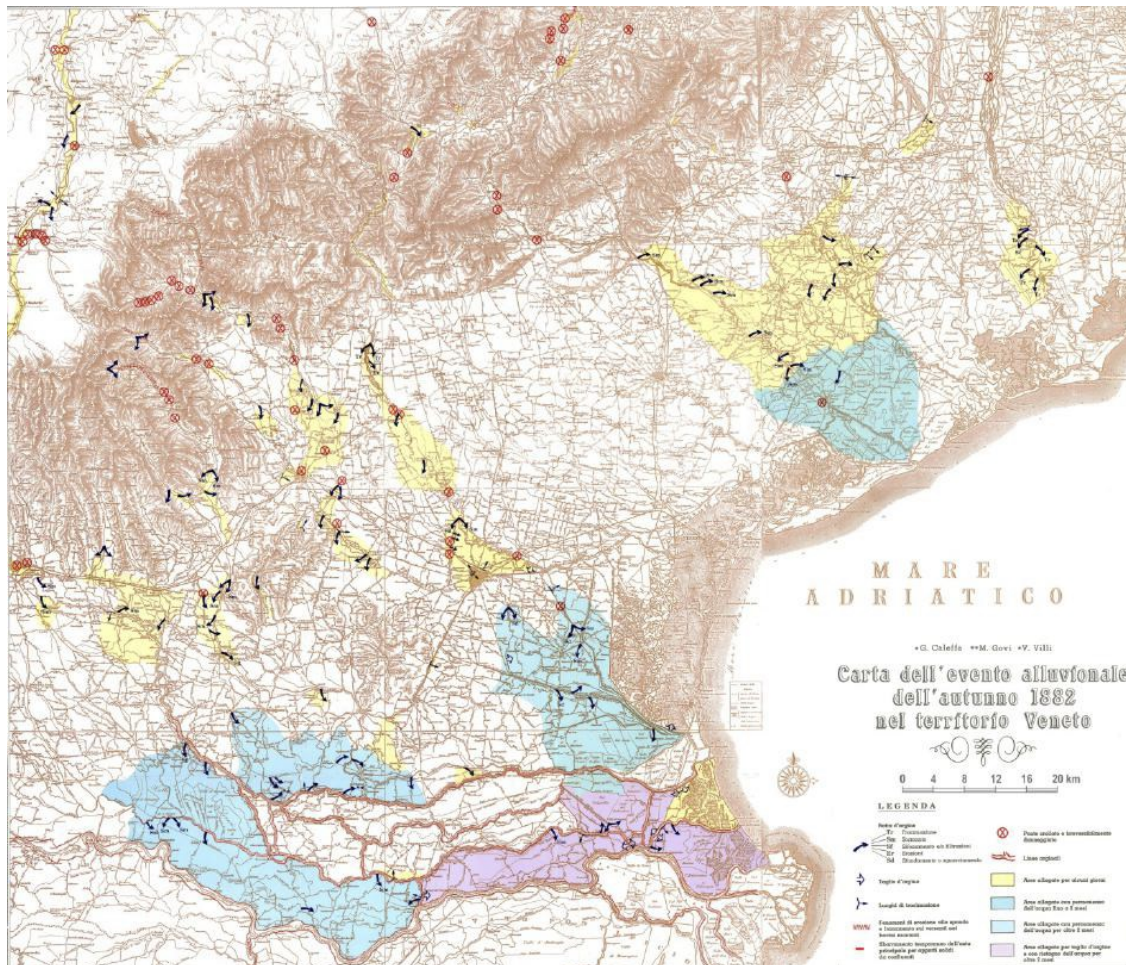


Figura 8: Territori alluvionati nel 1882

In seguito agli eventi catastrofici del 1882 furono eseguiti degli interventi che prevedevano l'allargamento del fiume in molti punti e la costruzione di alti muraglioni sulle sponde del fiume Adige. In particolare, nella città di Verona, l'amministrazione comunale, decise di canalizzare il fiume nel tratto urbano attraverso la costruzione di argini di difesa.

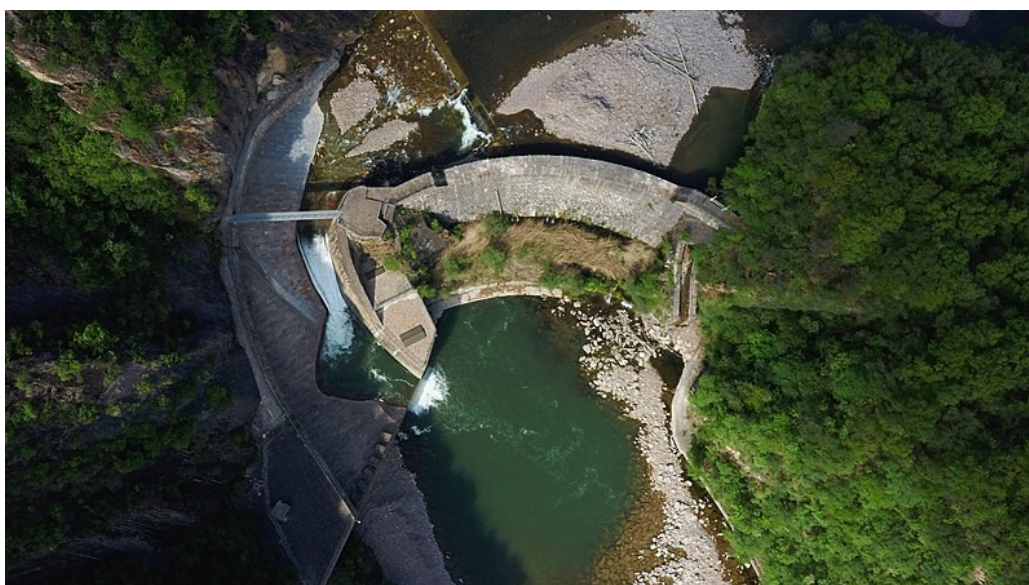
<sup>7</sup> Il Bacchiglione è un fiume Veneto che scorre nelle provincie di Padova, Vicenza e Venezia, verso la fine del suo corso si unisce al fiume Brenta per poi sfociare nell'Adriatico.

<sup>8</sup> Il Brenta è un fiume Trentino e Veneto che sorge nei laghi di Caldonazzo e di Levico nel Trentino e dopo 174 km sfocia nel mare Adriatico.

Furono adottati gli stessi provvedimenti attuati a Roma dopo l'esondazione del 1870 del fiume Tevere<sup>9</sup>.

Tuttavia, questi interventi si verificarono totalmente insufficienti per garantire la sicurezza della città di Verona.

Un altro intervento previde la costruzione della serra di San Giorgio<sup>10</sup> (*Figura 9*) con lo scopo di trattenere il deposito solido trasportato dal fiume Avisio<sup>11</sup>. Non fu l'unica serra costruita per poter contenere gli affluenti del fiume Adige.



*Figura 9: Serra di San Giorgio collocata sul fiume Avisio.*

Un'altra opera di notevole importanza è stata la galleria Adige Garda, il cui scopo principale è la difesa delle zone a valle della provincia di Trento ed in

---

<sup>9</sup> Il 26 dicembre 1870 il Tevere, a causa delle violenti piogge che si abatterono nei territori della Val Tiberina e della Val Chiana, esondò. Infatti, l'acqua superò l'altezza degli argini e allagò gran parte della città di Roma. In seguito a questo avvenimento furono costruiti muraglioni più alti a tutela della città.

<sup>10</sup> La serra di San Giorgio è una briglia idraulica ovvero un'opera idraulica posta trasversalmente al corso del fiume. È posta lungo l'Avisio.

<sup>11</sup> L'Avisio è un torrente situato in trentino ed è un affluente sinistro del fiume Adige. Il corso d'acqua ha origine sulla Marmolada e attraversa la Val di Fassa, la Val di Fiemme e la Val Cembra.

particolare della città di Verona. La Galleria Adige - Garda rappresenta il maggior scolmatore realizzato in territorio italiano.

Altri eventi meno gravi sono stati registrati nella prima metà del 1900, in particolare nel 1926 e nel 1928.

La piena del '26 assume particolare importanza perché successivamente furono disposti dei provvedimenti per deviare il flusso dei corsi d'acqua in situazioni di emergenza. In particolare, il Regio Magistrato<sup>12</sup> delle acque introdusse l'utilizzo delle casse di espansione<sup>13</sup> come strumento di difesa.

Un'altra piena rilevante è quella del 1928, questa acquistò particolare importanza nel calcolo dei volumi di invaso delle opere di difesa, in quanto in questo particolare evento l'onda di piena si presentò con tre picchi (*Figura 10*), ovvero si ebbero tre piene successive molto ravvicinate tra loro.

---

<sup>12</sup> Il Regio Magistrato è un istituzione inserita nel 1907 a tutela delle acque per le provincie venete e di Mantova.

<sup>13</sup> Le casse di espansione o bacino di espansione, sono delle opere idrauliche che vengono realizzate per ridurre la portata durante i fenomeni di piena di un corso d'acqua attraverso il deposito temporaneo di una parte del volume d'acqua trasportato nell'onda di piena.



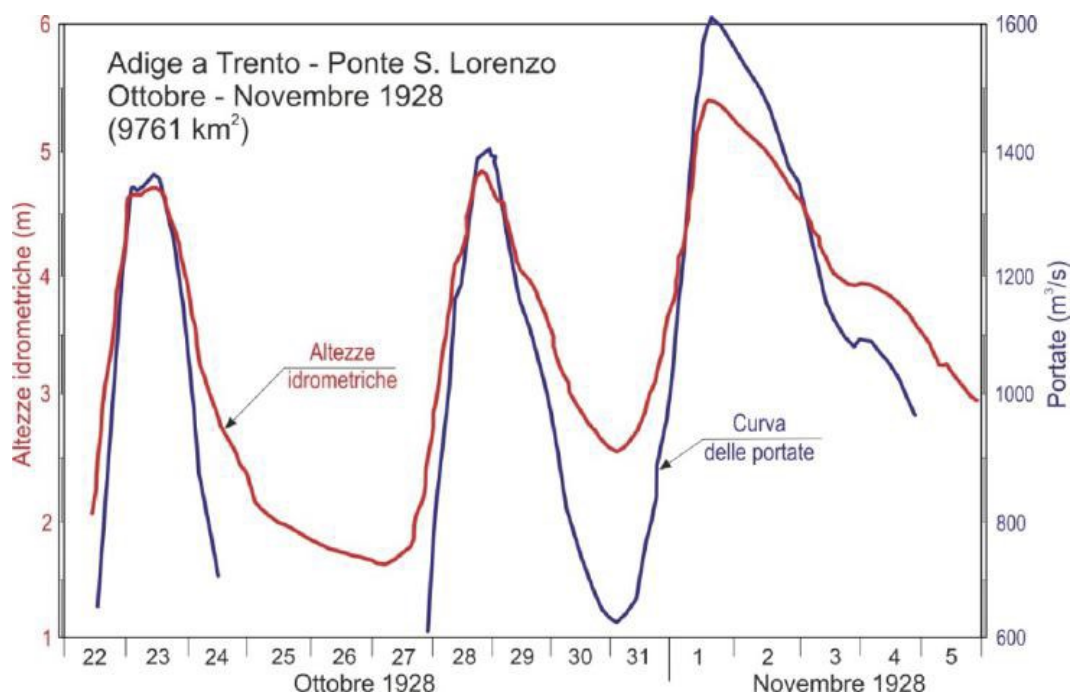


Figura 10: tre picchi di piena nell'alluvione del 1928

Questo aspetto risulta di particolare importanza quando si procede con il dimensionamento delle vasche di laminazione<sup>14</sup> in quanto è necessario prevedere un volume tale affinché quest'opera possa avere una capacità sufficiente da far fronte ad un evento così importante e possa essere, inoltre, dotata di opportune opere di scarico.

Nel 1965 il territorio delle tre Venezie fu colpito da intense precipitazioni, inizialmente di carattere nevoso che poi, a causa dell'innalzamento delle temperature, si trasformarono in forti piogge con l'aggiunta dello scioglimento delle nevi. Ad aggravare la situazione, i terreni risultavano essere già saturi dalle abbondanti piogge dei mesi precedenti, causando un elevato coefficiente

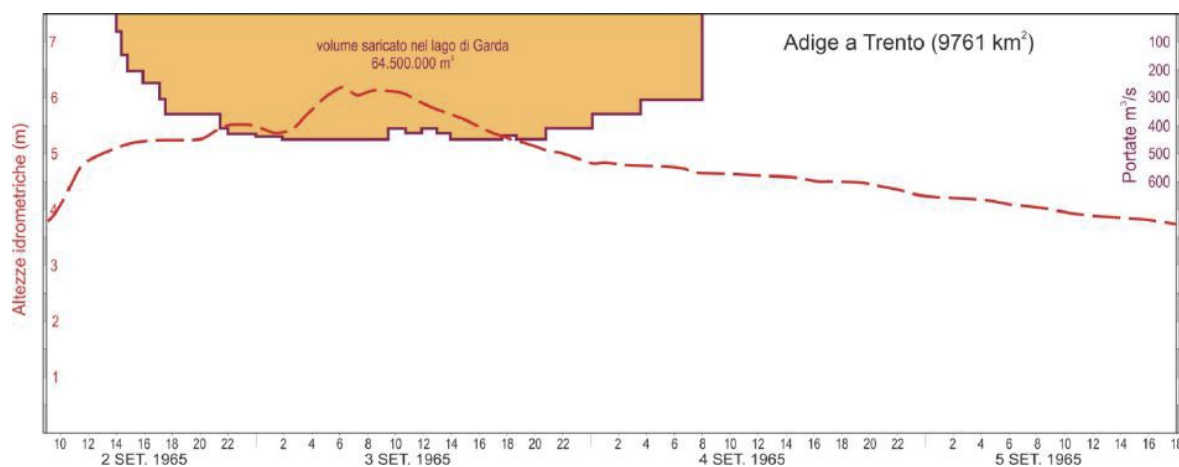
---

<sup>14</sup> Le vasche di laminazione servono per l'accumulo delle acque meteoriche che ricadono su aree impermeabilizzate; quindi, territori che non garantiscono il drenaggio delle acque, per poi essere scaricate in fiumi o torrenti con una portata idraulica più bassa. Hanno lo scopo di eliminare i fenomeni di onda di piena, che si vengono a creare durante eventi piovosi eccezionali, peggiorata anche dal cambio di destinazione d'uso di molte zone territoriali.



di deflusso<sup>15</sup> delle acque meteoriche. Durante questo evento le altezze idrometriche rilevate superarono quelle della piena del 1882, ad eccezione della parte a valle della galleria Adige - Garda.

Anche questa piena si è verificata con tre picchi successivi molto ravvicinati. Durante questa occasione, secondo i dati riportati da Enel, la Galleria ha permesso di scaricare nel lago di Garda circa  $64,5 \times 10^6 \text{ m}^3$  salvaguardando i territori del veronese (*Figura 11 e Figura 12*).



*Figura 11: Altezze idrometriche e portata scaricata nel Lago di Garda durante l'evento di piena del 1965.*

---

<sup>15</sup> Il coefficiente di deflusso è pari al rapporto tra il volume di acqua defluito dalla sezione di chiusura del bacino e l'acqua meteorica caduta sul bacino.



*Figura 12: Scarico a Torbole della galleria Adige Garda nel 1965*

L'evento del 3 e 4 novembre del 1966 è stato di notevole importanza e ha riguardato principalmente i fiumi Tagliamento<sup>16</sup> ed Isonzo<sup>17</sup>.

A rendere particolarmente pericolosa questa piena è stato il vento di scirocco che ha aumentato notevolmente il gradiente pluviometrico.

Durante questa piena l'utilizzo dello scolmatore precedentemente costruito ha permesso di ridurre notevolmente la portata dell'Adige transitata nella città di Verona. La Galleria ha scaricato in Lago, alla massima portata possibile ( $500\text{m}^3/\text{s}$ ), per 10 ore consecutive sversando un totale di  $67 \times 10^6 \text{ m}^3$  (*Figura 13*).

---

<sup>16</sup> Il Tagliamento è il fiume più importante del Friuli Venezia Giulia, ha una lunghezza di 170 km.

<sup>17</sup> L'Isonzo è un fiume che attraversa la Slovenia in quanto sorge a Gorizia e l'Italia, in particolare il Friuli Venezia Giulia, ha una lunghezza di 136 km.

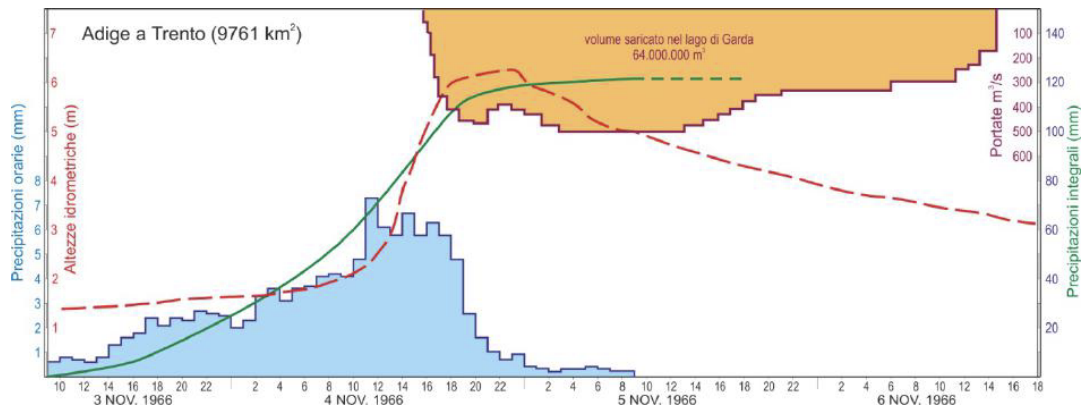


Figura 13: Andamento delle precipitazioni, altezze idrometriche misurate e portata scaricata nel lago di Garda nell'evento del 1966.

Questa eccezionale portata d'acqua scaricata nel lago ha causato un innalzamento di quest'ultimo di 18 centimetri, questo perché l'emissario (ovvero il fiume Mincio) è regolato da uno sbarramento a Salionze che riduce la portata scaricata a 150 m<sup>3</sup>/s.

Per quanto riguarda invece la città di Trento, quindi a monte della galleria, è stata allagata assieme a 6000 ettari di terreno circostante (Figura 14).



Figura 14: Allagamento dei territori di Trento in seguito alla piena del 1966.

Ad aggravare la situazione nell'ultimo tratto prima dello scarico in mare del fiume Adige è stata senza dubbio l'eccezionale alta marea registrata dall'idrometro di Punta della Salute, che ha causato l'allagamento dei territori del Polesine. A contribuire sensibilmente a questa piena dell'Adige sono stati gli affluenti Noce, a destra, e Avisio, a sinistra, situati entrambi a monte di Trento. Nel tratto precedente la galleria sono state registrate 12 rotture degli argini.

Fondamentale, ai fini di arginare la piena a Trento, è stata la diga a Santa Giustina del Noce<sup>18</sup>, che ha ridotto la portata che il fiume Noce ha scaricato in Adige (*Figura 15*).



*Figura 15: Diga e lago di Santa Giustina sul Noce.*

Per quanto riguarda la salvaguardia della città di Verona, la galleria Adige Garda ha svolto un ruolo fondamentale.

---

<sup>18</sup> Si tratta di una diga di notevoli dimensioni ed è in funzione dal 1951. Si tratta di uno sbarramento artificiale che regola il naturale deflusso di un corso d'acqua.

In seguito a questi eventi eccezionali il Genio Civile<sup>19</sup> ha dato il via ad interventi straordinari di sovralzato e di ringrosso arginale eliminando eventuali strozzature che causavano un aumento del rigurgito<sup>20</sup>.

Sono stati eseguiti anche dei lavori di revisione di quei ponti che presentavano un franco insufficiente causa quindi di un ristagno di acqua. Un esempio di questi lavori è stato il ponte ferroviario sul Tagliamento, a Latisana, dove il piano del ferro risultava essere ad una quota inferiore del piano arginale, questo, a causa del ristagno di materiale galleggiante, ha portato al rigurgito delle acque che, a sua volta, ha causato la rottura arginale a monte. Attualmente il ponte presenta dei martinetti idraulici<sup>21</sup> che ne consentono il sollevamento qualora eventi straordinari di piena lo rendessero necessario.

È opportuno osservare che negli ultimi 50 anni non sono state implementate nuove opere di difesa idraulica a causa di molteplici problematiche, tra cui si annovera il disastroso evento che ha coinvolto la diga del Vajont<sup>22</sup>. A questa mancanza di interventi si aggiunge anche l'eccessiva occupazione del suolo che ha portato ad un notevole incremento del coefficiente di deflusso.

Pertanto, la pericolosità dei fiumi Veneti non è diminuita nel corso degli anni, anzi è opportuno dire che la pericolosità è aumentata. A contribuire a questo,

---

<sup>19</sup> Il Genio Civile è un organo statale periferico. Questo ha il compito di controllare, monitorare e sovrintendere sulle opere pubbliche. La nascita di questo organo risale al regno di Luigi XIV, in Francia, mentre in Italia venne introdotto durante il Regno di Sardegna da Vittorio Emanuele I con la denominazione di corpo reale del genio civile.

<sup>20</sup> Con il termine rigurgito idraulico si intende un aumento del tirante idraulico e una diminuzione di velocità dovuti prevalentemente ad un ostacolo.

<sup>21</sup> I martinetti idraulici sono frequentemente applicati nelle opere idrauliche e hanno lo scopo di sollevare delle strutture per consentire il passaggio di una portata maggiore di acqua.

<sup>22</sup> La diga del Vajont è una diga progettata negli anni 20 del 900 dall'ingegner Semenza. Sorge tra i comuni di Erto e Casso, in provincia di Pordenone. La diga è rimasta coinvolta nel disastro del Vajont, durante il quale si staccò una frana dal monte Toc che causò la distruzione del comune di Longarone. In seguito a questo avvenimento si è interrotto l'utilizzo, per la produzione elettrica, della diga.

la mancanza di manutenzione degli argini e degli alvei, con crescita incontrollata della vegetazione e mancata asportazione di alberi caduti, ha causato un aumento della scabrezza con conseguente riduzione della capacità di portata.

Inoltre, dopo le piene del 1966 sono comunque state ricostruite le zone interessate dalla piena, considerate comunque zone ad elevato rischio.



## 3. La Galleria Adige – Garda

### 3.1 Storia e primi progetti

La problematica riguardante la questione idrologica dei fiumi del Triveneto si è riproposta svariate volte nel corso dei secoli a causa delle molteplici alluvioni che hanno coinvolto questi fiumi e che hanno causato ingenti danni alle città di Verona e Trento e alle rispettive provincie, ma ha trovato una parziale soluzione solo alla metà del 900, con la costruzione della galleria scolmatore.

In particolare, assunse notevole rilevanza nel corso degli anni la questione della moderazione delle piene dell'Adige per la tutela della città di Verona e della sua provincia; furono, infatti, molteplici le soluzioni proposte nel corso dei secoli da diversi ingegneri e studiosi che si cimentarono nel trovare una soluzione a questa problematica.

La prima soluzione fu proposta da Vincenzo Maria Coronelli<sup>23</sup>, il quale suggerì lo scavo di un imponente canale diversivo della lunghezza di circa 10000 metri. Questo doveva passare sotto il Monte Baldo<sup>24</sup> partendo da Ceraino, in provincia di Verona, fino al Lago di Garda. Quest'opera aveva lo scopo di deviare, all'occorrenza, l'esubero delle acque del fiume Adige, che si sarebbero rivelate pericolose per la città di Verona (*Coronelli – 1717*).

Questa proposta fu particolarmente rivoluzionaria per l'epoca, tuttavia, presentava delle problematiche tra cui la ridotta pendenza tra il tratto montano e quello vallivo che avrebbe causato una scarsa profondità dell'alveo. Questa

---

<sup>23</sup> Vincenzo Maria Coronelli (1650-1718) fu un frate minore veneziano. Si occupò di geografia, cartografia e soprattutto di idraulica. Operò come consulente per il Magistrato delle Acque della Repubblica di Venezia e propose di realizzare svariate opere idrauliche, alcune delle quali poi successivamente realizzate.

<sup>24</sup> Il Monte Baldo è un massiccio montuoso facente parte delle Prealpi Gardesane. È collocato tra le provincie di Trento e Verona. Si affaccia, su una dorsale, sul lago di Garda.

scarsa pendenza, sommata alla poca spinta delle acque, avrebbe causato dei ristagni d'acqua nel momento dello scarico della piena del fiume.

Quanto proposto da Coronelli è molto simile a quello che poi è stato proposto e realizzato da Miliani, con la sola differenza che quest'ultimo scelse un tracciato differente che risolse il problema della ridotta pendenza tra il tratto di monte e il tratto di valle.

La proposta avanzata da Coronelli, seppur molto convicente, non trovò l'approvazione di molte illustri personalità dell'epoca, tra cui il signore di Verona<sup>25</sup>, il quale ritenne l'intero progetto potenzialmente pericoloso per l'ingrossamento del fiume Mincio, ovvero il principale emissario del Lago di Garda. Questo, se eccessivamente pieno, avrebbe allagato le campagne del Mantovano causando danni anche al territorio Veronese; pertanto questa soluzione non avrebbe fatto altro che spostare il problema più a valle.

Trovò opposizione anche da parte del colonnello Lorgna<sup>26</sup> che si rivelò perplesso sulla funzionalità dell'opera; riteneva infatti che l'implementazione di quest'opera non si sarebbe rivelata risolutiva per le alluvioni dei territori Veronesi, bensì peggiorativa a causa dell'innalzamento dell'alveo del fiume.

Una seconda proposta fu avanzata dallo stesso colonnello Lorgna. Il colonnello non ritenne valido l'impiego degli scolmatori e propose di intervenire sull'alveo del fiume Adige, adeguandolo, nel suo tratto urbano, alla massima portata del fiume.

---

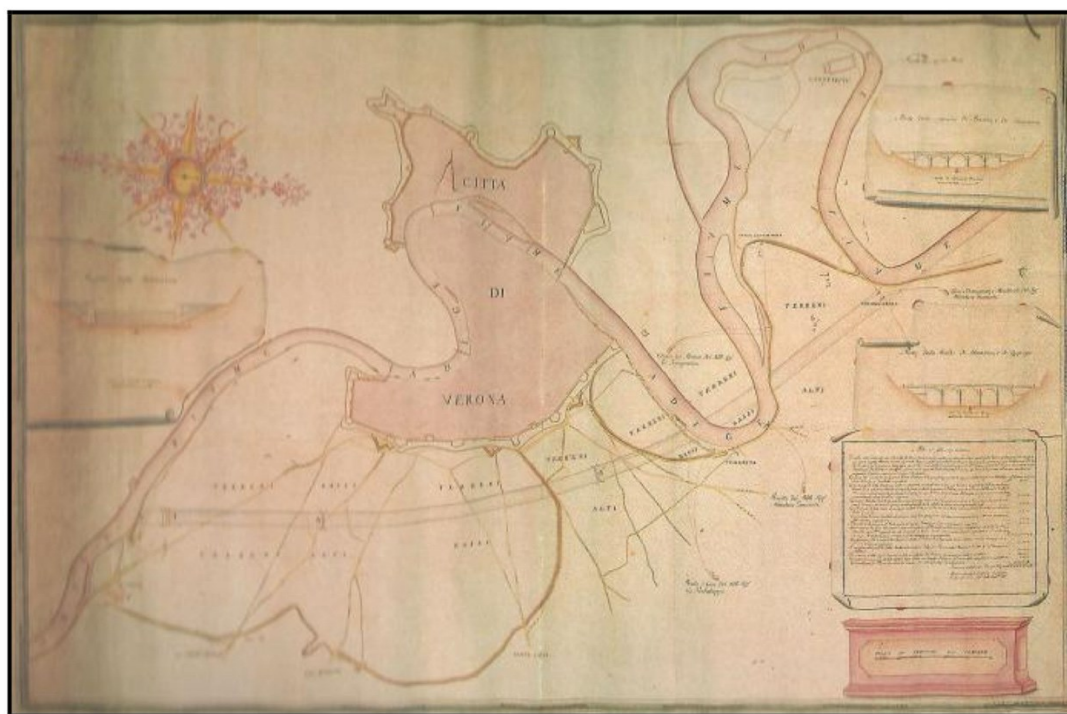
<sup>25</sup> Il signore di Verona nel 1740 era il conte Scipione Maffei (1675 – 1755).

<sup>26</sup> Antonio Maria Lorgna è stato un matematico e ingegnere italiano cittadino della Repubblica di Venezia.



Allo stesso modo della precedente, nemmeno questa soluzione venne ritenuta valida e pertanto non trovò applicazione.

Contestualmente, fu proposta la costruzione di canali scolmatori e di aumentare la pendenza longitudinale del fiume, andando ad evitare il deposito di detriti. La proposta dei canali scolmatori fu avanzata dall'architetto Adriano Cristofoli<sup>27</sup>, egli propose di deviare il corso dell'Adige facendogli seguire il corso del canale Camuzzoni a sud della città (*Figura 16*).



*Figura 16: Proposta di Cristofoli riguardante il canale Camuzzoni.*

Questa pratica trovò un'applicazione in alcuni tratti del fiume, tuttavia non si rivelò essere risolutiva, infatti, tutti questi provvedimenti minori, scollegati tra loro e senza un piano generale si rivelarono utili solo nella risoluzione temporanea e localizzata di problematiche, ma non furono di nessuna utilità nel lungo termine.

---

<sup>27</sup> Adriano Cristofoli (1718 – 1788), ricoprì la posizione di Primo Ingegnere dell'Adige nel 1769.

A peggiorare la situazione in cui versava il fiume Adige ci furono anche le Campagne Napoleoniche che trasformarono le zone dell'Adige in un campo di battaglia, andando a danneggiare ulteriormente il corso del fiume.

Se si procede con un'analisi a posteriori delle grandi alluvioni che interessarono la città di Verona nel corso dell'800, si osserva che molte problematiche siano da ricondursi ai continui lavori di modifica fatti sul fiume Adige per consentire lo sviluppo economico del suo alveo. Tra questi lavori rientrano anche quelli per la costruzione della tratta ferroviaria che collegava Verona con il Brennero risalente alla metà del 1800.

Per permettere la costruzione di quest'opera, estremamente importante per lo sviluppo economico e sociale del territorio, furono messe in atto importanti modifiche del tracciato del fiume; si procedette con il disboscamento dei versanti e la bonifica dei terreni paludosi circostanti. Tutte queste lavorazioni alterarono il decorso naturale del fiume incidendo notevolmente sulle successive piene dell'Adige.

Questa problematicità, secondo studi postumi, è da ricondursi ad un'amministrazione slegata del fiume Adige che all'epoca non competeva ad un'unica autorità, bensì, il fiume era suddiviso in tre diversi settori di intervento, amministrati da enti differenti.

In risposta a ciò, dopo la piena del 1882, il governo italiano decise di intervenire in quanto riconobbe la problematicità legata all'idrologia dei fiumi Veneti ed in particolare la situazione del fiume Adige; venne promossa una campagna di lavori il cui scopo principale fu quello di limitare l'esondazione del fiume e i conseguenti danni alla città di Verona.

Il Ministro dei Lavori Pubblici nominò una commissione con lo scopo di studiare e proporre dei provvedimenti efficaci per sistemare i fiumi del Veneto, per prevenire nuove catastrofi e anche per studiare i precedenti avvenimenti e

capirne la causa. La commissione avanzò la proposta, su consiglio di due illustri professori, di alzare gli argini dei fiumi di un franco di 2,50 m, senza però conoscere effettivamente la portata del fiume. Questa soluzione non fu definitiva in quanto non fu possibile continuare ad innalzare gli argini all'infinito senza avere uno studio effettivo della portata e, inoltre, risultava molto oneroso continuare ad intervenire sugli argini; a ragion del fatto che questo provvedimento era insufficiente e temporaneo nel 1900 si verificarono altre piene che riguardarono nuovamente le città di Verona e di Trento.

### **3.2 Progetto e costruzione della Galleria Adige – Garda**

Un punto di svolta avvenne in seguito al compimento dell'Unità Nazionale, che comportò l'annessione del Trentino-Alto Adige all'Italia, e la conseguente istituzione del Magistrato delle Acque di Venezia<sup>28</sup> con lo scopo di gestire l'idrologia del territorio del Triveneto.

Infatti, l'istituzione di questa Magistratura portò all'unificazione politica e amministrativa del bacino idrografico e questo comportò un radicale cambiamento nei criteri di pianificazione ed intervento; infatti, si cominciò a ragionare in termini di progetto generale che prendeva in considerazione Adige, Mincio, lago di Garda, Laghi di Mantova, Po di Levante e altri territori.

---

<sup>28</sup> Il Magistrato delle Acque di Venezia è stato istituito nel 1907 e si occupò delle acque delle provincie Venete e del Mantovano. Quest'organo è l'erede dell'omonima Magistratura della Repubblica di Venezia creata nel 1501 e soppressa nel 1808. Questa magistratura rifletteva l'immenso interesse della Repubblica di Venezia nel mantenimento delle acque che garantivano la sopravvivenza della città. È un organo amministrativo della Repubblica Italiana che aveva il compito di occuparsi delle risorse idriche e delle opere idrauliche comprese nel territorio che va dal confine nazionale fino al mare Adriatico e al lago di Garda. Questo ha visto la sua soppressione nel 2014

Fu per l'appunto il presidente del Magistrato delle Acque, Luigi Miliani<sup>29</sup>, a proporre una serie di interventi, tra cui compariva anche la costruzione di uno scolmatore che collegasse il fiume Adige e il lago di Garda.

La galleria Adige – Garda rappresenta una delle opere idrauliche di maggior successo nel corso della storia in quanto ha permesso di evitare ingenti danni nel corso delle piene successive alla sua costruzione.

La sua realizzazione partì nel 1939, ma venne terminata solamente nel 1959 a causa del divampare della Seconda Guerra Mondiale nel 1940. In particolare, il progetto di bonifica esteso a tutti i territori previsto da Milani fu approvato dal Consiglio Superiore dei Lavori pubblici il 28 Dicembre del 1938.

Il progetto era molto ambizioso perché aveva molteplici scopi: ovvero il miglioramento della difesa dalle piene che minacciavano la città di Verona, la diversione parziale delle acque del fiume Adige nel lago di Garda, la prevenzione dell'allagamento dei territori nel Mantovano e altri interventi. In assoluto, l'opera cardine del progetto di Milani era la costruzione della galleria scolmatore Adige Garda. Questa galleria connette tra loro il fiume Adige all'altezza di Mori (TN) con il lago di Garda a Torbole (TN).

Inizialmente quest'opera aveva anche altri scopi oltre alla diversione delle acque, tra cui: irrigazione, navigazione interna, produzione di energia. Oggi, invece, quest'opera viene usata solo per la difesa della città di Verona da eventuali piene.

---

<sup>29</sup> Luigi Miliani (1875 – 1944), nato a Livorno, fu un ingegnere presso il Genio Civile e Magistrato alle Acque di Venezia dal 1926 al 1944.

### 3.3 L'utilizzo della Galleria durante la Seconda Guerra Mondiale

L'opera di costruzione cominciò nel 1939, ma iniziò quasi subito a rallentarsi a causa all'inizio del Conflitto Mondiale, fino a fermarsi definitivamente nel settembre del 1943 quando il cantiere fu requisito dall'esercito tedesco (*Figura 17*).



*Figura 17: Sbocco della Galleria a Torbole durante la Seconda Guerra Mondiale.*

Il primo tratto della galleria, che inizialmente era parzialmente allagato, venne impiegato come rifugio antiaereo dalla popolazione durante i frequenti bombardamenti nella zona.

A causa dei ripetuti bombardamenti anche le fabbriche localizzate nelle città furono a rischio, nell'estate del 1943, infatti, molte di queste cominciarono a trasferire i macchinari lungo le sponde del Lago di Garda, considerata una zona più sicura e riparata dai bombardamenti. Nella primavera del 1944 si spostò anche la produzione dell'azienda Caproni, che si occupava di costruzioni aeronautiche e navali. L'azienda si posizionò nella parte dello sbocco della galleria, presso Torbole. Oltre alle macchine, furono spostati nel tunnel oltre 1300 operai della fabbrica (*Figura 18 e Figura 19*).



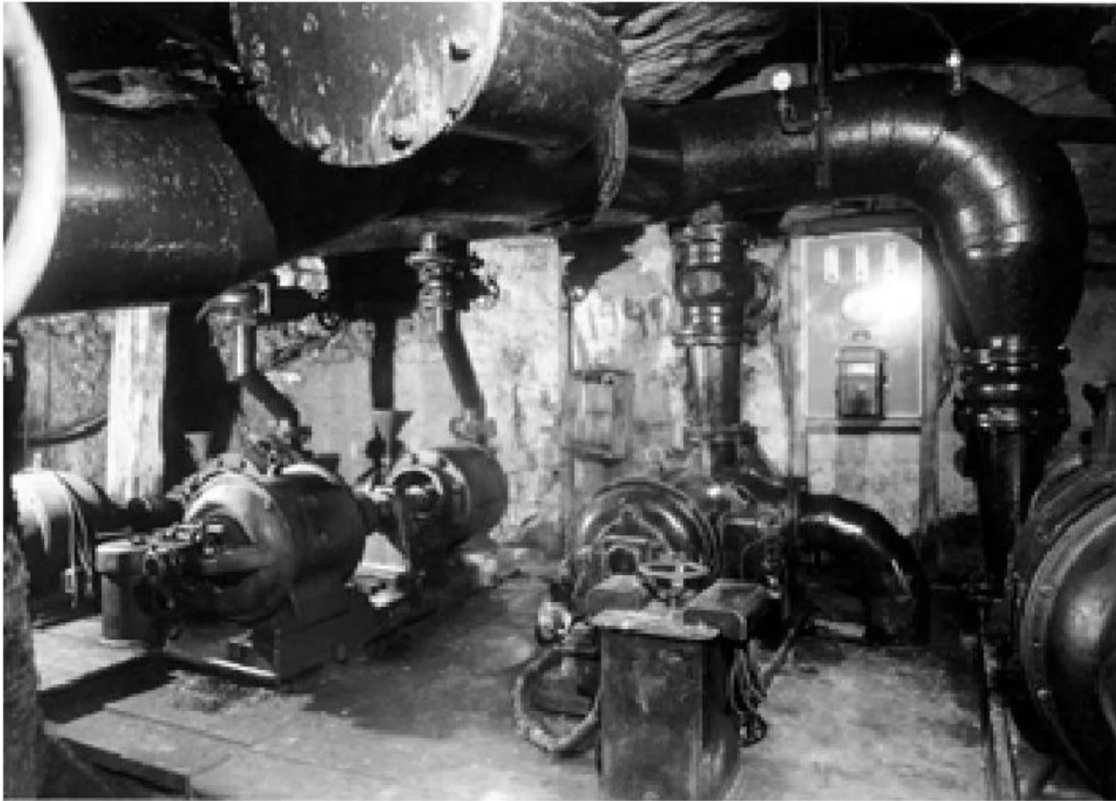
*Figura 18: Operai dell'industria Caproni all'interno della Galleria durante la Seconda Guerra Mondiale.*



*Figura 19: Macchinari della Caproni aeronautica situati nella galleria*



Il tunnel venne adattato alla nuova funzione e venne dotato di impianti di aerazione ed illuminazione (*Figura 20*).



*Figura 20: Impianto di aerazione realizzato all'interno del tunnel per permettere agli operai di lavorare*

All'interno del tunnel, la Caproni, concentrò la produzione delle parti più sofisticate, impiegate nelle armi naziste. Per il Terzo Reich vennero costruiti molti motori aeronautici, tra cui il primo caccia a reazione, ovvero il Messerschmitt Me 262 (*Figura 21*) e componenti delle bombe volanti V1 e del razzo V2.



*Figura 21: Il caccia a reazione Messerschmitt Me. 262. Alcune componenti di questo velivolo vennero realizzate all'interno della galleria Adige Garda*

All'interno della galleria, seguendo il progetto dell'ingegner Secondo Campioni, fu realizzato un prototipo di un minisommersibile a reazione denominato Campioni – De Bernardi.

La galleria durante questo periodo venne fortemente danneggiata, sia dalla produzione di materiale esplosivo, ma anche dalle attività di sabotaggio degli operai impiegati nella produzione, successivamente deportati nei campi di sterminio.

All'interno del tunnel non furono ritrovati né il prototipo del sommersibile né le parti del caccia Messerschmitt. Secondo alcune teorie il sommersibile venne distrutto dagli alleati nel corso della liberazione mentre era in corso uno dei test che avvenivano nelle acque del Lago. Furono ritrovate solamente le macchine dell'azienda Caproni che si salvarono dai bombardamenti, in quanto situate all'interno della galleria.



Alla fine del conflitto mondiale, lo scolmatore rimase in stato di abbandono e allagato. I lavori ripresero ufficialmente negli anni 50 e fu estremamente complicato bonificare l'area (*Figura 22*).



*Figura 22: Inizio dei lavori di bonifica alla fine della guerra all'interno della galleria.*

### **3.4 Lago di Loppio**

Il tracciato della galleria previsto da Miliani inizialmente prevedeva il passaggio sotto al centro di Loppio; tuttavia, il sottosuolo presentava uno spessore di roccia insufficiente per la realizzazione dello scavo per il tunnel; pertanto, si decise di modificare il tracciato della galleria di modo che passasse al di sotto del lago di Loppio (*Figura 23*) dove lo strato roccioso risultava essere maggiore. Questo si trova nella valle di Loppio, in provincia di Trento nel comune di Mori.



*Figura 23: Lago di Loppio prima dei lavori di costruzione della galleria Adige Garda*

Durante la costruzione, quando il tracciato della galleria intercettò la falda del lago, questo si prosciugò. Infatti, quando avvennero i lavori di costruzioni della galleria si verificò uno sprofondamento della falda freatica del lago di Loppio. A seguito di queste problematiche si procedette con il drenaggio dello specchio d'acqua.

Ad oggi la zona originariamente occupata dal Lago di Loppio è diventata una palude molto estesa, la più estesa presente in provincia di Trento. Al posto dell'acqua ora è presente una fitta e varia vegetazione e la zona è popolata da diverse specie animali sia volatili che terrestri. Si tratta di un biotopo protetto dal 1987 in seguito ad una delibera della Giunta Comunale (*Figura 24*).



*Figura 24: Zona precedentemente occupata dal Lago di Loppio, ora zona paludare*

Il bacino del lago di Loppio, ad oggi, torna a riempirsi parzialmente durante periodi di forti precipitazioni





## 4. Dati Tecnici

### 4.1 Caratteristiche dell'opera

La Galleria Adige Garda parte a nord del ponte Ravazzone, nel territorio comunale di Mori, e sfocia poco più a sud di Torbole, nel comune di Nago – Torbole, entrambi territori facenti parte della provincia di Trento (*Figura 25 e Figura 26*).

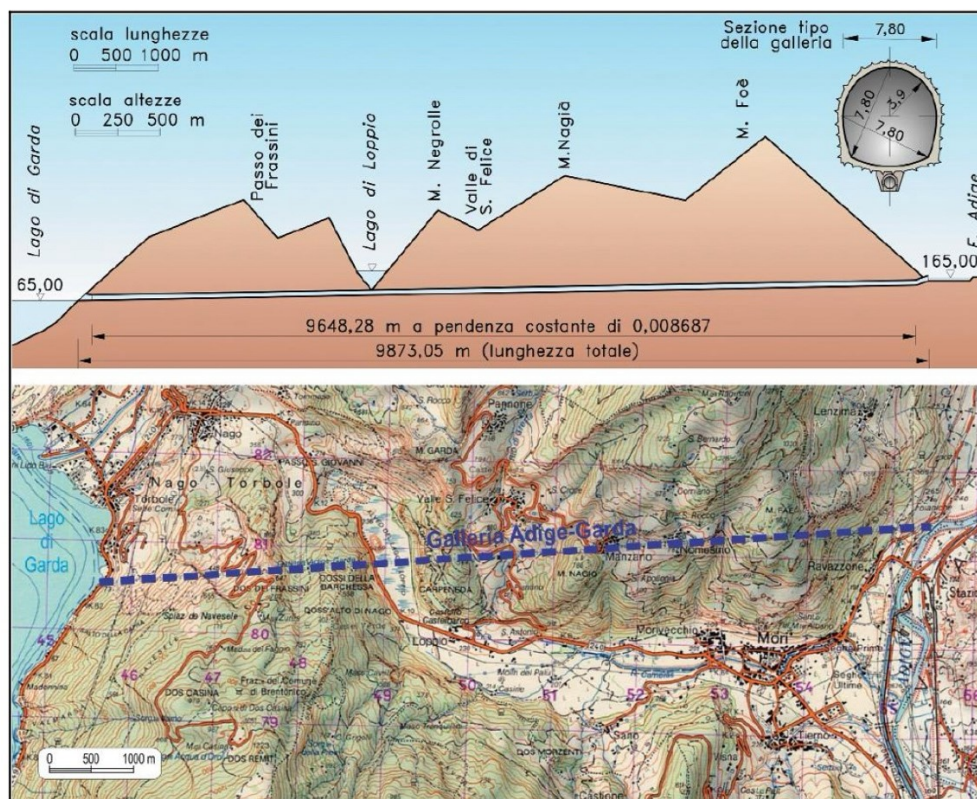


Figura 25: Posizionamento della galleria Adige Garda e andamento altimetrico della stessa.



*Figura 26: Sbocco della galleria sul lago di Garda*

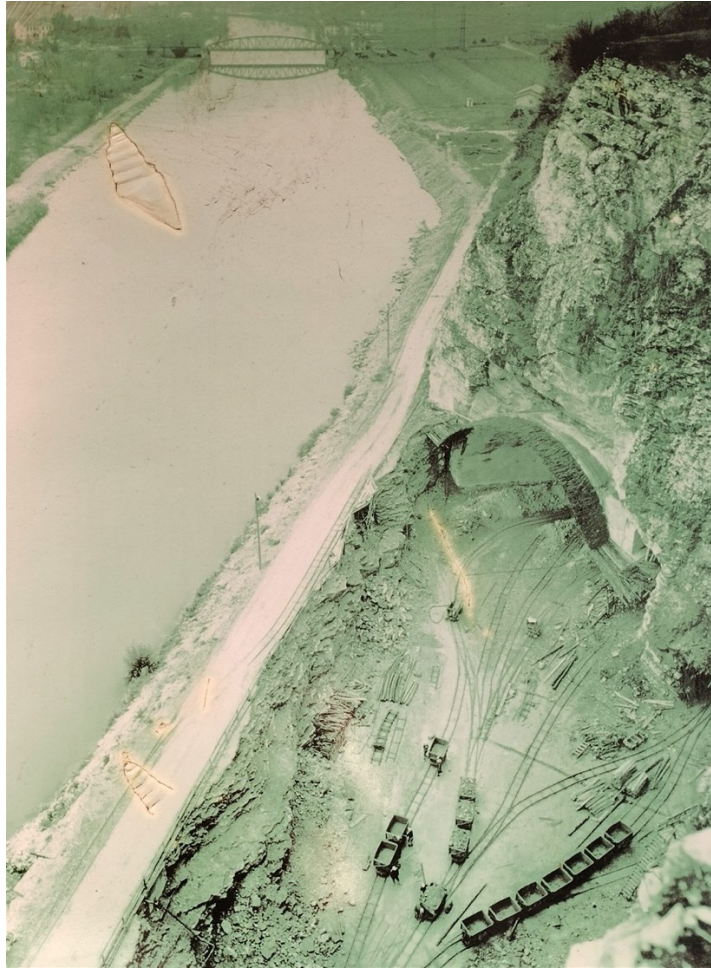
Venne scelto il lago di Garda come bacino di raccolta della portata di piena in quanto l'estensione del lago è pari a 370 km<sup>2</sup>; questo gli permette di contenere grandi volumi d'acqua senza modificare eccessivamente il livello dell'acqua. Si è stimato che per alzare il livello del lago di 1 centimetro siano necessari 3700000 metri cubi d'acqua.

La costruzione di quest'opera maestosa si protrasse per diversi anni e, per le strumentazioni a disposizione durante quegli anni, risultò di complessa realizzazione (*Figura 27, Figura 28 e Figura 29*).





*Figura 27: Lavori di realizzazione della galleria all'imbocca di quest'ultima.*



*Figura 28: Lavori di realizzazione dell'esterno della galleria all'imbocco di quest'ultima nella zona di Mori*



*Figura 29: Lavori interni alla galleria in fase di realizzazione iniziale.*

La paternità del progetto è da attribuirsi all'ingegnere Tommaso Stolcis<sup>30</sup> mentre la costruzione fu appaltata alla ditta romana Federici – Galluppi e diede lavoro a centinaia di operai proveniente da ogni parte dell'Italia.

Per la progettazione della galleria sono state prese in considerazione le piene del 1926 e del 1928. Lo scolmatore permette di divergere dal fiume Adige al lago di Garda una portata massima di 500 m<sup>3</sup>/s e ad una velocità di 11 m/s.

Si tratta di un canale scolmatore artificiale che scorre interamente all'interno della galleria, per una lunghezza di 10 km. La quota di imbocco è pari a 169 metri sul livello del mare, mentre la quota di sbocco è pari a 65 metri sul livello del mare. Ha un dislivello totale di circa 100 metri che ne consente il funzionamento senza l'utilizzo di ausili. Ha una pendenza di circa 0,8%. Il dislivello naturale e la pendenza della galleria permettono il funzionamento a pelo libero e una corrente rapida.

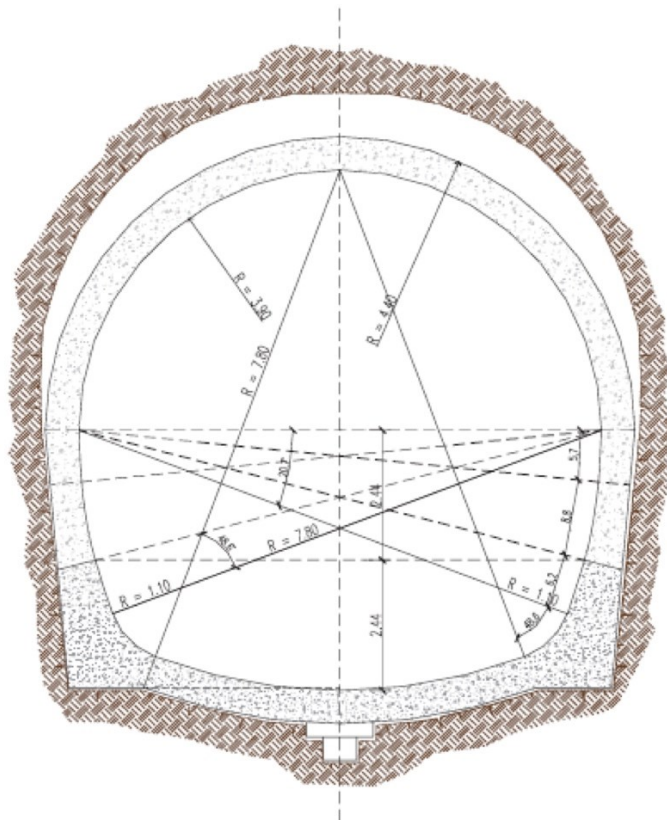
La galleria presenta una sezione policentrica e ha una larghezza e un'altezza di 7,80 metri (*Figura 30*).

La portata massima è di circa 500 m<sup>3</sup>/s con una velocità massima dell'acqua di 11 m/s.

---

<sup>30</sup> Tommaso Stolcis (1878-1978) fu un ingegnere idraulico di Trento. Si occupò della realizzazione di alcune importanti opere pubbliche realizzate sul territorio trentino.





*Figura 30: Sezione policentrica della Galleria.*

## **4.2 Opere di arredo della galleria**

Lo scolmatore è dotato di svariate opere complementari necessarie per il corretto funzionamento della galleria. Sono presenti griglie, paratoie e porte stagne poste lateralmente che consentono la manutenzione. Il corretto funzionamento di questi organi meccanici è garantito dalla rete elettrica locale; anche in caso di guasto della rete elettrica il funzionamento è garantito dalla presenza da un generatore apposito.

All'imbocco della galleria sono presenti quattro luci di immissione e ciascuna di queste è presidiata da una coppia di paratoie; queste sono elementi piani realizzati in profilati metallici. Hanno un'altezza di 9,50 metri e sono costituite da due pannelli indipendenti e sovrapposti denominati paratoia superiore e paratoia inferiore; ognuno di questi elementi è dotato di argani di sollevamento, infatti possono essere manovrate indipendentemente per garantire il passaggio

di una ben definita quantità di portata (*Figura 31*). Il controllo di queste manovre viene effettuato nelle cabine di comando adiacenti.



*Figura 31: Luci di immissioni e relativi argani di sollevamento in corrispondenza dell'ingresso della galleria.*

La galleria presenta delle griglie all'imbocco che permettono la trattenuta di eventuali detriti provenienti dal fiume Adige. Queste griglie si compongono di 16 pannelli filtranti realizzati in profilati metallici. Queste griglie sono disposte in modo da formare cinque luci di ingresso e fungono da protezione per le paratoie (*Figura 32*).



*Figura 32: Le cinque luci di immissione presidiate da griglie all'imbocco della galleria a Mori.*

Sono, infine, presenti due porte stagne; queste sono situate lateralmente in prossimità delle estremità della galleria; quindi, una è posizionata poco dopo l'imbocco di Mori e una è posizionata poco prima dello sbocco a Torbole. Queste sono collegate con l'esterno attraverso due gallerie carrabili. Le due porte stagne permettono l'accesso dei mezzi per consentire interventi di ispezione e di manutenzione all'interno del tunnel. Sono composte da strutture metalliche massicce assicurate da guarnizioni di gomma (*Figura 33*).



*Figura 33: Porte a tenuta stagna utilizzate per l'ingresso dei mezzi manutentivi.*



### 4.3 Funzionamento degli scolmatori

Essendo la Galleria uno scolmatore di piena, questa ha il compito di diminuire la portata di piena di un fiume, in questo caso il fiume Adige, deviandone una parte e consentendo così la diminuzione del livello di piena del fiume.

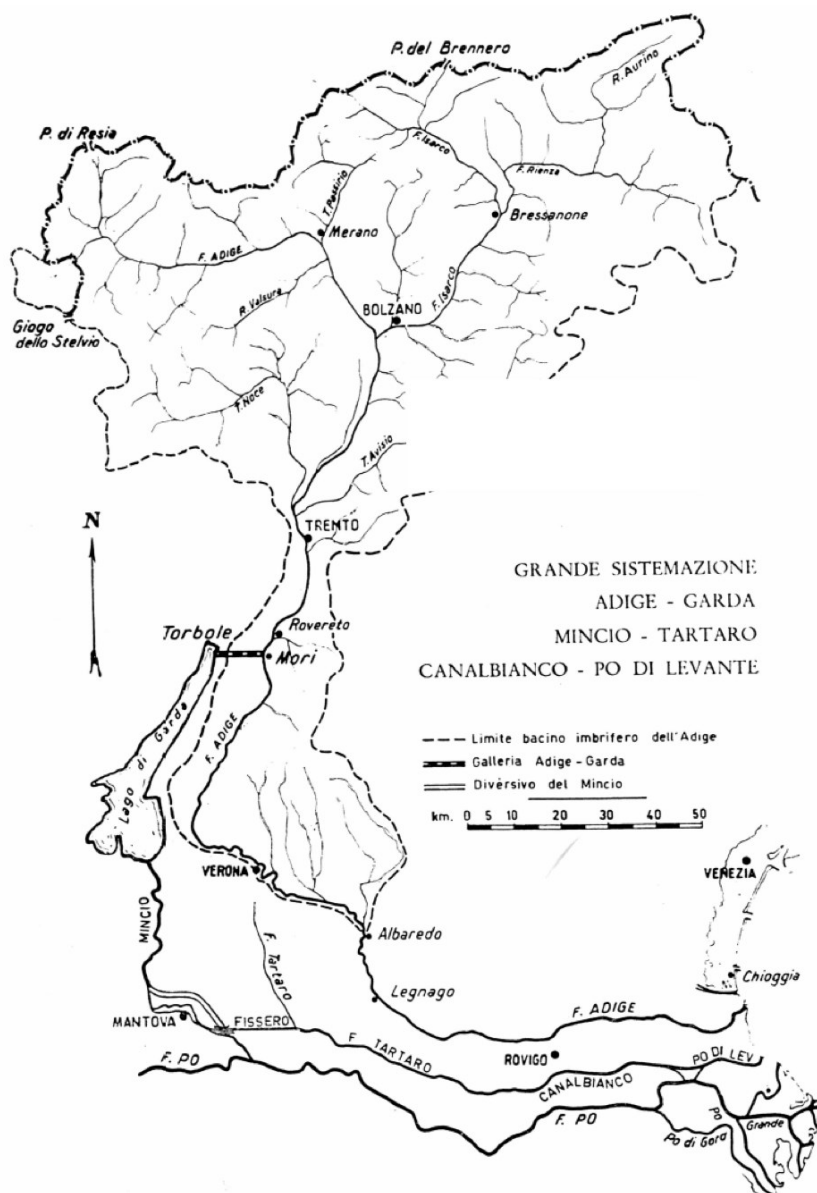
Gli scolmatori sono essenzialmente delle opere idrauliche, generalmente rappresentate da un canale, che permette la diversione di una parte di portata da un corso d'acqua verso un serbatoio, che può essere un grande lago, come in questo caso, oppure il mare. In alcuni casi la portata sottratta viene poi restituita a valle diminuendo così la portata di piena. Gli scolmatori vengono più comunemente costruiti nelle parti medio-basse del corso del fiume e sono opere tecnicamente meno complesse ed impegnative delle casse di espansione<sup>31</sup>. Gli scolmatori all'imbocco hanno una soglia fissa, generalmente regolata da paratoie, questo assicura un corretto funzionamento e una corretta ripartizione delle portate a tutela del bacino che raccoglie la portata in eccesso. Nello scolmatore si assume condizione di moto permanente ovvero un moto a pelo libero. Questa tipologia di moto è tipica delle condotte non in pressione, dove la superficie superiore del fluido è a contatto con l'aria. Il lago di Garda funge quindi da bacino di laminazione per le piene del fiume Adige, ovvero si tratta di una vasca che funge da deposito delle acque evitando così il sovraccarico del sistema idrico.

---

<sup>31</sup> Con cassa di espansione o bacino di espansione si vuole indicare un'opera idraulica che viene realizzata con lo scopo di ridurre la portata durante la fase di piena di un fiume. La cassa di espansione si compone generalmente di tre opere: un'opera di presa, un bacino artificiale e un'opera di scarico. Quando viene raggiunto un certo livello d'acqua, l'opera di presa fa defluire una parte della portata all'interno del bacino di espansione. Alla fine degli eventi di piena, attraverso le opere di scarico la portata viene fatta defluire dal bacino.

## 4.4 Progetto completo previsto dal Miliani

La costruzione dello scolmatore era inserita in un progetto più ampio di bonifica del territorio che riguardava anche il Mantovano e il fiume Mincio, ovvero l'unico emissario del Lago di Garda (*Figura 34*)



*Figura 34: Bacino del fiume Adige e rappresentazione del progetto completo previsto da Miliani*

Con l'aggiunta dello scolmatore, che prevedeva un aumento della portata presente nel lago, è stato necessario aggiungere delle opere di arredo che andassero a regolamentare anche l'emissario del lago, il quale non era

sufficiente a contenere grandi portate di piena. È stata così costruita una diga nei pressi di Salionze<sup>32</sup>, ovvero un'opera idraulica con la funzione di sbarramento. Questa aveva lo scopo di regolare le quote idrometriche del lago di Garda, di fondamentale importanza qualora il Garda fosse risultato troppo pieno a seguito dell'utilizzo dello scolmatore o di eventuali piene del lago (Figura 35).



*Figura 35: Diga di Salionze, sul fiume Mincio.*

Questo ha comportato anche la necessità di agire sull'emissario, in modo tale che fosse sufficientemente grande per poter scolmare grandi portate; infatti, è passato da poter contenere una portata di  $70 \text{ m}^3/\text{s}$  ad una portata di  $200 \text{ m}^3/\text{s}$ <sup>33</sup>. Come protezione alla città di Mantova e ai laghi del Mantovano, non adatti a raccogliere eventuali piene del lago, è stato aggiunto uno scaricatore, ovvero una sorta di ramo aggiuntivo del fiume; questo permette la suddivisione della portata in due aliquote, una portata di  $70 \text{ m}^3/\text{s}$  passante per la città di Mantova

---

<sup>32</sup> La diga di Salionze è un manufatto regolatore realizzato a Salionze alla fine degli anni 70. Anche quest'opera faceva parte del progetto di Miliani. È realizzata lungo il fiume Mincio, precisamente a 6,5 km a valle dell'imbocco del Lago di Garda a Paschiera. La gestione di quest'opera compete all'Agenzia Interregionale del Fiume Po. È entrata in esercizio attorno al 1952. Visto l'elevato volume di invaso, quest'opera fa parte delle grandi dighe secondo la classificazione della legge del 1994.

<sup>33</sup> Anche quest'opera faceva parte del progetto originario di Miliani.

e diretta al fiume Po e una portata restante di 130 m<sup>3</sup>/s canalizzata in questo scaricatore (Figura 36).

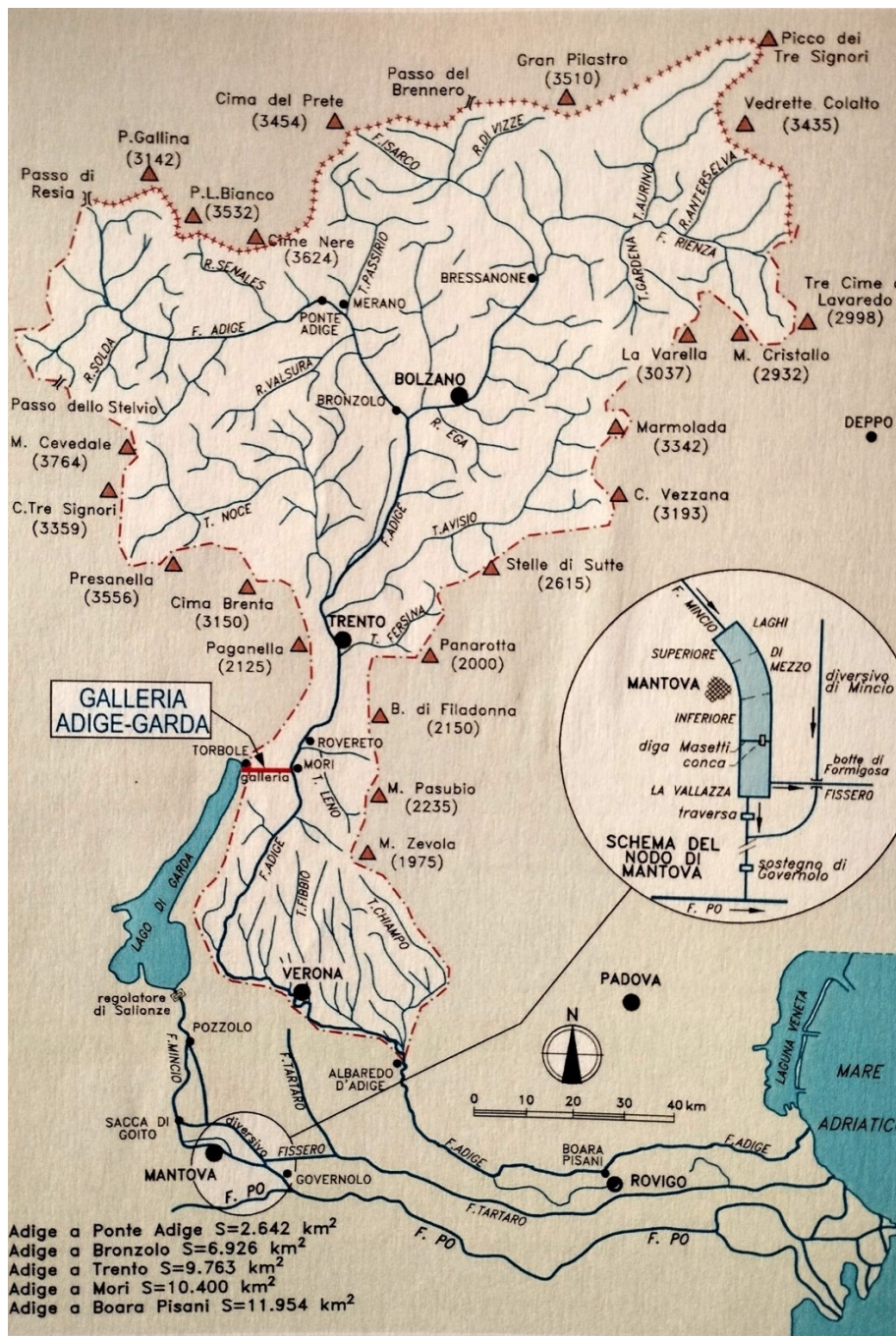


Figura 36: Opere previste da Miliani riguardanti il mantovano per arginare eventuali fenomeni di piena del Mincio. sono opere a tutela dei territori del Mantovano.

Si tratta quindi di un complesso sistema idraulico pensato per la mitigazione del rischio idrogeologico che ha permesso di evitare alluvioni e il conseguente

allagamento della città di Verona. Si stima che la presenza di quest'opera funga da difesa per oltre 400000 ettari di terreno.

#### **4.5 Interventi di Manutenzione**

La Galleria Adige Garda deve subire delle regolari opere di manutenzione ordinaria per verificare l'efficienza degli organi di manovra che governano le paratoie poste all'imbocco del canale scolmatore. Queste opere manutentive prevedono, a intervalli regolari, l'apertura della galleria con conseguente transito delle acque provenienti dal fiume Adige per una durata di circa 4 ore. In particolare, viene effettuata la manovra di apertura e chiusura delle 4 paratoie, le quali vengono sollevate in maniera alternata. Queste manovre di manutenzione permettono di controllare la corretta apertura delle paratie a monte della galleria, fondamentali per consentire il passaggio di un'adeguata quantità d'acqua. Generalmente vengono aperte dapprima singolarmente per una durata di circa 15 minuti ciascuna facendo transitare circa  $25 \text{ m}^3/\text{s}$ , successivamente vengono aperte tutte e quattro per 10 minuti raggiungendo una portata di  $100 \text{ m}^3/\text{s}$ . Pertanto, la quantità di acqua mista a limi e sabbie sversata nel lago è irrisoria.

Queste attività di manutenzione vengono eseguite a cadenza annuale. Hanno lo scopo non solo di controllare l'efficienza di tutte le parti meccaniche ma anche il controllare il corretto funzionamento delle parti elettroniche, hardware e software.

Durante queste opere di manutenzione viene anche dragato il fondo della galleria eliminando il deposito fangoso e limoso che si accumula all'ingresso della galleria, questa operazione è fondamentale in quanto evita che questi accumuli si sverzino nel lago aumentando l'inquinamento o che impediscano alle acque di defluire o alle paratoie di sollevarsi.



Queste operazioni di manutenzione vengono monitorate anche dall’Agenzia Provinciale per la Protezione dell’Ambiente (APPA) che si occupa del controllo della qualità dell’acqua del fiume Adige e del lago. Durante le opere di manutenzione viene impedita la navigazione in prossimità dello sbocco della galleria.

## **4.6 Utilizzo della Galleria**

La galleria, inizialmente, era di competenza del Magistrato delle Acque di Venezia, successivamente, nel 1999, la gestione è passata alla provincia autonoma di Trento attraverso il Servizio Bacini Montani<sup>34</sup>.

Per quanto riguarda le modalità di apertura della galleria sono state definite nel 2002 attraverso un accordo tra la provincia autonoma di Trento, le amministrazioni pubbliche interessate dalla diversione delle acque dal bacino del fiume Adige al bacino del fiume Mincio, quindi le regioni Veneto e Lombardia, l’Agenzia Interregionale per la gestione del fiume Po e le Autorità di Bacino per i fiumi Po e Adige.

L’apertura della galleria viene decisa sulla base di valori forniti da alcuni bacini ritenuti significativi posti tra Verona e Trento, inoltre si basa su alcuni valori di soglia di allerta. Principalmente si utilizzano i dati rilevanti in corrispondenza di ponte San Lorenzo a Trento, dove se il livello supera i 5 metri si dispone l’apertura della galleria (*Figura 37*). L’apertura può, chiaramente, essere disposta anche in deroga a queste convenzioni, ad esempio in via precauzionale sulla

---

<sup>34</sup> Il Servizio Bacini Montani è l’organo preposto alla sistemazione e gestione degli affari idrico-forestali dei bacini montani, torrenti, fiumi, laghi del territorio. Si occupa della gestione, progettazione e manutenzione delle opere idrauliche del territorio Trentino. E svolge altre azioni legate sempre all’ambito idrologico.

base di avvenimenti precedenti che hanno mostrato particolari decorsi della piena.



*Figura 37: Ponte San Lorenzo, a Trento, dove è posizionata la stazione di misurazione del livello dell'acqua per determinare l'apertura o meno della galleria Adige – Garda.*

#### **4.7 Aperture della Galleria nel corso degli anni**

Nei 60 anni di utilizzo della galleria è stata aperta una dozzina di volte garantendo così la difesa idraulica della parte meridionale del Trentino e della città di Verona.

Fino a oggi la galleria è entrata in funzione per scolare l'acqua dell'Adige 13 volte. Le prime aperture che si verificarono tra il 1960 e 1966 furono le più impattanti per il livello d'acqua scaricato. Infatti, le piene che interessarono l'Adige in quegli anni furono particolarmente violente e dunque la portata da scaricare era abbondante.

La prima attivazione risale al settembre del 1960. In occasione di questa piena che si presentò con due diversi picchi e una portata massima registrata all'idrometro di ponte San Lorenzo di  $1810 \text{ m}^3/\text{s}$ . In questa circostanza la galleria

venne attivata due volte in due giorni successivi, scaricando nel Lago un volume di  $17.3 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  di acqua con una portata massima di  $450 \text{ m}^3/\text{s}$ . Nel Lago venne registrato un incremento del livello di 19,3 cm. Nonostante la notevole quantità d'acqua sversata nel lago, l'apertura della galleria evitò alla città di Verona di essere sommersa dalle piene del giorno 20.

La seconda apertura avvenne nel 1965. In quest'anno fu registrato un evento di piena molto rapido, che registrò, però, la portata più elevata di sempre, ovvero una portata di  $2190 \text{ m}^3/\text{s}$ . La galleria venne aperta una sola volta e scaricò nel lago  $79 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  di acqua causando un incremento di 21,4 cm del livello del lago.

Infine, nel 1966 la galleria venne aperta tre volte in due diverse occasioni, ovvero in agosto e in settembre. Resero necessaria l'apertura della galleria le particolari condizioni meteo che si verificarono in quei mesi, caratterizzati da precipitazioni intermittenti e molto intense e un repentino aumento della temperatura che causò lo scioglimento delle nevi.

Tra il 1976 e il 2002 la Galleria venne aperta 6 volte.

Tra queste aperture particolarmente degna di nota è quella avvenuta nel luglio del 1981, è considerato l'evento recente più gravoso in quanto l'Adige ruppe l'argine a Salorno, in provincia di Bolzano, creando ingenti danni, tra cui la devastazione di un ponte Austro – Ungarico successivamente demolito. La galleria venne aperta all'alba del 19 luglio e rimase aperta per circa 8 ore, scaricando in lago  $6,9 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  di acqua. Quindi nonostante la gravità dell'evento di piena, la portata scaricata è stata notevolmente inferiore a quella che venne scaricata negli eventi precedenti.

Gli eventi successivi furono meno impattanti anche perché a seguito della rottura degli argini del 1981, la protezione Civile ordinò, prima di raggiungere il livello massimo consigliato, l'apertura per prevenire appunto eventi di piena.

Tra il 2002 e il 2018 la galleria è rimasta inattiva in quanto per 16 anni non si sono verificati eventi di piena straordinari.

Nell'ottobre del 2018 si verificò un evento di piena particolarmente grave, per alcuni aspetti peggiore della piena del 1882. L'apertura della galleria è stata ordinata dopo che in corrispondenza di Ponte San Lorenzo è stato registrato un livello di 4,89 metri. Questa piena è stata causata da un'anomalia meteorologica, ovvero, dopo un periodo prolungato di secca, si sono verificate prolungate precipitazioni, accompagnate da repentini e bruschi cambi di temperatura. A Trento la piena è stata registrata come la quarta peggiore di sempre (*Figura 38*).



*Figura 38: Livello dell'acqua dell'Adige rilevato a ponte San Lorenzo a Trento durante la piena del 2018.*

La Galleria è entrata in azione il 29 ottobre ed è rimasta in attività per 18 ore. In occasione di questo evento sono stati sversati nel lago  $17,5 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup> di acqua, causando un innalzamento di 4,7 centimetri del lago. In realtà, a Salionze, è stato registrato un innalzamento di 15 centimetri dovuto al fiume Sarca, si è stimato che l'apertura della galleria abbia influito sull'innalzamento del livello per un 30%.

L'ultima apertura della galleria si è registrata il 31 ottobre 2023 in via precauzionale. Anche in questo caso la piena è da ricondursi al maltempo prolungato che ha colpito la zona (*Figura 39*).



*Figura 39: Livello dell'acqua registrato a Verona in corrispondenza di Castel Vecchio durante l'evento di piena dell'ottobre 2023*



In totale si contano quindi 13 aperture della galleria da quando è in funzione. La peggiore apertura per il lago di Garda è quella del 1965 per quantità d'acqua sversata (*Tabella 1*).

<i>Anno di apertura</i>	<i>Ore di apertura della galleria</i>	<i>Portata sversata</i>	<i>Incremento del livello del lago</i>
<b>1960</b>	97.3 ore	71.3 · 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	19.3 centimetri
<b>1965</b>	69.5 ore	79.3 · 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	21.4 centimetri
<b>1966</b>	46.0 ore	6.5 · 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	1.8 centimetri
<b>1966</b>	28.1 ore	16.7 · 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	4.5 centimetri
<b>1966</b>	46.3 ore	63.8 · 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	17.3 centimetri
<b>1976</b>	14.5 ore	12.4 · 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	3.4 centimetri
<b>1980</b>	37.3 ore	26.4 · 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	7.1 centimetri
<b>1981</b>	8.0 ore	6.9 · 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	1.9 centimetri
<b>1983</b>	27.0 ore	20.0 · 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	5.4 centimetri
<b>2000</b>	16.0 ore	4.7 · 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	1.3 centimetri
<b>2002</b>	19.0 ore	6.1 · 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	1.6 centimetri
<b>2018</b>	17.8 ore	17.1 · 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	4.6 centimetri
<b>2023</b>	18.0 ore	17.5 · 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	4.7 centimetri

*Tabella 1: Le 13 aperture della galleria Adige - Garda dall'apertura ad oggi.*

Sull'efficacia della Galleria Adige Garda sono stati eseguiti degli studi nel 1969 da parte del Collegio degli Ingegneri Idraulici e Architetti di Verona<sup>35</sup>. Questo studio ha analizzato come le piene dell'Adige avvenute nel 1965 e del 1966 avrebbero raggiunto e sorpassato il livello degli argini di Verona in numerosi punti, questo avrebbe pertanto causato inondazioni ben peggiori di quelle avvenute nel corso dell'800, in quanto i volumi di acqua registrati erano ben maggiori dei precedenti. In particolare, si può osservare come la portata

---

<sup>35</sup> Questi studi furono fatti a cura di Giuseppe Zanella.

scolmata dalla Galleria nel 1966 è pari ad un settecentosessantaseiesimo del volume complessivo del lago, corrispondente a una portata potenzialmente distruttiva per tutto il corso del fiume Adige e per i territori circostanti.

In via generale la Galleria Adige Garda viene usata raramente e solo in condizioni di emergenza, questo perché l'afflusso di acqua proveniente dal fiume Adige causa uno shock termico nel lago. Inoltre, la corrente trasporta fango e detriti che, assieme allo shock termico, nuocciono alla fauna ittica del lago.

Il lago di Garda è comunemente navigato, pertanto ogniqualvolta venga aperta la galleria, la quale consente l'ingresso nel lago di detriti, ramaglie e immondizie raccolte lungo gli argini del fiume, si verificano problematiche ai danni della navigazione.

#### **4.8 Problematiche legate all'utilizzo della galleria**

L'utilizzo della galleria Adige – Garda è oggetto di grandi discussioni, soprattutto tra i vari comuni del lago interessati dallo sversamento delle acque del fiume Adige.

Una delle critiche più grandi e ricorrenti che vengono mosse alla galleria è il trasporto, durante le aperture, di materiale legnoso. È stato però visto e provato che non è la galleria a rigettare nel lago detriti legnosi, in quanto lo scolmatore all'ingresso è dotato di griglie che trattengono eventuali detriti solidi. Questi detriti solidi provengono dagli affluenti del lago ed in particolare la responsabilità è attribuita al fiume Sarca, nonostante anche questo durante gli eventi di piena venga dotato di reti per la trattenuta dei detriti. Si è stimato infatti che durante l'ultima piena del 2023, quello che la galleria ha sversato nel

lago ammonti al 10% del totale sversato invece dal Sarca. I due punti di sbocco si trovano tra loro vicini (Figura 40, Figura 41 e Figura 42).

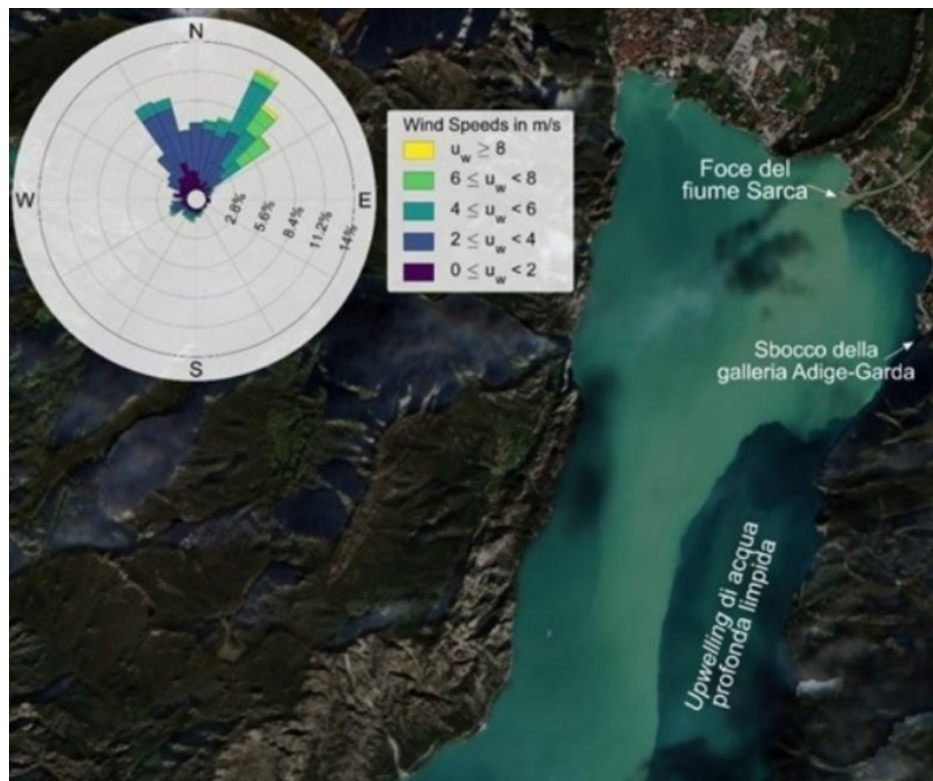


Figura 40: Posizione dei punti di sbocco della Galleria e del fiume Sarca registrata durante l'ultima apertura della galleria nel 2023.



Figura 41: Piena del Sarca ritratta poco prima dello sversamento dell'acqua nel lago di Garda.



*Figura 42: Visualizzazione dall'alto della foce del Sarca durante un evento di piena.*

Per quanto riguarda il che cosa succede al lago di Garda dopo lo sversamento delle acque non ci sono ancora degli studi che mostrino cosa avviene nel momento in cui i due flussi d'acqua entrano in contatto, soprattutto in profondità.

I giorni seguenti alle aperture, se si conduce un'analisi visiva, l'unica cosa che si può notare allo sbocco della galleria è un intorpidimento dell'acqua, non diverso da quello che si ha in corrispondenza dello sbocco del Sarca.

Sicuramente, lo sversamento in lago di grandi quantitativi d'acqua proveniente da un corso d'acqua in piena e ad una temperatura più bassa, causa uno shock termico per l'ecosistema lacustre. Questo diventa particolarmente problematico nel periodo di riproduzione dei pesci, infatti, la grande differenza di temperatura che si viene a creare in corrispondenza dello sversamento uccide gli avannotti danneggiando il ripopolamento naturale della fauna ittica. Per lo stesso motivo i pesci adulti tendono a migrare più a sud, allontanandosi dal punto di mescolamento delle acque causando, quindi, danni non indifferenti a coloro i quali basano il proprio sostentamento sulla pesca (*Figura 43*).





*Figura 43: Sversamento in lago dell'acqua dell'Adige.*

Il più grande motivo di preoccupazione deriva dal fatto che l'acqua del lago alimenta molti acquedotti della costa veneta e dell'entroterra come, ad esempio, l'acquedotto di Torri del Benaco e di San Zeno di Montagna, comuni non distanti dal punto di uscita dell'acqua. L'immissione di acqua, potenzialmente contaminata, potrebbe trasformarsi in un grave problema per la potabilità dell'acqua.

Spesso viene criticato il disinteresse del Comune di Verona nel finanziare studi che mirino ad analizzare quello che succede alle acque del lago ogni qualvolta venga aperta la galleria, visto che è proprio la città di Verona a trarne i maggiori, se non unici, benefici.

In ogni caso non sono presenti studi definitivi e completi che mostrino come si comporti l'acqua dell'Adige una volta che viene sversata nel lago. Non esistono studi nemmeno su quello che realmente accade all'ecosistema per via della differenza di temperatura tra l'acqua del fiume e l'acqua del lago. Allo stesso modo non si sa nulla sul comportamento dei fanghi e dei limi che vengono sversati durante le piene.

Il sistema Copernicus<sup>36</sup> riesce ad evidenziare e analizzare solamente il comportamento superficiale dell'acqua ma non quello che accade in profondità.

---

<sup>36</sup> Copernicus è un insieme di sei satelliti che permette l'osservazione della Terra ed in particolare dei territori dell'Unione Europea. È dedicato al monitoraggio dell'ambiente. Il programma è coordinato



Ovvero non si riesce a seguire il movimento dei limi e dove questi si depositano.

C'è da tenere in considerazione che questa problematica non interessa solamente i comuni della sponda veronese limitrofi alla galleria; bensì interessa anche molti comuni sulla sponda bresciana che durante lo sversamento, a causa delle forti correnti, si vedono trasportati sulle loro coste limi che causano un intorbidimento dell'acqua. Questo non giova, soprattutto nelle stagioni turistiche, al turismo, che per la zona rappresenta l'economia primaria.

Da molti anni i comuni del lago di Garda richiedono che vengano eseguite delle indagini più approfondite sulla contaminazione delle acque e sul danneggiamento dell'ecosistema. In particolare, molti comuni sono interessati all'inserimento di microplastiche nel lago che possono danneggiare la salute della popolazione del lago. Al momento ad occuparsi dei rilevamenti dello stato di salute dell'acqua del lago è ARPAV<sup>37</sup>, ARPA Lombardia e APPA<sup>38</sup>.

---

dall'Agenzia Spaziale Europea (ESA). Una delle funzioni di questo sistema è fornire informazioni utili alla Protezione Civile nazionale sul possibile rischio di alluvioni ed esondazioni dei fiumi europei.

<sup>37</sup> ARPAV è l'Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto. È un ente della pubblica amministrazione italiana, che opera in tutte le regioni d'Italia, questo nello specifico riguarda la regione Veneto. Uno dei loro compiti è appunto il monitoraggio delle fonti e dei fattori di inquinamento di fiumi e laghi.

<sup>38</sup> È il corrispettivo di ARPAV riferito però alla provincia autonoma di Trento.

## 5. Bibliografia e sitografia

Baldin Marco, “Le piene del fiume Adige e l’attivazione della galleria Adige – Garda. Una storia di successo della sicurezza idraulica.”, Padova 2019.

Boccaletto F, “Storie d’acqua, fiumi del Veneto: l’Adige.”, Il Bo live, Padova 2021.

Comune di Arco, “La galleria Adige – Garda in manutenzione”, Marzo 2024.

Comune di Riva del Garda, “Galleria Adige – Garda: concluse le operazioni di manutenzione”, Marzo 2024.

Coronelli Vincenzo Maria, “Proposte ec. Importanti al pubblico e privato, svelate e delucidate co’ disegni ec – n°3 proposta di moderare per sempre l’Adige”, Venezia 1718

Da Deppo Luigi, “L’alluvione del 3-4 novembre 1966 nelle Tre Venezie. Considerazioni (malinconiche) dopo 50 anni.”, Università di Padova

Da Deppo Luigi, Datei Claudio, Salandin Paolo, “Sistemazione dei corsi d’acqua, libreria.”, Libreria Progetto, Padova 2018.

Diacono Paolo, “Historia Longobardorum”, libro III, 789.

Gavazzoni Filippo, “La galleria Adige – Garda, una questione turbolenta”, Lago di Garda 2022.

Gavazzoni Filippo, “Crisi idrica, cambiamenti climatici e Lago di Garda”, 2022.

Gavazzoni Filippo, “La galleria Adige – Garda e il sistema idraulico Mincio – Fissero – Tartaro – Canalbianco – Po di Levante... una grande opera italiana”, 2022.

GardaPost, “Ambiente, il vantaggio delle polemiche. Il caso della galleria Adige – Garda.”, 2024.

Lorgna Antonio Maria, “Dissertazione sopra il quesito: rinvenire il fondamento per cui siasi in addietro creduta l’aria di Mantova e come ancora presentemente possa la medesima ricevere miglioramento”, Mantova 1770.

Luzzini Francesco, “L’Itale terre e Vagheggiare intenso. La regolazione dell’Adige nel XVIII secolo: tra storia e scienza.”

Luzzini Francesco, “Un dibattito lungo secoli. La Galleria Adige – Garda”, articolo in *Acque Sotteranee – Italian Journal of Groundwater*, 2014

Maffei Scipione, “Ragionamento sopra la regolazione dell’Adige”, dal Tomo IX della raccolta di opere di Maffei, Venezia 1740.

Miliani Luigi, “Le piene dei fiumi veneti e i provvedimenti di difesa: l’Adige”, Firenze 1937.

Provincia Autonoma di Trento, “Scatta l’attività periodica di manutenzione della galleria Adige – Garda”, Febbraio 2023.

Ropelato Mirko, “Il. Tunnell trentino che protegge il veronese dalle esondazioni dell’Adige”, per il blog *TrentinoWow*, Trento 2016.