*Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti*

PROVVEDITORATO PER LE OPERE PUBBLICHE
PIEMONTE VALLE D'AOSTA LIGURIA

COMUNE DI SANTA MARGHERITA LIGURE

# PROGETTAZIONE DEFINITIVA
## PER LA REALIZZAZIONE DI UN CANALE SCOLMATORE E SISTEMAZIONE IDRAULICA DEI TORRENTI SAN SIRO E MAGISTRATO IN COMUNE DI SANTA MARGHERITA LIGURE (GE)

# *RELAZIONE IDRAULICA*




**Progettazione**

D'APOLLONIA S.P.A

BETA STUDIO S.R.L

MONTALDO ENGINEERING S.R.L

GEOTECHNICAL SERVICES S.R.L

STEGEO

**Coordinatore della Progettazione**
(Provveditorato per le OO.PP.)
*Dr. Ing..Francesco Caldani*

**Responsabile del Procedimento**
(Provveditorato per le OO.PP.)
*Dr. Ing..Alessandro Pentimalli*

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

# INDICE

**Pagina**

**ELENCO DELLE FIGURE** **ii**

**ELENCO DELLE TABELLE** **iv**

**1 CONSIDERAZIONI DI SINTESI** **1**

**2 AREA DI STUDIO** **2**

**3 ANALISI IDRAULICA** **5**

3.1 PIANO DI BACINO 5

3.2 ANALISI PROGETTO PRELIMINARE 6

**4 CONSIDERAZIONI SULLE PORTATE DI PROGETTO IN RELAZIONE AL PIANO DI BACINO E ALTRI PARAMETRI DI PROGETTO** **7**

4.1 CONSIDERAZIONI SULLE PORTATE 7

4.2 CONSIDERAZIONI SUI PARAMETRI DI PROGETTO 8

**5 VALUTAZIONE DEI BENEFICI ATTESI** **26**

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

# ELENCO DELLE FIGURE

**Figura No.** **Titolo**

2.1 Area di Studio; in blu i tratti a cielo aperto, in verde i tratti tombinati

3.1 Stralcio Planimetrico "Carta delle fasce di inondabilità" Settore C Piano di Bacino, in rosso aree allagate per tr=50 anni, in giallo Tr=200 anni, in verde Tr=500 anni con fincatura verde le aree storicamente allagabili secondo DGR 594/01 Regione Liguria

4.1 Tracciato della Galleria e Portate di Progetto Piano di Bacino (Tr200 anni)

4.2 Scala delle portate per i=0, 93 m/km e i=0, 99 m/km

4.3 Scala delle portate per la luce sottobattente dell'opera di regolazione sul Torrente S. Siro: sono evidenziati i punti di entrata in funzione dello sfioratore (Q=3.2 m³/s, h=1.35 m) e i valori per Tr=200 anni (Q=5 m³/s, h=3.08 m)

4.4 Opera di presa sul S. Siro: profilo della corrente in corrispondenza dello sfioratore laterale per la portata con Tr pari a 200 anni, nel caso di bocca tarata a valle libera e ostruita

4.5 Scala delle portate per la luce sottobattente dell'opera di regolazione sul torrente S. Siro: sono evidenziati i punti di entrata in funzione dello sfioratore (Q=1.45 m³/s, h=1.40 m) e i valori per Tr=200 anni (Q=2.1 m³/s, h=2.73 m)

4.6 Opera di presa sul torrente Magistrato: profilo della corrente in corrispondenza dello sfioratore laterale per la portata con Tr pari a 200 anni, nel caso di bocca tarata a valle libera e ostruita

4.7 Opera di Presa sul Torrente Magistrato: Schema del moto in corrispondenza dell'imbocco del tubo verticale

4.8 Portata in Ingresso e Carico sulla Soglia per un Tubo di Diametro 2 m

4.9 Opera di Presa sul Magistrato: Schema del Raccordo ad Imbuto del Tubo Verticale

4.10 Profilo Linea Energia per la Portata Q (tr200 anni)=22.7 m/s, caratterizzata da una velocità di 7.23 m/s. In corrispondenza del pozzo sono riportati due livelli, quello superiore rappresenta il livello necessario alla corrente per immettersi nel calice di imbocco, quello inferiore il livello della corrente rigurgitata dalla portata in galleria

4.11 Schema del Manufatto di Confluenza

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

# ELENCO DELLE FIGURE (Continuazione)

**Figura No.** **Titolo**

4.12 Confluenza, Schema Volume di Controllo

4.13 Sbocco a Mare, Schema Volume di Controllo

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

# ELENCO DELLE TABELLE

**Tabella No.** **Titolo**

2.1 Immagini caratteristiche dei vari tratti

4.1 Stime delle Portate di Piena del PdB

4.2 Opera di presa sul S. Siro: grandezze idrauliche per la portata di picco con Tr 200 anni nel caso di bocca tarata a valle libera (caso A) e ostruita (caso B)

4.3 Opera di presa sul Magistrato: grandezze idrauliche per la portata di picco con Tr 200 anni nel caso di bocca tarata a valle libera (caso A) e ostruita (caso B)

5.1 Portate di Piena lungo il corso del Torrente San Siro

5.2 Portate di Piena lungo il corso del Torrente Magistrato

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

**RAPPORTO**
**RELAZIONE IDRAULICA**
**PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN CANALE SCOLMATORE E SISTEMAZIONE IDRAULICA DEI TORRENTI S. SIRO E MAGISTRATO IN COMUNE DI SANTA MARGHERITA LIGURE E ATTIVITA' COMPLEMENTARI ALLA PROGETTAZIONE**

# 1 CONSIDERAZIONI DI SINTESI

La relazione riporta le analisi idrauliche relative allo stato di fatto ed a quello di progetto conseguente la realizzazione della galleria scolmatrice per il reticolo idrografico naturale ed urbanizzato del Torrente San Siro e Magistrato.

L'analisi dello stato di fatto è stata dedotta dal Piano di Bacino Stralcio sul Rischio Idrologico per il quale è stato condotto uno studio idraulico con un modello di calcolo in moto permanente. Per ciascun tratto è stata valutata la massima portata smaltibile pari cioè alla massima portata in assenza di disturbi idraulici di valle.

Le gravi insufficienze sia del tratto terminale del Torrente San Siro che del Fosso Magistrato, l'alto grado di urbanizzazione del tratto finale dei due corsi d'acqua, l'impossibilità di aumentare considerevolmente la capacità di smaltimento delle sezioni idrauliche esistenti, evidenziano come la soluzione che prevede la realizzazione di un canale scolmatore, risulti la più fattibile.

Le dimensioni e la forma della sezione della galleria, verificata per le portate di progetto, è stata ottimizzata in funzione delle esigenze costruttive e delle economicità e sicurezza dello scavo condizioni che hanno determinato le dimensioni di scavo rispetto a quelle sufficienti dal punta di vista idraulico.

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

# 2 AREA DI STUDIO

Il territorio oggetto del presente studio comprende i bacini imbriferi di due corsi d'acqua situati in Provincia di Genova, il fosso Magistrato e il torrente San Siro (Figura 2.1), che l'Autorità di Bacino regionale colloca nell'ambito di bacino 15 – settore C.

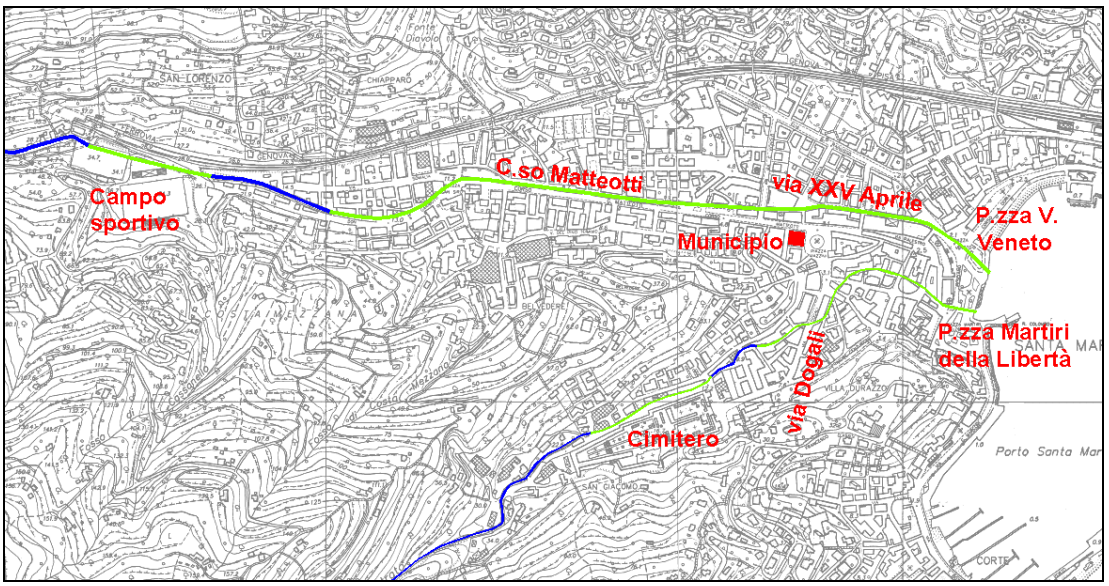



**Figura 2.1** - Area di Studio: in blu i tratti a cielo aperto, in verde i tratti tombinati

Il tratto del torrente San Siro in studio è di circa 1950 metri. Il primo tratto a cielo libero, a monte del campo sportivo, ha una lunghezza di 300 metri ed è caratterizzato da un alveo inciso (sezione rettangolare L=5,5 metri, h=4,5 metri) con pareti in cls e fondo naturale con una serie di briglie con salti di circa 2-3 metri. Il primo tratto tombinato, della lunghezza di 220 metri circa, sotto il campo sportivo è caratterizzato da una sezione 4 metri per 4 metri con forte pendenza pari a circa il 3%. A valle del campo sportivo, per un piccolo tratto di 210 metri il torrente corre a cielo aperto con sezione di 6 per 3,5. L'ultimo tratto fino a mare, della lunghezza di circa 1230 metri, sotto via don Garibotti, C.so Matteotti, via XXV Aprile e quindi Piazza V. Veneto è tutto tombinato. In alcuni punti la sezione ha dimensioni minime di 6-7 metri di larghezza e 1,5-1,8 metri di altezza.

Il tratto del Fosso Magistrato in studio è di circa 1150 metri. Il primo tratto a cielo libero, a monte del Cimitero, ha una lunghezza di 330 metri ed è caratterizzato da un alveo con pareti in cls e fondo naturale. Il primo tratto tombinato, in fregio al Cimitero della lunghezza di 220 metri circa, ha una sezione di 3,7 metri di larghezza per 2,8 metri di altezza. Per un tratto di 90 metri il Fosso Magistrato torna a correre a cielo aperto. Nell'ultimo tratto di 450 metri fino allo sbocco a mare il corso d'acqua

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

è del tutto simile ad una rete di drenaggio urbana di medie dimensioni con pozzetti di ispezione ogni 30-40 metri.

**Tabella 2.1: Immagini Caratteristiche dei Vari Tratti**

| **Fosso Magistrato** | **Torrente San Siro** |
|---|---|
|  Tratto a cielo aperto di monte |  Tratto naturale di monte |
|  Tratto a cielo aperto a valle Cimitero |  Briglia selettiva e sullo sfondo briglia con salto di circa 2 metri |

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it



Botola d'ispezione tratto tombinato



Inizio tratto tombinato sotto campo sportivo



Sbocco a mare sotto Piazza Martiri della Libertà



Sbocco a mare sotto Piazza V. Veneto

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

# 3 ANALISI IDRAULICA

## 3.1 PIANO DI BACINO

Le verifiche idrauliche condotte per la redazione del Piano di Bacino Stralcio sul Rischio Idrologico (confermate anche con l'aggiornamento dell'anno 2014) hanno evidenziano gravi insufficienze idrauliche dovute alla presenza di tratti tombinati con sezioni di ridotte dimensione. L'analisi condotta in moto permanente ha evidenziato che la massima portata a pelo libero (nel seguito "portata smaltibile") per il fosso Magistrato è di 11 mc/s mentre la massima portata che può defluire in pressione senza determinare allagamenti è di 13 mc/s. Per il San Siro la massima portata a pelo libero è di 32 mc/s mentre la massima portata che può defluire in pressione senza determinare allagamenti è di 63 mc/s.

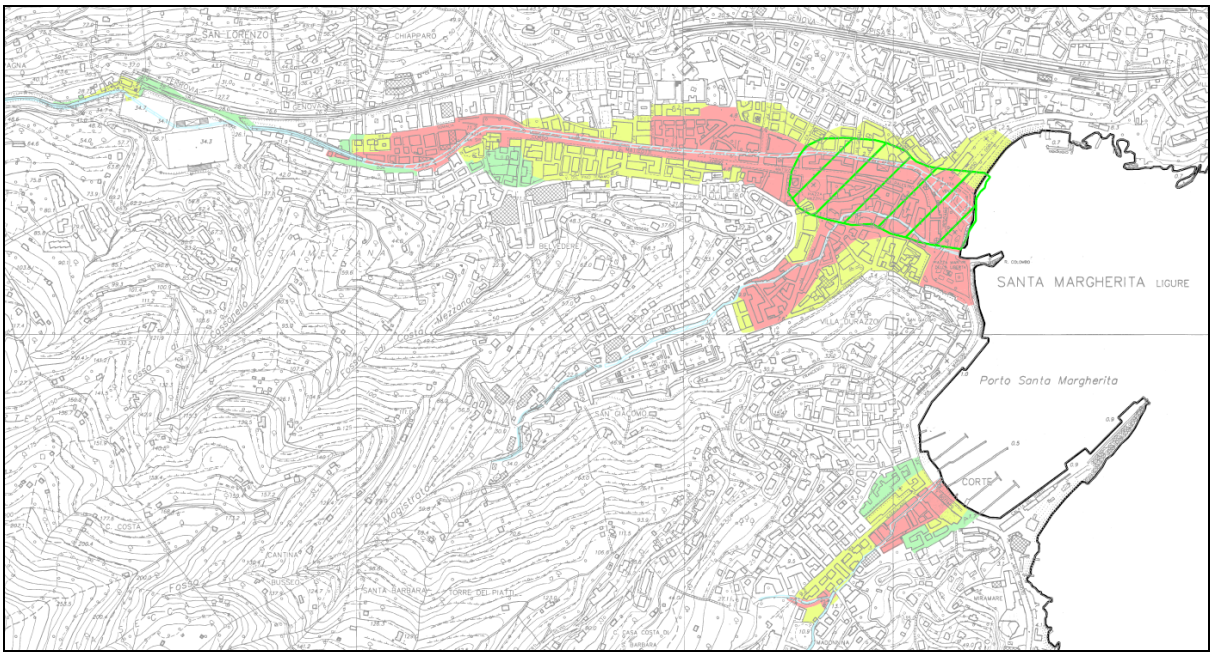



**Figura 3.1** - Stralcio planimetrico "Carta delle fasce di inondabilità" Settore C Piano di Bacino: in rosso aree allagate per tr=50 anni, in giallo Tr=200 anni, in verde Tr=500 anni, con fincatura verde le aree storicamente allagabili secondo DGR 594/01 Regione Liguria

Il fenomeno di allagamento del centro cittadino è dovuto all'acqua che esonda nella zona prospiciente l'imbocco dell'ultimo tratto tombinato e che trova facile scorrimento nelle sedi viarie e all'acqua fuoriuscita dai manufatti idraulicamente interconnessi al tombino, per effetto del rigurgito determinato dalla corrente in pressione.

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

## 3.2 ANALISI PROGETTO PRELIMINARE

Nel Progetto Preliminare "Interventi di sistemazione idraulica del torrente San Siro", redatto dalla Provincia di Genova Anno 2000 si evidenzia la grave insufficienza dei due tratti intubati del torrente San Siro.

In particolare la portata smaltibile del primo tratto sotto i campi sportivi è pari a soli 40 mc/s mentre per il tratto nel secondo tratto, la massima portata smaltibile scende progressivamente da 110 mc/s fino a 40 mc/s.

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

# 4 CONSIDERAZIONI SULLE PORTATE DI PROGETTO IN RELAZIONE AL PIANO DI BACINO E ALTRI PARAMETRI DI PROGETTO

## 4.1 CONSIDERAZIONI SULLE PORTATE

Di seguito si riportano le stime delle portate di piena con assegnato periodo di ritorno come definite nel Piano di Bacino.

**Tabella 4.1: Stime delle Portate di Piena del PdB**

| | Codice sezione | Area drenata [kmq] | Q TR 50 [mc/s] | Q TR 200 [mc/s] | Q TR 500 [mc/s] |
|---|---|---|---|---|---|
| **San Siro** | SS2 | 2.4 | 41.6 | 59.4 | 70.4 |
| | SS3 | 3.38 | 62.4 | 88.3 | 104.6 |
| | M.te Rainusso | 4.53 | 76 | 105.9 | 124.5 |
| | SS4 | 4.90 | 84 | 116.2 | 136.2 |
| **Magistrato** | MA1 | 0.62 | 12 | 16.6 | 19.5 |
| | MA2 | 0.83 | 18.1 | 24.8 | 29.1 |
| | MA3 | 0.93 | 20.9 | 28.7 | 33.6 |

Nel Piano di Bacino le portate di piena sono calcolate in base al confronto di varie metodologie delle quali è stata scelta quella della Formula Razionale che, concettualmente, per il picco dell'idrogramma, coincide con la metodologia afflussi-deflussi.

Nel calcolo è stato utilizzato un Curve Number (CN) in condizione AMC 2 (ossia CN medio pari a 82) ed il fenomeno di assorbimento è considerato uniforme sul territorio. Inoltre, è stata utilizzata la formula razionale con durata critica pari al tempo di corrivazione stimato alla sezione di foce, Tc=70 minuti.

Di seguito, con riferimento al Piano di Bacino, è riportato lo schema delle portate con cui sono state verificate le opere idrauliche, al fine di garantire all'Amministrazione una congruità del progetto in esame con lo strumento pianificatorio.

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

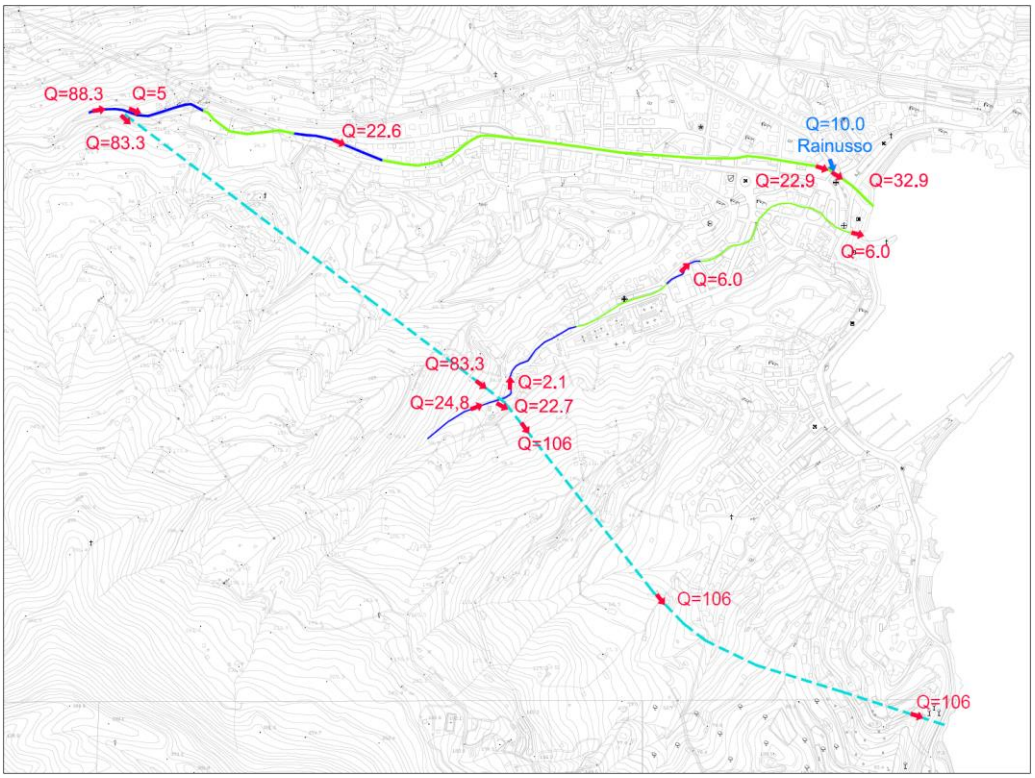



**Figura 4.1:** Tracciato della Galleria e Portate di Progetto Piano di Bacino (Tr200 anni)

## 4.2 CONSIDERAZIONI SUI PARAMETRI DI PROGETTO

4.2.1.1 Verifica della Sezione di Progetto della Galleria

Considerando che le portate che determinano l'inizio del funzionamento della galleria hanno un tempo di ritorno pari a circa 3 anni, vista l'assenza di materiale solido all'interno della galleria, la scelta della tipologia del rivestimento della galleria comporta un coefficiente di scabrezza di Strickler pari a 70 $m/s^{1/3}$.

Al fine di garantire l'amministrazione rispetto allo strumento Piano di Bacino, si verifica la galleria anche con il valore di scabrezza di Strickler più basso, pari a 55 $m/s^{1/3}$ indicati nel Piano di Bacino per tratti tombinati. Nel nostro caso va evidenziato che la galleria scolmatrice non è una tombinatura, e quindi la forma della sezione della galleria, le brusche variazioni di sezione tipiche delle tombinature, e tanto meno la scabrezza superficiale del rivestimento giustificano un valore così basso. Come ben noto infatti il valore dell'indice di resistenza è funzione sia della rugosità del materiale sia della forma della sezione stessa. Le portate che defluiscono in galleria sono pari alle massime portate di piena a monte delle sezioni di controllo, nell'ipotesi cautelativa che le luci a battente che limitano il deflusso verso valle della corrente di piena, siano completamente ostruite e tutta l'acqua in arrivo sia sfiorata nella galleria.

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

Nella figura seguente sono riportate le scale di deflusso dei due tratti di galleria a differente pendenza confrontate con la massima portata del tratto di monte pari a 83,3 mc/s e la massima portata a valle dell'immissione del Fosso Magistrato pari a 106 mc/s.

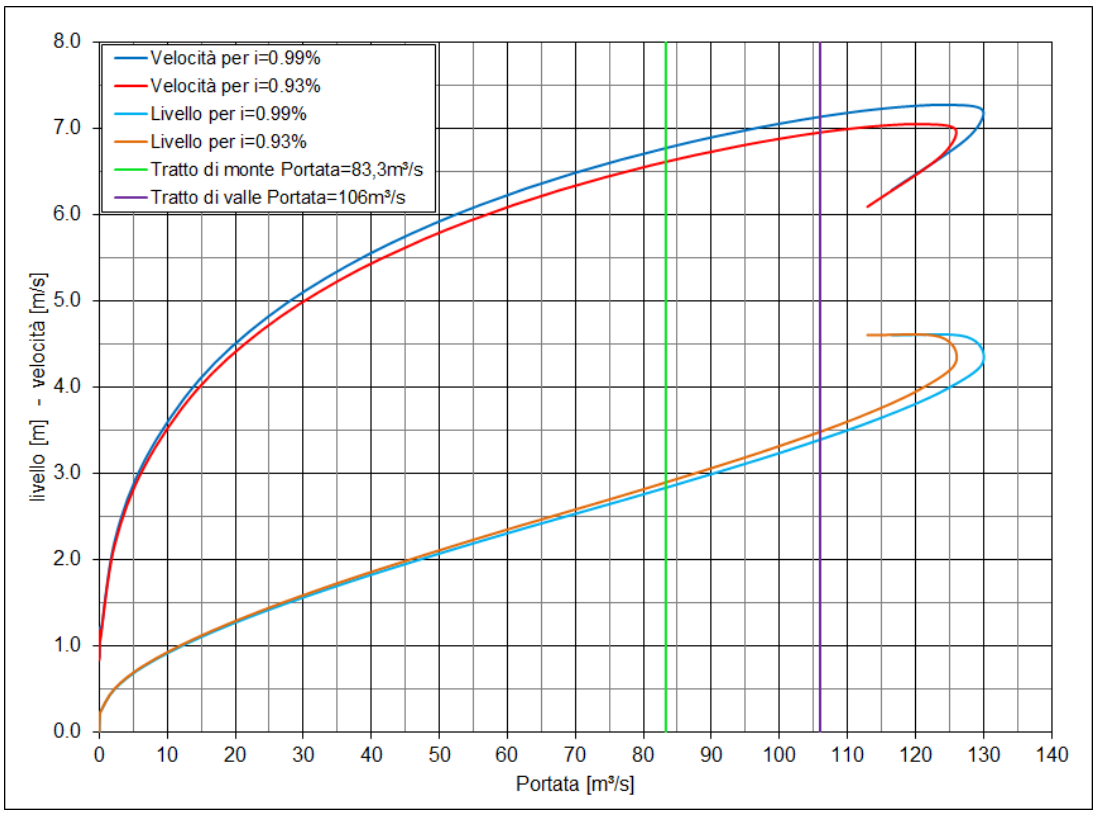



**Figura 4.2:** Scala delle portate per i=0, 93 m/km e i=0, 99 m/km

Nel tratto di monte, avente una pendenza dello 0.93%, la portata derivata pari a 83,3 mc/s defluisce con una velocità di 6.60 m/s e con un grado di riempimento del 63% e un franco di 1.71 m.

Nel tratto di valle, avente una pendenza dello 0.99%, la portata derivata pari a 106 mc/s defluisce con una velocità di 7.12 m/s e con un grado di riempimento del 74% e un franco di 1.21 m.

### 4.2.1.2 Opera di Presa sul Torrente San Siro

*Sfioratore Laterale e Sezione di Controllo*

Il manufatto di controllo trasversale al corso d'acqua in grado di limitare la portata in alveo nel S. Siro, è dotato di una luce sul fondo (bocca tarata) di 1.2 m di larghezza e 1.0 m di altezza e di uno sfioratore laterale di lunghezza pari a 20.5 m e altezza del

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

petto pari a 1.35 m posto a monte del manufatto di controllo per scolmare le portate in eccesso in galleria attraverso.

Nei paragrafi seguenti è riassunta la verifica idraulica dei manufatti interessati dalla piena con tempo di ritorno duecentennale secondo le stime di Piano di Bacino.

L'equazione che lega la portata sfiorata Q all'altezza del pelo libero h a monte di una bocca di dimensioni b·a è data da:

$$Q = b \cdot C_q \cdot a \cdot \sqrt{2gh}$$

nell'ipotesi che l'altezza d'acqua a monte dell'opera sia tale che il manufatto funzioni a sottobattente.

Il coefficiente di portata Cq è funzione del rapporto tra l'altezza d'acqua h e l'altezza della luce a:

$$C_q = C_c \cdot \sqrt{\frac{1}{1 + C_c \frac{a}{h}}}$$

Nel caso in esame si ottiene la scala delle portate indicata in Figura 4.3.

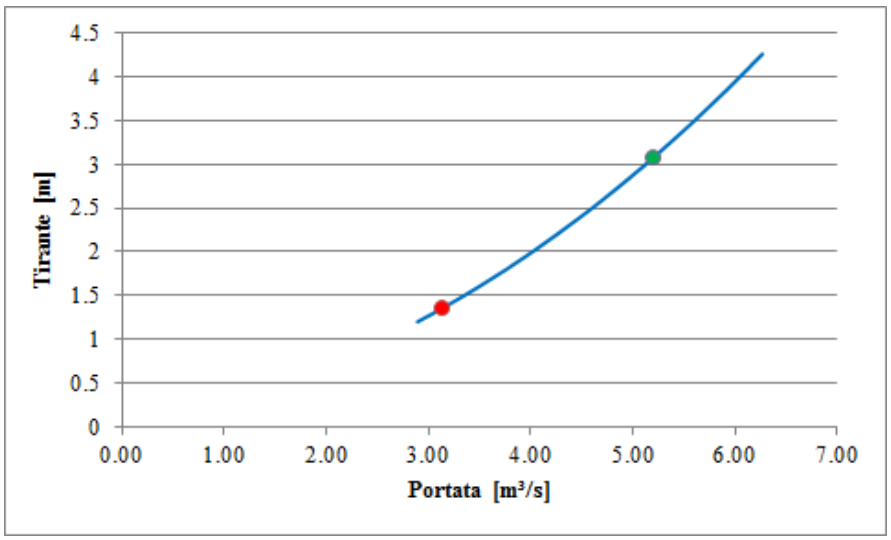



**Figura 4.3:** Scala delle portate per la luce sottobattente dell'opera di regolazione sul Torrente S. Siro: sono evidenziati i punti di entrata in funzione dello sfioratore (Q=3.2 m³/s, h=1.35 m) e i valori per Tr=200 anni (Q=5 m³/s, h=3.08 m)

Il calcolo idraulico per l'integrazione del profilo della corrente è stato eseguito ipotizzando che l'energia specifica della corrente rimanga costante lungo lo sfioratore utilizzando la classica trattazione del De Marchi (1934). Tale ipotesi è

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

accettabile in quanto la progressiva diminuzione della portata e la conseguente variazione di velocità lungo lo sfioratore non producono particolari dissipazioni energetiche; lo stramazzo infatti non da luogo ad intensificazione di turbolenza rispetto alle condizioni esistenti in una corrente uniforme di analoghe caratteristiche. Scelto un passo di discretizzazione spaziale $\Delta x$ e posto un valore di tentativo per la profondità $y_k$ corrispondente all'estremo di monte dell'intervallo $\Delta x$ si valuta il tirante idrico medio nell'intervallo:

$$y_m = \frac{y_i + y_k}{2}$$

e sulla base del relativo carico sulla soglia $h_m$ si calcola il valore della portata sfiorata nel tratto:

$$\Delta Q_k = \mu \cdot \Delta x \cdot h_m \cdot \sqrt{2gh_m}$$

Si calcola quindi la portata in alveo all'estremo di monte dell'intervallo $\Delta x$ corrispondente al livello $y_k$ con l'espressione:

$$Q_k = Q_i + \Delta Q_k$$

ed infine l'energia specifica Ek:

$$E_k = y_k + \frac{v_k^2}{2g}$$

La procedura al passo i viene iterata tentando nuovi valori di $y_k$ fino a quando l'errore non è inferiore ad un prefissato valore di soglia:

$$\left|E - E\right|_k < \varepsilon$$

Nel caso in esame sono state studiate due condizioni particolari per l'evento di progetto caratterizzato da tempo di ritorno pari a 200 anni. Una prima ipotesi è quella di normale funzionamento della bocca tarata a valle (caso A) mentre una seconda ipotesi è quella che, per effetto del materiale trasportato dalla piena, la luce di fondo del manufatto a valle dello sfioratore risulti completamente ostruita (caso B). I risultati ottenuti sono riportati in Figura 4.4 e in Tabella 4.2.

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

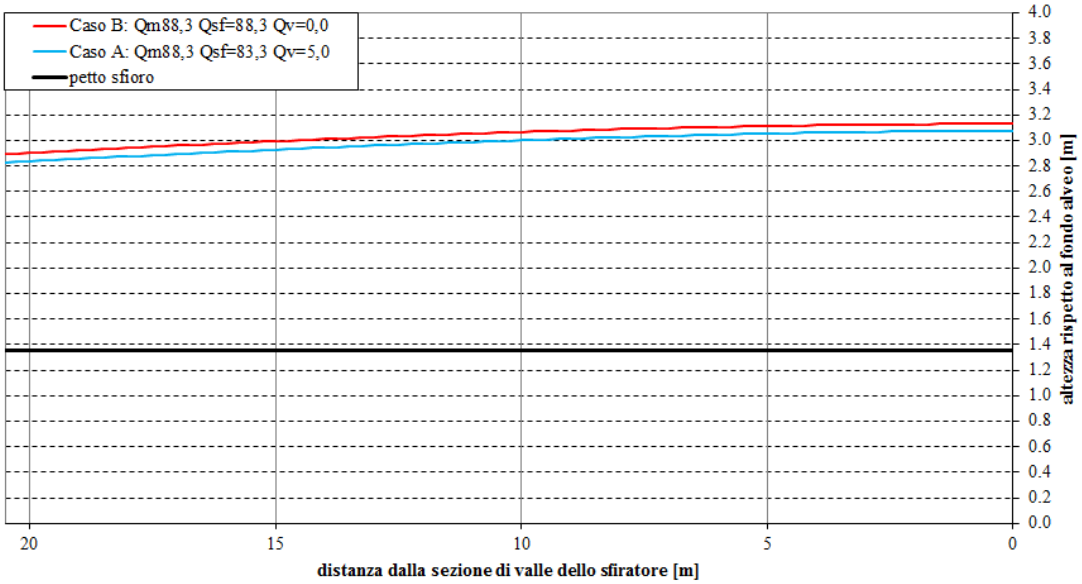



**Figura 4.4:** Opera di presa sul S. Siro: profilo della corrente in corrispondenza dello sfioratore laterale per la portata con Tr pari a 200 anni, nel caso di bocca tarata a valle libera e ostruita

**Tabella 4.2: Opera di presa sul S. Siro: grandezze idrauliche per la portata di picco con Tr 200 anni nel caso di bocca tarata a valle libera (caso A) e ostruita (caso B)**

| Grandezza | Unità di misura | Caso A | Caso B |
|---|---|---|---|
| Portata in arrivo | m³/s | 88.3 | |
| Portata a valle dello sfioratore | m³/s | 5.0 | 0 |
| Portata sfiorata | m³/s | 83.3 | 88.3 |
| altezza pelo libero in alveo, a valle dello sfioratore | m | 3.08 | 3.13 |
| altezza pelo libero in alveo, a monte dello sfioratore | m | 2.83 | 2.89 |
| altezza in alveo a monte dello sfioratore (rispetto al petto) | m | 1.48 | 1.54 |
| quota fondo alveo | m s.m.m. | 29.40 | |
| quota pelo libero in alveo, a valle dello sfioratore | m s.m.m. | 32.48 | 32.53 |
| quota pelo libero in alveo, a monte dello sfioratore | m s.m.m. | 32.23 | 32.29 |
| quota petto sfioratore | m s.m.m. | 30.75 | |

### 4.2.1.3 Opera di Presa sul Torrente Magistrato

*Sfioratore Laterale e Sezione di Controllo*

In maniera analoga a quanto osservato per l'opera di presa sul torrente S. Siro stata condotta la verifica dell'opera di presa sul Fosso Magistrato.

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

L'opera prevede una luce libera, posta sul fondo del manufatto limitatore, di 1 m di larghezza e 0.5 m di altezza, e uno sfioratore laterale di lunghezza pari a 9.5 m e altezza del petto pari a 1.40 m sul fondo alveo.

Sulla base di tali dimensioni è stata determinata la scala delle portate del manufatto regolatore indicata in Figura 4.5 dove sono stati evidenziati il punto che corrisponde all'entrata in funzione dello sfioratore (Q=1.45 m³/s, h=1.40 m) e quello relativo alla portata che si vuole far defluire a valle per l'evento di progetto per Tr=200 anni (Q=1.96 m³/s, h=2.37 m).

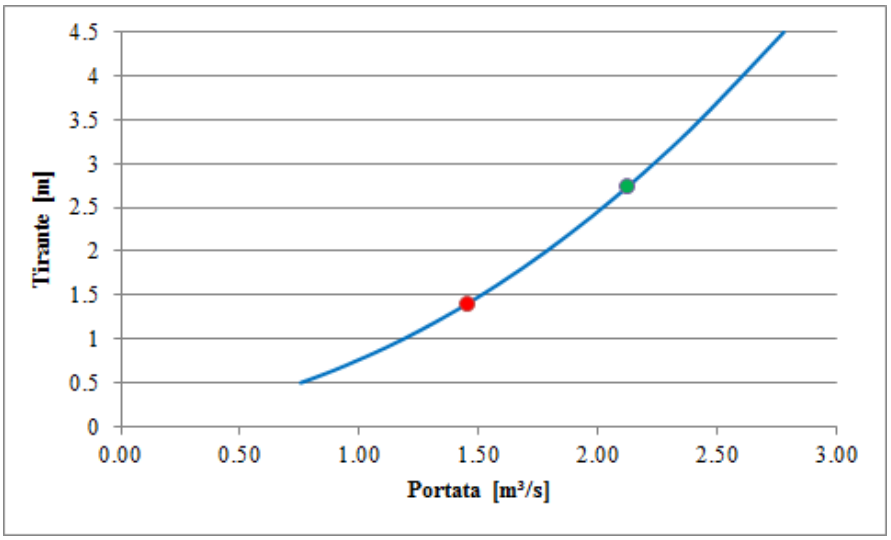



**Figura 4.5:** Scala delle portate per la luce sottobattente dell'opera di regolazione sul torrente S. Siro: sono evidenziati i punti di entrata in funzione dello sfioratore (Q=1.45 m³/s, h=1.40 m) e i valori per Tr=200 anni (Q=2.1 m³/s, h=2.73 m)

La verifica dello sfioratore laterale e in particolare il calcolo idraulico per l'integrazione del profilo della corrente è stato eseguito come descritto al paragrafo relativo allo sfioratore sul torrente S. Siro. Anche in questo caso sono state studiate due condizioni differenti di funzionamento per l'evento di progetto di tempo di ritorno pari a 200 anni.

Una prima ipotesi è quella di normale funzionamento della manufatto limitatore (caso A) mentre una seconda ipotesi è quella che, per effetto del materiale trasportato dalla piena, la luce di fondo del manufatto a valle dello sfioratore risulti completamente ostruita (caso B).

I risultati ottenuti sono riportati in Figura 4.6 e in Tabella 4.3.

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

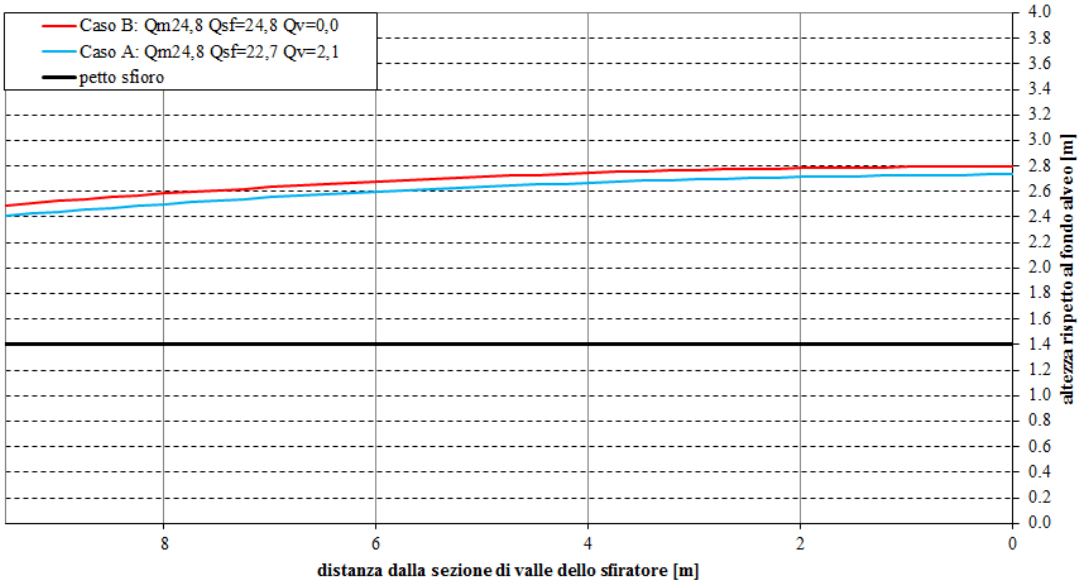



**Figura 4.6:** Opera di presa sul torrente Magistrato: profilo della corrente in corrispondenza dello sfioratore laterale per la portata con Tr pari a 200 anni, nel caso di bocca tarata a valle libera e ostruita

**Tabella 4.3: Opera di presa sul Magistrato: grandezze idrauliche per la portata di picco con Tr 200 anni nel caso di bocca tarata a valle libera (caso A) e ostruita (caso B)**

| Grandezza | Unità di misura | Caso A | Caso B |
|---|---|---|---|
| Portata in arrivo | m³/s | 24.8 | |
| Portata a valle dello sfioratore | m³/s | 2.1 | 0 |
| Portata sfiorata | m³/s | 22.7 | 24.8 |
| altezza pelo libero in alveo, a valle dello sfioratore | m | 2.73 | 2.80 |
| altezza pelo libero in alveo, a monte dello sfioratore | m | 2.44 | 2.49 |
| quota fondo alveo | m s.m.m. | 30.0 | |
| quota pelo libero in alveo, a valle dello sfioratore | m s.m.m. | 32.73 | 32.80 |
| quota pelo libero in alveo, a monte dello sfioratore | m s.m.m. | 32.44 | 32.49 |
| quota petto sfioratore | m s.m.m. | 31.4 | |

*Calice di Imbocco*

La verifica idraulica della sezione di imbocco del tubo verticale si esegue, a seconda del carico, utilizzando la legge di efflusso da soglia sfiorante a pianta circolare o la legge di efflusso da luce sotto battente (Figura 4.7).

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

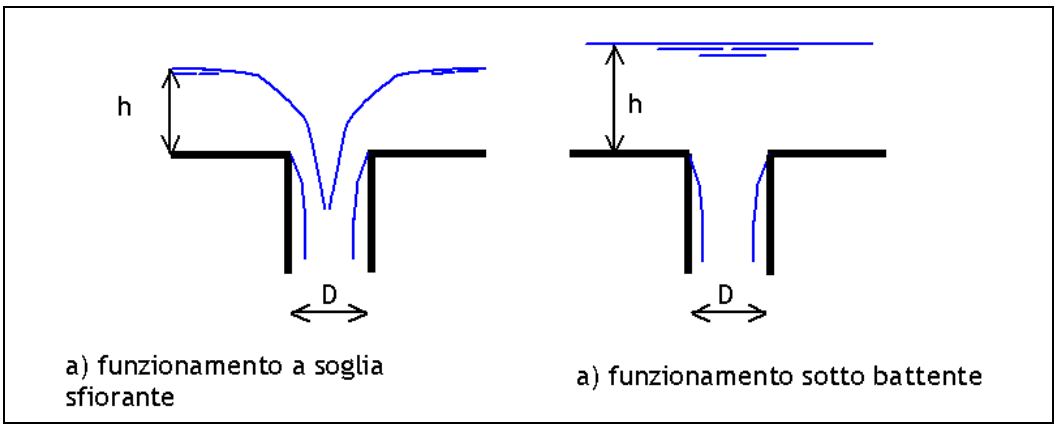



**Figura 4.7:** Opera di Presa sul Torrente Magistrato: Schema del moto in corrispondenza dell'imbocco del tubo verticale

Detto h il carico sulla soglia all'imbocco, la portata Q è:

$$Q = C_q \cdot h \cdot \pi \cdot D\sqrt{2gh}$$

nel caso di funzionamento a soglia sfiorante di diametro D con Cq paria circa 0.35 e

$$Q = C_q \cdot A \cdot \sqrt{2gh}$$

nel caso di funzionamento sotto battente, con Cq pari a circa 0.6, e con h riferito prudentemente alla soglia sfiorante in luogo di quello riferito alla sezione contratta.

L'andamento del carico h al variare della portata sfiorata per un tubo di diametro 2 m è mostrato nel grafico di Figura 4.8: il passaggio da funzionamento a soglia sfiorante a quello sottobattente si ha per portate pari a circa 8 m³/s. Si può notare inoltre che l'immissione della portata di progetto (24.8 m³/s) avviene con un carico di circa 3.6 m. Tale valore non sarebbe compatibile con le quote disponibili, però il primo tratto del tubo è raccordato ad imbuto.

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

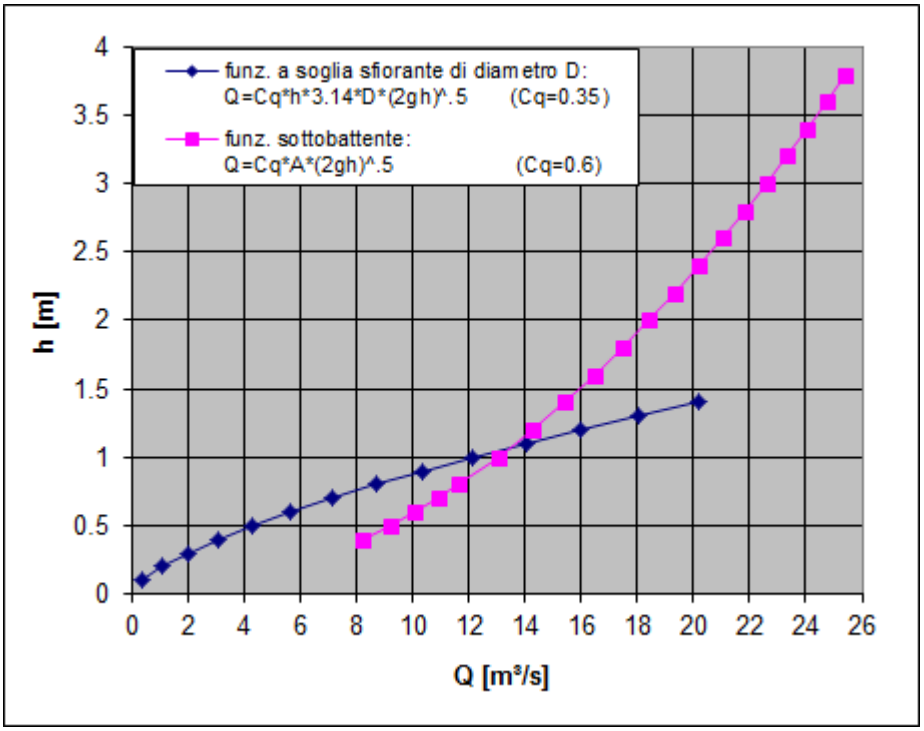



**Figura 4.8** - Portata in Ingresso e Carico sulla Soglia per un Tubo di Diametro 2 m

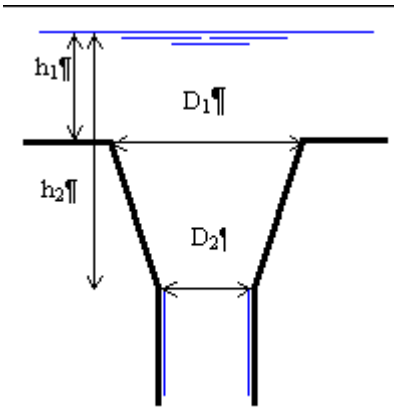



**Figura 4.9-** Opera di Presa sul Magistrato: Schema del Raccordo ad Imbuto del Tubo Verticale

In questo caso, con riferimento allo schema della Figura precedente la portata che entra nel tubo di diametro $D_2$ è controllata dal carico $h_2$ mentre la portata che entra nell'imbuto di diametro $D_1$ è controllata dall'altezza $h_1$. Il carico che si instaurerà durante il passaggio della portata duecentennale sarà il maggiore tra i due. Per la verifica sono state quindi risolte le due equazioni:

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

$$Q = C_{q1} \cdot \pi \cdot \frac{D_1^2}{4} \sqrt{2gh_1}$$

$$Q = C_{q2} \cdot \pi \cdot \frac{D_2^2}{4} \sqrt{2gh_2}$$

dove:

$D_2$ = 2 m

$C_{q1}$ = 0.61

$C_{q2}$ = 1

$D_1$ = 3.28 m.

Per la portata di progetto (24.8 m³/s) si ottiene un'altezza del carico $h_1$ pari a 1.18 m e del carico $h_2$ pari a 3.18 m. Sommando la lunghezza del raccordo pari a 1.09 m a h1 si ottiene un'altezza totale di 2.27 m compatibile con le quote disponibili.

*Il livello di Funzionamento*

Il livello nel pozzo a cui si istaura il moto in pressione nella seconda parte della tubazione di raccordo tra la galleria e l'opera di presa è stato verificato applicando le equazioni di Bernoulli in condizioni di piena T=200 anni:

$$Hpozzo = Hgalleria + c_i b \frac{Q^a}{D^d} L + \sum \Delta H_i$$

dove:

*Ht* rappresenta l'energia totale che la corrente sfiorata dal Fosso magistrato deve accumulare per potersi immettere in galleria;

*Hgalleria* l'energia totale della corrente nella galleria, a valle dell'immissione del Magistrato;

il secondo termine a destra rappresenta le perdite di carico distribuite, *L* e *D* rappresentano le caratteristiche geometriche della tubazione in acciaio (rispettivamente Lunghezza e Diametro interno); *a,b,d* coefficienti che dipendono dalle caratteristi che delle tubazioni; $\sum \Delta H_i$ rappresenta la somma delle perdite localizzate (curva e sbocco).

Le caratteristiche idrauliche della corrente in pressione sono state ottenute partendo dal livello della corrente nella galleria, a valle della confluenza delle portate di sfioro del torrente San Siro e del Fosso Magistrato, sommando le perdite di carico

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

distribuite e le perdite concentrate. La massima perdita di carico totale, necessaria alla portata di sfioro per riuscire ad immettersi nella galleria, è di circa 2 metri.

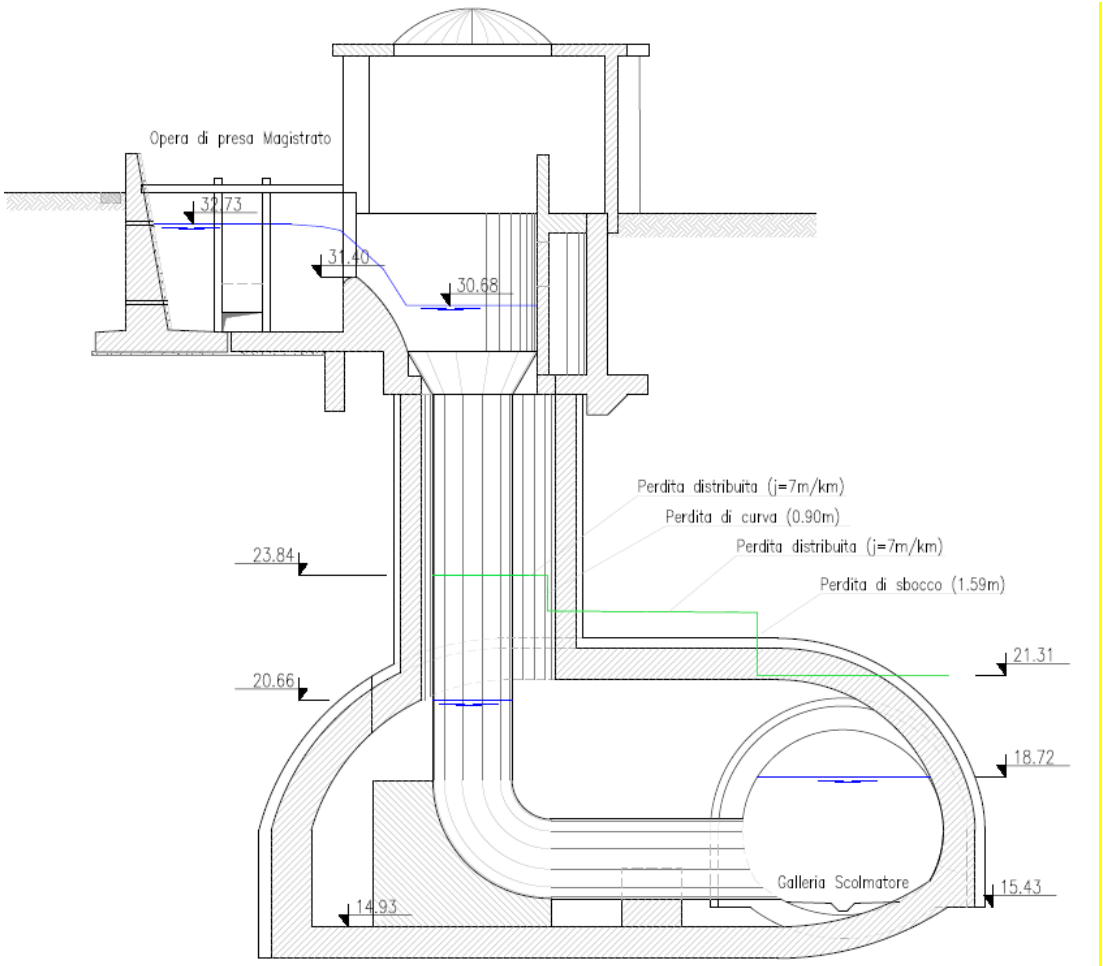



**Figura 4.10:** Profilo Linea Energia per la Portata Q (tr200 anni)=22.7 m/s, caratterizzata da una velocità di 7.23 m/s. In corrispondenza del pozzo sono riportati due livelli, quello superiore rappresenta il livello necessario alla corrente per immettersi nel calice di imbocco, quello inferiore il livello della corrente rigurgitata dalla portata in galleria

Per ovviare ai fenomeni di funzionamento intermittente dell'imbocco, a causa della depressione che verrebbe a crearsi tra l'imbuto e la sezione di rigurgito della corrente immessa in galleria, è stato previsto un tubo di aerazione. Tale tubo in acciaio di diametro 20 cm si immette nel condotto principale a quota 24.00 m s.l.m..

#### 4.2.1.4 Confluenza Pozzo Magistrato e Galleria

La verifica della confluenza tra il primo tratto di galleria e il pozzo di immissione del Fosso Magistrato che confluiscono nel tratto terminale di galleria è stata effettuata attraverso l'applicazione dell'equazione globale dell'equilibrio dinamico al volume di fluido in movimento, lungo la direzione del moto della corrente fluida.

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

In particolare, tale calcolo permette di verificare che il salto e l'angolo di confluenza che ciascuno dei due immissari presenta rispetto al canale ricevente "Galleria San Siro e Magistrato" siano sufficienti al fine di evitare situazione di rigurgito, in particolare del primo tratto di galleria.

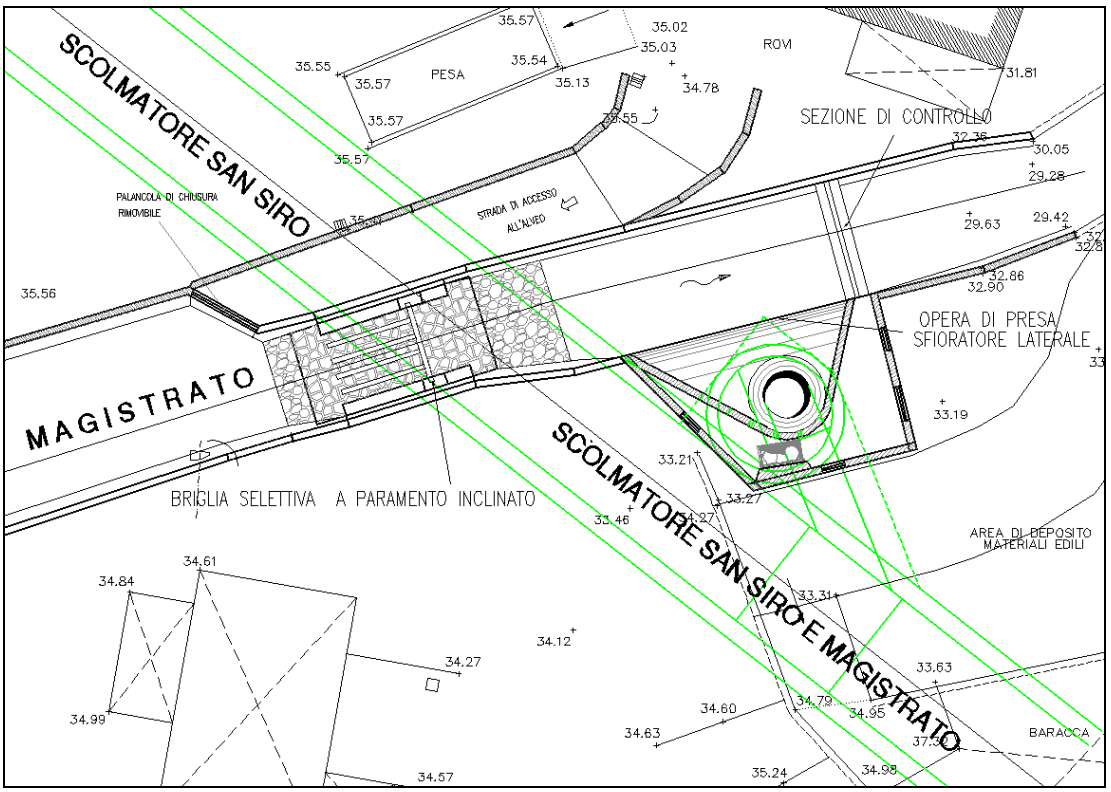



**Figura 4.11**: Schema del Manufatto di Confluenza

Le portate con cui sono state fatte le verifiche idrauliche che interessano questa confluenza sono di seguito riportate:

| ***Portata San Siro [mc/s]*** | ***Portata Magistrato [mc/s]*** | ***Portata a valle della confluenza [mc/s]*** |
|---|---|---|
| 83.3 | 22.7 | 106.0 |

L'analisi è condotta facendo riferimento alla situazione più gravosa, ovvero alla possibilità che vi sia in arrivo la portata massima di 83.3 $m^3/s$, ed imponendo che nella sezione a valle della confluenza si instauri l'altezza critica pari a 3.64 m.

Il volume di controllo interessato (Figura 4.12) dalla trattazione è delimitato dalle pareti del manufatto e dalle sezioni trasversali rispettivamente a monte ed a valle della confluenza.

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

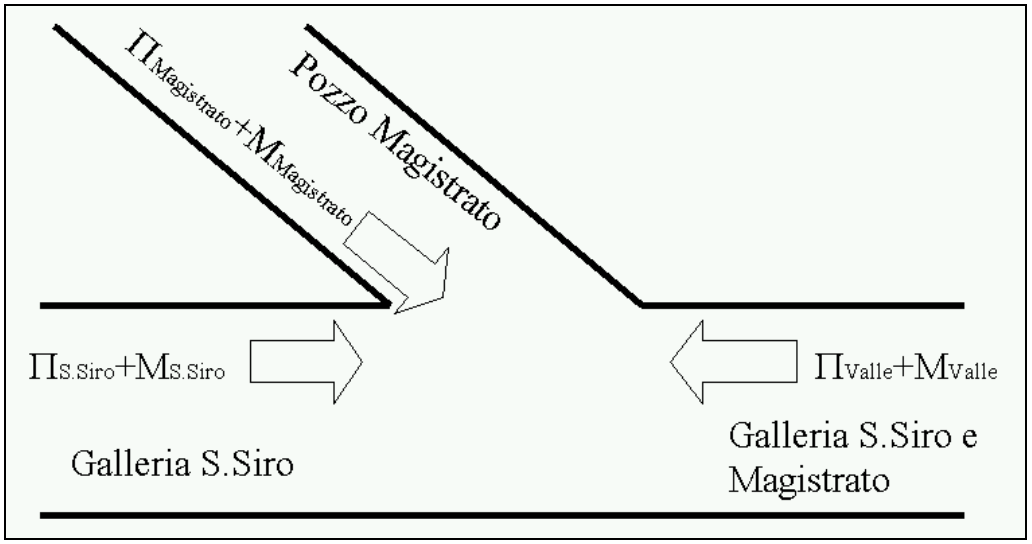



**Figura 4.12**: Confluenza, Schema Volume di Controllo

L'analisi è condotta in condizioni di moto permanente quindi il termine delle inerzie locali I assume valore nullo; inoltre la componente del peso G del fluido contenuto nel volume di controllo lungo la direzione della corrente e le resistenze al moto R sono da trascurarsi nel bilancio in quanto di piccolo valore e di verso contrario tra loro.

In tale ipotesi affinché la galleria di monte non sia rigurgitata l'equazione risolvente lungo la direzione del moto diventa:

$$\Pi_{valle} + M_{valle} \leq \Pi_{SSiro} + M_{SSiro} + \Pi_{Mgistrato}\cos(\alpha) + M_{Magistrato}\cos(\alpha)$$

L'angolo di immissione $\alpha$ del Fosso Magistrato, pari a 30°, è stato ridotto al minimo consentito dai vincoli relativi alla costruzione del punto di allaccio della tubazione in acciaio DN2000 alla sezione in cls della galleria e alla stabilità della galleria in corrispondenza del pozzo, in modo da poter utilizzare la spinta della corrente sfiorata.

Per un ipotetico angolo di immissione di 90° la spinta della corrente sarebbe infatti contrastata completamente dalla parete della galleria sul lato opposto al punto di allaccio e l'equilibrio delle spinte di monte e di valle sarebbe legato al solo rigurgito della corrente del tratto di monte.

Si considera la spinta totale della corrente di valle $\Pi_{valle} + M_{valle}$ con una portata transitante di Q = 106.0 m³/s con l'altezza pari all'altezza critica k=3.64 m essendo il canale in progetto a forte pendenza per tale portata, a tale altezza corrisponde, per la sezione di interesse, una area A=15.92 m².

Assumendo una distribuzione idrostatica delle pressioni, la spinta $\Pi_{valle}$ diventa:

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

$$\Pi_{valle} = \gamma \cdot h_g \cdot A = 9806\left(\frac{N}{m^3}\right) \cdot 1.82(m) \cdot 15.92(m^2) = 284'123\ N$$

La quantità di moto $M_{valle}$ della massa fluida che attraversa nell'unità di tempo la sezione A è :

$$M_{valle} = \rho \cdot \frac{Q^2}{A} = 1000\left(\frac{Kg}{m^3}\right) \cdot \frac{\left[106.0\left(\frac{m^3}{s}\right)\right]^2}{15.92(m^2)} = 705'779\ N$$

La spinta totale della corrente a valle dell'immissione risulta pari a $\Pi_{valle} + M_{valle} = 989'902\ N$

In modo analogo sono state calcolate le spinte totali della corrente in corrispondenza della sezione terminale della galleria nel tratto di monte e della condotta di immissione del Fosso Magistrato, considerando per la galleria di monte come riferimento l'altezza di moto uniforme h=2.89 m che si instaura immediatamente a monte del salto sul ramo proveniente dal San Siro, essendo tale tratto per le portate di riferimento in corrente veloce. Considerando che il salto tra i due ratti della galleria Δz è pari a 0.60 metri, si ottiene che la spinta della corrente a monte dell'immissione del Fosso Magistrato è pari a $\Pi_{SSiro} + M_{SSiro} = 818'273\ N$.

$$\Pi_{SSiro} = \gamma \cdot h_g \cdot A = 9806\left(\frac{N}{m^3}\right) \cdot \left(\frac{2.89 + 0.6}{2}\right)(m) \cdot (12.62 + 0.6 * 5.1)(m^2) = 268'440\ N$$

$$M_{SSiro} = \rho \cdot \frac{Q^2}{A} = 1000\left(\frac{Kg}{m^3}\right) \cdot \frac{\left[83.3\left(\frac{m^3}{s}\right)\right]^2}{12.62(m^2)} = 549'833\ N$$

$$\Pi_{Magistrato} = \gamma \cdot h_g \cdot A = 9806\left(\frac{N}{m^3}\right) \cdot 1.82(m) \cdot 3.14(m^2) \cdot \cos(30°) = 48'531\ N$$

$$M_{Magistrato} = \rho \cdot \frac{Q^2}{A} = 1000\left(\frac{Kg}{m^3}\right) \cdot \frac{\left[22.7\left(\frac{m^3}{s}\right)\right]^2}{3.14(m^2)} \cdot \cos(30°) = 142'119\ N$$

Potendo utilizzare la spinta, nella direzione dell'asse della galleria, del Fosso Magistrato, l'immissione avviene infatti sottobattente con la quota di scorrimento della tubazione in acciaio DN2000 allineata alla quota di scorrimento della galleria di valle, pari a $\Pi_{Magistrato}\cos\alpha + M_{Magistrato}\cos\alpha = 190'650\ N$ si ottiene che la spinta di

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

monte (1’008’923 N) è superiore alla spinta di valle per cui la corrente di monte non risulta rigurgitata.

#### 4.2.1.5 Sbocco a Mare Galleria

*Bacino di Dissipazione*

La corrente in uscita dall’ultimo tratto di galleria, si immette in mare con una velocità di circa 7.12 m/s e quindi con una forte capacità di erosione e di spinta. L’opera di sbocco a mare prevede la realizzazione di un bacino delimitato a valle da una soglia dentata, al fine di dissipare l’energia della corrente tramite un risalto. Nei paragrafi seguenti si è verificato che il risalto della corrente in uscita dalla galleria sia contenuto nel bacino di dissipazione. La verifica idraulica è condotta attraverso l’applicazione dell’equazione globale dell’equilibrio dinamico al volume di fluido in movimento, condotto lungo la direzione del moto della corrente fluida.

Il volume di controllo interessato (Figura 4.13) dalla trattazione è delimitato dai pennelli laterali in massi naturali di II categoria e dalle sezioni trasversali rispettivamente alla fine dell’ultimo tratto di galleria ed in corrispondenza dei denti di dissipazione.

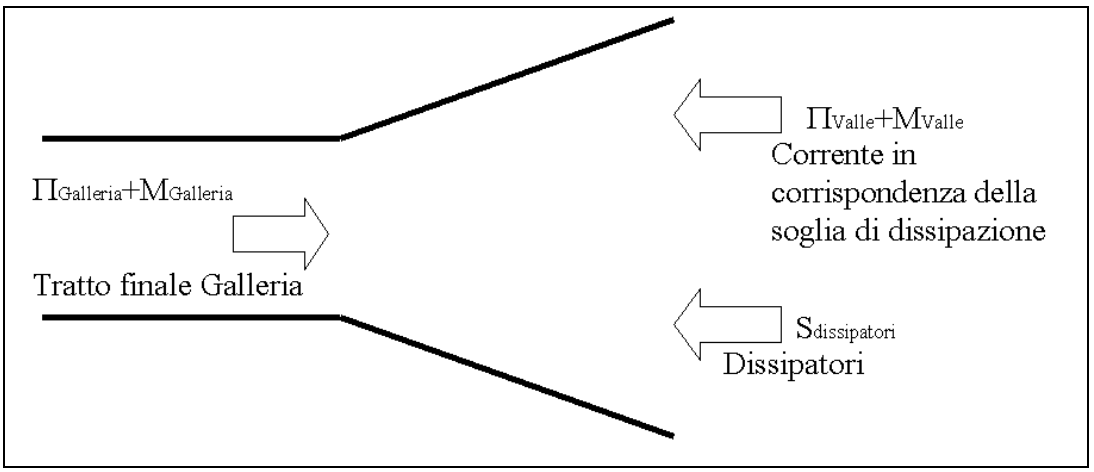



**Figura 4.13:** Sbocco a Mare, Schema Volume di Controllo

L’analisi è condotta in condizioni di moto permanente quindi il termine delle inerzie locali I assume valore nullo; inoltre la componente del peso G del fluido contenuto nel volume di controllo lungo la direzione della corrente e le resistenze al moto R sono da trascurarsi nel bilancio in quanto di piccolo valore e di verso contrario tra loro.

In tale ipotesi, affinché il risalto sia contenuto nel bacino di dissipazione, l’equazione risolvente lungo la direzione del moto deve essere:

$$\Pi_{valle} + M_{valle} + S_{dissipatori} \geq \Pi_{galleria} + M_{galleria}$$

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

La spinta totale della corrente in corrispondenza della sezione terminale della galleria nel tratto di monte, considerando per la galleria di monte come riferimento l'altezza di moto uniforme h=3.39 m, essendo tale tratto per le portate di riferimento in corrente veloce, risulta pari alla somma della spinta idrostatica e della spinta dinamica, a tale altezza corrisponde, per la sezione di interesse, una area A=14.88 m².

Assumendo una distribuzione idrostatica delle pressioni, la spinta $\Pi_{galleria}$ diventa:

$$\Pi_{galleria} = \gamma \cdot h_g \cdot A = 9806\left(\frac{N}{m^3}\right) \cdot 3.39/2(m) \cdot 14.88(m^2) = 247'323\ N$$

La quantità di moto $M_{galleria}$della massa fluida che attraversa nell'unità di tempo la sezione A è:

$$M_{galleria} = \rho \cdot \frac{Q^2}{A} = 1000\left(\frac{Kg}{m^3}\right) \cdot \frac{\left[106\left(\frac{m^3}{s}\right)\right]^2}{14.88(m^2)} = 755'107\ N$$

La spinta totale della corrente in corrispondenza della sezione terminale della galleria risulta pari alla somma delle due componenti $\Pi_{galleria} + M_{galleria} = 1'002'403\ N$.

La spinta della corrente di valle sopra la soglia di dissipazione è pari alla spinta idrostatica $\Pi_{valle}$ più la spinta dinamica $M_{valle}$ con una portata transitante di Q = 106.00 $m^3/s$ con l'altezza di 2.99 metri pari all'altezza necessaria per il passaggio della corrente sopra la soglia dentata di dissipazione assunto come condizione assimilabile allo sfioro su larga soglia, a tale altezza corrisponde, per la sezione di interesse, una area A=35.88 m².

Assumendo una distribuzione idrostatica delle pressioni, la spinta $\Pi_{valle}$ diventa:

$$\Pi_{valle} = \gamma \cdot h_g \cdot A = 9806\left(\frac{N}{m^3}\right) \cdot 2.99/2(m) \cdot 35.88(m^2) = 526'000\ N$$

La quantità di moto $M_{valle}$della massa fluida che attraversa nell'unità di tempo la sezione A è :

$$M_{valle} = \rho \cdot \frac{Q^2}{A} = 1000\left(\frac{Kg}{m^3}\right) \cdot \frac{\left[106.0\left(\frac{m^3}{s}\right)\right]^2}{35.88(m^2)} = 313'155\ N$$

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

La spinta totale della corrente a valle dell'immissione risulta pari alla somma delle due componenti della corrente sopra la soglia di dissipazione $\Pi_{valle} + M_{valle} = 839'155\ N$ più la spinta esercitata dalla soglia stessa.

La spinta della soglia di dissipazione risulta pari alla somma della spinta dinamica della corrente, moltiplicata per un coefficiente di drag, più la spinta idrostatica, entrambe proporzionali all'altezza $\Delta z$=1.2 metri della soglia sono rispettivamente pari a 105'600N e 414'701 N.

La spinta totale di valle risulta quindi pari a 1'359'456 N maggiore quindi della spinta di monte.

*Pennelli Laterali*

I massi naturali utilizzati per la realizzazione dei due pennelli laterali sono stati verificati per resistere al moto ondoso e al trascinamento della corrente in uscita dalla galleria. Nel paragrafo seguente è stata aggiornata la sola verifica al trascinamento poiché le grandezze idrauliche e fisiche considerate nella verifica alla resistenza al moto ondoso risultano immutate.

Resistenza al Trascinamento

Al fine di una verifica di stabilità dei massi nei confronti della forza di trascinamento esercitata dalla corrente in uscita dalla galleria, è stato confrontato lo sforzo necessario a muovere i massi in progetto (di peso maggiore 1t) con lo sforzo della corrente in uscita dalla galleria. Lo sforzo che determina il moto incipiente dei massi è stato ricavato con la teoria di Shields, teoria che si basa sull'imposizione dell'equilibrio tra le forze che tendono a spostare le particelle e le forze che tendono ad opporsi a tale movimento.

Dall'equilibrio di tali forze si ottiene:

$$\vartheta_{cr} = \frac{\tau}{d \times (\rho_s - \rho) \times g}$$

dove:

$\theta$ rappresenta il parametro di mobilità di Shields. Per regime del moto di tipo turbolento il parametro di mobilità è costante e pari a 0.057.

Lo sforzo tangenziale al fondo $\tau$ per cui si è in condizioni di moto incipiente si ottiene con la formula:

$$\tau_c = \vartheta_{cr} \times d \times (\rho_s - \rho) \times g$$

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

Poiché il parametro di Shields è stato ottenuto assumendo che le particelle siano omogenee di dimensioni e che si trovino sul fondo, occorre modificare il valore ricavato in condizioni di moto assolutamente turbolento per tenere conto sia dell'effetto della forza peso, sia della bassa sommergenza.

Per le condizioni di bassa sommergenza si è utilizzata la formula empirica elaborata da Armanini (1990):

$$\vartheta' = \vartheta_{cr} \times \left(1 + 0{,}67 \times \left(\frac{d}{y}\right)^{0,5}\right)$$

dove d è il diametro delle particelle mentre y rappresenta il battente idrico.

L'effetto instabilizzante dell'inclinazione delle sponde, si esprime attraverso una riduzione della soglia critica attraverso la formula:

$$\vartheta' = \vartheta_{cr} \times \left(1 - \frac{\sin(\alpha)^2}{\sin(\beta)^2}\right)^{0,5}$$




nella quale:

$\alpha$ è l'inclinazione delle sponde in progetto, mentre $\beta$ è l'angolo di attrito interno dei massi.

Considerando massi di peso pari a 1 t si trova che lo sforzo tangenziale al fondo che la corrente deve avere per poter muovere i massi deve essere maggiore di 330 N/mq mentre lo sforzo tangenziale al fondo della corrente in uscita dalla galleria, per la massima portata di 106.00 mc/s, è pari a circa 316 N/mq.

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

# 5 VALUTAZIONE DEI BENEFICI ATTESI

La stima degli effetti degli interventi previsti sul territorio è stata condotta utilizzando il modello idraulico monodimensionale sviluppato per la redazione del PAI e implementando in esso le portate che si avrebbero, lungo il corso d'acqua, con lo scolmatore in funzione.

Nelle seguenti tabelle sono riportate le portate attese in diverse sezioni di riferimento, nei casi di studio:

**Tabella 5.1: Portate di Piena lungo il corso del Torrente San Siro**

| | | Q50 | | Q200 | | Q500 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | sezione | SDF | SDP | SDF | SDP | SDF | SDP |
| Bacino SS3 | SS-S90 | 62.4 | 4.5 | 88.3 | 5.0 | 104.6 | 5.4 |
| | SS-S62 | 76.0 | 18.1 | 105.9 | 22.6 | 124.5 | 25.3 |
| Bacino SS4 | SS-S9 | 84.0 | 26.1 | 116.2 | 32.9 | 136.2 | 37.0 |
| | SS-S0.6 | 42.0 | 13.1 | 58.1 | 16.5 | 68.1 | 18.5 |
| | SS-S6 | 42.0 | 13.1 | 58.1 | 16.5 | 68.1 | 18.5 |

**Tabella 5.2: Portate di Piena lungo il corso del Torrente Magistrato**

| | | Q50 | | Q200 | | Q500 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | sezione | SDF | SDP | SDF | SDP | SDF | SDP |
| Bacino monte | MA-S01 | 12.0 | 12.0 | 16.6 | 16.6 | 19.5 | 19.5 |
| Bacino intermedio | MA-S05 | 18.1 | 2.0 | 24.8 | 2.1 | 29.1 | 2.2 |
| Bacino valle | MA-S34 | 20.9 | 4.8 | 28.7 | 6.0 | 33.6 | 6.7 |

Con la galleria scolmatrice in funzione non si manifesteranno più fenomeni di insufficienza dell'alveo fluviale a valle dell'opera. Anche con eventi estremi, caratterizzati dal tempo di ritorno di 500 anni, la portata attesa viene contenuta all'interno dell'alveo tombinato non innescando più gli attuali diffusi allagamenti.

Si riportano in allegato, per i due corsi d'acqua studiati, profilo e sezioni con confronto dei livelli idrici allo stato di fatto (da PAI 2014) e di progetto per i tempi di ritorno analizzati.