



**COMUNE DI FLERO  
PROVINCIA DI BRESCIA**

**REALIZZAZIONE NUOVO PERCORSO CICLOPEDONALE  
LUNGO VIA DELLE FORNACI**

**PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO**

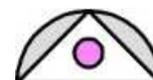
**VERIFICA DI COMPATIBILITA' IDRAULICA DELLE OPERE  
(Direttiva Autorità di Bacino del Fiume Po 11.05.1999)**

**Progettista**  
**Ing. Gianluca Brescia**  
**Ord. Ingg. Brescia sez. B n. 66**

**Tecnico compilatore:**  
**Ing. Antonio Di Pasquale**  
**Ord. Ingg. Brescia sez. A n. 3362**

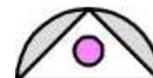


|                  |           |         |                        |          |
|------------------|-----------|---------|------------------------|----------|
|                  |           |         |                        | 4        |
|                  |           |         |                        | 3        |
|                  |           |         |                        | 2        |
|                  |           |         |                        | 1        |
| Redazione        | Controllo | data    | Revisione              | n.       |
| <b>Relazione</b> |           |         |                        | <b>A</b> |
| Redazione        | Controllo | data    | File                   |          |
| ADP              | GB        | APR. 21 | 20052_A_Relazione.docx |          |



## I N D I C E

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>PREMESSA .....</b>  | <b>3</b>  |
| <b>2</b> | <b>CARATTERISTICHE E FUNZIONI DEL VASO FIUME.....</b>  | <b>4</b>  |
| <b>3</b> | <b>DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI DI PROGETTO.....</b>   | <b>5</b>  |
| <b>4</b> | <b>RIFERIMENTI AL REGOLAMENTO DI POLIZIA IDRAULICA DEL COMUNE DI FLERO.....</b>                            | <b>5</b>  |
| <b>5</b> | <b>MODALITÀ DI ESECUZIONE DELL'ANALISI DI COMPATIBILITÀ .....</b>  | <b>6</b>  |
| <b>6</b> | <b>ANALISI IDROLOGICA .....</b>  | <b>8</b>  |
| <b>7</b> | <b>ANALISI IDRAULICA .....</b>   | <b>9</b>  |
| 7.1      | FINALITÀ DELL'ANALISI IDRAULICA .....  | 9         |
| 7.2      | METODO E CODICE DI CALCOLO .....   | 9         |
| 7.3      | ANALISI IDRAULICA DEI DEFLUSSI NEL VASO FIUME DI FLERO IN CORRISPONDENZA<br>DELLE OPERE DI INTERESSE ..... | 10        |
| 7.3.1    | <i>SCHEMA GEOMETRICO DI CALCOLO .....</i>  | <i>10</i> |
| 7.3.2    | <i>COEFFICIENTI DI SCABREZZA .....</i>   | <i>10</i> |
| 7.3.3    | <i>CONDIZIONI AL CONTORNO .....</i>  | <i>12</i> |
| 7.3.3.1  | Geometria .....  | 12        |
| 7.3.3.2  | Portate .....  | 12        |
| 7.3.4    | <i>RISULTATI DELLA MODELLAZIONE IDRAULICA .....</i>  | <i>12</i> |
| <b>8</b> | <b>ESECUZIONE DELL'ANALISI DI COMPATIBILITÀ .....</b>  | <b>14</b> |
|          | <b>ALLEGATO: OUTPUT DI DETTAGLIO DELLE SIMULAZIONI.....</b>  | <b>16</b> |



## 1 PREMESSA

La presente relazione attiene alla verifica di compatibilità dell'intervento di rizezionamento e allungamento del manufatto di attraversamento del Vaso Fiume di Verziano da parte di Via Fornaci, previsto nell'ambito di un più ampio intervento di riqualificazione della sede stradale con realizzazione di un nuovo percorso ciclopedonale.

Essa contiene l'analisi puntuale e secondo i disposti normativi di riferimento delle opere interferenti con il corso d'acqua e ne valuta la compatibilità.

La presente relazione è suddivisa in capitoli:

Il Capitolo 2 descrive brevemente le caratteristiche del Vaso Fiume di Flero;

Il Capitolo 3 riassume per sommi capi le caratteristiche dell'intervento di progetto, rimandando alla documentazione progettuale per la descrizione in dettaglio dello stesso.

Il Capitolo 4 valuta l'ammissibilità delle opere in quanto tali (ovvero prescindendo dalla compatibilità delle stesse) in relazione al disposto del vigente Regolamento Comunale di Polizia Idraulica: va da sé che se un'opera non è autorizzabile, la valutazione della sua compatibilità diventa priva di significato.

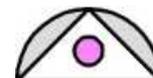
Il Capitolo 5 descrive le modalità che si sono seguite per l'esecuzione della verifica di compatibilità, che viene svolta in riferimento al disposto della Direttiva dell'Autorità di Bacino "Direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle Fasce "A" e "B", approvata con Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 2 dell'11.05.1999 ed aggiornata con Deliberazione n. 10 del Comitato Istituzionale del 05.04.2006: nell'ambito dei sette aspetti di interferenza delle opere che la Direttiva impone di prendere in esame, nel caso specifico vengono riconosciuti come di particolare rilevanza gli aspetti E.1 (alterazione del tirante di piena) ed E.7 (condizioni di sicurezza dell'intervento rispetto alla piena), sui quali viene svolta un'analisi idrologico – idraulica di dettaglio sviluppata all'interno del §§ 6 e 7.

Il Capitolo 6 riporta le valutazioni che si sono formulate ai fini della quantificazione delle portate di piena del Vaso Fiume di Flero nella sezione di interesse: come si vedrà, nel caso specifico, perde di significato la definizione di un tempo di ritorno per la quantificazione di tali portate in quanto queste sono indipendenti dal regime idrologico del vaso ma sono definite in base alle scelte dell'Ente Gestore del Canale Scolmatore del depuratore di Verziano che decide di volta in volta la ripartizione delle portate tra i diversi rami della rete idrografica ove il Canale medesimo può scaricare.

Il Capitolo 7 descrive l'analisi idraulica svolta sul tratto di interesse a fronte delle portate di piena attese nella configurazione attuale e in quella di progetto.

Il Capitolo 8 svolge infine l'analisi di compatibilità secondo le modalità descritte al §5: come intuibile in base alla configurazione progettuale proposta (che prevede un significativo ampliamento della luce libera del manufatto di attraversamento rispetto alla configurazione attuale), l'intervento è compatibile e, relativamente ad alcuni aspetti, migliorativo.

In Allegato alla Relazione è infine riportato l'output dettagliato delle analisi idrauliche descritte per sommi capi all'interno del Capitolo 7 e in forma grafica all'interno delle Tavole 1 e 2 allegate.



## 2 CARATTERISTICHE E FUNZIONI DEL VASO FIUME

Il Vaso Fiume costituisce una delle ultime derivazioni del Vaso Fiume Grande, che si origina unitamente al Vaso Bova in località Stocchetta di Brescia, dalla confluenza della Roggia Massarola con il ramo della Roggia Cobiada che sifona il Fiume Mella.

Il Vaso Fiume in particolare si origina da un manufatto di ripartizione posto all'interno dell'area degli ex Magazzini Generali di Brescia, ove il Vaso Fiume Grande Superiore si divide in due rami, il ramo occidentale (denominato Vaso Fiume Grande Inferiore e poi Vaso Fiume delle Fornaci) e il ramo orientale (denominato anch'esso Vaso Fiume Grande Inferiore e poi Vaso Fiume di Verziano e Vaso Fiume di Flero o, semplicemente, Vaso Fiume).

Dal partitore dei Magazzini Generali il Vaso Fiume si dirige in direzione, contornando Villa Labirinto, sottopassando il Garzetta delle Fornaci in Via Labirinto e portandosi a Sud, in direzione dell'abitato di Verziano all'altezza del Villaggio Sereno in Brescia.

Circa 400 metri a monte dell'abitato di Verziano il Vaso Fiume riceve una prima immissione importante della rete fognaria di Brescia, ovvero le acque di troppo pieno dello scaricatore di piena S1, l'ultimo manufatto di sfioro presente sulla rete prima del depuratore intercomunale.

A valle dell'abitato di Verziano, il Vaso Fiume riceve due ulteriori immissioni da parte del depuratore intercomunale di Brescia, ovvero quelle dello scaricatore di piena S0 di testa dell'impianto e quella dello scarico terminale depurato, ed entra in Comune di Flero.

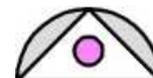
Appena all'ingresso del territorio comunale di Flero, il Vaso Fiume presenta un manufatto di significativa importanza, ovvero l'imbocco del Canale Scolmatore del depuratore di Brescia che collega il Vaso Fiume al Vaso Garzetta delle Fornaci e presenta una serie di connessioni con la rete irrigua locale, destinato:

- in tempo asciutto: a distribuire le portate depurate provenienti dal depuratore ad una serie di utenti irrigui, ovvero Vaso Fiumicello (ancora direttamente dal tracciato del Vaso Fiume), Vaso Frana e Vaso Salice oltre ad una bocca che alimenta direttamente un'irrigatrice, sul retro del cimitero di Flero;
- in tempo di pioggia: a distribuire le portate di piena scaricate dall'impianto tra i diversi canali irrigui, limitando l'esposizione a fenomeni alluvionali concentrati su uno solo di esso.

Il Canale Scolmatore del depuratore di Brescia è un'opera di bonifica realizzata in tempi relativamente recenti, finalizzata alla salvaguardia idraulica del centro abitato di Flero dagli eventi di piena originati dall'immissione degli scolmatori di piena S1 e S0 citati in precedenza che davano luogo a fenomeni alluvionali in paese.

La realizzazione del Canale Scolmatore ha comportato pertanto la sostanziale disconnessione idraulica del Vaso Fiume dal suo bacino di monte: le portate immesse al suo interno in tempo di pioggia non sono quelle del bacino proprio né, a più forte ragione, di quello del bacino dominante gli sfioro S0 e S1, ma la quota parte di tali apporti che, di volta in volta, l'Ente Gestore del Canale Scolmatore (A2A Ciclo Idrico S.p.A.) immette nel Vaso in quantitativi variabili in funzione dell'evento, del grado di sofferenza della rete dominata dallo Scolmatore (monitorata in tempo reale attraverso sensori posizionati in localizzazioni strategiche), della capacità di convogliamento residua del Vaso all'interno dell'abitato di Flero e in ogni caso entro un valore massimo di 2.50 m<sup>3</sup>/s per la somma degli apporti immessi nel Vaso Frana, nel Vaso Fiume e nel Vaso Fiumicello.

Nel suo tracciato, prevalentemente con andamento Nord – Sud, il Vaso Fiume attraversa il centro abitato di Flero, in sezione parte canalizzata e parte intubata, correndo per la maggior parte del proprio tracciato in mezzo alle case e non su sede stradale.



Lungo il tratto all'interno dell'abitato di Flero, il Vaso Fiume presenta una serie di derivazioni di collegamento con i sistemi di altri vasi (Vaso Frana e Vaso Munza) e riceve (all'altezza del centro sportivo) i colli del tracciato promiscuo della Roggia Paina e del Vaso Fiumicello.

### **3 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI DI PROGETTO**

L'intervento di progetto prevede di operare sul ponte di attraversamento di Via Fornaci sul Vaso Fiume di Flero.

Il ponte è oggi costituito da un manufatto in calcestruzzo armato di sezione indicativa 3.00 x 1.00 m che attraversa la sede stradale con un angolo indicativo di 45°; lo sviluppo del manufatto è pari a circa 6 metri.

L'intervento di progetto prevede la demolizione integrale ed il rifacimento di tale manufatto, garantendo nel contempo l'ampliamento della sezione idraulica (che passerà a 5.30 x 1.30 m, lasciando inalterati l'estradosso del ponte e il fondo dell'alveo) e quello della sede stradale, dal momento che il nuovo manufatto avrà uno sviluppo longitudinale pari a 11.50 metri.

### **4 RIFERIMENTI AL REGOLAMENTO DI POLIZIA IDRAULICA DEL COMUNE DI FLERO**

Le opere di progetto interessano l'alveo e le sponde del Vaso Fiume.

Il Vaso Fiume è individuato all'interno del Documento di Polizia Idraulica del Comune di Flero nel novero dei corsi d'acqua appartenenti al reticolo minore di competenza comunale.

Il vigente regolamento di Polizia Idraulica del Comune di Flero individua al §5.1 le attività vietate e quelle consentite previa autorizzazione (Titolo III) sull'alveo e le sponde e nelle fasce di rispetto dei corsi d'acqua appartenenti al reticolo minore.

Con specifico riferimento alla tipologia di opere oggetto del presente progetto si evidenziano i seguenti aspetti di interesse:

*Paragrafo 5.1.2: opere ed attività soggette ad autorizzazione negli alvei e sulle sponde*

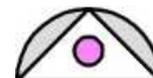
*Possano essere eseguiti solo dopo il rilascio di formale autorizzazione da parte degli Uffici Comunali [...]:*

*[...]*

*e) le opere e le strutture per l'attraversamento viabile, sia pedonale sia carrabile, anche a guado o in manufatto sub alveo;*

Il Regolamento di Polizia Idraulica contiene inoltre un paragrafo, il §5.4.4.1, che concerne specificatamente gli attraversamenti, ove viene chiarito che, ai fini della verifica dell'ammissibilità degli stessi ai sensi del paragrafo 5.1.2 punto e) dello stesso regolamento, è necessaria la verifica di compatibilità ai sensi del disposto della Direttiva di Piano n. 4 dell'Autorità di Bacino "Criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce A e B", paragrafi 3 e 4 (approvata con delibera dell'Autorità di Bacino n.2/99)

Ne consegue, pertanto, che le opere di progetto sono ammissibili purché accompagnate da uno Studio di Compatibilità redatto secondo le modalità di cui alla "Direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle Fasce "A" e "B".



In merito si evidenzia come l'applicazione del franco di sicurezza rispetto alla piena centennale di 1 m venga indicata nella Direttiva in quanto essa si riferisce ai corsi d'acqua oggetto di perimetrazione delle fasce fluviali, quindi i principali corsi d'acqua che innervano il territorio regionale; tale limite perde significato nel momento in cui estensivamente viene applicato il disposto di norma a corsi d'acqua di minore importanza: a fronte di un corso d'acqua inciso 1.50 m come nel caso in esame diventa un assurdo fisico il rispetto del limite sopra citato e si conduce la verifica di compatibilità in riferimento alla condizione di non peggioramento delle condizioni di deflusso.

## **5 MODALITÀ DI ESECUZIONE DELL'ANALISI DI COMPATIBILITÀ**

Per quanto concerne le opere oggetto della presente richiesta di concessione, la verifica di compatibilità viene svolta al contenuto della Direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle Fasce "A" e "B", approvata con Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 2 dell'11.05.1999 ed aggiornata con Deliberazione n. 10 del Comitato Istituzionale del 05.04.2006.

Il punto 1.2 della direttiva dà alcune indicazioni, applicabili a tutte le tipologie di opera, in merito ai criteri di valutazione della compatibilità delle opere interferenti; nello specifico si prescrive di prendere in esame gli effetti indotti dall'opera sui seguenti aspetti di interazione con il recapito:

- E.1. Modifiche indotte sul profilo inviluppo di piena;
- E.2. Riduzione della capacità di vaso dell'alveo;
- E.3. Interazioni con le opere di difesa idrauliche (opere di sponda e argini) esistenti,
- E.4. Opere idrauliche in progetto nell'ambito dell'intervento,
- E.5. Modifiche indotte sull'assetto morfologico planimetrico e altimetrico dell'alveo di inciso e di piena;
- E.6. Modifiche indotte sulle caratteristiche naturali e paesaggistiche della regione fluviale,
- E.7. Condizioni di sicurezza dell'intervento rispetto alla piena.

In merito alla valutazione di tali aspetti, il punto 1.2 specifica in ogni caso come non sia possibile a priori definire criteri di compatibilità quantitativi con validità generale e che la valutazione specifica dovrà essere svolta caso per caso, sulla base delle indicazioni orientative sopra citate e esplicitate maggiormente all'interno della scheda di valutazione riportata all'interno dell'Allegato 1 alla Direttiva stessa.

La direttiva fornisce comunque alcune linee guida per la valutazione della compatibilità dell'opera in riferimento a ciascuno degli aspetti sopra citati.

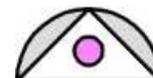
Nelle pagine che seguono si riporta una sintetica disamina di tali aspetti, demandando all'analisi svolta per l'opera la trattazione specificatamente riferita al caso in esame.

### **Effetto E.1. modifiche indotte sul profilo inviluppo di piena**

L'allegato 1 alla Direttiva in merito a tale effetto di interazione prevede la valutazione dell'effetto indotto da restringimenti di sezioni o ostacoli al deflusso nel tratto di corso d'acqua interessato.

La metodologia di analisi prevista è quella di un confronto previsionale tra il profilo di piena in condizioni indisturbate quello ad intervento realizzato, finalizzato alla valutazione dei seguenti effetti:

- innalzamento massimo del profilo di piena (% rispetto alla situazione indisturbata);
- estensione del tratto fluviale interessato dall'innalzamento;
- franco residuo rispetto agli argini (se esistenti);
- opere eventuali di contenimento dei livelli idrici previste nel progetto.



### **Effetto E.2. riduzione della capacità di invaso dell'alveo**

L'allegato 1 alla Direttiva prevede in merito a tale componente una valutazione in merito alla riduzione delle superfici allagabili causate dalla realizzazione dell'intervento, con particolare riferimento alle seguenti tematiche:

- aumento del colmo di piena;
- estensione del tratto fluviale interessato dall'aumento;
- aumento del profilo idrico di piena conseguente;
- eventuali nuove aree inondabili con funzioni di compenso previste nel progetto.

### **Effetto E.3. interazioni con le opere di difesa idrauliche (opere di sponda e argini) esistenti**

L'allegato 1 alla Direttiva prevede in merito a tale tematica l'esecuzione di valutazioni idrauliche sugli effetti idrodinamici coinvolti in rapporto alla localizzazione e tipologia delle opere di progetto rispetto all'alveo, alle sponde, agli argini e alle fasce di rispetto, nonché valutazione della coerenza con le norme di Polizia Idraulica.

### **Effetto E.4. opere idrauliche in progetto nell'ambito dell'intervento**

L'allegato 1 alla Direttiva prevede in merito a tale tematica la valutazione sulla necessità di protezione delle opere in progetto o di inserimento delle stesse nel sistema fluviale e alle relative soluzioni costruttive adottate.

### **Effetto E.5. modifiche indotte sull'assetto morfologico planimetrico e altimetrico dell'alveo di inciso e di piena**

L'allegato 1 alla Direttiva prevede in merito a tale tematica l'esecuzione di valutazioni idrauliche sugli effetti idrodinamici coinvolti, in rapporto alle caratteristiche geomorfologiche dell'alveo e alle relative tendenze evolutive.

### **Effetto E.6. modifiche indotte sulle caratteristiche naturali e paesaggistiche della regione fluviale**

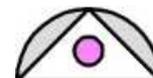
L'allegato 1 alla Direttiva prevede in merito a tale tematica una valutazione in merito agli effetti delle opere in progetto in rapporto alle componenti naturalistiche, ambientali e paesistiche del sistema fluviali.

### **Effetto E.7. Condizioni di sicurezza dell'intervento rispetto alla piena**

L'allegato 1 alla Direttiva prevede in merito a tale tematica una valutazione in merito ai seguenti aspetti:

- Le condizioni di stabilità delle opere in rapporto ai tiranti di piena attesi;
- Le condizioni di funzionalità delle opere in concomitanza di un evento di piena.

Con lo specifico riferimento alle opere oggetto della presente analisi, gli aspetti più rilevanti sono l'E.1 (modifiche sul profilo di piena) e E.7 (condizioni di sicurezza dell'intervento rispetto alla piena); ai fini della valutazione della compatibilità idraulica delle opere in relazione a tali aspetti è necessario valutare il tirante idrico della corrente in condizioni di piena (la Direttiva prescrive di prendere in esame una piena centennale) nelle attuali condizioni di deflusso e nelle condizioni come si presenteranno a seguito dell'esecuzione delle



opere, valutando la variazione di tirante conseguente alle opere e determinando in base a tale valutazione la compatibilità delle opere.

Ai fini di tale valutazione le attività da svolgere sono riconducibili a due aspetti, l'uno consequenziale l'uno all'altro:

- l'analisi idrologica, finalizzata alla quantificazione delle massime portate di piena attesa a fronte dell'evento di progetto, tipicamente l'evento con tempo di ritorno centennale;
- l'analisi idraulica, finalizzata alla valutazione dell'effetto del transito della portata di piena ottenuta dall'analisi idrologica all'interno della sezione d'alveo di interesse, nella configurazione attuale ed in quella di progetto.

## 6 ANALISI IDROLOGICA

L'analisi idrologica, nel caso specifico, può essere omessa, in ragione delle particolari caratteristiche del Vaso Fiume di Verziano: come si è detto, a seguito degli interventi di realizzazione del Canale Scolmatore del depuratore di Verziano, il Vaso Fiume è stato disconnesso dal bacino che originariamente lo alimentava e le acque che esso convoglia sono esclusivamente quelle che vengono immesse ad hoc da parte di a2a Ciclo Idrico S.p.A. attraverso la bocca di presa presente in corrispondenza del manufatto di derivazione del Canale Scolmatore.

L'opera oggetto della presente analisi si colloca circa 200 metri a valle della bocca di presa e, nel tratto che la separa da questa, il Vaso corre in sezione arginata e non riceve apporti, per cui è ragionevole ritenere che le portate transitanti in questo tratto siano solo ed esclusivamente quelle immesse all'incile.

Le portate immesse nel Vaso sono differenti a seconda della situazione di esercizio dello stesso:

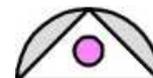
- in periodo di asciutta, all'interno del Vaso transitano le portate destinate all'alimentazione delle utenze irrigue: in base al Disciplinare allegato alla Concessione n. 3677 del 27.12.2006 queste sono pari a **0.316 m<sup>3</sup>/s**;
- in periodo di pioggia, all'interno del Vaso transitano le portate immesse da parte di a2a Ciclo Idrico S.p.A. che possono variare significativamente a seconda dell'evento e delle condizioni al contorno.

Attraverso il Canale Scolmatore, infatti, l'Ente Gestore in tempo di pioggia tende a ripartire le acque tra diversi percorsi, potendo, grazie ad un sistema di monitoraggio in tempo reale, variare tale distribuzione evento per evento o durante il medesimo evento in funzione delle circostanze che si presentano.

In base alle informazioni fornite per la redazione del presente Studio, non esiste un protocollo a monte che definisca le massime portate che possono essere immesse nel Vaso Fiume di Flero, ma tale valutazione viene effettuata di volta in volta.

Ai fini della quantificazione di tali portate si è pertanto fatto riferimento all'unico documento ufficiale che si è potuto reperire, ovvero l'analisi idrologico – idraulica contenuta all'interno dello Studio di Impatto Ambientale redatto nell'anno 2007 da Aprica Studi S.r.l. (allora società di ingegneria del gruppo ASM, oggi confluita nella società a2a Calore & Servizi) relativo agli interventi di potenziamento del polo depurativo di Verziano per il conseguimento della potenzialità finale prevista dagli strumenti di pianificazione.

Lo Studio atteneva ai previsti interventi di potenziamento del depuratore intercomunale in base alla previsione di collettamento della Valle Trompia e dei 5 Comuni (Mazzano, Nuvolera, Nuvolento, Paitone e Serle): come è noto negli anni successivi tale ampliamento non è stato eseguito in quanto si sono



privilegiate soluzioni decentrate, con la realizzazione di un depuratore a Nuvolera e un secondo, in corso di realizzazione, a Concesio.

Nondimeno il Quadro di Riferimento Ambientale di tale documento conteneva uno specifico capitolo relativo agli impatti quantitativi indotti dal depuratore di Verziano nella configurazione ante operam sui corsi d'acqua da esso dominati: poiché dall'anno 2007 a oggi la configurazione dell'impianto di Verziano è rimasta sostanzialmente inalterata e non sono aumentati in misura significativa gli apporti ad esso convogliati (nel 2007 era già stata completata l'opera di collettamento della città di Brescia e dei Comuni dell'hinterland), tali valutazioni possono essere riconfermate in toto.

All'interno dello Studio vengono condotte diverse simulazioni "di taratura" su eventi reali verificatisi in precedenza o su eventi sintetici estremi che portano ad evidenziare una portata massima scaricata nel Vaso Fiume compresa tra 1.01 m<sup>3</sup>/s e 1.34 m<sup>3</sup>/s.

**All'interno del presente Studio, a favore di sicurezza, si farà pertanto riferimento ad una portata massima convogliata nel Vaso Fiume di Flero pari a 1.50 m<sup>3</sup>/s.**

## **7 ANALISI IDRAULICA**

### **7.1 FINALITÀ DELL'ANALISI IDRAULICA**

L'analisi idraulica viene condotta a supporto della valutazione in merito agli aspetti E.1 (Modifiche indotte sul profilo in sviluppo di piena) e E.7 (Condizioni di sicurezza dell'intervento rispetto alla piena) del punto 1.2 della verifica di compatibilità secondo la "Direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle Fasce "A" e "B"", approvata con Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 2 dell'11.05.1999 ed aggiornata con Deliberazione n. 10 del Comitato Istituzionale del 05.04.2006.

Essa viene sviluppata relativamente al Vaso Fiume di Flero nella configurazione attuale e in quella di progetto.

### **7.2 METODO E CODICE DI CALCOLO**

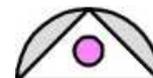
I profili idrici di moto nel tratto di interesse del Vaso Fiume di Flero oggetto di analisi sono calcolati schematizzando il deflusso della corrente in condizioni di moto stazionario monodimensionale.

La trattazione in moto monodimensionale appare congrua nello specifico caso, in quanto il Fiume corre all'interno di una sezione arginata, con una direzione di deflusso nettamente predominante: le eventuali fuoriuscite d'acqua dagli argini sarebbero semplicemente perse per il sistema (non vi è possibilità di rientro in alveo) senza dar luogo a fenomeni di moto in direzione trasversale.

I calcoli idraulici sono stati eseguiti tramite calcolatore elettronico, utilizzando il programma di calcolo numerico dei profili di moto permanente a pelo libero HEC-RAS 5.0.6 prodotto dall'Hydrologic Engineering Center del Corpo del Genio dell'Esercito statunitense ([www.hec.usace.army.mil](http://www.hec.usace.army.mil)), in grado di sviluppare rapidamente gli algoritmi di calcolo applicati a schemi tipologici e geometrici complessi e vari, rappresentanti il corso d'acqua e le aree laterali interessate dal deflusso.

Nella modellazione delle sezioni trasversali del corso d'acqua si è fatto riferimento ad un rilievo celerimetrico ad hoc dello stesso.

La procedura alla base del calcolo si basa sulla soluzione dell'equazione monodimensionale dell'energia.



Le perdite di carico per attrito sono valutate mediante l'equazione di Manning, diversificando il coefficiente di scabrezza in funzione della natura e delle caratteristiche delle superfici interessate dal deflusso.

Il risultato della modellazione idraulica è rappresentato dai profili della corrente in moto permanente.

Applicando detti profili alla rappresentazione planialtimetrica del corso d'acqua e del territorio circostante, è stato possibile interpretare le modalità di deflusso del corso d'acqua, determinandone in particolare i più probabili punti di criticità.

Tale modellazione, in sinergia con il calcolo idrologico svolto in rapporto alle portate di piena attese, ha consentito la definizione di massima dei tiranti attesi e le velocità di moto in alveo.

### **7.3 ANALISI IDRAULICA DEI DEFLUSSI NEL VASO FIUME DI FLERO IN CORRISPONDENZA DELLE OPERE DI INTERESSE**

#### **7.3.1 Schema geometrico di calcolo**

Il software utilizzato ha consentito di rappresentare, nello schema geometrico di calcolo, l'effettiva configurazione della regione fluviale, immettendo tutti i dati ottenuti dai rilievi topografici utilizzati e dalle osservazioni locali.

L'alveo è caratterizzato da una sezione prismatica nel complesso regolare.

Lo schema geometrico di base è rappresentato:

- per la modellazione dello Stato di Fatto: da 10 sezioni trasversali sul Vaso Fiume di Flero;
- per la modellazione dello Stato di Progetto: da 9 sezioni trasversali sul Vaso Fiume di Flero.

All'interno dei due modelli si è come ovvio data anche una rappresentazione dell'attraversamento da parte di Via Fornaci nella configurazione attuale e in quella di progetto: poiché nella configurazione di progetto l'attraversamento è più esteso, questo dà ragione del fatto che nel modello dello Stato di Progetto vi sia una sezione trasversale in meno, essendo questa ricompresa nel manufatto.

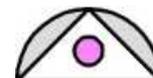
Le sezioni tracciate coprono un'estensione di alveo prossima ai 130 metri in un tratto in cui questo ha un andamento prismatico.

#### **7.3.2 Coefficienti di scabrezza**

I coefficienti di scabrezza di Manning sono stati scelti a seguito di accurate ricognizioni dei luoghi e quantificati in base ai valori relativi alle sezioni all'interno dei centri edificati contenuti al §4.8.4 della Direttiva "Criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce A e B" del Piano Stralcio nelle Fasce Fluviali dell'Autorità di Bacino del Fiume Po.

In relazione alle caratteristiche dell'alveo nel tratto in esame (Figura 7.1 e Figura 7.2) i coefficienti di scabrezza assunta sono pertanto i seguenti:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \cdot m_5 = 0.030$$



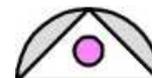
|   |              |     |       |
|---|--------------|-----|-------|
| Materiale costituente l'alveo                           | Terra        | n0= | 0.020 |
| Irregolarità della superficie della sezione             | Bassa        | n1= | 0.005 |
| Variazione della forma e della dimensione della sezione | Graduale     | n2= | 0.000 |
| Effetto relativo di ostruzioni                          | Trascurabile | n3= | 0.000 |
| Effetto della vegetazione                               | Basso        | n4= | 0.005 |
| Grado di sinuosità dell'alveo                           | Modesto      | m5= | 1.000 |



**Figura 7.1 Vista del Vaso Fiume di Flero da monte verso valle in corrispondenza approssimativamente della sezione 63.172**



**Figura 7.2 Vista del Vaso Fiume di Flero da monte verso valle in corrispondenza approssimativamente della sezione 16.466**



### 7.3.3 Condizioni al contorno

#### 7.3.3.1 Geometria

Le condizioni al contorno legate alla geometria sono riportate all'interno della successiva Tabella 7.1: sono state assunte a monte e a valle le medesime condizioni di pendenza riscontrate lungo l'alveo.

| Fiume      | Ramo  | Condizione di monte           | Condizione di valle           |
|------------|-------|-------------------------------|-------------------------------|
| VASO FIUME | UNICO | Moto uniforme<br>$i = 0.0011$ | Moto uniforme<br>$i = 0.0011$ |

**Tabella 7.1 Condizioni al contorno: geometria**

#### 7.3.3.2 Portate

L'analisi idraulica dovrebbe essere svolta come si è detto in rapporto all'evento centennale.

In realtà, come si è detto, questa indicazione perde di significato nel caso specifico in quanto le portate transitanti all'interno del Vaso Fiume di Flero sono quelle immesse alla bocca di presa; si fa pertanto riferimento a due condizioni di esercizio:

- Esercizio irriguo: 0.316 m<sup>3</sup>/s;
- Esercizio in tempo di pioggia: 1.500 m<sup>3</sup>/s.

### 7.3.4 Risultati della modellazione idraulica

I risultati dell'analisi idraulica sono riportati in forma grafica nelle Tavole 1 e 2 allegate e in forma analitica nel paragrafo seguente.

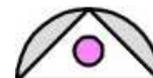
Relativamente alla simulazione dello stato di fatto si osserva come il moto avvenga lungo tutto il tratto modellato in condizioni di corrente lenta ed in prossimità delle condizioni di moto uniforme (fatto riscontrabile graficamente dal fatto che la linea dell'energia è sostanzialmente parallela al tirante idrico).

Il manufatto di attraversamento non comporta alterazioni del tirante idrico né fenomeni di rigurgito ma viene attraversato dalla corrente senza rilevabili alterazioni alle modalità di deflusso; in condizioni di piena il ponte viene comunque attraversato a riempimento quasi completo (la distanza tra il tirante idrico e l'intradosso del manufatto è pari a circa 17 cm): è possibile prevedere che un ulteriore incremento di portata rispetto a quella ipotizzata (1.50 m<sup>3</sup>/s) (e che non può in linea generale essere del tutto escluso non essendo legato a considerazioni di tipo idrologico bensì gestionale) comporterebbe un funzionamento in pressione del manufatto.

Il franco idraulico rispetto alla sede stradale di Via Fornaci in riferimento alla condizione di piena prevista è pari a 0.81 m.

Relativamente alla simulazione dello stato di progetto si osserva nuovamente come il moto avvenga lungo tutto il tratto modellato in condizioni di corrente lenta ed in prossimità delle condizioni di moto uniforme: il risultato era atteso dal momento che se già il manufatto attuale è ininfluente sul moto, a più forte ragione lo sarà il manufatto di progetto che prevede un significativo ampliamento della sezione idraulica.

Il manufatto di attraversamento nella configurazione di progetto non prevede alterazioni del tirante idrico né fenomeni di rigurgito.



Esso presenta sostanziale parità di franco idraulico sulla sede stradale rispetto alla condizione attuale (0.80 m), come intuibile dal momento che, non comportando il manufatto un'alterazione del tirante idrico, quest'ultimo è definito dalle modalità di deflusso nelle sezioni poste a valle di esso, che restano inalterate nella condizione di progetto rispetto alla condizione attuale.

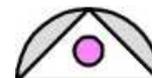
Aumenta in misura significativa il franco rispetto all'intradosso del manufatto, che passa da 17 cm a 40 cm, e quindi parimenti aumentano le risorse del manufatto per far fronte ad eventuali possibili incrementi delle portate di piena senza iniziare a funzionare in pressione o dar luogo a fenomeni di rigurgito.

Con specifico riferimento alle opere oggetto del presente progetto si osserva quanto segue.

Relativamente all'aspetto E.1 (Modifiche indotte sul profilo inviluppo di piena) appare evidente che le opere di progetto non hanno alcuna influenza sulle modalità in cui il moto si sviluppa nel tratto di interesse.

Il tirante idrico resta inalterato nella condizione di progetto rispetto alla condizione attuale: questo è diretta conseguenza del fatto che né nella condizione attuale né in quella di progetto il manufatto comporta alterazioni al deflusso di piena della corrente e quindi, come si è detto, il tirante idrico al suo interno è condizionato dalle caratteristiche geometriche dell'alveo nelle sezioni di valle, che restano inalterate nei due casi.

Relativamente all'aspetto E.7 (Condizioni di sicurezza dell'intervento rispetto alla piena) si osserva nuovamente come in termini di franco idraulico sull'estradosso di Via Fornaci l'intervento non comporti alterazioni; relativamente al franco idraulico rispetto all'intradosso del manufatto e quindi alle sue capacità residue di convogliamento rispetto all'evento di piena si osserva che questo venga migliorato significativamente per il fatto che rispetto alla condizione attuale l'intradosso del manufatto venga alzato, più che raddoppiando il franco, che passa da 17 a 40 cm al transito dell'onda di piena.



## 8 ESECUZIONE DELL'ANALISI DI COMPATIBILITÀ

Di seguito viene riportata l'analisi di compatibilità delle opere di progetto svolta secondo le modalità indicate al §5.

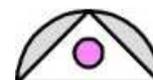
Le opere consistono nel rifacimento del manufatto di attraversamento del Vaso Fiume di Flero da parte di Via Fornaci, con l'ampliamento della sezione idraulica disponibile e l'allungamento del tratto tombato.

Relativamente ai sette aspetti di cui al §5, l'impatto delle opere relativamente agli aspetti E.1 e E.7 è stato valutato mediante l'esecuzione di un'analisi idrologico – idraulica specifica descritta ai precedenti §§ 6 e 7; gli altri aspetti, meno rilevanti con riferimento all'opera di interesse e allo specifico contesto dove essa si colloca, vengono valutati in termini qualitativi.

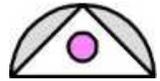
La valutazione di compatibilità viene infine svolta in termini comparativi, ovvero valutando l'alterazione dello specifico aspetto preso in esame nella configurazione di progetto rispetto alla configurazione attuale.

Nella tabella seguente viene pertanto riportata l'analisi di compatibilità.

|            | <b>Aspetto valutato</b>  | <b>Descrizione impatto</b>   | <b>Giudizio</b> |
|------------|--|--|-----------------|
| <b>E.1</b> | Modifiche indotte sul profilo in sviluppo di piena                                 | Il tirante idrico resta inalterato nella condizione di progetto rispetto alla condizione attuale, in quanto né nelle condizioni attuali né in quelle di progetto il manufatto comporta alterazioni al deflusso di piena della corrente e quindi il tirante idrico al suo interno è condizionato dalle caratteristiche geometriche dell'alveo nelle sezioni di valle, che restano inalterate nei due casi | Compatibile     |
| <b>E.2</b> | Riduzione della capacità di invaso dell'alveo                                      | L'opera comporta un significativo allargamento della sezione d'alveo nella sezione di attraversamento, in quanto il tombotto di progetto ha una sezione pari a 5.30 x 1.30 m a fronte di un manufatto attuale pari a 3.00 x 1.00 m circa. L'opera non comporta pertanto alcuna riduzione della capacità di invaso dell'alveo, bensì un aumento della stessa.   | Migliorativo    |
| <b>E.3</b> | Interazioni con le opere di difesa idrauliche (opere di sponda e argini) esistenti | L'opera di progetto si imposta con le spalle del ponte al di fuori della sezione incisa e, pertanto, elimina il restringimento alla sezione d'alveo oggi presente, comunque presente ancorché ininfluenza sul moto. Nella configurazione di progetto, pertanto, sarà garantita la continuità dell'alveo non solo in termini idraulici come oggi, ma anche in termini morfologici.                        | Migliorativo    |
| <b>E.4</b> | Opere idrauliche in progetto nell'ambito dell'intervento                           | L'opera di progetto si imposta con le spalle del ponte al di fuori della sezione incisa e, pertanto, elimina il restringimento alla sezione d'alveo oggi presente, comunque presente ancorché ininfluenza sul moto. Nella configurazione di progetto, pertanto, sarà garantita la continuità dell'alveo non solo in termini idraulici come oggi, ma anche in termini morfologici.                        | Migliorativo    |



|                             | <b>Aspetto valutato</b>   | <b>Descrizione impatto</b>  | <b>Giudizio</b>    |
|-----------------------------|---|---|--------------------|
| <b>E.5</b>                  | Modifiche indotte sull'assetto morfologico planimetrico e altimetrico dell'alveo di inciso e di piena | L'opera di progetto si imposta con le spalle del ponte al di fuori della sezione incisa e, pertanto, elimina il restringimento alla sezione d'alveo oggi presente, comunque presente ancorché ininfluyente sul moto.<br>Nella configurazione di progetto, pertanto, sarà garantita la continuità dell'alveo non solo in termini idraulici come oggi, ma anche in termini morfologici.   | Migliorativo       |
| <b>E.6</b>                  | Modifiche indotte sulle caratteristiche naturali e paesaggistiche della regione fluviale              | L'opera di progetto si presenta come invariante dal punto di vista paesaggistico e naturalistico, in quanto si limita a sostituire ed ampliare un analogo manufatto stradale già esistente.   | Compatibile        |
| <b>E.7</b>                  | Condizioni di sicurezza dell'intervento rispetto alla piena   | L'intervento non comporta alterazioni in termini di franco idraulico sull'estradosso di Via Fornaci; relativamente al franco idraulico rispetto all'intradosso del manufatto e quindi alle sue capacità residue di convogliamento rispetto all'evento di piena si osserva che questo venga migliorato significativamente per il fatto che rispetto alla condizione attuale l'intradosso del manufatto venga alzato, più che raddoppiando il franco, che passa da 17 a 40 cm al transito dell'onda di piena. | Migliorativo       |
| <b>Giudizio complessivo</b> |   |   | <b>Compatibile</b> |



# **ALLEGATO: OUTPUT DI DETTAGLIO DELLE SIMULAZIONI**



Il risultato del calcolo idraulico sono riportati in forma tabellare nei paragrafi seguenti.

Per quanto concerne le sezioni di calcolo, per ciascuna delle sezioni di calcolo, sono riportati:

1. la sezione trasversale di riferimento;
2. la portata totale transitante all'interno della sezione;
3. la quota di fondo;
4. la quota di sponda sinistra;
5. la quota di sponda destra;
6. il tirante idrico;
7. l'altezza critica;
8. il livello energetico;
9. la pendenza della linea dell'energia
10. la velocità di moto nella sezione d'alveo;
11. l'area bagnata nella sezione d'alveo;
12. la larghezza bagnata;
13. il numero di Froude.

I dati salienti della modellazione idraulica sono riportati in forma grafica all'interno delle Tavole 1 e 2.

| Sezione | Portata totale<br>[m³/s] | Quota di fondo<br>[m] | Quota sponda sinistra<br>[m] | Quota sponda destra<br>[m] | Tirante idrico<br>[m] | Altezza critica<br>[m] | Quota energia<br>[m] | Pendenza energia<br>[m/m] | Velocità Canale<br>[m/s] | Area bagnata Canale<br>[m²] | Largh. bagnata<br>[m] | Numero di Froude<br>[ ] |
|---------|--------------------------|-----------------------|------------------------------|----------------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------|-------------------------|
| 80.203  | 0.32                     | 104.59                | 105.75                       | 105.64                     | 104.87                | 104.68                 | 104.87               | 0.000453                  | 0.28                     | 1.14                        | 4.45                  | 0.18                    |
| 63.172  | 0.32                     | 104.46                | 105.56                       | 105.78                     | 104.86                |                        | 104.86               | 0.000252                  | 0.23                     | 1.37                        | 4.51                  | 0.13                    |
| 58.329  | 0.32                     | 104.29                | 105.56                       | 106.04                     | 104.86                |                        | 104.86               | 0.000056                  | 0.15                     | 2.18                        | 4.47                  | 0.07                    |
| 57.020  | 0.32                     | 104.29                | 105.49                       | 106.00                     | 104.86                |                        | 104.86               | 0.000097                  | 0.18                     | 1.76                        | 3.62                  | 0.08                    |
| 53.928  | 0.32                     | 104.38                | 105.54                       | 106.02                     | 104.86                | 104.49                 | 104.86               | 0.000127                  | 0.23                     | 1.39                        | 3.19                  | 0.11                    |
| 50      | Bridge                   |                       |                              |                            |                       |                        |                      |                           |                          |                             |                       |                         |
| 44.223  | 0.32                     | 104.38                | 105.88                       | 106.02                     | 104.86                |                        | 104.86               | 0.000189                  | 0.24                     | 1.30                        | 3.61                  | 0.12                    |
| 41.589  | 0.32                     | 104.51                | 105.82                       | 105.97                     | 104.85                |                        | 104.86               | 0.001093                  | 0.38                     | 0.83                        | 3.76                  | 0.26                    |
| 38.041  | 0.32                     | 104.52                | 105.80                       | 106.06                     | 104.85                |                        | 104.86               | 0.000626                  | 0.31                     | 1.00                        | 4.12                  | 0.20                    |
| 16.466  | 0.32                     | 104.36                | 105.79                       | 106.27                     | 104.85                |                        | 104.85               | 0.000157                  | 0.20                     | 1.60                        | 4.72                  | 0.11                    |
| 0.619   | 0.32                     | 104.50                | 105.71                       | 106.28                     | 104.83                | 104.70                 | 104.84               | 0.001101                  | 0.39                     | 0.82                        | 3.75                  | 0.26                    |

**Tabella 0.1 Output di dettaglio simulazione stato di fatto: portata di concessione.**

| Sezione | Portata totale<br>[m³/s] | Quota di fondo<br>[m] | Quota sponda sinistra<br>[m] | Quota sponda destra<br>[m] | Tirante idrico<br>[m] | Altezza critica<br>[m] | Quota energia<br>[m] | Pendenza energia<br>[m/m] | Velocità Canale<br>[m/s] | Area bagnata Canale<br>[m²] | Largh. bagnata<br>[m] | Numero di Froude<br>[ ] |
|---------|--------------------------|-----------------------|------------------------------|----------------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------|-------------------------|
| 80.203  | 1.50                     | 104.59                | 105.75                       | 105.64                     | 105.25                | 104.83                 | 105.26               | 0.000536                  | 0.50                     | 3.00                        | 5.21                  | 0.21                    |
| 63.172  | 1.50                     | 104.46                | 105.56                       | 105.78                     | 105.24                |                        | 105.25               | 0.000429                  | 0.47                     | 3.23                        | 5.22                  | 0.19                    |
| 58.329  | 1.50                     | 104.29                | 105.56                       | 106.04                     | 105.24                |                        | 105.25               | 0.000212                  | 0.37                     | 4.04                        | 5.31                  | 0.14                    |
| 57.020  | 1.50                     | 104.29                | 105.49                       | 106.00                     | 105.24                |                        | 105.25               | 0.000380                  | 0.47                     | 3.19                        | 3.97                  | 0.17                    |
| 53.928  | 1.50                     | 104.38                | 105.54                       | 106.02                     | 105.23                | 104.68                 | 105.25               | 0.000415                  | 0.60                     | 2.48                        | 3.41                  | 0.21                    |
| 50      | Bridge                   |                       |                              |                            |                       |                        |                      |                           |                          |                             |                       |                         |
| 44.223  | 1.50                     | 104.38                | 105.88                       | 106.02                     | 105.22                |                        | 105.24               | 0.000481                  | 0.60                     | 2.51                        | 4.00                  | 0.22                    |
| 41.589  | 1.50                     | 104.51                | 105.82                       | 105.97                     | 105.22                |                        | 105.24               | 0.001089                  | 0.66                     | 2.29                        | 4.27                  | 0.29                    |
| 38.041  | 1.50                     | 104.52                | 105.80                       | 106.06                     | 105.22                |                        | 105.24               | 0.000728                  | 0.56                     | 2.67                        | 4.90                  | 0.24                    |
| 16.466  | 1.50                     | 104.36                | 105.79                       | 106.27                     | 105.21                |                        | 105.22               | 0.000346                  | 0.43                     | 3.47                        | 5.48                  | 0.17                    |
| 0.619   | 1.50                     | 104.50                | 105.71                       | 106.28                     | 105.19                | 104.87                 | 105.21               | 0.001101                  | 0.65                     | 2.30                        | 4.63                  | 0.30                    |

**Tabella 0.2 Output di dettaglio simulazione stato di fatto: portata di piena.**



| Sezione | Portata totale<br>[m³/s] | Quota di fondo<br>[m] | Quota sponda sinistra<br>[m] | Quota sponda destra<br>[m] | Tirante idrico<br>[m] | Altezza critica<br>[m] | Quota energia<br>[m] | Pendenza energia<br>[m/m] | Velocità Canale<br>[m/s] | Area bagnata Canale<br>[m²] | Largh. bagnata<br>[m] | Numero di Froude<br>[ ] |
|---------|--------------------------|-----------------------|------------------------------|----------------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------|-------------------------|
| 80.203  | 0.32                     | 104.59                | 105.75                       | 105.64                     | 104.87                | 104.68                 | 104.87               | 0.000442                  | 0.28                     | 1.15                        | 4.46                  | 0.17                    |
| 63.172  | 0.32                     | 104.46                | 105.56                       | 105.78                     | 104.86                |                        | 104.87               | 0.000247                  | 0.23                     | 1.38                        | 4.51                  | 0.13                    |
| 58.329  | 0.32                     | 104.29                | 105.56                       | 106.04                     | 104.86                |                        | 104.86               | 0.000055                  | 0.14                     | 2.19                        | 4.47                  | 0.07                    |
| 57.020  | 0.32                     | 104.29                | 105.49                       | 106.00                     | 104.86                |                        | 104.86               | 0.000095                  | 0.18                     | 1.77                        | 3.62                  | 0.08                    |
| 53.928  | 0.32                     | 104.38                | 105.54                       | 106.02                     | 104.86                | 104.49                 | 104.86               | 0.000155                  | 0.21                     | 1.48                        | 3.19                  | 0.10                    |
| 50      | Bridge                   |                       |                              |                            |                       |                        |                      |                           |                          |                             |                       |                         |
| 41.589  | 0.32                     | 104.51                | 105.82                       | 105.97                     | 104.85                |                        | 104.86               | 0.001093                  | 0.38                     | 0.83                        | 3.76                  | 0.26                    |
| 38.041  | 0.32                     | 104.52                | 105.80                       | 106.06                     | 104.85                |                        | 104.86               | 0.000626                  | 0.31                     | 1.00                        | 4.12                  | 0.20                    |
| 16.466  | 0.32                     | 104.36                | 105.79                       | 106.27                     | 104.85                |                        | 104.85               | 0.000157                  | 0.20                     | 1.60                        | 4.72                  | 0.11                    |
| 0.619   | 0.32                     | 104.50                | 105.71                       | 106.28                     | 104.83                | 104.70                 | 104.84               | 0.001101                  | 0.39                     | 0.82                        | 3.75                  | 0.26                    |

**Tabella 0.3 Output di dettaglio simulazione stato di progetto: portata di concessione.**

| Sezione | Portata totale<br>[m³/s] | Quota di fondo<br>[m] | Quota sponda sinistra<br>[m] | Quota sponda destra<br>[m] | Tirante idrico<br>[m] | Altezza critica<br>[m] | Quota energia<br>[m] | Pendenza energia<br>[m/m] | Velocità Canale<br>[m/s] | Area bagnata Canale<br>[m²] | Largh. bagnata<br>[m] | Numero di Froude<br>[ ] |
|---------|--------------------------|-----------------------|------------------------------|----------------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------|-------------------------|
| 80.203  | 1.50                     | 104.59                | 105.75                       | 105.64                     | 105.25                | 104.83                 | 105.26               | 0.000525                  | 0.50                     | 3.02                        | 5.21                  | 0.21                    |
| 63.172  | 1.50                     | 104.46                | 105.56                       | 105.78                     | 105.25                |                        | 105.26               | 0.000421                  | 0.46                     | 3.25                        | 5.22                  | 0.19                    |
| 58.329  | 1.50                     | 104.29                | 105.56                       | 106.04                     | 105.25                |                        | 105.25               | 0.000209                  | 0.37                     | 4.06                        | 5.32                  | 0.13                    |
| 57.020  | 1.50                     | 104.29                | 105.49                       | 106.00                     | 105.24                |                        | 105.25               | 0.000375                  | 0.47                     | 3.21                        | 3.98                  | 0.17                    |
| 53.928  | 1.50                     | 104.38                | 105.54                       | 106.02                     | 105.24                | 104.68                 | 105.25               | 0.000607                  | 0.56                     | 2.70                        | 3.43                  | 0.20                    |
| 50      | Bridge                   |                       |                              |                            |                       |                        |                      |                           |                          |                             |                       |                         |
| 41.589  | 1.50                     | 104.51                | 105.82                       | 105.97                     | 105.22                |                        | 105.24               | 0.001089                  | 0.66                     | 2.29                        | 4.27                  | 0.29                    |
| 38.041  | 1.50                     | 104.52                | 105.80                       | 106.06                     | 105.22                |                        | 105.24               | 0.000728                  | 0.56                     | 2.67                        | 4.90                  | 0.24                    |
| 16.466  | 1.50                     | 104.36                | 105.79                       | 106.27                     | 105.21                |                        | 105.22               | 0.000346                  | 0.43                     | 3.47                        | 5.48                  | 0.17                    |
| 0.619   | 1.50                     | 104.50                | 105.71                       | 106.28                     | 105.19                | 104.87                 | 105.21               | 0.001101                  | 0.65                     | 2.30                        | 4.63                  | 0.30                    |

**Tabella 0.4 Output di dettaglio simulazione stato di progetto: portata di piena.**