

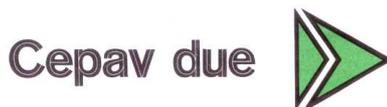
COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA  
LEGGE OBIETTIVO N. 443/01  
LINEA A.V. /A.C. TORINO – VENEZIA Tratta MILANO – VERONA  
Lotto Funzionale Brescia-Verona  
PROGETTO DEFINITIVO**

**ROGGIA BROGAGNA  
IN40103 - Pk 118+491  
RELAZIONE IDRAULICA**

IL PROGETTISTA



IL PROGETTISTA INTEGRATORE

**saipem spa**  
Tommaso Taranta

Dottore in Ingegneria Civile Iscritto all'albo degli Ingegneri della Provincia di Milano al n. 422/00 Sez. A Settor. a) civile e ambientale b) industriale c) dell'informazione  
Tel. 02.52024511 Fax 02.52028009  
CF. e P.IVA 00823750157

ALTA SORVEGLIANZA



Verificato	Data	Approvato	Data

COMMESSA    LOTTO    FASE    ENTE    TIPO DOC.    OPERA/DISCIPLINA    PROGR.    REV.

I N 0 5    0 0    D    E 2    R I    I D 0 0 0 2    0 4 7    1

PROGETTAZIONE GENERAL CONTRACTOR									Autorizzato/Data
Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Consorzio <b>Cepav due</b> Project Director (Ing. F. Lombardi) Data: _____
0	31.03.14	Emissione per CdS	M.T.	31.03.14	DI NARDO	31.03.14	LAZZARI	31.03.14	
1	01.07.14	Revisione per CdS	COCCATO	01.07.14	DI NARDO	01.07.14	LAZZARI	01.07.14	

SAIPEM S.p.a. COMM. 032121

Data: 01.07.14

Doc. IN0500DE2RIID00020471



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

CUP: F81H91000000008



## INDICE

1. Premessa.....	3
2. Assetto geometrico .....	3
3. Criteri di verifica .....	5
4. Portate di piena.....	5
5. Sistemazione di progetto .....	6
6. Modalità di deflusso in piena.....	6
5.1 Metodo di calcolo .....	6
5.2 Condizioni di verifica .....	7
5.2.1 Portata Transitante in alveo.....	7
5.2.2 Portata con Tr= 200 anni.....	9
5.2.3 Portata con Tr= 100 anni.....	10
5.2.4 Verifica dello scatolare sotto la linea A.C. ....	11

## 1. Premessa

Nella presente relazione, dopo una breve descrizione della configurazione geometrica del tratto di corso d'acqua immediatamente a monte ed a valle dell'attraversamento della linea A.V./A.C., sono riportati i risultati delle verifiche idrauliche effettuate secondi i criteri dettagliatamente descritti nella relazione idraulica corsi d'acqua maggiori, Elaborato n. IN0500DE2RIID0002003).

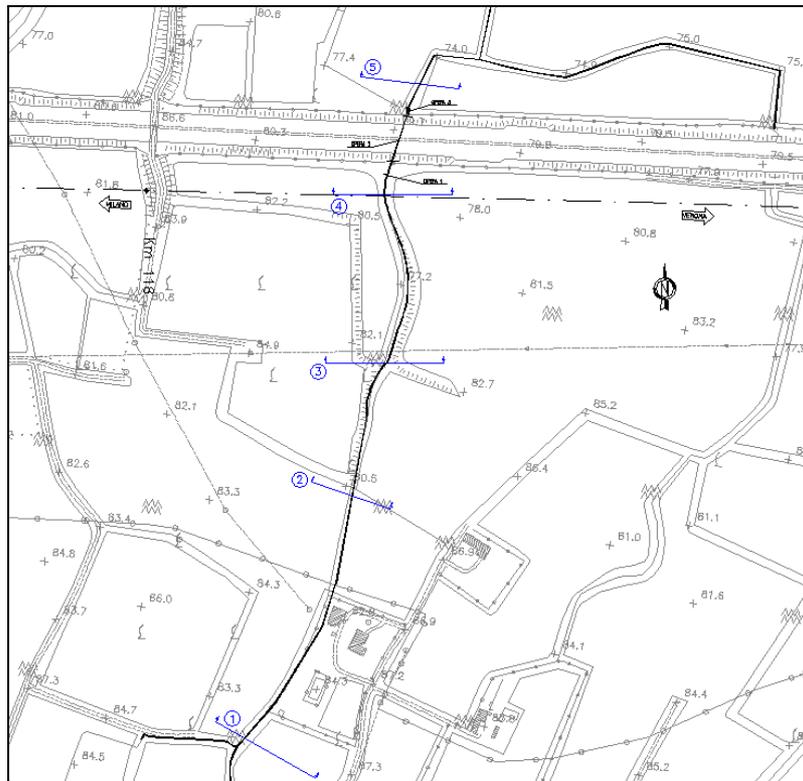
## 2. Assetto geometrico

La roggia Brogagna, nel tratto in esame, scorre nel territorio del comune di Pozzolengo (BS), sotto la gestione del Comune stesso. Nella Figura 1 è possibile vedere il tipico assetto del fosso.



**Figura 1 – Roggia Brogagna**

La geometria del fosso nel tratto a cavallo dell'attraversamento ferroviario è stata descritta mediante il rilievo topografico di 5 sezioni. L'ubicazione delle sezioni unitamente al profilo longitudinale del fondo scorrevole esistente sono riportati nella tavola IN05-D-E2-LZ-ID00-0-2-047 mentre i profili delle sezioni sono riportati nella tavola IN05-D-E2-W9-ID00-0-2-017. I rilievi, georeferenziati in coordinate Rettilinee, sono stati sovrapposti alla cartografia in scala 1:1000 (derivante da rilievo aerofotogrammetrico), che è stata utilizzata come base per la costruzione del modello di simulazione. La posizione delle sezioni di rilievo è riportata anche nella Figura 2.



**Figura 2 – Posizione sezioni rilevate**

Le sezioni hanno una larghezza compresa fra 72.20 m (sezione 4) e 90.20 m (sezione 2) e coprono un tratto di alveo lungo 765.91 m. La pendenza media del fondo è del 1. 00%.

La sezione del canale è irregolare, in testa la larghezza è di 3.10-9.32 m, la profondità oscilla fra 0.89 e 2.26 m. Il fondo della roggia è in terra, le sponde sono ricoperte di vegetazione.

Presenti tre manufatti interferenti con la roggia nella situazione attuale, costituiti da tre tombini circolari planimetricamente collocati in corrispondenza dell'attraversamento dell'autostrada A4 e a monte e valle della stessa autostrada. (v. Figura 3)



**Figura 3 - Tombino circolare prog. 0+660.26**

### 3. Criteri di verifica

La verifica idraulica di tutti gli attraversamenti è stata effettuata in conformità a quanto definito dal Manuale di progettazione ITALFERR che è stato il documento di riferimento per la progettazione delle opere in oggetto.

In sintesi, in esso riporta una serie di direttive da seguirsi per il corretto dimensionamento delle tombature, sotto l'aspetto del tempo di ritorno da utilizzarsi per le valutazioni idrologico-idrauliche e dei franchi idraulici da rispettarsi.

In particolare, per corsi d'acqua aventi un bacino con superficie superiore a 10 km<sup>2</sup>, il tempo di ritorno di riferimento è 500 anni ed occorre rispettare i seguenti franchi idraulici rispetto ai livelli relativi a tale tempo di ritorno:

- franco idraulico tra intradosso manufatto e livello della superficie libera superiore a 1 m;
- franco idraulico tra intradosso manufatto e quota di carico idraulico totale superiore a 50 cm.

Per corsi d'acqua aventi un bacino con superficie inferiore a 10 km<sup>2</sup>, il tempo di ritorno di riferimento è 200 anni ed occorre rispettare la condizione di grado di riempimento del tombino inferiore al 70%.

### 4. Portate di piena

La portata transitante in alveo nello stato attuale è stata valutata in 1.50 m<sup>3</sup>/s ed è stata ricavata mediante una serie di simulazioni effettuate con il codice di calcolo HEC-RAS: il massimo valore di

portata determinante una superficie libera interamente contenuta nell'alveo esistente è stato assunto come portata transitante in alveo.

Le portate di piena di progetto derivano dallo Studio Idrologico (Rif. IN05DE2RGID0001001) e sono pari a:

- Tr= 100 anni:  $Q_{100} = 5.13 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- Tr= 200 anni:  $Q_{200} = 5.52 \text{ m}^3/\text{s}$ .

## 5. Sistemazione di progetto

La sistemazione di progetto della Roggia Brogagna prevede la deviazione della roggia ed una regolarizzazione della sezione nel tratto deviato, cui viene conferita una forma rettangolare di dimensioni 2.00 x4.00 m.

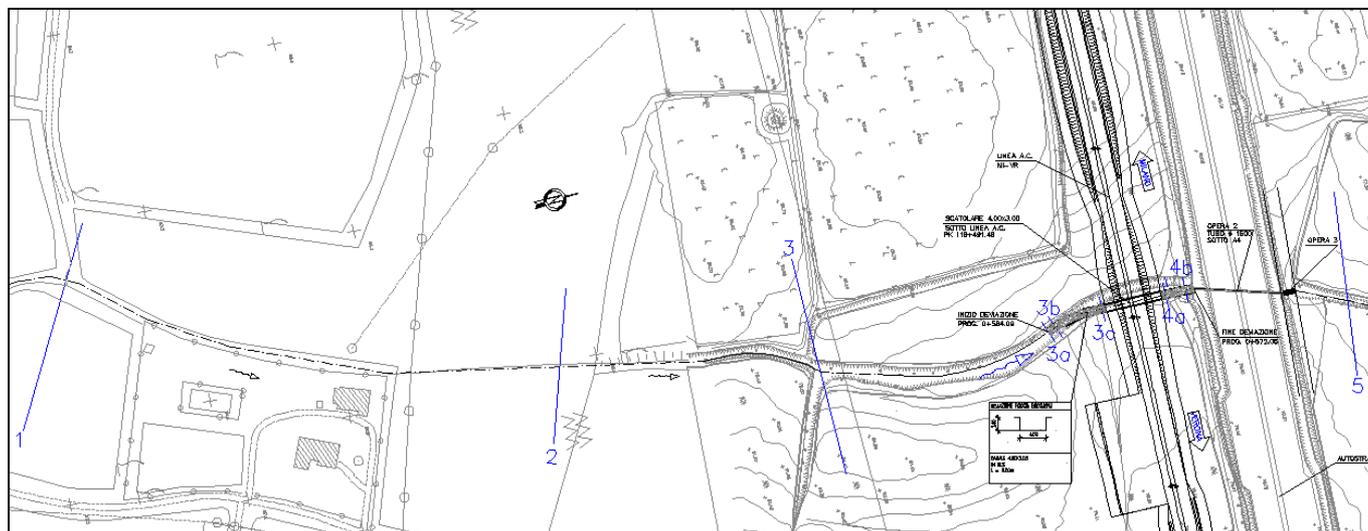
Planimetricamente, la deviazione del canale inizia subito prima dell'interferenza della roggia con la linea A.C. L'attraversamento in retto della linea A.C., per mezzo di un tombino scatolare 4.00x3.00 si ha alla progressiva 0+634.35. A valle dell'attraversamento della linea A.C., alla PK 118+491.48, la roggia si riporta sull'asse della situazione attuale e la deviazione termina alla progressiva 0+672.06.

## 6. Modalità di deflusso in piena

### 5.1 Metodo di calcolo

Per il calcolo dei profili idrici è stato utilizzato il codice di calcolo HEC-RAS descritto nella relazione generale capitolo 2 secondo la metodologia descritta nel capitolo 3.

Oltre alle sezioni di rilievo, sono state inserite nel modello altre sezioni, necessarie per la definizione delle strutture, in modo tale da poter costruire un modello completo. Nella Figura 4 sono riportate le tracce delle sezioni estratte per la costruzione del modello.



GENERAL CONTRACTOR <b>Cepav due</b> 		ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN05	Lotto 00	Codifica Documento DE2 RI ID0002 047	Rev. 1	Foglio 7 di 11

**Figura 4 – Posizione delle sezioni impiegate per il modello**

## 5.2 Condizioni di verifica

Le verifiche sono state effettuate con le portate definite nel paragrafo 2, considerando come condizione al contorno di valle una pendenza della linea dell'energia pari a quella del fondo nel primo tratto, pari a 0.73%.

Come scabrezze sono stati considerati valori, secondo la formulazione di Manning, pari a  $n=0.02$  in alveo (alveo pulito con fondo e sponde in calcestruzzo gettato in opera) e  $n=0.04$  nelle zone golenali. I coefficienti di contrazione ed espansione sono stati definiti rispettivamente pari a 0.1 e 0.3, 0.5 e 1 per gli imbocchi/sbocchi dei tombini.

Le strutture presenti sono state schematizzate come tombini a sezione rettangolare e circolare, utilizzando la formulazione della conservazione dell'energia.

### 5.2.1 Portata Transitante in alveo

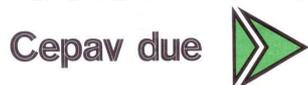
I risultati della simulazione a moto permanente per le situazioni attuale e di progetto con portata  $1.50 \text{ m}^3/\text{s}$  sono riportati nelle tabelle seguenti. Le sezioni nuove ricavate dalla cartografia sono indicate in corsivo.

Nella situazione di progetto si nota un generale abbassamento del livello idrico nelle sezioni appartenenti alla sistemazione, mentre a monte si registra un leggero innalzamento della superficie libera. La portata resta comunque racchiusa entro la sezione, anche nella sistemazione di progetto.

### Roggia Brogagna Situazione attuale - $Q= 1.50 \text{ m}^3/\text{s}$

Sezione	Q Totale	Quota Fondo Alveo	Quota Superficie Libera	Quota Altezza Critica.	Quota Linea dei Carichi Totali	Pendenza Linea Carichi Totali	Velocità in Alveo	Area di Deflusso	Larghezza Pelo libero	N°Froude in Alveo
	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)		(m/m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	(m)	
1 - 50_1	1.50	81.49	82.48	82.20	82.55	0.00690	1.17	1.28	2.19	0.49
2 - 40_2	1.50	79.47	80.41	80.14	80.49	0.00703	1.21	1.25	2.31	0.50
3 - 30_3	1.50	77.87	78.43	78.43	78.60	0.02676	1.81	0.83	2.54	1.01
4 - 20_4	1.50	75.21	76.32	75.92	76.36	0.00392	0.89	1.69	3.15	0.39
19	1.50	75.02	76.29	75.66	76.31	0.00111	0.57	2.62	3.76	0.22
18.9	Opera 1									
18.5	1.50	75.02	75.90	75.66	75.96	0.00659	1.12	1.34	2.70	0.51
18	1.50	74.90	75.90	75.50	75.93	0.00214	0.71	2.12	3.91	0.31
17.5	Opera 2									
17	1.50	73.72	74.32	74.32	74.49	0.02685	1.82	0.82	2.49	1.01
14	1.50	73.08	74.28	73.71	74.32	0.00283	0.85	1.77	2.20	0.30
13	Opera 3									
12	1.50	73.08	74.17	73.71	74.22	0.00416	0.98	1.53	2.06	0.36
5 - 10_5	1.50	73.22	73.98	73.78	74.05	0.00734	1.18	1.27	2.57	0.54

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA

Progetto  
IN05Lotto  
00Codifica Documento  
DE2 RI ID0002 047Rev.  
1Foglio  
8 di 11

### Roggia Brogagna Situazione di progetto - Q= 1.50 m<sup>3</sup>/s

Sezione	Q Totale	Quota Fondo Alveo	Quota Superficie Libera	Quota Altezza Critica.	Quota Linea dei Carichi Totali	Pendenza Linea Carichi Totali	Velocità in Alveo	Area di Deflusso	Larghezza Pelo libero	N°Froude in Alveo
	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)		(m/m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	(m)	
1 - 50_1	1.50	81.49	82.68	82.20	82.72	0.00355	0.83	1.81	3.39	0.36
2 - 40_2	1.50	79.47	80.14	80.14	80.36	0.03126	2.08	0.72	1.66	1.00
3 - 30_3	1.50	77.87	78.72	78.43	78.76	0.00457	0.85	1.80	6.17	0.43
3a - 25	1.50	76.76	77.32	77.32	77.49	0.02676	1.81	0.83	2.54	1.01
3b - 24	1.50	76.66	76.90	76.90	77.02	0.00740	1.55	0.97	3.99	1.00
3c - 23	1.50	76.06	76.30	76.30	76.42	0.00740	1.55	0.97	3.99	1.00
22.5	Attraversamento della Linea A.C.									
4a - 22	1.50	75.98	76.22	76.22	76.34	0.00741	1.55	0.97	3.99	1.01
4b - 21	1.50	75.19	75.92	75.43	75.93	0.00025	0.52	2.91	4.00	0.19
18	1.50	74.90	75.90	75.50	75.93	0.00214	0.71	2.12	3.91	0.31
17.5	Opera 2									
17	1.50	73.72	74.32	74.32	74.49	0.02685	1.82	0.82	2.49	1.01
14	1.50	73.08	74.28	73.71	74.32	0.00283	0.85	1.77	2.20	0.30
13	Opera 3									
12	1.50	73.08	74.17	73.71	74.22	0.00416	0.98	1.53	2.06	0.36
5 - 10_5	1.50	73.22	73.98	73.78	74.05	0.00734	1.18	1.27	2.57	0.54

### 5.2.2 Portata con Tr= 200 anni

I risultati della simulazione a moto permanente per le situazioni attuale e di progetto con portata 5.52 m<sup>3</sup>/s sono riportati nelle tabelle seguenti. Le sezioni nuove, ricavate dalla cartografia, sono indicate in corsivo.

La sistemazione dell'alveo nella configurazione di progetto non determina, in questo caso, variazioni sostanziali dei livelli sulle sezioni prossime alla linea (sez. 4 stato attuale e 3c-4a stato di progetto), che risultano compresi nella sezione di progetto.

### Roggia Brogagna - Situazione attuale – Q<sub>200</sub>= 5.52 m<sup>3</sup>/s

Sezione	Q Totale	Quota Fondo Alveo	Quota Superficie Libera	Quota Altezza Critica.	Quota Linea dei Carichi Totali	Pendenza Linea Carichi Totali	Velocità in Alveo	Area di Deflusso	Larghezza Pelo libero	N°Froude in Alveo
	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)		(m/m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	(m)	
1 - 50_1	5.52	81.49	83.05	82.84	83.19	0.00679	1.76	4.08	13.21	0.53
2 - 40_2	5.52	79.47	80.71	80.71	80.82	0.00946	1.81	4.80	19.69	0.61
3 - 30_3	5.52	77.87	78.91	78.91	79.03	0.00912	1.75	4.60	18.76	0.66
4 - 20_4	5.52	75.21	77.10	76.49	77.13	0.00112	0.77	9.03	16.78	0.24
19	5.52	75.02	77.10	76.18	77.11	0.00035	0.47	20.10	60.00	0.13
18.9	Opera 1									
18.5	5.52	75.02	77.10	76.18	77.11	0.00035	0.47	19.99	60.00	0.14
18	5.52	74.90	77.08	75.96	77.10	0.00061	0.65	8.85	35.91	0.17
17.5	Opera 2									
17	5.52	73.72	75.45	74.78	75.50	0.00181	0.94	5.86	5.91	0.30
14	5.52	73.08	75.42	74.35	75.49	0.00299	1.17	4.70	2.67	0.28
13	Opera 3									
12	5.52	73.08	74.84	74.35	75.00	0.00846	1.75	3.15	2.63	0.51
5 - 10_5	5.52	73.22	74.62	74.30	74.75	0.00732	1.56	3.54	4.75	0.58

### Roggia Brogagna - Situazione di progetto – Q<sub>200</sub>= 5.52 m<sup>3</sup>/s

Sezione	Q Totale	Quota Fondo Alveo	Quota Superficie Libera	Quota Altezza Critica.	Quota Linea dei Carichi Totali	Pendenza Linea Carichi Totali	Velocità in Alveo	Area di Deflusso	Larghezza Pelo libero	N°Froude in Alveo
	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)		(m/m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	(m)	
1 - 50_1	5.52	81.49	83.13	82.85	83.19	0.00604	1.13	5.42	18.97	0.51
2 - 40_2	5.52	79.47	80.70	80.70	80.81	0.01131	1.71	4.64	19.39	0.67
3 - 30_3	5.52	77.87	78.97	78.89	79.03	0.00581	1.26	5.77	20.02	0.53
3a - 25	5.52	76.76	77.78	77.78	77.90	0.01258	1.67	4.23	18.35	0.75
3b - 24	5.52	76.66	77.24	77.24	77.53	0.00668	2.39	2.31	4.00	1.01
3c - 23	5.52	76.06	77.15	76.64	77.23	0.00103	1.27	4.34	4.00	0.39
22.5	Attraversament o della Linea A.C.									
4a - 22	5.52	75.98	77.10	76.56	77.18	0.00095	1.23	4.47	4.00	0.37
4b - 21	5.52	75.19	77.13	75.77	77.16	0.00021	0.71	7.77	4.01	0.16
18	5.52	74.90	77.14	75.96	77.15	0.00051	0.60	10.98	60.00	0.16
17.5	Opera 2									
17	5.52	73.72	75.46	74.78	75.51	0.00175	0.93	5.92	5.91	0.30
14	5.52	73.08	75.44	74.35	75.51	0.00291	1.16	5.10	60.00	0.28
13	Opera 3									
12	5.52	73.08	74.84	74.35	75.00	0.00846	1.75	3.15	2.63	0.51
5 - 10_5	5.52	73.22	74.62	74.30	74.75	0.00732	1.56	3.54	4.75	0.58

### 5.2.3 Portata con $T_r = 100$ anni

I risultati della simulazione a moto permanente per le situazioni attuale e di progetto con portata centenaria  $Q_{100} = 5.13 \text{ m}^3/\text{s}$  sono riportati nelle tabelle seguenti. Le sezioni nuove ricavate dalla cartografia sono indicate in corsivo.

Anche in questo caso, la sistemazione dell'alveo determina un leggero l'abbassamento dei livelli sulle sezioni 3c-4a rispetto alla corrispondente sezione 4 della configurazione attuale, mentre si registra un innalzamento della superficie idrica a monte della linea.

### Roggia Brogagna - Situazione attuale - $Q_{100} = 5.13 \text{ m}^3/\text{s}$

Sezione	Q Totale	Quota Fondo Alveo	Quota Superficie Libera	Quota Altezza Critica.	Quota Linea dei Carichi Totali	Pendenza Linea Carichi Totali	Velocità in Alveo	Area di Deflusso	Larghezza Pelo libero	N°Froude in Alveo
	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)		(m/m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	(m)	
1 - 50_1	5.13	81.49	83.02	82.79	83.15	0.00694	1.74	3.68	10.61	0.54
2 - 40_2	5.13	79.47	80.70	80.70	80.81	0.00907	1.76	4.57	19.27	0.60
3 - 30_3	5.13	77.87	78.90	78.90	79.01	0.00877	1.70	4.38	18.52	0.65
4 - 20_4	5.13	75.21	77.04	76.46	77.07	0.00129	0.80	8.01	15.74	0.25
19	5.13	75.02	77.03	76.14	77.04	0.00052	0.55	16.03	60.00	0.16
18.9	Opera 1									
18.5	5.13	75.02	77.03	76.14	77.04	0.00052	0.55	15.94	60.00	0.16
18	5.13	74.90	77.02	75.92	77.04	0.00060	0.63	8.13	5.91	0.17
17.5	Opera 2									
17	5.13	73.72	75.45	74.74	75.49	0.00159	0.88	5.82	5.91	0.28
14	5.13	73.08	75.42	74.30	75.48	0.00259	1.09	4.69	2.67	0.26
13	Opera 3									
12	5.13	73.08	74.80	74.30	74.94	0.00805	1.69	3.04	2.62	0.50
5 - 10_5	5.13	73.22	74.58	74.26	74.70	0.00733	1.54	3.34	4.57	0.57

### Roggia Brogagna - Situazione di progetto - $Q_{100} = 5.13 \text{ m}^3/\text{s}$

Sezione	Q Totale	Quota Fondo Alveo	Quota Superficie Libera	Quota Altezza Critica.	Quota Linea dei Carichi Totali	Pendenza Linea Carichi Totali	Velocità in Alveo	Area di Deflusso	Larghezza Pelo libero	N°Froude in Alveo
	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)		(m/m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	(m)	
1 - 50_1	5.13	81.49	83.11	82.81	83.17	0.00603	1.12	5.03	17.80	0.51
2 - 40_2	5.13	79.47	80.69	80.69	80.79	0.01122	1.68	4.36	18.87	0.66
3 - 30_3	5.13	77.87	78.95	78.88	79.01	0.00587	1.24	5.43	19.66	0.53
3a - 25	5.13	76.76	77.77	77.77	77.88	0.01235	1.63	4.01	18.10	0.74
3b - 24	5.13	76.66	77.21	77.21	77.49	0.00669	2.34	2.20	4.00	1.01
3c - 23	5.13	76.06	77.03	76.61	77.12	0.00124	1.32	3.87	4.00	0.43
22.5	Attraversamento della Linea A.C.									
4a - 22	5.13	75.98	76.98	76.53	77.06	0.00113	1.29	3.99	4.00	0.41
4b - 21	5.13	75.19	77.02	75.74	77.04	0.00021	0.70	7.30	4.01	0.17
18	5.13	74.90	77.02	75.92	77.04	0.00060	0.63	8.13	5.91	0.17
17.5	Opera 2									
17	5.13	73.72	75.46	74.74	75.50	0.00155	0.87	5.88	5.91	0.28
14	5.13	73.08	75.43	74.30	75.49	0.00254	1.09	4.89	60.00	0.26
13	Opera 3									
12	5.13	73.08	74.80	74.30	74.94	0.00805	1.69	3.04	2.62	0.50
5 - 10_5	5.13	73.22	74.58	74.26	74.70	0.00733	1.54	3.34	4.57	0.57

#### 5.2.4 Verifica dello scatolare sotto la linea A.C.

Come detto in precedenza, le simulazioni sono state condotte inserendo nel modello le opere interferenti con l'alveo, tra cui lo scatolare 4.00x3.00 m sotto la linea A.C.

I risultati della verifica sono contenuti nelle tabelle seguenti, per l'imbocco, la sezione in asse binario pari e lo sbocco:

##### Sezione di imbocco

Tr	Q	Quota superficie libera	Quota carico totale	Quota Intradosso	Franco sulla Superficie Libera	Franco sul Carico Totale
anni	m <sup>3</sup> /s	m	m	m	m	m
100	5.13	77.03	77.12	78.86	1.83	1.74
200	5.52	77.15	77.23	78.86	1.71	1.63

##### Sezione in asse binario pari

Tr	Q	Quota superficie libera	Quota carico totale	Quota Intradosso	Franco sulla Superficie Libera	Franco sul Carico Totale
anni	m <sup>3</sup> /s	m	m	m	m	m
100	5.13	77.01	77.09	78.83	1.82	1.74
200	5.52	77.13	77.21	78.83	1.70	1.62

##### Sezione sbocco

Tr	Q	Quota superficie libera	Quota carico totale	Quota Intradosso	Franco sulla Superficie Libera	Franco sul Carico Totale
anni	m <sup>3</sup> /s	m	m	m	m	m
100	5.13	76.98	77.06	78.78	1.80	1.72
200	5.52	77.10	77.18	78.78	1.68	1.60

In accordo con quanto richiesto dal Manuale di Progettazione ITALFERR è soddisfatta la seguente condizione di franco, in relazione alla portata con tempo di ritorno 200 anni:

- grado di riempimento tombino inferiore al 70%.