

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**

**RELAZIONE IDRAULICA
FIUME MINCIO
PK A.C. 124+406.00**

IL PROGETTISTA



IL PROGETTISTA INTEGRATORE

saipem spa
Tommaso Taranta

Dottore in Ingegneria Civile Iscritto all'albo degli Ingegneri della Provincia di Milano al n. A23478 Sez. A Settori:
a) civile e ambientale b) industriale c) dell'informazione

Tel. 02.52028511 Fax: 02.52028309
CF. e P.IVA: 0825706157

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 0 6 1

PROGETTAZIONE GENERAL CONTRACTOR									Autorizzato/Data
Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Consorzio Cepav due 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	GOCATO	01.07.14	DI NARDO	01.07.14	LAZZARI	01.07.14	

SAIPEM S.p.a. COMM. 032121 Data: 01.07.14 Doc. N.: IN0500DE2RIID00020061



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

CUP: F81H9100000008

INDICE

1.	ASSETTO GEOMETRICO DELL'ALVEO	3
1.1	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	5
2.	CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE DELL'ALVEO.....	5
3.	CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE DEL MATERIALE D'ALVEO.....	6
4.	CARATTERISTICHE AMBIENTALI E PAESISTICHE DELLA REGIONE FLUVIALE.....	8
5.	PORTATE DI PIENA	9
6.	OPERE DI DIFESA IDRAULICA	12
7.	MANUFATTI INTERFERENTI	13
8.	MODALITÀ DI DEFLUSSO IN PIENA.....	15
8.1	METODO DI CALCOLO	15
8.2	CONDIZIONI AL CONTORNO	18
8.3	CONDIZIONI FISICHE DI RIFERIMENTO.....	18
8.3.1	<i>Situazione attuale</i>	<i>18</i>
8.3.2	<i>Situazione di progetto.....</i>	<i>21</i>
9.	VERIFICA DEL FRANCO DI PROGETTO	24
10.	VERIFICA DELL'EROSIONE DELL'ALVEO	25
11.	VERIFICA ALLO SCALZAMENTO	28
12.	VERIFICA DELLE OPERE PROVVISORIALI.....	29
13.	VALUTAZIONE DELLA COMPATIBILITÀ IDRAULICA.....	32

1. ASSETTO GEOMETRICO DELL'ALVEO

La geometria dell'alveo del Fiume Mincio nel tratto a cavallo dell'attraversamento ferroviario è stata descritta per mezzo del rilievo di 8 sezioni estese a coprire l'intera area definita dalla fascia B.

L'ubicazione delle sezioni è riportata nell'elaborato grafico IN0500DE2P8ID0002005 e i profili delle sezioni sono riportati negli elaborati grafici IN0500DE2W8ID0002016, IN0500DE2W8ID0002017 e IN0500DE2W8ID0002018. I rilievi, georeferenziati in coordinate Gauss Boaga, sono stati sovrapposti alla Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000, che è stata utilizzata come base per la costruzione del modello di simulazione. La posizione delle sezioni di rilievo è riportata anche nella Figura 1.

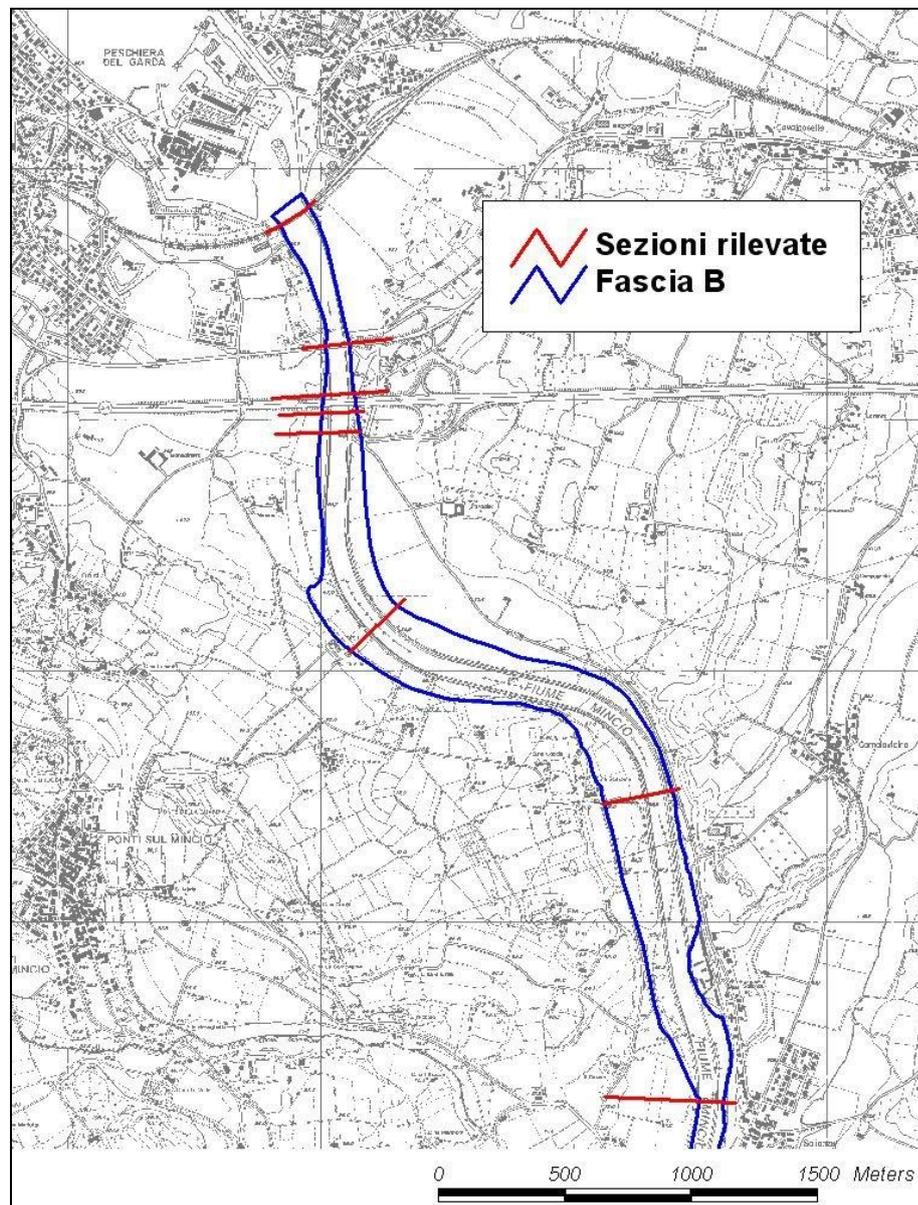


Figura 1 – Posizione delle sezioni rilevate.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
DE2RIID0002-006

Rev.
1

Foglio
4 di 35

Le sezioni hanno una larghezza media di 350 m, con una larghezza minima di 230 m della sezione 4 e una larghezza massima di circa 500 m per la sezione 11, coprono un tratto di alveo lungo circa 4.3 km. La pendenza media del fondo è dello 0.012%.

La larghezza media dell'alveo è di circa 75 m, ad eccezione della sezione 4 in cui la larghezza è circa 120 m, la profondità media è di circa 7.0 m.

1.1 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

04590	FIUME MINCIO PLAN. DELIM. FASCE FLUVIALI stato attuale e di progetto	IN0500DE2P8ID0002005
04591	FIUME MINCIO PROF. LONG. E SEZ. stato attuale e di progetto	IN0500DE2L8ID0002009
04592	FIUME MINCIO SEZ. TRASV. F. 1 con liv. idr. stato attuale e di progetto	IN0500DE2W8ID0002016
04593	FIUME MINCIO SEZ. TRASV. F. 2 con liv. idr. stato attuale e di progetto	IN0500DE2W8ID0002017
04594	FIUME MINCIO SEZ. TRASV. F. 3 con liv. idr. stato attuale e di progetto	IN0500DE2W8ID0002018
05072	Plan. e sez. intervento opere provvisionali Fiume Mincio, scale varie	IN0500DE2PZID0002030
04500	RELAZIONE IDROLOGICA	IN0500DE2RGID0001001
04506	RELAZIONE IDRAULICA FIUME MINCIO	IN0500DE2RIID0002006
04540	RELAZIONE IDRAULICA CORSI D'ACQUA PRINCIPALI (FIUMI)	IN0500DE2RGID0002002

2. CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE DELL'ALVEO

Il tratto di Mincio analizzato è quello immediatamente a valle del lago di Garda e si presenta ben canalizzato e con sezioni regolari. Grazie alla laminazione delle piene effettuata dal lago la portata è regolare e non ha favorito evoluzioni repentine dell'alveo. Il controllo antropico dei livelli del lago ha incrementato la regolarità delle portate e quindi la stabilità morfologica.

3. CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE DEL MATERIALE D'ALVEO

Le caratteristiche granulometriche sono state desunte dalle indagini geotecniche eseguite per la costruzione dell'opera.

Il profilo stratigrafico è principalmente costituito da:

- Limi argillosi negli strati costituiti da tale materiale la percentuale di argilla è in generale inferiore al 40%; il limite liquido raramente supera il 45%.
- Limi sabbioso-argillosi negli strati costituiti da tale materiale la percentuale di fine (limi e argille) può variare dal 40% all'70%; la percentuale di argilla è in generale inferiore al 10÷20%; la percentuale di ghiaia è in genere inferiore al 20÷30%; il limite liquido raramente supera il 25÷30%.

In subordine possono essere rinvenuti anche strati/livelli di sabbia e ghiaia discretamente addensati; tali strati sono localizzati principalmente tra 0 e 5 m dal p.c. e tra 35 e 50 m dal p.c.

Nelle figure seguenti sono riportate le granulometrie di 3 sondaggi a profondità diversa.

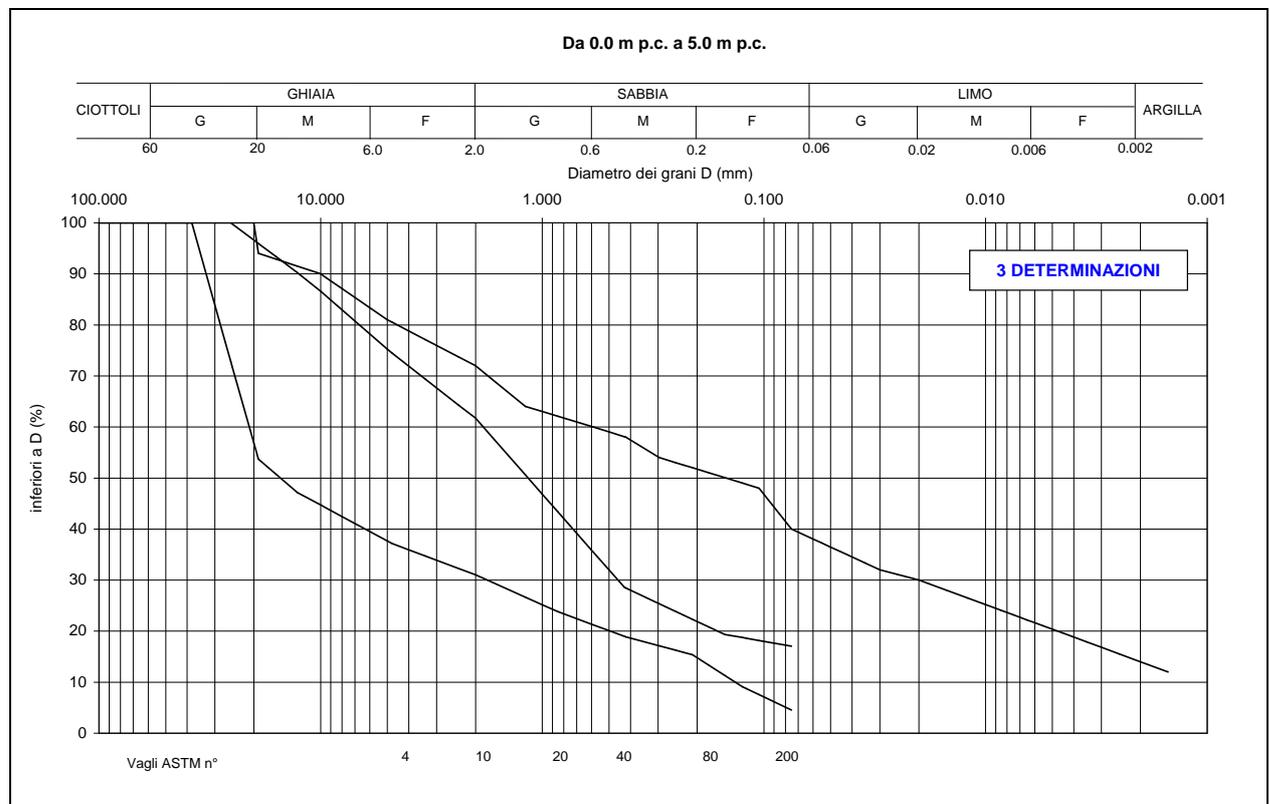


Figura 2 – Granulometria da 0 a 5 m da p.c. (sponda lato Milano)



Figura 3 - Granulometria da 5 a 10 m da p.c. (sponda lato Milano)

4. CARATTERISTICHE AMBIENTALI E PAESISTICHE DELLA REGIONE FLUVIALE

Il tratto analizzato, nella sponda lombarda, ricade nella parte iniziale del Parco del Mincio, istituito nel 1984. Il territorio attraversato dal fiume è in gran parte costituito da terreni coltivati, in prevalenza prati irrigui; lungo le sponde la vegetazione originaria di caducifoglie è stata in gran parte sostituita da pioppeti. L'ittiofauna comprende storioni, trote marmorate, lucci, cavedani, tinche, carpe.

L'intersezione della linea ferroviaria ad Alta Capacità con il fiume ha un impatto minimo sull'ambiente fluviale, innanzitutto perché avviene mediante viadotto, inoltre la nuova linea ferroviaria è realizzata in affiancamento all'Autostrada A4, realizzando così il concetto di corridoio di servizio.

5. PORTATE DI PIENA

Dal punto di vista delle portate di piena il fiume Mincio rappresenta un caso particolare per la condizione di totale regimazione delle portate defluenti.

Il primo progetto riguardante il fiume, nell'ambito del programma di sistemazione del complesso Adige – Garda – Mincio - Tartaro e Canal Bianco, risale agli anni 1936-1938, periodo in cui il corso d'acqua non ancora sistemato garantiva le acque per gli usi irrigui e industriali e già veniva utilizzato per la navigazione; solo negli anni 50 si ha il completamento delle opere di approfondimento dell'alveo, di costruzione degli argini e del manufatto regolatore, sempre sulla base del progetto del 1938. In questo periodo torna ad essere attuale la necessità di garantire e organizzare le varie utenze irrigue e industriali dell'area mantovana.

Dalle informazioni acquisite presso l'Ufficio operativo di Verona del Magistrato alle Acque, il Consorzio del Mincio e l'Ufficio del Genio Civile di Verona è possibile descrivere in sintesi quali sono state le motivazioni che hanno portato alla prima impostazione del documento base che consente ancora oggi, dopo vari affinamenti, la gestione delle acque del Fiume Mincio e dei livelli idrici del lago di Garda. Tale documento nella sua versione originale prese il nome di "Piano Regolatore della distribuzione delle disponibilità idriche del sistema idrografico del Garda – Mincio fra usi irrigui ed industriali, estimativi ed invernali."

Su precisa richiesta del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici nel 1957 il Consorzio del Mincio presentava il Piano Regolatore con la finalità di valutare le disponibilità idriche, ai fini delle attività agricole e industriali, del lago di Garda e del fiume Mincio.

Il Piano si ispirava alle disposizioni di legge sulle acque e sugli impianti idroelettrici di cui al R.D. 11 dicembre 1933 n°1775 allo scopo di garantire un corretto uso delle risorse idriche, introducendo i seguenti criteri normativi:

- l'escursione massima del livello del lago di Garda veniva fissata in 180 cm, tra le altezze idrometriche -5 cm e $+ 175$ cm, facendo riferimento all'idrometro di Ponte Verona in Peschiera (zero idrometrico corrispondente a 64.03 m slm);
- la portata media di erogazione estiva era fissata in $80 \text{ m}^3/\text{s}$;
- l'erogazione invernale assumeva il valore medio pari a $20 \text{ m}^3/\text{s}$.

Negli stessi anni veniva completata la costruzione dello scolmatore del fiume Adige: il collegamento tra Mori e Torbole sul lago di Garda, in grado di scaricare una portata massima di 500 mc/s , era stato realizzato con la finalità di evitare il ripetersi di esondazioni nell'area veronese, scaricando nel lago le portate eccedenti i $1000 \text{ m}^3/\text{s}$.

Lo studio elaborato dal Consorzio del Mincio venne poi sottoposto agli esperti degli uffici del Genio Civile di Mantova, Trento, Brescia e Verona i quali presentarono le seguenti proposte di modifica:

variazioni dei livelli di regolazione delle acque con abbassamento del limite massimo da +150 cm a +135 cm e l'innalzamento del minimo da -5 a +15 cm;

riduzione delle erogazioni delle acque nel periodo 11 aprile – 30 settembre da 80 m³/s a 70 m³/s.

Le proposte di variante al valore minimo, avevano una giustificazione di carattere igienico e paesaggistico, mentre la riduzione del livello massimo garantiva una maggiore sicurezza idraulica ed era ritenuta congrua con il regime del lago. Veniva però mantenuto il livello massimo di +175 cm, ammesso solo in occasione di piene eccezionali.

In seguito alle valutazioni fatte dagli esperti degli Uffici del Genio Civile la Commissione per la regolazione del lago di Garda, appositamente istituita, acquisiva le limitazioni inerenti le escursioni del livello e fissava le seguenti erogazioni:

- 55 m³/s nei mesi di aprile, maggio e settembre (il valore iniziale era di 70 m³/s);
- 85 m³/s per i mesi di giugno, luglio e agosto con la riduzione di 5 m³/s rispetto a quelli previsti;
- 20 m³/s nel periodo ottobre - marzo.

Tale variazioni intendevano salvaguardare la quantità idrica del lago in funzione di un assetto paesaggistico ambientale di particolare interesse.

Negli anni successivi, venne incaricato l'Ufficio Idrografico per il Po (sezione di Milano) per integrare lo studio fatto con una valutazione del funzionamento dei serbatoi idroelettrici facenti parte del bacino del Garda. Le proposte avanzate modificavano l'escursione dell'altezza idrometrica nel seguente modo:

- +140 cm nel mese di aprile con una erogazione di 68 m³/s;
- +135 cm nel mese di maggio con una erogazione di 68 m³/s;
- inferiori a +135 cm nel periodo giugno – agosto, con una erogazione di 88 m³/s;
- +70 cm nel periodo 10 settembre – 10 novembre con erogazione di 30 m³/s;
- erogazione di 22 m³/s nel periodo ottobre – marzo.

Con voto dell'11 marzo 1965, la IV Sezione del Consiglio Superiore del Ministero dei Lavori Pubblici approvò il Piano Regolatore del lago e di distribuzione delle acque del Mincio.

Dopo ulteriori affinamenti la regolazione odierna segue i seguenti livelli operativi:

- livello massimo del mese di aprile +140 cm
- livello massimo eccezionale +175 cm
- livello massimo estivo (maggio – agosto) +135 cm
- livello massimo autunnale (periodo 10/9-10/11) + 80 cm
- livello minimo assoluto + 15 cm
- livello minimo eccezionale + 5 cm

Mentre le erogazioni assumono i seguenti valori:

- 20 aprile – 31 maggio 68 m³/s
- 31 maggio – 15 agosto 88 m³/s
- 15 agosto – 20 settembre 68 m³/s
- 20 settembre – 20 aprile 30 m³/s

Il massimo livello idrico è stato raggiunto dal lago il 13 novembre 1960 con +212 cm corrispondenti ad un livello idrometrico di +182 cm al manufatto regolatore di Ponti sul Mincio ed una portata di 130 m³/s. La massima portata defluita, rilevata nel 1983, è stata di 150 m³/s in seguito alle prove effettuate all'edificio regolatore.

Un'ultima indicazione dalla quale traspare il totale controllo delle portate defluenti, scaturisce dall'analisi delle caratteristiche dimensionali del manufatto regolatore del lago. Edificato in località Valsecca, in territorio del Comune di Ponti sul Mincio, al termine di un tratto di canale di forma trapezia con pendenza di fondo dello 0.012% la cui sommità spondali hanno quota costante pari a 66.50 m.s.l.m., è dotato di sei aperture: una posta sul lato sinistro larga 2.50 metri con funzione di presa per il canale irriguo - industriale detto Seriola, tre centrali larghe 10.00 metri ciascuna con funzione di scarico di fondo e due poste sul lato sinistro larghe 4.00 metri, opere di presa del canale Virgilio. Le portate massime derivabili sono rispettivamente 25 m³/s per il canale Virgilio, 5.00 m³/s per il canale detto Seriola mentre lo scarico di fondo è stato dimensionato per una portata di 200 m³/s.

La portata di riferimento assunta per il presente studio è pari a 200 m³/s.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
DE2RIID0002-006

Rev.
1

Foglio
12 di 35

6. OPERE DI DIFESA IDRAULICA

Non sono presenti particolari opere di difesa idraulica.

7.MANUFATTI INTERFERENTI

Nel tratto analizzato oltre alle opere di regolazione del lago di Garda (non comprese nel modello) sono presenti 3 ponti. Il primo è il ponte della linea ferroviaria Milano Venezia che non è incluso nella schematizzazione idraulica (Figura 4).

Circa 500 m a valle del ponte ferroviario c'è il ponte della SS 11 (Figura 5).

Circa 200 m a valle del ponte della SS 11, e immediatamente a monte dell'attraversamento della linea ferroviaria ad Alta Capacità, c'è il ponte dell'Autostrada (Figura 6).

Negli elaborati grafici IN0500DE2W8ID0002016 e IN0500DE2W8ID0002017 sono riportati i rilievi dei ponti.

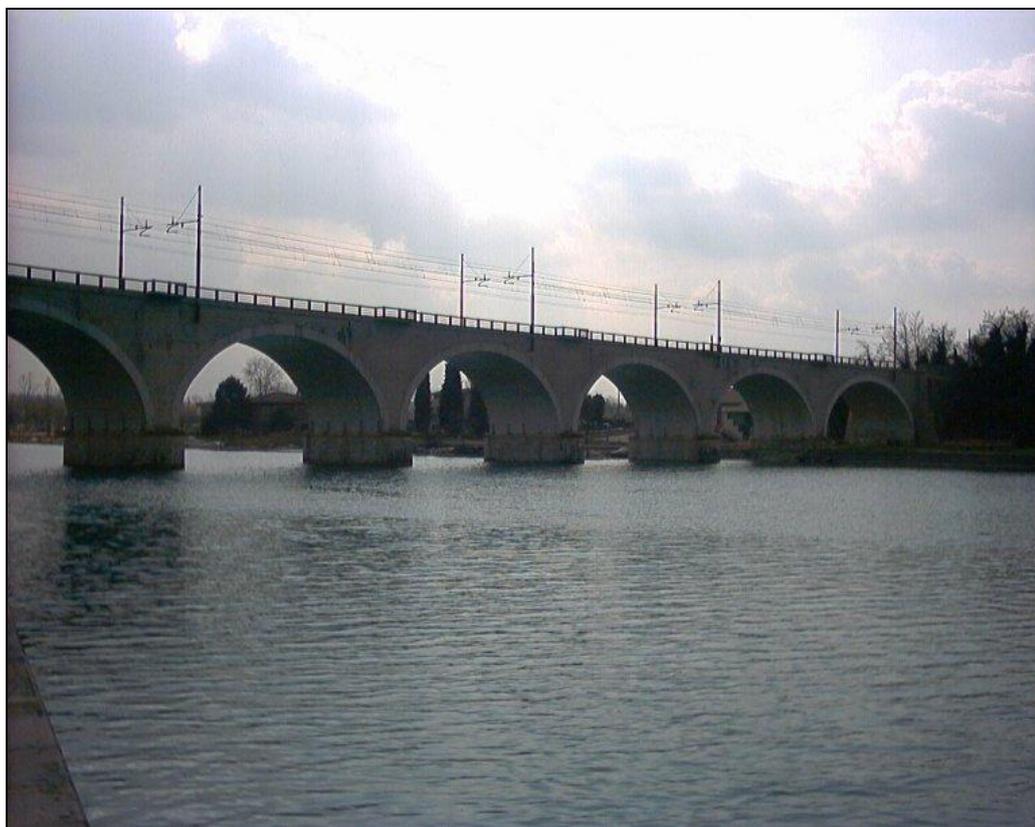


Figura 4 – Ponte FS Milano Venezia



Figura 5 – Ponte SS 11



Figura 6 – Ponte Autostrada A4

8. MODALITÀ DI DEFLUSSO IN PIENA

8.1 Metodo di calcolo

Per il calcolo dei profili idrici nella situazione attuale e di progetto per i due tempi di ritorno considerati è stato utilizzato il codice di calcolo HEC-RAS descritto nella relazione IN0500DE2RGID0002002.

Il DEM è stato costruito sulla base delle 8 sezioni di rilievo e della Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000. Il DEM ottenuto è schematicamente riportato nella Figura 7.

Dal DEM sono state estratte le sezioni utilizzate nel modello, in primo luogo sono state definite le sezioni necessarie per la schematizzazione delle strutture, ponti esistenti, viadotto in progetto, definendo anche le sezioni per una corretta valutazione dei tratti di contrazione ed espansione legati ai ponti esistenti; successivamente sono state definite le sezioni in corrispondenza delle sezioni di rilievo; infine sono state aggiunte ulteriori sezioni per una più dettagliata e continua definizione della geometria del modello, nella Figura 8 sono riportate le tracce delle sezioni estratte per la costruzione del modello.

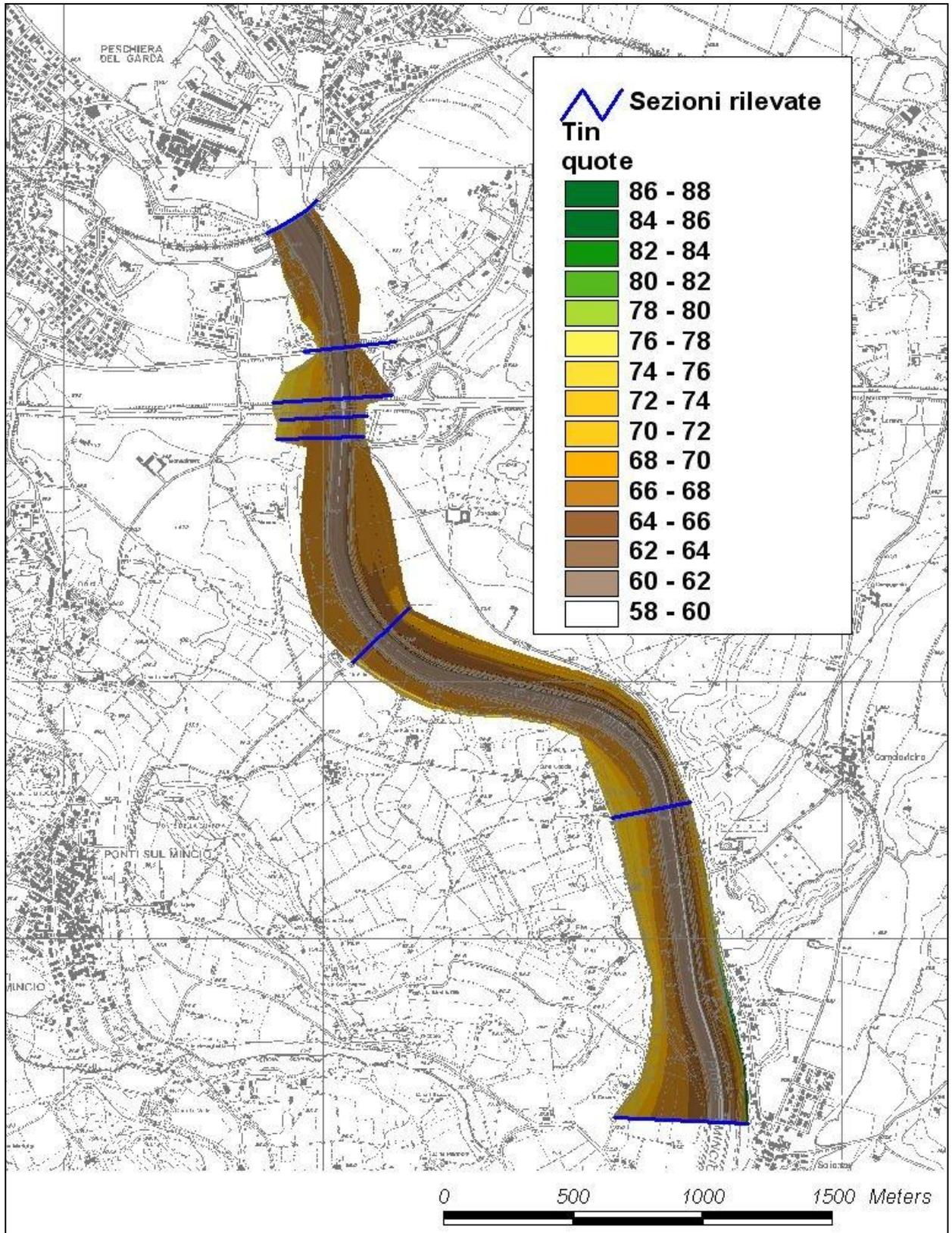


Figura 7 – DEM del tratto analizzato

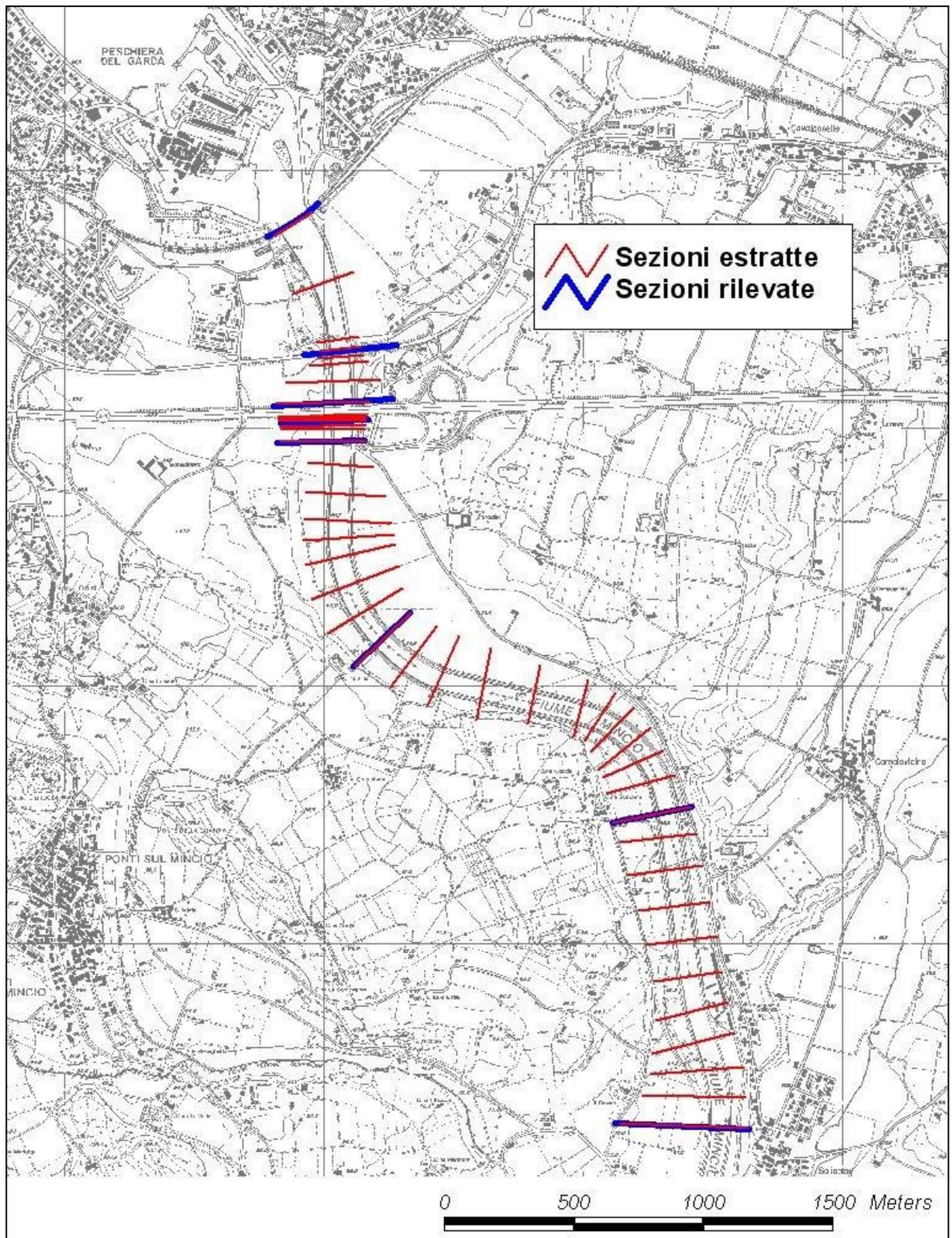


Figura 8 – Posizione delle sezioni estratte per il modello rispetto a quelle rilevate.

8.2 Condizioni al contorno

Come condizioni al contorno di monte è stata utilizzata la massima portata uscente dal sistema di regolazione del lago di Garda. Come condizione al contorno di valle è stata imposta la pendenza della linea dell'energia pari alla pendenza media del fondo: 0.012%.

8.3 Condizioni fisiche di riferimento

Il calcolo dei profili in moto permanente è stato fatto per le due situazioni analizzate:

- Situazione attuale $Q=200 \text{ m}^3/\text{s}$
- Situazione di progetto $Q=200 \text{ m}^3/\text{s}$

I coefficienti di scabrezza nelle sezioni sono stati assegnati sulla base del sopralluogo effettuato e dal confronto con situazioni analoghe. In particolare per il coefficiente di scabrezza in alveo si è fatto riferimento a "D. M. Hicks; P. D. Mason, Roughness Characteristics of New Zealand Rivers; National Institute of Water and Atmospheric Research Ltd, September 1998". Il libro presenta 78 tratti fluviali a coprire una vasta casistica di corsi d'acqua dal punto di vista delle dimensioni, portate, pendenze e granulometrie, in cui sono state effettuate diverse misure di portata e stima dei coefficienti di scabrezza nell'arco di una decina d'anni. Per fiumi con caratteristiche simili al tratto di Mincio analizzato i coefficienti di scabrezza secondo la formulazione di Manning vanno da $n=0.032$ a $n=0.025$ per le portate maggiori misurate. Nel modello la scabrezza in alveo è stata imposta, in via cautelativa, pari a $n=0.030$. Per la zona golenale è stato utilizzato un valore $n=0.04$ che è cautelativo vista la natura dell'area, prevalentemente a copertura erbosa.

Per i valori dei coefficienti di contrazione ed espansione sono stati utilizzati i valori di default 0.1-0.3 per l'intero tratto.

Il rigurgito dovuto ai ponti è stato calcolato con il metodo della conservazione dell'energia.

8.3.1 Situazione attuale

I risultati della simulazione a moto permanente per la situazione attuale sono riportati nella tabella seguente.

Fiume Mincio Situazione attuale Q=200 m³/s

Sezioni	Prog.	River Station	Quota fondo	Livello	Tirante Max.	Livello critico	Carico totale	Vel. alveo	Area	Larghezza	N° Froude alveo	
	(m)		(m s.m.)	(m s.m.)	(m)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m/s)	(m ²)	(m)		
Sezione 4	0.0	4371.9	60.38	65.21	4.83	61.57	65.22	0.41	486.37	121.35	0.07	
	257.0	4114.9	60.50	65.19	4.69	62.12	65.21	0.63	316.40	88.52	0.11	
	486.8	3885.2	60.22	65.14	4.92	62.42	65.18	0.93	216.02	65.32	0.16	
Sezione 5	522.2	3849.8	60.27	65.13	4.86	62.45	65.18	0.96	207.86	63.84	0.17	
Ponte SS 11												
valle SS 11	551.9	3820.0	60.17	65.12	4.95	62.45	65.17	0.97	205.83	63.58	0.17	
	578.9	3793.1	60.30	65.12	4.82	62.31	65.17	0.92	216.79	64.59	0.16	
	646.6	3725.3	60.10	65.12	5.02	62.00	65.15	0.84	237.67	66.15	0.14	
Sezione 6	730.0	3642.0	59.14	65.11	5.97	61.45	65.14	0.76	263.53	68.05	0.12	
Ponte A4												
valle A4	783.9	3588.1	59.45	65.11	5.66	61.59	65.14	0.77	258.82	69.64	0.13	
	792.1	3579.9	59.45	65.11	5.66	61.59	65.14	0.77	260.42	70.12	0.13	
Sezione 7	798.4	3573.6	59.45	65.11	5.66	61.59	65.14	0.77	261.10	70.51	0.13	
valle AC	819.2	3552.7	59.50	65.10	5.60	61.77	65.13	0.80	249.70	70.53	0.14	
	836.9	3535.1	59.50	65.10	5.60	61.77	65.13	0.80	250.96	70.90	0.14	
Sezione 8	878.7	3493.2	59.74	65.09	5.35	61.86	65.13	0.80	249.80	70.25	0.14	
	973.6	3398.4	59.66	65.08	5.42	61.90	65.12	0.80	250.96	70.65	0.13	
	1084.0	3287.9	59.73	65.07	5.34	61.89	65.10	0.77	260.74	73.58	0.13	
	1191.0	3181.0	60.04	65.06	5.02	61.99	65.09	0.77	260.02	74.75	0.13	
	1258.7	3113.3	60.04	65.06	5.02	61.99	65.09	0.76	261.45	75.32	0.13	
	1331.3	3040.6	60.24	65.05	4.81	62.05	65.08	0.77	258.69	75.17	0.13	
	1447.4	2924.5	60.44	65.03	4.59	62.14	65.07	0.80	251.44	75.10	0.14	
	1567.1	2804.8	60.62	65.02	4.40	62.24	65.05	0.83	240.32	73.38	0.15	
	Sezione 9	1698.2	2673.8	60.54	64.99	4.45	62.31	65.03	0.87	228.89	70.87	0.16
		1834.4	2537.5	60.57	64.98	4.41	62.22	65.01	0.82	243.34	73.81	0.14
1971.6		2400.3	60.57	64.96	4.39	62.16	64.99	0.79	254.23	76.21	0.14	
2141.2		2230.7	60.60	64.94	4.34	62.08	64.97	0.79	252.49	74.13	0.14	
2341.7		2030.2	60.32	64.92	4.60	61.99	64.95	0.77	258.39	74.05	0.13	
2525.8		1846.1	59.97	64.90	4.93	61.89	64.93	0.75	265.77	74.55	0.13	
2602.2		1769.8	59.82	64.90	5.08	61.84	64.93	0.74	269.79	74.83	0.12	
2671.5		1700.4	59.73	64.89	5.16	61.83	64.92	0.75	267.27	73.64	0.13	
2762.4		1609.5	59.52	64.88	5.36	61.76	64.91	0.74	271.50	73.60	0.12	
2840.5		1531.5	59.38	64.88	5.50	61.74	64.90	0.74	270.65	73.07	0.12	
Sezione 10	2935.7	1436.3	59.27	64.87	5.60	61.72	64.90	0.74	269.88	72.61	0.12	
	3063.1	1308.8	59.08	64.85	5.77	61.69	64.88	0.78	255.98	69.35	0.13	
	3160.6	1211.4	59.01	64.84	5.83	61.63	64.87	0.74	269.54	71.85	0.12	
	3289.0	1082.9	59.09	64.83	5.74	61.61	64.86	0.74	272.10	72.97	0.12	
	3432.1	939.8	59.20	64.82	5.62	61.58	64.85	0.73	274.53	73.77	0.12	
	3567.2	804.7	59.27	64.81	5.54	61.54	64.84	0.71	283.49	75.56	0.12	
	3708.3	663.7	59.37	64.80	5.43	61.50	64.83	0.69	289.17	77.49	0.11	
	3843.5	528.5	59.53	64.79	5.26	61.46	64.82	0.68	292.93	78.74	0.11	
	3966.1	405.8	59.62	64.78	5.16	61.44	64.81	0.68	293.69	79.70	0.11	
	4081.1	290.8	59.71	64.77	5.06	61.42	64.80	0.68	293.38	80.38	0.11	

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA

Progetto
IN05Lotto
00Codifica Documento
DE2RIID0002-006Rev.
1Foglio
20 di 35

Sezioni	Prog.	River Station	Quota fondo	Livello	Tirante Max.	Livello critico	Carico totale	Vel. alveo	Area	Larghezza	N° Froude alveo
	(m)		(m s.m.)	(m s.m.)	(m)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m/s)	(m ²)	(m)	
	4191.9	180.0	59.80	64.76	4.96	61.45	64.79	0.73	273.71	75.58	0.12
Sezione 11	4307.6	64.4	59.86	64.74	4.88	61.55	64.77	0.82	243.17	70.14	0.14

In tutto il tratto l'acqua è interamente contenuta all'interno dell'alveo, con velocità sempre inferiori a 1 m/s. La pendenza media della linea dell'energia è 0.01%.

8.3.2 Situazione di progetto

Nella situazione di progetto è stato introdotto il viadotto in progetto per la linea ferroviaria ad Alta Capacità a cui è riferito il presente studio. Il viadotto sorpassa il fiume Mincio con una campata di 72 m con pile rettangolari arrotondate 2.8X8.4. I risultati sono riportati nella tabella seguente, nell'ultima colonna è riportato per confronto il livello della situazione attuale.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA

Progetto
IN05Lotto
00Codifica Documento
DE2RIID0002-006Rev.
1Foglio
22 di 35

Fiume Mincio Situazione di progetto Q=200 m³/s

Sezioni	Prog.	River Station	Quota fondo	Livello	Tirante massimo	Livello critico	Carico totale	Velocità alveo	Area	Larghezza	N° Froude alveo	Livello attuale
	(m)		(m s.m.)	(m s.m.)	(m)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m/s)	(m ²)	(m)		(m s.m.)
Sezione 4	0.0	4371.9	60.38	65.21	4.83	61.57	65.22	0.41	486.37	121.35	0.07	65.21
	257.0	4114.9	60.50	65.19	4.69	62.12	65.21	0.63	316.40	88.52	0.11	65.19
	486.8	3885.2	60.22	65.14	4.92	62.42	65.18	0.93	216.02	65.32	0.16	65.14
Sezione 5	522.2	3849.8	60.27	65.13	4.86	62.45	65.18	0.96	207.86	63.84	0.17	65.13
Ponte SS 11												
valle SS 11	551.9	3820.0	60.17	65.12	4.95	62.45	65.17	0.97	205.83	63.58	0.17	65.12
	578.9	3793.1	60.30	65.12	4.82	62.31	65.17	0.92	216.79	64.59	0.16	65.12
	646.6	3725.3	60.10	65.12	5.02	62.00	65.15	0.84	237.67	66.15	0.14	65.12
Sezione 6	730.0	3642.0	59.14	65.11	5.97	61.45	65.14	0.76	263.53	68.05	0.12	65.11
Ponte A4												
valle A4	783.9	3588.1	59.45	65.11	5.66	61.59	65.14	0.77	258.82	69.64	0.13	65.11
	792.1	3579.9	59.45	65.11	5.66	61.59	65.14	0.77	260.42	70.12	0.13	65.11
Sezione 7	798.4	3573.6	59.45	65.11	5.66	61.59	65.14	0.77	261.10	70.51	0.13	65.11
Viadotto AC												
valle AC	819.2	3552.7	59.50	65.10	5.60	61.77	65.13	0.80	249.70	70.53	0.14	65.10
	836.9	3535.1	59.50	65.10	5.60	61.77	65.13	0.80	250.96	70.90	0.14	65.10
Sezione 8	878.7	3493.2	59.74	65.09	5.35	61.86	65.13	0.80	249.80	70.25	0.14	65.09
	973.6	3398.4	59.66	65.08	5.42	61.90	65.12	0.80	250.96	70.65	0.13	65.08
	1084.0	3287.9	59.73	65.07	5.34	61.89	65.10	0.77	260.74	73.58	0.13	65.07
	1191.0	3181.0	60.04	65.06	5.02	61.99	65.09	0.77	260.02	74.75	0.13	65.06
	1258.7	3113.3	60.04	65.06	5.02	61.99	65.09	0.76	261.45	75.32	0.13	65.06
	1331.3	3040.6	60.24	65.05	4.81	62.05	65.08	0.77	258.69	75.17	0.13	65.05
	1447.4	2924.5	60.44	65.03	4.59	62.14	65.07	0.80	251.44	75.10	0.14	65.03
	1567.1	2804.8	60.62	65.02	4.40	62.24	65.05	0.83	240.32	73.38	0.15	65.02
Sezione 9	1698.2	2673.8	60.54	64.99	4.45	62.31	65.03	0.87	228.89	70.87	0.16	64.99
	1834.4	2537.5	60.57	64.98	4.41	62.22	65.01	0.82	243.34	73.81	0.14	64.98
	1971.6	2400.3	60.57	64.96	4.39	62.16	64.99	0.79	254.23	76.21	0.14	64.96
	2141.2	2230.7	60.60	64.94	4.34	62.08	64.97	0.79	252.49	74.13	0.14	64.94
	2341.7	2030.2	60.32	64.92	4.60	61.99	64.95	0.77	258.39	74.05	0.13	64.92
	2525.8	1846.1	59.97	64.90	4.93	61.89	64.93	0.75	265.77	74.55	0.13	64.90
	2602.2	1769.8	59.82	64.90	5.08	61.84	64.93	0.74	269.79	74.83	0.12	64.90
	2671.5	1700.4	59.73	64.89	5.16	61.83	64.92	0.75	267.27	73.64	0.13	64.89
	2762.4	1609.5	59.52	64.88	5.36	61.76	64.91	0.74	271.50	73.60	0.12	64.88
	2840.5	1531.5	59.38	64.88	5.50	61.74	64.90	0.74	270.65	73.07	0.12	64.88
	2935.7	1436.3	59.27	64.87	5.60	61.72	64.90	0.74	269.88	72.61	0.12	64.87
Sezione 10	3063.1	1308.8	59.08	64.85	5.77	61.69	64.88	0.78	255.98	69.35	0.13	64.85
	3160.6	1211.4	59.01	64.84	5.83	61.63	64.87	0.74	269.54	71.85	0.12	64.84
	3289.0	1082.9	59.09	64.83	5.74	61.61	64.86	0.74	272.10	72.97	0.12	64.83
	3432.1	939.8	59.20	64.82	5.62	61.58	64.85	0.73	274.53	73.77	0.12	64.82
	3567.2	804.7	59.27	64.81	5.54	61.54	64.84	0.71	283.49	75.56	0.12	64.81
	3708.3	663.7	59.37	64.80	5.43	61.50	64.83	0.69	289.17	77.49	0.11	64.80
	3843.5	528.5	59.53	64.79	5.26	61.46	64.82	0.68	292.93	78.74	0.11	64.79
	3966.1	405.8	59.62	64.78	5.16	61.44	64.81	0.68	293.69	79.70	0.11	64.78
	4081.1	290.8	59.71	64.77	5.06	61.42	64.80	0.68	293.38	80.38	0.11	64.77
	4191.9	180.0	59.80	64.76	4.96	61.45	64.79	0.73	273.71	75.58	0.12	64.76
Sezione 11	4307.6	64.4	59.86	64.74	4.88	61.55	64.77	0.82	243.17	70.14	0.14	64.74

Le variazioni dei livelli dovute alla presenza del viadotto sono praticamente nulle vista la minima interferenza tra le pile e il profilo idrico come si può vedere nella Figura 9.

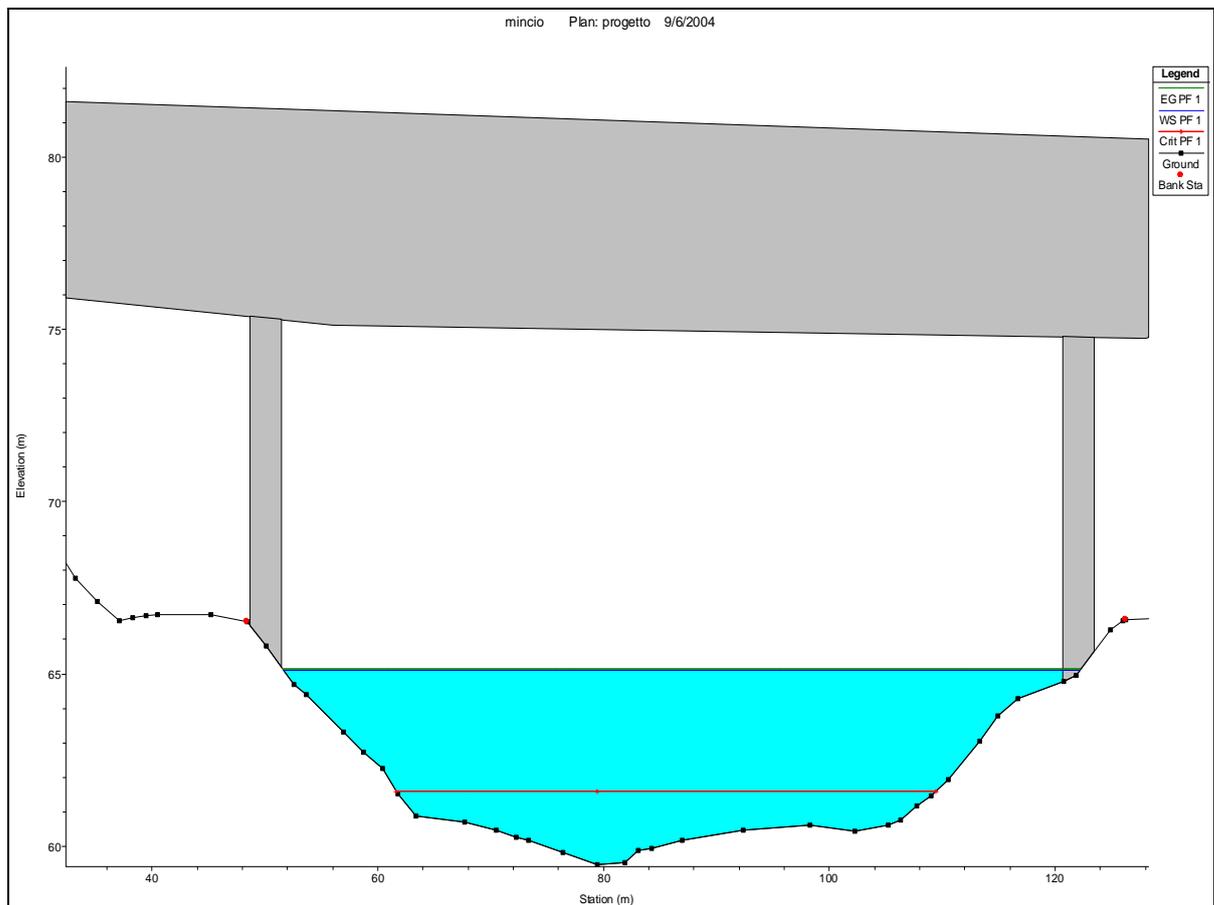


Figura 9 – Sezione a monte del viadotto AC

9. VERIFICA DEL FRANCO DI PROGETTO

La verifica del franco di progetto è fatta secondo la direttiva richieste dall'Autorità di Bacino e da Italferr. Nel primo caso il franco deve essere superiore ad 1 m sul livello della piena duecentennale, nel secondo caso il franco deve essere superiore a 0.5 m sul carico totale e comunque superiore a 1 m sul livello di piena cinquecentennale.

Per la verifica Italferr si fa riferimento al carico totale in alveo e non al carico totale complessivo della sezione, cioè al livello calcolato si aggiunge il carico cinetico dovuto alla velocità in alveo. La tabella seguente riassume i dati della verifica fatta nella sezione 5 di progressiva 1986.6.

Profilo	Portata	livello	Velocità in alveo	Carico cinetico	Carico totale	Intradosso viadotto	LIVELLO PAI	Franco verifica AdB	Franco verifica Italferr
	(m ³ /s)	(ms.m.)	(m/s)	(m)	(ms.m.)	(ms.m.)	(m)	(m)	(m)
Tr=200	200	65.11	0.77	0.03	65.14	74.70	66.15	8.55	9.56

Il franco secondo AdB è valutato rispetto al livello PAI essendo più elevato, e quindi a favore di sicurezza.

Il viadotto è ampiamente verificato per ambedue i tipi di verifica.

Il fiume Mincio è classificato come linea navigabile. L'utilizzo del fiume come idrovia risale agli inizi del secolo, mentre solo negli anni 30 la linea viene ufficialmente classificata come "linea navigabile n°10".

La classificazione come canale navigabile impone, per una classe paragonabile alla 4a europea, una luce libera di 30 metri per il passaggio di due natanti e un'altezza di 6.50 metri tra il pelo libero e l'intradosso dell'impalcato del ponte.

Il viadotto è verificato anche per questa condizione.

Quanto sopra permette di affermare che anche l'indirizzo della Direttiva N. 4 secondo cui "in riferimento al dislivello tra quota di intradosso impalcato e fondo alveo non inferiore a 6-7m quando si possa temere il transito di alberi di alto fusto; valori maggiori vanno mantenuti per ponti con luci inferiori ai 30 m o posti su torrenti su cui sono possibili sovralti del fondo alveo per deposito di materiale lapideo", è automaticamente verificato.

10. VERIFICA DELL'EROSIONE DELL'ALVEO

Ai fini della valutazione dell'efficacia antierosiva di una protezione è necessario considerare tutti i parametri idraulici e geometrici: altezza d'acqua della corrente, pendenza della sponda, andamento planimetrico del corso d'acqua, durata dell'evento di piena; ciò significa, in altri termini, che occorre esprimere risultati di prove sperimentali e le conseguenti indicazioni progettuali in termini di tensioni tangenziali ammissibili, tecnicamente più significative del parametro idraulico velocità della corrente.

Per quanto riguarda le protezioni spondali la resistenza al trascinamento è garantita dal peso del materiale costituente la protezione: per una scogliera non si ha crisi della protezione finché non viene raggiunta la tensione tangenziale critica di inizio movimento, che dipende esclusivamente dalla forma del pietrame e dalle sue dimensioni; per materassi e gabbioni l'azione di contenimento della rete incrementa tale resistenza, permettendo che avvenga un movimento parziale all'interno delle tasche senza crisi della protezione.

Il metodo di verifica adottato è quello delle tensioni di trascinamento, di seguito descritto.

TENSIONI AGENTI

La formula per calcolare la tensione tangenziale massima al fondo fa riferimento al raggio idraulico R (m) e alla pendenza del fondo i_f :

$$\tau_b = \gamma_w R i_f$$

Nel caso di alvei larghi e poco profondi si compie un errore trascurabile sostituendo R (raggio idraulico) con h (tirante idraulico rispetto al fondo); per il torrente in questione è possibile effettuare questa semplificazione.

Quindi si ha:

TENSIONE AGENTE AL FONDO	$\tau_b = \gamma_w R i_f$	$\tau_b = 1000 \cdot 5.66 \cdot 0.0017 = 9.62$	Kg/m²
TENSIONE SULLE SPONDE	$\tau_m = 0.75 \cdot \gamma_w \cdot R \cdot i_f$	$\tau_m = 0.75 \cdot 1000 \cdot 5.66 \cdot 0.0017 = 7.22$	Kg/m²

Avendo valutato che nell'intorno dell'attraversamento dell'A.V. la pendenza media del fondo alveo è pari a 0.0017 (m/m).

TENSIONI RESISTENTI E LORO VERIFICA

Per quanto riguarda la resistenza al trascinamento si definisce tensione massima di trascinamento τ_c il massimo sforzo tangenziale oltre il quale il materiale di fondo comincia a muoversi.

Per i materiali non coesivi la formula generalmente utilizzata è la formula di Shields:

$$\tau_c = C^* \cdot (\gamma_m - \gamma_w) \cdot d_{75}$$

dove:

τ_c = tensione massima di trascinamento (kg/m^2)

C^* = coefficiente di Shields, dimensionale.

γ_m = peso specifico del materiale d'alveo

γ_w = peso specifico dell'acqua (1000 Kg/m^3)

d_{75} = diametro del vaglio che consente il passaggio del 75 % del materiale d'alveo (m)
= 0.70 m

Il coefficiente di Shields per il pietrame sciolto vale circa 0.047.

Inoltre, per pietrame di peso specifico circa pari a 2600 Kg/m^3 , la formula citata diventa:

$$\tau_c = 0.047 \cdot (2600 - 1000) \cdot 0.70 = 52.64 \text{ kg/m}^2$$

per il materiale non coesivo non situato su un fondo orizzontale, occorre tenere conto della riduzione della tensione massima di trascinamento τ_s (dovuta all'effetto della pendenza della sponda) mediante un coefficiente correttivo e la tensione così modificata va confrontata con la massima tensione agente τ_b :

$$\tau_b \leq \tau_s$$

dove

$$\tau_s = \tau_c \sqrt{1 - \frac{\sin^2 \theta}{\sin^2 \varphi}}$$

in cui:

φ = angolo di attrito interno del materiale (non coesivo) che costituisce la sponda = 41° .

θ = angolo di inclinazione della sponda sull'orizzontale = 18° .

Per evitare che il termine sotto radice diventi negativo, occorre che il materiale che costituisce la sponda abbia un angolo di attrito interno superiore all'inclinazione della sponda.

Risulta che:

$$\tau_s = \tau_c \sqrt{1 - \frac{\sin^2 \vartheta}{\sin^2 \varphi}} = 24.79 \text{ kg/m}^2$$

per cui si ha:

			Esito verifica	Sicurezza
Verifica fondo alveo	$\tau_b \leq \tau_c$	$9.62 < 52.64 \text{ kg/m}^2$.	OK	$\tau_c / \tau_b = 5.47$
Verifica sponde	$\tau_m \leq \tau_s$	$7.22 < 24.79 \text{ kg/m}^2$.	OK	$\tau_m / \tau_s = 3.43$

Il rivestimento spondale e al fondo alveo risulta verificato.



11. VERIFICA ALLO SCALZAMENTO

Come visto l'interferenza tra le pile e il flusso della corrente è minimo per cui non sono applicabili le formulazioni per lo scalzamento descritte nel capitolo 4 della relazione IN0500DE2RGID0002002. Cautelativamente nei calcoli geotecnici si può assumere uno scalzamento pari alla larghezza della pila cioè 2.8 m.

12. VERIFICA DELLE OPERE PROVVISORIALI

Per la costruzione delle due pile in prossimità dell'alveo vengono approntate delle palancolature che limitano una zona 13.40X13.40 all'interno delle quali vengono effettuati gli scavi per la costruzione dei plinti di fondazione. La verifica delle opere provvisoriale è fatta considerando la portata di 200 m³/s (per portate più basse non si ha alcuna interferenza con i livelli idrici) e la presenza delle palancole.

Come si vede dai risultati riportati nella tabella seguente la presenza delle opere provvisoriale non modifica il profilo idrico.

Fiume Mincio con Opere Provvisionali Q=200 m³/s

Sezioni	Prog.	River Station	Quota fondo	Livello	Tirante max.	Livello critico	Carico totale	Vel. alveo	Area	Larg.	N° Froude alveo	Liv. att.
	(m)		(m s.m.)	(m s.m.)	(m)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m/s)	(m ²)	(m)		(m s.m.)
Sezione 4	0.0	4371.9	60.38	65.21	4.83	61.57	65.22	0.41	486.38	121.35	0.07	65.21
	257.0	4114.9	60.50	65.19	4.69	62.12	65.21	0.63	316.41	88.52	0.11	65.19
	486.8	3885.2	60.22	65.14	4.92	62.42	65.18	0.93	216.02	65.32	0.16	65.14
Sezione 5	522.2	3849.8	60.27	65.13	4.86	62.45	65.18	0.96	207.86	63.84	0.17	65.13
Ponte SS 11												
valle SS 11	551.9	3820.0	60.17	65.12	4.95	62.45	65.17	0.97	205.83	63.58	0.17	65.12
	578.9	3793.1	60.30	65.12	4.82	62.31	65.17	0.92	216.80	64.59	0.16	65.12
	646.6	3725.3	60.10	65.12	5.02	62.00	65.15	0.84	237.68	66.15	0.14	65.12
Sezione 6	730.0	3642.0	59.14	65.11	5.97	61.45	65.14	0.76	263.53	68.05	0.12	65.11
Ponte A4												
valle A4	783.9	3588.1	59.45	65.11	5.66	61.59	65.14	0.77	258.83	69.64	0.13	65.11
	792.1	3579.9	59.45	65.11	5.66	61.59	65.14	0.77	260.43	70.12	0.13	65.11
Sezione 7	798.4	3573.6	59.45	65.11	5.66	61.59	65.14	0.77	258.78	64.55	0.12	65.11
Viadotto AC												
valle AC	819.2	3552.7	59.50	65.10	5.60	61.77	65.13	0.81	246.90	64.56	0.13	65.10
	836.9	3535.1	59.50	65.10	5.60	61.77	65.13	0.80	250.96	70.90	0.14	65.10
Sezione 8	878.7	3493.2	59.74	65.09	5.35	61.86	65.13	0.80	249.80	70.25	0.14	65.09
	973.6	3398.4	59.66	65.08	5.42	61.90	65.12	0.80	250.96	70.65	0.13	65.08
	1084.0	3287.9	59.73	65.07	5.34	61.89	65.10	0.77	260.74	73.58	0.13	65.07
	1191.0	3181.0	60.04	65.06	5.02	61.99	65.09	0.77	260.02	74.75	0.13	65.06
	1258.7	3113.3	60.04	65.06	5.02	61.99	65.09	0.76	261.45	75.32	0.13	65.06
	1331.3	3040.6	60.24	65.05	4.81	62.05	65.08	0.77	258.69	75.17	0.13	65.05
	1447.4	2924.5	60.44	65.03	4.59	62.14	65.07	0.80	251.44	75.10	0.14	65.03
	1567.1	2804.8	60.62	65.02	4.40	62.24	65.05	0.83	240.32	73.38	0.15	65.02
Sezione 9	1698.2	2673.8	60.54	64.99	4.45	62.31	65.03	0.87	228.89	70.87	0.16	64.99
	1834.4	2537.5	60.57	64.98	4.41	62.22	65.01	0.82	243.34	73.81	0.14	64.98
	1971.6	2400.3	60.57	64.96	4.39	62.16	64.99	0.79	254.23	76.21	0.14	64.96
	2141.2	2230.7	60.60	64.94	4.34	62.08	64.97	0.79	252.49	74.13	0.14	64.94
	2341.7	2030.2	60.32	64.92	4.60	61.99	64.95	0.77	258.39	74.05	0.13	64.92
	2525.8	1846.1	59.97	64.90	4.93	61.89	64.93	0.75	265.77	74.55	0.13	64.90
	2602.2	1769.8	59.82	64.90	5.08	61.84	64.93	0.74	269.79	74.83	0.12	64.90
	2671.5	1700.4	59.73	64.89	5.16	61.83	64.92	0.75	267.27	73.64	0.13	64.89
	2762.4	1609.5	59.52	64.88	5.36	61.76	64.91	0.74	271.50	73.60	0.12	64.88
	2840.5	1531.5	59.38	64.88	5.50	61.74	64.90	0.74	270.65	73.07	0.12	64.88
	2935.7	1436.3	59.27	64.87	5.60	61.72	64.90	0.74	269.88	72.61	0.12	64.87
Sezione 10	3063.1	1308.8	59.08	64.85	5.77	61.69	64.88	0.78	255.98	69.35	0.13	64.85
	3160.6	1211.4	59.01	64.84	5.83	61.63	64.87	0.74	269.54	71.85	0.12	64.84
	3289.0	1082.9	59.09	64.83	5.74	61.61	64.86	0.74	272.10	72.97	0.12	64.83
	3432.1	939.8	59.20	64.82	5.62	61.58	64.85	0.73	274.53	73.77	0.12	64.82
	3567.2	804.7	59.27	64.81	5.54	61.54	64.84	0.71	283.49	75.56	0.12	64.81
	3708.3	663.7	59.37	64.80	5.43	61.50	64.83	0.69	289.17	77.49	0.11	64.80
	3843.5	528.5	59.53	64.79	5.26	61.46	64.82	0.68	292.93	78.74	0.11	64.79
	3966.1	405.8	59.62	64.78	5.16	61.44	64.81	0.68	293.69	79.70	0.11	64.78
	4081.1	290.8	59.71	64.77	5.06	61.42	64.80	0.68	293.38	80.38	0.11	64.77

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due 

ALTA SORVEGLIANZA

 ITALFERRProgetto
IN05Lotto
00Codifica Documento
DE2RIID0002-006Rev.
1Foglio
31 di 35

Sezioni	Prog.	River Station	Quota fondo	Livello	Tirante max.	Livello critico	Carico totale	Vel. alveo	Area	Larg.	N° Froude alveo	Liv. att.
	(m)		(m s.m.)	(m s.m.)	(m)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m/s)	(m ²)	(m)		(m s.m.)
	4191.9	180.0	59.80	64.76	4.96	61.45	64.79	0.73	273.71	75.58	0.12	64.76
Sezione 11	4307.6	64.4	59.86	64.74	4.88	61.55	64.77	0.82	243.17	70.14	0.14	64.74

13. VALUTAZIONE DELLA COMPATIBILITÀ IDRAULICA

Effetto E.1: modifiche indotte sul profilo inviluppo di piena

Fattori determinanti: restringimenti di sezioni o ostacoli al deflusso nel tratto di corso d'acqua interessato.

Modalità di quantificazione: confronto tra il profilo di piena in condizioni indisturbate e ad intervento realizzato.

Con riferimento alle tabelle del paragrafo 8.3.2, si nota che la presenza del viadotto ferroviario non modifica in alcun modo i livelli di piena.

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

Fattori determinanti: riduzioni delle superfici allagabili all'interno della fascia B causate dalla realizzazione dell'intervento.

Le opere in progetto non comportano alcuna riduzione delle superfici allagabili all'interno della fascia B. L'attraversamento avviene totalmente in viadotto, l'unica area occupata è quella delle pile che può ritenersi del tutto trascurabile.

Effetto E.3: interazioni con opere di difesa idraulica (opere di sponda e argini esistenti)

Fattori determinanti: localizzazione e caratteristiche strutturali degli elementi costituenti parte delle opere in progetto.

Modalità di quantificazione: valutazioni idrauliche sugli effetti idrodinamici coinvolti.

La situazione di progetto non determina di fatto, sulla base dei risultati dei calcoli idraulici, alcuna variazione delle caratteristiche della corrente di piena.

Elementi di compatibilità da considerare:

- *localizzazione e tipologia delle opere in rapporto alle opere idrauliche presenti e potenzialmente interessate;*
- *tipologia delle opere idrauliche interessate;*
- *eventuali modificazioni di tracciato o di tipologia delle opere idrauliche esistenti previste nel progetto,*

- *eventuali soluzioni costruttive adottate per garantire la compatibilità.*

Unico elemento di disturbo alla situazione attuale è costituita dalla presenza delle pile del viadotto.

Criteri guida di compatibilità:

argini:

- *localizzazione coerente con le distanze di rispetto (norme e regolamenti di polizia idraulica);*
- *assenza di effetti negativi sulla stabilità strutturale del corpo arginale;*
- *assenza di effetti negativi rispetto ai fenomeni di filtrazione nel corpo arginale o di sifonamento nelle fondazioni (fontanazzi);*

Non sono presenti argini in prossimità dell'opera.

opere di sponda e in alveo:

- *localizzazione coerente con le norme e i regolamenti di polizia idraulica;*
- *mantenimento delle caratteristiche funzionali.*

I criteri guida di compatibilità sono totalmente rispettati.

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

Fattori determinanti: necessità di protezione delle opere in progetto o di inserimento delle stesse nel sistema fluviale.

Elementi di compatibilità da considerare:

- *opere idrauliche presenti;*
- *soluzioni costruttive adottate.*

Criteri guida di compatibilità:

- *integrazione con le opere idrauliche esistenti;*
- *coerenza con l'assetto di progetto del corso d'acqua nel tratto.*

Non si individuano elementi negativi per il giudizio di compatibilità delle opere in progetto.
Non ci sono interazioni con altre opere idrauliche presenti nell'intorno dell'attraversamento.

Le opere non comportano alcuna variazione significativa della distribuzione del rischio di esondazione e quindi dell'assetto di progetto (fascia B) del corso d'acqua.

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

Fattori determinanti: opere in progetto e soluzioni di inserimento delle stesse nel sistema fluviale.

Modalità di quantificazione: valutazioni idrauliche sugli effetti idrodinamici coinvolti, in rapporto alle caratteristiche geomorfologiche dell'alveo e alle relative tendenze evolutive.

Elementi di compatibilità da considerare:

- *effetti erosivi di fondo e/o di sponda indotti nell'alveo inciso;*
- *attivazione di nuove vie di deflusso all'interno dell'alveo di piena.*

Criteri guida di compatibilità:

- *assenza di effetti erosivi nell'alveo inciso non controllati da opere;*
- *assenza di vie di deflusso preferenziali in piena incompatibili con l'assetto attuale e di progetto del corso d'acqua e con le relative opere idrauliche.*

Viste le ridotte velocità anche in caso di piena non sono attesi effetti erosivi localizzati nell'alveo inciso.

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

Fattori determinanti: opere in progetto e soluzioni di inserimento delle stesse nel sistema fluviale.

Modalità di quantificazione: valutazioni sugli effetti delle opere in progetto in rapporto alle componenti naturalistiche, ambientali e paesistiche del sistema fluviali.

Si fa riferimento alle considerazioni del precedente capitolo 4 "Caratteristiche ambientali e paesistiche della regione fluviale" .

Elementi di compatibilità da considerare:

- *presenza di componenti o elementi di particolare rilevanza o sensibilità alle modificazioni indotte;*
- *opere di mitigazione previste.*

Criteria guida di compatibilità:

- *miglioramento delle condizioni dell'ecosistema fluviale ottenibili con l'intervento;*
- *recupero ambientale delle aree al contorno.*

Le opere in progetto determinano un impatto limitato e localizzato sull'ambiente fluviale, non modificando in modo sostanziale l'attuale caratteristica ambientale della fascia fluviale.

Effetto E.7: condizioni di sicurezza dell'intervento rispetto alla piena*Fattori determinanti:*

- *condizioni di stabilità delle opere costituenti l'intervento in relazione alle sollecitazioni derivanti dal deflusso in piena, con riferimento in particolare agli effetti connessi ai livelli idrici e a quelli derivanti dell'azione erosiva della corrente sulle strutture e sulle fondazioni;*
- *tipologia funzionale dell'intervento.*

Modalità di quantificazione: valutazione delle condizioni di funzionalità dell'opera in concomitanza di un evento di piena.

Il franco tra l'intradosso del ponte ed il livello di piena è adeguato anche in relazione alla navigabilità del corso d'acqua.

Le pile non sono soggette a fenomeni di scalzamento.

Elementi di compatibilità da considerare:

- *misure di protezione previste in progetto rispetto alla sicurezza strutturale e alla funzionalità dell'intervento;*
- *modalità di funzionamento o di utilizzo dell'opera nel corso degli eventi di piena;*
- *sistemi di preannuncio e di allarme per la piena.*

Criteria guida di compatibilità:

- *condizioni di rischio compatibili.*

Lo stato di progetto non modifica significativamente lo stato attuale e quindi le condizioni di rischio.