



Comune di **Rimini**

Settore Infrastrutture e Qualità Ambientale
U.O. Infrastrutture

Interventi Ciclovie Urbane – Realizzazione di Ponte ciclo pedonale sul Deviatore Ausa

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA / DEFINITIVO

Relazione idraulica

IL DIRIGENTE e R.U.P.
Ing. Alberto Dellavalle

Collaboratori R.U.P.
arch. Stefano Teodorani

R02

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

Progettista
Ing. Andrea Barocci

Collaboratore
Ing. Alberto Diotallevi



INGEGNERIA DELLE STRUTTURE
analisi - progettazione - consulenze

Sede legale e operativa:
via P. Tosi n° 318 47822 Santarcangelo di Romagna (RN)
+39 0541 391120 - info@ingegneriadellestrutture.it
www.ingegneriadellestrutture.it

Rimini li, 14 GIUGNO 2022





1	Premessa	2
2	Inquadramento generale	3
2.1	Descrizione dell'opera	3
2.2	Vincoli progettuali	5
3	Verifica Idraulica.....	7
3.1	Calcolo della portata di progetto	7
3.2	Calcolo della portata ammissibile	7
3.3	Calcolo altezza pelo libero.....	9
4	Conclusioni	11



1 Premessa

La presente relazione tecnica è afferente alla Verifica di compatibilità idraulica per il Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica / Definitivo del ponte ciclopedonale di nuova realizzazione in affiancamento all'esistente ponte carrabile lungo la Strada Consolare 72, Rimini - San Marino.

Le coordinate geografiche del manufatto sono le seguenti: 44.035937, 12.562168



Figura 1.1 Georeferenziazione del ponte in Strada Consolare 72 Rimini – San Marino



2 Inquadramento generale

2.1 Descrizione dell'opera

La passerella di nuova realizzazione ha l'obiettivo di stabilire una continuità con il percorso ciclopedonale esistente, che allo stato di fatto risulta interrotto in corrispondenza del Deviatore AUSA.

In questa fase si procede al dimensionamento in via definitiva del nuovo ponte, i dettagli costruttivi verranno analizzati nello specifico nella fase di progetto esecutivo.

L'intervento previsto dal progetto definitivo prevede la realizzazione di un ponte ciclopedonale composto da un impalcato con struttura metallica, fornita da Janson Bridging, e strutture di fondazione in c.a. gettate in opera.

L'impalcato avrà lunghezza e larghezza rispettivamente pari a circa 33,50 m e 3,50 m, ed è sostenuto agli estremi da due appoggi per lato. Le strutture di fondazione sono realizzate con la tecnologia di pali trivellati gettati in opera al di sotto di ogni appoggio, con diametro 1,00 m e lunghezza pari a 17 m; il collegamento tra i pali di fondazione è garantito da un cordolo in c.a. di dimensioni pari a 1,60 x 5,00 x 1,20 m.

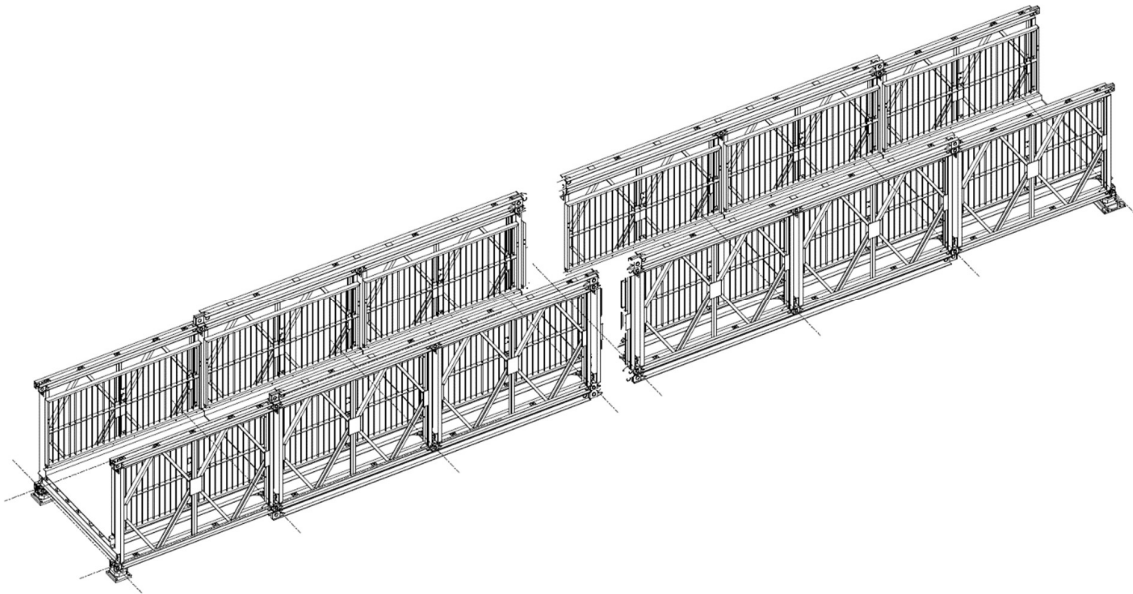


Figura 2.1 Tipologia di impalcato

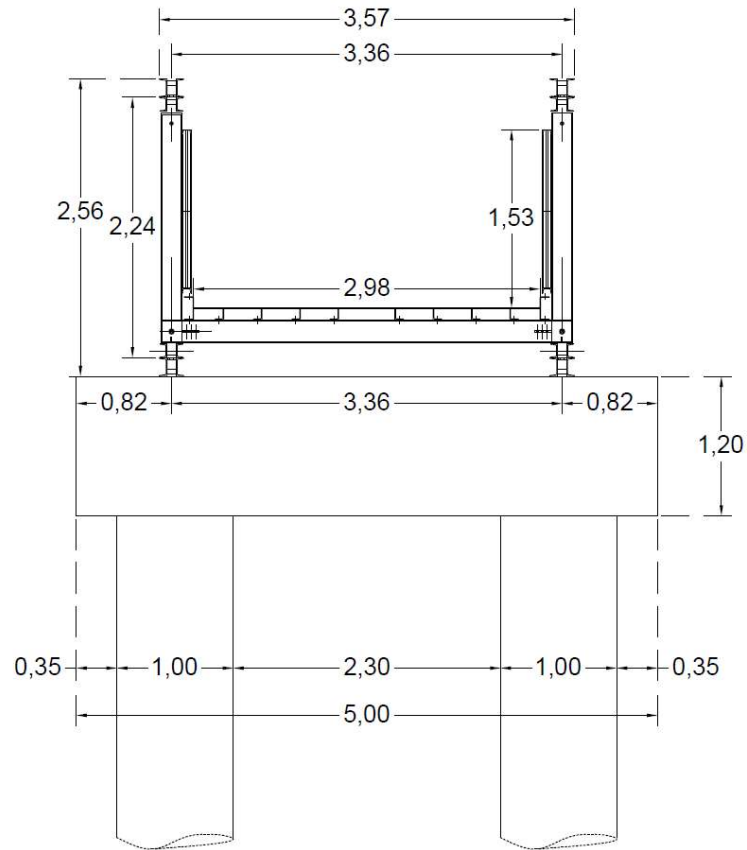


Figura 2.2 Sezione Trasversale Tipo in Appoggio

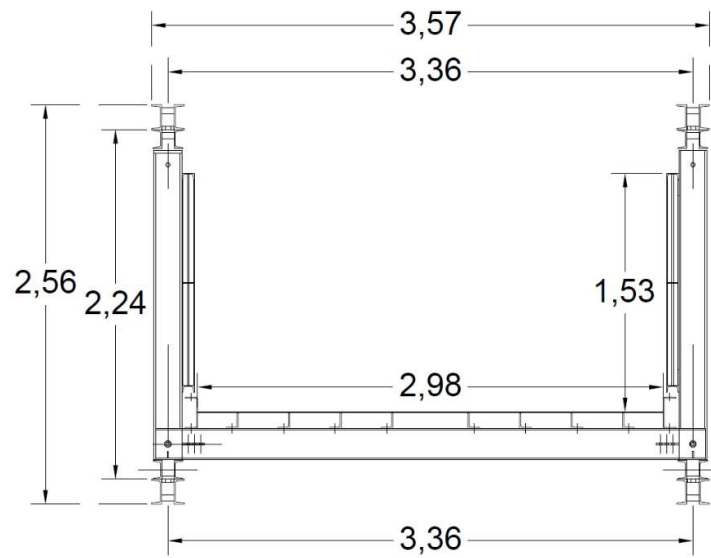


Figura 2.3 Sezione Trasversale Tipo in Mezzeria



2.2 Vincoli progettuali

In questa fase progettuale si è tenuto conto delle interferenze rilevate in loco. In particolare, sono state individuate le seguenti interferenze:

- Acquedotto Hera corrente parallela al canale lato Rimini, tubazione DN250;
- Fognatura acque bianche Hera corrente parallela al canale lato San Marino, tubazione DN600;
- Nuova adduttrice Hera DN700 in ghisa in fase di realizzazione;
- Linea Telecom interrata corrente parallela al canale lato San Marino nei pressi della recinzione presente;
- Linea della Media Tensione di E-distribuzione, individuata la presenta ma non la precisa localizzazione.

Per maggiori dettagli sul posizionamento e sui sottoservizi si rimanda all'elaborato TAV. 08 – *Planimetria interferenze e sottoservizi*.

Si riporta uno stralcio della planimetria sopra citata.

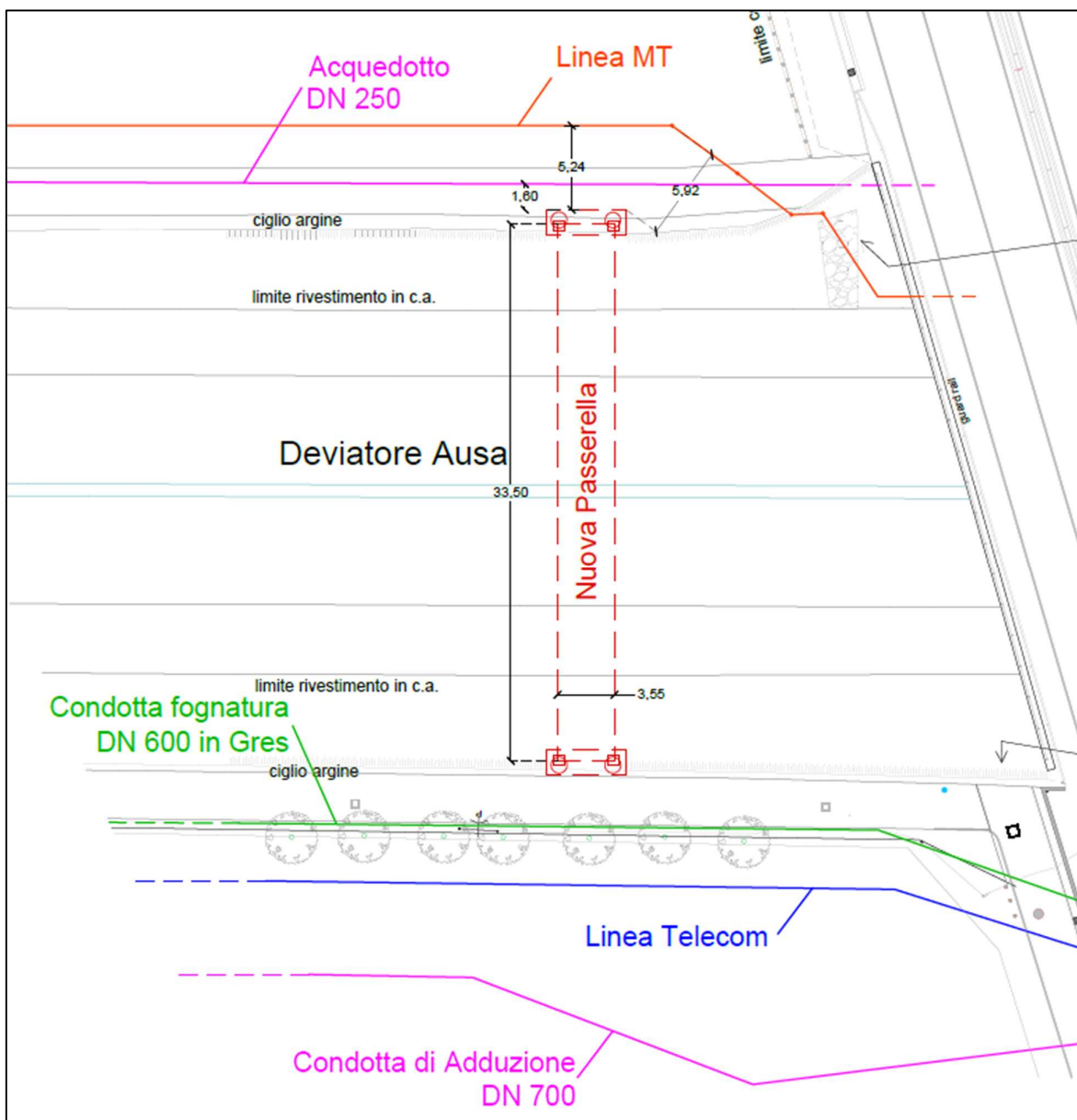


Figura 2.4 Posizionamento sottoservizi in Pianta





Dal punto di vista idraulico, è stata verificata la posizione della nuova passerella nei confronti delle cartografie PAI in merito alle aree esondabili con tempi di ritorno pari a 200, la quale si ritrova al di fuori di esse. La struttura della passerella poggia sulle fondazioni in calcestruzzo armato realizzate in opera in corrispondenza degli argini del canale, senza limitare la sezione utile al passaggio del torrente Ausa. Si riscontra che, la quota relativa all'intradosso della passerella ciclo-pedonale risulta inferiore rispetto all'intradosso del ponte carrabile esistente di 0.19 m. Per questo motivo si svolge anche una verifica di compatibilità idraulica apposita in termini di franco idraulico, confrontando l'altezza di pelo libero del torrente con l'altezza di intradosso della passerella. Nell'immagine di seguito si riporta il ponte esistente in grigio e il nuovo in rosso.

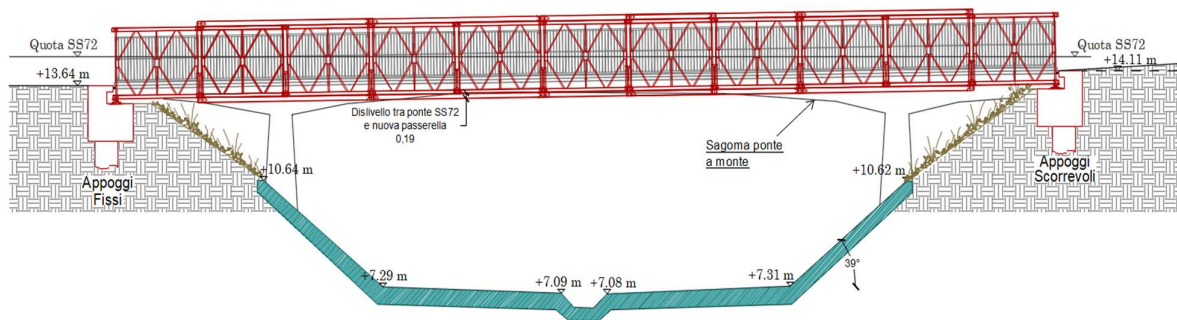


Figura 2.5 "Sovrapposizione" ponte esistente e nuova passerella



3 Verifica Idraulica

La verifica di compatibilità idraulica della nuova passerella ciclopeditone è stata eseguita eseguendo un confronto tra la portata massima di progetto corrispondente ad eventi con un determinato tempo di ritorno pari a 50, 100 e 200 anni, con la portata massima ammissibile.

3.1 Calcolo della portata di progetto

Per il calcolo della portata di progetto si utilizza un tempo di ritorno pari a 200 anni, in accordo con quanto definito dalle Normative tecniche al paragrafo 5.1.2.3.

Il Consorzio di Bonifica ha fornito direttamente i valori corrispondenti alla portata di progetto per tre diversi tempi di ritorno 50, 100 e 200 anni.

Per cui la porta che sarà confrontata con quella ammissibile dal canale risulta pari a:

$$Q_{TR=200 \text{ anni}} = 132 \text{ mc/s}$$

3.2 Calcolo della portata ammissibile

La portata massima ammissibile viene calcolata considerando la portata transitante in moto uniforme nella sezione del canale con la formula di Bazin sotto riportata.

$$Q_s = A \cdot V = A \cdot K \sqrt{R \cdot J}$$
$$K = \frac{87 \cdot \sqrt{R}}{\sqrt{R} + \gamma}$$

Ove:

- A è l'area della sezione utile;
- R è il raggio idraulico, calcolato come A/C ;
- C è il perimetro bagnato;
- J è la pendenza considerata è stata ottenuta dal profilo riportato alla TAV07 considerando a favore di sicurezza la sezione C, in cui risulta pari a 0,001.
- γ è il coefficiente di scabrezza, considerato pari a 1.7 a favore di sicurezza;
- F è il franco idraulico di sicurezza o di bonifica, imposto dal regolamento della polizia Idraulica pari ad almeno 0.3 m, assunto a favore di sicurezza pari a 0.5 m;
- V è la velocità dell'acqua;
- Q_s è la portata ammissibile.

Di seguito si riporta la sezione trasversale e il calcolo di tutti i parametri geometrici appena descritti.

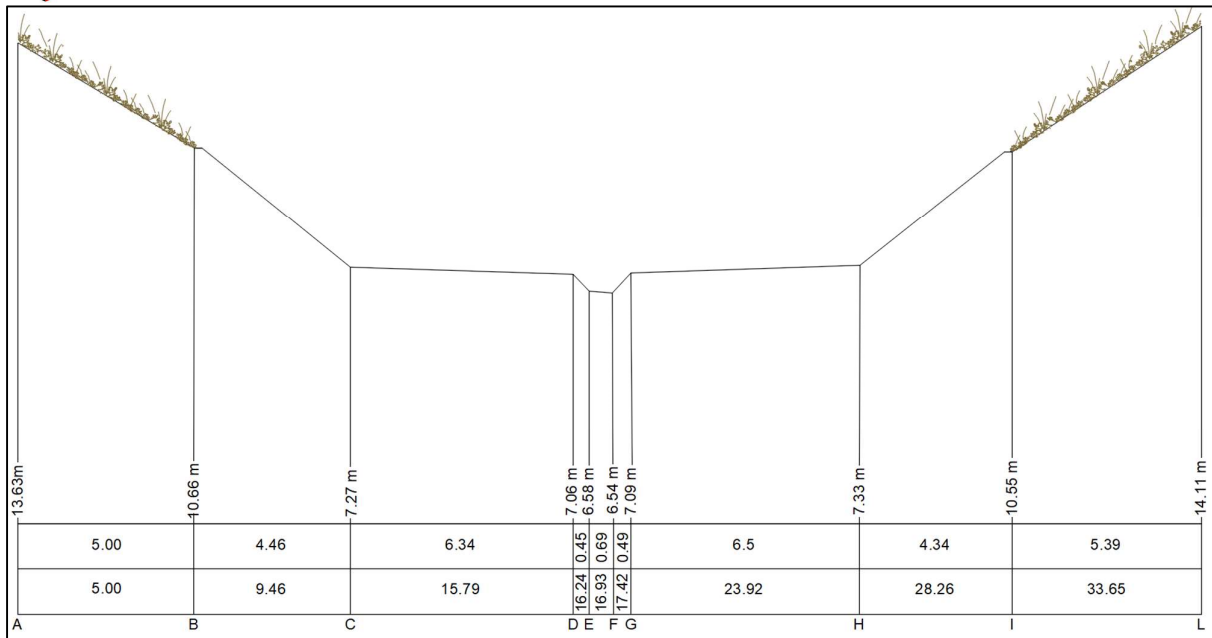


Figura 3.1 Sezione trasversale del Deviatore Ausa

C [m]	33	Perimetro bagnato
As [m ²]	150	Area sezione del canale
A [m ²]	116	Area sezione utile del canale
R	3,52	Raggio idraulico
γ	1,7	Coefficiente di scabrezza

Calcolo della portata ammissibile		
K	45,63	
Qs	313,81	m ³ /s

Verifica di compatibilità Idraulica		
Qs(TR)	132,00	m ³ /s
Qs	313,81	m ³ /s
Verifica	Verificato!	

Si noti che la verifica di compatibilità idraulica, eseguita come confronto tra la portata di progetto per piene con tempo di ritorno pari a 200 anni e la portata ammissibile, risulta ampiamente soddisfatta.



3.3 Calcolo altezza pelo libero

Al fine di evidenziare la misura del franco idraulico nei confronti di una piena avente tempo di ritorno T_r pari a 200 anni, si è proceduto al calcolo della altezza del pelo libero nella sezione del canale in cui sarà posizionato il ponte ciclo pedonale.

Considerando il moto di tipo uniforme si è calcolata l'altezza utilizzando il metodo indiretto avendo come dati la portata, n , geometria e pendenza. In particolare, per il calcolo della velocità si è fatto riferimento alla formula di Manning-Strickler. La formula di Manning è una formula empirica per stimare la velocità media di un liquido che scorre sulla superficie libera, cioè in un condotto dove il fluido non riempie completamente la sezione o in un canale aperto. I flussi di superficie libera sono governati dalla gravità. Questa formula fu sviluppata per la prima volta dall'ingegnere francese Philippe Gauckler nel 1867, per essere successivamente rielaborata dall'ingegnere irlandese Robert Manning nel 1890.

La formula di Manning-Strickler è scritta come segue:

$$V = K_s \cdot R_h^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

dove:

- V è la velocità media della sezione trasversale (in m / s)
- K_s è il coefficiente di Strickler
- R_h è il raggio idraulico (m)
- i è la pendenza idraulica (m/m)

Il coefficiente di Strickler K_s varia da 20 (pietra grezza e superficie ruvida) a 80 (calcestruzzo liscio e ghisa), nel caso in esame, considerando il canale totalmente cementato, si è considerato a favore di sicurezza pari a 50.

La pendenza i considerata è stata ottenuta dal profilo riportato alla TAV07 considerando a favore di sicurezza la sezione C, in cui risulta pari a 0,001.

Trattandosi, nel caso in esame, di una sezione trapezoidale si è utilizzato un processo iterativo, imponendo che la soluzione di primo tentativo sia ottenuta facendo riferimento ad una sezione infinitamente larga. La soluzione di primo tentativo è come segue:

1. ipotesi: $R_h=y$ ed $A=By$; 2
2. da cui si ottiene la velocità tramite equazione Gauckler – Strickler
3. si ottiene quindi un valore di area liquida: $A = Q/V$
4. da cui si ottiene il valore di secondo tentativo per y , risolvendo l'equazione di secondo grado dell'area con incognita y . Si seleziona solo il valore positivo fra le due radici dell'equazione di secondo grado.
 $A = B \cdot y + n \cdot y^2$, da cui $y = \frac{-B+(B^2+4 \cdot A \cdot n)^{0.5}}{2 \cdot n}$
5. si torna al punto 1, utilizzando il nuovo valore di y per calcolare Area e Raggio idraulico, e si itera finché la differenza relativa fra due soluzioni iterative successive è minore del 2%.

Si riportano di seguito i dati di progetto:

DATI		
Q	Portata [m ³ /s]	132
K_s	Coefficiente di Strickler	50
B	Base [m]	14
n	Inclinazione argine	1,235
i	Pendenza [m/m]	0,001

Nelle ipotesi iniziali si è ipotizzata una altezza di tentativo y pari 1 m per la prima iterazione. Di seguito in formato tabellare sono riportati i vari step di iterazione utilizzati per raggiungere un errore inferiore al 2%





Step	y_i	Rh	V	A	y_f	Delta
1	1,00		1,58	83,48	4,32	331,83%
2	4,32	3,01	3,30	40,03	2,37	45,21%
3	2,37	1,86	2,39	55,19	3,10	30,88%
4	3,10	2,31	2,77	47,71	2,74	11,39%
5	2,74	2,10	2,59	50,91	2,90	5,57%
6	2,90	2,19	2,67	49,44	2,83	2,40%
7	2,83	2,15	2,63	50,10	2,86	1,10%
8	2,86	2,17	2,65	49,80	2,84	0,49%

Come è possibile osservare dalla tabella riportata, sono stati necessari 8 step di iterazione per raggiungere un errore inferiore allo 0,50 %. In particolare, in riferimento a quanto si è ottenuto dal processo iterativo è possibile affermare che in corrispondenza di una piena avente T_r pari a 200 anni l'altezza del pelo libero è pari a 2,84 m.

Di seguito è riportata una immagine in cui è individuato il pelo libero dell'acqua nelle condizioni su citate, da cui si evince che il franco idraulico presente in corrispondenza della sezione in cui il ponte ciclo pedonale risulta più basso rispetto al ponte carrabile esistente è pari a 3,25m.

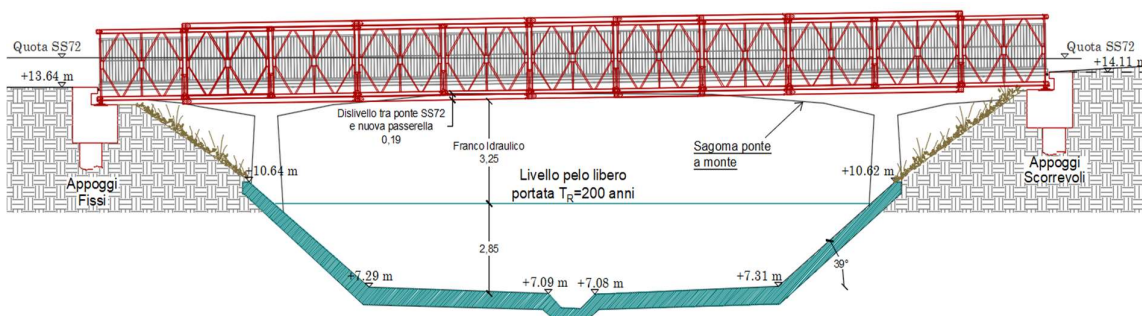


Figura 3.2 Rappresentazione franco idraulico



4 Conclusioni

Nel presente documento è stata redatta la Verifica di compatibilità idraulica richiesta per la realizzazione della passerella ciclopedonale in affiancamento all'esistente ponte carrabile lungo la Strada Consolare 72, Rimini - San Marino.

La verifica di compatibilità idraulica, eseguita come confronto tra la portata di progetto per una piena con tempo di ritorno pari a 200 anni e la portata ammissibile, risulta soddisfatta con un rapporto tra le due portate di 2,37.

È stata calcolata l'altezza di pelo libero del canale corrispondente ad una piena con tempo di ritorno pari a 200 anni, che risulta pari a 2,84 m, e dal confronto con l'altezza dell'intradosso della nuova passerella si evince che il franco idraulico risulta pari a 3,25 m

A seguito delle due verifiche effettuate, si ritiene la nuova passerella ciclo-pedonale oggetto della presente relazione, compatibile dal punto di vista idraulico con il Fiume Ausa, seppure l'intradosso della struttura risulta ad una quota inferiore di 0,19 m rispetto all'intradosso del ponte carrabile a monte.