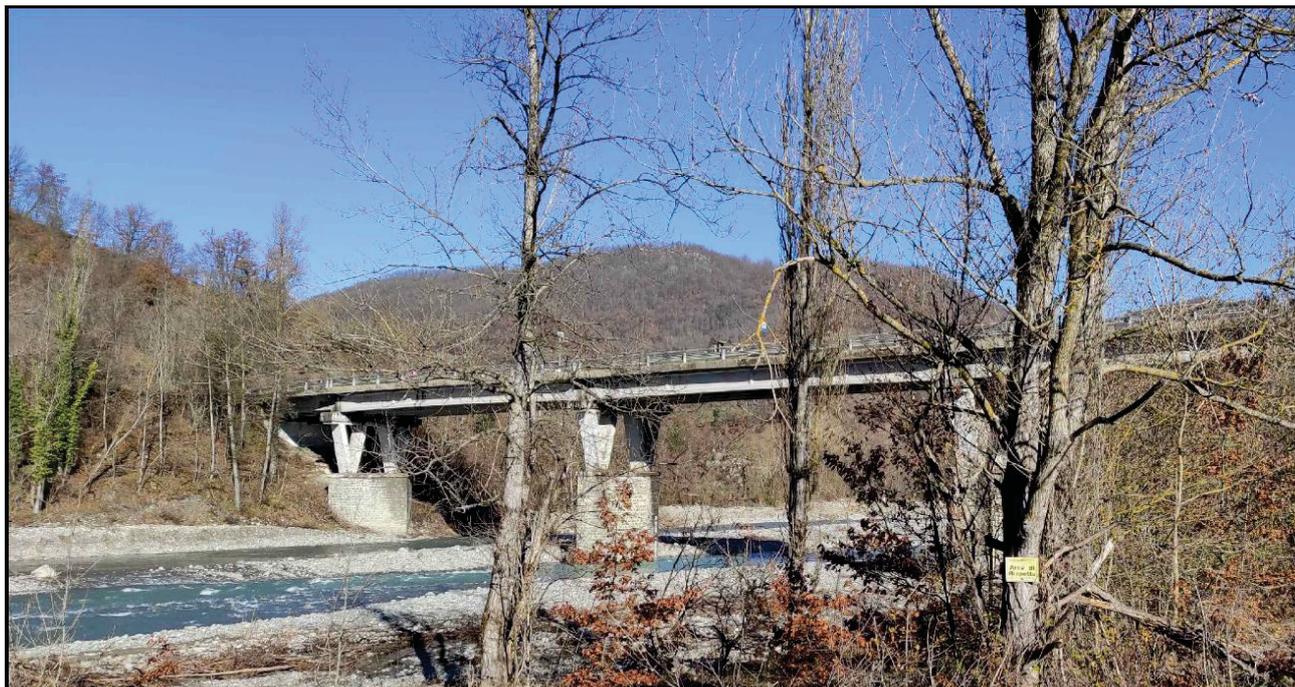




# PROVINCIA DI REGGIO EMILIA

Servizio Infrastrutture, Mobilità sostenibile, Patrimonio ed Edilizia  
corso Garibaldi, 26, Reggio Emilia  
info@provincia.re.it

**MESSA IN SICUREZZA DELLE STRUTTURE DEL PONTE SUL FIUME SECCHIA**  
lungo la SP 9 al km 6+100 tra i comuni di Castelnovo ne' Monti e Villa Minozzo  
- Lotto 2 - Lavori relativi a n. 6 campate e alla spalla destra e adeguamento del piano viabile -  
CIG: 9002143369 - CUP: C27H20001640001 - CUP: C27H20001650001



IL DIRIGENTE DEL SERVIZIO

dott. ing. VALERIO BUSSEI  
dirigente del Servizio Infrastrutture, Mobilità  
sostenibile, Patrimonio ed Edilizia  
v.bussei@provincia.re.it

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

dott. ing. MARINO GALLO  
  
U.O. Gestione Manufatti  
m.gallo@provincia.re.it

IL PROGETTISTA

dott. ing. SALVATORE VERA  
MAIN ENGINEERING s.r.l.  
Via Carlo Levi, 10  
42124 Reggio Emilia (RE)  
0522-506337  
info@mainengineering.eu  
www.mainengineering.eu



Collaboratori:

Ing. Fabio Emmolo Ing. Alessandra Oradei



ELABORATO

## D.05

SERIE ELABORATI

Progetto di fattibilità tecnico economica

TITOLO DELL'ELABORATO

**STUDIO PRELIMINARE DI COMPATIBILITA'  
IDRAULICA**

REVISIONI

			red.	contr.	red.	contr.
			A.A.	S.V.	S.V.	S.V.
A	14/06/2022	Rev. 01				
B					data	
C					31/05/2022	
D					scala	
E						

## 1) Premesse

Le valutazioni preliminari di seguito riportate riguardano la valutazione della vulnerabilità idraulica del ponte in esame, ed in particolare la stima del franco di piena e della erosione in corrispondenza delle fondazioni, al transito della portata di progetto con  $T_r=200$  anni. La valutazione, che in questa sede è di significativo interesse anche perché il ponte in esame fu realizzato dopo il cedimento del ponte preesistente a seguito della piena del Settembre 1972, documentata dalla fotografia seguente



*Figura 1 - Ponte sul F.Secchia in loc. Gatta - cedimento a seguito della piena del Settembre 1972*

## 2) Valutazioni idrologiche

Nelle presenti valutazioni preliminari si farà riferimento allo studio idrologico-idraulico per la stima delle portate e per il calcolo dei profili di piena del fiume Secchia, realizzato nell'anno 2010 dallo scrivente in collaborazione con il Prof. Ing. A.Bizzarri, nel tratto interessato dai lavori di sistemazione della pista di fondovalle "Gatta Pianello", immediatamente a monte del ponte in esame.

In assenza di misure sistematiche di portata eseguite lungo il tratto in questione, non interessato dalla classificazione delle fasce fluviali da parte dell'Autorità di Bacino del Fiume Po, per la stima delle portate di

piena al colmo in funzione del tempo di ritorno tale studio ha utilizzato un metodo di regionalizzazione basato sulla portata indice.

È stata quindi condotta in una prima fase un'analisi idrologica statistica su un campione molto vasto di stazioni di misura, al fine di individuare una regione idrologicamente omogenea al bacino del Secchia, estendendo il campo di applicazione delle leggi regionali a tutti i fiumi compresi tra lo Scrivia e il Potenza, e utilizzando un periodo di rilevamento di circa cinquant'anni compresi tra il 1920 e il 1970.

Nella seconda fase dello studio sono state quindi determinate le relazioni che legano rispettivamente la portata indice di una stazione idrometrica ai parametri morfologici ed idrologici del bacino sotteso dalla stazione stessa (in particolare si sono utilizzati i valori della superficie, dell'altitudine media e della pioggia media annua) e la portata adimensionale al tempo di ritorno assegnato.

Per lo studio idraulico e la ricostruzione dei profili di piena, effettuata impiegando modelli di moto vario applicati al passaggio delle onde di piena di diverso tempo di ritorno, in analogia con altri corsi d'acqua appenninici, sui quali sono stati effettuati operazioni sperimentali di taratura di modelli numerici di propagazione delle piene, sono stati assunti valori di scabrezza del fondo secondo Gauckler-Strickler pari a 25  $m^{1/3}/s$  per le fasce vegetate, e pari a 30  $m^{1/3}/s$  per il greto ghiaioso; la morfologia dell'alveo fluviale è stata rappresentata mediante il profilo longitudinale del fondo e numerose sezioni trasversali, desunte da accurati rilievi topografici.

Dalla relazione idrologica-idraulica del progetto definitivo del 2002, si possono desumere i valori delle piene al colmo con diverso tempo di ritorno al ponte di Pianello ed allo sbocco dell'affluente Lucola, nonché gli effetti di laminazione delle onde di piena dal ponte di Pianello alla confluenza del torrente Lucola e da questa al ponte della Gatta, interessato dal presente studio.

L'esame dei risultati dei calcoli di propagazione delle piene ha evidenziato il carattere sostanzialmente cinematico della propagazione delle piene, senza alcuna apprezzabile riduzione dei colmi nei due tratti considerati, ed induce ad assumere come costanti lungo i due tratti i valori delle portate al colmo, come nel seguito indicati:

**Tabella 1 - Valori di portata assunti**

Tratto	Tr = 20 anni	Tr = 200 anni
Q [mc/s]		
da ponte Pianello a confluenza T. Lucola	470	670
Da confluenza T. Lucola a ponte Gatta	550	790

I profili di piena possono inoltre essere calcolati, con approssimazione accettabile, impiegando in luogo dei modelli di propagazione di onde di piena di forma assegnata (moto vario), più semplici modelli di moto stazionario con transito di portate pari a quelle individuate nella precedente Tabella 1.

A tal fine si è impiegato il programma di calcolo numerico HEC-RAS (River Analisis System dell'Hydrologic Engineering Center – U.S. Corp of Engineers), implementando nel modello la geometria del corso d'acqua risultante dalla più recente campagna di rilievi topografici.

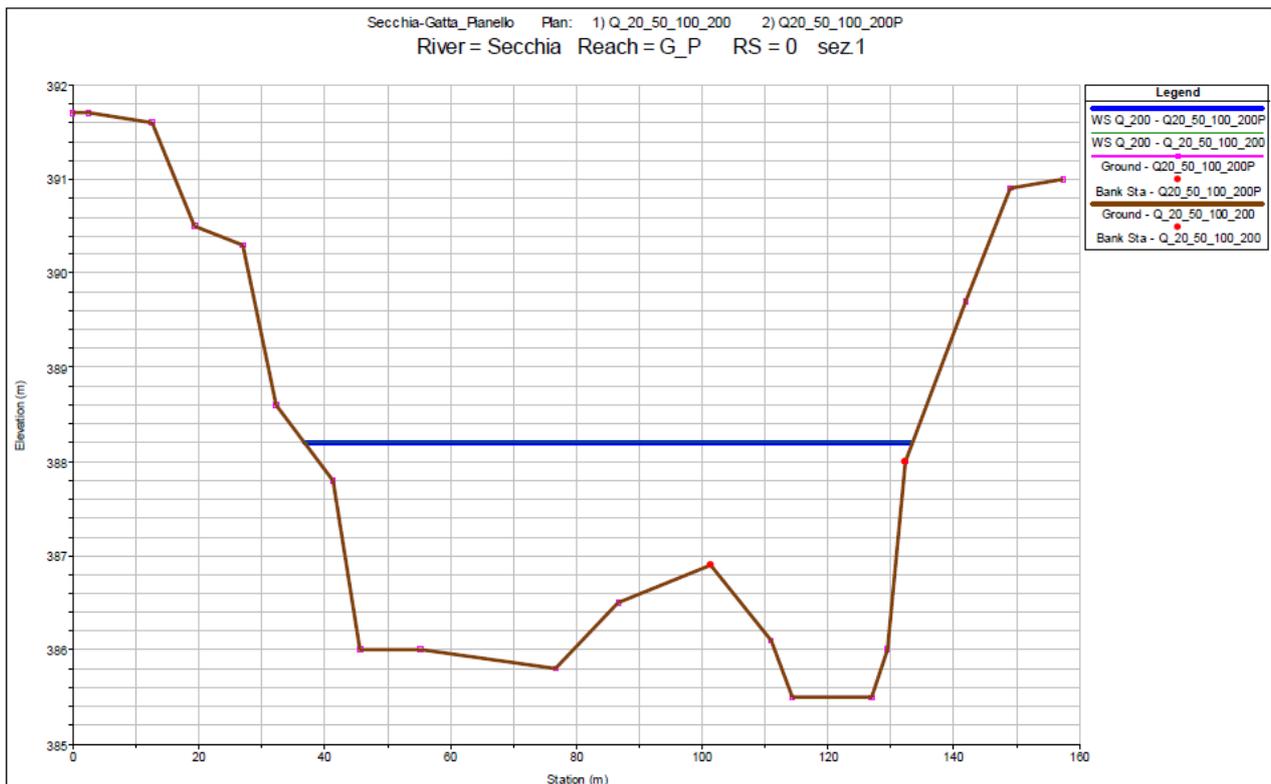
I risultati delle simulazioni forniscono per quanto riguarda la presente progettazione la sollecitazioni idrologiche nella sezione immediatamente a monte del ponte in esame, che costituiscono gli elementi sufficienti per le necessarie valutazioni preliminari, che dovranno essere approfondite in sede di progettazione definitiva.

Trattasi della sezione "00" dello studio idraulico richiamato, che come risulta dal seguente estratto grafico è posta immediatamente a monte del vecchio ponte demolito:



e quindi 120 m a monte del ponte in fase di analisi.

La sintesi delle relative condizioni idrauliche è riportata graficamente nella seguente sezione, desunta dagli studi suddetti, relativa al deflusso della portata di 790 mc/sec:



I parametri idraulici di deflusso sono di seguito riassunti:

River Sta	Plan	Q Total	Cum Ch Len	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
		(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	(m)	
0	Q20_50_100_200P	790		385.5	388.2	388.17	389.17	0.01000 3	5.04	187.42	96.61	1.09

### 3) Valutazioni morfologiche

La tabella precedente riporta i dati di maggiore interesse: il massimo tirante idrico di 2,70 m; la larghezza effettiva dell'alveo attivo di 96,61 m, la max quota di deflusso di 388,20 m s.l.m. di poco superiore all'altezza critica di 388,17 m (corrente lenta), la quota della linea dell'energia di 389,17 m s.l.m. la relativa pendenza di circa 1%, la velocità di 5,04 m/s, il numero di Froude della corrente pari a 1,09.

Altri elementi interessanti scaturiscono dall'analisi morfologica speditiva seguente, facilmente riscontrabile sia con l'ausilio dell'allegata foto aerea acquisita nel Settembre 2021, nella quale si evidenzia la posizione della precedente sezione e quella delle spalle del ponte demolito:



Figura 2 - Aerofoto Settembre 2021

La situazione è confermata dal rilievo topografico aggiornato al Marzo 2022, di seguito riportato. L'alveo presenta in corrispondenza della sezione del vecchio ponte ad arco una biforcazione del canale di magra, con maggiore approfondimento del ramo in sponda sinistra, situazione qualitativamente corrispondente a quella esistente all'epoca del cedimento del medesimo vecchio ponte. I dati mostrano una tendenza nel tempo all'approfondimento del canale di magra suddetto, che indicano la tendenza della botta della corrente in piena ad addossarsi alla sponda sinistra, circostanza confermata dalla recente realizzazione di un'opera di difesa radente in tale posizione. Il canale di magra si riunifica circa 50 m a monte del ponte della SP9, e attraversa quest'ultimo in corrispondenza della seconda pila contata dalla sponda sinistra, indirizzandosi verso valle obliquamente all'asse fluviale verso la sponda destra con relativa botta su quest'ultima, difesa da una serie di pennelli repellenti.

Il ponte della SP9 si trova quindi in una zona di "flesso" della corrente di piena con canale inciso rettilineo particolarmente addossato alla suddetta seconda pila da sinistra, che pertanto appare al momento l'elemento più esposto all'erosione.



Figura 3 - Pila n. 3 da sinistra

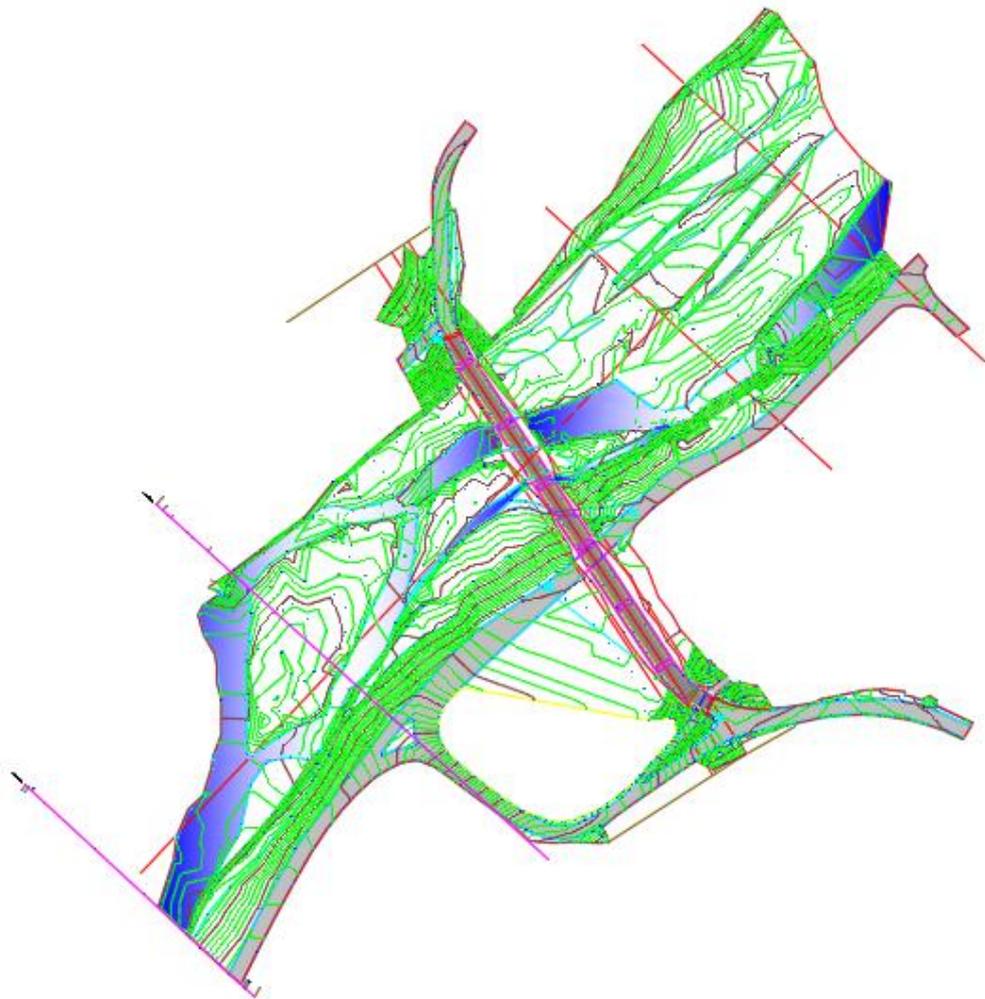


Figura 4 - Rilievo topografico Marzo 2022

Tenendo conto delle opere di difesa idraulica presenti a monte e a valle della sezione del ponte della SP9 si può ragionevolmente ritenere stabile la presente condizione morfologica come sopra descritta, almeno a livello qualitativo.

#### 4) Verifica del franco di piena per Tr=200 anni

I rilievi eseguiti recentemente ci consentono di fare alcune prime considerazioni su quote e livelli di piena.

L'altezza cinetica a monte del ponte è  $389,17 - 120 \times 0,01 - 381,06 = 6,91$  m

La quota d'intradosso dell'impalcato varia da 393,17 a 395,33 m s.l.m.

La quota di massima piena indisturbata stimata a monte è  $388,17 - 120 \times 0,01 = 386,97$

Calcolo del sovrizzo della corrente Per  $Q_{200} = 790$  Mc/Sec

$B_0 = 107$  m  $B_n = 99,5$  m  $r = 0,93$

$Fr = 1,09$

$R_{cr} = \sqrt{(27 \times Fr^2 / (2 + Fr^2)^3)} = 0,99$

In prima approssimazione si utilizza la classica formula di Yarnell:

$$\frac{\Delta y}{y_2} = K_Y (K_Y - 0,6 + 5F_2^2) [1 - r + 1,5(1 - r)^4] F_2^2$$

Pier Shape		Pier Coefficient
Semicircular nose and tail		0.90
Twin-cylinder piers with connecting diaphragm		0.95
Twin-cylinder piers without diaphragm		1.05
90° triangular nose and tail		1.05
Square nose and tail		1.25
Ten pile trestle bent		2.50

Nel caso presente si ha  $K_Y = 1,05$

$$\Delta y = 1,952 \times 1,05 \times (1,05 - 0,6 + 5 \times 1,09^2) \times [1 - 0,93 + 1,5 \times (1 - 0,93)^4] \times 1,09^2 = 1,09 \text{ m}$$

pertanto, considerando il rigurgito in corrispondenza delle pile il franco minimo è di :  $393,17 - (386,97 + 1,09) = 5,11$  m, superiore al valore minimo del franco di 1,50 m stabilito dal cap. 5.1.2.3 delle NTC 2018 sia al 50% dell'altezza cinetica, pertanto il ponte risulta adeguato alla vigente normativa.

#### 5) Calcolo spinta idrodinamica sulle pile

Come è stato precedentemente illustrato, per la piena bisecolare il battente idrico in corrispondenza delle pile è  $1,952 + 1,09 = 3,04$  m

$$A_{defl} = 3,04 \times 96 = 291,84 \text{ mq} \quad V = 790 / 291,84 = 2,71 \text{ m/s}$$

Spinta unitaria= $\rho \times V^2 = 1000 \times 2,71 / 1000 = 7,33$  kN/mq

Spinta per unità di altezza sulle pile=  $7,33 \times 2,50 = 18,325$  kN/m

### 6) Calcolo erosione

$$\frac{d_s}{s} = f_1\left(\frac{v_0}{v_{cr}}\right) \times \left[ 2 \tanh\left(\frac{y_0}{s}\right) \right] \times f_2(forma) \times f_3\left(\alpha, \frac{l}{s}\right)$$

in cui:

- $d_s$  è la profondità dello scavo misurato a partire dal fondo del terreno indisturbato;
- $s$  è la larghezza della pila di lunghezza  $l$ ;
- $v_0$  è la velocità media della corrente indisturbata
- $v_{cr}$  è la velocità critica (velocità media della corrente a cui inizia il movimento del materiale di diametro caratteristico  $d$ );
- $y_0$  è la profondità della corrente indisturbata;
- $\alpha$  è l'angolo che la corrente indisturbata forma con la pila.

Le 3 funzioni  $f_1$ ,  $f_2$  e  $f_3$  sono così definite:

$$f_1\left(\frac{v_0}{v_{cr}}\right) = 0 \quad \text{per } v_0/v_{cr} \leq 0,5$$

$$f_1\left(\frac{v_0}{v_{cr}}\right) = 2 \frac{v_0}{v_{cr}} \quad \text{per } 0,5 < v_0/v_{cr} \leq 1$$

$$f_1\left(\frac{v_0}{v_{cr}}\right) = 1 \quad \text{per } v_0/v_{cr} > 1$$

$$f_2(forma) = 1 \quad \text{per pile circolari o con fronti arrotondate}$$

$$f_2(forma) = 0,75 \quad \text{per pile sagomate opportunamente per evitare distacco}$$

$$f_2(forma) = 1,3 \quad \text{per pile rettangolari}$$

$$f_3\left(\alpha, \frac{l}{s}\right) \quad \text{è ricavabile da un grafico (=1 se la pila è posta nella direzione della corrente, indipendentemente dal valore di } \alpha)$$

Nel nostro caso assumiamo  $V_0 = 2,71$  m/s  $v_{cr} = 0,85 \sqrt{2gd \frac{(\gamma_s - \gamma)}{\gamma}}$

Nel nostro caso si ottiene avendo posto  $\gamma_s = 26.000$  Nm-3 (valore medio per il materiale di fondo) e  $d = d_{50} = 0,12$  m si ottiene  $V_{cr} = 1,68$  e quindi  $V_0/V_{cr} = 1,31$   
 $Y_0 = 3,04$  m

La funzione  $f_3$  assume il valore 1,2, essendo  $\alpha = 15^\circ$  e  $l/s = 4$ .

$f_1 = 1$ ;  $f_2 = 0,75$ ;  $f_3 = 1,2$   $s = 2,50$  m  $l = 9,50$

si trova  $d_s = 2,50 \times 1 \times 1,68 \times 0,75 \times 1,2 = 3,78$  m

Tale sarà la porzione dei pali di fondazione che risulterà scoperta; essendo la profondità dei pali pari a 12 m risulta sufficiente e cautelativo verificare in sede di progetto definitivo la stabilità della fondazione poggiante sui soli pali, con profondità di infissione ridotta a 8,22 m, considerando il livello idrico di piena e le spinte sulle pile, ed escludendo la concomitanza dei carichi mobili data l'eccezionalità della condizione. Considerata la modestia delle azioni in gioco rispetto alle dimensioni delle strutture di fondazione si può ritenere sin d'ora che l'esito sarà positivo..

## **7) Conclusioni**

Le verifiche preliminari sopra riportate consentono di affermare che il ponte della SP9 sul fiume Secchia in loc. Gatta è adeguato dal punto di vista del franco idraulico.

Peraltro considerando che le fondazioni palificate del ponte sono infisse in una bancata di ghiaia grossa di circa 10m di spessore e che i pali sono infissi nel sottostante substrato marnoso, si ritiene in generale poco probabile il verificarsi di problemi legati all'erosione del fondo.