

PIANO SULCIS - S.S. 195 "SULCITANA" - INTERVENTI DI ADEGUAMENTO STRADA DI COLLEGAMENTO S. GIOVANNI SUERGIU-GIBA DAL KM 91+100 AL KM 94+600; S.S. 293 "DI GIBA" - MESSA IN SICUREZZA STRADA GIBA-NUXIS DAL KM 60+100 AL KM 63+700 E DAL KM 64+200 AL KM 65+500

PROGETTO DEFINITIVO

IMPRESA ESECUTRICE:

Delta Lavori S.p.A.



II RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Dott. Ing. Edoardo Antonio Quattrone
Responsabile Tecnico Nuove Costruzioni
Compartimento Territoriale Sardegna
Area Compartimentale Cagliari
Via Biasi, 27 09131 - CAGLIARI

PROGETTISTI:



Il Direttore Tecnico

Progettista responsabile dell'integrazione fra le varie prestazioni specialistiche. Progettazione classe e categoria V.02
Coordinatore Sicurezza in fase di progett.

Responsabile geologia

Progettazione strutture o parti di strutture in c.a., classe e categoria S.03

Progettazione fondazioni speciali, classe e categoria S.05

Ing. Francesco Frassinetti

Ing. Marcello Mancone

Dott. Geol. Pietro Accolti Gil

Ing. Andrea Lucarelli

Ing. Fabio Camorani

05 IDROLOGIA E IDRAULICA

Relazione studio di compatibilità idraulica ex art. 24 delle norme di attuazione del PAI

NOME FILE:	T00 ID00 IDR RE03_A	REVISIONE:	FORMATO:	SCALA:
CODICE ELABORATO	T00 ID00 IDR RE03	A	A4	—



"Piano Sulcis - S.S 195 SULCITANA" Interventi di adeguamento strada di collegamento S.Giovanni Suergiu - Giba dal Km 91+100 al km 94+600; S.S.293 " Di Giba" messa in sicurezza strada Giba - Nuxis dal Km 60+100 al Km 63+700 e dal Km 64+200 al Km 65+500
Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 24 delle norme di attuazione del PAI

1 di 40

INDICE

INDICE.....	1
1. PREMESSA	2
2. OSSERVAZIONI ADIS SU PROGETTO DEFINITIVO (PROT. N. 2782 DEL 23/03/2019) E CONTRODEDUZIONI	3
3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	6
3.1. Caratteristiche morfologiche dei bacini	6
4. ANALISI IDROLOGICA CON METODI INDIRECTI (BACINI INFERIORI A 60KMQ)	7
5. ANALISI IDROLOGICA CON METODI DIRETTI (BACINI MAGGIORI DI 60KMQ)	13
6. ANALISI IDRAULICA.....	15
6.1. Metodologia utilizzata.....	15
6.2. Descrizione del Modello di Calcolo	15
6.3. Modellazione Idraulica ante-operam e post-operam	17
6.4. Definizione delle aree a pericolosità idraulica – Compatibilità idraulica	35
7. VERIFICA DEI FRANCHI DI SICUREZZA.....	35
8. CONFRONTO CON MODELLAZIONE IN MOTO VARIO BIDIMENSIONALE.....	38
9. CONCLUSIONI	39



"Piano Sulcis - S.S 195 SULCITANA" Interventi di adeguamento strada di collegamento S.Giovanni Suergiu - Giba dal Km 91+100 al km 94+600; S.S.293 " Di Giba" messa in sicurezza strada Giba - Nuxis dal Km 60+100 al Km 63+700 e dal Km 64+200 al Km 65+500
Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 24 delle norme di attuazione del PAI

2 di 40

1. PREMESSA

La presente relazione descrivo lo studio di compatibilità idraulica ai sensi delle NTA del PAI nell'ambito degli Interventi di adeguamento strada di collegamento S.Giovanni Suergiu - Giba dal Km 91+100 al km 94+600; S.S.293 " Di Giba" messa in sicurezza strada Giba - Nuxis dal Km 60+100 al Km 63+700 e dal Km 64+200 al Km 65+500. Si rimanda agli elaborati del suddetto progetto per ogni dettaglio su gli interventi previsti.

In ottemperanza a quanto riportato nelle NTA del PAI e quanto espresso da ADIS con nota Prot N 2782 del 28/03/2019, il presente studio di compatibilità tratta tutti gli interventi sui corsi d'acqua e /o tombini che si trovano in aree a pericolosità idraulica (derivante da strumenti di pianificazione territoriale come PAI, PSFF, Piani Comunali), appartenenti al reticolo idrografico ufficiale (sul quale valgono le fasce di prima salvaguardia istituite ai sensi dell'art 30-ter) e appartenenti al reticolo fluviale indicato nella CTR 1:25000 dell'IGM.

Si anticipa già in premessa che per ogni corso d'acqua e/o tombino studiato, interferente con il progetto stradale, si è garantito un franco di sicurezza minimo, ai sensi delle nuove N.T.C di cui al DM Infrastrutture e Trasporti del 17.01.2018 e Circolare 21 Gennaio 2019, n. 7/CSLLPP e ai sensi dell'art21 delle NTA del PAI. In merito allo studio sui tombini si è reso necessaria una riprofilatura del tratto studiato, a monte e a valle dell'attraversamento, con sezione trapezia con sponde 3:2, di dimensioni paragonabili a quelle del tombino in progetto, e con una pendenza del fondo costante. Questo consente di migliorare il deflusso e di ridurre la pericolosità idraulica indotta dell'insufficienza idraulica del tombino stesso

Lo studio di compatibilità è predisposto secondo i criteri dell'Allegato E delle NTA del PAI. Nelle tavole T00ID00IDRCI01B e T00ID00IDRCI02B sono riportati i seguenti strumenti di pianificazione, che sono stati analizzati a monte dello studio di compatibilità e che sono risultati funzionali alla definizione del contesto vincolistico vigente. Gli strumenti consultati sono i seguenti:

- Piano di Assetto Idrogeologico (PAI)
- Progetto di Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF)
- Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA)
- Strumenti di pianificazione comunali vigenti di Piscinas, Santadi



"Piano Sulcis - S.S 195 SULCITANA" Interventi di adeguamento strada di collegamento S.Giovanni Suergiu - Giba dal Km 91+100 al km 94+600; S.S.293 " Di Giba" messa in sicurezza strada Giba - Nuxis dal Km 60+100 al Km 63+700 e dal Km 64+200 al Km 65+500
Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 24 delle norme di attuazione del PAI

3 di 40

2. OSSERVAZIONI ADIS SU PROGETTO DEFINITIVO (PROT. N. 2782 DEL 23/03/2019) E CONTRODEDUZIONI

Si riportano di seguito le osservazioni espresse da ADIS con nota Prot n 2782 del 23/03/2019 in merito al progetto definitivo "Piano Sulcis - S.S 195 SULCITANA" Interventi di adeguamento strada di collegamento S.Giovanni Suergiu - Giba dal Km 91+100 al km 94+600; S.S.293 " Di Giba" messa in sicurezza strada Giba - Nuxis dal Km 60+100 al Km 63+700 e dal Km 64+200 al Km 65+500" e le controdeduzioni contenute nel presente studio di compatibilità idraulica

Pare inoltre opportuno ricordare a tal proposito che il reticolo idrografico ufficiale di riferimento ai fini PAI è quello definito con la deliberazione n.3 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino del 30.07.2015 costituito dall'insieme degli elementi idrici contenuti nell'ultimo aggiornamento dello strato informativo 04_elemento_idrico.shp del DBGT_10k_Versione 0.1 (Data Base Geo Topografico 1:10.000), da integrare con gli ulteriori elementi idrici eventualmente rappresentati nella cartografia dell'Istituto Geografico Militare (IGM), Carta topografica d'Italia - serie 25V edita per la Sardegna dal 1958 al 1965

Il reticolo di riferimento utilizzato deriva dall'integrazione dello strato informativo 04_elemento_idrico.shp con il reticolo presente nella CTR dell'IGM, come riportato nelle tavole T00ID00IDRC003A e T00ID00IDRC004A

Risulta pertanto necessario che si predisponga preliminarmente una rappresentazione cartografica della pianificazione vigente in ambito PAI completa, che includa tutte le aree di pericolosità individuate negli strumenti citati nella suddetta nota e richiamati nella presente

Si veda quanto riportato in premessa al presente studio e le tavole T00ID00IDRCI01B e T00ID00IDRCI02B

Si richiede pertanto la presentazione dello studio di compatibilità idraulica, redatto ai sensi dell'art. 24 delle N.A. del PAI e con i contenuti di cui all'Allegato E, anche per tutte le restanti opere ricadenti in aree perimetrare nei suddetti strumenti, ed in particolare:

- per tutti gli attraversamenti fluviali, relativi alle aste fluviali appartenenti al reticolo idrografico ufficiale; su

tali aste fluviali infatti, vigono le fasce di prima salvaguardia istituite ai sensi dell'art. 30-ter.

- per gli interventi e opere connesse, quand'anche non realizzati in alveo e non riconducibili ad un attraversamento.

Si veda quanto riportato in premessa al presente studio

Per quanto riguarda lo studio idrologico e i parametri adottati, ed in particolare il tempo di corrivazione, si richiede la verifica sull'utilizzo del valore più cautelativo tra quelli risultanti dall'applicazione delle formule previste dalle linee guida del PAI, che in linea generale è rappresentato da quello inferiore.

Implementate formulazioni contenute nelle Linee Guida PAI e adottato il tempo di corrivazione minimo. Si veda paragrafo dedicato all'analisi idrologica



"Piano Sulcis - S.S 195 SULCITANA" Interventi di adeguamento strada di collegamento S.Giovanni Suergiu - Giba dal Km 91+100 al km 94+600; S.S.293 " Di Giba" messa in sicurezza strada Giba - Nuxis dal Km 60+100 al Km 63+700 e dal Km 64+200 al Km 65+500
Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 24 delle norme di attuazione del PAI

4 di 40

Relativamente allo studio idraulico dei 3 rii sui quali andranno ad insistere i nuovi ponti, si rileva che è stato utilizzato un modello monodimensionale per la simulazione del deflusso in alveo, accoppiato ad un modello bidimensionale per la individuazione delle aree di esondazione, determinate in condizioni di moto vario con definizione degli idrogrammi di piena per i 4 tempi di ritorno del PAI.

Si evidenzia che tale metodologia non risulta coerente con le linee guida del PAI che prevedono l'utilizzo della modellazione monodimensionale in condizioni di moto permanente.

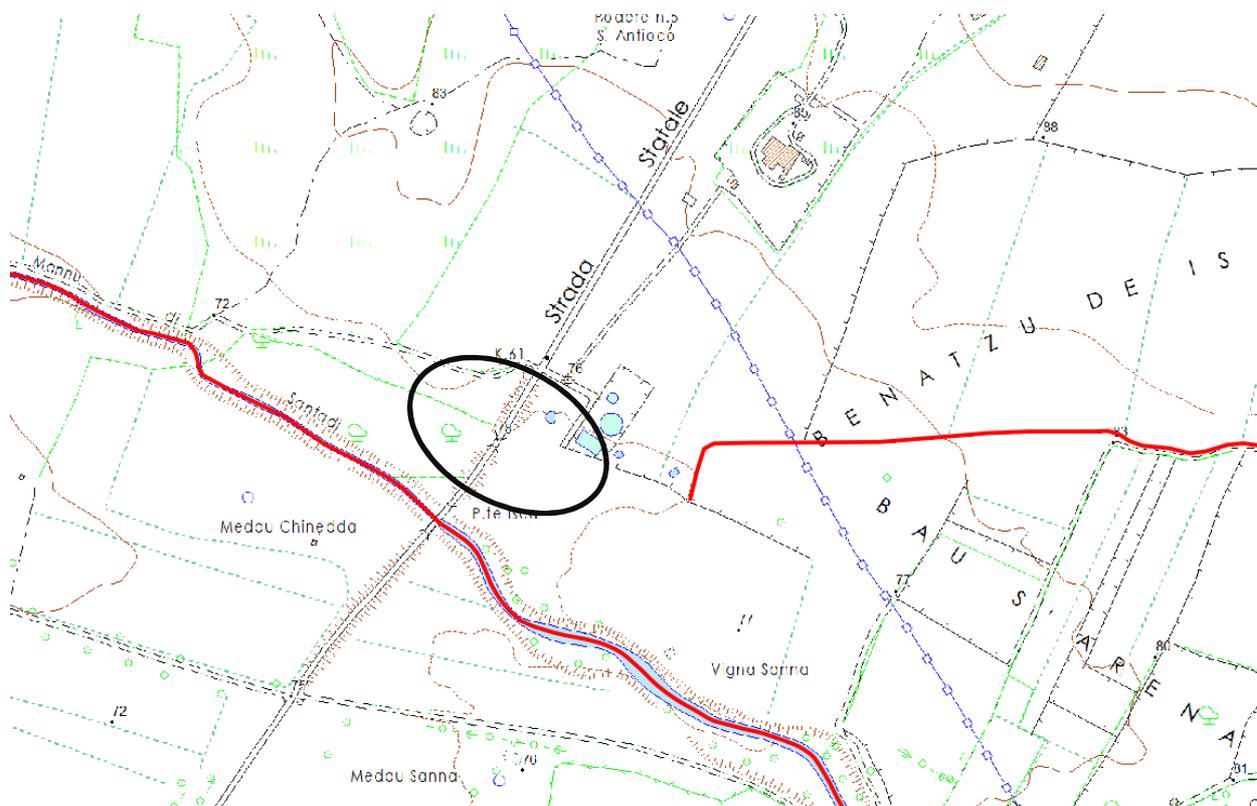
Come da Linee Guida PAI le analisi idrauliche sono state condotte in moto permanente per i 4 tempi di ritorno 50, 100,200 e 500 anni. Si veda paragrafo dedicato all'analisi idraulica

Per quanto concerne i parametri idraulici, ed in particolare del coefficiente di scabrezza, non si condivide l'utilizzo di un valore unico e costante per tutti i tratti fluviali considerati, in assenza di un'adeguata motivazione delle scelte effettuate.

Parametri di scabrezza sui 3 rii modificati in funzione di sopralluogo. Si veda paragrafo dedicato all'analisi idraulica

Si segnala infine che non è stato considerato l'attraversamento presente sulla S.S. 293, al km 61+220 ca, sull'affluente del Mannu di Santadi identificato nello shp del reticolo regionale con nome Fiume 316133.

Nel progetto è presente la demolizione dell'attuale ed il rifacimento di una nuova inalveazione che scarica nel Santadi. Si precisa che il reticolo PAI in formato shape (in rosso nell'immagine seguente) non interferisce con la strada e che il corso d'acqua termina circa 200 m a monte della strada stessa. Inoltre non risultano reticoli nella CTR dell'IGM, come evidenziato nell'immagine seguente



	<p>"Piano Sulcis - S.S 195 SULCITANA" Interventi di adeguamento strada di collegamento S.Giovanni Suergiu - Giba dal Km 91+100 al km 94+600; S.S.293 " Di Giba" messa in sicurezza strada Giba - Nuxis dal Km 60+100 al Km 63+700 e dal Km 64+200 al Km 65+500</p> <p>Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 24 delle norme di attuazione del PAI</p>	5 di 40
---	--	---------

Si coglie infine l'occasione per richiamare gli adempimenti di ANAS sui tratti stradali oggetto di intervento, in ottemperanza alla "Direttiva per lo svolgimento delle verifiche di sicurezza delle infrastrutture esistenti di attraversamento viario o ferroviario del reticolo idrografico della Sardegna nonché delle altre opere interferenti", approvata dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino con Deliberazione n. 1 del 20.05.2015.

Si veda l'elaborato T00ID00IDRRE04A



3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'intervento in progetto si sviluppa per il primo tratto (S.S.195 "Sulcitana" dal km 91+100 al km 94+600) quasi interamente nel comune di S.Giovanni Suergiu; per il secondo tratto (S.S.293 "di Giba" dal km 60+100 al km 63+700 km e dal km 64+200 al km 65+500) nei Pisciñas, Giba e Santadi.

Entrambi i due interventi sono riconducibili ad interventi di adeguamento e messa in sicurezza della sede stradale esistente.

È parte integrante del progetto la sistemazione di tutta la viabilità locale interessata dal nuovo tracciato, in questo ambito rientrano sostanzialmente le deviazioni di strade minori esistenti in adiacenza al sedime dell'infrastruttura principale.

Sono previsti 3 nuovi ponti sulla SS293 (sul Gora Pisciñas, Riu Pisciñas e Rio Mannu Santadi) ed il rifacimento di diversi tombini idraulici attualmente insufficienti.

Degli interventi previsti nel progetto, lo studio di compatibilità, secondo quanto già espresso nel paragrafo precedente, prende in esame i seguenti:

Piano Sulcis	Bacino	Attraversamento rif.	Denominazione corso d'acqua	Opera Esistente	Opera di progetto
SS	CODICE	Km			
293	16	64+485	Gora di Pisciñas	Ponte a 2 archi	Nuovo ponte
293	18	64+650	Riu di Pisciñas	Ponte a 5 archi	Nuovo ponte
293	19	61+220	Riu Mannu di Santadi	Ponte	Nuovo Ponte
293	-	60+340	-	Tombino 1.5x1.0	Tombino 3.0x1.5
293	-	61+610	-	Tombino 1.5x1.0	Tombino 1.5x1.5
293	-	62+020	-	Tombino 0.8x0.8	Tombino 3.5x2.0
195	-	91+335	-	Tombino 2.5x1.4	Tombino 4.0x2.5
195	-	92+660	-	Tombino 2.6x2.4	Tombino 4.0x2.5
195	-	93+200	-	Tombino 2.5x0.9	Tombino 3.0x1.5
195	-	93+610	-	Tombino D=1.1m	Tombino 3.0x1.5
195	-	94+020	-	Tombino 2.5x1.2	Tombino 3.5x2.0

3.1. Caratteristiche morfologiche dei bacini

Per tutti i bacini oggetto di studio sono state determinate, attraverso software GIS in grado di processare i dati territoriali ed effettuare analisi spaziali, le distribuzioni rispetto alla superficie dei bacini stessi delle principali caratteristiche morfologiche, fisiche ed idrologiche, utili o necessarie all'analisi idrologica che si intende condurre.

Sono state ricavate dalla cartografia disponibile (Carta Tecnica Regionale scala 1:25.000) sovrapposta al modello digitale del terreno (DEM), le caratteristiche morfologiche peculiari, di seguito riportate:



"Piano Sulcis - S.S 195 SULCITANA" Interventi di adeguamento strada di collegamento S.Giovanni Suergiu - Giba dal Km 91+100 al km 94+600; S.S.293 " Di Giba" messa in sicurezza strada Giba - Nuxis dal Km 60+100 al Km 63+700 e dal Km 64+200 al Km 65+500
Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 24 delle norme di attuazione del PAI

7 di 40

Piano Sulcis	Bacino	Attraversamento rif.	A _{bacino}	Lasta principale	i _{media asta}	i _{media bacino}	H ₀ sezione chiusura	H _{max} bacini	H _{media} bacino
SS	CODICE	Km	Kmq	km	m/m	%	m s.l.m.	m s.l.m.	m s.l.m.
293	16	64+485	1.7	2.7	1.8	6.1	62.6	135.0	83.0
293	18	64+650	69.5	20.9	3.6	29.9	63.8	902.0	277.0
293	19	61+220	88.7	18.2	4.8	35.4	74.8	1103.0	388.0
293	-	60+340	0.3	0.6	1.0	1.0	86.0	82.0	89.0
293	-	61+610	0.2	0.4	1.4	1.4	72.5	78.0	75.3
293	-	62+020	1.9	1.7	7.2	7.2	73.0	195.0	134.0
195	-	91+335	3.3	2.6	1.1	3.3	7.5	83.0	26.0
195	-	92+660	0.1	0.3	1.2	2.2	6.0	12.0	9.0
195	-	93+200	0.2	0.5	0.6	0.6	6.0	9.0	7.5
195	-	93+610	2.2	2.9	0.7	0.7	6.0	25.0	15.5
195	-	94+020	2.2	2.9	0.7	0.7	6.0	25.0	15.5

Tabella 1 - Caratteristiche dei bacini idrografici

In tavola T00ID00IDRCO03A e T00ID00IDRCO04A sono riportate le corografie dei bacini idrografici oggetto di studio

4. ANALISI IDROLOGICA CON METODI INDIRECTI (BACINI INFERIORI A 60KMQ)

La valutazione delle portate di progetto al colmo, caratterizzate da tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni, è stata effettuata sulla base di quanto indicato nelle Linee Guida PAI. Tale metodologia è stata applicata su tutti i bacini ad esclusione dei due con superficie maggiore di 60kmq, ovvero il Riu Piscinas e il Mannu Santadi

La portata di piena viene espressa dalla ben nota Formula Razionale:

$$Q = i[\theta, T, r(\theta, A)] \cdot \Phi \cdot A \cdot \varepsilon(\theta)$$

In cui:

- i rappresenta l'intensità di precipitazione, i , di assegnata durata d e periodo di ritorno Tr ;
- Φ il coefficiente di deflusso;
- A la superficie del bacino;
- $\varepsilon(t)$: il coefficiente di laminazione assunto pari a 1;
- θ indica il valore di durata critica,
- $r(\theta, A)$, rappresenta il fattore di ragguaglio della precipitazione all'area del bacino, espresso in funzione della durata, θ , e della superficie del bacino, A .

Tale formulazione è stata sviluppata sulla base delle seguenti ipotesi:

- le precipitazioni intense vengono desunte dalla regionalizzazione VAPI
- i tempi di corruzione vengono valutati a partire dai parametri morfometrici definiti come specificato, secondo le espressioni empiriche più rispondenti alle tipologie dei bacini in esame;
- i coefficienti di deflusso derivano dall'analisi secondo il metodo SCS – Curve Number, raffrontato con i dati disponibili da studi pregressi e da eventuali misure idrologiche relative a eventi di piena storici.



"Piano Sulcis - S.S 195 SULCITANA" Interventi di adeguamento strada di collegamento S.Giovanni Suergiu - Giba dal Km 91+100 al km 94+600; S.S.293 " Di Giba" messa in sicurezza strada Giba - Nuxis dal Km 60+100 al Km 63+700 e dal Km 64+200 al Km 65+500
Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 24 delle norme di attuazione del PAI

8 di 40

Calcolo dell'altezza di pioggia

È stata seguita la metodologia di analisi delle piogge indicata dalle Linee Guida del PAI Sardegna ("Linee guida per le attività di individuazione e di perimetrazioni delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia") per la quale è possibile stimare le curve di possibilità pluviometrica a partire da un'analisi regionalizzata basata sul modello probabilistico TCEV.

La curva di possibilità pluviometrica che, com'è noto, esprime la legge di variazione dei massimi annuali di pioggia in funzione della durata della precipitazione d , ad assegnata frequenza di accadimento o periodo di ritorno T , è riportata dalla letteratura tecnica con l'espressione:

$$h(T) = ad^n$$

Recenti studi per la Sardegna (Deidda ed altri 1997) mostrano che il modello probabilistico TCEV ben interpreta le caratteristiche di frequenza delle serie storiche, motivo per il quale è stato adottato nella procedura VAPI per la derivazione delle curve di possibilità pluviometrica.

La metodologia regionale di calcolo si basa sull'inferenza statistica del modello TCEV della variabile aleatoria dimensionale

$$h' = h(d)/hm(d)$$

che è il massimo annuale di pioggia per assegnata durata, d , normalizzato rispetto alla media h_m e successivamente sul calcolo della $h_m(d)$ per le diverse durate.

L'equazione della curva di possibilità pluviometrica normalizzata è per ciascun tempo di ritorno T :

$$h'(T) = ad^n$$

dove i parametri della curva, $a(T)$ ed $n(T)$, vengono definiti per tre Sotto Zone Omogenee della Sardegna (SZO), per durate minori e maggiori di 1ora e per tempi di ritorno variabili, come mostrato nella tabella seguente:

tempi di ritorno $T \leq 10$ ANNI

SZO 1 $a_2 = 0,66105 + 0,85994 \text{ Log}_{10} T$;
 $n_2 = -1,3558 \cdot 10^{-4} - 1,3660 \cdot 10^{-2} \text{ Log}_{10} T$;
SZO 2 $a_2 = 0,64767 + 0,89360 \text{ Log}_{10} T$;
 $n_2 = -6,0189 \cdot 10^{-3} + 3,2950 \cdot 10^{-4} \text{ Log}_{10} T$;
SZO 3 $a_2 = 0,62408 + 0,95234 \text{ Log}_{10} T$;
 $n_2 = -2,5392 \cdot 10^{-2} + 4,7188 \cdot 10^{-2} \text{ Log}_{10} T$;

tempi di ritorno $T > 10$ ANNI

SZO 1 $a_2 = 0,46378 + 1,0386 \text{ Log}_{10} T$
 $n_2 = -0,18449 + 0,23032 \text{ Log}_{10} T - 3,3330 \cdot 10^{-2} (\text{Log}_{10} T)^2$ (per $\tau \leq 1$ ora)
 $n_2 = -1,0563 \cdot 10^{-2} - 7,9034 \cdot 10^{-3} \text{ Log}_{10} T$ (per $\tau > 1$ ora)
SZO 2 $a_2 = 0,44182 + 1,0817 \text{ Log}_{10} T$
 $n_2 = -0,18676 + 0,24310 \text{ Log}_{10} T - 3,5453 \cdot 10^{-2} (\text{Log}_{10} T)^2$ (per $\tau \leq 1$ ora)
 $n_2 = -5,6593 \cdot 10^{-3} - 4,0872 \cdot 10^{-3} \text{ Log}_{10} T$ (per $\tau > 1$ ora)
SZO 3 $a_2 = 0,41273 + 1,1370 \text{ Log}_{10} T$
 $n_2 = -0,19055 + 0,25937 \text{ Log}_{10} T - 3,8160 \cdot 10^{-2} (\text{Log}_{10} T)^2$ (per $\tau \leq 1$ ora)
 $n_2 = 1,5878 \cdot 10^{-2} + 7,6250 \cdot 10^{-3} \text{ Log}_{10} T$ (per $\tau > 1$ ora)

Tabella 2 - Parametri della curva di possibilità climatica



"Piano Sulcis - S.S 195 SULCITANA" Interventi di adeguamento strada di collegamento S.Giovanni Suergiu - Giba dal Km 91+100 al km 94+600; S.S.293 " Di Giba" messa in sicurezza strada Giba - Nuxis dal Km 60+100 al Km 63+700 e dal Km 64+200 al Km 65+500
Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 24 delle norme di attuazione del PAI

9 di 40

La pioggia media per diverse durate, detta anche pioggia indice, $h_m(d)$, è funzione della pioggia media giornaliera h_g secondo l'espressione:

$$h_m(d) = \frac{(h_g)}{0.886 * 24^{(-0.493+0.476 \text{Log}(h_g))}} * d^{(-0.493+0.476 \text{Log}(h_g))}$$

dove h_g si ricava dalla distribuzione spaziale dell'altezza di pioggia giornaliera sull'intera Sardegna e si è assunta pari a 50mm per i bacini interferenti con SS293 e 47 per i bacini interferenti con la SS195

Per il calcolo del coefficiente di ragguaglio areale si sono utilizzate le seguenti formulazioni:

$$r(\text{adim.}) = 1 - (0,0394 A^{0.354}) d^{(-0.40+0.0208 \ln(4.6-\ln(A)))} \text{ per } A < 20 \text{ kmq};$$

$$r(\text{adim.}) = 1 - (0,0394 A^{0.354}) d^{(-0.40+0.003832 (4.6-\ln(A)))} \text{ per } A > 20 \text{ kmq};$$

Calcolo del coefficiente di deflusso

Il valore del coefficiente di deflusso è calcolato con il metodo del SCS-Curve Number che permette di ricavare la pioggia netta in base all'espressione

$$h_{\text{netta}} = \frac{(h_{\text{lorda}} - I)^2}{(h_{\text{lorda}} + S - I)}$$

dove h_{lorda} è la pioggia stimata per assegnata distribuzione di probabilità, S (in mm) rappresenta l'assorbimento del bacino, espresso dalla relazione

$$S = 254 \cdot \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

e I è l'assorbimento iniziale, legato empiricamente al parametro S dalla relazione $I = 0.2 \times S$.

La scelta del valore del CN tiene quindi conto della condizione di umidità del suolo attraverso l'introduzione del parametro CNIII (elevate condizioni di umidità antecedenti l'evento) che sarà utilizzato nei calcoli e che deriva dall'applicazione della seguente formula

$$CN(III) = \frac{23 CN(II)}{10 + 0.13 CN(II)}$$

Si riporta di seguito un riepilogo dei parametri CNIII per i vari bacini oggetti di studio



"Piano Sulcis - S.S 195 SULCITANA" Interventi di adeguamento strada di collegamento S.Giovanni Suergiu - Giba dal Km 91+100 al km 94+600; S.S.293 " Di Giba" messa in sicurezza strada Giba - Nuxis dal Km 60+100 al Km 63+700 e dal Km 64+200 al Km 65+500
Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 24 delle norme di attuazione del PAI

10 di
40

Piano Sulcis	Attraversamento rif.	A _{Bacino}	CN (III)
SS	Km	Kmq	
293	64+485	1.7	92.3
293	64+650	69.5	87.6
293	61+220	88.7	88.1
293	60+340	0.3	80.4
293	61+610	0.2	83.5
293	62+020	1.9	80.6
195	91+335	3.3	83.5
195	92+660	0.1	89.6
195	93+200	0.2	80.1
195	93+610	2.2	73.7
195	94+020	2.2	73.7

Calcolo del tempo di corrivazione

Il tempo di corrivazione è stato valutato sulla base dei parametri geomorfologici dei corsi d'acqua interferiti e dei relativi bacini, in funzione dell'estensione dei bacini ed è stato valutato attraverso una serie di formulazioni (indicate nelle Linee Guida PAI) quali:

SCS:

$$T_c = 1.67 \times \frac{100L^{0.8} \times \left[\left(\frac{1000}{CN} \right) - 9 \right]^{0.7}}{1900 \times i_{versante}^{0.5}} \quad [\text{minuti}]$$

In cui:

L [ft] è la lunghezza dell'asta principale;

$I_{versante}$ [%] è la pendenza media del bacino;

CN [adim.] è il Curve Number

Pasini:

$$T_c = 0.108 \frac{\sqrt[3]{A \times L}}{\sqrt{J_m}} \quad [\text{ore}]$$

dove:

A [km²], è l'area del bacino;

L [km], la lunghezza dell'asta fluviale:

J_m [m/m], è la pendenza media del reticolo idrografico.



"Piano Sulcis - S.S 195 SULCITANA" Interventi di adeguamento strada di collegamento S.Giovanni Suergiu - Giba dal Km 91+100 al km 94+600; S.S.293 " Di Giba" messa in sicurezza strada Giba - Nuxis dal Km 60+100 al Km 63+700 e dal Km 64+200 al Km 65+500
Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 24 delle norme di attuazione del PAI

11 di
40

Giandotti:

$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_m - h}} \quad [ore]$$

dove:

$S [km^2]$ è l'area del bacino idrografico

$L[km]$ è la lunghezza dell'asta principale

H_m [m s.l.m.] è la quota media del bacino

H_0 [m s.l.m.] è la quota della sezione di chiusura

Formula VAPI-Sardegna:

$$T_c = 0.212 \times A^{0.231} \times \left(\frac{H_m}{J_m}\right)^{0.289} \quad [ore]$$

È stata quindi adottata per la caratterizzazione del t_c di progetto il minimo dei valori calcolati come indicato dalle Linee guida PAI.

Piano Sulcis	Bacino	Attraversamento rif.	A_{Bacino}	Giandotti	Pasini	Metodo SCS	Metodo VAPI	Tc Adottato
SS	CODICE	Km	Kmq	h	h	h	h	h
293	16	64+485	1.7	2.56	1.34	1.72	2.52	1.34
293	18	64+650	69.5	5.54	6.45	3.99	4.91	3.99
293	19	61+220	88.7	4.59	5.78	3.29	5.00	3.29
293	-	60+340	0.3	2.09	0.57	1.28	2.11	0.57
293	-	61+610	0.2	1.70	0.38	0.79	1.67	0.38
293	-	62+020	1.9	1.29	0.60	1.10	1.82	0.60
195	-	91+335	3.3	3.25	2.11	2.27	1.84	1.84
195	-	92+660	0.1	1.03	0.26	0.49	0.67	0.26
195	-	93+200	0.2	2.55	0.64	1.42	1.06	0.64
195	-	93+610	2.2	4.14	2.47	5.54	1.82	1.82
195	-	94+020	2.2	4.17	2.47	5.54	1.82	1.82

Tabella 3 – Tempo di corrvazione

A valle delle parametrizzazioni descritte in precedenza e dall'applicazione del modello idrologico si arriva alla definizione delle portate al colmo per ogni tempo di ritorno, che sono riepilogate nella seguente tabella insieme ad altri parametri idrologici tra i quali:

hl (mm) altezza lorda di precipitazione

r : coefficiente di ragguglio areale

hl r (mm) altezza lorda di precipitazione raggugliata



"Piano Sulcis - S.S 195 SULCITANA" Interventi di adeguamento strada di collegamento S.Giovanni Suergiu - Giba dal Km 91+100 al km 94+600; S.S.293 " Di Giba" messa in sicurezza strada Giba - Nuxis dal Km 60+100 al Km 63+700 e dal Km 64+200 al Km 65+500
Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 24 delle norme di attuazione del PAI

12 di
40

h_{netta} (mm) altezza netta di precipitazione

i (mm/h) intensità di precipitazione

Q (mc/s) portata al colmo

Piano Sulcis	Attraversamento rif.	Tempo di ritorno	A _{Bacino}	h _i	r	h _{lr}	h _n	i	Q
SS	Km		Kmq	mm	-	mm	mm	mm/h	mc/s
293	64+485	50	1.70	51.52	0.96	49.33	33.52	25.05	8.04
293	60+340	50	0.25	36.95	0.97	35.85	14.34	24.99	0.69
293	61+610	50	0.20	30.66	0.97	29.72	11.89	31.68	0.60
293	62+020	50	1.90	37.56	0.94	35.30	14.12	23.70	5.00
195	91+335	50	3.30	59.94	0.95	57.09	33.80	18.35	9.99
195	92+660	50	0.06	25.92	0.98	25.29	12.39	47.96	0.39
195	93+200	50	0.19	37.44	0.97	36.47	14.59	22.93	0.48
195	93+610	50	2.20	53.36	0.96	51.15	20.46	11.23	0.92
195	94+020	50	2.20	53.36	0.96	51.15	51.15	11.23	1.92
Piano Sulcis	Attraversamento rif.	Tempo di ritorno	A _{Bacino}	h _i	r	h _{lr}	h _n	i	Q
SS	Km		Kmq	mm	-	mm	mm	mm/h	mc/s
293	64+485	100	1.70	58.86	0.96	56.35	40.21	30.06	10.13
293	60+340	100	0.25	41.44	0.97	40.21	16.08	28.03	0.78
293	61+610	100	0.20	33.90	0.97	32.87	13.15	35.03	0.66
293	62+020	100	1.90	42.19	0.94	39.64	15.86	26.61	5.62
195	91+335	100	3.30	69.92	0.95	66.60	39.43	21.40	11.65
195	92+660	100	0.06	28.30	0.98	27.62	13.53	52.37	0.43
195	93+200	100	0.19	42.07	0.97	40.98	16.39	25.77	0.54
195	93+610	100	2.20	60.76	0.96	58.25	23.30	12.79	1.04
195	94+020	100	2.20	60.76	0.96	58.25	23.30	12.79	2.19
Piano Sulcis	Attraversamento rif.	Tempo di ritorno	A _{Bacino}	h _i	r	h _{lr}	h _n	i	Q
SS	Km		Kmq	mm	-	mm	mm	mm/h	mc/s
293	64+485	200	1.70	66.19	0.96	63.37	47.15	35.25	12.38
293	60+340	200	0.25	45.92	0.97	44.56	17.82	31.06	0.86
293	61+610	200	0.20	37.13	0.97	36.00	14.40	38.37	0.72
293	62+020	200	1.90	46.79	0.94	43.97	17.59	29.52	6.23
195	91+335	200	3.30	79.98	0.95	76.18	45.13	24.50	13.34
195	92+660	200	0.06	30.68	0.98	29.94	14.67	56.78	0.46
195	93+200	200	0.19	46.70	0.97	45.48	18.19	28.60	0.60
195	93+610	200	2.20	68.14	0.96	65.32	26.13	14.34	1.17
195	94+020	200	2.20	68.14	0.96	65.32	26.13	14.34	2.45
Piano Sulcis	Attraversamento rif.	Tempo di ritorno	A _{Bacino}	h _i	r	h _{lr}	h _n	i	Q
SS	Km		Kmq	mm	-	mm	mm	mm/h	mc/s
293	64+485	500	1.70	75.87	0.96	72.65	56.28	42.07	15.39
293	60+340	500	0.25	51.91	0.97	50.36	20.15	35.11	0.98
293	61+610	500	0.20	41.50	0.97	40.24	16.10	42.89	0.81
293	62+020	500	1.90	52.94	0.94	49.75	19.90	33.40	7.05
195	91+335	500	3.30	93.21	0.95	88.78	52.56	28.53	15.53
195	92+660	500	0.06	33.96	0.98	33.14	16.24	62.85	0.51
195	93+200	500	0.19	52.85	0.97	51.48	20.59	32.37	0.68
195	93+610	500	2.20	77.86	0.96	74.64	29.86	16.39	1.34
195	94+020	500	2.20	77.86	0.96	74.64	29.86	16.39	3.04



"Piano Sulcis - S.S 195 SULCITANA" Interventi di adeguamento strada di collegamento S.Giovanni Suergiu - Giba dal Km 91+100 al km 94+600; S.S.293 " Di Giba" messa in sicurezza strada Giba - Nuxis dal Km 60+100 al Km 63+700 e dal Km 64+200 al Km 65+500
Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 24 delle norme di attuazione del PAI

13 di
40

5. ANALISI IDROLOGICA CON METODI DIRETTI (BACINI MAGGIORI DI 60KMQ)

Per i bacini con superficie superiore ai 60 kmq, viene fatto riferimento al metodo diretto della regionalizzazione VAPI delle portate al colmo per la Sardegna secondo la distribuzione TCEV, riportato nelle sopraccitate Linee Guida.

Si riportano di seguito gli elementi essenziali utilizzati secondo l'applicazione di tale metodo.

Per quanto concerne il primo livello di analisi regionale sono state ottenute le seguenti stime dei parametri

Λ^* e θ^* di modello:

$$\Lambda^* = 0,3938$$

$$\theta^* = 5,887$$

che caratterizzano l'intero territorio dell'isola.

Al secondo livello di regionalizzazione, le stazioni a disposizione sono state differenziate in relazione al versante di appartenenza, orientale od occidentale, e alle indicazioni ottenute dalle stime preliminari di Λ_1 per ciascuna stazione. Le stime dei valori di massima verosimiglianza del parametro per i due versanti risultano:

$$\text{Bacini occidentali} \quad \Lambda_1 = 6,286$$

$$\text{Bacini orientali} \quad \Lambda_1 = 4,571$$

Pertanto, i parametri della distribuzione di probabilità dei massimi annuali delle portate in Sardegna risultano:

$$\theta^* = 5,8866 \quad \Lambda^* = 0,3938$$

$$\text{Bacini occidentali} \quad \Lambda_1 = 6,286 \quad \eta = 4,377$$

$$\text{Bacini orientali} \quad \Lambda_1 = 4,571 \quad \eta = 4,058$$

Nella tabella seguente vengono riportati i valori teorici del coefficiente probabilistico di crescita K_T per le portate in Sardegna per alcuni valori del periodo di ritorno e sono evidenziati i valori del K_T relativi ai tempi di ritorno definiti per il Progetto di Piano Stralcio delle Fasce Fluviali.

T(anni)	2	5	10	20	25	40	50	100	200	500	1000
K_T (Bacini occidentali)	0.65	1.31	2.20	3.16	3.47	4.11	4.41	5.35	6.29	7.52	8.46
K_T (Bacini Orientali)	0.63	1.34	2.29	3.33	3.66	4.36	4.68	5.7	6.71	8.04	9.04

Tabella 4 – Valori del parametro K_T per diversi tempi di ritorno per i bacini occidentali e orientali della Sardegna.



"Piano Sulcis - S.S 195 SULCITANA" Interventi di adeguamento strada di collegamento S.Giovanni Suergiu - Giba dal Km 91+100 al km 94+600; S.S.293 " Di Giba" messa in sicurezza strada Giba - Nuxis dal Km 60+100 al Km 63+700 e dal Km 64+200 al Km 65+500
Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 24 delle norme di attuazione del PAI

14 di
40

Per quanto riguarda infine il terzo livello di analisi delle piene, nella struttura gerarchica del modello TCEV, si è fatto riferimento all'analisi del parametro modale $\varepsilon 1$ della distribuzione TCEV. Il legame teorico tra questo parametro e la piena media annua μ_x è:

$$\mu_x = \frac{\varepsilon 1}{Ln(\Lambda 1)} \cdot \eta$$

I valori stimati nelle singole stazioni idrometriche sono stati regolarizzati in funzione della superficie del bacino S ottenendo le seguenti relazioni:

Bacini occidentali $\ln \varepsilon 1 = -1,1954 + 0,9235 \ln S$

Bacini orientali $\ln \varepsilon 1 = 0,9882 + 0,6452 \ln S$

Considerata la posizione del bacino in esame, bacini occidentali, i parametri della distribuzione di probabilità dei massimi annuali delle portate risultano:

$$\theta^* = 5,8866 \quad \Lambda^* = 0,3938 \quad \Lambda 1 = 6,286 \quad \eta = 4,377$$

mentre i valori di KT, coefficiente probabilistico di crescita, per i tempi di ritorno di interesse allo studio in corso, sono riportati nella Tabella 4.

Dalle calcolazioni esperite si ottengono i seguenti valori di riferimento delle portate da utilizzare per le verifiche idrauliche.

Piano Sulcis	Bacino	Attraversamento rif.	Denominazione corso d'acqua	Opera Esistente	Opera di progetto	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀
SS	CODICE	Km				m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
293	18	64+650	Riu di Piscinas	Ponte a 5 archi	Nuovo ponte	159.6	193.7	227.2	272.2
293	19	61+220	Riu Mannu di Santadi	Ponte	Nuovo Ponte	199.9	242.5	285.1	340.8

Tabella 5 – Portate per assegnato tempo di ritorno

	<p>"Piano Sulcis - S.S 195 SULCITANA" Interventi di adeguamento strada di collegamento S.Giovanni Suergiu - Giba dal Km 91+100 al km 94+600; S.S.293 " Di Giba" messa in sicurezza strada Giba - Nuxis dal Km 60+100 al Km 63+700 e dal Km 64+200 al Km 65+500</p> <p>Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 24 delle norme di attuazione del PAI</p>	<p>15 di 40</p>
---	--	---------------------

6. ANALISI IDRAULICA

6.1. Metodologia utilizzata

In ottemperanza a quanto disposto dalle Linee Guida PAI, l'analisi verrà condotta in condizioni di moto permanente per le portate di piena con tempi di ritorno 50, 100, 200, 500 anni.

Nella valutazione delle aree di esondazione si è operato secondo la metodologia di seguito descritta.

Si è realizzato un modello idraulico del terreno nel quale fossero ben definite le sezioni trasversali, l'andamento planimetrico dell'alveo e la presenza di opere di attraversamento; le caratteristiche di cui sopra definiscono l'andamento planoaltimetrico del rio e conseguentemente le sue caratteristiche geometriche.

La geometria delle sezioni fluviali allo stato ante-operam deriva dalla combinazione tra rilievo lidar e aerofogrammetrico in quanto il primo non sempre riesce bene a rappresentare l'alveo della sezione, trattandosi di piccoli corsi d'acqua.

In una seconda fase, sulla base della presenza di vegetazione, o sulla base delle caratteristiche del materiale presente in alveo, si è attribuito il coefficiente di scabrezza.

In merito alle condizioni al contorno di monte e di valle si è scelto cautelativamente di assumere l'altezza di moto uniforme associata alla pendenza del corso d'acqua a monte e a valle.

Il tratto fluviale d'indagine per le verifiche degli attraversamenti è esteso per un tratto a monte e a valle correlato all'importanza del corso d'acqua stesso.

Le analisi idrauliche sono state condotte allo stato ante-operam e post-operam con l'obiettivo di verificare la compatibilità idraulica dell'opera in oggetto.

Per ogni analisi idraulica in funzione dei risultati ottenuti e per ogni tempo di ritorno, sono state definite le perimetrazioni idrauliche, secondo quanto riportato nelle Linee Guida PAI.

Qualora per un tombino le differenze tra le verifiche ai vari tempi di ritorno siano poco significative si sono rappresentate le aree di esondazione per due soli tempi di ritorno, TR50 e 200 anni.

In generale gli interventi rispettano la condizione di non aumentare la pericolosità idraulica in aree contigue e di non peggiorare le condizioni di deflusso

6.2. Descrizione del Modello di Calcolo

Il modello idraulico utilizzato in questo studio, denominato HEC-RAS, nella sua versione 4.0, è stato sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center dell'U.S. Army Corps of Engineers; il modello è in grado di effettuare simulazioni di tipo monodimensionale del fenomeno di propagazione dell'onda di piena su corsi d'acqua in condizioni di moto stazionario e non stazionario.



"Piano Sulcis - S.S 195 SULCITANA" Interventi di adeguamento strada di collegamento S.Giovanni Suergiu - Giba dal Km 91+100 al km 94+600; S.S.293 " Di Giba" messa in sicurezza strada Giba - Nuxis dal Km 60+100 al Km 63+700 e dal Km 64+200 al Km 65+500
Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 24 delle norme di attuazione del PAI

16 di
40

Data la forte monodimensionalità del moto all'interno del corso d'acqua di interesse, in cui lo sviluppo pressoché rettilineo dell'asse domina per diversi ordini di grandezza sulle dimensioni della sezione trasversale interessata dal moto della corrente, ed in considerazione della regolarità della forma morfologica d'alveo, il calcolo dei profili di corrente è stato effettuato, ove permesso dal modello, adottando le ipotesi di monodimensionalità e di regime permanente del moto.

Le verifiche idrauliche sono state quindi condotte con un modello numerico monodimensionale per il calcolo dei profili di corrente in moto permanente implementato dal U.S. Army Corps of Engineers in un programma per elaboratore elettronico di ampia diffusione e di consolidata pratica d'uso quale HEC-RAS River Analysis System.

Il modello prescelto simula il moto permanente gradualmente variato in canali aperti con contorni fissi. L'equazione base è quella della continuità dell'energia:

$$Z_1 + Y_1 + \alpha V_1^2/2g = Z_2 + Y_2 + \alpha V_2^2/2g + h_e$$

dove Z è la quota del fondo del canale ed Y il tirante idrico in corrispondenza delle sezioni, α è un coefficiente che tiene conto della distribuzione non uniforme della velocità dell'acqua, V è la velocità media dell'acqua, g l'accelerazione di gravità, h_e è la perdita di carico tra le sezioni 1 e 2. Nel caso di distribuzione uniforme della velocità e di assenza di perdita di carico la precedente si trasforma nell'equazione di Bernouille:

$$Z_i + Y_i + V_i^2/2g = Costante$$

L'equazione precedente è applicabile a canali a moderata pendenza, ovvero a corsi d'acqua con pendenza di fondo tale che il $\cos\theta$ sia circa pari all'unità. Il metodo di soluzione adottato da HEC-RAS per l'equazione di continuità dell'energia applicata al moto permanente gradualmente vario richiede l'assunzione che la perdita di carico in una sezione sia la stessa che si avrebbe in moto uniforme a parità di sezione e velocità dell'acqua. HEC-RAS usa la formula del moto uniforme di Manning per valutare le perdite di carico:

$$V = (1/n) R^{2/3} S_f^{1/2}$$

dove V (m/s) è la velocità media dell'acqua nella sezione, n è il coefficiente di scabrezza, R (m) il raggio idraulico della sezione bagnata ed S_f la pendenza della linea piezometrica dovuta alle perdite di carico ripartite lungo l'alveo. Le due equazioni consentono la determinazione del profilo idrico della corrente una volta note la geometria e la scabrezza dell'alveo e le condizioni del moto alla sezione dalla quale deve iniziare il calcolo del profilo. Poiché due differenti altezze idriche possono produrre la stessa energia specifica (carico cinetico più altezza idrica), è necessario specificare lo stato iniziale della corrente (lenta o veloce).

Metodo di risoluzione

HEC-RAS impiega lo "standard stepmethod" per risolvere l'equazione di conservazione dell'energia in alvei a sezione variabile. Il programma quindi per approssimazioni successive determina l'altezza dell'acqua alla successiva sezione di calcolo. In generale la procedura è la seguente:

- la quota dell'acqua e la portata sono note alla sezione di inizio calcolo (sez. 1)
- si calcola l'energia della sezione sulla base dei dati a) e della geometria della sezione

	<p>"Piano Sulcis - S.S 195 SULCITANA" Interventi di adeguamento strada di collegamento S.Giovanni Suergiu - Giba dal Km 91+100 al km 94+600; S.S.293 " Di Giba" messa in sicurezza strada Giba - Nuxis dal Km 60+100 al Km 63+700 e dal Km 64+200 al Km 65+500</p> <p>Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 24 delle norme di attuazione del PAI</p>	<p>17 di 40</p>
---	--	---------------------

- c) la geometria della sezione successiva (sez. 2) è nota insieme alla distanza tra le due sezioni
- d) si assume una quota dell'acqua alla successiva sezione 2 e se ne calcola il raggio idraulico e l'area sulla base della geometria della sezione stessa. Quindi si determina un valore medio della capacità di deflusso delle due sezioni. La capacità di deflusso di una sezione di un alveo è, per una determinata altezza d'acqua, la portata che può transitare nell'alveo con una pendenza piezometrica unitaria
- e) si calcola la perdita di carico ripartita sulla base del valore medio della capacità di deflusso, della lunghezza del tratto e della portata
- f) si calcola il carico cinetico pesato, $\alpha V^2/2g$, nella seconda sezione.
- g) si calcolano le ulteriori perdite di carico dovute alla contrazione ed all'allargamento della sezione sulla base di quanto determinato in f)
- h) si calcola la variazione della quota dell'acqua tra le due sezioni, come variazione della somma del carico cinetico e delle perdite di carico
- i) si calcola la quota dell'acqua nella seconda sezione come somma del primo livello idrico e delle variazioni di quota calcolata in h)
- j) si calcola l'errore tra il livello d'acqua nella sezione 2 assunto in d) e quello calcolato in i)

se l'errore è minore di 1 cm la procedura è ripetuta per le sezioni successive dell'alveo, altrimenti è ripetuta per le stesse due sezioni ma con una nuova stima iniziale dell'altezza d'acqua nella sezione 2 (punto d))

6.3. Modellazione Idraulica ante-operam e post-operam

In questo paragrafo si descrive l'implementazione dei modelli idraulici ante e post operam dettagliando i parametri utilizzati nelle due configurazioni. I risultati di tali modelli sono riportati nelle tavole T01ID00IDRSZ01A e T02ID00IDRSZ02A.

In merito allo studio sui tombini si è resa necessaria una riprofilatura del tratto studiato, a monte e a valle dell'attraversamento, con sezione trapezia con sponde 3:2, di dimensioni paragonabili a quelle del tombino in progetto, e con una pendenza del fondo costante. Questo consente di migliorare il deflusso e di ridurre la pericolosità idraulica indotta dall'insufficienza idraulica del tombino stesso.

Per i 3 corsi d'acqua, Rio Mannu di Santadi, Gora Piscinas e Riu Piscinas il progetto prevede la sola realizzazione dei nuovi ponti sulla SS293. Nelle verifiche idrauliche post-operam, rispetto allo stato attuale, sono state implementate le nuove sezioni del ponte a parità di tutti gli altri parametri e geometrie.

Per tutti i dettagli sugli attraversamenti si rimanda agli elaborati stradali e strutturali del progetto



"Piano Sulcis - S.S 195 SULCITANA" Interventi di adeguamento strada di collegamento S.Giovanni Suergiu - Giba dal Km 91+100 al km 94+600; S.S.293 " Di Giba" messa in sicurezza strada Giba - Nuxis dal Km 60+100 al Km 63+700 e dal Km 64+200 al Km 65+500
Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 24 delle norme di attuazione del PAI

18 di
40

Tombino SS195 al km 94+020

Allo stato attuale è presente un tombino di dimensioni 2.50 x 1.20m. I parametri idraulici implementati sono i seguenti:

- scabrezza in alveo $0.035 \text{ s/m}^{1/3}$
- scabrezza del tombino $0.03 \text{ s/m}^{1/3}$
- coefficiente di perdita ingresso: 0.5
- coefficiente di perdita uscita: 1.00
- condizioni al contorno di monte e di valle i valori del gradiente energetico pari alla pendenza del corso d'acqua a monte e a valle
- sezioni fluviali derivate da rilievo lidar e aerofotogrammetrico, con codifica come da tabella seguente

HYDROGEO	HEC
SEZ14	16
SEZ13	15
SEZ12	14
SEZ09	11
	10
SEZ07	9
SEZ06	8
SEZ05	7
SEZ04	6
SEZ03	5
SEZ1A	2
SEZ1B	1

Allo stato di progetto è presente un tombino di dimensioni 3.50 x 2.00m. I parametri idraulici implementati sono i seguenti:

- scabrezza in alveo $0.035 \text{ s/m}^{1/3}$ nelle due sezioni di monte e di valle e $0.025 \text{ s/m}^{1/3}$ nelle restanti
- scabrezza del tombino $0.025 \text{ s/m}^{1/3}$
- coefficiente di perdita ingresso: 0.5
- coefficiente di perdita uscita: 1.00
- condizioni al contorno di monte e di valle i valori del gradiente energetico pari alla pendenza del corso d'acqua a monte e a valle
- pendenza di progetto del tombino 0.5%



"Piano Sulcis - S.S 195 SULCITANA" Interventi di adeguamento strada di collegamento S.Giovanni Suergiu - Giba dal Km 91+100 al km 94+600; S.S.293 " Di Giba" messa in sicurezza strada Giba - Nuxis dal Km 60+100 al Km 63+700 e dal Km 64+200 al Km 65+500
Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 24 delle norme di attuazione del PAI

19 di
40

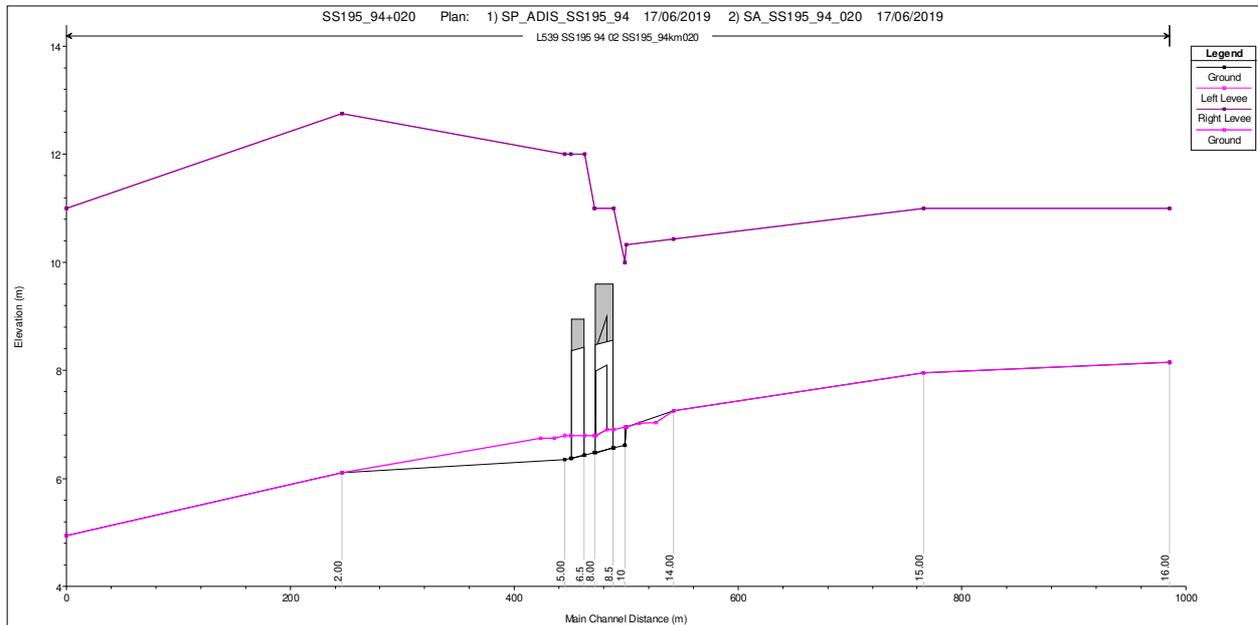


Figura 1: Profilo longitudinale – Stato Sovrapposto

Si rimanda agli elaborati T01ID00IDRSZ01A e T02ID00IDRSZ02A per i risultati della modellazione idraulica ante e post operam

Tombino SS195 al km 93+610

Allo stato attuale è presente un tombino di dimensioni DN1100. I parametri idraulici implementati sono i seguenti:

- scabrezza in alveo $0.035 \text{ s/m}^{1/3}$
- scabrezza del tombino $0.03 \text{ s/m}^{1/3}$
- coefficiente di perdita ingresso: 0.5
- coefficiente di perdita uscita: 1.00
- condizioni al contorno di monte e di valle i valori del gradiente energetico pari alla pendenza del corso d'acqua a monte e a valle
- sezioni fluviali derivate da rilievo lidar e aerofotogrammetrico, con codifica come da tabella seguente

HYDROGEO	HEC
SEZ10	11
SEZ09	10
SEZ08	9
SEZ07	8
SEZ06	7
SEZ05	6
SEZ04	5
SEZ03	4
SEZ02	3
SEZ01	2



"Piano Sulcis - S.S 195 SULCITANA" Interventi di adeguamento strada di collegamento S.Giovanni Suergiu - Giba dal Km 91+100 al km 94+600; S.S.293 " Di Giba" messa in sicurezza strada Giba - Nuxis dal Km 60+100 al Km 63+700 e dal Km 64+200 al Km 65+500
Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 24 delle norme di attuazione del PAI

21 di
40

- sezioni fluviali derivate da rilievo lidar e aerofotogrammetrico, con codifica come da tabella seguente

HYDROGEO	HEC
SEZ10	10
SEZ09	9
SEZ08	8
SEZ07	7
SEZ06	6
SEZ05	5
SEZ04	4
SEZ03	3
SEZ02	2
SEZ01	1

Allo stato di progetto è presente un tombino di dimensioni 3.00 x 1.50m. I parametri idraulici implementati sono i seguenti:

- scabrezza in alveo $0.025 \text{ s/m}^{1/3}$
- scabrezza del tombino $0.025 \text{ s/m}^{1/3}$
- coefficiente di perdita ingresso: 0.5
- coefficiente di perdita uscita: 1.00
- condizioni al contorno di monte e di valle i valori del gradiente energetico pari alla pendenza del corso d'acqua a monte e a valle
- pendenza di progetto del tombino 0.5%

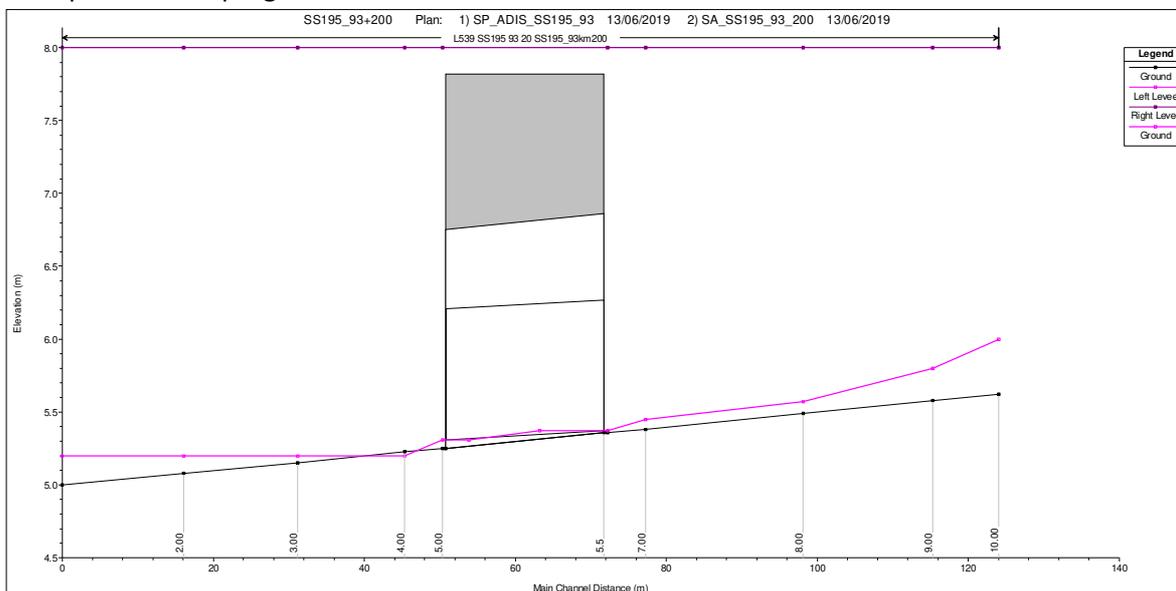


Figura 3: Profilo longitudinale – Stato Sovrapposto

Si rende necessaria una riprofilatura dell'alveo a valle per raccordarsi alle quote attuali

Si rimanda agli elaborati T01ID00IDRSZ01A e T02ID00IDRSZ02A per i risultati della modellazione idraulica ante e post operam

Tombino SS195 al km 92+660



"Piano Sulcis - S.S 195 SULCITANA" Interventi di adeguamento strada di collegamento S.Giovanni Suergiu - Giba dal Km 91+100 al km 94+600; S.S.293 " Di Giba" messa in sicurezza strada Giba - Nuxis dal Km 60+100 al Km 63+700 e dal Km 64+200 al Km 65+500
Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 24 delle norme di attuazione del PAI

22 di
40

Allo stato attuale è presente un tombino di dimensioni 2.60 x 2.40m. I parametri idraulici implementati sono i seguenti:

- scabrezza in alveo $0.035 \text{ s/m}^{1/3}$
- scabrezza del tombino $0.03 \text{ s/m}^{1/3}$
- coefficiente di perdita ingresso: 0.5
- coefficiente di perdita uscita: 1.00
- condizioni al contorno di monte e di valle i valori del gradiente energetico pari alla pendenza del corso d'acqua a monte e a valle
- sezioni fluviali derivate da rilievo lidar e aerofotogrammetrico, con codifica come da tabella seguente

HYDROGEO	HEC
SEZ10	10
SEZ09	9
SEZ08	8
SEZ07	7
SEZ06	6
SEZ05	5
SEZ04	4
SEZ03	3
SEZ02	2
SEZ01	1

Allo stato di progetto è presente un tombino di dimensioni 4.00 x 2.50m. I parametri idraulici implementati sono i seguenti:

- scabrezza in alveo $0.025 \text{ s/m}^{1/3}$
- scabrezza del tombino $0.025 \text{ s/m}^{1/3}$
- coefficiente di perdita ingresso: 0.5
- coefficiente di perdita uscita: 1.00
- condizioni al contorno di monte e di valle i valori del gradiente energetico pari alla pendenza del corso d'acqua a monte e a valle
- pendenza di progetto del tombino 0.5%



"Piano Sulcis - S.S 195 SULCITANA" Interventi di adeguamento strada di collegamento S.Giovanni Suergiu - Giba dal Km 91+100 al km 94+600; S.S.293 " Di Giba" messa in sicurezza strada Giba - Nuxis dal Km 60+100 al Km 63+700 e dal Km 64+200 al Km 65+500
Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 24 delle norme di attuazione del PAI

23 di
40

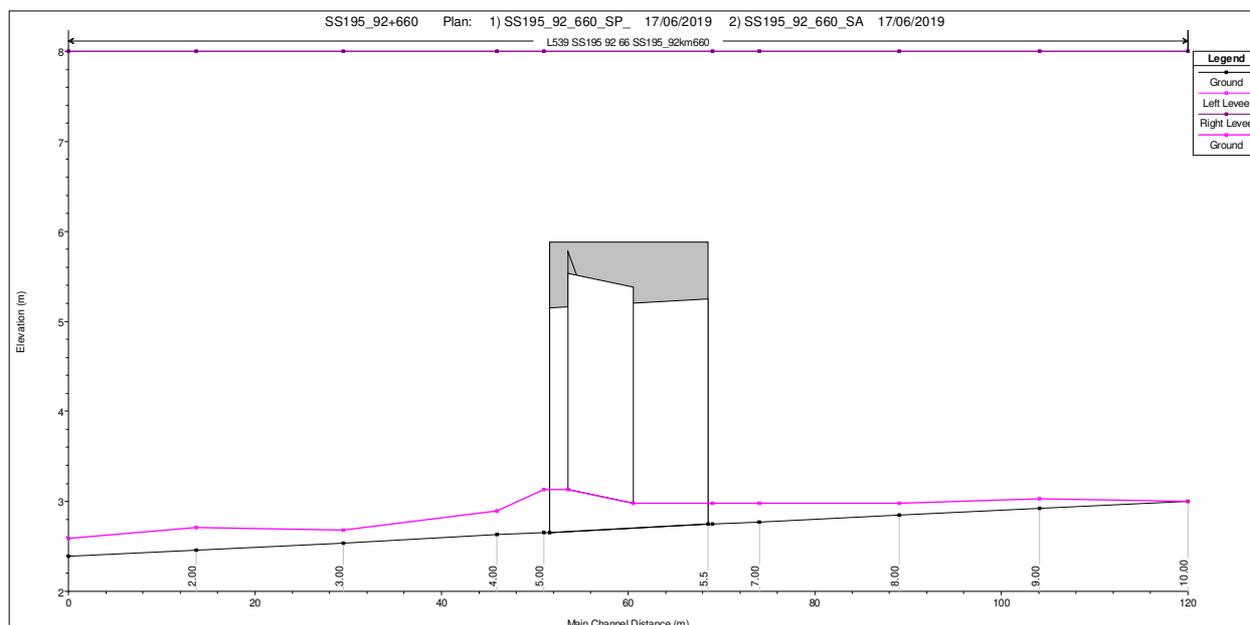


Figura 4: Profilo longitudinale – Stato Sovrapposto

Si rende necessaria una riprofilatura dell'alveo a valle per raccordarsi alle quote attuali

Si rimanda agli elaborati T01ID00IDRSZ01A e T02ID00IDRSZ02A per i risultati della modellazione idraulica ante e post operam

Tombino SS195 al km 91+335

Allo stato attuale è presente un tombino di dimensioni 2.50 x 1.40m. I parametri idraulici implementati sono i seguenti:

- scabrezza in alveo $0.04 \text{ s/m}^{1/3}$
- scabrezza del tombino $0.03 \text{ s/m}^{1/3}$
- coefficiente di perdita ingresso: 0.5
- coefficiente di perdita uscita: 1.00
- condizioni al contorno di monte e di valle i valori del gradiente energetico pari alla pendenza del corso d'acqua a monte e a valle
- sezioni fluviali derivate da rilievo lidar e aerofotogrammetrico, con codifica come da tabella seguente



"Piano Sulcis - S.S 195 SULCITANA" Interventi di adeguamento strada di collegamento S.Giovanni Suergiu - Giba dal Km 91+100 al km 94+600; S.S.293 " Di Giba" messa in sicurezza strada Giba - Nuxis dal Km 60+100 al Km 63+700 e dal Km 64+200 al Km 65+500
Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 24 delle norme di attuazione del PAI

25 di
40

Tombino SS293 al km 60+340

Allo stato attuale è presente un tombino di dimensioni 1.50 x 1.00m. I parametri idraulici implementati sono i seguenti:

- scabrezza in alveo $0.035 \text{ s/m}^{1/3}$
- scabrezza del tombino $0.03 \text{ s/m}^{1/3}$
- coefficiente di perdita ingresso: 0.5
- coefficiente di perdita uscita: 1.00
- condizioni al contorno di monte e di valle i valori del gradiente energetico pari alla pendenza del corso d'acqua a monte e a valle
- sezioni fluviali derivate da rilievo lidar e aerofotogrammetrico, con codifica come da tabella seguente

HYDROGEO	HEC
SEZ11	11
SEZ10	10
SEZ09	9
SEZ08	8
SEZ07	7
SEZ06	6
SEZ05	5
SEZ04	4
SEZ03	3
SEZ02	2
SEZ01	1

Allo stato di progetto è presente un tombino di dimensioni 3.00 x 1.50m. I parametri idraulici implementati sono i seguenti:

- scabrezza in alveo $0.025 \text{ s/m}^{1/3}$
- scabrezza del tombino $0.025 \text{ s/m}^{1/3}$
- coefficiente di perdita ingresso: 0.5
- coefficiente di perdita uscita: 1.00
- condizioni al contorno di monte e di valle i valori del gradiente energetico pari alla pendenza del corso d'acqua a monte e a valle
- pendenza di progetto del tombino 0.5%



"Piano Sulcis - S.S 195 SULCITANA" Interventi di adeguamento strada di collegamento S.Giovanni Suergiu - Giba dal Km 91+100 al km 94+600; S.S.293 " Di Giba" messa in sicurezza strada Giba - Nuxis dal Km 60+100 al Km 63+700 e dal Km 64+200 al Km 65+500
Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 24 delle norme di attuazione del PAI

26 di
40

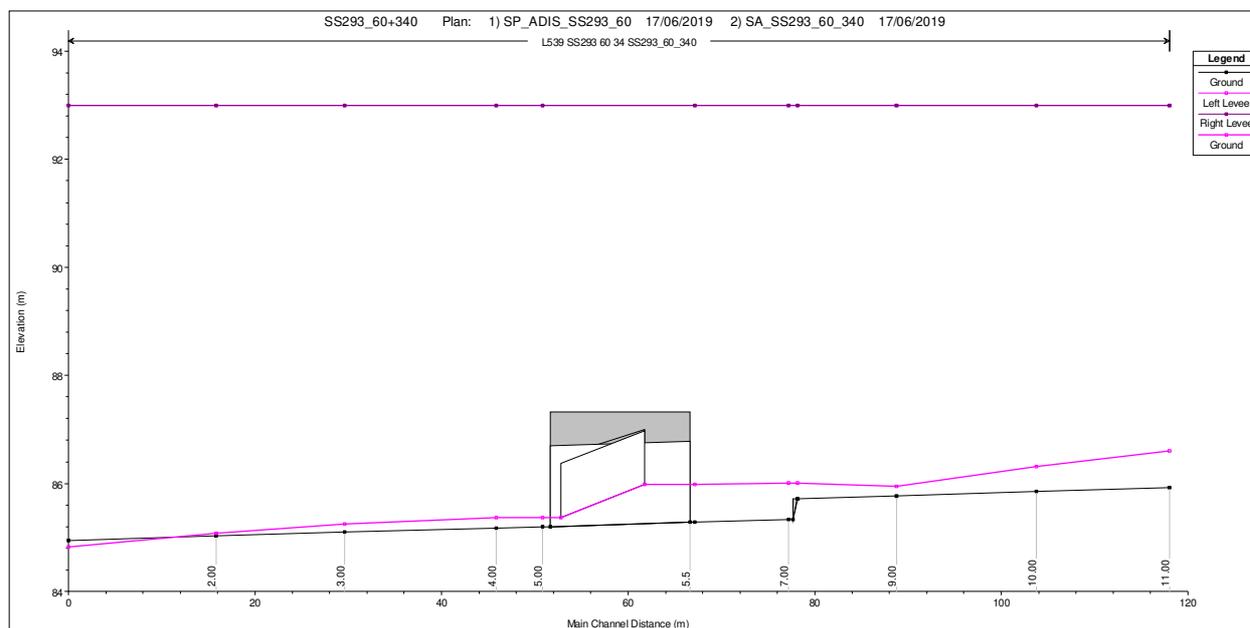


Figura 6: Profilo longitudinale – Stato Sovrapposto

Si rimanda agli elaborati T01ID00IDRSZ01A e T02ID00IDRSZ02A per i risultati della modellazione idraulica ante e post operam

Tombino SS293 al km 61+610

Allo stato attuale è presente un tombino di dimensioni 1.50 x 1.00m. I parametri idraulici implementati sono i seguenti:

- scabrezza in alveo $0.035 \text{ s/m}^{1/3}$
- scabrezza del tombino $0.03 \text{ s/m}^{1/3}$
- coefficiente di perdita ingresso: 0.5
- coefficiente di perdita uscita: 1.00
- condizioni al contorno di monte e di valle i valori del gradiente energetico pari alla pendenza del corso d'acqua a monte e a valle
- sezioni fluviali derivate da rilievo lidar e aerofotogrammetrico, con codifica come da tabella seguente

HYDROGEO	HEC
SEZ01	10
SEZ02	9
SEZ03	8
SEZ04	7
SEZ05	6
SEZ06	5
SEZ07	4
SEZ08	3
SEZ09	2
SEZ10	1



"Piano Sulcis - S.S 195 SULCITANA" Interventi di adeguamento strada di collegamento S.Giovanni Suergiu - Giba dal Km 91+100 al km 94+600; S.S.293 " Di Giba" messa in sicurezza strada Giba - Nuxis dal Km 60+100 al Km 63+700 e dal Km 64+200 al Km 65+500
Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 24 delle norme di attuazione del PAI

27 di
40

Allo stato di progetto è presente un tombino di dimensioni 1.50 x 1.50m. I parametri idraulici implementati sono i seguenti:

- scabrezza in alveo $0.025 \text{ s/m}^{1/3}$
- scabrezza del tombino $0.025 \text{ s/m}^{1/3}$
- coefficiente di perdita ingresso: 0.5
- coefficiente di perdita uscita: 1.00
- condizioni al contorno di monte e di valle i valori del gradiente energetico pari alla pendenza del corso d'acqua a monte e a valle
- pendenza di progetto del tombino 1%

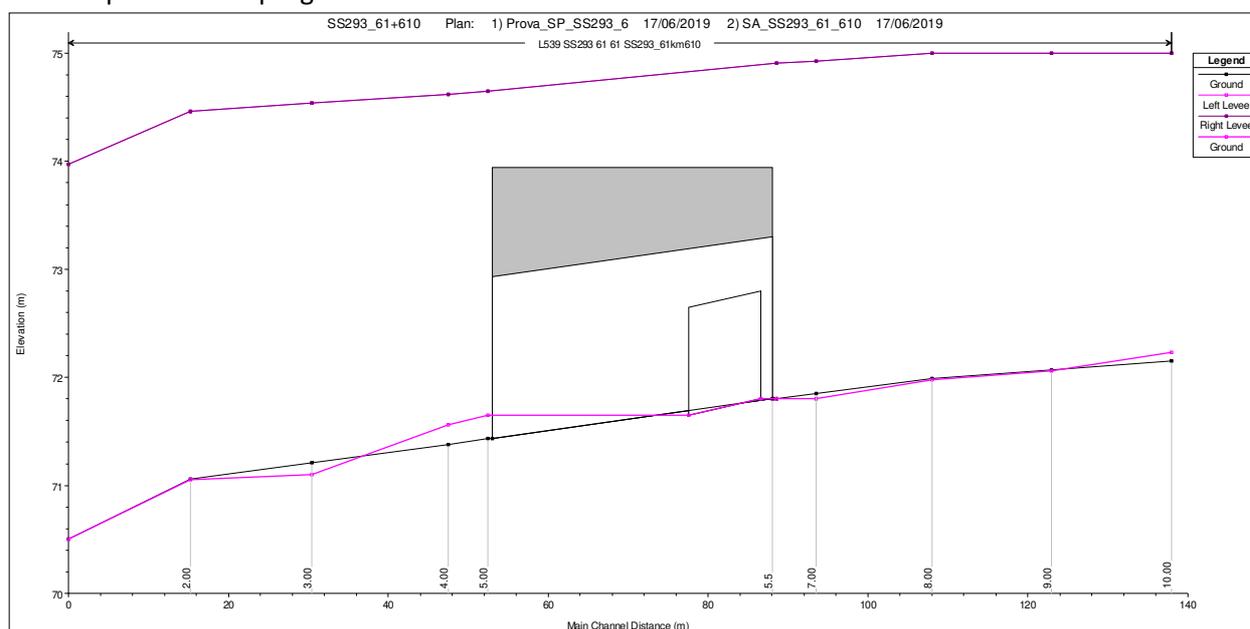


Figura 7: Profilo longitudinale – Stato Sovrapposto

Si rimanda agli elaborati T01ID00IDRSZ01A e T02ID00IDRSZ02A per i risultati della modellazione idraulica ante e post operam

Tombino SS293 al km 62+020

Allo stato attuale è presente un tombino di dimensioni 0.80 x 0.80m. I parametri idraulici implementati sono i seguenti:

- scabrezza in alveo $0.035 \text{ s/m}^{1/3}$
- scabrezza del tombino $0.03 \text{ s/m}^{1/3}$
- coefficiente di perdita ingresso: 0.5
- coefficiente di perdita uscita: 1.00
- condizioni al contorno di monte e di valle i valori del gradiente energetico pari alla pendenza del corso d'acqua a monte e a valle



"Piano Sulcis - S.S 195 SULCITANA" Interventi di adeguamento strada di collegamento S.Giovanni Suergiu - Giba dal Km 91+100 al km 94+600; S.S.293 " Di Giba" messa in sicurezza strada Giba - Nuxis dal Km 60+100 al Km 63+700 e dal Km 64+200 al Km 65+500
Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 24 delle norme di attuazione del PAI

28 di
40

- sezioni fluviali derivate da rilievo lidar e aerofotogrammetrico, con codifica come da tabella seguente

HYDROGEO	HEC
SEZ11	11
SEZ10	10
SEZ09	9
SEZ08	8
SEZ07	7
SEZ06	6
SEZ05	5
SEZ04	4
SEZ03	3
SEZ02	2
SEZ01	1

Allo stato di progetto è presente un tombino di dimensioni 1.50 x 1.50m. I parametri idraulici implementati sono i seguenti:

- scabrezza in alveo $0.025 \text{ s/m}^{1/3}$
- scabrezza del tombino $0.025 \text{ s/m}^{1/3}$
- coefficiente di perdita ingresso: 0.5
- coefficiente di perdita uscita: 1.00
- condizioni al contorno di monte e di valle i valori del gradiente energetico pari alla pendenza del corso d'acqua a monte e a valle
- pendenza di progetto del tombino 1%

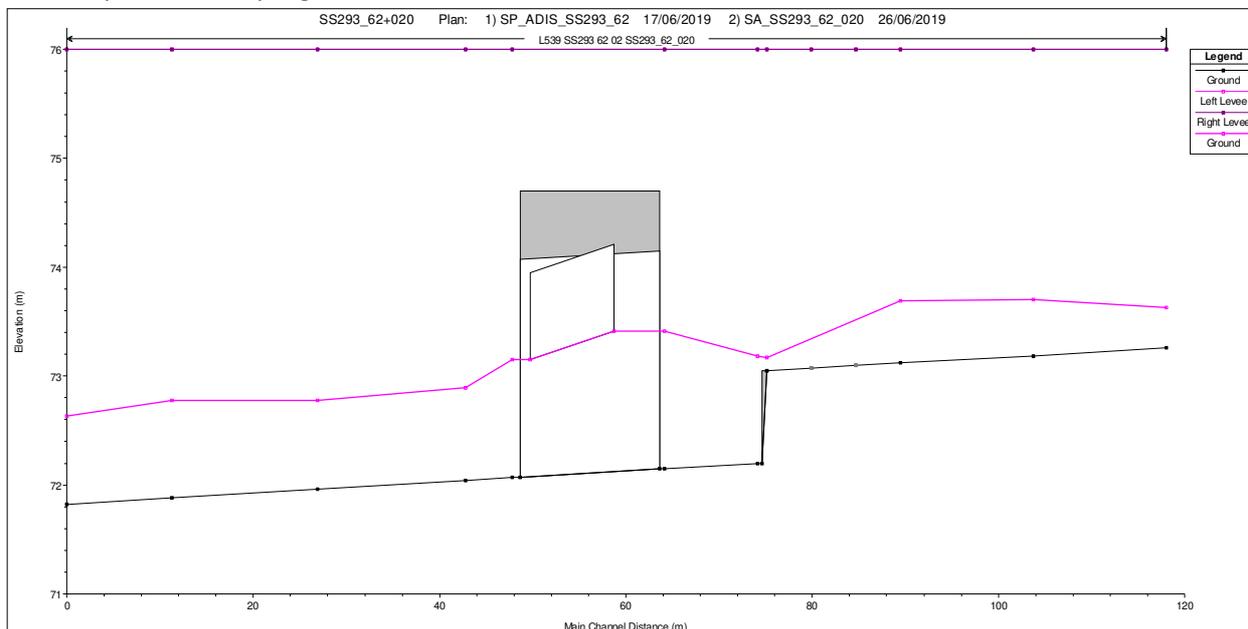


Figura 8: Profilo longitudinale – Stato Sovrapposto

Si rende necessaria una riprofilatura dell'alveo a valle per raccordarsi alle quote attuali

Si rimanda agli elaborati T01ID00IDRSZ01A e T02ID00IDRSZ02A per i risultati della modellazione idraulica ante e post operam



"Piano Sulcis - S.S 195 SULCITANA" Interventi di adeguamento strada di collegamento S.Giovanni Suergiu - Giba dal Km 91+100 al km 94+600; S.S.293 " Di Giba" messa in sicurezza strada Giba - Nuxis dal Km 60+100 al Km 63+700 e dal Km 64+200 al Km 65+500
Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 24 delle norme di attuazione del PAI

29 di
40

Rio Mannu di Santadi

Il modello implementato comprende un tratto complessivo di circa 1.9 km, 9 sezioni, 1 attraversamento e pendenza media 0.7%.

Allo stato attuale I parametri idraulici implementati sono i seguenti:

- scabrezza in alveo $0.04 \text{ s/m}^{1/3}$ (si riporta di seguito alcune foto del sopralluogo scattate dalla SS293, verso monte e verso valle)



- scabrezza dell'opera $0.03 \text{ s/m}^{1/3}$
- come condizioni al contorno di monte e di valle sono stati imposti i valore del gradiente energetico pari alla pendenza media del corso d'acqua nel tratto rispettivamente iniziale e terminale del tronco studiato, pari a rispettivamente 0.009 m/m e 0.004 m/m .
- sezioni fluviali derivate da rilievo topografico, con codifica come da tabella seguente

HYDROGEO	HEC
P24SA	7
P25SA	6
P26SA	5
P26SAM	4
P26SAV	3
P27SA	2
P28SA	1

Allo stato di progetto i parametri idraulici implementati sono i seguenti:

- scabrezza come da tabella seguente

	River Station	Frctn (n/K)	n #1	n #2	n #3
1	9.00	n	0.04	0.04	0.04
2	8.00	n	0.04	0.04	0.04
3	7.00	n	0.04	0.04	0.04
4	6.00	n	0.035	0.035	0.035
5	5.5	Bridge			
6	5.00	n	0.035	0.035	0.035
7	4.00	n	0.04	0.04	0.04
8	3.00	n	0.04	0.04	0.04
9	2.00	n	0.04	0.04	0.04
10	1.00	n	0.04	0.04	0.04

- scabrezza dell'opera $0.025 \text{ s/m}^{1/3}$

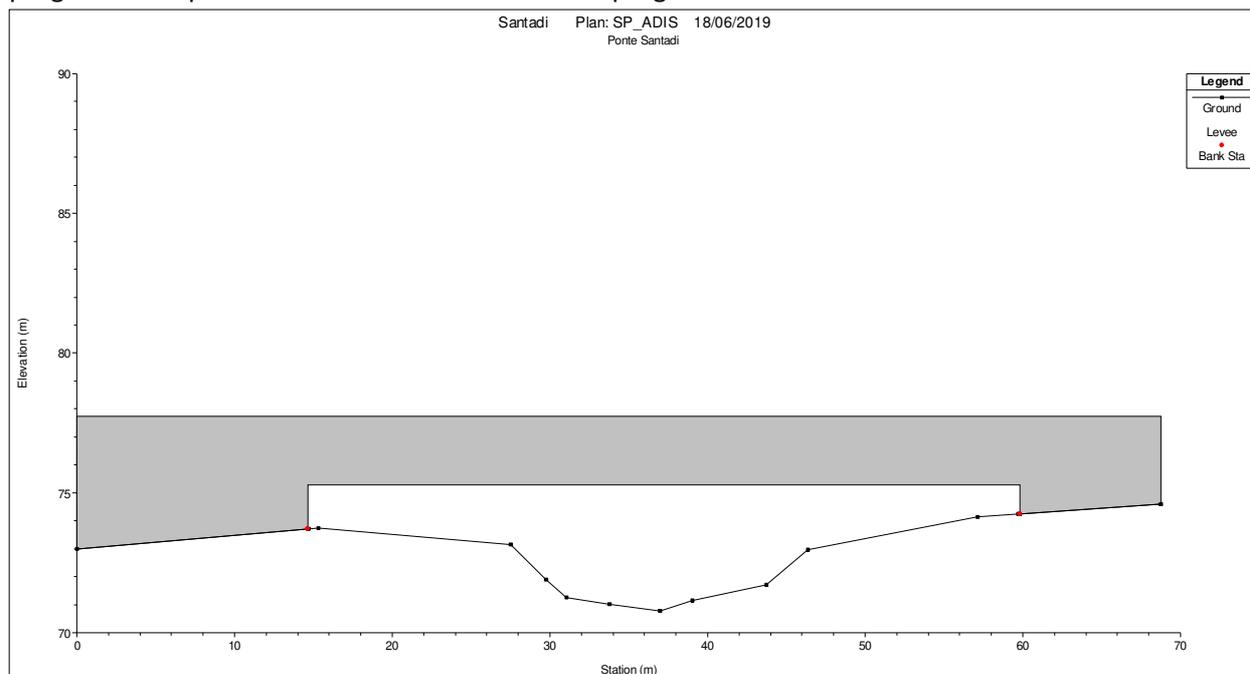


"Piano Sulcis - S.S 195 SULCITANA" Interventi di adeguamento strada di collegamento S.Giovanni Suergiu - Giba dal Km 91+100 al km 94+600; S.S.293 " Di Giba" messa in sicurezza strada Giba - Nuxis dal Km 60+100 al Km 63+700 e dal Km 64+200 al Km 65+500
Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 24 delle norme di attuazione del PAI

30 di
40

- come condizioni al contorno di monte e di valle sono stati imposti i valore del gradiente energetico pari alla pendenza media del corso d'acqua nel tratto rispettivamente iniziale e terminale del tronco studiato, pari a rispettivamente 0.009 m/m e 0.004 m/m.

Di seguito si riporta la sezione del ponte nella configurazione post operam. Per ogni dettaglio in merito al progetto dell'opera si rimanda ai relativi elaborati progettuali.



Si rimanda agli elaborati T01ID00IDRSZ01A e T02ID00IDRSZ02A per i risultati della modellazione idraulica ante e post operam

Rio Piscinas

Il modello implementato comprende un tratto complessivo di circa 2.3 km, 18 sezioni, 3 attraversamenti e pendenza media 0.7%.

Allo stato attuale I parametri idraulici implementati sono i seguenti:

- scabrezza in alveo come da tabella seguente; si riportano di seguito alcune foto del sopralluogo scattate dalla SS293, verso monte e verso valle)



"Piano Sulcis - S.S 195 SULCITANA" Interventi di adeguamento strada di collegamento S.Giovanni Suergiu - Giba dal Km 91+100 al km 94+600; S.S.293 " Di Giba" messa in sicurezza strada Giba - Nuxis dal Km 60+100 al Km 63+700 e dal Km 64+200 al Km 65+500
Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 24 delle norme di attuazione del PAI

31 di
40

River Station	n #1	n #2	n #3
16	0.04	0.04	0.04
15	0.04	0.04	0.04
14	0.04	0.04	0.04
13	0.04	0.04	0.04
12	0.04	0.04	0.04
11	0.04	0.04	0.04
10	0.035	0.035	0.035
9.9	0.025	0.025	0.025
9.8	0.025	0.025	0.025
9	0.035	0.035	0.035
8	0.035	0.035	0.035
7	0.035	0.035	0.035
6	0.025	0.025	0.025
5	0.025	0.025	0.025
4	0.04	0.04	0.04
3	0.04	0.04	0.04
2	0.04	0.04	0.04
1	0.04	0.04	0.04



- scabrezza dell'opera $0.03 \text{ s/m}^{1/3}$
- come condizioni al contorno di monte e di valle sono stati imposti i valori del gradiente energetico pari alla pendenza media del corso d'acqua nel tratto rispettivamente iniziale e terminale del tronco studiato, pari a rispettivamente 0.013 m/m e 0.006 m/m .
- sezioni fluviali derivate da rilievo topografico, con codifica come da tabella seguente



"Piano Sulcis - S.S 195 SULCITANA" Interventi di adeguamento strada di collegamento S.Giovanni Suergiu - Giba dal Km 91+100 al km 94+600; S.S.293 " Di Giba" messa in sicurezza strada Giba - Nuxis dal Km 60+100 al Km 63+700 e dal Km 64+200 al Km 65+500
Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 24 delle norme di attuazione del PAI

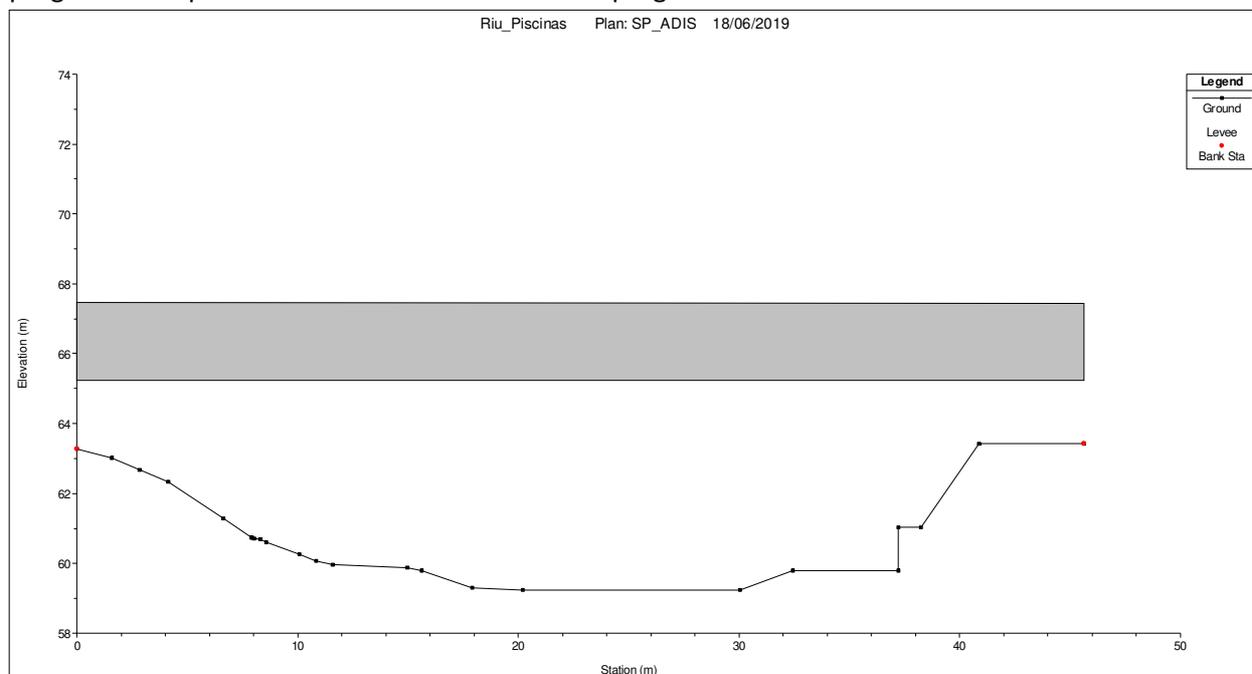
32 di
40

HYDROGEO	HEC
P117P	16
P18PP	15
P19PP	14
P20PP	13
P21PP	12
P22PP	11
P23PP	10
P23PPM	9.9
P23PPV	9.8
P24PP	9
P25PP	8
P26PP	7
P26PPM	6
P26PPV	5
P27PP	4
P28PP	3
P29PP	2
P30PP	1

Allo stato di progetto i parametri idraulici implementati sono i seguenti:

- scabrezza come stato ante-operam
- scabrezza dell'opera $0.025 \text{ s/m}^{1/3}$
- come condizioni al contorno di monte e di valle sono stati imposti i valori del gradiente energetico pari alla pendenza media del corso d'acqua nel tratto rispettivamente iniziale e terminale del tronco studiato, pari a rispettivamente 0.013 m/m e 0.006 m/m .

Di seguito si riporta la sezione del ponte nella configurazione post operam. Per ogni dettaglio in merito al progetto dell'opera si rimanda ai relativi elaborati progettuali.





"Piano Sulcis - S.S 195 SULCITANA" Interventi di adeguamento strada di collegamento S.Giovanni Suergiu - Giba dal Km 91+100 al km 94+600; S.S.293 " Di Giba" messa in sicurezza strada Giba - Nuxis dal Km 60+100 al Km 63+700 e dal Km 64+200 al Km 65+500
Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 24 delle norme di attuazione del PAI

33 di
40

Si rimanda agli elaborati T01ID00IDRSZ01A e T02ID00IDRSZ02A per i risultati della modellazione idraulica ante e post operam

Gora Piscinas

Il modello implementato comprende un tratto complessivo di circa 0.7 km, 7 sezioni, 1 attraversamento e pendenza media 0.5%.

Allo stato attuale I parametri idraulici implementati sono i seguenti:

- scabrezza in alveo come da tabella seguente; si riportano di seguito alcune foto del sopralluogo scattate dalla SS293, verso monte e verso valle)

River Station	Frctn (n/K)	n #1	n #2	n #3
1 7.00	n	0.035	0.035	0.035
2 6.00	n	0.04	0.04	0.04
3 5.00	n	0.035	0.035	0.035
4 4.00	n	0.035	0.035	0.035
5 3.5	Bridge			
6 3.00	n	0.035	0.035	0.035
7 2.00	n	0.035	0.035	0.035
8 1.00	n	0.04	0.04	0.04



- scabrezza dell'opera 0.03 s/m^{1/3}



"Piano Sulcis - S.S 195 SULCITANA" Interventi di adeguamento strada di collegamento S.Giovanni Suergiu - Giba dal Km 91+100 al km 94+600; S.S.293 " Di Giba" messa in sicurezza strada Giba - Nuxis dal Km 60+100 al Km 63+700 e dal Km 64+200 al Km 65+500
Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 24 delle norme di attuazione del PAI

34 di
40

- come condizioni al contorno di monte e di valle sono stati imposti i valore del gradiente energetico pari alla pendenza media del corso d'acqua nel tratto rispettivamente iniziale e terminale del tronco studiato, pari a rispettivamente 0.006 m/m e 0.004 m/m.
- sezioni fluviali derivate da rilievo topografico, con codifica come da tabella seguente

HYDROGEO	HEC
P01PP	9
P02PP	8
P03PP	7
P03PPM	6
P03PPV	5
P04PP	4
P05PP	3
P06PP	2
P07PP	1

Allo stato di progetto i parametri idraulici implementati sono i seguenti:

- scabrezza come tabella seguente

	River Station	Frctn (n/K)	n #1	n #2	n #3
1	7.00	n	0.035	0.035	0.035
2	6.00	n	0.04	0.04	0.04
3	5.00	n	0.03	0.03	0.03
4	4.00	n	0.025	0.025	0.025
5	3.5	Bridge			
6	3.00	n	0.025	0.025	0.025
7	2.00	n	0.03	0.03	0.03
8	1.00	n	0.04	0.04	0.04

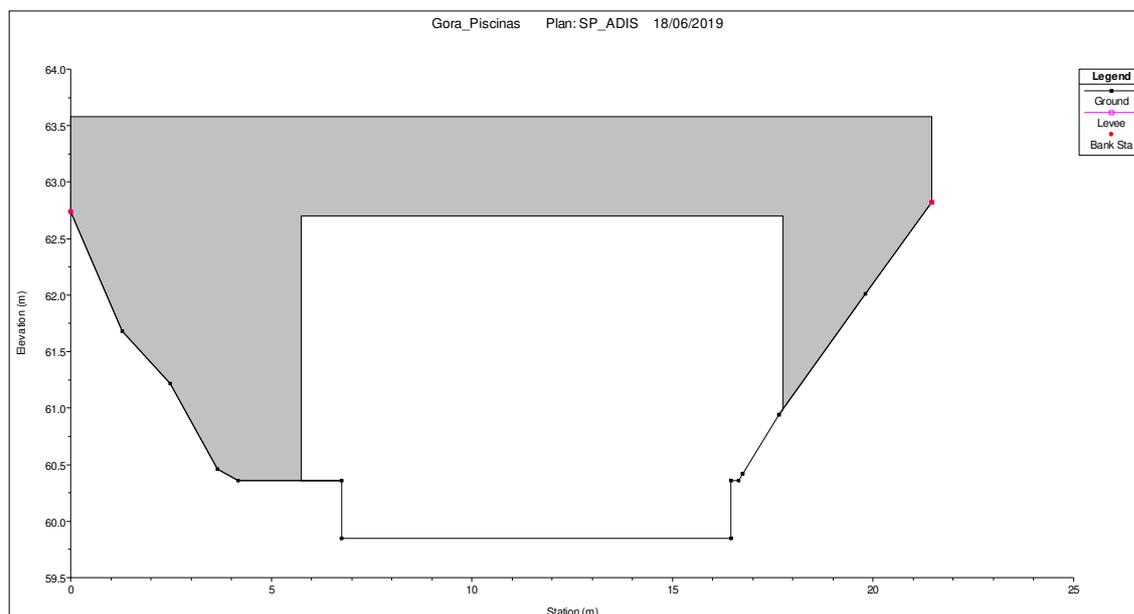
- scabrezza dell'opera $0.025 \text{ s/m}^{1/3}$
- come condizioni al contorno di monte e di valle sono stati imposti i valore del gradiente energetico pari alla pendenza media del corso d'acqua nel tratto rispettivamente iniziale e terminale del tronco studiato, pari a rispettivamente 0.006 m/m e 0.004 m/m.

Di seguito si riporta la sezione del ponte nella configurazione post operam. Per ogni dettaglio in merito al progetto dell'opera si rimanda ai relativi elaborati progettuali.



"Piano Sulcis - S.S 195 SULCITANA" Interventi di adeguamento strada di collegamento S.Giovanni Suergiu - Giba dal Km 91+100 al km 94+600; S.S.293 " Di Giba" messa in sicurezza strada Giba - Nuxis dal Km 60+100 al Km 63+700 e dal Km 64+200 al Km 65+500
Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 24 delle norme di attuazione del PAI

35 di
40



Si rimanda agli elaborati T01ID00IDRSZ01A e T02ID00IDRSZ02A per i risultati della modellazione idraulica ante e post operam

6.4. Definizione delle aree a pericolosità idraulica – Compatibilità idraulica

A valle della modellazione idraulica descritta nel precedente paragrafo sono state definite le aree a pericolosità idraulica lungo i tratti fluviali studiati, secondo la metodologia descritta nelle Linee Guida PAI, come riportato nelle seguenti tavole:

- T01ID00IDRPE01A - Fascicolo delle aree di esondazione ante e post operam per gli attraversamenti minori S.S. 195
- T02ID00IDRPE04A - Planimetria di confronto aree di esondazione ante e post operam - Rio Piscinas - Km 64+650 e Gora Piscinas - km 64+484
- T02ID00IDRPE05A - Planimetria di confronto aree di esondazione ante e post operam - Rio Mannu Santadi Km 61+219
- T02ID00IDRPE06A - Fascicolo delle aree di esondazione ante e post operam per gli attraversamenti minori S.S. 293

e dalle quali si deduce il non aggravio del rischio nelle condizioni post-operam. Qualora per un tombino le differenze tra le verifiche ai vari tempi di ritorno siano poco significative si sono rappresentate le aree di esondazione per due soli tempi di ritorno, TR50 e 200 anni.

7. VERIFICA DEI FRANCHI DI SICUREZZA

La verifica dei franchi di sicurezza per TR200 sugli attraversamenti oggetto di studio è stata condotta ai sensi delle nuove NTC (DM Infrastrutture e Trasporti 17/01/2018 e Circolare 21 Gennaio 2019, n.



"Piano Sulcis - S.S 195 SULCITANA" Interventi di adeguamento strada di collegamento S.Giovanni Suergiu - Giba dal Km 91+100 al km 94+600; S.S.293 " Di Giba" messa in sicurezza strada Giba - Nuxis dal Km 60+100 al Km 63+700 e dal Km 64+200 al Km 65+500
Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 24 delle norme di attuazione del PAI

36 di
40

7/CSLLPP) e ai sensi dell'art.21 delle NTA del PAI. Si precisa che la suddetta circolare specifica quanto segue:

"[.....]. Restano esclusi dal punto 5.1.2.3 della Norma i tombini, intendendosi per tombino un manufatto totalmente rivestito in sezione, eventualmente suddiviso in più canne, in grado di condurre complessivamente portate fino a 50 mc/s. [.....]"

Alla luce di quanto esposto si specifica che per i ponti su Riu Piscinas, Gora Piscinas e Mannu du Santadi valgono sia le NTC sia le norme PAI, mentre per tutti i tombini valgono solo le norme PAI.

Nelle tabelle seguenti si riportano le verifiche dei franchi e si indica con:

y (m) la profondità media della corrente per eventi TR200 anni

alfa (-) un coefficiente che varia linearmente tra 0 e 1 quando la velocità varia tra 5 m/s e 15 m/s

v (m/s) velocità media della corrente per eventi TR200 anni

1, 2, 3 sono le 3 formulazioni per il calcolo del franco indicate nelle Linee Guida del PAI

FS MIN (m) franco minimo da verificare derivante da NTC o PAI in funzione di quanto specificato sopra

FS franco di sicurezza garantito

livello monte (mslm) livello idraulico nella sezione di monte dell'attraversamento per eventi TR200 anni

fondo monte (mslm) quota del fondo della sezione a monte dell'attraversamento

intradosso (mslm) quota dell'intradosso dell'attraversamento di progetto

altezza massima (m) altezza massima della corrente a monte dell'attraversamento (solo per alfa diverso da 0)

FS PONTI								
SANTADI			1	2	3	livello monte (mslm)	fondo monte (mslm)	intradosso (mslm)
y	v (m/s)	1.07	1	1.59		74.31	70.78	76.12
2.15	5.48							
alfa		FS MIN	1.59					
0.09		FS	1.81	OK		3.53		
RIU PISCINAS			1	2	3	livello monte (mslm)	fondo monte (mslm)	intradosso (mslm)
y	v (m/s)	0.79	1	1.14		61.24	59.23	64.94
1.71	4.7							
alfa		FS MIN	1.50	OK				
0		FS	3.70					
GORA PISCINAS			1	2	3	livello monte (mslm)	fondo monte (mslm)	intradosso (mslm)
y	v (m/s)	0.01	1	1.13		61.78	59.85	63.36
1.70	0.46							
alfa		FS MIN	1.50	OK				
0		FS	1.58					



"Piano Sulcis - S.S 195 SULCITANA" Interventi di adeguamento strada di collegamento S.Giovanni Suergiu - Giba dal Km 91+100 al km 94+600; S.S.293 " Di Giba" messa in sicurezza strada Giba - Nuxis dal Km 60+100 al Km 63+700 e dal Km 64+200 al Km 65+500
Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 24 delle norme di attuazione del PAI

37 di
40

FS TOMBINI SS195							
91km+335 primo tombino		1	2	3	livello monte (mslm)	fondo monte (mslm)	intradosso (mslm)
y	v (m/s)	0.19	1	1.04	6.69	5.25	7.75
1.44	2.32						
alfa		FS MIN	1.04	OK			
0		FS	1.06				
91km+335 secondo tombino		1	2	3	livello monte (mslm)	fondo monte (mslm)	intradosso (mslm)
y	v (m/s)	0.20	1	1.03	6.59	5.18	7.68
1.41	2.36						
alfa		FS MIN	1.03	OK			
0		FS	1.09				
92km+660		1	2	3	livello monte (mslm)	fondo monte (mslm)	intradosso (mslm)
y	v (m/s)	0.02	1	0.36	2.92	2.75	5.25
0.17	0.67						
alfa		FS PAI	1.00	OK			
0		FS PD	2.33				
93km+200		1	2	3	livello monte (mslm)	fondo monte (mslm)	intradosso (mslm)
y	v (m/s)	0.03	1	0.43	5.60	5.36	6.86
0.24	0.85						
alfa		FS MIN	1.00	OK			
0		FS	1.26				
93km+610		1	2	3	livello monte (mslm)	fondo monte (mslm)	intradosso (mslm)
y	v (m/s)	0.04	1	0.54	6.54	6.16	7.66
0.38	1.03						
alfa		FS MIN	1.00	OK			
0		FS	1.12				
94km020 primo tombino		1	2	3	livello monte (mslm)	fondo monte (mslm)	intradosso (mslm)
y	v (m/s)	0.03	1	0.77	7.35	6.56	8.56
0.79	0.88						
alfa		FS MIN	1.00	OK			
0		FS	1.21				
94km020 secondo tombino		1	2	3	livello monte (mslm)	fondo monte (mslm)	intradosso (mslm)
y	v (m/s)	0.02	1	0.83	7.34	6.43	8.43
0.91	0.77						
alfa		FS MIN	1.00	OK			
0		FS	1.09				

FS TOMBINI SS293							
60km+340		1	2	3	livello monte (mslm)	fondo monte (mslm)	intradosso (mslm)
y	v (m/s)	0.03	1	0.49	85.60	85.28	86.78
0.32	0.89						
alfa		FS MIN	1.00	OK			
0		FS	1.18				
61km+610		1	2	3	livello monte (mslm)	fondo monte (mslm)	intradosso (mslm)
y	v (m/s)	0.04	1	0.58	72.25	71.80	73.30
0.45	1.06						
alfa		FS MIN	1.00	OK			
0		FS	1.05				
62km+020		1	2	3	livello monte (mslm)	fondo monte (mslm)	intradosso (mslm)
y	v (m/s)	0.13	1	0.85	73.10	72.15	74.15
0.95	1.88						
alfa		FS MIN	1.00	OK			
0		FS	1.05				



"Piano Sulcis - S.S 195 SULCITANA" Interventi di adeguamento strada di collegamento S.Giovanni Suergiu - Giba dal Km 91+100 al km 94+600; S.S.293 " Di Giba" messa in sicurezza strada Giba - Nuxis dal Km 60+100 al Km 63+700 e dal Km 64+200 al Km 65+500
Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 24 delle norme di attuazione del PAI

38 di
40

Si riporta di seguito una tabella riepilogativa delle dimensioni dei tombini, della verifica del franco di sicurezza e

TOMBINI S.S.195												
Progressiva	Dimensioni (L;H)		Lunghezza [m]	Pendenza[%]	Livellotta stradale [m s.l.m.]	Livello idraulico [m s.l.m.]	Battente [m]	FS PAI [m]	FS [m]	Fondo monte [m s.l.m.]	Fondo valle [m s.l.m.]	Spessore scatolare [m]
SS195 91Km+335	4	2.5	9.5	0.50%	8.34	6.69	1.43	1.04	1.07	5.26	5.2	0.25
			15.5	0.50%	8.51	6.59	1.41	1.03	1.09	5.18	5.11	0.25
SS195 92Km+660	4	2.5	16.5	0.50%	5.88	2.92	0.17	1	2.33	2.75	2.65	0.25
SS195 93Km+220	3	1.5	20.5	0.50%	7.82	5.6	0.24	1	1.26	5.36	5.25	0.25
SS195 93Km+610	3	1.5	16.5	0.50%	8.21	6.54	0.38	1	1.12	6.16	6.06	0.25
SS195 94Km+020	3.5	2	16	0.50%	9.6	7.34	0.78	1	1.22	6.56	6.47	0.25
			11	0.50%	8.95	7.35	0.92	1	1.08	6.43	6.37	0.25
TOMBINI S.S.293												
Progressiva	Dimensioni (L;H)		Lunghezza [m]	Pendenza[%]	Livellotta stradale [m s.l.m.]	Livello idraulico [m s.l.m.]	Battente [m]	FS PAI [m]	FS [m]	Fondo monte [m s.l.m.]	Fondo valle [m s.l.m.]	Spessore scatolare [m]
SS293 60Km+340	3	1.5	15	0.50%	87.33	85.6	0.32	1	1.18	85.28	85.2	0.25
SS293 61Km+610	1.5	1.5	35	0.50%	73.94	72.25	0.45	1	1.05	71.8	71.43	0.25
SS293 62Km+020	3.5	2	15	1.00%	74.7	73.1	0.95	1	1.05	72.15	72.07	0.25

Tabella 6: Dimensionamento degli attraversamenti secondari e franchi di sicurezza su TR200

8. CONFRONTO CON MODELLAZIONE IN MOTO VARIO BIDIMENSIONALE

Nel presente paragrafo si commentano i risultati in termini di pericolosità idrauliche derivanti da modelli monodimensionali e dai modelli in moto vario accoppiato al bidimensionale (studio idraulico contenuto negli elaborati del progetto definitivo)

In questa fase non vengono confrontati i risultati in alveo in quanto la diversa tipologia di modellazione fa perdere di significato a tale verifica. Nel modello monodimensionale i livelli sono associati, per ogni sezione fluviale alla portata idrologica, mentre il moto vario tiene conto, su ciascuna sezione, dell'eventuale laminazione a monte.

Si confrontano invece le perimetrazioni idrauliche, in termini di estensione delle stesse.

Si vedano pertanto gli elaborati contenuti nello studio di compatibilità idraulica derivanti da modelli monodimensionali.

I seguenti elaborati presentano le perimetrazioni idrauliche derivanti da modello di moto vario accoppiato a modello bidimensionale:

- T02ID00IDRPE01B
- T02ID00IDRPE02B

Per quanto riguarda il Riu Piscinas e Gora Piscinas si fa notare che in linea generale le perimetrazioni derivanti da modello monodimensionali hanno un'estensione maggiore, soprattutto nel tratto a monte

	<p>"Piano Sulcis - S.S 195 SULCITANA" Interventi di adeguamento strada di collegamento S.Giovanni Suergiu - Giba dal Km 91+100 al km 94+600; S.S.293 " Di Giba" messa in sicurezza strada Giba - Nuxis dal Km 60+100 al Km 63+700 e dal Km 64+200 al Km 65+500</p> <p>Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 24 delle norme di attuazione del PAI</p>	<p>39 di 40</p>
---	--	---------------------

della SS293 e nel tratto immediatamente a valle della strada stessa. In particolare, si nota come il modello bidimensionale risulta più affidabile nel definire le aree allagate a campagna in quanto modellate in funzione delle quote che il programma stesso "legge" dal Modello Digitale del Terreno. Le perimetrazioni risultano invece più coerenti nel tratto di chiusura del modello.

Per quanto riguarda il Riu Mannu Santadi la situazione che emerge è analoga a quanto riportato per i due precedenti rii.

9. CONCLUSIONI

La presente relazione descrivo lo studio di compatibilità idraulica ai sensi delle NTA del PAI nell'ambito degli Interventi di adeguamento strada di collegamento S.Giovanni Suergiu - Giba dal Km 91+100 al km 94+600; S.S.293 " Di Giba" messa in sicurezza strada Giba - Nuxis dal Km 60+100 al Km 63+700 e dal Km 64+200 al Km 65+500. Si rimanda agli elaborati del suddetto progetto per ogni dettaglio su gli interventi previsti.

In ottemperanza a quanto riportato nelle NTA del PAI e quanto espresso da ADIS con nota Prot N 2782 del 28/03/2019, il presente studio di compatibilità tratta tutti gli interventi sui corsi d'acqua e /o tombini che si trovano in aree a pericolosità idraulica (derivante da strumenti di pianificazione territoriale come PAI, PSFF, Piani Comunali), appartenenti al reticolo idrografico ufficiale (sul quale valgono le fasce di prima salvaguardia istituite ai sensi dell'art 30-ter) e appartenenti al reticolo fluviale indicato nella CTR 1:25000 dell'IGM.

Lo studio di compatibilità è predisposto secondo i criteri dell'Allegato E delle NTA del PAI

È stata implementata una analisi idrologica secondo quanto riportato nelle Linee Guida PAI che ha visto la determinazione delle massime portate al colmo per ciascun bacino studiato, chiuso in corrispondenza dell'attraversamento stesso oggetto di progettazione, per tempi di ritorno pari a 50 100 200 e 500 anni. I risultati di tale analisi sono stati funzionali all'implementazione dei modelli idraulici ante e post operam attraverso i quali si è verificato la condizione del non aumento della pericolosità, di cui se ne da atto alle relative tavole allegate al presente studio.

Per quanto riguarda i 3 corsi d'acqua Gora Piscinas, Riu Piscinas e Santadi, per i quali è prevista la realizzazione di nuovi ponti sulla SS293 si è verificato dal punto di vista idraulico che questi non generino peggioramenti della condizione di deflusso e che i franchi di sicurezza minimi sulla TR200 siano garantiti.

In merito alla realizzazione dei nuovi tombini sulla SS293 e SS195 la configurazione di progetto prevede una riprofilatura con sezione idraulica trapezia e sponde 3:2 , con pendenza costante, la quale garantisce un miglioramento in termini di deflusso e un non aumento della pericolosità idraulica come mostrato nelle relative tavole allegate alla presente.

	<p>"Piano Sulcis - S.S 195 SULCITANA" Interventi di adeguamento strada di collegamento S.Giovanni Suergiu - Giba dal Km 91+100 al km 94+600; S.S.293 " Di Giba" messa in sicurezza strada Giba - Nuxis dal Km 60+100 al Km 63+700 e dal Km 64+200 al Km 65+500</p> <p>Studio di Compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 24 delle norme di attuazione del PAI</p>	40 di 40
---	--	-------------

In generale dunque le opere previste in progetto non interagiscono sulle condizioni di moto (a differenza di quanto accade nella condizione ante-operam) risultando quindi compatibili con i livelli idrici attesi.